

**TCVN XXX 1991-4:20XX**

Xuất bản lần 1

**TÁC ĐỘNG LÊN KẾT CẤU – PHẦN 4: SI LÔ VÀ BỂ CHỨA**

*Actions on structures – Part 4: Silos and tanks*

**DỰ THẢO/DRAFT**



## Lời nói đầu

**TCVN XXX 1991-4:20XX** được biên soạn trên cơ sở chấp nhận tiêu chuẩn EN 1991-4:2006 với những bổ sung và điều chỉnh phù hợp với thực tế Việt Nam, cụ thể như sau:

- Bổ sung Lời nói đầu của Việt Nam;
- Bổ sung Phụ lục quốc gia NA của Việt Nam. Phụ lục kiến nghị lựa chọn các thông số quốc gia được xác định cho điều kiện Việt Nam cũng như một số quy định phù hợp với đặc điểm, tình hình của nước ta.

**TCVN XXX 1991-4:20XX** do Viện Khoa học Công nghệ Xây dựng – Bộ Xây dựng biên soạn, Bộ Xây dựng đề nghị, Tổng cục Tiêu chuẩn Đo lường Chất lượng thẩm định, Bộ Khoa học và Công nghệ công bố.

Bộ tiêu chuẩn TCVN XXX 1991:2022 *Tác động lên kết cấu* gồm tám phần:

- TCVN XXX 1991-1-1:20XX, *Phần 1-1: Tác động chung – Khối lượng thể tích của vật liệu, trọng lượng bản thân và hoạt tải cho công trình.*
- TCVN XXX 1991-1-2:20XX, *Phần 1-2: Tác động chung – Tác động lên kết cấu khi tiếp xúc với lửa.*
- TCVN XXX 1991-1-4:20XX, *Phần 1-4: Tác động chung – Tác động của gió.*
- TCVN XXX 1991-1-5:20XX, *Phần 1-5: Tác động chung – Tác động của nhiệt.*
- TCVN XXX 1991-1-6:20XX, *Phần 1-6: Tác động chung – Tác động trong quá trình thi công.*
- TCVN XXX 1991-1-7:20XX, *Phần 1-7: Tác động chung – Tác động bất thường.*
- TCVN XXX 1991-3:20XX, *Phần 3: Tác động do cầu trục và máy móc.*
- TCVN XXX 1991-4:20XX, *Phần 4: Si lô và bể chứa.*



## Mục lục

1.1 Phạm vi áp dụng .....	11
1.1.1 Phạm vi áp dụng của TCVN XXX 1991 .....	11
1.1.2 Phạm vi áp dụng của TCVN XXX 1991-4 Tác động lên kết cấu: Si-lô và bể chứa .....	11
1.2 Tài liệu viện dẫn .....	13
1.3 Các giả thiết .....	14
1.4 Phân biệt giữa những nguyên tắc và các quy định áp dụng .....	14
1.5 Các định nghĩa .....	14
1.6 Các ký hiệu được sử dụng trong Phần 4 của Eurocode 1 .....	20
1.6.1 Chữ cái in hoa La Mã (Roman) .....	20
1.6.2 Các chữ cái La Mã (Roman) in thường .....	21
1.6.3 Chữ cái Hy-Lạp in hoa .....	24
1.6.4 Chữ cái Hy-Lạp in thường .....	24
1.6.5 Các chỉ số phụ bên dưới .....	24
<b>Chương 2. Đại diện và phân loại tác động .....</b>	<b>26</b>
2.2 Đại diện tác động lên bể chứa .....	27
2.3 Phân loại tác động lên si-lô .....	27
2.4 Phân loại tác động lên bể chứa .....	27
2.5 Phân cấp đánh giá tác động .....	27
3.1 Tổng quát .....	29
3.2 Tình huống thiết kế cho vật liệu rời trong si-lô .....	29
3.3. Các tình huống thiết kế đối với các si-lô có bố trí hình học khác nhau .....	31
3.4 Tình huống thiết kế đối với các dạng công trình đặc thù .....	35
3.5 Các tình huống thiết kế đối bể chứa chất lỏng .....	36
3.6 Các nguyên tắc thiết kế đối với nổ .....	36
<b>Chương 4. Các tính chất của vật liệu rời .....</b>	<b>37</b>
4.1 Tổng quát .....	37
4.2 Các tính chất của vật liệu rời .....	38
4.2.1 Tổng quát .....	38
4.2.2 Thí nghiệm và đánh giá các đặc tính của vật liệu rời .....	39
4.2.3 Phương pháp đơn giản hoá .....	40
4.3 Thí nghiệm vật liệu rời .....	41
4.3.1 Quy trình thí nghiệm .....	41
4.3.2 Trọng lượng thể tích $\gamma$ .....	41

## TCVN XXX 1991-4:20XX

4.3.3 Hệ số ma sát thành $\mu$ .....	41
4.3.4 Góc ma sát trong $\phi$ .....	42
4.3.5 Tỷ số áp lực ngang $K$ .....	42
4.3.6 Lực dính $c$ .....	43
4.3.7 Hệ số tham chiếu của tải trọng cục bộ theo vùng của vật liệu rời $C_{op}$ .....	43
<b>Chương 5. Tải trọng tác dụng lên tường đứng của si-lô.....</b>	<b>44</b>
5.1 Tổng quát.....	44
5.2 Si-lô mảnh.....	44
5.2.1 Tải trọng nạp liệu lên tường đứng.....	44
5.2.2 Tải trọng xả liệu lên tường đứng.....	49
5.2.3 Lượng tăng thay thế của áp lực phân bố đều cho tải trọng cục bộ khi nạp và xả liệu.....	54
5.2.4 Tải trọng xả liệu đối với các si-lô tròn với độ lệch tâm lớn của cửa xả.....	55
5.3 Si-lô mập và si-lô mảnh vừa.....	59
5.3.1 Tải trọng nạp liệu lên tường đứng.....	59
5.3.2 Tải trọng xả liệu lên tường đứng.....	61
5.3.3 Tải trọng nạp liệu lệch tâm lớn trong si-lô tròn mập và si-lô tròn mảnh vừa.....	63
5.3.4 Tải trọng xả liệu lệch tâm lớn trong si-lô mập và si-lô mảnh vừa.....	65
5.4 Si-lô dạng tường chắn.....	65
5.4.1 Tải trọng nạp liệu trên tường đứng.....	65
5.4.2 Tải trọng xả liệu lên tường đứng.....	66
5.5 Si-lô chứa vật liệu rời có kèm không khí.....	66
5.5.1 Tổng quát.....	66
5.5.2 Tải trọng lên si-lô chứa vật liệu hoá lỏng.....	66
5.6 Chênh lệch nhiệt độ giữa vật liệu chứa và kết cấu si-lô.....	67
5.6.1 Tổng quát.....	67
5.6.2 Áp lực do giảm nhiệt độ môi trường xung quanh.....	67
5.6.3 Áp lực do chất vật liệu nóng vào si-lô.....	68
5.7 Tải trọng lên si-lô chữ nhật.....	68
5.7.1 Si-lô chữ nhật.....	68
5.7.2 Si-lô có giằng bên trong.....	68
<b>Chương 6. Tải trọng tác dụng lên phễu và đáy si-lô.....</b>	<b>70</b>
6.1 Tổng quát.....	70
6.1.1 Các tính chất vật lý.....	70
6.1.2 Quy định chung.....	71

6.2 Đáy phẳng .....	73
6.2.1 Áp lực đứng lên đáy phẳng trong si-lô mảnh.....	73
6.2.2 Áp lực đứng lên đáy phẳng trong si-lô mập và si-lô có độ mảnh trung bình .....	73
6.3 Phễu dốc.....	74
6.3.1 Ma sát huy động .....	74
6.3.2 Tải trọng khi nạp liệu.....	75
6.3.3 Tải trọng khi xả liệu .....	75
6.4 Phễu thoải.....	76
6.4.1 Ma sát huy động .....	76
6.4.2 Tải trọng khi nạp liệu.....	77
6.4.3 Tải trọng khi xả liệu .....	77
6.5 Phễu trong si-lô chứa vật liệu rời có thông khí .....	77
<b>Chương 7. Tải trọng lên bể chứa từ chất lỏng .....</b>	<b>77</b>
7.1 Tổng quát.....	77
7.2 Tải trọng do chất lỏng .....	77
7.3 Tính chất của chất lỏng.....	78
7.4 Lực hút do thông khí không đủ.....	78
<b>Phụ lục A (Tham khảo) Cơ sở thiết kế - cho TCVN XXX 1990 dành cho si-lô và bể chứa.....</b>	<b>79</b>
A.1 Tổng quát .....	79
A.2 Trạng thái giới hạn.....	79
A.2.1 Hệ số riêng $\gamma$ .....	79
A.2.2 Hệ số tổ hợp $\psi$ .....	79
A.3 Tác động khi tổ hợp.....	79
A.4 Các tình huống thiết kế và các tổ hợp tác động cho Cấp đánh giá tác động loại 2 và 3 .....	80
A.4 Các tổ hợp tác động cho Cấp đánh giá tác động loại 1.....	83
<b>Phụ lục B (Tham khảo) Các tác động, các hệ số riêng và các tổ hợp tác động lên bể chứa .....</b>	<b>85</b>
B.1 Tổng quát .....	85
B.2 Các tác động .....	85
B.2.1 Tải trọng do chất lỏng .....	85
B.2.2 Tải trọng do áp lực bên trong.....	85
B.2.3 Tải trọng do nhiệt.....	85
B.2.4 Tải trọng bản thân .....	85
B.2.5 Lớp cách nhiệt.....	85
B.2.6 Tải trọng phân bố đều .....	85

**TCVN XXX 1991-4:20XX**

B.2.7 Tải trọng tập trung .....	86
B.2.8 Tải trọng tuyết.....	86
B.2.9 Tải trọng gió.....	86
B.2.10 Lực hút do không đủ thông khí .....	87
B.2.11 Tải trọng động đất.....	87
B.2.12 Tải trọng do mối nối .....	87
B.2.13 Tải trọng do lún không đều .....	87
B.2.14 Các tác động bất thường .....	87
B.3 Các hệ số riêng của các tác động .....	87
B.4 Tổ hợp tác động.....	87
<b>Phụ lục C (Quy định) Đo đạc xác định các tính chất vật liệu rời để đánh giá tải trọng si-lô .....</b>	<b>88</b>
C.1 Đối tượng .....	88
C.2 Phạm vi áp dụng.....	88
C.3 Ký hiệu .....	88
C.4 Định nghĩa .....	89
C.5 Lấy mẫu và chuẩn bị mẫu.....	89
C.6 Trọng lượng thể tích .....	90
C.6.1 Nguyên tắc thí nghiệm.....	90
C.6.2 Dụng cụ thí nghiệm.....	91
C.6.3 Quy trình thí nghiệm .....	91
C.7 Ma sát thành.....	91
C.7.1 Tổng quát .....	91
C.7.2 Hệ số ma sát thành $\mu_m$ để xác định áp lực.....	92
C.7.3 Góc ma sát thành $\phi_{wh}$ để xác định dòng chảy .....	92
C.8 Tỷ số áp lực theo phương ngang $K$ .....	93
C.8.1 Phép đo trực tiếp .....	93
C.8.2 Phép đo gián tiếp.....	95
C.9. Các thông số cường độ: lực dính $c$ và góc ma sát trong $\phi$ .....	95
C.9.1 Phép đo trực tiếp .....	95
C.9.2 Phép đo gián tiếp.....	97
C.10 Môđun đàn hồi hiệu dụng $E_s$ .....	98
C.10.1 Phép đo trực tiếp .....	98
C.10.2 Phép đo gián tiếp.....	100
C.11 Xác định giá trị đặc trưng cận trên, cận dưới của tính chất và hệ số chuyển đổi $a$ .....	100



C.11.1 Nguyên tắc.....	100
C.11.2 Phương pháp ước tính.....	101
<b>Phụ lục D (Quy định) Đánh giá các tính chất của vật liệu rời để dự tính tải trọng si-lô .....</b>	<b>103</b>
D.1 Mục đích.....	103
D.2 Hệ số ma sát thành đối với thành dạng sóng.....	103
D.3 Ma sát thành và góc ma sát trong đối với các hạt cỡ lớn khi không có hạt nhỏ .....	104
<b>Phụ lục E (Quy định) Giá trị tính chất của vật liệu rời.....</b>	<b>105</b>
E.1 Tổng quát .....	105
E.2 Các giá trị được xác định.....	105
<b>Phụ lục F (Tham khảo) Xác định dạng dòng chảy.....</b>	<b>107</b>
F.1 Dòng chảy khối và dòng chảy kiểu phễu.....	107
<b>Phụ lục G (Quy định) Các quy định khác cho áp lực lên phễu.....</b>	<b>108</b>
G.1 Tổng quát.....	108
G.2 Ký hiệu .....	108
G.3 Định nghĩa.....	108
G.3.1 Tải trọng đập.....	108
G.4 Các tình huống thiết kế .....	108
G.5 Xác định hệ số tăng tải trọng đáy $C_b$ .....	108
G.6 Áp lực nạp liệu lên đáy phẳng và đáy gàn phẳng .....	109
G.7 Áp lực nạp liệu lên phễu.....	109
G.8 Áp lực xả liệu tác dụng lên đáy phẳng hoặc đáy gàn phẳng.....	110
G.9 Áp lực xả liệu lên phễu.....	110
G.10 Hệ số áp lực phễu khi xả liệu $F_e$ .....	111
<b>Phụ lục H (Tham khảo) Tác động do nổ bụi .....</b>	<b>112</b>
H.1 Tổng quát.....	112
H.2 Phạm vi .....	112
H.3 Ký hiệu .....	112
H.4 Bụi nổ và các tính chất liên quan .....	112
H.5 Nguồn kích nổ .....	112
H.6 Các biện pháp phòng ngừa .....	113
H.7 Thiết kế cấu kiện kết cấu .....	113
H.8 Áp lực thiết kế .....	113
H.9 Thiết kế chịu áp lực âm .....	113
H.10 Thiết kế thiết bị thông khí.....	114

**TCVN XXX 1991-4:20XX**

H.11 Các phản lực do thông khí..... 114

**Phụ lục Quốc gia (quy định) kèm theo TCVN XXX 1991-1-7:20XX Tác động lên kết cấu – Phần 1-7:  
Tác động chung – Tác động bất thường ..... 115**

## Chương 1. Tổng quát

### 1.1 Phạm vi áp dụng

#### 1.1.1 Phạm vi áp dụng của TCVN XXX 1991

- (1)P TCVN XXX 1991 quy định những nguyên tắc chung và các tác động dùng để thiết kế kết cấu nhà và công trình xây dựng, kể cả một số vấn đề về địa kỹ thuật và phải được sử dụng đồng thời với TCVN XXX 1990 và các tiêu chuẩn từ TCVN XXX 1992 đến 1999.
- (2) TCVN XXX 1991 cũng bao gồm cả việc thiết kế kết cấu trong quá trình thi công và thiết kế kết cấu cho các công trình tạm. Tiêu chuẩn này có liên quan đến tất cả các trường hợp đòi hỏi kết cấu phải có tính năng phù hợp.
- (3) TCVN XXX 1991 không được sử dụng trực tiếp để đánh giá kết cấu của công trình hiện hữu, thiết kế sửa chữa và thay đổi hoặc để đánh giá sự thay đổi về mục đích sử dụng.
- (4) TCVN XXX 1991 không bao hàm một cách đầy đủ các tình huống thiết kế đặc biệt đòi hỏi cần xem xét tới độ tin cậy riêng, chẳng hạn như các kết cấu của các cơ sở hạt nhân yêu cầu cần sử dụng các quy trình thiết kế riêng.

#### 1.1.2 Phạm vi áp dụng của TCVN XXX 1991-4 Tác động lên kết cấu: Si-lô và bể chứa

- (1)P Phần này quy định những nguyên tắc chung và các tác động dùng để thiết kế kết cấu si-lô chứa vật liệu rời và bể chứa chất lỏng và phải được sử dụng đồng thời với TCVN XXX 1990, các phần khác của TCVN XXX 1991 và TCVN XXX 1992 đến TCVN XXX 1999.
- (2) Phần này bao gồm một số quy định về tác động lên kết cấu si-lô và bể chứa, các tác động này không chỉ liên quan đến vật liệu rời hoặc chất lỏng chứa trong chúng (ví dụ như ảnh hưởng của chênh lệch nhiệt độ, lún không đều của nhóm si-lô).
- (3) Áp dụng các giới hạn về hình học sau cho các quy định thiết kế si-lô:
- Hình dạng tiết diện ngang của si-lô được giới hạn theo những hình dạng trong Hình 1.1d, một số thay đổi nhỏ có thể được chấp nhận, miễn là hậu quả sinh ra đối với kết cấu do sự thay đổi về áp lực được xem xét;
  - Áp dụng các giới hạn về kích thước sau:
 
$$h_b/d_c < 10$$

$$h_b < 100 \text{ m}$$

$$d_c < 60 \text{ m}$$
  - Đường giao phễu – tường nằm trong mặt phẳng nằm ngang (xem Hình 1.1a);
  - Si-lô không có kết cấu bên trong ví dụ hình nón hoặc hình chóp có đỉnh nằm ở vị trí cao nhất, dầm ngang, v.v... Tuy nhiên, si-lô chữ nhật có thể có các dầm giằng bên trong.
- (4) Áp dụng các giới hạn sau đối với vật liệu rời cho các quy định thiết kế si-lô:
- Mỗi si-lô được thiết kế cho đặc tính vật liệu rời thuộc một phạm vi xác định;
  - Vật liệu rời có thể chảy tự do, hoặc có thể bảo đảm chảy tự do trong phạm vi của si-lô theo thiết kế (xem 1.5.12 và Phụ lục C);

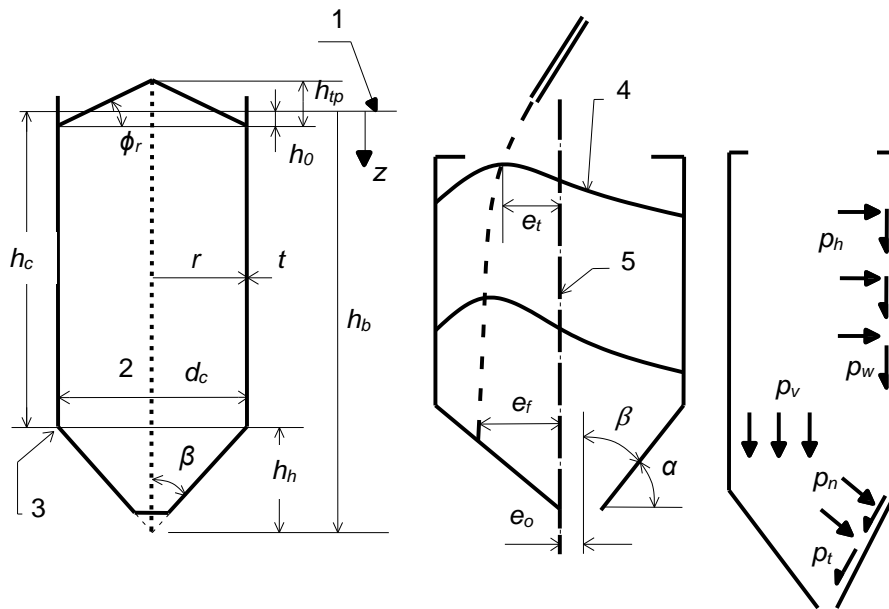
**TCVN XXX 1991-4:20XX**

- Đường kính hạt lớn nhất của vật liệu rời không được lớn hơn  $0,03d_c$  (Hình 1.1d).

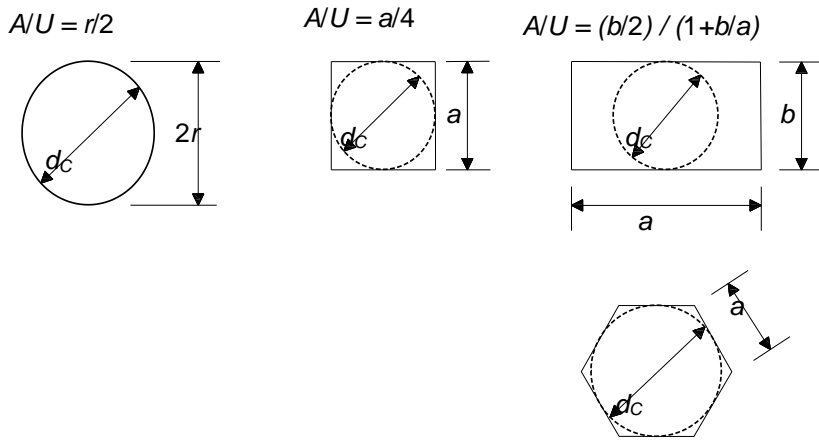
GHI CHÚ: Khi kích thước hạt là lớn so với chiều dày tường si-lô, thì cần xét đến ảnh hưởng của các lực cục bộ do hạt đơn lẻ tác dụng lên tường si-lô.

(5) Áp dụng các giới hạn về nạp liệu và xả liệu sau cho các quy định thiết kế si-lô:

- Bỏ qua ảnh hưởng của tải trọng quán tính và va chạm khi nạp liệu;
- Khi sử dụng thiết bị xả liệu (ví dụ như phễu hoặc ống dẫn dòng chảy trong), thì vật liệu rời sẽ chảy đều và đúng tâm.



a) Kích thước hình học                      b) Độ lệch tâm                      c) Áp lực và lực bám (ma sát)



d) Các dạng mặt cắt ngang

CHÚ DẪN:

- |                          |                                                   |
|--------------------------|---------------------------------------------------|
| 1. Bề mặt tương đương    | 4. Hình dạng bề mặt vật liệu trong trạng thái đầy |
| 2. Kích thước bên trong  | 5. Trục si-lô                                     |
| 3. Đường giao phễu-tường |                                                   |

**Hình 1.1 - Các dạng si-lô với các kích thước và chú giải về áp lực**

- (6) Chỉ có các phễu dạng hình nón (tức là đối xứng qua trục), hoặc dạng hình chóp vuông hoặc hình nêm (tức là có các tường ở đầu mút thẳng đứng) được đề cập trong tiêu chuẩn này. Các dạng phễu khác hoặc các phễu với các bộ phận bên trong, đòi hỏi cần có những xem xét đặc biệt.
- (7) Một số si-lô có kích thước hình học không đối xứng một cách có hệ thống không được đề cập trong tiêu chuẩn này. Các trường hợp này bao gồm cả phễu nạp liệu hình chiếc đũa (tức là phễu nạp liệu kiểu nêm phía dưới một hình trụ tròn) và phễu nạp liệu kiểu hình thoi.
- (8) Các quy định thiết kế cho bể chứa chỉ áp dụng cho loại bể chứa chất lỏng ở áp suất không khí bình thường.
- (9) Các tác động lên mái của si-lô và bể chứa cho trong TCVN XXX 1991-1, TCVN XXX 1991-1-3 đến TCVN XXX 1991-1-7 và TCVN XXX 1991-3.
- (10) Việc thiết kế si-lô dùng cho xả vật liệu rắn tin cậy không thuộc phạm vi của tiêu chuẩn này.
- (11) Việc thiết kế si-lô chịu rung, chịu va chạm, chịu va đập kêu to, chịu va đập liên tục, chịu va đập đều đều như hiện tượng “nhạc si-lô” đều nằm ngoài phạm vi của tiêu chuẩn này.

CHÚ THÍCH: Những hiện tượng này không được hiểu biết rõ, vì vậy việc sử dụng tiêu chuẩn này không bảo đảm chúng sẽ không xảy ra, hoặc bảo đảm kết cấu đủ khả năng chịu được những tác động đó.

## 1.2 Tài liệu viện dẫn

Tiêu chuẩn này chứa đựng các tài liệu viện dẫn có ghi năm công bố hoặc không ghi năm công bố và các quy định của các tài liệu khác. Các tài liệu viện dẫn này được trích dẫn tại các vị trí phù hợp trong chính văn của tiêu chuẩn và được liệt kê dưới đây. Đối với các tài liệu viện dẫn có ghi năm công bố, thì áp dụng phiên bản được nêu những sửa đổi và soát xét sau ngày xuất bản chỉ được áp dụng với tiêu chuẩn Châu Âu này khi tiêu chuẩn này được sửa đổi bổ sung. Đối với các tài liệu viện dẫn không ghi năm công bố thì áp dụng phiên bản mới nhất (kể cả các sửa đổi).

ISO 3898:1997 Các cơ sở thiết kế kết cấu - Các ký hiệu. Các ký hiệu chung

CHÚ THÍCH: Các tiêu chuẩn Châu Âu sau đây, đã được phát hành hoặc đang trong quá trình soạn thảo, được trích dẫn tại các nơi thích hợp trong văn bản:

TCVN XXX 1990:	Cơ sở thiết kế kết cấu
TCVN XXX 1991-1-1:	Các tác động lên kết cấu: Phần 1-1: Tác động chung – Tỷ trọng, trọng lượng bản thân, hoạt tải cho công trình
TCVN XXX 1991-1-2:	Các tác động lên kết cấu: Phần 1-2: Tác động chung - Các tác động lên kết cấu tiếp xúc với lửa
TCVN XXX 1991-1-3:	Tác động lên kết cấu: Phần 1.3: Tải trọng tuyết
TCVN XXX 1991-1-4:	Các tác động lên kết cấu: Phần 1-4: Tác động chung - Tác động của gió
TCVN XXX 1991-1-5:	Các tác động lên kết cấu: Phần 1-5: Tác động chung - Tác động nhiệt
TCVN XXX 1991-1-6:	Tác động lên kết cấu: Phần 1.6: Tác động chung. Tác động trong quá trình thi công
TCVN XXX 1991-1-7:	Các tác động lên kết cấu Phần 1-7 Tác động chung - Tác động bất thường
TCVN XXX 1991-2:	Các tác động lên kết cấu: Phần 2: Tải trọng giao thông lên cầu

## **TCVN XXX 1991-4:20XX**

TCVN XXX 1991-3:	Các tác động lên kết cấu: Phần 3: Tác động của cầu trục và máy móc
TCVN XXX 1992:	Thiết kế kết cấu bê tông
TCVN XXX 1992-4:	Thiết kế kết cấu bê tông: Phần 4: Kết cấu chịu và chứa chất lỏng
TCVN XXX 1993:	Thiết kế kết cấu thép
TCVN XXX 1993-1-6:	Thiết kế kết cấu thép: Phần 1.6: Cường độ và độ ổn định của kết cấu tấm
TCVN XXX 1993-4-1:	Thiết kế kết cấu thép: Phần 4.1: Si-lô
TCVN XXX 1993-4-2:	Thiết kế kết cấu thép: Phần 4.2: Bể chứa
TCVN XXX 1994:	Thiết kế kết cấu liên hợp thép và bê tông
TCVN XXX 1995:	Thiết kế kết cấu gỗ
TCVN XXX 1996:	Thiết kế kết cấu khối xây
TCVN XXX 1997:	Thiết kế địa kỹ thuật
TCVN XXX 1998:	Thiết kế kết cấu chịu động đất
TCVN XXX 1999:	Thiết kế kết cấu nhôm

### **1.3 Các giả thiết**

(1)P Áp dụng các giả thiết chung cho trong 1.3, TCVN XXX 1990.

### **1.4 Phân biệt giữa những nguyên tắc và các quy định áp dụng**

1. Phụ thuộc vào đặc điểm của các điều khoản riêng để phân biệt giữa những nguyên tắc và các quy định áp dụng.
2. Những Nguyên tắc gồm có:
  - Các nội dung và định nghĩa chung mà không có lựa chọn khác;
  - Các yêu cầu và mô hình phân tích không được phép thay thế trừ trường hợp được chỉ rõ.
- (3) Những Nguyên tắc được quy định bằng chữ P sau chỉ số của của điều.
- (4) Các Quy định áp dụng là các quy định được thừa nhận chung, tuân thủ những Nguyên tắc và đáp ứng các yêu cầu của những nguyên tắc này.
- (5) Cho phép sử dụng các quy định thay thế khác với các Quy định áp dụng cho trong tiêu chuẩn này, với điều kiện các quy định thay thế này cần tuân thủ những Nguyên tắc liên quan và ít nhất cần có cùng độ tin cậy.
- (6) Trong phần này, các quy định áp dụng được nhận biết bởi con số nằm trong dấu ngoặc đơn, ví dụ như ngay chính tại điều khoản này.

### **1.5 Các định nghĩa**

Theo mục đích của tiêu chuẩn này, một danh mục cơ bản của các định nghĩa được cung cấp trong mục 1.5 của TCVN XXX 1990 và các định nghĩa bổ sung dưới đây được dùng riêng cho phần này.

#### **1.5.1**

#### **Đáy si-lô thông khí (Aerated silo bottom)**

Đáy si-lô có thổi khí qua hoặc phun khí để kích hoạt dòng chảy của vật liệu ở đáy si-lô (Hình 3.5b).

### 1.5.2

#### **Kích thước đặc trưng bên trong của mặt cắt ngang si-lô (Characteristic dimension of inside of silo cross-section)**

Kích thước đặc trưng  $d_c$  là đường kính của vòng tròn nội tiếp lớn nhất trong phạm vi mặt cắt ngang của si-lô (Hình 1.1d).

### 1.5.3

#### **Si-lô tròn (Circular silo)**

Si-lô có mặt cắt ngang trên mặt bằng là hình tròn (Hình 1.1d).

### 1.5.4

#### **Lực dính (Cohesion)**

Cường độ chịu cắt của vật liệu rời khi ứng suất pháp tuyến lên trên mặt phẳng phá hoại bằng không.

### 1.5.5

#### **Phễu nạp liệu hình nón (Conical hopper)**

Phễu có các mặt nghiêng đồng quy về một điểm, được dự định để có được một dòng chảy đối xứng trục của khối vật liệu rời.

### 1.5.6

#### **Sự xả liệu lệch tâm (Eccentric discharge)**

Dạng dòng chảy của vật liệu rời sinh ra từ vật liệu rời chuyển động được phân bố một cách không đối xứng so với đường tâm thẳng đứng của si-lô. Điều này thường xảy ra do định vị cửa xả liệu lệch tâm (Hình 3.2c và d, 3.3b và c), nhưng cũng có thể do các hiện tượng không đối xứng khác (Hình 3.4d).

### 1.5.7

#### **Sự nạp liệu lệch tâm (Eccentric filling)**

Điều kiện khi đỉnh của đống vật liệu tại điểm cao nhất của vật liệu rời ở bất kỳ giai đoạn nào của quá trình nạp liệu đều không nằm trên đường tâm thẳng đứng của si-lô (Hình 1.1b).

### 1.5.8

#### **Bề mặt tương đương (Equivalent surface)**

Bề mặt phẳng mà cho cùng một thể tích vật liệu rời như bề mặt thực tế tạo ra (Hình 1.1a).

### 1.5.9

#### **Phễu nạp liệu mở rộng (Expanded flow hopper)**

Phễu nạp liệu mà phần dưới của nó có các mặt đủ dốc để tạo nên các dòng chảy khối, trong khi phần trên của phễu có các mặt thoải và dòng chảy mong muốn là dòng chảy kiểu phễu (xem Hình 3.5d). Sự cấu tạo hợp lý này làm giảm được chiều cao phễu trong khi vẫn bảo đảm nạp liệu và xả liệu một cách chắc chắn.

### 1.5.10

## **TCVN XXX 1991-4:20XX**

### **Đáy phẳng (Flat bottom)**

Đáy trong của si-lô có độ nghiêng so với mặt phẳng nằm ngang nhỏ hơn  $5^{\circ}$ .

#### **1.5.11**

### **Dạng dòng chảy (Flow pattern)**

Dạng chảy của dòng vật liệu rời trong si-lô khi dòng chảy ổn định (Hình 3.1 đến 3.4). Si-lô này gần với trạng thái được đổ đầy.

#### **1.5.12**

### **Vật liệu rời hoá lỏng (Fluidized solid)**

Trạng thái của vật liệu rời dạng hạt mịn khi khối tích rỗng của nó chứa một tỷ lệ lớn không khí nằm giữa khe, có một gradient áp suất đỡ được trọng lượng các hạt rắn. Không khí này có thể được đưa vào bằng cách thổi khí hoặc nhờ quá trình nạp liệu. Một vật liệu rời có thể được coi là bị hoá lỏng một phần khi chỉ có một phần trọng lượng hạt được đỡ bằng gradient áp suất không khí trong khe.

#### **1.5.13**

### **Vật liệu dạng hạt chảy tự do (Free flowing granular solid)**

Vật liệu rời mà sự ứng xử về dòng chảy của nó không chịu ảnh hưởng đáng kể của lực dính kết.

#### **1.5.14**

### **Điều kiện đầy (Full condition)**

Si-lô được coi là ở trong điều kiện đầy khi mặt đỉnh của vật liệu rời nằm ở vị trí cao nhất được xem là có thể đảm bảo điều kiện vận hành trong khoảng thời gian tuổi thọ thiết kế của công trình. Đây được coi là điều kiện thiết kế cho si-lô.

#### **1.5.15**

### **Dòng chảy kiểu phễu (Funnel flow)**

Dạng dòng chảy trong đó một dòng vật liệu rời chảy trong phạm vi một vùng hạn chế phía trên cửa xả liệu, và phần vật liệu rời bên cạnh tường gần với cửa xả liệu vẫn ở trạng thái tĩnh (Hình 3.1). Dòng chảy này có thể chảy qua đoạn tường thẳng đứng (dòng chảy hỗn hợp) hoặc kéo dài tới bề mặt của vật liệu rời (dòng chảy kiểu ống).

#### **1.5.16**

### **Vật liệu dạng hạt (Granular solid)**

Chất rắn dạng hạt trong đó tất cả các hạt đều lớn tới mức không khí nằm giữa khe đóng vai trò nhỏ trong việc xác định áp lực và dòng chảy khối lớn của vật liệu rời.

#### **1.5.17**

### **Tốc độ nạp liệu cao (High filling velocity)**

Điều kiện trong một si-lô mà sự nạp liệu nhanh có thể dẫn tới sự cuốn khí trong phạm vi vật liệu rời tới mức mà những áp lực tác dụng lên các tường si-lô đều thay đổi một cách đáng kể so với điều kiện không cuốn khí.



**1.5.18****Si-lô lỏng hoá đều (Homogenizing fluidized silo)**

Si-lô mà trong đó vật liệu rời dạng hạt được hóa lỏng để hỗ trợ trộn.

**1.5.19****Phễu si-lô (Hopper)**

Phần đáy của si-lô có các tường nằm nghiêng.

**1.5.20****Hệ số áp lực phễu  $F$  (Hopper pressure ratio  $F$ )**

Tỷ số giữa áp lực pháp tuyến  $p_n$  lên thành nghiêng của phễu và ứng suất thẳng đứng trung bình  $p_v$  trong vật liệu rời ở cùng một cao độ.

**1.5.21****Si-lô có độ mảnh trung bình (Intermediate slenderness silo)**

Si-lô thỏa mãn điều kiện  $1,0 < h_c/d_c < 2,0$  (trừ trường hợp đã định nghĩa trong 3.3)

**1.5.22****Dòng chảy kiểu ống bên trong (Internal pipe flow)**

Dạng dòng chảy kiểu ống trong đó đường biên của luồng chảy kéo dài tới bề mặt của vật liệu rời mà không tiếp xúc với thành (xem Hình 3.1 và 3.2).

**1.5.23****Tỷ số áp lực ngang  $K$  (Lateral pressure ratio  $K$ )**

Tỷ số giữa áp lực nằm ngang trung bình lên tường thẳng đứng của si-lô và ứng suất thẳng đứng trung bình trong si-lô tại cùng cao độ.

**1.5.24****Lực dính thấp (Low cohesion)**

Mẫu vật liệu rời có lực dính thấp nếu lực dính  $c$  nhỏ hơn 4% ứng suất tiền cố kết  $\sigma_r$  (phương pháp để xác định lực dính được cho trong C.9).

**1.5.25****Dòng chảy kiểu khối (Mass flow)**

Dạng dòng chảy mà trong đó tất cả vật liệu chứa chuyển động đồng thời trong quá trình xả liệu (xem Hình 3.1a).

**1.5.26****Dòng chảy kiểu hỗn hợp (Mixed flow)**

Dạng dòng chảy kiểu phễu, trong đó điểm giao của dòng chảy với tường đứng của si-lô nằm dưới bề mặt của vật liệu rời (xem Hình 3.1c và 3.3).

1.5.27

**Si-lô không tròn (Non-circular silo)**

Si-lô có mặt cắt ngang trên mặt bằng với hình dạng bất kỳ không cần là tròn (xem Hình 1.1d).

1.5.28

**Vật liệu rời (Particulate solid)**

Vật liệu rời tồn tại dưới dạng nhiều hạt độc lập và rời rạc.

1.5.29

**Tải trọng cục bộ theo vùng (Patch load)**

Tải trọng cục bộ tác dụng lên một vùng được chỉ định trên bất kỳ phần nào của tường đứng trong si-lô.

1.5.30

**Dòng chảy kiểu ống (Pipe flow)**

Dạng dòng chảy mà trong đó vật liệu rời trong một luồng chảy thẳng đứng hoặc gần như là thẳng đứng phía trên cửa xả liệu, nhưng lại được bao bởi khối vật liệu không chuyển động (xem Hình 3.1b và 3.2). Dòng chảy có thể xảy ra trên bề mặt thành nếu như cửa xả lệch tâm (xem các Hình 3.2c và d) hoặc nếu các yếu tố nhất định làm cho vị trí dòng dịch khỏi phía trên của cửa xả liệu (xem Hình 3.4d).

1.5.31

**Dòng chảy kiểu phẳng (Plane flow)**

Dạng dòng chảy trong si-lô có mặt cắt ngang hình vuông hoặc chữ nhật với cửa xả liệu kiểu khe. Khe này song song với hai trong số các tường si-lô và chiều dài của nó tương đương với chiều dài của các tường này.

1.5.32

**Bột liệu (Powder)**

Trong tiêu chuẩn này, vật liệu có kích thước hạt trung bình nhỏ hơn 0,05mm được xếp vào loại bột liệu.

1.5.33

**Áp lực (Pressure)**

Lực, tính trên một đơn vị diện tích, vuông góc với tường si-lô.

1.5.34

**Si-lô dạng tường chắn (Retaining silo)**

Si-lô mà đáy của nó là phẳng và có tỷ số  $h_c/d_c \leq 0,4$

1.5.35

**Phễu nông (Shallow hopper)**

Phễu có giá trị toàn phần của ma sát thành không được huy động sau khi nạp liệu vào si-lô.

**1.5.36****Si-lô (Silo)**

Kết cấu chứa được sử dụng để chứa vật liệu rời (ví dụ: bunke, bể chứa hoặc si-lô).

**1.5.37****Si-lô mảnh (Slender silo)**

Si-lô có  $h_c/d_c \geq 2,0$  hoặc si-lô thoả mãn các điều kiện bổ sung đã định nghĩa trong 3.3

**1.5.38****Độ mảnh (Slenderness)**

Tỷ số  $h_c/d_c$  của mặt cắt thẳng đứng của si-lô.

**1.5.39****Si-lô mập (Squat silo)**

Si-lô có  $0,4 < h_c/d_c \leq 1,0$ , hoặc si-lô thoả mãn những điều kiện bổ sung đã định nghĩa trong 3.3. Khi  $h_c/d_c \leq 0,4$ , si-lô được gọi là mập nếu nó có phễu, nhưng lại được gọi là si-lô dạng tường chắn nếu đáy nó phẳng.

**1.5.40****Phễu dốc đứng (Steep hopper)**

Phễu có giá trị toàn phần của ma sát tường được huy động sau khi nạp liệu vào si-lô.

**1.5.41****Ứng suất trong vật liệu chứa (Stress in the stored solid)**

Lực trên một đơn vị diện tích trong phạm vi vật liệu chứa.

**1.5.42****Bể chứa (Tank)**

Kết cấu chứa được sử dụng để chứa chất lỏng.

**1.5.43****Si-lô tường dày (Thick-walled silo)**

Si-lô có tỷ lệ kích thước đặc trưng và chiều dày tường nhỏ hơn  $d_c/t = 200$ .

**1.5.44****Si-lô tròn tường mỏng (Thin-walled circular silo)**

Si-lô tròn có tỷ lệ đường kính và chiều dày tường lớn hơn  $d_c/t = 200$ .

**1.5.45****Lực bám (Traction)**

Lực trên một đơn vị diện tích song song với tường si-lô (thẳng đứng hoặc nghiêng).

1.5.46

**Đường giao phễu-tường (Transition)**

Chỗ giao nhau giữa phễu với tường đứng.

1.5.47

**Đoạn tường đứng (Vertical walled segment)**

Phần si-lô hoặc bể chứa có tường đứng.

1.5.48

**Phễu kiểu nêm (Wedge hopper)**

Phễu có các mặt dốc hội tụ chỉ trong một mặt phẳng (với các đầu mút thẳng đứng) để tạo ra dòng chảy phẳng của vật liệu rời chứa.

**1.6 Các ký hiệu được sử dụng trong Phần 4 của Eurocode 1**

Danh mục ký hiệu cơ bản được cho trong TCVN XXX 1990. Các ký hiệu bổ sung sau đây sử dụng riêng cho phần này. Các ký hiệu này đều dựa trên cơ sở ISO 3898: 1997.

**1.6.1 Chữ cái in hoa La Mã (Roman)**

$A$	diện tích mặt cắt ngang trên mặt bằng của phần thành đứng
$A_c$	diện tích mặt cắt ngang trên mặt bằng của dòng chảy khi xả liệu lệch tâm
$B$	thông số chiều sâu cho si-lô nạp liệu lệch tâm
$C$	hệ số tăng tải trọng
$C_o$	hệ số xả (hệ số tăng tải trọng) cho vật liệu rời
$C_{op}$	hệ số tham chiếu của tải trọng cục bộ theo vùng (hệ số tăng tải trọng) của vật liệu rời
$C_b$	hệ số tăng tải trọng lên đáy
$C_n$	hệ số áp lực ngang khi xả liệu (hệ số tăng tải trọng)
$C_{pe}$	hệ số tải trọng cục bộ theo vùng khi xả liệu (hệ số tăng tải trọng)
$C_{pf}$	hệ số tải trọng cục bộ theo vùng khi nạp liệu (hệ số tăng tải trọng)
$C_s$	hệ số điều chỉnh độ mảnh cho si-lô có độ mảnh trung bình
$C_T$	hệ số tải trọng do sự chênh lệch nhiệt độ
$C_w$	hệ số ma sát của thành khi xả (hệ số tăng tải trọng)
$E$	tỷ số giữa độ lệch tâm của dòng chảy với bán kính si-lô
$E_s$	môđun đàn hồi hiệu dụng của vật liệu chứa tại mức ứng suất liên quan
$E_w$	môđun đàn hồi của tường si-lô
$F$	tỷ số giữa áp lực pháp tuyến trên thành phễu và ứng suất thẳng đứng trung bình trong vật liệu rời
$F_e$	tỷ số áp lực phễu trong quá trình xả liệu
$F_T$	tỷ số áp lực phễu sau khi nạp liệu
$F_{pe}$	tổng lực ngang do tải trọng cục bộ tác dụng lên si-lô tròn tường mỏng trong quá trình xả liệu

$F_{pf}$	tổng lực ngang do tải trọng cục bộ tác dụng lên si-lô tròn tường mỏng sau khi nạp liệu
$G$	tỷ số giữa bán kính dòng chảy và bán kính của si-lô tròn
$K$	giá trị đặc trưng của hệ số áp lực ngang
$K_m$	giá trị trung bình của hệ số áp lực ngang
$K_0$	giá trị của $K$ khi biến dạng ngang bằng không, dưới các ứng suất chính thẳng đứng và nằm ngang
$S$	hệ số kích thước hình học của phễu (=2 đối với hình nón, = 1 đối với hình nêm)
$T$	hiệu độ
$U$	chu vi trong của mặt cắt ngang của đoạn tường thẳng đứng
$U_{sc}$	chu vi trong của dòng chảy tại nơi tiếp xúc với vật liệu ở trạng thái tĩnh khi xả lệch tâm
$U_{wc}$	chu vi trong của dòng chảy tại nơi tiếp xúc với thành khi xả lệch tâm
$Y$	hàm thay đổi theo chiều sâu
$Y_J$	hàm áp lực Janssen thay đổi theo chiều sâu
$Y_R$	hàm áp lực thay đổi theo chiều sâu của si-lô mập

### 1.6.2 Các chữ cái La Mã (Roman) in thường

$a$	Chiều dài cạnh của si-lô chữ nhật hoặc si-lô sáu cạnh (xem Hình 1.1d)
$a$	hệ số thay đổi đặc tính để xác định giá trị đặc trưng cận trên và cận dưới từ giá trị trung bình
$a_K$	hệ số điều chỉnh đối với tỷ số áp lực ngang
$a_\gamma$	hệ số điều chỉnh đối với trọng lượng thể tích
$a_\phi$	hệ số điều chỉnh đối với góc ma sát trong
$a_\mu$	hệ số điều chỉnh đối với hệ số ma sát thành
$b$	chiều rộng của si-lô chữ nhật (xem Hình 1.1d)
$b$	hệ số kinh nghiệm đối với áp lực phễu
$c$	lực dính của vật liệu rời
$d_c$	kích thước đặc trưng bên trong của tiết diện ngang si-lô (xem Hình 1.1d)
$e$	giá trị lớn hơn giữa $e_t$ và $e_o$
$e_c$	độ lệch tâm của tâm dòng chảy trong trường hợp dòng chảy lệch tâm cao (xem Hình 5.5)
$e_t$	độ lệch tâm lớn nhất của bề mặt cột vật liệu trong quá trình nạp liệu (xem Hình 1.1b)
$e_{t,cr}$	độ lệch tâm lớn nhất khi nạp liệu mà có thể sử dụng quy tắc đơn giản ( $e_{t,cr} = 0.25d_c$ )
$e_o$	độ lệch tâm của tâm cửa xả liệu (xem Hình 1.1b)
$e_{o,cr}$	độ lệch tâm lớn nhất của tâm cửa xả liệu mà có thể sử dụng quy tắc đơn giản ( $e_{o,cr} = 0.25d_c$ )
$e_t$	độ lệch tâm của tâm bề mặt đỉnh của cột vật liệu khi si-lô đầy (xem Hình 1.1b)
$e_{t,cr}$	độ lệch tâm lớn nhất của bề mặt đỉnh mà có thể sử dụng quy tắc đơn giản ( $e_{t,cr} = 0.25d_c$ )
$h_b$	tổng chiều cao của si-lô tính từ đỉnh phễu tới bề mặt tương đương (Hình 1.1a)
$h_c$	chiều cao của đoạn tường thẳng đứng của si-lô từ đường chuyển giao phễu-tường tới bề mặt tương đương (Hình 1.1a)

## TCVN XXX 1991-4:20XX

$h_h$	chiều cao của phễu tính từ đỉnh tới đường chuyển giao phễu-tường (Hình 1.1a)
$h_o$	chiều sâu phía dưới bề mặt tương đương đến đáy của cột vật liệu phía trên (điểm thấp nhất trên tường không tiếp xúc với vật liệu rời (Hình 1.1a, 5.6 và 6.3))
$h_{tp}$	tổng chiều cao của cột vật liệu rời phía trên (khoảng cách thẳng đứng từ điểm thấp nhất trên tường không tiếp xúc với vật liệu rời tới đỉnh cột vật liệu (Hình 1.1a, và 6.3))
$n$	lũy thừa trong quan hệ với áp lực phễu
$n_{zSk}$	giá trị đặc trưng của hợp lực từ ứng suất theo phương thẳng đứng trên mỗi đơn vị chiều dài theo chu vi trên đoạn thường thẳng đứng
$p$	áp lực
$p_h$	áp lực ngang do vật liệu rời (Hình 1.1c)
$p_{hae}$	áp lực theo phương nằm ngang trong phần vật liệu rời ở trạng thái tĩnh gần với dòng chảy trong quá trình xả liệu lệch tâm
$p_{nce}$	áp lực theo phương nằm ngang trong dòng chảy trong quá trình xả liệu lệch tâm
$p_{nco}$	áp lực tiệm cận theo phương nằm ngang ở độ sâu lớn trong dòng chảy khi xả liệu lệch tâm
$p_{ne}$	áp lực theo phương nằm ngang (ngang) trong quá trình xả liệu
$p_{ne,u}$	áp lực theo phương nằm ngang (ngang) trong quá trình xả liệu được tính toán bằng phương pháp đơn giản hoá
$p_{nf}$	áp lực ngang sau khi nạp liệu
$p_{nfb}$	áp lực theo phương nằm ngang (ngang) sau khi nạp liệu tại đáy của đoạn tường thẳng đứng
$p_{hf,u}$	áp lực theo phương nằm ngang (ngang) sau khi nạp liệu được tính toán bằng phương pháp đơn giản hoá
$p_{no}$	áp lực ngang tiệm cận ở độ sâu lớn khi nạp liệu
$p_{hse}$	áp lực theo phương nằm ngang (ngang) trong phần vật liệu rời ở trạng thái tĩnh cách xa dòng chảy trong quá trình xả lệch tâm
$p_{nT}$	độ tăng áp lực theo phương nằm ngang (ngang) do sự chênh lệch nhiệt độ
$p_n$	áp lực pháp tuyến với tường phễu gây ra bởi vật liệu rời (xem Hình 1.1c)
$p_{ne}$	áp lực pháp tuyến với tường phễu trong quá trình xả liệu
$p_{nf}$	áp lực pháp tuyến với tường phễu sau khi nạp liệu
$p_p$	áp lực cục bộ lên tường
$p_{pe}$	áp lực cục bộ lên tường trong quá trình xả liệu
$p_{pei}$	áp lực cục bộ bổ sung ngược hướng trong quá trình xả liệu
$p_{pe,nc}$	áp lực đều trên si-lô không tròn, đại diện cho ảnh hưởng của tải trọng cục bộ lên tường trong quá trình xả liệu
$p_{pf}$	áp lực cục bộ lên tường sau khi nạp liệu
$p_{pfi}$	áp lực cục bộ bổ sung ngược hướng sau khi nạp liệu
$p_{pf,nc}$	áp lực đều trên si-lô không tròn để đại diện cho ảnh hưởng của tải trọng cục bộ lên tường sau khi nạp liệu
$p_{p,sq}$	áp lực cục bộ lên tường trong si-lô mập
$p_{pes}$	áp lực cục bộ tại toạ độ chu vi $\theta$ (si-lô tròn tường mỏng) trong quá trình xả liệu

$\rho_{pfs}$	áp lực cục bộ tại tọa độ chu vi $\theta$ (si-lô tròn tường mỏng) sau khi nạp liệu
$\rho_t$	lực ma sát trong phễu (xem Hình 1.1c)
$\rho_{te}$	lực ma sát trong phễu trong quá trình xả liệu
$\rho_{tf}$	lực ma sát trong phễu sau khi nạp liệu
$\rho_v$	ứng suất theo phương thẳng đứng trong vật liệu chứa dạng rời (xem Hình 1.1c)
$\rho_{vb}$	áp lực theo phương thẳng đứng xác định theo công thức (6.2) tại cao độ đáy trong si-lô mập
$\rho_{vf}$	ứng suất theo phương thẳng đứng trong vật liệu rời sau khi nạp liệu
$\rho_{vft}$	ứng suất theo phương đứng trong vật liệu rời tại đường giao phễu-tường sau khi nạp liệu (đáy của đoạn tường thẳng đứng)
$\rho_{vho}$	áp lực theo phương thẳng đứng xác định theo Biểu thức (5.79) với $z = h_0$ tại đáy của cột vật liệu phía trên
$\rho_{vsq}$	áp lực theo phương thẳng đứng tác dụng lên đáy phẳng của si-lô mập hoặc si-lô có độ mảnh trung bình
$\rho_{vtp}$	áp lực địa tĩnh theo phương thẳng đứng tại đáy của cột vật liệu phía trên
$\rho_w$	lực ma sát thành trên tường đứng (lực cắt ma sát trên diện tích đơn vị) (xem Hình 1.1c)
$\rho_{wae}$	lực ma sát thành trong phần vật liệu rời ở trạng thái tĩnh cạnh dòng chảy trong quá trình xả lệch tâm
$\rho_{wce}$	lực ma sát thành trong dòng chảy trong quá trình xả lệch tâm
$\rho_{we}$	lực ma sát thành trong quá trình xả liệu
$\rho_{we,u}$	lực ma sát thành trong quá trình xả liệu được tính toán bằng phương pháp đơn giản
$\rho_{wf}$	lực ma sát thành sau khi nạp liệu
$\rho_{vf,u}$	lực ma sát thành sau khi nạp liệu được tính toán bằng phương pháp đơn giản
$\rho_{wse}$	lực ma sát thành trong phần vật liệu rời ở trạng thái tĩnh cạnh dòng chảy trong quá trình xả lệch tâm
$r$	bán kính tương đương của si-lô ( $r = 0.5d_c$ )
$r_c$	bán kính của dòng chảy lệch tâm
$s$	kích thước của vùng chịu ảnh hưởng bởi tải trọng cục bộ lên tường ( $s = \pi d_s / 16 \cong 0.2d_c$ )
$t$	chiều dày tường si-lô
$x$	tọa độ theo phương thẳng đứng trong phễu với gốc tọa độ ở đỉnh nón hoặc đỉnh chóp (xem Hình 6.2)
$z$	chiều sâu phía dưới bề mặt tương đương của vật liệu rời trong điều kiện đổ đầy (xem Hình 1.1a)
$z_0$	chiều sâu đặc trưng Janssen
$z_{0c}$	chiều sâu đặc trưng Janssen cho dòng chảy trong điều kiện xả lệch tâm
$z_p$	chiều sâu phía dưới bề mặt tương đương của tâm của tải trọng cục bộ tác dụng lên tường si-lô mỏng
$z_s$	chiều sâu phía dưới nơi tiếp xúc cao nhất giữa vật liệu rời với tường (xem Hình 5.7 và 5.8)
$z_v$	chiều sâu sử dụng để xác định ứng suất theo phương đứng trong si-lô mập

### 1.6.3 Chữ cái Hy-Lạp in hoa

$\Delta$	chuyển dịch ngang của phần trên của ô cắt
$\Delta$	toán tử gia tăng, xuất hiện trong những ký hiệu hỗn hợp sau:
$\Delta p_{sq}$	độ chênh áp lực theo phương đứng được đánh giá bằng hai phương pháp đối với si-lô mập
$\Delta T$	độ chênh giữa nhiệt độ của vật liệu rời và tường si-lô
$\Delta v$	sự gia tăng chuyển vị thẳng đứng đo được trong quá trình thí nghiệm vật liệu
$\Delta \sigma$	sự gia tăng ứng suất tác dụng lên bộ phận trong quá trình thí nghiệm vật liệu

### 1.6.4 Chữ cái Hy-Lạp in thường

$\alpha$	góc nghiêng trung bình của tường phễu so với phương nằm ngang (xem Hình 1.1b)
$\alpha_w$	hệ số dẫn nở nhiệt của tường si-lô
$\beta$	góc nghiêng của tường phễu so với phương thẳng đứng (xem các Hình 1.1a và 1.1b), hoặc độ dốc lớn nhất của phễu hình chóp vuông hoặc chữ nhật.
$\gamma$	giá trị đặc trưng cận trên của trọng lượng thể tích của chất lỏng hoặc vật liệu rời
$\gamma$	trọng lượng thể tích của vật liệu rời hoá lỏng
$\delta$	độ lệch chuẩn của một đặc tính
$\theta$	toạ độ góc theo chu vi (toạ độ quạt)
$\theta_c$	góc tiếp xúc với thành của dòng chảy lệch tâm (toạ độ chu vi của mép vùng áp lực thấp khi xả lệch tâm (xem Hình 5.5))
$\psi$	góc tiếp xúc với thành của dòng chảy lệch tâm được đo từ tâm của dòng chảy
$\mu$	giá trị đặc trưng của hệ số ma sát thành đối với tường đứng
$\mu_{heff}$	ma sát hiệu dụng hoặc ma sát được huy động trong phễu nông
$\mu_h$	hệ số ma sát thành của phễu
$\mu_m$	giá trị trung bình của hệ số ma sát thành giữa vật liệu rời và thành
$\nu$	hệ số Poát-xông của vật liệu chứa rời
$\phi_c$	giá trị đặc trưng của góc ma sát trong của vật liệu rời khi dỡ tải (xem C.9)
$\phi$	giá trị đặc trưng của góc ma sát trong của vật liệu rời khi gia tải (xem C.9)
$\phi_m$	giá trị trung bình của góc ma sát trong khi gia tải (xem C.9)
$\phi_r$	góc nghỉ của vật liệu rời (cột hình nón) (xem Hình 1.1a)
$\phi_w$	góc ma sát thành (= $\arctan(\mu)$ ) giữa vật liệu rời và tường si-lô
$\phi_{wh}$	góc ma sát thành phễu (= $\arctan(\mu_h)$ ) giữa vật liệu rời và tường phễu
$\sigma_r$	mức ứng suất tham chiếu để thí nghiệm vật liệu rắn rời

### 1.6.5 Các chỉ số phụ bên dưới

$d$	giá trị thiết kế (được điều chỉnh bằng hệ số riêng)
$e$	xả (làm rỗng) liệu



$f$	nạp và chứa liệu
$h$	phễu
$h$	phương ngang
$K$	hệ số áp lực ngang
$m$	giá trị trung bình
$n$	vuông góc hay pháp tuyến với tường
$nc$	si-lô không tròn
$p$	tải trọng cục bộ theo vùng lên tường
$t$	tiếp tuyến với tường
$u$	phân bố đều
$v$	phương đứng
$w$	ma sát thành
$\gamma$	trọng lượng thể tích
$\phi$	góc ma sát trong
$\mu$	hệ số ma sát thành

## Chương 2. Đại diện và phân loại tác động

### 2.1 Đại diện tác động lên si-lô

(1)P Tác động lên si-lô phải được xác định có xét đến kết cấu si-lô, các tính chất của vật liệu rời và dạng của dòng xả liệu xuất hiện trong quá trình xả rỗng si-lô.

(2)P Tính bất định liên quan đến dạng dòng chảy, ảnh hưởng của độ lệch tâm của cửa nạp liệu và cửa xả liệu tới quá trình nạp liệu và xả liệu, ảnh hưởng của hình dạng si-lô tới dạng dòng chảy, áp lực nạp liệu và xả liệu phụ thuộc vào thời gian, đều phải được đưa vào tính toán.

CHÚ THÍCH: Độ lớn và sự phân bố các tải trọng thiết kế phụ thuộc vào kết cấu si-lô, tính chất của vật liệu rời, và dạng dòng vật liệu xả liệu xuất hiện trong quá trình xả rỗng si-lô. Tính biến thiên của vật liệu rời và việc đơn giản hoá các mô hình tải trọng dẫn tới sự chênh lệch giữa tải trọng thực tế lên si-lô và tải trọng được xác định theo các quy tắc thiết kế trong Chương 5 và 6. Ví dụ, sự phân bố áp lực khi xả liệu thay đổi xung quanh tường si-lô dưới dạng một hàm số của thời gian và không có dự đoán chính xác về áp lực trung bình hoặc sự biến thiên của nó vào thời điểm cụ thể.

(3)P Tải trọng lên các tường đứng của si-lô do sự nạp và xả liệu rời có độ lệch tâm nhỏ phải được đại diện bằng một tải trọng đối xứng và một tải trọng cục bộ theo vùng không đối xứng. Khi xảy ra sự lệch tâm lớn hơn, các tải trọng này phải được đại diện bằng các áp lực phân bố không đối xứng.

(4) Giá trị đặc trưng của tác động lên si-lô định nghĩa trong tiêu chuẩn này dự kiến tương ứng với giá trị có xác suất vượt quá bằng 2% với chu kỳ tham chiếu là 1 năm.

CHÚ THÍCH: Các giá trị đặc trưng không dựa vào một phân tích thống kê chính thức vì những dữ liệu như vậy hiện không có sẵn. Thay vào đó, chúng dựa vào các giá trị được sử dụng trong các tiêu chuẩn trước đây. Định nghĩa trên tương ứng với định nghĩa được nêu trong TCVN XXX 1990.

(5) Nếu dạng kết cấu lựa chọn cho si-lô nhạy cảm với độ lệch trong mô hình tải trọng, cần thực hiện phân tích độ nhạy.

(6) Tải trọng đối xứng lên si-lô cần được biểu thị dưới dạng áp lực ngang  $p_h$  lên mặt trong của tường si-lô (tường đứng), áp lực pháp tuyến  $p_n$  lên một tường nghiêng, các lực ma sát tiếp tuyến lên tường  $p_w$  và  $p_t$  và áp lực thẳng đứng  $p_v$  trong vật liệu rời.

(7) Tải trọng không đối xứng lên tường đứng của si-lô có độ lệch tâm nhỏ khi nạp và xả liệu cần được đại diện bằng các tải trọng cục bộ theo vùng. Các tải trọng cục bộ này cần được biểu thị dưới dạng một áp lực ngang cục bộ  $p_h$  lên mặt trong của si-lô.

(8) Tải trọng không đối xứng lên tường đứng của si-lô có độ lệch tâm lớn khi nạp và xả liệu cần được đại diện bằng các phân bố không đối xứng của áp lực ngang  $p_h$  và lực ma sát thành  $p_w$ .

(9) Hệ số tăng tải trọng  $C$  cần được sử dụng để đại diện cho các tải trọng bổ sung bất lợi.

(10) Đối với si-lô thuộc Cấp đánh giá tác động loại 2 và 3 (xem 2.5), hệ số tăng tải trọng  $C$  chỉ được sử dụng để đại diện cho các tải trọng bổ sung bất lợi liên quan đến dòng vật liệu rời trong quá trình xả liệu.

(11) Đối với si-lô thuộc Cấp đánh giá tác động loại 1, hệ số tăng tải trọng  $C$  cần được sử dụng để đại diện cho cả tải trọng bổ sung bất lợi liên quan đến dòng vật liệu rời trong quá trình xả liệu và ảnh hưởng của sự biến đổi của vật liệu rời.

CHÚ THÍCH: Hệ số tăng tải trọng  $C$  nhằm để kể đến tính bất định liên quan đến dạng dòng chảy, ảnh hưởng của độ lệch tâm của cửa nạp, xả liệu tới quá trình nạp và xả liệu, ảnh hưởng của hình dạng si-lô tới dạng dòng chảy,

và những phép xấp xỉ sử dụng trong việc chuyển đổi áp lực nạp liệu và xả liệu phụ thuộc thời gian thành các mô hình độc lập với thời gian. Đối với si-lô thuộc Cấp đánh giá tác động loại 1, hệ số tăng tải trọng  $C$  còn xét đến sự biến thiên cố hữu của các tính chất của vật liệu rời. Đối với si-lô thuộc Cấp đánh giá tác động loại 2 và 3, sự biến thiên của các thông số thiết kế sử dụng để đại diện cho vật liệu rời được xét đến khi chấp nhận các giá trị đặc trưng của vật liệu  $\chi$ ,  $\mu$ ,  $K$  và  $\phi_i$  và không nằm trong hệ số tăng tải trọng  $C$ .

(12) Đối với si-lô thuộc Cấp đánh giá tác động loại 1, tải trọng không đối xứng cần được đại diện bằng một lượng tăng thêm của tải trọng đối xứng, bằng cách sử dụng hệ số tăng tải trọng  $C$  khi xả liệu.

(13) Đối với si-lô thuộc Cấp đánh giá tác động loại 2, tải trọng cục bộ theo vùng không đối xứng có thể được thay thế bằng một lượng tăng thêm của tải trọng đối xứng liên quan đến độ lớn của tải trọng cục bộ không đối xứng.

## 2.2 Đại diện tác động lên bể chứa

(1)P Tải trọng lên bể chứa do chất lỏng phải được đại diện bằng một tải trọng phân bố thủy tĩnh.

(2) Giá trị đặc trưng của tác động lên bể chứa định nghĩa trong tiêu chuẩn này là tương ứng với giá trị có xác suất vượt quá bằng 2% với chu kỳ tham chiếu là 1 năm.

CHÚ THÍCH: Các giá trị đặc trưng không dựa vào một phân tích thống kê chính thức vì những dữ liệu như vậy hiện không có sẵn. Thay vào đó, chúng dựa vào các giá trị được sử dụng trong các tiêu chuẩn trước đây. Định nghĩa trên tương ứng với định nghĩa được nêu trong TCVN XXX 1990.

## 2.3 Phân loại tác động lên si-lô

(1)P Tải trọng do vật liệu chứa dạng rời phải được phân loại thành tác động thay đổi, xem TCVN XXX 1990.

(2)P Tải trọng đối xứng lên si-lô phải được phân loại thành tác động cố định thay đổi, xem TCVN XXX 1990.

(3)P Tải trọng cục bộ theo vùng liên quan đến quá trình nạp và xả liệu trong si-lô phải được phân loại thành tác động tự do thay đổi.

(4)P Tải trọng lệch tâm liên quan đến quá trình nạp hoặc xả liệu lệch tâm trong si-lô phải được phân loại thành tác động cố định thay đổi.

(5)P Tải trọng áp lực khí do hệ thống băng tải khí nén phải được phân loại thành tác động cố định thay đổi.

(6)P Tải trọng do nổ bụi phải được phân loại thành tác động bất thường (sự cố).

## 2.4 Phân loại tác động lên bể chứa

(1)P Tải trọng lên bể chứa phải được phân loại thành tác động cố định thay đổi, xem TCVN XXX 1990.

## 2.5 Phân cấp đánh giá tác động

(1) Các mức độ chính xác khác nhau cần được sử dụng trong thiết kế kết cấu si-lô, phụ thuộc vào độ tin cậy của việc bố trí kết cấu và sự nhạy cảm với các dạng phá hoại khác nhau.

(2) Việc thiết kế si-lô cần được thực hiện theo những yêu cầu của ba Cấp đánh giá tác động được sử dụng trong phần này, nhằm cung cấp các thiết kế có mức rủi ro tương đương trong việc đánh giá thiết kế, có xét đến chi phí và quy trình cần thiết để hạn chế nguy cơ phá hoại đối với các kết cấu khác nhau (xem 2.2(3) và (4) trong TCVN XXX 1990):

- Cấp đánh giá tác động loại 1 (AAC 1);

**TCVN XXX 1991-4:20XX**

- Cấp đánh giá tác động loại 2 (AAC 2);
- Cấp đánh giá tác động loại 3 (AAC 3).

(3) Cấp đánh giá tác động cao hơn với yêu cầu trong 2.5(2) có thể thường được chấp nhận. Bất kỳ phần nào của quy trình dùng cho Cấp đánh giá tác động cao hơn có thể được chấp nhận nếu phù hợp.

(4) Đối với si-lô thuộc Cấp đánh giá tác động loại 1, những quy định đã được đơn giản hoá của tiêu chuẩn này cho cấp này có thể được chấp nhận.

(5) Cấp đánh giá tác động cho si-lô cần được xác định bởi những điều kiện của từng đơn vị si-lô, không phải là dựa vào những điều kiện của một dãy si-lô hoặc nhóm si-lô nằm trong một cụm công trình hoàn chỉnh.

**Bảng 2.1 - Kiến nghị phân loại si-lô để đánh giá tác động**

<b>Cấp đánh giá tác động</b>	<b>Mô tả</b>
Cấp đánh giá tác động loại 3	Si-lô với công suất vượt quá 10 000 tấn Si-lô với công suất vượt quá 1000 tấn mà xảy ra bất kỳ tình huống thiết kế nào sau đây: a) xả liệu lệch tâm với $e_0 / d_c > 0,25$ (xem Hình 1.1b) b) si-lô mập với độ lệch tâm bề mặt cao nhất $e_t / d_c > 0,25$
Cấp đánh giá tác động loại 2	Tất cả si-lô được bao hàm bởi tiêu chuẩn này và không được xếp vào loại khác
Cấp đánh giá tác động loại 1	Si-lô có công suất dưới 100 tấn

CHÚ THÍCH 1: Phụ lục quốc gia có thể định nghĩa ranh giới giữa các cấp. Bảng 2.1 chỉ ra các giá trị kiến nghị.

CHÚ THÍCH 2: Sự phân biệt trên đã được thực hiện liên quan đến tính bất định trong việc xác định tác động với độ chính xác thích hợp. Quy tắc cho si-lô nhỏ là đơn giản và thiên về an toàn vì kết cấu của chúng vững chắc và chi phí cao khi thử nghiệm vật liệu rời là không hợp lý. Hậu quả của sự phá hoại kết cấu và rủi ro sinh mạng và tài sản được quy định trong Phân cấp đánh giá tác động của TCVN XXX 1992 và TCVN XXX 1993.

CHÚ THÍCH 3: Việc lựa chọn Cấp đánh giá tác động cần được thoả thuận cho từng dự án.

### Chương 3. Các tình huống thiết kế

#### 3.1 Tổng quát

(1)P Tác động lên si-lô và bể chứa phải được xác định bằng cách sử dụng định dạng chung cho từng tình huống thiết kế phù hợp, tuân theo TCVN XXX 1990.

CHÚ THÍCH: Điều này không có nghĩa là các điều khoản và giá trị quy định cho công trình nhà và cầu trong TCVN XXX 1990, A1 và A2 có thể áp dụng cho si-lô và bể chứa.

(2)P Các tình huống thiết kế được lựa chọn phải được xem xét và các trường hợp tải trọng nguy hiểm (tới hạn) phải được xác định. Đối với si-lô, các tình huống thiết kế phải dựa vào các đặc trưng dòng chảy của vật liệu rời, xác định theo Phụ lục C.

(3)P Đối với từng trường hợp tải trọng nguy hiểm (tới hạn), các giá trị thiết kế của hệ quả tác động trong tổ hợp phải được xác định.

(4)P Các quy định tổ hợp phụ thuộc vào việc kiểm tra cần xem xét và được xác định tuân theo TCVN XXX 1990.

CHÚ THÍCH: Các quy định tổ hợp phù hợp cho trong Phụ lục A.

(5) Cần xem xét những tác động truyền từ kết cấu liền kề.

(6) Cần xem xét những tác động từ bộ phận nạp liệu và cửa. Đặc biệt chú ý tới bộ phận nạp liệu rời vì chúng có thể truyền tải trọng tới kết cấu si-lô thông qua vật liệu chứa.

(7) Các tác động bất thường và các tình huống sau đây cần được xem xét khi phù hợp:

- Tác động do nổ;
- Tác động do va đập của xe cộ;
- Tác động động đất;
- Tình huống thiết kế chịu lửa.

#### 3.2 Tình huống thiết kế cho vật liệu rời trong si-lô

(1)P Tải trọng lên si-lô từ vật liệu rời phải được xem xét khi si-lô ở trong trạng thái được chứa đầy.

(2)P Dạng tải trọng đối với trường hợp nạp liệu và xả liệu phải được sử dụng để đại diện cho các tình huống thiết kế ở các trạng thái giới hạn cực hạn và trạng thái giới hạn sử dụng.

(3) Việc thiết kế cho trường hợp nạp liệu và xả liệu đối với vật liệu rời cần được giải quyết qua các trường hợp tải trọng chính dẫn tới các trạng thái giới hạn khác nhau cho kết cấu:

- Áp lực pháp tuyến lớn nhất lên tường đứng của si-lô;
- Lực ma sát lớn nhất theo phương đứng với tường đứng của si-lô;
- Áp lực thẳng đứng lớn nhất lên đáy si-lô;
- Tải trọng lớn nhất lên phễu si-lô.

(4) Giá trị đặc trưng cận trên của trọng lượng thể tích  $\gamma$  cần được sử dụng trong tất cả các tính toán tải trọng.

**Bảng 3.1 – Các giá trị của các tính chất sử dụng cho việc đánh giá tải trọng khác nhau lên tường**

Mục đích:	Giá trị đặc trưng được chấp nhận		
	Hệ số ma sát thành $\mu$	Tỷ số áp lực ngang $K$	Góc ma sát trong $\phi$
<b>Đối với tường đứng hoặc thùng</b>			
Áp lực pháp tuyến lớn nhất lên tường đứng	Cận dưới	Cận trên	Cận dưới
Lực ma sát lớn nhất lên tường đứng	Cận trên	Cận trên	Cận dưới
Tải trọng thẳng đứng lớn nhất lên phễu hoặc đáy si-lô	Cận dưới	Cận dưới	Cận trên
<b>Mục đích:</b>	Hệ số ma sát thành $\mu$	Tỷ số áp lực phễu $F$	Góc ma sát trong $\phi$
<b>Đối với tường phễu</b>			
Áp lực phễu lớn nhất khi nạp liệu	Giá trị cận dưới đối với phễu	Cận dưới	Cận dưới
Áp lực phễu lớn nhất khi xả liệu	Giá trị cận dưới đối với phễu	Cận trên	Cận trên
<p>CHÚ THÍCH 1: Cần lưu ý rằng <math>\phi_{wh} \leq \phi_i</math>, vì thế vật liệu sẽ gãy vỡ bên trong nếu sự trượt ở chỗ tiếp xúc với tường đòi hỏi một ứng suất chịu cắt lớn hơn so với ma sát trong có thể chịu. Điều này có nghĩa là, trong mọi đánh giá, không nên lấy hệ số ma sát thành lớn hơn <math>\tan \phi_i</math> (tức là, luôn luôn <math>\mu = \tan \phi_w \leq \tan \phi_i</math>).</p> <p>CHÚ THÍCH 2: Áp lực pháp tuyến phễu <math>p_n</math> thường được lấy lớn nhất nếu ma sát thành phễu thấp, vì một phần nhỏ tổng tải trọng phễu sẽ do ma sát thành chịu. Cần thận trọng khi lựa chọn các cực trị của các tính chất để sử dụng cho ma sát thành phễu nhằm đảm bảo rằng các hậu quả kết cấu đã được khảo sát một cách đầy đủ (tức là, việc lấy giá trị lớn nhất của ma sát hay áp lực pháp tuyến phụ thuộc vào dạng phá hoại kết cấu được xem xét).</p>			

(5) Việc đánh giá từng trường hợp tải trọng cần được thực hiện bằng cách sử dụng một tập hợp đơn các giá trị đồng bộ các tính chất của vật liệu rời  $\mu$ ,  $K$  và  $\phi_i$ , để mỗi trạng thái giới hạn tương ứng với một điều kiện chứa vật liệu rời.

(6) Do các trường hợp tải trọng đạt tới giá trị cực hạn nguy hiểm nhất khi các tính chất của vật liệu rời  $\mu$ ,  $K$  và  $\phi_1$  lấy các giá trị đặc trưng tại các cực trị khác nhau trong dải thống kê của chúng, nên các giá trị cực trị khác nhau của các tính chất cần được xem xét để đảm bảo thiết kế là an toàn một cách hợp lý cho tất cả các trạng thái giới hạn. Giá trị của từng tính chất cần được lựa chọn cho từng trường hợp tải trọng được cho trong Bảng 3.1.

(7) Tuy vậy, si-lô thuộc Cấp đánh giá tác động loại 1 có thể được thiết kế với giá trị đơn của hệ số ma sát thành trung bình  $\mu_m$ , tỷ số áp lực ngang  $K_m$  và góc ma sát trong trung bình  $\phi_m$  của vật liệu rời.

(8) Các biểu thức chung để tính toán tải trọng lên tường si-lô cho trong CÁC Chương 5 và 6. Chúng được sử dụng làm cơ sở để tính toán các tải trọng đặc trưng sau:

- Tải trọng nạp liệu lên các đoạn tường thẳng đứng (Chương 5);
- Tải trọng xả liệu lên các đoạn tường thẳng đứng (Chương 5);
- Tải trọng nạp liệu và xả liệu trên đáy phẳng (Chương 6);
- Tải trọng nạp liệu trên phễu (Chương 6);
- Tải trọng xả liệu trên phễu (Chương 6).

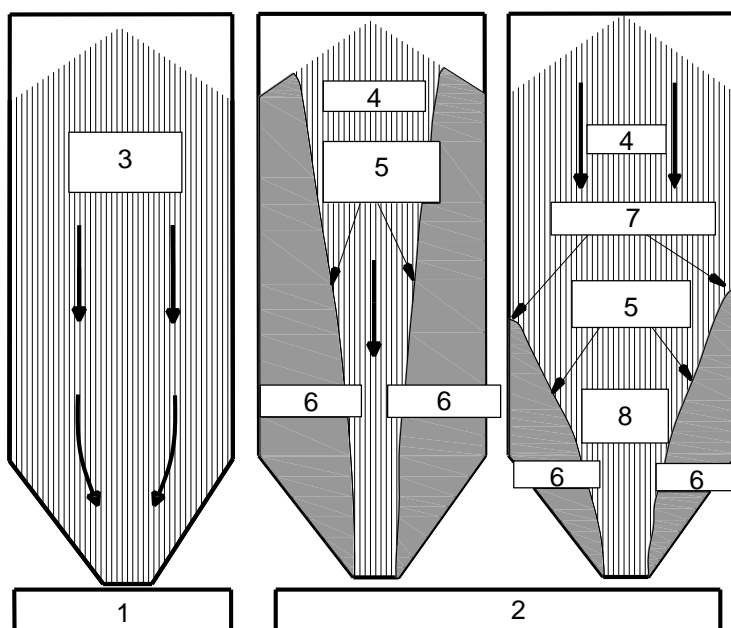
### 3.3. Các tình huống thiết kế đối với các si-lô có bố trí hình học khác nhau

(1)P Các si-lô có tỷ số kích thước (độ mảnh) khác nhau, kích thước hình học của phễu và việc bố trí xả liệu dẫn tới các tình huống thiết kế khác nhau đều phải được xem xét.

(2) Khi đường đi của vật liệu rời trong si-lô tạo thành cột (trụ) vật liệu có độ lệch tâm tại một số cao độ (xem Hình 1.1b), thì có thể xảy ra sự khác nhau về trọng lượng riêng của vật liệu ở các phần khác nhau trong si-lô, gây ra các áp lực không đối xứng. Độ lệch tâm lớn nhất  $e_r$  của đường đi của vật liệu rời cần được sử dụng để đánh giá độ lớn của những áp lực này (xem 5.2.1.2 và 5.3.1.2).

(3) Thiết kế cần xem xét hậu quả của các dạng dòng chảy trong quá trình xả liệu, có thể phân theo các loại sau (xem Hình 3.1):

- Dòng chảy khối;
- Dòng chảy kiểu ống;
- Dòng chảy hỗn hợp.



**CHÚ DẪN:**

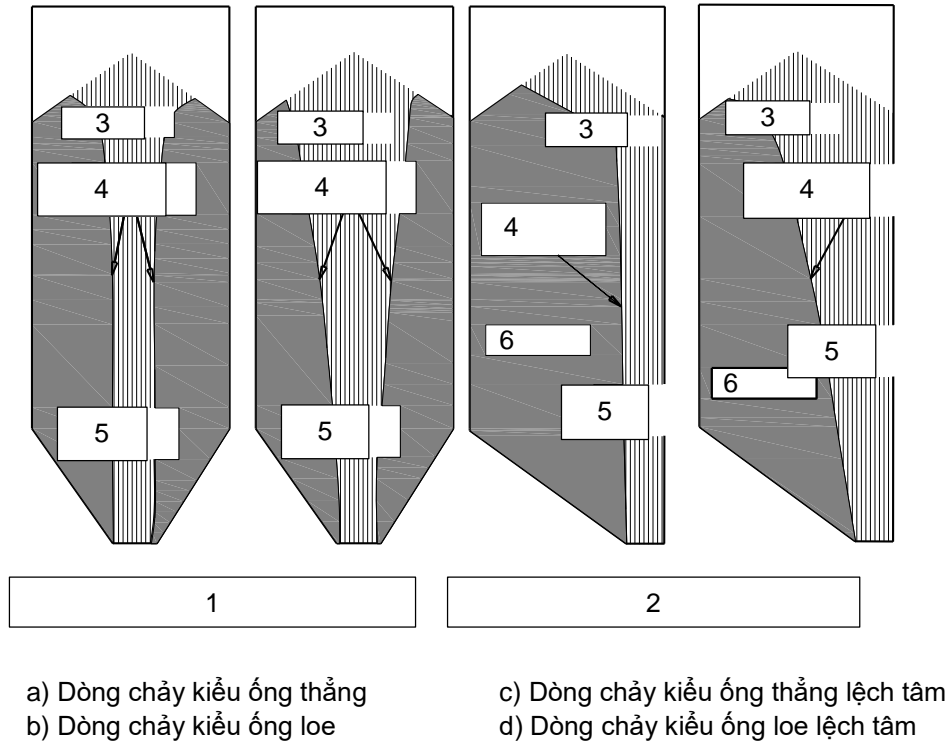
1. Dòng chảy khối
2. Dòng chảy hình phễu
3. Tất cả vật liệu rời đều chuyển động
4. Dòng chảy;
5. Biên của dòng chảy
6. Phần tĩnh
7. Đường truyền tải hiệu quả
8. Phễu hiệu quả

a) Dòng chảy khối    b) Dòng chảy kiểu ống    c) Dòng chảy hỗn hợp

**Hình 3.1 - Các dạng dòng chảy cơ bản**

(4) Khi dòng chảy kiểu ống xảy ra và thường xuyên nằm bên trong vật liệu rời (xem Hình 3.2a và b) thì có thể bỏ qua áp lực xả liệu. Si-lô mập với kiểu xả liệu trọng lực đúng tâm và si-lô có hệ thống xả liệu cơ khí ở bề mặt phía trên sẽ bảo đảm được dòng chảy kiểu ống bên trong (xem Hình 3.4a à b và 3.5a) thoả mãn những điều kiện này (xem 5.1(7) và 5.3.2.1(2) và (4)).

CHÚ THÍCH: Ống chống động lực được thiết kế phù hợp cũng có thể thoả mãn điều kiện đối với dòng chảy kiểu ống bên trong.



CHÚ DẪN:

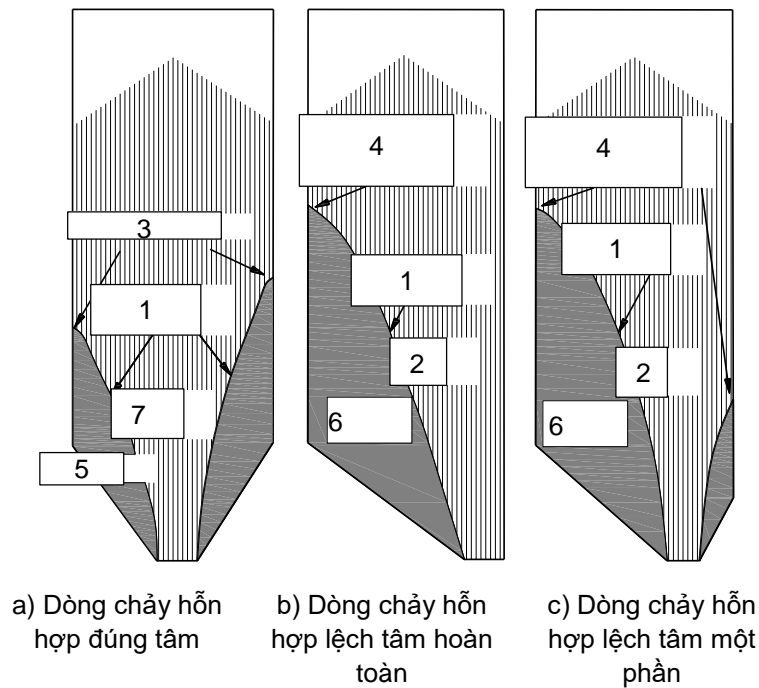
1. Dòng chảy kiểu ống bên trong
2. Dòng chảy kiểu ống lệch tâm
3. Dòng chảy
4. Biên của dòng chảy
5. Ống dòng chảy
6. Phần tĩnh

Hình 3.2 - Các dạng dòng chảy kiểu ống

(5) Đối với trường hợp dòng chảy khối đúng tâm hoặc dòng chảy hỗn hợp (xem Hình 3.1) thiết kế cần xem xét các áp lực không đối xứng có khả năng phát sinh (xem 5.2.2.2 và 5.3.2.2).

(6) Khi dòng chảy kiểu ống hoặc dòng chảy hỗn hợp xảy ra có sự tiếp xúc một phần với tường si-lô, thì thiết kế cần xem xét các quy định đặc thù về các áp lực không đối xứng có thể nảy sinh (xem Hình 3.2c và d và Hình 3.3b và c) (xem thêm 5.2.4).





## CHÚ DẪN:

1. Biên của dòng chảy
2. Vùng chảy
3. Điểm giao phễu-thành hiệu quả
4. Đường truyền tải hiệu quả: thay đổi xung quanh chu vi si-lô
5. Phần tĩnh
6. Phần tĩnh
7. Phễu hiệu quả

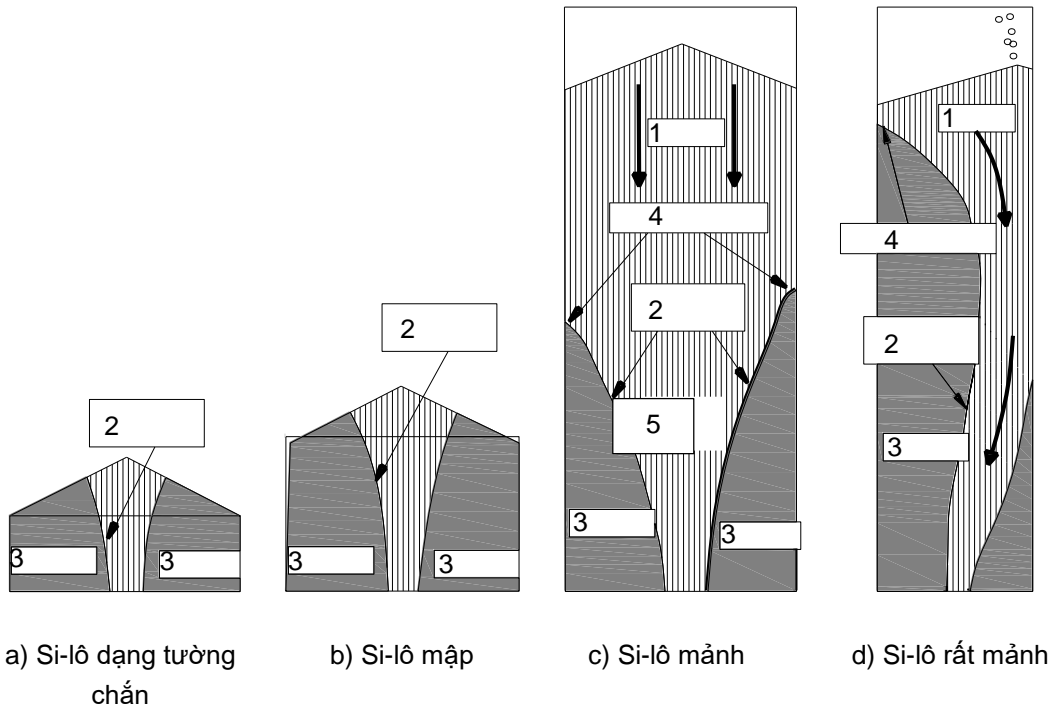
**Hình 3.3 - Các dạng dòng chảy hỗn hợp**

(7) Khi si-lô có nhiều cửa xả liệu, thì thiết kế cần xem xét khả năng chỉ mở một cửa xả liệu hoặc mở đồng thời một số cửa xả liệu khi si-lô trong điều kiện đổ đầy.

(8) Khi si-lô có nhiều cửa xả liệu và việc vận hành si-lô đã được thiết kế theo một cách thức cụ thể, thì cách thức này cần được xử lý như một tình huống thiết kế thông thường. Các điều kiện mở cửa xả liệu khác cần được xử lý như tình huống thiết kế bất thường.

CHÚ THÍCH: Thuật ngữ “tình huống thiết kế thông thường” ở trên tham chiếu tới Tổ hợp cơ bản trong TCVN XXX 1990, điều 6.4.3.2. Thuật ngữ “trường hợp tải trọng bất thường” tham chiếu tới Tình huống thiết kế bất thường trong TCVN XXX 1990, điều 6.4.3.3.

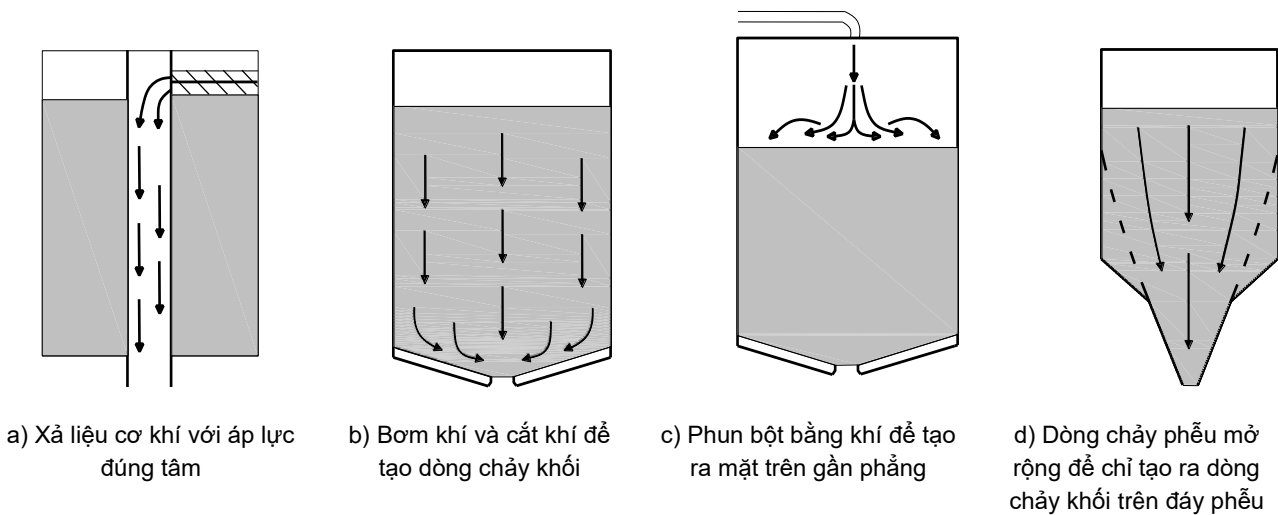
(9) Khi một si-lô rất mảnh được nạp liệu lệch tâm, hoặc khi sự phân tầng trong một si-lô rất mảnh có thể dẫn tới sự khác nhau của trọng lượng riêng của vật liệu trong các phần khác nhau của si-lô hoặc sự khác nhau về độ dính kết trong vật liệu rời, tính không đối xứng của việc sắp xếp các hạt có thể gây nên dòng chảy hỗn hợp hoặc dòng chảy kiểu ống không đối xứng (xem Hình 3.4d), với dòng chảy dựa lên tường si-lô, có thể gây ra các áp lực không đối xứng. Các quy định đặc thù cần thiết cho trường hợp này (xem 5.2.4.1 (2)) cần được sử dụng.



CHÚ DẪN:

1. Dòng chảy
2. Biên của dòng chảy
3. Phần tĩnh
4. Đường truyền tải hiệu quả
5. Phễu hiệu quả

**Hình 3.4 - Ảnh hưởng tỷ lệ kích thước (độ mảnh) trong các dạng dòng chảy kiểu ống và dòng chảy hỗn hợp**



**Hình 3.5 – Các bố trí đặc biệt về nạp liệu và xả liệu**

(10) Khi si-lô chứa bột liệu được nạp liệu bằng khí nén, thì cần xem xét hai tình huống thiết kế cho điều kiện đổ đầy. Thứ nhất là trường hợp vật liệu rời có thể tạo thành một góc nghỉ giống như các vật liệu rời khác. Trường hợp thứ hai cần xét tới khả năng bề mặt trên cùng có thể là nằm ngang (xem Hình 3.5c), bất chấp góc nghỉ và độ lệch tâm của việc nạp liệu. Nếu là trường hợp này, các độ lệch tâm liên quan

tới sự nạp liệu  $e_r$  và  $e_t$  có thể được lấy bằng không, và chiều cao nạp liệu cần được lấy bằng giá trị lớn nhất có thể.

(11) Khi si-lô chứa bột liệu có đáy được thông khí (xem Hình 3.5b), toàn bộ đáy có thể bị hoá lỏng, gây nên một dòng chảy khối hiệu quả, thậm chí xảy ra trong cả si-lô mập. Loại si-lô này cần được thiết kế theo những điều khoản cho si-lô mảnh, bất chấp giá trị của độ mảnh thực tế  $h/d_c$ .

(12) Khi si-lô chứa bột liệu có đáy được thông khí (xem Hình 3.5b), có thể chỉ một vùng giới hạn của bột liệu bị lỏng hoá, gây ra dòng chảy kiểu ống lệch tâm cần được xem xét (xem Hình 3.3b). Độ lệch tâm của dòng chảy và giá trị  $e_o$  cần được đánh giá đối với vùng bị hoá lỏng, và không liên quan tới vị trí của cửa xả liệu.

(13) Các tường đứng của si-lô có phễu xả liệu với dòng chảy mở rộng (xem Hình 3.5d) có thể chịu điều kiện của dòng chảy hỗn hợp, gây ra áp lực không đối xứng trong quá trình xả liệu. Việc đánh giá độ mảnh của si-lô thuộc loại này nên dựa vào  $h_b/d_c$  thay vì  $h/d_c$  (xem Hình 1.1a).

(14) Khi si-lô có độ mảnh  $h/d_c$  nhỏ hơn 0,4, thì cần được xếp vào loại si-lô mập nếu có phễu ở đáy, nhưng lại được xếp vào loại si-lô dạng tường chắn nếu nó có đáy phẳng.

(15) Khi si-lô có phễu không phải là hình nón, hình chóp hoặc hình nôm, cần sử dụng phương pháp tính toán áp lực hợp lý. Khi phễu có chứa các kết cấu bên trong, thì các áp lực lên cả kết cấu phễu lẫn kết cấu bên trong cần được đánh giá bằng cách sử dụng phương pháp hợp lý.

(16) Khi si-lô có phễu hình chiếc đũa (phễu hình nôm phía dưới một hình trụ tròn), cần sử dụng phương pháp tính toán áp lực hợp lý.

CHÚ THÍCH: Cửa xả liệu kéo dài là vấn đề đặc biệt. Khi sử dụng bộ nạp liệu để kiểm soát sự xả liệu của vật liệu rời từ si-lô, thì thiết kế của nó có thể ảnh hưởng tới dạng dòng chảy vật liệu rời trong si-lô. Điều này có thể gây ra dòng chảy khối hoặc dòng chảy hỗn hợp lệch tâm hoàn toàn, hoặc dòng chảy kiểu ống lệch tâm hoàn toàn trong si-lô.

### 3.4 Tình huống thiết kế đối với các dạng công trình đặc thù

(1) Đối với si-lô bê tông được thiết kế theo trạng thái giới hạn về sử dụng, cần hạn chế nứt để ngăn ngừa sự thâm nhập của nước trong mọi thời điểm. Việc kiểm soát vết nứt cần tuân thủ giới hạn về bề rộng vết nứt của TCVN XXX 1992 phù hợp với môi trường tại địa điểm xây dựng.

(2) Đối với si-lô kim loại được lắp đặt bằng bu lông hoặc đinh tán, các quy định về tải trọng không đối xứng (tải trọng cục bộ theo vùng) cần được diễn giải theo cách công nhận các tải trọng không đối xứng này có thể xảy ra bất kỳ chỗ nào trên tường si-lô (xem 5.2.1.4 (4)).

(3) Đối với si-lô kim loại có sàn công tác hình chữ nhật có giằng bên trong để giảm bớt mô men uốn trong tường, cần sử dụng các điều của mục 5.7.

(4) Hệ quả do môi cần được xem xét đối với si-lô hoặc bể chứa chịu trung bình trên một chu kỳ tải trọng mỗi ngày. Một chu kỳ tải trọng được lấy bằng một lần nạp liệu và xả rỗng hoàn chỉnh, hoặc trong si-lô có thổi khí (xem Hình 3.5b), là một trình tự (xoay) hoàn chỉnh của các khu vực được thổi khí. Hệ quả do môi cũng cần được xem xét đối với si-lô chịu ảnh hưởng do rung động của máy móc.

(5) Si-lô lắp ghép cần được thiết kế với các tác động phát sinh trong quá trình bốc dỡ, vận chuyển và lắp đặt.

## **TCVN XXX 1991-4:20XX**

(6) Khi có lỗ kiểm tra hoặc lỗ mở trên tường của kết cấu si-lô, áp lực tác dụng lên nắp đậy cần được lấy bằng 2 lần giá trị cao nhất của áp lực thiết kế cục bộ lên tường bên cạnh. Áp lực này chỉ nên sử dụng cho việc thiết kế nắp đậy lỗ mở và hệ đỡ của nó.

(7) Khi mái phải đỡ hệ thống lọc bụi, hệ thống trao đổi nhiệt cyclones, thiết bị băng tải cơ khí hoặc các loại tương tự khác, thì những thiết bị này cần được xem như là các hoạt tải.

(8) Khi hệ thống băng tải khí nén được sử dụng để nạp liệu hoặc xả rỗng si-lô, sự chênh lệch áp lực khí sinh ra cần được xem xét.

CHÚ THÍCH: Các áp lực này thường <10 kPa, nhưng có thể gây ra độ chân không đáng kể (ví dụ 40 kPa  $\cong$  0,4 bar), thường là nơi xảy ra sai sót do quy trình thiết kế băng tải hoặc lỗi vận hành. Si-lô cần được bảo vệ phù hợp cho những biến cố không mong đợi như vậy, hoặc người thiết kế si-lô cần đảm bảo rằng những biến cố này không xảy ra.

(9) Khi máy rung, ống phun khí hoặc đáy xoay là một phần của si-lô, các tải trọng do chúng gây ra cần được xem xét ứng với trạng thái giới hạn về mỏi. Sự rung động gây ra bởi hệ thống băng tải khí nén cũng cần được xem xét.

(10) Khi dự kiến sửa đổi một si-lô hiện hữu bằng cách bổ sung thêm một lớp lót tường, những hậu quả do sự thay đổi ma sát thành đối với thiết kế kết cấu cần được khảo sát, kể cả những hậu quả về kết cấu có thể có do sự thay đổi về dạng dòng chảy vật liệu rời.

### **3.5 Các tình huống thiết kế đối bể chứa chất lỏng**

(1)P Tải trọng của chất lỏng lên bể chứa phải được xem xét cả khi bể chứa đang vận hành và khi trữ đầy.

(2) Khi mức chất lỏng trong quá trình vận hành khác với mức bể chứa khi trữ đầy, thì trường hợp mức bể chứa khi trữ đầy cần được xem là tình huống thiết kế bất thường.

### **3.6 Các nguyên tắc thiết kế đối với nổ**

(1) Khi bể chứa hoặc si-lô được sử dụng để chứa chất lỏng hoặc vật liệu rời dễ bị nổ, hư hỏng tiềm tàng cần được giới hạn hoặc phòng tránh bằng việc lựa chọn phù hợp một hoặc nhiều cách thức sau:

- Có đủ diện tích cho vùng giảm áp lực;
- Bố trí hệ thống ngăn chặn nổ hợp lý;
- Thiết kế kết cấu chịu được áp lực do nổ.

Một số vật liệu rời dễ gây nổ bụi được nêu trong Bảng E.1.

CHÚ THÍCH: Hướng dẫn về cách xác định áp lực do nổ được cho trong Phụ lục H.

(2) Áp lực tác dụng lên kết cấu gần si-lô do hậu quả của vụ nổ bên trong si-lô cần được xác định.

CHÚ THÍCH: Phụ lục quốc gia có thể đưa ra chỉ dẫn về áp lực tác dụng lên kết cấu gần si-lô do hậu quả của vụ nổ bên trong nó.

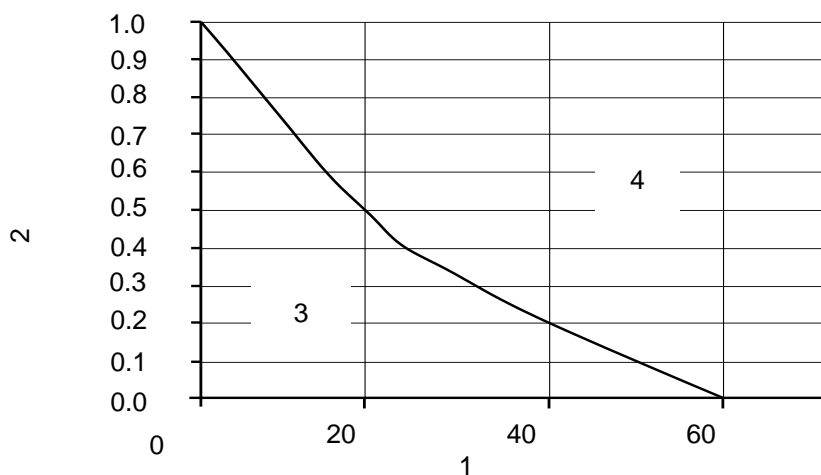
## Chương 4. Các tính chất của vật liệu rời

### 4.1 Tổng quát

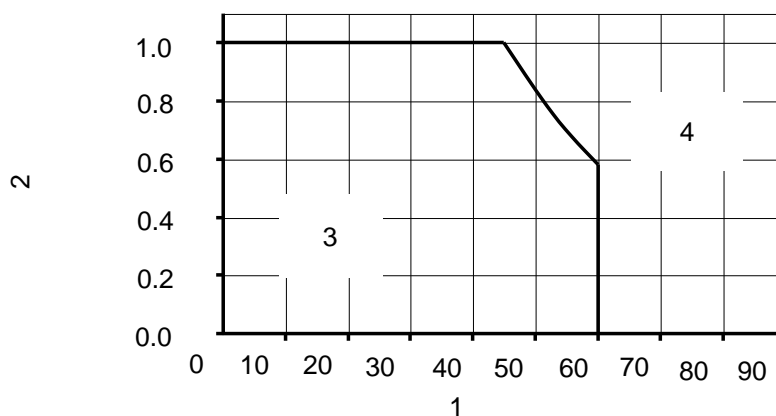
(1)P Việc đánh giá các tác động lên si-lô phải kể đến:

- Dải các tính chất của vật liệu rời;
- Sự thay đổi về điều kiện ma sát bề mặt;
- Kích thước hình học của si-lô;
- Các phương pháp nạp liệu và xả liệu.

(2) Không nên giả thiết độ cứng của vật liệu rời đem lại sự ổn định bổ sung cho tường si-lô hoặc làm thay đổi tải trọng được xác định trong tiêu chuẩn này. Ảnh hưởng biến dạng của tường do áp lực của vật liệu rời trong vận hành nên được bỏ qua, trừ khi áp dụng một phương pháp phân tích tối ưu, hợp lý đã được kiểm tra.



a) Phễu hình nón



b) Phễu hình nêm

CHÚ GIẢI:

1. Nửa góc ở đỉnh phễu  $\beta$  (độ)
2. Hệ số ma sát thành phễu  $\mu_h$
3. Rủi ro của áp lực dòng chảy khối ở vùng này.
4. Dòng chảy kiểu phễu nào đó.

**Hình 4.1 - Điều kiện xuất hiện áp lực dòng chảy khối**

## **TCVN XXX 1991-4:20XX**

(3) Khi cần thiết, dạng dòng chảy (dòng chảy khối hoặc dòng chảy kiểu phễu) cần được xác định từ Hình 4.1. Hình 4.1 không nên được sử dụng cho việc thiết kế chức năng của si-lô để đạt được dạng dòng chảy khối, vì ảnh hưởng của góc ma sát trong bị bỏ qua.

CHÚ THÍCH: Việc thiết kế để đảm bảo có dòng chảy khối không nằm trong phạm vi của tiêu chuẩn này (xem 1.1.2(5)). Các quy trình xử lý vật liệu bột hoặc vật liệu rời cần được sử dụng cho mục đích này.

### **4.2 Các tính chất của vật liệu rời**

#### **4.2.1 Tổng quát**

(1)P Các tính chất của vật liệu rời, như các thông số vật liệu được định lượng để tính toán tải trọng, phải xác định từ kết quả thí nghiệm hoặc từ những số liệu phù hợp khác.

(2)P Giá trị xác định từ kết quả thí nghiệm và các số liệu khác phải được giải thích một cách phù hợp cho việc đánh giá tải trọng được xem xét.

(3)P Phải tính đến sự chênh lệch có thể có giữa các thông số vật liệu xác định từ các kết quả thí nghiệm và những thông số quyết định ứng xử của vật liệu rời trong si-lô.

(4)P Khi đánh giá sự chênh lệch về các tính chất của vật liệu rời như đã nêu trong (3)P, cần xem xét các yếu tố sau:

- Nhiều thông số không thực sự là hằng số nhưng phụ thuộc vào mức ứng suất và dạng biến dạng;
- Hình dạng, kích thước và sự phân bố kích thước của hạt có thể đóng các vai trò khác nhau trong thí nghiệm và trong si-lô;
- Ảnh hưởng của thời gian;
- Sự thay đổi của độ ẩm;
- Ảnh hưởng của các tác động động;
- Độ giòn hoặc dẻo của vật liệu rời thí nghiệm;
- Phương pháp nạp liệu cho si-lô và nạp liệu cho thiết bị thử nghiệm.

(5)P Khi đánh giá sự chênh lệch về các tính chất của ma sát thành như đã nêu trong (3)P, cần xem xét các yếu tố sau:

- Sự ăn mòn và phản ứng hoá học giữa các hạt, hơi ẩm và tường si-lô;
- Sự mài mòn và bào mòn có thể làm tường si-lô xù xì;
- Sự làm nhẵn tường;
- Sự tích lũy chất lắng đọng có mỡ trên tường;
- Các hạt rắn bị ấn sâu vào bề mặt tường (thường là ảnh hưởng của xù xì).

(6)P Khi thiết lập giá trị của các thông số vật liệu, cần xem xét các yếu tố sau:

- Những thông tin đã được xuất bản cũng như đã được thừa nhận phù hợp với việc sử dụng từng loại thí nghiệm;
- Giá trị của từng thông số so với số liệu phù hợp đã được công bố và kinh nghiệm chung;
- Sự thay đổi của các thông số phù hợp với thiết kế;

- Các kết quả thí nghiệm hiện trường mô hình lớn từ những si-lô tương tự;
- Sự tương quan giữa kết quả từ hai loại thí nghiệm trở lên;
- Sự thay đổi đáng kể về tính chất vật liệu được dự tính trong suốt tuổi thọ của si-lô.

(7)P Việc lựa chọn các giá trị đặc trưng cho các thông số vật liệu phải dựa vào giá trị nhận được từ kết quả thí nghiệm trong phòng, được bổ sung bằng kinh nghiệm đã được đúc kết tốt.

(8) Giá trị đặc trưng của thông số vật liệu cần được lựa chọn như một ước tính thận trọng của các giá trị thích hợp, hoặc là giá trị đặc trưng cận trên hay giá trị đặc trưng cận dưới, phụ thuộc vào ảnh hưởng của nó tới tải trọng được đánh giá.

(9) Có thể tham khảo TCVN XXX 1990 về những điều khoản liên quan tới việc diễn giải các kết quả thí nghiệm.

CHÚ THÍCH: Xem Phụ lục D của TCVN XXX 1990.

#### 4.2.2 Thí nghiệm và đánh giá các đặc tính của vật liệu rời

(1)P Các giá trị của tính chất vật liệu rời được chấp nhận trong thiết kế phải kể đến khả năng thay đổi do những thay đổi về thành phần, phương pháp sản xuất, cấp phối, hàm lượng ẩm, nhiệt độ, độ tuổi và sự tích điện do bảo quản.

(2) Các tính chất của vật liệu rời cần được xác định bằng cách sử dụng phương pháp đơn giản hoá được trình bày trong 4.2.3, hoặc bằng thí nghiệm như giới thiệu trong 4.3.

(3) Đối với các si-lô thuộc Cấp đánh giá tác động loại 3, các tính chất của vật liệu rời cần được xác định bằng thí nghiệm như trình bày trong 4.3.

(4) Các tính chất của bất kỳ vật liệu rời nào có thể được đại diện bằng giá trị mặc định cho trong Bảng E.1.

**Bảng 4.1 – Các định nghĩa bề mặt tường**

Loại	Tiêu đề mô tả	Vật liệu tường điển hình
D1	Ma sát thấp, xếp loại thành “trơn”	Thép không rỉ kéo nguội Thép không rỉ đã đánh bóng Bề mặt phủ được thiết kế có ma sát thấp Nhôm đã đánh bóng Polyetylen trọng lượng phân tử siêu cao <sup>a</sup>
D2	Ma sát vừa phải, xếp loại thành “nhẵn”	Thép ít cac-bon nhẵn (thi công bằng hàn hoặc bu-lông) Thép không rỉ hoàn thiện bằng cán Thép cac-bon mạ kẽm Nhôm ô-xi hoá Bề mặt phủ được thiết kế chống ăn mòn và bào mòn

D3	Ma sát cao, xếp loại thành ráp	Bê tông tháo cốt pha, bê tông hoàn thiện bằng cốt pha thép hoặc bê tông nhiều tuổi Thép các-bon nhiều tuổi (bị ăn mòn) Thép chịu mài mòn Gạch gốm
D4	Bất qui tắc	Tường có gờ theo phương ngang Tấm thép với các đường gân ngang Tường phi tiêu chuẩn có sự khác thường lớn
CHÚ THÍCH: Các tiêu đề mô tả trong bảng này đều được đưa ra dưới dạng ma sát chứ không phải độ nhám/ráp bởi vì sự tương quan giữa ma sát thành đo được giữa vật liệu rời với bề mặt tường và độ nhám đo được là rất tồi.		
<sup>a</sup> Ảnh hưởng do nhám của hạt bị bám vào bề mặt tường cần được xem xét cẩn thận đối với những bề mặt loại này.		

(5) Giá trị chấp nhận trong thiết kế của hệ số ma sát thành  $\mu$  đối với một vật liệu rời cụ thể đã cho cần tính đến đặc trưng ma sát của bề mặt tường mà nó trượt trên đó. Việc phân loại bề mặt tường sử dụng trong tiêu chuẩn này được định nghĩa trong 4.2.1 và được liệt kê trong Bảng 4.1. (6) Đối với các si-lô có bề mặt tường thuộc loại D4, hệ số ma sát thành hiệu dụng cần được xác định theo quy định tại D.2.

(7) Hệ số tham chiếu  $C_{op}$  của tải trọng cục bộ theo vùng lên tường được xác định theo Bảng E.1 hoặc theo Biểu thức (4.8).

#### 4.2.3 Phương pháp đơn giản hoá

(1) Các giá trị của tính chất của vật liệu rời được biết rõ được lấy từ Bảng E.1. Các giá trị trong Bảng 4.1 tương ứng với giá trị đặc trưng cận trên của trọng lượng thể tích  $\gamma$ , nhưng những giá trị của  $\mu_m$ ,  $K_m$ , và  $\phi_m$  đều là giá trị trung bình.

(2) Khi một loại vật liệu rời không thể được nhận biết rõ ràng là tương tự với một trong số các vật liệu rời được miêu tả ở Bảng E.1, thì cần thí nghiệm theo 4.3.

(3) Để xác định các giá trị đặc trưng  $\mu$ ,  $K$  và  $\phi$ , cần nhân và chia các giá trị tra bảng của  $\mu_m$ ,  $K_m$ , và  $\phi_m$  cho các hệ số chuyển đổi  $a$  cho trong Bảng E.1. Vì vậy, trong tính toán tải trọng lớn nhất, các tổ hợp sau đây cần được sử dụng:

$$\text{Giá trị đặc trưng cận trên của } K = a_K K_m \tag{4.1}$$

$$\text{Giá trị đặc trưng cận dưới của } K = K_m / a_K \tag{4.2}$$

$$\text{Giá trị đặc trưng cận trên của } \mu = a_\mu \mu_m \tag{4.3}$$

$$\text{Giá trị đặc trưng cận dưới của } \mu = \mu_m / a_\mu \tag{4.4}$$

$$\text{Giá trị đặc trưng cận trên của } \phi = a_\phi \phi_m \tag{4.5}$$

$$\text{Giá trị đặc trưng cận dưới của } \phi = \phi_m / a_\phi \tag{4.6}$$



(4) Đối với các si-lô thuộc Cấp đánh giá tác động loại 1, các giá trị trung bình của  $\mu_m$ ,  $K_m$ , và  $\phi_m$  có thể được sử dụng cho thiết kế, thay thế cho khoảng các giá trị ứng với các giá trị đặc trưng cận trên và cận dưới.

### 4.3 Thí nghiệm vật liệu rời

#### 4.3.1 Quy trình thí nghiệm

(1)P Thí nghiệm phải được thực hiện trên các mẫu đại diện của vật liệu rời. Giá trị trung bình cho từng tính chất vật liệu rời phải được xác định với sự thay đổi cho phép của các thông số thứ cấp như tỷ lệ thành phần, cấp phối, độ ẩm, nhiệt độ, độ tuổi, sự tích điện do quá trình bảo quản và phương pháp sản xuất.

(2) Các giá trị thí nghiệm trung bình cần được điều chỉnh bằng các Biểu thức (4.1) đến (4.6) với hệ số chuyển đổi liên quan  $a$  để xác định các giá trị đặc trưng.

(3) Từng hệ số chuyển đổi  $a$  cần được đánh giá một cách cẩn thận, có kể đến hợp lý sự thay đổi của các tính chất vật liệu rời trong suốt tuổi thọ si-lô, hậu quả có thể có của sự phân tầng và của những ảnh hưởng của sự thiếu chính xác khi lấy mẫu.

(4) Khi có đủ số liệu thí nghiệm để xác định độ lệch chuẩn của một tính chất, hệ số chuyển đổi  $a$  có liên quan cần được xác định theo quy định trong C.11.

(5) Biên độ chênh lệch giữa các giá trị trung bình và đặc trưng đối với tính chất vật liệu rời được đại diện bằng hệ số chuyển đổi  $a$ . Khi một thông số đơn thứ cấp ảnh hưởng đến trên 75 % giá trị của  $a$ , thì giá trị đó cần được tăng lên bằng cách nhân với 1,10.

CHÚ THÍCH: Quy định trên để bảo đảm giá trị của  $a$  được lựa chọn để đại diện cho một xác suất xuất hiện phù hợp của tải trọng được suy ra.

#### 4.3.2 Trọng lượng thể tích $\gamma$

(1) Trọng lượng thể tích  $\gamma$  cần được xác định tại mật độ hạt đóng chặt và mức ứng suất ứng với vị trí trong khối vật liệu rời trong si-lô khi ứng suất thẳng đứng đạt tới giá trị lớn nhất sau khi nạp liệu. Ứng suất thẳng đứng  $p_{vit}$  trong si-lô có thể được xác định theo Biểu thức (5.3) hoặc (5.79) cho độ sâu ở đáy của đoạn thẳng đứng.

(2) Cần sử dụng phương pháp thí nghiệm nêu trong C.6 để đo trọng lượng thể tích  $\gamma$ .

(3) Hệ số chuyển đổi để xác định giá trị đặc trưng từ giá trị thí nghiệm được cho trong C.11. Hệ số chuyển đổi  $a_\gamma$  không nên lấy nhỏ hơn  $a_\gamma = 1,10$  trừ khi một giá trị nhỏ hơn có thể được điều chỉnh bằng thí nghiệm và đánh giá (xem C.11).

#### 4.3.3 Hệ số ma sát thành $\mu$

(1) Thí nghiệm xác định hệ số ma sát thành  $\mu$  để tính toán tải trọng cần được xác định tại mật độ hạt đóng gói chặt và mức ứng suất tương ứng khi áp lực nạp liệu theo phương ngang lên thành đứng  $p_{hb}$  đạt tới giá trị lớn nhất sau khi nạp liệu. Áp lực nạp liệu  $p_{hb}$  tại đáy của thành đứng có thể được xác định theo Công thức (5.1) hoặc (5.71) khi thích hợp.

(2) Cần sử dụng phương pháp thí nghiệm nêu trong C.7 để xác định  $\mu$ .

## TCVN XXX 1991-4:20XX

(3) Giá trị trung bình  $\mu_m$  của hệ số ma sát thành và độ lệch chuẩn của nó cần được suy ra từ thí nghiệm. Khi chỉ có giá trị trung bình, thì độ lệch chuẩn cần được xác định bằng cách sử dụng quy trình nêu trong C.11.

(4) Hệ số chuyển đổi để xác định giá trị đặc trưng từ giá trị trung bình được cho trong C.11. Hệ số chuyển đổi  $a_\mu$  không nên lấy nhỏ hơn  $a_\mu = 1,10$  trừ khi một giá trị nhỏ hơn có thể được điều chỉnh bằng thí nghiệm và đánh giá (xem C.11).

### 4.3.4 Góc ma sát trong $\phi$

(1) Góc ma sát trong khi chất tải  $\phi$  (arctan của tỷ số giữa ứng suất cắt và ứng suất pháp khi phá hoại trong quá trình chất tải gốc) cần được xác định tại mật độ hạt ở trạng thái đóng gói chặt và mức ứng suất tương ứng tại vị trí trong vật liệu rời trong si-lô khi ứng suất thẳng đứng đạt giá trị lớn nhất sau khi nạp liệu. Ứng suất thẳng đứng này có thể được đánh giá bằng các Biểu thức (5.3) hoặc (5.79).

(2) Phương pháp thí nghiệm để đo  $\phi$  cho trong C.9 cần được sử dụng.

(3) Giá trị trung bình  $\phi_m$  của góc ma sát trong và độ lệch chuẩn của nó  $\delta$  cần được suy ra từ các thí nghiệm. Khi chỉ có giá trị trung bình, thì độ lệch chuẩn cần được xác định bằng cách sử dụng quy trình cho trong C.11.

(4) Hệ số chuyển đổi để xác định giá trị đặc trưng từ giá trị trung bình được xác định theo quy trình cho trong C.11. Hệ số chuyển đổi  $a_\phi$  không nên lấy nhỏ hơn  $a_\phi = 1,10$  trừ khi một giá trị nhỏ hơn có thể được điều chỉnh bằng thí nghiệm và đánh giá (xem C.11).

### 4.3.5 Tỷ số áp lực ngang $K$

(1) Tỷ số áp lực ngang  $K$  (tỷ số giữa áp lực ngang trung bình và áp lực thẳng đứng trung bình) cần được xác định tại mật độ hạt ở trạng thái đóng gói chặt và mức ứng suất tương ứng tại vị trí của vật liệu rời trong si-lô nơi mà ứng suất thẳng đứng đạt giá trị lớn nhất xảy ra sau khi nạp liệu. Ứng suất thẳng đứng  $p_v$  trong vật liệu rời có thể được đánh giá bằng Biểu thức (5.3) hoặc (5.79).

(2) Phương pháp thí nghiệm để đo  $K$  cho trong C.9 cần được sử dụng.

(3) Giá trị trung bình  $K_m$  của hệ số áp lực ngang và độ lệch chuẩn của nó cần được suy ra từ thí nghiệm. Khi chỉ có giá trị trung bình, thì độ lệch chuẩn cần được đánh giá sử dụng quy trình cho trong C.11.

(4) Giá trị gần đúng của  $K_m$  có thể xác định từ giá trị trung bình của góc ma sát trong chất tải đo được  $\phi_m$  (xem 4.3.4) theo công thức sau:

$$K_m = 1,1 (1 - \sin\phi_m) \quad (4.7)$$

CHÚ THÍCH: Hệ số 1,1 trong Biểu thức (4.7) là đại diện gần đúng cho sự chênh lệch giữa giá trị của  $K (=K_0)$  đo được trong điều kiện ma sát thành gần bằng không và giá trị của  $K$  đo được khi có ma sát thành hiện diện (xem thêm 4.2.2(5)).

(5) Hệ số chuyển đổi để tính giá trị đặc trưng từ giá trị đo được xác định bằng quy trình cho trong C.11. Hệ số chuyển đổi  $a_K$  không nên lấy nhỏ hơn  $a_K = 1,10$  trừ khi một giá trị nhỏ hơn có thể được điều chỉnh bằng thí nghiệm và đánh giá (xem C.11).

#### 4.3.6 Lực dính c

(1) Lực dính  $c$  của vật liệu rời thay đổi theo ứng suất cố kết tác dụng lên vật liệu. Cần được xác định tại mật độ hạt ở trạng thái đóng gói chặt và tại mức ứng suất tương ứng ở vị trí trong vật liệu rời trong si-lô nơi mà ứng suất thẳng đứng đạt giá trị lớn nhất xảy ra sau khi nạp liệu. Ứng suất thẳng đứng  $p_v$  trong vật liệu rời có thể được đánh giá theo Biểu thức (5.3) hoặc (5.79).

(2) Phương pháp thí nghiệm để đo  $c$  cho trong C.9 cần được sử dụng.

CHÚ THÍCH: Lực dính  $c$  có thể được ước tính theo một phương pháp khác từ các kết quả của thí nghiệm cắt Jenike (Tiêu chuẩn ASTM D6128). Phương pháp xác định lực dính từ các kết quả thí nghiệm được cho trong C.9.

#### 4.3.7 Hệ số tham chiếu của tải trọng cục bộ theo vùng của vật liệu rời $C_{op}$

(1)P Hệ số tham chiếu của tải trọng cục bộ theo vùng của vật liệu rời  $C_{op}$  phải được xác định trên cơ sở các thí nghiệm thu được phù hợp.

CHÚ THÍCH 1: Các hệ số xả liệu  $C$  xét đến một loạt hiện tượng xảy ra trong quá trình xả liệu ra khỏi si-lô. Độ tăng đối xứng của áp lực là độc lập tương đối với vật liệu chứa, nhưng thành phần không đối xứng thì khá phụ thuộc vào vật liệu rời. Sự phụ thuộc vào vật liệu của thành phần không đối xứng được đại diện bằng hệ số tham chiếu tải trọng cục bộ theo vùng của vật liệu rời  $C_{op}$ . Thông số này không dễ dàng xác định từ thí nghiệm kiểm soát trên vật liệu rời.

CHÚ THÍCH 2: Phương pháp thí nghiệm trong phòng phù hợp để xác định thông số  $C_{op}$  từ thí nghiệm kiểm soát trên riêng vật liệu rời vẫn chưa được phát triển. Hệ số này dựa vào thí nghiệm và kinh nghiệm xả liệu của si-lô. Áp dụng cho si-lô có hệ thống nạp liệu và xả liệu thông thường, được thiết lập với dung sai tiêu chuẩn.

(2) Giá trị của hệ số tham chiếu của tải trọng cục bộ theo vùng của vật liệu rời  $C_{op}$  đối với các vật liệu rời đã biết rõ được lấy theo Bảng E.1.

(3) Đối với vật liệu rời không được liệt kê trong Bảng E.1, hệ số tham chiếu của tải trọng cục bộ theo vùng của vật liệu rời  $C_{op}$  có thể được ước tính từ các hệ số thay đổi của vật liệu đối với tỷ số áp lực ngang  $a_K$  và hệ số ma sát thành  $a_\mu$  theo công thức sau:

$$C_{op} = 3.5 a_\mu + 2,5 a_K - 6,2 \quad (4.8)$$

trong đó:

$a_\mu$  là hệ số thay đổi của hệ số ma sát thành  $\mu$ ,

$a_K$  là hệ số thay đổi của hệ số áp lực ngang  $K$  của vật liệu rời.

(4) Hệ số tham chiếu phù hợp của tải trọng cục bộ theo vùng của vật liệu rời  $C_{op}$  cho các si-lô đặc thù chứa một loại vật liệu rời cụ thể cũng có thể được xác định từ các thí nghiệm mô hình 1:1 được thực hiện trên các si-lô cùng loại.

## Chương 5. Tải trọng tác dụng lên tường đứng của si-lô

### 5.1 Tổng quát

(1)P Phải sử dụng các giá trị đặc trưng của tải trọng nạp và xả liệu được nêu trong phần này cho những loại si-lô sau:

- Si-lô mảnh;
- Si-lô mảnh vừa;
- Si-lô mập;
- Si-lô dạng tường chắn;
- Si-lô chứa vật liệu rời có thông khí.

(2)P Tải trọng tác dụng lên tường đứng của si-lô phải được xác định dựa vào độ mảnh của si-lô (xem Hình 1.1a và 5.1) , được xác định theo các trường hợp sau:

- Si-lô mảnh có  $2,0 \leq h/d_c$  (trừ trường hợp được định nghĩa trong 3.3);
- Si-lô mảnh vừa có  $1,0 < h/d_c < 2,0$  (trừ trường hợp được định nghĩa trong 3.3);
- Si-lô mập có  $0,4 < h/d_c \leq 1,0$  (trừ trường hợp được định nghĩa trong 3.3);
- Si-lô dạng tường chắn có đáy là phẳng và  $h/d_c \leq 0,4$ .

(3) Si-lô có đáy bơm khí được tính toán như si-lô mảnh, không phân biệt độ mảnh  $h/d_c$ .

(4)P Tải trọng lên tường đứng bao gồm tải trọng cố định, gọi là tải trọng đối xứng và tải trọng tự do, gọi là tải trọng cục bộ lên vùng, mà những tải trọng này sẽ tác dụng đồng thời.

(5) Quy tắc chi tiết để tính toán tải trọng khi nạp và xả liệu được quy định tại 5.2, 5.3 và 5.4 cho các si-lô có độ mảnh khác nhau.

(6) Những trường hợp tải trọng ứng với các điều kiện đặc biệt sau cần phải được xét đến:

- Khi không khí có lẫn trong vật liệu rời và gây ra sự hóa lỏng toàn phần hoặc cục bộ, xem 5.5.
- Khi có sự chênh lệch nhiệt độ bên trong vật liệu rời và kết cấu si-lô, xem 5.6.
- Khi si-lô có mặt bằng hình chữ nhật, xem 5.7.

(7)P Khi các lệch tâm lớn xảy ra trong quá trình nạp hoặc xả liệu thì phải xét đến những trường hợp tải trọng đặc biệt. Chúng không tác động đồng thời với tải trọng đối xứng và tải trọng cục bộ theo vùng, nhưng chúng đại diện cho từng trường hợp riêng biệt.

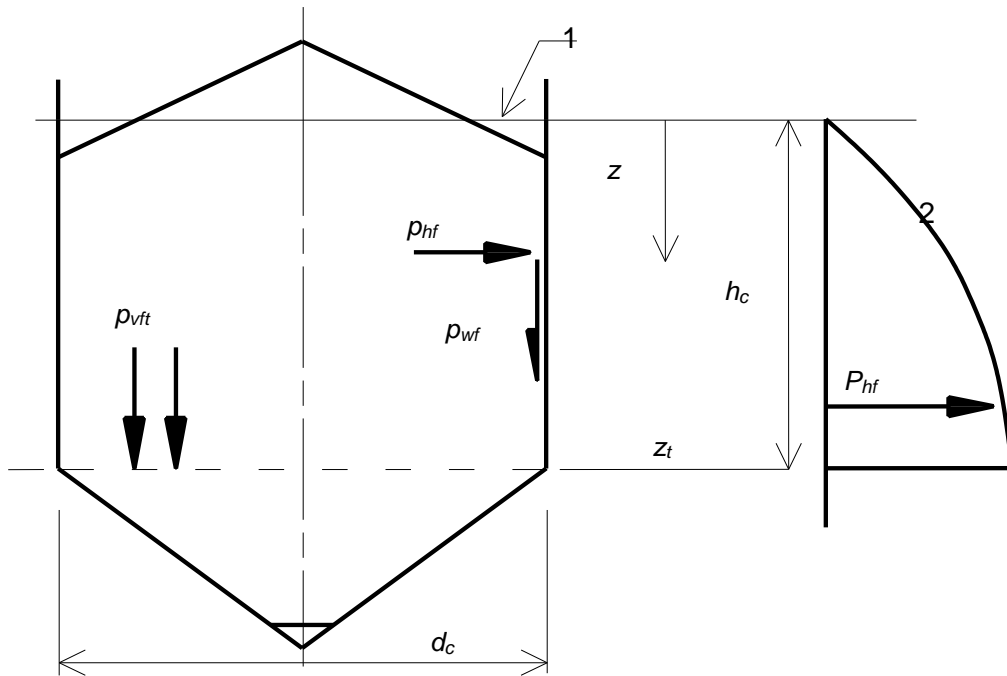
(8) Khi có thể đảm bảo dòng chảy kiểu ống bên trong (xem 3.3 (3)), việc thiết kế có thể chỉ cần dựa vào tải trọng nạp liệu, bao gồm tải trọng cục bộ theo vùng khi thích hợp.

### 5.2 Si-lô mảnh

#### 5.2.1 Tải trọng nạp liệu lên tường đứng

##### 5.2.1.1 Tải trọng nạp liệu đối xứng

(1) Tải trọng nạp liệu đối xứng (xem Hình 5.1) được xác định theo các Biểu thức từ (5.1) đến (5.6).



GHI CHÚ:

1 Bề mặt tương đương

2 Áp lực trên đoạn thành đứng.

**Hình 5.1 - Áp lực nạp liệu đối xứng trên đoạn tường đứng**

(2) Các giá trị áp lực ngang  $p_{hf}$ , lực ma sát thành  $p_{wf}$  và áp lực đứng  $p_{vf}$  tại độ sâu bất kỳ sau khi nạp liệu và trong quá trình chứa liệu được xác định như sau:

$$p_{hf}(z) = p_{ho} Y_J(z) \quad (5.1)$$

$$p_{wf}(z) = \mu p_{ho} Y_J(z) \quad (5.2)$$

$$p_{vf}(z) = \frac{p_{ho}}{K} Y_J(z) \quad (5.3)$$

trong đó:

$$p_{ho} = \gamma K z_0 \quad (5.4)$$

$$z_0 = \frac{1}{K \mu} \frac{A}{U} \quad (5.5)$$

$$Y_J(z) = 1 - e^{-z/z_0} \quad (5.6)$$

ở đây:

$\gamma$  giá trị đặc trưng của trọng lượng thể tích;

$\mu$  giá trị đặc trưng của hệ số ma sát giữa vật liệu chứa và tường đứng;

$K$  giá trị đặc trưng của hệ số áp lực ngang;

$z$  chiều cao tính từ bề mặt tương đương của vật liệu chứa;

**TCVN XXX 1991-4:20XX**

A diện tích mặt cắt ngang của si-lô;

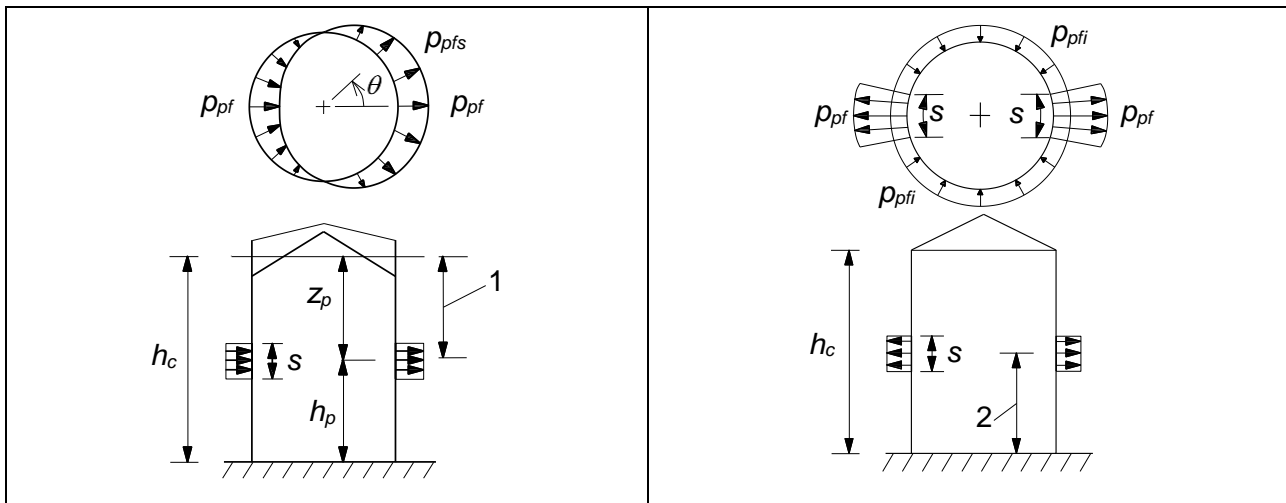
U chu vi bên trong của mặt cắt ngang si-lô.

(3) Giá trị lực thẳng đứng (nén) trên tường  $n_{zSk}$  tính cho mỗi đơn vị chiều dài chu vi sau khi nạp liệu tại độ cao z xác định theo công thức sau:

$$n_{zSk} = \int_0^z p_{wf}(z) dz = \mu p_{h0} [z - z_0 Y_J(z)] \quad (5.7)$$

CHÚ THÍCH: Ứng suất xác định theo Biểu thức (5.7) là giá trị đặc trưng. Cần thận trọng khi sử dụng kết quả này để đảm bảo không bỏ qua hệ số riêng thích hợp của các tác động, bởi vì công thức này là kết quả của phân tích kết cấu (sử dụng lý thuyết phi mô-men (màng) của vỏ). Biểu thức này giúp người thiết kế khi tích phân theo Biểu thức (5.2). Cũng cần lưu ý rằng, những tải trọng khác (như tải trọng cục bộ theo vùng) có thể gây ra lực đứng bổ sung lên tường si-lô.

(4) Các phương pháp cho trong 4.2 và 4.3 cần được sử dụng để xác định giá trị đặc trưng của các tính chất yêu cầu đối với vật liệu rời (trọng lượng thể tích  $\gamma$ , ma sát thành  $\mu$  và hệ số áp lực ngang  $K$ ).



a) Si-lô tròn tường mỏng

b) Các loại si-lô tròn khác

**CHÚ GIẢI**

- 1 Đối với si-lô hàn thuộc Cấp đánh giá tác động loại 2: giá trị nhỏ hơn giữa  $z_0$  và  $h/2$
- 1 Đối với các si-lô tường mỏng khác thuộc Cấp đánh giá tác động loại 2 và 3: bất kỳ
- 2 Bất kỳ

**Hình 5.2 - Si-lô tròn: Áp lực cục bộ lên thành khi nạp liệu**

**5.2.1.2 Tải trọng cục bộ khi nạp liệu: yêu cầu chung**

(1)P Tải trọng cục bộ theo vùng, hoặc một thay thế thích hợp, phải được sử dụng để đại diện cho tải trọng bất thường không đối xứng liên quan đến sự lệch tâm và không hoàn hảo trong quá trình nạp liệu.

(2) Đối với si-lô thuộc Cấp đánh giá tác động loại 1, có thể bỏ qua tải trọng cục bộ theo vùng khi nạp liệu.

(3) Đối với si-lô chứa bột liệu mà quá trình nạp liệu sử dụng bơm khí, có thể bỏ qua tải trọng cục bộ theo vùng.

(4) Độ lớn của áp lực cục bộ khi nạp liệu  $p_{pf}$  được xác định từ độ lệch tâm lớn nhất của cột liệu trên trong quá trình nạp liệu, được thể hiện là  $e_f$  trong Hình 1.1b.

(5) Độ lớn tham chiếu của áp lực cục bộ theo vùng khi nạp liệu  $p_{pf}$  được xác định như sau:

$$p_{pf} = C_{pf} p_{nf} \quad (5.8)$$

trong đó:

$$C_{pf} = 0,21C_{op} [1 + 2E^2] \left( 1 - e^{\{-1,5[(h_c/d_c)-1]\}} \right) \quad (5.9)$$

$$E = 2e_f / d_c \quad (5.10)$$

nhưng nếu Biểu thức (5.9) cho giá trị âm, thì  $C_{pf}$  được lấy như sau:

$$C_{pf} = 0 \quad (5.11)$$

trong đó:

$e_f$  độ lệch tâm lớn nhất của dòng chảy ống trong quá trình nạp liệu (xem Hình 1.1b).

$p_{nf}$  giá trị cục bộ của áp lực nạp liệu (xem Công thức (5.1)) tại độ cao mà tải trọng cục bộ theo vùng tác dụng.

$C_{op}$  hệ số tham chiếu của áp lực cục bộ (xem bảng E.1).

(6) Chiều cao của vùng tác dụng của tải trọng cục bộ theo vùng (xem Hình 5.2) được xác định như sau:

$$s = \pi d_c / 16 \cong 0,2d_c \quad (5.12)$$

(7) Tải trọng cục bộ theo vùng chỉ bao gồm áp lực vuông góc. Không có thay đổi đối với lực ma sát đi cùng với áp lực vuông góc cần được xét đến trong thiết kế.

(8) Dạng áp lực cục bộ theo vùng khi nạp liệu phụ thuộc vào dạng si-lô. Các dạng kết cấu si-lô sau đây được ấn định và áp lực cục bộ theo vùng cần được xác định như sau:

- Đối với si-lô tròn tường dày, xem 5.2.1.3 (si-lô bê tông);
- Đối với si-lô tròn tường mỏng, xem 5.2.1.4 (si-lô kim loại);
- Đối với si-lô không tròn, xem 5.2.1.5.

### 5.2.1.3 Tải trọng cục bộ theo vùng khi nạp liệu: si-lô tròn tường dày

(1) Đối với si-lô tròn tường dày, độ lớn tham chiếu của áp lực cục bộ theo vùng khi nạp liệu  $p_{pf}$  cần được xem là tác dụng theo hướng ra ngoài lên hai vùng hình vuông đối diện với cạnh có chiều dài  $s$  được cho trong Biểu thức (5.12) (khoảng cách  $s$  theo phương ngang được đo trên mặt cong khi thích hợp) (xem Hình 5.2b).

(2) Ngoài áp lực cục bộ theo vùng hướng ra ngoài  $p_{pf}$ , phần còn lại xung quanh chu vi si-lô tại vị trí đó còn chịu áp lực cục bộ hướng vào trong  $p_{pfi}$  được xác định theo công thức:

$$p_{pfi} = p_{pf} / 7 \quad (5.13)$$

trong đó:

$p_{pf}$  là áp lực cục bộ hướng ra ngoài khi nạp liệu (xem Biểu thức (5.8)).

## TCVN XXX 1991-4:20XX

CHÚ THÍCH: giá trị và phạm vi của áp lực hướng vào trong  $p_{pfi}$  được chọn sao cho áp lực trung bình tại cao độ đó duy trì không đổi bởi tải cục bộ.

(3) Áp lực cục bộ theo vùng khi nạp liệu được xem là tác dụng vào bất kỳ phần nào của tường si-lô, điều này có thể được giải thích rõ trong 5.2.1.3 (4).

(4) Đối với si-lô tròn tường dày thuộc Cấp đánh giá tác động loại 2, có thể sử dụng phương pháp tính toán đơn giản hóa. Sự bố trí bất lợi của tải trọng có thể xác định là vùng tác dụng tại giữa chiều cao si-lô và sử dụng các hợp lực này để tính ứng suất gần đúng trên toàn bộ tường. Tỷ số phần trăm của sự gia tăng của các hợp lực của ứng suất màng trong tường ở cao độ đó cũng được sử dụng để làm tăng lên các hợp lực của ứng suất màng trong tường đứng. Kết quả tính toán của các hợp lực của ứng suất uốn tại vị trí bất kỳ được xác định bằng cách nhân các giá trị ứng suất tại vị trí tải trọng cục bộ với tỷ số giữa áp lực nạp liệu tại vị trí đó so với áp lực nạp liệu tại vị trí áp lực cục bộ tác dụng.

### 5.2.1.4 Tải trọng cục bộ khi nạp liệu: si-lô tròn tường mỏng

(1) Đối với các si-lô tròn tường mỏng ( $d_c/t > 200$ ) thuộc cấp đánh giá tác động loại 2 và 3, áp lực cục bộ theo vùng khi nạp liệu được xem là tác dụng lên chiều cao  $s$  cho trong Biểu thức (5.12), nhưng được mở rộng từ vị trí áp lực hướng ra ngoài lớn nhất  $p_{pf}$  trên một mặt và áp lực hướng vào trong  $p_{pfi}$  trên mặt đối diện (xem Hình 5.2a). Sự thay đổi theo chu vi được xác định theo công thức sau:

$$p_{pfs} = p_{pf} \cos \theta \quad (5.14)$$

trong đó:

$p_{pf}$  là áp lực cục bộ hướng ra ngoài (xem Biểu thức (5.8))

$\theta$  góc mở (xem Hình 5.2a).

(2) Tổng lực ngang  $F_{pf}$  do áp lực cục bộ theo vùng khi nạp liệu lên si-lô tròn tường mỏng xác định như sau:

$$F_{pf} = \frac{\pi}{2} s d_c p_{pf} \quad (5.15)$$

(3) Đối với các si-lô hàn thuộc cấp đánh giá tác động loại 2, áp lực cục bộ theo vùng được xem là tác dụng tại độ sâu  $z_p$  dưới bề mặt tương đương, trong đó  $z_p$  lấy giá trị nhỏ hơn trong các giá trị sau:

$$z_p = z_0 \quad \text{và} \quad z_p = 0,5h_c \quad (5.16)$$

trong đó:

$h_c$  là chiều cao đoạn tường đứng (xem Hình 1.1a).

(4) Đối với các si-lô dùng liên kết bu lông và đỉnh tán thuộc cấp đánh giá tác động loại 2, áp lực cục bộ theo vùng được xem là có thể tác dụng tại bất kỳ độ sâu nào, nhưng áp lực vuông góc tại bất kỳ cao độ nào có thể được lấy bằng lượng tăng đều theo tỷ lệ trên suốt chiều cao si-lô.

### 5.2.1.5 Tải trọng cục bộ khi nạp liệu: si-lô không tròn

(1) Đối với các si-lô không tròn thuộc cấp đánh giá tác động loại 2 và 3, áp lực cục bộ theo vùng khi nạp liệu, đại diện cho tải trọng lệch tâm, có thể được đại diện bởi một lượng tăng của áp lực đối xứng được định nghĩa ở (2) và (3).



(2) Áp lực cục bộ hướng ra ngoài được xem là tác dụng lên một dải nằm ngang trên tường si-lô tại cao độ bất kỳ, trên chiều cao  $s$  (xem Hình 5.3a) cho bởi Biểu thức (5.12).

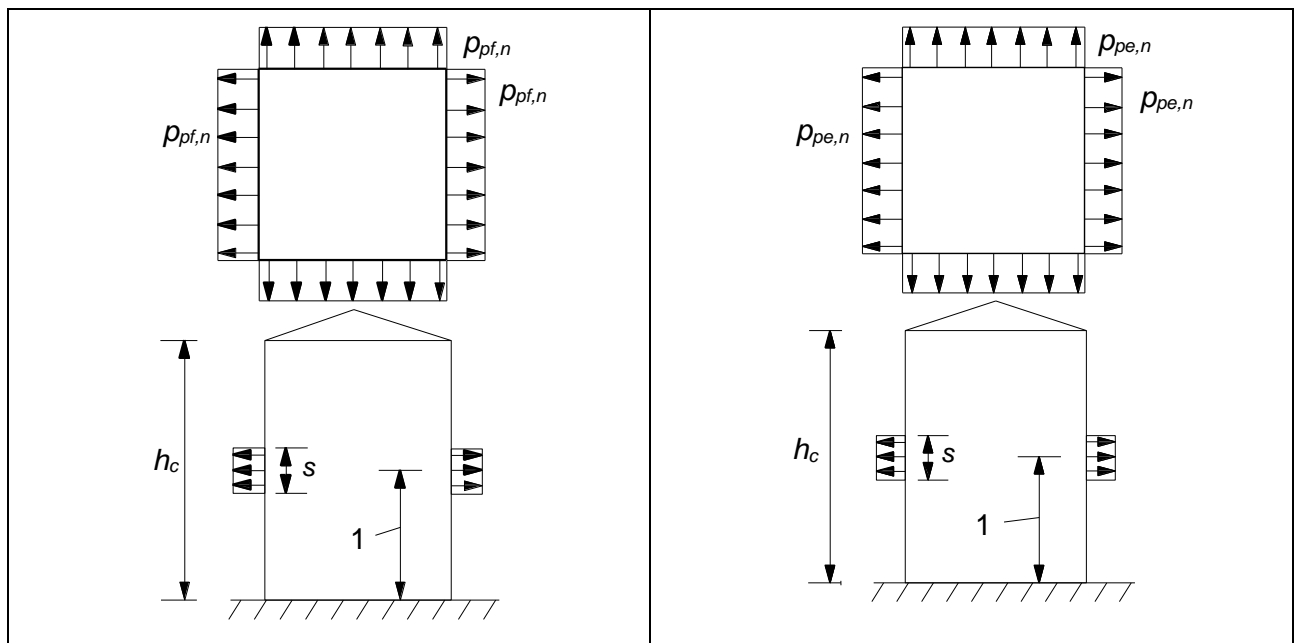
(3) Độ lớn của lượng tăng của áp lực đối xứng phân bố đều trên tường si-lô không tròn  $\rho_{pf,nc}$  được xác định như sau:

$$\rho_{pf,nc} = 0,36 \rho_{pf} \tag{5.17}$$

trong đó:

$\rho_{pf}$  là áp lực cục bộ tham chiếu khi nạp liệu (Biểu thức (5.8)) và kích thước  $d_c$  thích hợp xem Hình 1.1d.

CHÚ THÍCH: giá trị và phạm vi của áp lực phân bố đều  $\rho_{pf,nc}$  được chọn sao cho mô men uốn do nó gây ra đối với si-lô chữ nhật không có dầm giằng bên trong là xấp xỉ với mô men uốn do áp lực cục bộ  $\rho_{pf}$  đặt tại giữa tường gây ra.



a) Áp lực cục bộ khi nạp liệu

b) Áp lực cục bộ khi xả liệu

CHÚ GIẢI

1 vị trí bất kỳ

Hình 5.3 - Si-lô không tròn: áp lực cục bộ lên thành

### 5.2.2 Tải trọng xả liệu lên tường đứng

#### 5.2.2.1 Tải trọng xả liệu đối xứng

(1)P Lượng tăng đối xứng của tải trọng khi xả liệu phải sử dụng để đại diện cho khả năng tăng áp lực có tính nhất thời xảy ra trên tường si-lô trong quá trình xả liệu.

(2) Đối với các si-lô thuộc tất cả các cấp đánh giá tác động, áp lực xả liệu đối xứng  $\rho_{he}$  và  $\rho_{we}$  được xác định như sau:

$$\rho_{he} = C_h \rho_{hf} \tag{5.18}$$

$$\rho_{we} = C_w \rho_{wf} \tag{5.19}$$

## TCVN XXX 1991-4:20XX

trong đó:

$C_h$  là hệ số áp lực ngang khi xả liệu.

$C_w$  là hệ số lực ma sát thành khi xả liệu.

Hệ số xả liệu  $C_h$  và  $C_w$  được xác định theo các Biểu thức từ (5.20) đến (5.24).

(3) Đối với các si-lô thuộc tất cả các cấp đánh giá tác động mà xả liệu qua đỉnh (không có dòng chảy bên trong vật liệu chứa) thì các giá trị  $C_h$  và  $C_w$  được xác định như sau:

$$C_h = C_w = 1,0 \quad (5.20)$$

(4) Đối với các si-lô mảnh thuộc cấp đánh giá tác động loại 2 và 3, hệ số xả liệu được xác định như sau:

$$C_h = C_0 = 1,15 \quad (5.21)$$

$$C_w = 1,10 \quad (5.22)$$

trong đó:

$C_0$  là hệ số xả liệu đối với tất cả các loại vật liệu chứa ( $C_0 = 1,15$ ).

(5) Đối với các si-lô mảnh thuộc cấp đánh giá tác động loại 1, khi giá trị trung bình của tính chất vật liệu  $K$  và  $\mu$  được sử dụng khi thiết kế, thì hệ số xả liệu được xác định như sau:

$$C_h = 1,15 + 1,5 (1 + 0,4 e/d_c) C_{op} \quad (5.23)$$

$$C_w = 1,4 (1 + 0,4 e/d_c) \quad (5.24)$$

$$e = \max (e_f, e_0) \quad (5.25)$$

trong đó:

$e_f$  độ lệch tâm lớn nhất của dòng chảy ống trong quá trình nạp liệu;

$e_0$  là độ lệch tâm của tâm cửa xả;

$C_{op}$  là hệ số tham chiếu của áp lực cục bộ theo vùng (xem Bảng E.1).

(6) Giá trị đặc trưng của hợp lực thẳng đứng (nén) lên tường  $n_{zSk}$  trên một đơn vị chiều dài của chu vi trong quá trình xả liệu tại chiều sâu  $z$  được xác định theo như sau:

$$n_{zSk} = \int_0^z p_{we}(z) dz = C_w \mu p_{h0} [z - z_0 Y_J(z)] \quad (5.26)$$

CHÚ THÍCH: Ứng suất xác định theo Biểu thức (5.26) là giá trị đặc trưng. Cần thận trọng khi sử dụng kết quả này để đảm bảo không bỏ qua hệ số riêng thích hợp của các tác động, bởi vì biểu thức này là kết quả của phân tích kết cấu (sử dụng lý thuyết màng của vỏ). Biểu thức này giúp người thiết kế khi tích phân theo Công thức (5.19). Cũng cần lưu ý rằng, những tải trọng khác (như tải trọng cục bộ theo vùng) có thể gây thêm lực đứng lên tường si-lô.

### 5.2.2.2 Tải trọng cục bộ theo vùng khi xả liệu: yêu cầu chung

(1) Tải trọng cục bộ theo vùng khi xả liệu phải được sử dụng để đại diện cho tải trọng bất thường không đối xứng trong quá trình xả liệu, cũng như sự lệch tâm của cửa nạp và xả liệu (xem Hình 1.1b).

(2) Đối với các si-lô thuộc cấp đánh giá tác động loại 1, có thể bỏ qua tải trọng cục bộ theo vùng khi xả liệu.

(3) Đối với các si-lô thuộc cấp đánh giá tác động loại 2 và 3, tải trọng khi xả liệu cần được xác định theo phương pháp nêu trong Chương này.

(4) Đối với các si-lô tròn thuộc cấp đánh giá tác động loại 2 và 3, khi thỏa mãn một trong những điều kiện dưới đây thì quy trình cho việc xả liệu lệch tâm lớn trong si-lô tròn mảnh (xem 5.2.4) cần được sử dụng như một trường hợp tải trọng riêng (xem 5.1(5)) bổ sung cho phương pháp được nêu trong chương này:

- Độ lệch tâm của cửa xả  $e_0$  vượt quá giá trị tới hạn  $e_{0,cr} = 0,25d_c$  (xem Hình 3.3c).
- Độ lệch tâm lớn nhất khi nạp liệu  $e_f$  vượt quá giá trị tới hạn  $e_{f,cr} = 0,25d_c$  và độ mảnh của si-lô lớn hơn giá trị giới hạn  $(h/d_c)_{lim} = 4,0$  (xem Hình 3.4d).

(5) Giá trị tham chiếu của áp lực cục bộ theo vùng hướng ra ngoài khi xả liệu  $p_{pe}$  được xác định như sau:

$$p_{pe} = C_{pe} p_{he} \quad (5.27)$$

trong đó:

Khi  $h/d_c > 1,2$ ,  $C_{pe}$  được xác định theo Biểu thức (5.28):

$$C_{pe} = 0,42 C_{op} [1 + 2E^2] \left(1 - e^{\{-1,5[(h/d_c)-1]\}}\right) \quad (5.28)$$

Khi  $h/d_c \leq 1,2$ ,  $C_{pe}$  được lấy bằng giá trị lớn nhất trong các Biểu thức (5.28), (5.29) và (5.30)

$$C_{pe} = 0,272 C_{op} \{(h/d_c - 1 + E)\} \quad (5.29)$$

$$C_{pe} = 0 \quad (5.30)$$

với:

$$E = 2e/d_c \quad (5.31)$$

$$e = \max(e_f, e_0) \quad (5.32)$$

trong đó:

$e_f$  độ lệch tâm lớn nhất của mặt cột liệu trong quá trình nạp liệu;

$e_0$  là độ lệch tâm của tâm cửa xả;

$p_{he}$  là giá trị cục bộ của áp lực xả liệu tại vị trí tác dụng của tải trọng cục bộ (Biểu thức (5.18)).

$C_{op}$  hệ số tham chiếu của áp lực cục bộ (xem Bảng E.1).

(6) Áp lực cục bộ theo vùng chỉ bao gồm áp lực vuông góc. Sự không thay đổi đối với lực ma sát đi vùng với sự thay đổi của áp lực vuông góc cần được xét đến trong thiết kế.

(7) Dạng áp lực cục bộ theo vùng khi xả liệu phụ thuộc vào dạng si-lô. Áp lực cục bộ cho từng loại si-lô được xác định như sau:

- Đối với si-lô tròn tường dày, xem 5.2.2.3 (si-lô bê tông)
- Đối với si-lô tròn tường mỏng, xem 5.2.2.4 (si-lô kim loại)

- Đối với si-lô không tròn, xem 5.2.2.5.

**5.2.2.3 Tải trọng cục bộ khi xả liệu: si-lô tròn tường dày**

(1) Đối với các si-lô tròn tường dày, áp lực cục bộ hướng ra ngoài  $p_{pe}$  cần được xem là tác dụng trên hai vùng hình vuông đối diện có chiều dài cạnh  $s$  (xem Hình 5.4b) được cho trong Biểu thức (5.12) (khoảng cách theo phương nằm ngang  $s$  được đo trên mặt cong khi thích hợp).

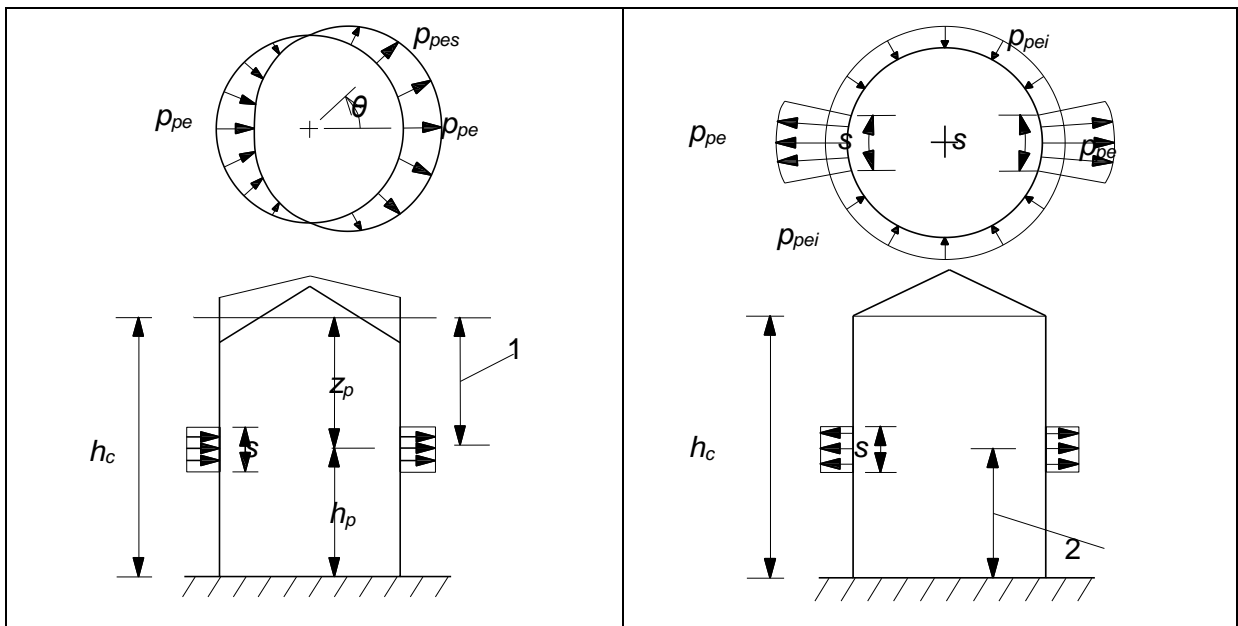
(2) Ngoài áp lực cục bộ hướng ra ngoài  $p_{pe}$ , phần còn lại xung quanh chu vi si-lô tại cùng chiều cao tường còn chịu áp lực cục bộ hướng vào trong  $p_{pei}$  (xem Hình 5.4b) được xác định theo công thức:

$$p_{pei} = p_{pe} / 7 \tag{5.33}$$

trong đó:

$p_{pe}$  là áp lực cục bộ hướng ra ngoài (xem Biểu thức (5.27)).

CHÚ THÍCH: giá trị và phạm vi của áp lực cục bộ hướng vào bên trong được chọn sao cho áp lực cục bộ trung bình tại cao độ đó là không đổi.



a) Si-lô tròn tường mỏng

b) Các loại si-lô tròn khác

**CHÚ GIẢI**

1 Đối với si-lô hàn thuộc Cấp đánh giá tác động loại 2: giá trị nhỏ hơn giữa  $z_0$  và  $h/2$

1 Đối với các si-lô tường mỏng khác thuộc Cấp đánh giá tác động loại 2 và 3: bất kỳ

2 Bất kỳ

**Hình 5.4 - Si-lô tròn: Áp lực cục bộ khi dỡ liệu**

(3) Áp lực cục bộ theo vùng khi xả liệu được xem là tác dụng vào bất kỳ phần nào của tường si-lô, điều này có thể được giải thích rõ trong 5.2.2.3(4).

(4) Đối với các si-lô tròn tường dày thuộc Cấp đánh giá tác động loại 2, có thể sử dụng phương pháp tính toán đơn giản hóa. Sự bố trí bất lợi nhất của tải trọng cục bộ là vị trí tác dụng tại giữa chiều cao si-

lô và sử dụng kết quả để tìm ra ứng suất gần đúng trên toàn bộ tường. Tỷ số phần trăm gia tăng ứng suất màng trong tường ở cao độ này cũng được sử dụng để tăng ứng suất màng trong tường đứng. Kết quả tính toán ứng suất uốn tại vị trí bất kỳ được xác định bằng cách nhân giá trị ứng suất tại vị trí tải trọng cục bộ với tỷ số giữa áp lực nạp liệu tại vị trí đó so với áp lực nạp liệu tại vị trí áp lực cục bộ tác dụng.

#### 5.2.2.4 Tải trọng cục bộ theo vùng khi xả liệu: si-lô tròn tường mỏng

(1) Đối với các si-lô tròn tường mỏng thuộc cấp đánh giá tác động loại 2 và 3, áp lực cục bộ theo vùng khi xả liệu cần được xem là tác dụng trên đoạn chiều cao  $s$  cho trong Biểu thức (5.12), nhưng được mở rộng từ vị trí áp lực hướng ra ngoài trên một mặt lớn nhất  $p_{pe}$  đến áp lực hướng vào trong trên mặt đối diện  $p_{pe}$  (xem Hình 5.4a). Sự thay đổi theo chu vi được xác định như sau:

$$P_{pes} = P_{pe} \cos \theta \quad (5.34)$$

trong đó:

$p_{pe}$  là áp lực cục bộ theo vùng hướng ra ngoài (xem Biểu thức (5.27))

$\theta$  góc mở (xem Hình 5.4a).

(2) Tổng lực nằm ngang  $F_{pe}$  do áp lực cục bộ theo vùng khi xả liệu lên si-lô tròn tường mỏng cần được xác định như sau:

$$F_{pe} = \frac{\pi}{2} s d_c p_{pe} \quad (5.35)$$

(3) Đối với các si-lô hàn thuộc cấp đánh giá tác động loại 2, áp lực cục bộ lên vùng khi xả liệu có thể xem là tác dụng tại độ sâu  $z_p$  dưới bề mặt tương đương, trong đó  $z_p$  lấy giá trị nhỏ hơn trong các giá trị sau:

$$z_p = z_0 \text{ và } z_p = 0,5h_c \quad (5.36)$$

Trong công thức trên:

$h_c$  là chiều cao đoạn tường đứng (xem Hình 1.1a).

(4) Đối với các si-lô dùng liên kết bu lông và đỉnh tán thuộc cấp đánh giá tác động loại 2, áp lực cục bộ lên vùng khi xả liệu cần được xem là có thể tác dụng tại bất kỳ cao độ nào, nhưng áp lực pháp tuyến tại một cao độ được lấy bằng lượng tăng đều theo tỷ lệ phần trăm trên suốt chiều cao si-lô (có thể sử dụng các quy trình thay thế cho trong 5.2.3).

#### 5.2.2.5 Tải trọng cục bộ lên vùng khi xả liệu: si-lô không tròn

(1) Đối với các si-lô không tròn thuộc cấp đánh giá tác động loại 2 và 3, áp lực cục bộ lên vùng khi xả liệu, đại diện cho tải trọng lệch tâm, có thể được đại diện bởi một lượng tăng của áp lực đối xứng được định nghĩa ở mục (2) và (3).

(2) Áp lực cục bộ lên vùng hướng ra ngoài cần được xem là tác dụng lên một dải nằm ngang trên tường si-lô tại cao độ bất kỳ, trên đoạn chiều cao  $s$  (xem Hình 5.3b) cho trong Biểu thức (5.12).

(3) Độ lớn của lượng tăng áp lực đối xứng phân bố đều trên tường si-lô không tròn  $p_{pe.nc}$  cần được xác định như sau:

$$p_{pe.nc} = 0,36 p_{pe} \quad (5.37)$$

trong đó:

$p_{pe}$  là áp lực cục bộ lên vùng tham chiếu khi xả liệu (xem Biểu thức (5.27)).

CHÚ THÍCH: giá trị và phạm vi của áp lực phân bố đều  $p_{pe,nc}$  được chọn sao cho mô men uốn gây ra đối với si-lô chữ nhật không có dầm giằng bên trong là xấp xỉ với mô men uốn do áp lực cục bộ  $p_{pf}$  đặt tại giữa tường gây ra.

### 5.2.3 Lượng tăng thay thế của áp lực phân bố đều cho tải trọng cục bộ khi nạp và xả liệu

(1) Đối với những si-lô thuộc cấp đánh giá tác động loại 2, một lượng tăng của áp lực đối xứng phân bố đều có thể sử dụng để thay thế cho phương pháp xác định áp lực cục bộ lên vùng nêu trong 5.2.1 và 5.2.2 có xét đến sự lệch tâm trong quá trình nạp và xả liệu.

(2) Đối với các si-lô không tròn, lượng tăng thêm được quy định tại 5.2.1.5 và 5.2.2.5.

(3) Đối với các si-lô tròn, chỉ sử dụng những quy trình dưới đây khi đáy và đỉnh của tường đứng được giữ để hạn chế và đảm bảo hình dạng bằng các cấu kiện tăng cứng phù hợp (si-lô tròn được duy trì hình dạng tròn ở đỉnh và đáy bằng kết cấu mái hoặc dầm vòng tăng cứng).

(4) Đối với các si-lô tròn tường dày, tổng áp lực ngang đối xứng khi nạp liệu ( $p_{hf,u}$ ) và khi xả liệu ( $p_{he,u}$ ) cần được xác định như sau:

$$p_{hf,u} = p_{hf}(1 + \zeta C_{pf}) \quad (5.38)$$

$$p_{he,u} = p_{he}(1 + \zeta C_{pe}) \quad (5.39)$$

trong đó:

$$\zeta = 0,5 + 0,01(d_c / t) \quad (5.40)$$

với

$$\zeta \geq 1,0 \quad (5.41)$$

trong đó:

$p_{hf}$  là áp lực ngang đối xứng khi nạp liệu (xem Biểu thức (5.1));

$p_{he}$  là áp lực ngang đối xứng khi xả liệu (xem Biểu thức (5.18));

$C_{pf}$  là hệ số áp lực cục bộ khi nạp liệu (xem Biểu thức (5.9));

$C_{pe}$  là hệ số áp lực cục bộ khi xả liệu (xem Biểu thức (5.28)).

(5) Đối với các si-lô tròn tường mỏng, tổng áp lực ngang đối xứng khi nạp liệu  $p_{hf,u}$ , khi xả liệu  $p_{he,u}$  và tổng hợp lực ma sát đối xứng khi nạp liệu  $p_{wf,u}$ , khi xả liệu  $p_{we,u}$  cần được xác định như sau:

$$p_{hf,u} = p_{hf}(1 + 0,5C_{pf}) \quad (5.42)$$

$$p_{wf,u} = p_{wf}(1 + C_{pf}) \quad (5.43)$$

$$p_{he,u} = p_{he}(1 + 0,5C_{pe}) \quad (5.44)$$

$$p_{we,u} = p_{we}(1 + C_{pe}) \quad (5.45)$$

trong đó:

$\rho_{wf}$  là lực ma sát thành đối xứng khi nạp liệu (xem Biểu thức (5.2));

$\rho_{we}$  là lực ma sát thành đối xứng khi xả liệu (xem Biểu thức (5.19));

và các thông số  $\rho_{hf}$ ,  $\rho_{he}$ ,  $C_{pf}$ ,  $C_{pe}$  được xác định theo mục (3).

## 5.2.4 Tải trọng xả liệu đối với các si-lô tròn với độ lệch tâm lớn của cửa xả

### 5.2.4.1 Tổng quát

(1) Khi độ lệch tâm cửa xả  $e_0$  vượt quá giá trị tới hạn  $e_{0,cr} = 0,25d_c$  và si-lô thuộc cấp đánh giá tác động loại 2 hay 3, các quy trình dưới đây cần được sử dụng để xác định sự phân bố áp lực trong quá trình xả liệu lệch tâm có dòng chảy kiểu ống phía trên cửa xả (xem Hình 5.5a).

(2) Khi độ lệch tâm lớn nhất khi nạp liệu  $e_t$  vượt quá giá trị tới hạn  $e_{t,cr} = 0,25d_c$  và độ mảnh của si-lô lớn hơn  $h_c/d_c = 4,0$ , và si-lô thuộc cấp đánh giá tác động loại 2 hay 3, các quy trình sau đây cần được sử dụng để xác định sự phân bố áp lực có thể xảy ra do sự hình thành dòng chảy kiểu ống lệch tâm (xem Hình 3.4d và 5.5a).

(3) Khi thỏa mãn những điều kiện trên (xem (1) và (2)), các quy trình trong 5.2.4.2 và 5.2.4.3 được sử dụng như một trường hợp tải trọng riêng độc lập. Đây là trường hợp tải trọng bổ sung là độc lập với quy trình xác định tải trọng cục bộ lên vùng khi nạp và dỡ liệu trong 5.2.2 và 5.2.3.

(4) Tính toán cần được thực hiện sử dụng giá trị đặc trưng cận dưới của  $\mu$  và giá trị đặc trưng cận trên của  $\phi$  của vật liệu rời.

(5) Quy trình đơn giản nêu trong 5.2.4.2 được phép sử dụng cho các si-lô thuộc cấp đánh giá tác động loại 2. Đối với các si-lô thuộc cấp đánh giá tác động loại 3, quy trình cho trong 5.2.4.3 cần được thực hiện.

### 5.2.4.2 Phương pháp đối với si-lô thuộc cấp đánh giá tác động loại 2

#### 5.2.4.2.1 Hình dạng dòng chảy

(1) Các tính toán được yêu cầu chỉ cho phần dòng chảy tiếp xúc với tường, cần được xác định đối với:

$$\theta_c = 35^\circ \quad (5.46)$$

#### 5.2.4.2.2 Áp lực lên tường do xả liệu lệch tâm

(1) Áp lực lên tường đứng tại vùng chảy (xem Hình 5.5c) cần được xác định như sau:

$$\rho_{hce} = 0 \quad (5.47)$$

(2) Áp lực lên tường đứng tại độ sâu  $z$  ở vùng vật liệu rời đứng yên (xem Hình 5.5c) cần được xác định như sau:

$$\rho_{hse} = \rho_{hf} \quad (5.48)$$

$$\rho_{hae} = 2\rho_{hf} \quad (5.49)$$

và lực ma sát thành tại độ sâu  $z$  được xác định như sau:

$$\rho_{wse} = \rho_{wf} \quad (5.50)$$

$$\rho_{wae} = 2\rho_{wf} \quad (5.51)$$

trong đó:

$\rho_{hf}$  là áp lực ngang khi nạp liệu (xem Công thức (5.1));

$\rho_{wf}$  là lực ma sát thành khi nạp liệu (xem Công thức (5.2)).

CHÚ THÍCH: phương pháp đơn giản này liên quan tới dòng chảy rối, cho nên đôi khi hơi thiên về an toàn.

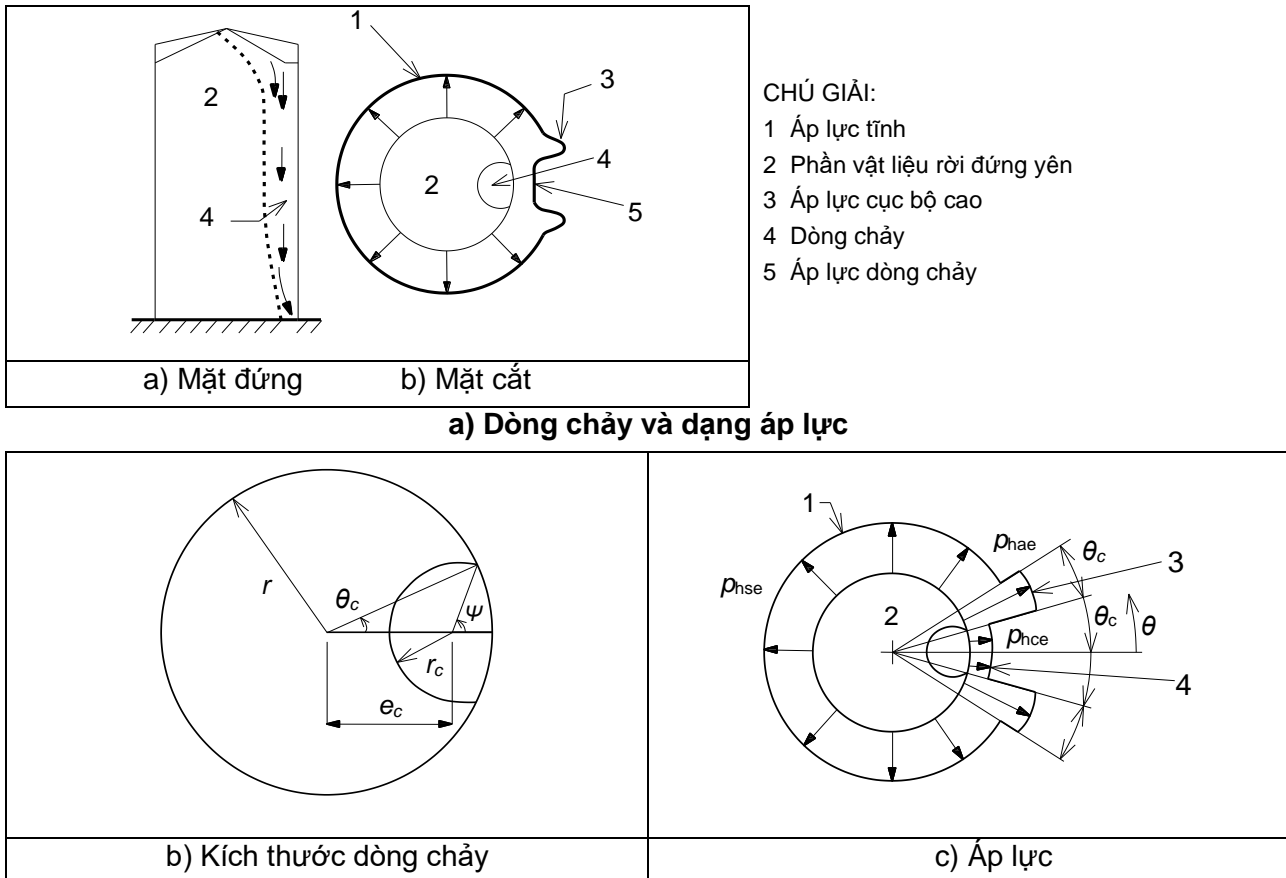
(3) Phương pháp trong 5.2.4.3.2 có thể sử dụng để thay thế.

### 5.2.4.3 Phương pháp đối với cấp đánh giá tác động loại 3

#### 5.2.4.3.1 Hình dạng hình học dòng chảy

(1) Hình dạng hình học của dòng chảy và vị trí của nó cần được lựa chọn phù hợp với kích thước hình học của thùng chứa, việc bố trí xả liệu và các tính chất của vật liệu rời.

(2) Khi việc bố trí xả liệu dẫn đến dạng dòng chảy có hình dạng và vị trí xác định, các thông số thích hợp đối với dạng dòng chảy này cần được chấp nhận.



**Hình 5.5 – Dòng chảy xả liệu lệch tâm và sự phân bố áp lực**

(3) Khi hình dạng hình học dòng chảy không thể suy ra trực tiếp từ sự bố trí xả liệu và dạng hình học của si-lô, thì việc tính toán cần được thực hiện với ít nhất ba giá trị của bán kính dòng chảy  $r_c$ , để cho phép sự thay đổi ngẫu nhiên của kích thước dòng chảy theo thời gian. Ba giá trị của  $r_c$  cần được xác định như sau:

$$r_c = k_1 r \tag{5.52}$$



$$r_c = k_2 r \quad (5.53)$$

$$r_c = k_3 r \quad (5.54)$$

trong đó:

$r$  là bán kính si-lô tròn ( $=d_0/2$ ).

CHÚ THÍCH: Các giá trị  $k_1$ ,  $k_2$  và  $k_3$  được quy định trong phụ lục quốc gia. Các giá trị khuyến nghị của chúng lần lượt là 0,25, 0,4 và 0,6.

(4) Độ lệch tâm của dòng chảy  $e_c$  (xem Hình 5.5) được xác định như sau:

$$e_c = r \left\{ \eta(1-G) + (1-\eta)\sqrt{1-G} \right\} \quad (5.55)$$

trong đó:

$$G = \frac{r_c}{r} \quad (5.56)$$

$$\eta = \frac{\mu}{\tan \phi_i} \quad (5.57)$$

trong đó:

$\mu$  là giá trị đặc trưng cận dưới của hệ số ma sát thành đối với tường đứng;

$\phi_i$  là giá trị đặc trưng cận trên của góc ma sát trong của vật liệu rời;

$r_c$  là bán kính thiết kế của dòng chảy (xem Biểu thức (5.52) đến (5.54)).

CHÚ THÍCH 1: cần chú ý rằng  $\phi_w \leq \phi_i$ , vì thế vật liệu sẽ luôn gãy vỡ bên trong nếu sự trượt ở chỗ tiếp xúc với tường đòi hỏi một ứng suất chịu cắt lớn hơn so với độ lớn của ma sát bên trong mà tường có thể chịu. Điều này có nghĩa là  $\eta \leq 1$  trong mọi trường hợp.

CHÚ THÍCH 2: độ lệch tâm của dòng chảy  $e_c$  có thể thay đổi, như thể hiện trong Hình 3.4d, và không chỉ phụ thuộc vào độ lệch tâm cửa xả  $e_0$ . Quy trình này nhằm xác định các điều kiện khắt khe nhất cho từng hình dạng hình học của si-lô và bố trí kết cấu. Do đó, độ lệch tâm của dòng chảy có thể nhỏ hơn cả hai giá trị lệch tâm tới hạn của cửa xả  $e_{0,cr}$  và độ lệch tâm tới hạn của cửa nạp  $e_{i,cr}$ .

CHÚ THÍCH 3: việc đánh giá vị trí và bán kính của dòng chảy cần dựa vào điều kiện tổng lực ma sát của vật liệu rời ở chu vi dòng chảy là nhỏ nhất, với giả định chu vi của dòng chảy là đường cong tròn. Có thể sử dụng các phương pháp khác để dự đoán kích thước dòng chảy.

(5) Mặc dù những yêu cầu trên liên quan đến bán kính dòng chảy giả định, khi sử dụng dòng chảy phổ mở rộng (xem Hình 3.5d), thì bán kính  $r_c$  của dòng chảy là bán kính tại đỉnh của dòng chảy phổ mở rộng.

(6) Chiều dài góc đoạn tường tiếp xúc với dòng chảy cần được xác định, được giới hạn bởi góc mở  $\theta = \pm\theta_c$ , trong đó:

$$\cos \theta_c = \frac{r^2 + e_c^2 - r_c^2}{2re_c} \quad (5.58)$$

(7) Chiều dài cung đoạn tiếp xúc giữa dòng chảy với tường được xác định như sau:

$$U_{wc} = 2\theta_c r \quad (5.59)$$

và chiều dài tiếp xúc giữa máng rút và vật liệu rời đứng yên:

$$U_{sc} = 2r_c (\pi - \psi) \quad (5.60)$$

với:

$$\sin \psi = \frac{r}{r_c} \sin \theta_c \quad (5.61)$$

trong đó các góc  $\theta_c$  và  $\psi$  tính bằng radian.

(8) Diện tích mặt cắt ngang của dòng chảy được xác định như sau:

$$A_c = (\pi - \psi)r_c^2 + \theta_c r^2 - rr_c \sin(\psi - \theta_c) \quad (5.62)$$

### 5.2.4.3.2 Áp lực lên tường do xả liệu lệch tâm

(1) Áp lực lên tường tại vùng chảy (xem Hình 5.5c) phụ thuộc vào vào khoảng cách  $z$  dưới bề mặt tương đương của vật liệu rời và cần được xác định như sau:

$$p_{hce} = p_{hco} (1 - e^{-z/z_{oc}}) \quad (5.63)$$

và lực ma sát thành trên tường tại cao độ  $z$  là:

$$p_{wce} = \mu p_{hce} = \mu p_{hco} (1 - e^{-z/z_{oc}}) \quad (5.64)$$

với:

$$p_{hco} = \gamma K z_{oc} \quad (5.65)$$

$$z_{oc} = \frac{1}{K} \left( \frac{A_c}{U_{wc} \mu + U_{sc} \tan \phi_i} \right) \quad (5.66)$$

trong đó:

$\mu$  là hệ số ma sát thành của tường đứng

$K$  là tỷ số áp lực ngang của vật liệu rời.

(2) Áp lực lên tường đứng ở độ sâu  $z$  tại vị trí cách xa dòng chảy trong vùng vật liệu rời đứng yên (xem Hình 5.5c) cần được xác định như sau:

$$p_{hse} = p_{hf} \quad (5.67)$$

và lực ma sát thành lên tường tại độ sâu  $z$  là:

$$p_{wse} = p_{wf} \quad (5.68)$$

trong đó:

$p_{hf}$  là áp lực ngang khi nạp liệu (xem Biểu thức (5.1));

$p_{wf}$  là lực ma sát thành khi nạp liệu (xem Biểu thức (5.2)).

(3) Áp lực lên tường đứng tại vị trí gần dòng chảy trong vùng vật liệu rời đứng yên  $p_{hae}$  (xem Hình 5.5c) phụ thuộc vào độ sâu  $z$  bên dưới bề mặt tương đương của vật liệu rời. Áp lực tại độ sâu  $z$  trong vùng tĩnh gần dòng chảy được xác định như sau:

$$p_{hae} = 2p_{hf} - p_{hce} \quad (5.69)$$

và lực ma sát thành lên tường tại độ sâu  $z$  là:

$$p_{wae} = \mu p_{hae} \quad (5.70)$$

### 5.3 Si-lô mập và si-lô mảnh vữa

#### 5.3.1 Tải trọng nạp liệu lên tường đứng

##### 5.3.1.1 Tải trọng nạp liệu đối xứng

(1) Tải trọng nạp liệu đối xứng (xem Hình 5.6) được xác định theo các công thức từ (5.71) đến (5.80).

(2) Giá trị áp lực ngang  $p_{hf}$  và lực ma sát thành  $p_{wf}$  tại độ sâu bất kỳ sau khi nạp liệu được xác định như sau:

$$p_{hf} = p_{ho} Y_R \quad (5.71)$$

$$p_{wf} = \mu p_{hf} \quad (5.72)$$

với:

$$p_{ho} = \gamma K z_0 = \gamma \frac{1}{\mu} \frac{A}{U} \quad (5.73)$$

$$Y_R = 1 - \left\{ \left( \frac{z - h_0}{z_0 - h_0} \right) + 1 \right\}^n \quad (5.74)$$

$$z_0 = \frac{1}{K} \frac{A}{\mu U} \quad (5.75)$$

$$n = -(1 + \tan \phi_r)(1 - h_0 / z_0) \quad (5.76)$$

trong đó:

$h_0$  là giá trị của  $z$  tại vị trí tiếp xúc cao nhất giữa dòng chảy và tường (xem Hình 1.1a và 5.6).

Đối với si-lô tròn nạp liệu đối xứng có bán kính  $r$ ,  $h_0$  được xác định như sau:

$$h_0 = \frac{r}{3} \tan \phi_r \quad (5.77)$$

và đối với si-lô vuông nạp liệu đối xứng có kích thước đặc trưng  $d_c$  nạp liệu đối xứng,  $h_0$  được xác định như sau:

$$h_0 = \frac{d_c}{4} \tan \phi_r \quad (5.78)$$

trong đó:

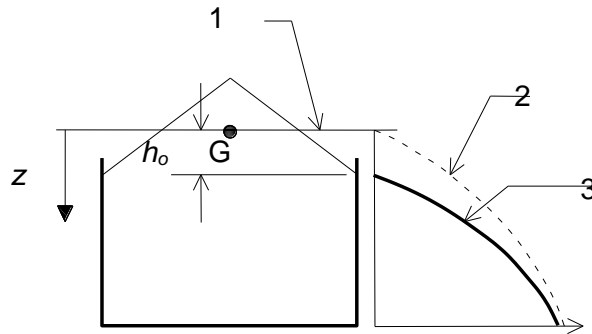
- $\gamma$  là trọng lượng thể tích đặc trưng của vật liệu rời;
- $\mu$  là hệ số ma sát thành đặc trưng giữa vật liệu trượt trên tường đứng;
- $K$  giá trị đặc trưng của tỷ số áp lực ngang;
- $z$  độ sâu tính từ bề mặt tương đương của vật liệu chứa;
- $A$  là diện tích mặt cắt ngang của si-lô;
- $U$  là chu vi bên trong của mặt cắt ngang si-lô ;
- $\phi_r$  là góc nghỉ của vật liệu rời (xem Bảng E.1).

(3) Giá trị áp lực đứng  $p_{vf}$  tại độ sâu bất kỳ sau khi nạp liệu cần được xác định như sau:

$$p_{vf} = \gamma z_v \quad (5.79)$$

trong đó:

$$z_v = h_0 - \frac{1}{(n+1)} \left( z_0 - h_0 - \frac{(z + z_0 - 2h_0)^{n+1}}{(z_0 - h_0)^n} \right) \quad (5.80)$$



CHÚ GIẢI:

- 1 Bề mặt tương đương
- 2 Quy luật của si-lô mảnh
- 3 Áp lực trên si-lô mập

**Hình 5.6 - Áp lực khi nạp liệu đối với si-lô mập và si-lô mảnh vừa**

(4) Giá trị hợp lực đứng (nén) đặc trưng lên tường  $n_{zSk}$  tính cho mỗi đơn vị chiều dài chu vi tại độ sâu  $z$  xác định theo công thức sau:

$$n_{zSk} = \int_0^z p_{vf}(z) dz = \mu \gamma h_0 (z - z_v) \quad (5.81)$$

trong đó  $z_v$  xác định theo Biểu thức (5.80).

CHÚ THÍCH: Ứng suất xác định theo Biểu thức (5.81) là giá trị đặc trưng. Cần thận trọng khi sử dụng kết quả này để đảm bảo không bỏ qua hệ số riêng thích hợp của các tác động, bởi vì biểu thức này là kết quả của phân tích kết cấu (sử dụng lý thuyết màng của vỏ). Biểu thức này giúp người thiết kế khi tích phân theo Biểu thức (5.72). Cũng cần lưu ý rằng, những tải trọng khác (như tải trọng cục bộ theo vùng hoặc tải trọng không đối xứng khi nạp liệu) có thể gây ra các lực đứng bổ sung lên tường si-lô.

### 5.3.1.2 Tải trọng cục bộ lên vùng khi nạp liệu

- (1) Tải trọng cục bộ lên vùng khi nạp liệu sẽ tác dụng vào bất cứ phần nào của tường si-lô.
- (2) Tải trọng cục bộ lên vùng chỉ bao gồm áp lực pháp tuyến. Sự không thay đổi đối với lực ma sát kết hợp với áp lực pháp tuyến thay đổi cần được xem xét trong thiết kế.
- (3) Đối với si-lô mập ( $h/d_c \leq 1,0$ ) thuộc tất cả các cấp đánh giá tác động, có thể bỏ qua tải trọng cục bộ lên vùng khi nạp liệu ( $C_{pf} = 0$ ).
- (4) Đối với si-lô mảnh vừa ( $1,0 < h/d_c < 2,0$ ) thuộc cấp đánh giá tác động loại 1, có thể bỏ qua tải trọng cục bộ lên vùng khi nạp liệu.
- (5) Đối với si-lô mảnh vừa ( $1,0 < h/d_c < 2,0$ ) thuộc cấp đánh giá tác động loại 2 và 3, áp lực cục bộ lên vùng khi nạp liệu  $p_{pf}$  xác định theo 5.2.1 cần được sử dụng để đại diện cho tải trọng bất thường không đối xứng và độ lệch tâm nhỏ khi nạp liệu  $e_r$  (xem Hình 1.1b).
- (6) Đối với si-lô mập hoặc si-lô mảnh vừa ( $h/d_c < 2,0$ ) thuộc cấp đánh giá tác động loại 2 và 3, nếu độ lệch tâm khi nạp liệu  $e_r$  vượt quá giá trị tới hạn  $e_{r,cr} = 0,25d_c$ , thì cần phải xét thêm trường hợp tải trọng cho trường hợp lệch tâm lớn khi nạp liệu trong si-lô mập (xem 5.3.3).

### 5.3.2 Tải trọng xả liệu lên tường đứng

#### 5.3.2.1 Tải trọng xả liệu đối xứng

- (1) P Lượng tăng đối xứng của tải trọng khi xả liệu phải sử dụng để đại diện khả năng tăng áp lực có tính nhất thời có khả năng xảy ra trên tường si-lô trong quá trình xả liệu.
- (2) Đối với si-lô mập ( $h/d_c \leq 1,0$ ), tải trọng xả liệu đối xứng được xác định giống như tải trọng khi nạp liệu.
- (3) Đối với si-lô mảnh vừa ( $1,0 < h/d_c < 2,0$ ), áp lực xả liệu đối xứng  $p_{he}$  và  $p_{we}$  được xác định như sau:

$$p_{he} = C_h p_{hf} \quad (5.82)$$

$$p_{we} = C_w p_{wf} \quad (5.83)$$

trong đó:

$C_h$  và  $C_w$  là các hệ số xả liệu được xác định theo các Biểu thức (5.84) đến (5.89).

- (4) Đối với si-lô thuộc tất cả các cấp đánh giá tác động mà xả liệu qua đỉnh (không có dòng chảy bên trong vật liệu chứa):

$$C_h = C_w = 1,0 \quad (5.84)$$

- (5) Đối với si-lô mảnh vừa thuộc cấp đánh giá tác động loại 2 và 3, hệ số xả liệu được xác định như sau:

$$C_h = 1,0 + 0,15 C_s \quad (5.85)$$

$$C_w = 1,0 + 0,1 C_s \quad (5.86)$$

$$C_s = h/d_c - 1,0 \quad (5.87)$$

trong đó:

$C_s$  là hệ số điều chỉnh độ mảnh.

(6) Đối với si-lô mảnh vừa thuộc cấp đánh giá tác động loại 1, khi giá trị trung bình của tính chất vật liệu  $K$  và  $\mu$  được sử dụng khi thiết kế, thì hệ số xả liệu cần được xác định như sau:

$$C_h = 1,0 + \{0,15 + 1,5(1 + 0,4 e/d_c) C_{op}\} C_s \quad (5.88)$$

$$C_w = 1,0 + 0,4 (1 + 1,4 e/d_c) C_s \quad (5.89)$$

$$e = \max (e_f, e_o) \quad (5.90)$$

trong đó:

$e_f$  độ lệch tâm lớn nhất của dòng chảy ống trong quá trình nạp liệu;

$e_o$  là độ lệch tâm của tâm cửa xả;

$C_{op}$  là hệ số tham chiếu của áp lực cục bộ lên vùng cửa vật liệu rời (xem Bảng E.1);

$C_s$  là hệ số điều chỉnh độ mảnh (Biểu thức 5.87).

(7) Giá trị lực đứng (nén) đặc trưng lên tường  $n_{zSk}$  trên một đơn vị chiều dài của chu vi trong quá trình xả liệu tại độ sâu  $z$  được xác định theo như sau:

$$n_{zSk} = \int_0^z p_{we}(z) dz = C_w \mu p_{h0} [z - z_v] \quad (5.91)$$

trong đó  $z_v$  xác định theo Biểu thức (5.80).

CHÚ THÍCH: Ứng suất xác định theo Biểu thức (5.91) là giá trị đặc trưng. Cần thận trọng khi sử dụng kết quả này để đảm bảo không bỏ qua hệ số riêng thích hợp của các tác động, bởi vì công thức này là kết quả của phân tích kết cấu (sử dụng lý thuyết màng của vỏ). Công thức này giúp người thiết kế khi tích phân theo Biểu thức (5.83). Cũng cần lưu ý rằng, những tải trọng khác (như tải trọng cục bộ lên vùng hoặc tải trọng không đối xứng khi nạp liệu) có thể gây ra lực đứng bổ sung trong tường si-lô.

### 5.3.2.2 Tải trọng cục bộ lên vùng khi xả liệu

(1) Áp lực cục bộ lên vùng khi xả liệu  $p_{pe}$  được sử dụng để đại diện cho tải trọng bất thường không đối xứng (xem Hình 1.1b).

(2) Các quy định nêu trong 5.2.2 được sử dụng để xác định dạng, vị trí và độ lớn của tải trọng cục bộ lên vùng.

(3) Đối với các si-lô mập hoặc mảnh vừa ( $h/d_c < 2,0$ ) thuộc tất cả các cấp đánh giá tác động, khi độ lệch tâm xả liệu  $e_o$  vượt quá giá trị tới hạn  $e_{o,cr} = 0,25d_c$ , thì trường hợp tải bổ sung được định nghĩa tại 5.3.4 cũng cần được chấp nhận.

(4) Đối với si-lô mập ( $h/d_c \leq 1,0$ ) thuộc tất cả các cấp đánh giá tác động có độ lệch tâm xả liệu  $e_o$  nhỏ hơn  $e_{o,cr} = 0,1d_c$ , thì có thể bỏ qua tải trọng cục bộ lên vùng khi xả liệu ( $C_{pe} = 0$ ).

(5) Đối với si-lô mập hoặc si-lô mảnh vừa ( $h/d_c < 2,0$ ) thuộc cấp đánh giá tác động loại 1, có thể bỏ qua tải trọng cục bộ lên vùng khi xả liệu ( $C_{pe} = 0$ ).

(6) Đối với si-lô mập ( $h/d_c \leq 1,0$ ) thuộc cấp đánh giá tác động loại 2 có độ lệch tâm xả liệu  $e_0$  lớn hơn  $e_{0,cr} = 0,1d_c$ , thì quy định trong 5.3.2.3 cần được chấp nhận áp dụng.

(7) Đối với si-lô mảnh vừa ( $1,0 < h/d_c < 2,0$ ) thuộc cấp đánh giá tác động loại 2, thì cần chấp nhận áp dụng 5.3.2.3.

(8) Đối với si-lô mập ( $h/d_c \leq 1,0$ ) thuộc cấp đánh giá tác động loại 3 có độ lệch tâm xả liệu  $e_0$  lớn hơn  $e_{0,cr} = 0,1d_c$ , thì cần chấp nhận áp dụng theo 5.2.2.2 đến 5.2.2.5 khi thích hợp.

(9) Đối với si-lô mảnh vừa ( $1,0 < h/d_c < 2,0$ ) thuộc cấp đánh giá tác động loại 3, thì cần chấp nhận áp dụng theo 5.2.2.2 đến 5.2.2.5 khi thích hợp.

### 5.3.2.3 Lượng tăng của áp lực phân bố thay thế cho áp lực cục bộ lên vùng khi nạp và xả liệu

(1) Đối với si-lô thuộc cấp đánh giá tác động loại 2, một lượng tăng của áp lực đối xứng phân bố đều có thể sử dụng để thay thế cho phương pháp xác định áp lực cục bộ lên vùng nêu trong 5.3.1.2 và 5.3.2.2 để xét đến sự lệch tâm trong quá trình nạp và xả liệu.

(2) Có thể áp dụng các quy định của 5.2.3 cho tải trọng cục bộ lên vùng xác định theo 5.3.1.2 và 5.3.2.2, sử dụng các Biểu thức từ (5.38) đến (5.45) khi thích hợp.

### 5.3.3 Tải trọng nạp liệu lệch tâm lớn trong si-lô tròn mập và si-lô tròn mảnh vừa

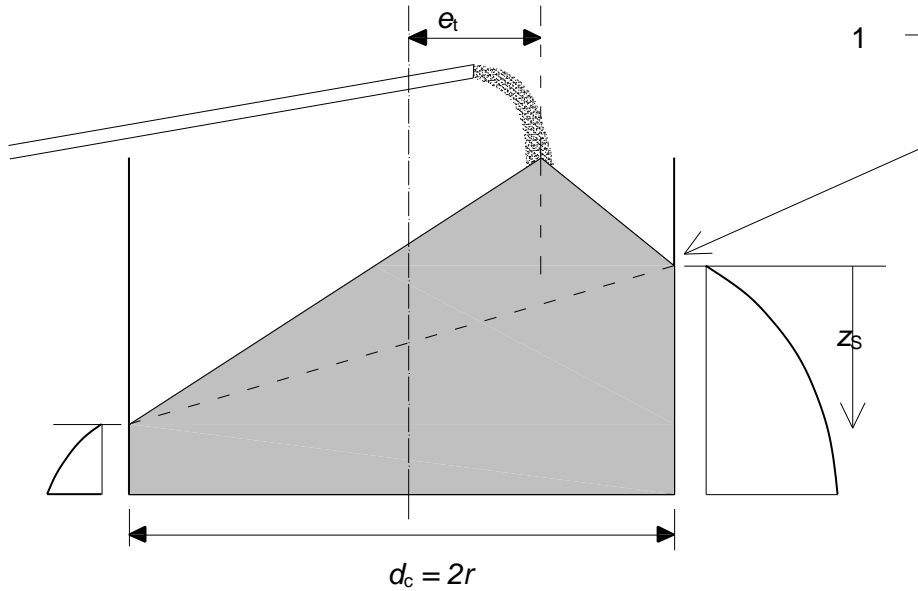
(1)P Đối với si-lô mập hay mảnh vừa ( $h/d_c < 2,0$ ) thuộc cấp đánh giá tác động loại 3 có dạng hình tròn và độ lệch tâm khi nạp liệu tại đỉnh  $e_t$  lớn hơn  $e_{t,cr} = 0,25d_c$  (xem Hình 5.7), thì phải xét đến ảnh hưởng không đối xứng của áp lực pháp tuyến gây ra lực thẳng đứng trong tường si-lô.

(2) Khi tiến hành tính toán bằng tay, có thể thỏa mãn các yêu cầu trong 5.3.3 (1)P bằng cách cộng tải trọng thẳng đứng tác dụng lên tường  $n_{zsk}$  xác định theo Biểu thức (5.92) với tải trọng nạp liệu đối xứng tại cao độ tương ứng nạp liệu đối xứng tới vị trí tiếp xúc cao nhất của tường (xem 5.3.1.1).

(3) Ảnh hưởng của áp lực phân bố không đối xứng có thể được kể đến bằng một lượng tăng của lực thẳng đứng lên tường tại vị trí chu vi nơi chiều cao nạp liệu là lớn nhất.

CHÚ THÍCH: sự tăng thêm của lực thẳng đứng lên tường gây ra bởi tác động uốn tổng thể của si-lô khi không có áp lực pháp tuyến lên tường đối diện. Do vậy, lượng tăng thêm của lực đứng trong tường được cộng trực tiếp với lực do ma sát gây ra cho các trường hợp tải trọng đối xứng được nêu ở trên.

(4) Giá trị cận trên của  $K$  và  $\mu$  của vật liệu rời được sử dụng khi tính toán.



CHÚ GIẢI:

1 Cao độ lớn nhất của thành tiếp xúc với khối chứa

**Hình 5.7 - Áp lực khí nạp liệu lệch tâm trong si-lô mập và si-lô mảnh vừa**

(5) Giá trị đặc trưng của hợp lực thẳng đứng (nén) phụ thêm lên tường  $n_{zSk}(z_s)$  trên một đơn vị chiều dài của chu vi tại độ sâu  $z_s$  dưới điểm tiếp xúc của tường cao nhất cần được xác định như sau:

$$n_{zSk} = 0,04 p_{h0} z_s \tan \phi_r \left( \frac{e_t}{r} \right) (6 + 7Z - Z^2) \quad (5.92)$$

với:

$$p_{h0} = \frac{\gamma A}{\mu U} = \frac{\gamma r}{2\mu} \quad (5.93)$$

$$Z = \frac{z_s}{B} \quad (5.94)$$

$$B = \frac{r}{2\mu K} - h_0 \quad (5.95)$$

$$h_0 = r \tan \phi_r \left[ 1 - \left( \frac{e_t}{r} \right)^2 \right] / 3 \quad (5.96)$$

trong đó:

$z_s$  là độ cao dưới điểm tiếp xúc với vật liệu rời cao nhất của tường;

$\phi_r$  là góc nghỉ của vật liệu rời;

$r$  là bán kính si-lô tròn;

$e_t$  là độ lệch tâm tại đỉnh của cột nạp liệu (xem Hình 1.1b và 5.7).

CHÚ THÍCH: Ứng suất xác định theo Biểu thức (5.92) là giá trị đặc trưng. Cần thận trọng khi sử dụng kết quả này để đảm bảo không bỏ qua hệ số riêng thích hợp của các tác động, bởi vì biểu thức này là kết quả của phân tích kết cấu (sử dụng lý thuyết màng của vỏ).



(6) Lực trên một đơn vị chiều dài của chu vi xác định theo Biểu thức (5.92) phải được cộng với lực do ma sát thành có thể xác định theo Biểu thức (5.81).

### 5.3.4 Tải trọng xả liệu lệch tâm lớn trong si-lô mập và si-lô mảnh vừa

(1) Khi độ lệch tâm xả liệu  $e_0$  vượt quá giá trị cực hạn  $e_{0,cr} = 0,25d_c$  trong si-lô mập và si-lô mảnh vừa ( $h/d_c < 2,0$ ) thuộc cấp đánh giá tác động loại 2 hoặc 3, cần sử dụng quy trình cho việc xả liệu lệch tâm lớn trong si-lô mảnh (xem 5.2.4) như một trường hợp tải trọng ngoại lệ bổ sung, tách rời với cách xử lý tải trọng đối xứng và tải trọng cục bộ lên vùng cho trong 5.3.2.

## 5.4 Si-lô dạng tường chắn

### 5.4.1 Tải trọng nạp liệu trên tường đứng

(1)P Tải trọng nạp liệu tác dụng lên tường đứng phải xem xét hiệu ứng của hình học của cột (trụ) vật liệu chứa, và độ cong của tường si-lô khi thích hợp.

(2) Việc đánh giá tỷ số áp lực ngang  $K$  cần kể đến sự ngăn cản dịch chuyển (theo hướng ra ngoài tường) của vật liệu rời (ví dụ tại điều kiện áp lực nghỉ) bởi tường. Khi kết quả phân tích kết cấu chứng minh tường có thể biến dạng trong phạm vi của giới hạn đàn hồi, thì có thể sử dụng giá trị cận dưới của  $K$ .

(3) Giá trị đặc trưng của áp lực ngang  $p_h$  lên tường đứng (xem Hình 5.8) cần được xác định.

CHÚ THÍCH 1: Phương pháp xác định áp lực ngang  $p_h$  có thể được cho trong Phụ lục quốc gia. Phương pháp khuyến nghị là sử dụng Biểu thức (5.97):

$$p_h = \gamma K (1 + \sin \phi_r) z_s \quad (5.97)$$

trong đó:

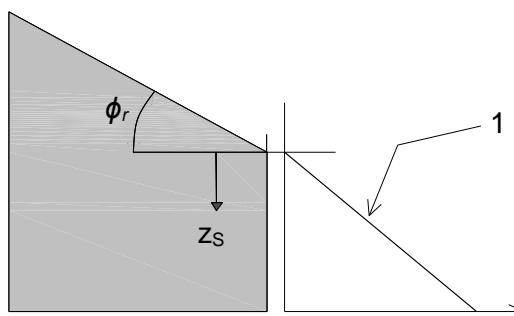
$z_s$  là độ cao dưới dưới điểm tiếp xúc với vật liệu rời cao nhất của tường (xem Hình 5.8);

$\gamma$  là giá trị đặc trưng cận trên của trọng lượng thể tích vật liệu rời;

$K$  là giá trị đặc trưng cận trên của tỷ số áp lực ngang của vật liệu rời;

$\phi_r$  là góc nghỉ của vật liệu.

CHÚ THÍCH 2: Biểu thức (5.97) là chính xác đối với tường dạng thẳng khi tiếp xúc ma sát đầy đủ và góc nghỉ bằng góc ma sát trong. Công thức này khớp với công thức cho trong TCVN XXX 1997.



CHÚ GIẢI:

1 Áp lực lên si-lô dạng tường chắn

**Hình 5.8 - Áp lực nạp liệu lên si-lô dạng tường chắn**

## TCVN XXX 1991-4:20XX

(4) Giá trị đặc trưng của hợp lực thẳng đứng (nén) lên tường  $n_{zsk}(z_s)$  trên một đơn vị chiều dài của chu vi tại độ sâu  $z_s$  dưới điểm tiếp xúc với vật liệu rời cao nhất của tường cần được xác định phù hợp với áp lực được quy định tại (3) và hệ số ma sát thành  $\mu$ .

CHÚ THÍCH 1: Phương pháp xác định áp lực đứng  $n_{zsk}$  có thể được cho trong Phụ lục quốc gia. Phương pháp kiến nghị là sử dụng Biểu thức (5.98):

$$n_{zsk} = \gamma \frac{\mu K}{2} (1 + \sin \phi_r) z_s^2 \quad (5.98)$$

trong đó  $\mu$  là hệ số ma sát thành của vật liệu.

(5) Mặc dù có quy định khác trong phần này của TCVN XXX 1991, sự thay đổi của các tính chất của vật liệu rời có thể được xem là đã xét cho si-lô dạng tường chắn bằng cách chấp nhận giá trị đặc trưng cận trên của trọng lượng thể tích  $\gamma$  và tỷ số áp lực ngang  $K$  của vật liệu rời.

### 5.4.2 Tải trọng xả liệu lên tường đứng

(1) Tải trọng xả liệu lên tường đứng được lấy nhỏ hơn tải trọng nạp liệu.

(2) Liên quan đến 5.4.2(1), việc đánh giá điều kiện khi xả liệu cần xét đến khả năng gây ra áp lực không đối xứng do việc xả liệu không đều trong s-ilô.

## 5.5 Si-lô chứa vật liệu rời có kèm không khí

### 5.5.1 Tổng quát

(1)P Trong những si-lô mà vật liệu rời có thể bị hoá lỏng toàn bộ hay một phần như là hậu quả do việc có không khí vào kèm phải được thiết kế với áp lực bổ sung do hóa lỏng và áp lực không khí.

(2)P Đối với các si-lô hóa lỏng đồng nhất và những si-lô có tốc độ nạp liệu lớn (xem 1.5.16 và 1.5.17) phải được thiết kế cho những trường hợp tải trọng sau:

- Vật liệu chứa hoá lỏng.
- Vật liệu chứa không hoá lỏng.

(3) Việc đánh giá các điều kiện trong trường hợp vật liệu chứa không hoá lỏng cần được thực hiện theo các 5.2 hoặc 5.3 nói trên.

### 5.5.2 Tải trọng lên si-lô chứa vật liệu hoá lỏng

(1) Trong các si-lô chứa bột (xem 1.5.31), có thể giả thiết rằng vật liệu rời sẽ bị hoá lỏng nếu tốc độ nâng của bề mặt vật liệu chứa khi nạp liệu vượt quá 10 m/h.

CHÚ THÍCH: Điều kiện bột liệu bị hoá lỏng phụ thuộc vào rất nhiều yếu tố và không dễ xác định. Quy tắc trên cung cấp cách xác định đơn giản cho dù điều này rất quan trọng khi thiết kế. Khi có bất cứ sự ngờ vực nào, cần tham khảo ý kiến của chuyên gia về các ứng xử của vật liệu chứa.

(2) Trong các si-lô chứa bột (xem 1.5.32) hóa lỏng đồng đều (xem 1.5.18) hoạt động tuần hoàn, vật liệu chứa cần được giả thiết là sẽ hóa lỏng.

(3) Áp lực pháp tuyến lên tường si-lô  $p_h$  do vật liệu chứa hoá lỏng được xác định theo công thức sau:

$$p_h = \gamma_1 z \quad (5.99)$$

trong đó:

$\gamma_1$  là trọng lượng riêng hoá lỏng của vật liệu chứa.

(4) Trọng lượng riêng hoá lỏng của bột liệu  $\gamma_1$  xác định như sau:

$$\gamma_1 = 0,8\gamma \quad (5.100)$$

trong đó:

$\gamma$  là trọng lượng thể tích của bột liệu rời xác định theo Chương 4.

## 5.6 Chênh lệch nhiệt độ giữa vật liệu chứa và kết cấu si-lô

### 5.6.1 Tổng quát

(1)P Việc thiết kế kết cấu si-lô phải kể đến hậu quả của hiệu ứng nhiệt (dịch chuyển, biến dạng, độ cong, ứng suất, lực và mô men) do sự chênh lệch nhiệt độ giữa khối vật liệu chứa và kết cấu si-lô và/hoặc giữa môi trường bên ngoài và kết cấu si-lô.

(2)P Đối với si-lô mà nhiệt độ của phần lớn vật liệu chứa khác với nhiệt độ của toàn bộ hoặc một phần của tường thì phải được thiết kế với áp lực bổ sung do sự giãn nở nhiệt khác nhau với sự hiện diện của khối vật liệu chứa rắn.

(3) Những điều kiện về nhiệt cần được đánh giá tham khảo TCVN XXX 1991-1-5.

(4) Chuyển vị do sự chênh lệch nhiệt giữa si-lô và kết cấu liên kết cần được xem xét. Các tình huống thiết kế sau cần được xét đến:

- Sự giảm nhiệt độ môi trường liên quan đến nhiệt độ của si-lô và vật liệu chứa;
- Nạp vật liệu nóng vào si-lô;
- Tốc độ tăng nhiệt khác nhau giữa cấu kiện thép và cấu kiện bê tông cốt thép;
- Sự ngăn cản dịch chuyển của tường si-lô.

CHÚ THÍCH: Tốc độ tăng nhiệt khác nhau giữa cấu kiện thép và cấu kiện bê tông cốt thép thường xuất hiện ở mái si-lô, khi dầm mái được đỡ bằng gối trượt trên tường và chỉ là gối đỡ theo phương đứng cho mái (khi không có tác động hỗn hợp). Việc này xuất phát do sự giãn nở nhiệt ngắn hạn, và sẽ giảm theo thời gian khi nhiệt độ của bê tông tăng bằng nhiệt độ của cấu kiện thép.

### 5.6.2 Áp lực do giảm nhiệt độ môi trường xung quanh

(1)P Khi nhiệt độ môi trường không khí xung quanh giảm đáng kể trong chu kỳ ngắn, thì việc thiết kế phải xem xét áp lực phát sinh do sự co ngót nhiệt khác nhau giữa kết cấu bên ngoài với vật liệu chứa bên trong.

(2) Đối với si-lô có mặt bằng tròn, áp lực pháp tuyến kể thêm  $p_{hT}$  cần được kể đến sẽ tác dụng lên tường đứng của si-lô khi tường si-lô hạ nhiệt so với vật liệu chứa. Áp lực kể thêm tại từng đoạn chiều cao trong si-lô được xác định như sau:

$$p_{hT} = C_T \alpha_w \Delta T \frac{E_w}{\left[ (r/t) + (1-\nu)(E_w / E_{sU}) \right]} \quad (5.101)$$

trong đó:

$C_T$  là hệ số của tải trọng nhiệt;

## TCVN XXX 1991-4:20XX

$\alpha_w$  là hệ số giãn nở nhiệt của tường si-lô;

$\Delta T$  là độ chênh nhiệt độ;

$r$  là bán kính si-lô ( $r = d/2$ );

$t$  là chiều dày tường;

$E_w$  là mô-đun đàn hồi của tường si-lô;

$\nu$  là hệ số poisson của vật liệu chứa (có thể lấy  $\nu = 0,3$ );

$E_{su}$  là mô-đun đàn hồi hiệu dụng của vật liệu chứa khi xả tải tại độ sâu  $z$ .

(3) Khi xác định mô-đun đàn hồi hiệu dụng của vật liệu chứa khi dỡ tải  $E_{su}$  tại độ sâu  $z$  cần kể đến ứng suất theo phương đứng  $p_M$  của vật liệu chứa tại độ sâu đó sau khi nạp liệu.

(4) Mô-đun đàn hồi hiệu dụng của vật liệu chứa khi dỡ tải  $E_{su}$  được xác định sử dụng phương pháp nêu trong C.10.

(5) Khi tiến hành thí nghiệm vật liệu chứa để xác định mô-đun đàn hồi hiệu dụng khi xả tải, giá trị của hệ số tải trọng nhiệt lấy bằng  $C_T = 1,2$ . Khi xác định mô-đun đàn hồi hiệu dụng khi xả tải theo trọng lượng riêng, thì giá trị của hệ số tải trọng nhiệt lấy bằng  $C_T = 3$ .

### 5.6.3 Áp lực do chất vật liệu nóng vào si-lô

(1)P Khi nạp vật liệu nóng vào si-lô, cần xét đến sự chênh lệch nhiệt độ giữa vật liệu chứa có nhiệt độ thấp hơn (nạp trước ở trong si-lô) với lớp không khí nóng phía trên bề mặt. Phải xét đến ảnh hưởng của sự chênh lệch nhiệt độ dẫn đến sự giãn nở khác nhau của tường si-lô tại các cao độ khác nhau cùng với mô men uốn phát sinh do đáp ứng tính tương thích giữa các biến dạng.

(2) Những ảnh hưởng này không xét đến đối với si-lô thuộc cấp đánh giá tác động loại 1.

## 5.7 Tải trọng lên si-lô chữ nhật

### 5.7.1 Si-lô chữ nhật

(1) Tải trọng tác dụng lên tường si-lô chữ nhật do vật liệu chứa xác định theo 5.2, 5.3 và 5.4, khi thích hợp.

(2) Mặc dù có các yêu cầu tổng quát trong 4.1(2), khi si-lô được xây dựng với tường mềm có độ cứng tương thích với độ cứng của vật liệu chứa, si-lô thuộc cấp đánh giá tác động loại 1 và 2 phải được thiết kế để tận dụng lợi thế của sự tương tác với vật liệu rời làm giảm ứng suất tại vị trí giữa tường và làm tăng áp lực tại các góc.

(3) Khi sự thay đổi của áp lực tại một cao độ được giả định theo (2), thì áp lực trung bình tại cao độ đó được lấy bằng giá trị áp lực xác định theo 5.2 hoặc 5.3.

(4) Liên quan đến 5.7.1(3) và khi áp dụng sơ đồ giảm áp lực này, cần sử dụng phương pháp thích hợp để xác định áp lực.

### 5.7.2 Si-lô có giằng bên trong

(1) Tải trọng do vật liệu chứa tác dụng lên tường si-lô chữ nhật có thanh giằng bên trong cần được xác định theo 5.2, 5.3 và 5.4.

(2) Lực tác dụng lên tường si-lô thông qua giằng cần được xác định có kể đến tải trọng của vật liệu chứa lên từng giằng, kể đến vị trí và gối đỡ của mỗi thanh giằng, độ võng của giằng và độ cứng của kết cấu kháng lại sự tăng của độ võng giằng do tải trọng của vật liệu.

(3) Đối với si-lô thuộc cấp đánh giá tải trọng loại 1 và 2 của tiêu chuẩn này, thì lực tác dụng lên tường si-lô qua các thanh giằng được xác định thông qua phân tích kết cấu theo TCVN XXX 1993-4-1.

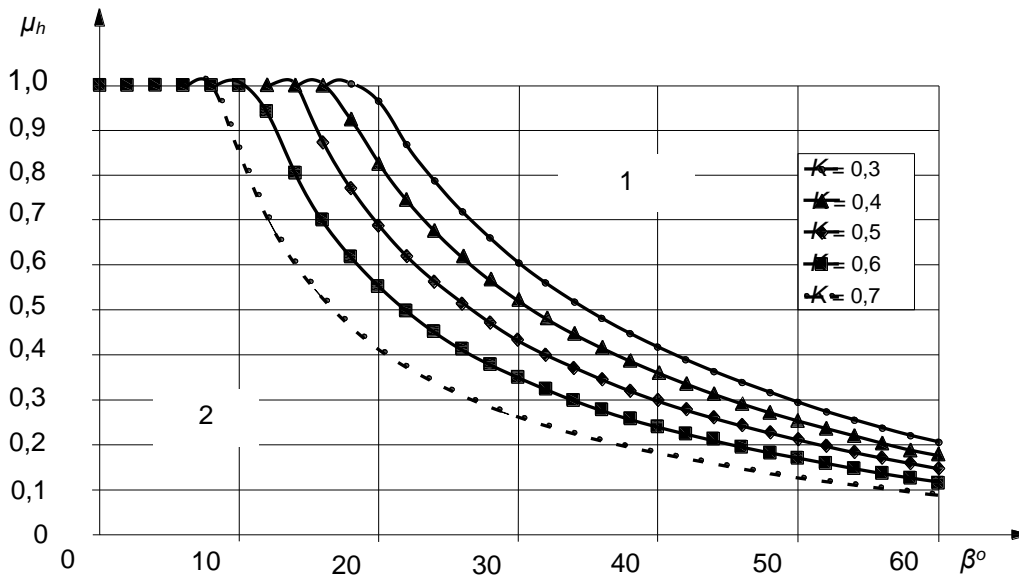
**Chương 6. Tải trọng tác dụng lên phễu và đáy si-lô**

**6.1 Tổng quát**

**6.1.1 Các tính chất vật lý**

(1)P Phải sử dụng các giá trị đặc trưng của tải trọng khi nạp và xả liệu tác dụng lên đáy si-lô, được mô tả trong chương này cho các loại si-lô sau đây:

- đáy phẳng;
- phễu dốc;
- phễu thoải.



**KÝ HIỆU:**

- 1 Phễu thoải
- 2 Phễu dốc
- $\beta$  Một nửa góc ở đỉnh phễu (độ)
- $\mu_h$  Giá trị đặc trưng cận dưới của hệ số ma sát thành tại phễu
- $K$  Giá trị đặc trưng cận dưới của hệ số áp lực ngang lên thành đứng

**Hình 6.1 - Ranh giới giữa phễu dốc đứng và phễu nông**

(2)P Tải trọng lên tường của phễu si-lô phải được xác định theo độ dốc đứng của phễu theo các cấp sau:

- Đáy phẳng phải có độ nghiêng so với phương nằm ngang một góc  $\alpha$  nhỏ hơn  $5^\circ$ ;
- Phễu thoải là phễu không thuộc loại phễu đáy phẳng hoặc phễu dốc đứng;
- Phễu dốc là phễu thỏa mãn các tiêu chí sau (xem Hình 6.1 và 6.2):

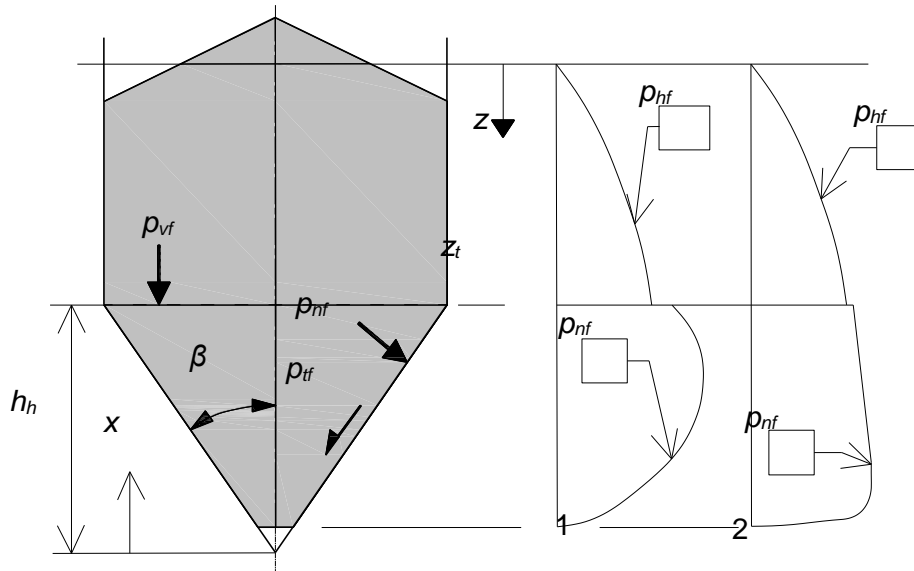
$$\tan \beta < \frac{1 - K}{2\mu_h} \tag{6.1}$$

trong đó:

- $K$  là giá trị đặc trưng cận dưới của hệ số áp lực ngang lên lên tường;
- $\beta$  là một nửa góc ở đỉnh phễu;

$\mu_h$  là giá trị đặc trưng cận dưới của hệ số ma sát thành tại phễu.

CHÚ THÍCH: Phễu dốc là phễu mà vật liệu rời trượt xuống tường phễu khi si-lô nạp liệu và vật liệu phía trên phễu sẽ làm chặt chúng. Ứng suất cắt do ma sát thành hay lực bám phụ thuộc vào áp lực pháp tuyến lên phễu qua hệ số ma sát thành (ma sát thành được huy động hoàn toàn). Phễu thoải là phễu mà vật liệu rời không trượt xuống tường phễu khi si-lô nạp liệu (độ dốc quá nhỏ hay ma sát quá cao). Ứng suất cắt do ma sát thành hay lực bám không phụ thuộc vào áp lực pháp tuyến lên phễu qua hệ số ma sát thành, nhưng qua một giá trị nhỏ hơn, phụ thuộc vào độ dốc của phễu và trạng thái ứng suất trong vật liệu chứa (ma sát thành không được huy động hoàn toàn). Tính bị nén của vật liệu rời cũng có vai trò trong sự phân loại này, tuy nhiên ít quan trọng. Tại ranh giới giữa phễu dốc và phễu thoải, áp lực vật liệu tác dụng lên phễu là như nhau, bất kể tính theo loại nào (ma sát thành được tính đầy đủ).



**KÝ HIỆU:**

- 1 Phễu dốc
- 2 Phễu thoải

**Hình 6.2 - Sự phân bố áp lực khí chất tại phễu dốc và phễu thoải**

### 6.1.2 Quy định chung

- (1) Có hai phương pháp để tính toán áp lực lên tường phễu. Phương pháp tham chiếu được nêu tại điều này (6.1.2) và phương pháp khác được cho trong Phụ lục G.
- (2) Áp lực thẳng đứng trung bình tại vị trí thay đổi giữa phần tường đứng và phễu hoặc tại đáy si-lô cần được xác định như sau:

$$P_{vft} = C_b P_{vf} \quad (6.2)$$

trong đó:

$P_{vf}$  là áp lực thẳng đứng khi nạp liệu được xác định theo Biểu thức (5.3) hay (5.79) tùy theo độ mảnh của si-lô, với tọa độ  $z$  lấy bằng độ cao của tường đứng  $h_c$  (ví dụ tại điểm giao phễu – tường, xem Hình 1.1a) và sử dụng các giá trị của tính chất của vật liệu rời gây ra tải trọng phễu lớn nhất (xem Bảng 3.1).

**TCVN XXX 1991-4:20XX**

$C_b$  là hệ số tăng tải đáy, xét đến khả năng tải trọng lớn hơn truyền xuống phễu hay đáy trên đoạn tường đứng.

(3) Đối với si-lô thuộc cấp đánh giá tác động loại 2 và 3, hệ số tăng tải đáy được xác định như sau:

$$C_b = 1,0 \quad (6.3)$$

trừ những trường hợp trong mục (5) dưới đây.

(4) Đối với si-lô thuộc cấp đánh giá tác động loại 1, khi giá trị trung bình của  $K$  và  $\mu$  được dùng để thiết kế thì hệ số tăng tải đáy được xác định như sau:

$$C_b = 1,3 \quad (6.4)$$

trừ những trường hợp trong mục (5) dưới đây.

(5) Khi vật liệu chứa có khả năng cao gây ra các điều kiện tải trọng động, thì tải trọng lớn hơn sẽ tác dụng lên phễu hay đáy si-lô. Các điều kiện này được áp dụng nếu xảy ra một trong những trường hợp sau:

- Si-lô có tiết diện tường mảnh dùng để chứa vật liệu có lực dính thấp (xem 1.5.23).

- Vật liệu chứa dễ bị dính vào nhau (ví dụ: cò-lanh-ke xi măng).

CHÚ THÍCH: lực dính  $c$  của vật liệu rời cho trong phụ lục C.9. Lực dính được xem là thấp nếu dưới ứng suất pháp tuyến làm chặt  $\sigma_r$ , lực dính  $c$  không vượt quá  $c/\sigma_r = 0,04$  (xem 1.5.23).

(6) Khi thoả mãn điều kiện (5), tải trọng lớn hơn lên phễu hay đáy si-lô xác định thông qua hệ số tăng tải đáy  $C_b$  được xác định như sau:

$$C_b = 1,2 \quad (6.5)$$

đối với si-lô thuộc cấp đánh giá tác động loại 2 và 3;

$$C_b = 1,6 \quad (6.6)$$

đối với si-lô thuộc cấp đánh giá tác động loại 1.

(7) Áp lực đứng trung bình trong vật liệu chứa tại độ cao  $x$  phía trên đỉnh phễu (xem Hình 6.2) được xác định như sau:

$$P_v = \left( \frac{\gamma h_h}{n-1} \right) \left\{ \left( \frac{x}{h_h} \right) - \left( \frac{x}{h_h} \right)^n \right\} + P_{vft} \left( \frac{x}{h_h} \right)^n \quad (6.7)$$

với:

$$n = S(F\mu_{heff} \cot \beta + F) - 2 \quad (6.8)$$

$$S = 2 \text{ (đối với phễu hình nón và chóp vuông)} \quad (6.9)$$

$$S = 1 \text{ (đối với phễu hình nêm)} \quad (6.10)$$

$$S = (1 + b/a) \text{ (đối với phễu mặt bằng hình chữ nhật)} \quad (6.11)$$

trong đó:

$\gamma$  là giá trị đặc trưng cận trên của trọng lượng thể tích của vật liệu rời

$h_h$  là độ cao giữa đỉnh phễu và đường giao phễu – tường (xem Hình 6.2)



$x$  là độ cao phía trên đỉnh phễu (xem Hình 6.2)

$\mu_{heff}$  là hệ số ma sát thành hiệu dụng đối với phễu (các Biểu thức (6.16) và (6.26)).

$S$  là hệ số hình dạng phễu.

$F$  là giá trị đặc trưng của tỷ số áp lực phễu (các Biểu thức (6.17), (6.21) và (6.27)).

$\beta$  là nửa góc đỉnh phễu ( $= 90^\circ - \alpha$ ) hay độ dốc của phễu hình chóp vuông hoặc hình chữ nhật.

$p_{vft}$  là áp lực đứng trung bình tại đường giao phễu tường sau khi nạp liệu (Biểu thức (6.2))

$a$  là cạnh dài mặt bằng hình chữ nhật (xem Hình 1.1d).

$b$  là cạnh ngắn mặt bằng hình chữ nhật (xem Hình 1.1d).

(8) Việc xác định giá trị của tỷ số áp lực phễu  $F$  đối với phễu dốc hay thoải trong trường hợp nạp hay xả liệu đều phải được đánh giá. Giá trị thích hợp của  $F$  được xác định theo 6.3 và 6.4.

(9) Việc xác định giá trị hiệu dụng hoặc giá trị huy động của hệ số ma sát thành  $\mu_{heff}$  cần xét riêng cho phễu dốc và phễu thoải. Các giá trị thích hợp được xác định theo 6.3 và 6.4.

## 6.2 Đáy phẳng

### 6.2.1 Áp lực đứng lên đáy phẳng trong si-lô mảnh

(1) Áp lực đứng tác dụng lên đáy phẳng (độ dốc  $\alpha \leq 5^\circ$ ) có thể xem là áp lực phân bố đều, trừ trường hợp với si-lô mập hay si-lô có độ mảnh trung bình. Đối với những trường hợp này, xác định theo 6.2.2.

(2) Áp lực đứng  $p_v$  tác dụng lên đáy phẳng xác định như sau:

$$p_v = p_{vft} \quad (6.12)$$

trong đó  $p_{vft}$  xác định theo Biểu thức (6.2).

(3) Áp lực đứng tác dụng lên đáy phẳng trong quá trình xả liệu được tính như áp lực đứng khi kết thúc nạp liệu.

### 6.2.2 Áp lực đứng lên đáy phẳng trong si-lô mập và si-lô có độ mảnh trung bình

(1) Cần xét đến khả năng áp lực cao hơn xuất hiện cục bộ trên đáy phẳng trong si-lô mập và si-lô có độ mảnh trung bình so với áp lực trong mục 6.1 (xem Biểu thức (6.2)).

(2) Áp lực đứng  $p_{vsq}$  tác dụng lên đáy phẳng trong si-lô mập và si-lô có độ mảnh trung bình được xác định như sau:

$$p_{vsq} = p_{vb} + \Delta p_{sq} \left( \frac{2,0 - h_c / d_c}{2,0 - h_{tp} / d_c} \right) \quad (6.13)$$

với:

$$\Delta p_{sq} = p_{vtp} - p_{vho} \quad (6.14)$$

$$p_{vtp} = \gamma h_{tp} \quad (6.15)$$

trong đó:

## TCVN XXX 1991-4:20XX

$\rho_{vb}$  là thành phần áp lực đứng phân bố đều, xác định theo Biểu thức (6.2) với  $z = h_c$  và chấp nhận các giá trị đặc trưng của tính chất vật liệu rời gây ra tải trọng lên phễu lớn nhất (xem Bảng 3.1);

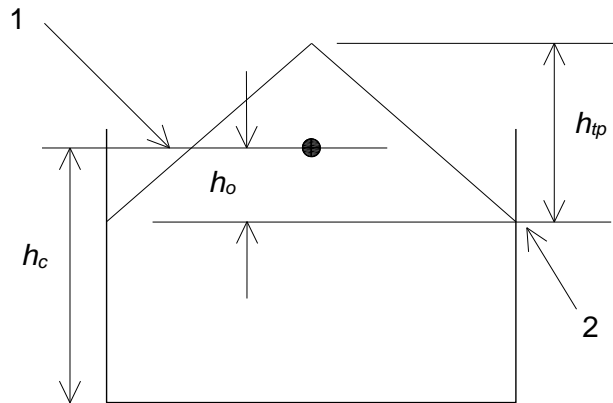
$\rho_{vho}$  là áp lực đứng Janssen tại đáy của cột vật liệu phía trên, xác định theo Biểu thức (5.79) với  $z = h_o$ ;

$h_o$  là độ sâu dưới bề mặt tương đương của đáy của cột vật liệu chứa, xác định tại điểm thấp nhất của tường mà không tiếp xúc với vật liệu chứa (xem Hình 6.3).

$h_{tp}$  là tổng độ cao của cột vật liệu phía trên, xác định như khoảng cách theo phương đứng từ điểm thấp nhất của tường mà không tiếp xúc với vật liệu chứa tới điểm cao nhất của vật liệu chứa (xem Hình 6.3).

$h_c$  là chiều cao si-lô tính từ đáy dưới đến bề mặt tương đương.

CHÚ THÍCH: Quy tắc trên quy định sự chuyển giao tuyến tính giữa áp lực đáy xác định theo công thức Janssen đối với si-lô mảnh,  $h_o/d_c = 2,0$ , và áp lực  $\gamma z$  ( $z = h_o$ ) với điều kiện vật liệu rời trong si-lô có dạng đồng ( $h_c = h_o$ ) và không tiếp xúc với tường. Giá trị sau lớn hơn áp lực thực tế lớn nhất phía dưới đồng, nhưng việc xác định sẽ đơn giản và cho giá trị thiên về an toàn.



### KÝ HIỆU:

- 1 Bề mặt tương đương
- 2 Điểm thấp nhất không tiếp xúc với vật liệu chứa

**Hình 6.3 - Áp lực lên đáy phẳng trong si-lô mập và si-lô có độ mảnh trung bình**

(3) Áp lực đứng  $\rho_{vsq}$  cho trong Biểu thức (6.13) được sử dụng cho cả quá trình nạp và dỡ liệu.

(4) Giá trị  $\rho_{vsq}$  cho trong Biểu thức (6.13) là áp lực đứng gần tâm của sàn si-lô. Khi góí dỡ của sàn không đều, cần sử dụng phương pháp phân tích chính xác để xác định sự thay đổi của áp lực lên sàn.

## 6.3 Phễu dốc

### 6.3.1 Ma sát huy động

(1) Hệ số ma sát thành hiệu dụng và hệ số ma sát thành huy động trong cả hai điều kiện nạp và xả liệu trong Biểu thức (6.8) được xác định như sau:

$$\mu_{heff} = \mu_h \quad (6.16)$$

trong đó:

$\mu_h$  là giá trị cận dưới của hệ số ma sát thành trên phễu.

### 6.3.2 Tải trọng khi nạp liệu

(1) Khi nạp liệu, áp lực đứng trung bình  $p_v$  trong vật liệu chứa tại các cao độ của phễu dốc được xác định theo các Biểu thức (6.7) và (6.8), với giá trị của thông số  $F = F_f$ , với  $F_f$  bằng:

$$F_f = 1 - \frac{b}{\left(1 + \frac{\tan \beta}{\mu_h}\right)} \quad (6.17)$$

Thông số  $n$  (xem Biểu thức (6.8)) được lấy như sau:

$$n = S(1-b)\mu_h \cot \beta \quad (6.18)$$

trong đó:

$b$  là hệ số kinh nghiệm:  $b = 0,2$

Những thông số khác được xác định theo 6.1.2(6).

(2) Áp lực pháp tuyến  $p_{nf}$  và áp lực ma sát  $p_{tf}$  tại các vị trí trên tường của phễu dốc sau khi nạp liệu (xem Hình 6.2) cần được xác định như sau:

$$p_{nf} = F_f p_v \quad (6.19)$$

$$p_{tf} = \mu_h F_f p_v \quad (6.20)$$

trong đó  $F_f$  được xác định theo Biểu thức (6.17).

### 6.3.3 Tải trọng khi xả liệu

(1) Khi xả liệu, áp lực đứng trung bình  $p_v$  trong vật liệu chứa tại các cao độ của phễu dốc được xác định theo các Biểu thức (6.7) và (6.8), với giá trị thông số  $F = F_e$ .

(2) Giá trị  $F_e$  có thể được tính toán hoặc theo phương pháp tham chiếu cho trong Biểu thức (6.21) hoặc theo phương pháp cho trong G.10:

$$F_e = \frac{1 + \sin \phi_1 \cos \varepsilon}{1 - \sin \phi_1 \cos(2\beta + \varepsilon)} \quad (6.21)$$

trong đó:

$$\varepsilon = \phi_{wh} + \sin^{-1} \left\{ \frac{\sin \phi_{wh}}{\sin \phi_1} \right\} \quad (6.22)$$

$$\phi_{wh} = \tan^{-1} \mu_h \quad (6.23)$$

với:

$\mu_h$  là giá trị đặc trưng cận dưới của hệ số ma sát thành trên phễu

$\phi_1$  là góc ma sát trong của vật liệu chứa.

**TCVN XXX 1991-4:20XX**

CHÚ THÍCH 1: Lưu ý  $\phi_{wh} \leq \phi_1$ , do vật liệu sẽ đứt gãy bên trong nếu ứng suất cắt do trượt tại tiếp xúc với tường lớn hơn so với ma sát trong có thể chịu.

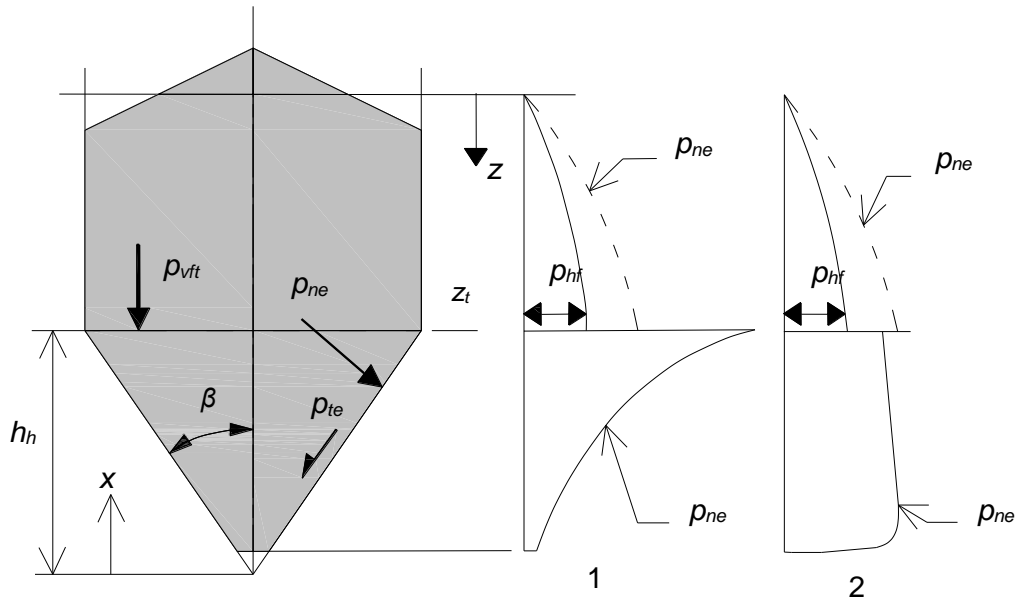
CHÚ THÍCH 2: Biểu thức (6.21) tính  $F_e$  dựa trên lý thuyết Walker đối với áp lực xả liệu. Có thể sử dụng công thức của Enstad cho trong G.10 để tính  $F_e$ .

(3) Áp lực pháp tuyến  $p_{ne}$  và áp lực ma sát  $p_{te}$  tại các vị trí trên tường của phễu dốc (xem Hình 6.4) khi xả liệu được xác định như sau:

$$p_{ne} = F_e p_v \tag{6.24}$$

$$p_{te} = \mu_h F_e p_v \tag{6.25}$$

trong đó  $F_e$  xác định theo (2).



**KÝ HIỆU:**

- 1 Phễu dốc
- 2 Phễu thoải

**Hình 6.4 - Áp lực xả liệu tại phễu dốc và phễu thoải**

**6.4 Phễu thoải**

**6.4.1 Ma sát huy động**

(1) Tại phễu thoải, ma sát thành không huy động đầy đủ. Hệ số ma sát thành huy động hoặc hệ số ma sát thành hiệu dụng được xác định như sau:

$$\mu_{heff} = \frac{(1 - K)}{2 \tan \beta} \tag{6.26}$$

trong đó:

$K$  là giá trị đặc trưng cận dưới của tỷ số áp lực ngang đối với mặt cắt đứng (xem Bảng 3.1);

$\beta$  là nửa góc đỉnh phễu (xem Hình 6.2).

### 6.4.2 Tải trọng khi nạp liệu

(1) Khi nạp liệu, áp lực đứng trung bình trong vật liệu chứa tại các cao độ của phễu thoải cần được xác định theo các Biểu thức (6.7) và (6.8), với giá trị thông số  $F$  là:

$$F_f = 1 - \left\{ b / (1 + \tan \beta / \mu_{heff}) \right\} \quad (6.27)$$

Thông số  $n$  (xem Biểu thức (6.8)) được lấy như sau:

$$n = S(1 - b)\mu_{heff} \cot \beta \quad (6.28)$$

trong đó:

$\mu_{heff}$  là hệ số ma sát thành huy động hoặc hệ số ma sát thành hiệu dụng đối với phễu thoải (xem Biểu thức (6.26));

$b$  là hệ số kinh nghiệm:  $b = 0,2$ .

Những thông số khác xác định theo 6.1.2 (6).

(2) Áp lực pháp tuyến  $p_{nf}$  và áp lực ma sát  $p_{tf}$  tại các vị trí trên tường của phễu thoải sau khi nạp liệu (xem Hình 6.2) cần được xác định như sau:

$$p_{nf} = F_f p_v \quad (6.29)$$

$$p_{tf} = \mu_h F_f p_v \quad (6.30)$$

trong đó  $F_f$  được xác định theo Biểu thức (6.27).

### 6.4.3 Tải trọng khi xả liệu

(1) Trong phễu thoải, khi xả liệu (xem Hình 6.4), áp lực pháp tuyến và áp lực ma sát của phễu thoải có thể lấy giống như các giá trị khi nạp liệu (xem 6.4.2).

## 6.5 Phễu trong si-lô chứa vật liệu rời có thông khí

(1)P Những phễu mà trong đó khối chứa hoá lỏng toàn bộ hay một phần do thông khí được thiết kế với áp lực bổ sung (do hóa lỏng và áp lực không khí).

(2) Áp lực thiết kế được xác định theo mục 5.2.2 khi không có lực ma sát trên tường phễu.

## Chương 7. Tải trọng lên bể chứa từ chất lỏng

### 7.1 Tổng quát

(1) P Các quy định sau được dùng để xác định các giá trị đặc trưng của áp lực do chất lỏng lên bể chứa.

CHÚ THÍCH 1: Các quy định này áp dụng cho tất cả các loại bể chứa trong điều kiện tĩnh, nhưng không áp dụng cho bể chứa có thể xuất hiện hiện tượng động.

CHÚ THÍCH 2: Danh mục những tác động có liên quan, hệ số riêng và tổ hợp tác động lên bể chứa được cho trong Phụ lục B.

### 7.2 Tải trọng do chất lỏng

(1) Tải trọng do chất lỏng cần được tính toán dựa theo:

- Dạng chất lỏng chứa trong bể.

## TCVN XXX 1991-4:20XX

- Hình dạng bể chứa.
  - Chiều sâu lớn nhất của chất lỏng trong bể chứa.
- (2) Giá trị đặc trưng của áp lực  $p$  cần được xác định như sau:

$$p(z) = \gamma z \quad (7.1)$$

trong đó:

$z$  là chiều sâu dưới bề mặt chất lỏng.

$\gamma$  là khối lượng riêng chất lỏng.

### 7.3 Tính chất của chất lỏng

- (1) Nên sử dụng các trọng lượng riêng được cho trong Phụ lục A của TCVN XXX 1991-1-1.

### 7.4 Lực hút do thông khí không đủ

(1)P Khi hệ thống thông khí của bể chứa dễ bị tắc nghẽn kín hoặc trở ngại, cần sử dụng phương pháp phân tích hợp lý để xác định áp lực hút sinh ra khi xả bể ở tốc độ cao nhất. Việc phân tích này phải xét đến khả năng đoạn nhiệt trong quá trình này.

## Phụ lục A (Tham khảo)

### Cơ sở thiết kế - cho TCVN XXX 1990 dành cho si-lô và bể chứa

GHI CHÚ BIÊN TẬP: Phụ lục này chỉ có tính chất tham khảo và sẽ được đưa vào TCVN XXX 1990 sau khi thông qua biểu quyết chính thức.

#### A.1 Tổng quát

- (1) Về nguyên tắc, áp dụng định dạng chung về phương pháp thiết kế nêu trong TCVN XXX 1990. Tuy nhiên si-lô và bể chứa khác với các kết cấu khác do chúng có thể chịu toàn bộ tải trọng từ vật liệu rời hoặc chất lỏng trong suốt tuổi thọ của chúng.
- (2) Phụ lục này đưa ra hướng dẫn bổ sung áp dụng cho si-lô và bể chứa liên quan đến hệ số riêng của các tác động ( $\gamma_F$ ) và của tổ hợp với các tác động khác lên si-lô và bể chứa; và các hệ số liên quan  $\psi$ .
- (3) Các tác động nhiệt sẽ bao gồm các ảnh hưởng của khí hậu và ảnh hưởng của vật liệu rời nóng. Các tình huống thiết kế cần xem xét bao gồm:
  - vật liệu rời hoặc chất lỏng nóng được đổ vào si-lô hoặc bể chứa đã được nạp liệu một phần. Ảnh hưởng của không khí nóng phía trên vật liệu chứa cần được xem xét;
  - sức kháng của vật liệu chứa đối với sự co của tường si-lô khi nguội.
- (4) Việc xác định ảnh hưởng do lún lệch của nhóm các si-lô hoặc các ngăn của bể chứa cần phải dựa vào tổ hợp bất lợi nhất giữa các ngăn đầy và rỗng.

#### A.2 Trạng thái giới hạn

##### A.2.1 Hệ số riêng $\gamma$

- (1) Các giá trị cho trong A.1 của TCVN XXX 1990 có thể được sử dụng để thiết kế si-lô và bể chứa.
- (2) Nếu độ sâu lớn nhất của chất lỏng và trọng lượng thể tích của chất lỏng chứa nặng nhất được xác định, thì giá trị hệ số riêng  $\gamma_F$  có thể giảm từ 1,5 xuống 1,35.

##### A.2.2 Hệ số tổ hợp $\psi$

- (1) Hệ số tổ hợp của tải trọng si-lô và tải trọng bể chứa và hệ số tổ hợp với các tác động khác, xem A.4.

#### A.3 Tác động khi tổ hợp

- (1) Các tác động sau cần được xét đến trong thiết kế theo trạng thái giới hạn cực hạn của si-lô:
  - nạp và chứa vật liệu rời (tham khảo tải trọng nạp liệu trong TCVN XXX 1991-4);
  - xả vật liệu rời (tham khảo tải trọng xả liệu trong TCVN XXX 1991-4);
  - hoạt tải (xem TCVN XXX 1991-1-1);
  - tải trọng tuyết (xem TCVN XXX 1991-1-3);
  - tác động gió khi si-lô đầy hoặc rỗng (xem TCVN XXX 1991-1-4);
  - tải trọng nhiệt (xem TCVN XXX 1991-1-5);
  - biến dạng: độ lún của móng (xem TCVN XXX 1997);
  - tải trọng động đất (xem TCVN XXX 1998);
  - tải trọng do nổ bụi.

**A.4 Các tình huống thiết kế và các tổ hợp tác động cho Cấp đánh giá tác động loại 2 và 3**

(1) Tác động chủ đạo và tác động thường xuyên cần được lấy bằng giá trị toàn bộ (đầy đủ) trong mỗi trường hợp tải trọng, nhưng các tác động đi kèm có thể được lấy giảm xuống bằng hệ số tổ hợp  $\psi$  kể đến xác suất giảm xảy ra đồng thời theo TCVN XXX 1990. Các tổ hợp tác động cần được lựa chọn phù hợp với các quy định trong TCVN XXX 1990.

(2) Hệ số tổ hợp  $\psi_{0,1}$  cần lấy bằng 1,0 và  $\xi_1 = 0,9$  trong mọi tổ hợp tải trọng nêu trên.

(3) Khi tác động chủ đạo là tác động động đất hoặc tác động bất thường, thì tải trọng liên quan đến vật liệu rời kèm theo có thể được xác định bằng cách sử dụng giá trị hệ số ma sát thành trung bình  $\mu_m$ , tỷ số áp lực ngang trung bình  $K_m$  và tỷ số áp lực phễu trung bình  $F_m$  của vật liệu rời theo các quy trình thích hợp nêu trong 5.2, 5.3 và 6.1.

CHÚ THÍCH: Các giá trị  $\psi$  có thể được quy định trong phụ lục quốc gia. Các giá trị và tổ hợp trong Bảng A.1, A.2, A.3, A.4 và A.5 là các giá trị khuyến nghị, với các tác động kèm theo cấp 2 và 3 đã được làm giảm bằng các hệ số tổ hợp phù hợp  $\psi$ .

**Bảng A.1 - Các tình huống thiết kế và tổ hợp tác động được xét**

Ký hiệu	Tình huống thiết kế/Tác động chủ đạo 1	Các tác động lâu dài	Tác động kèm theo cấp 2	$\psi_{0,2}$	Tác động kèm theo cấp 3	$\psi_{0,3}$
D	Xả liệu rời	Tải trọng bản thân	Lún móng	1,0	Tải trọng tuyết hoặc gió hoặc nhiệt	0,6
					Hoạt tải hoặc biến dạng	0,7
I	Hoạt tải hoặc biến dạng	Tải trọng bản thân	Nạp liệu rời	1,0	Tải trọng gió hoặc tải trọng nhiệt	0,6
S		Tải trọng bản thân	Nạp liệu rời	1,0		
WF	Tải trọng gió và si-lô đầy	Tải trọng bản thân	Nạp liệu rời	1,0		
WE	Tải trọng gió và si-lô rỗng	Tải trọng bản thân	Không có vật liệu rời	0,0		
T	Tải trọng nhiệt	Tải trọng bản thân	Nạp liệu rời	1,0		
F	Lún móng	Tải trọng bản thân	Xả liệu rời	1,0	Tải trọng tuyết hoặc gió hoặc nhiệt	0,6
				$\psi_{2,2}$		$\psi_{2,3}$
E	Nổ	Tải trọng bản thân	Nạp liệu rời	0,9	Hoạt tải hoặc biến dạng	0,3
V	Va đập do phương tiện	Tải trọng bản thân	Nạp liệu rời	0,8	Hoạt tải hoặc biến dạng	0,3

CHÚ THÍCH 1: Bảng này tham khảo thuật ngữ trong các quy tắc tổ hợp tải trọng trong Chương 6 của TCVN XXX 1990.  
 CHÚ THÍCH 2: Chỉ số dưới của  $\psi$  có ý nghĩa như sau: chỉ số dưới thứ nhất cho loại tình huống thiết kế; các giá trị tổ hợp tác động thông thường bằng 0; các giá trị thường xuyên bằng 1; các giá trị tựa thường xuyên bằng 2. Chỉ số dưới thứ 2 để chỉ số lượng trong tổ hợp.



**Bảng A.2 - Trạng thái giới hạn cực hạn "thông thường" - các tình huống thiết kế và tổ hợp tác động cần được xét**

Ký hiệu	Tình huống thiết kế/ Tác động thay đổi chủ đạo	Các tác động thường xuyên		Tác động thay đổi chủ đạo	Tác động thay đổi đi kèm 1 (chính)		Tác động thay đổi đi kèm 2		Tác động thay đổi đi kèm 3, 4, v.v.	
		Mô tả	$\xi_1$		xem cột tiếp theo	Mô tả	$\psi_{0,1}$	Mô tả	$\psi_{0,2}$	Mô tả
D	Xả liệu rời	Tải trọng bản thân	0,9		Xả liệu rời	1,0	Lún móng	0,7	Tuyết, gió, nhiệt	0,6
									Hoạt tải, biến dạng	0,7
I	Biến dạng	Tải trọng bản thân	0,9		Nạp liệu rời	1,0	Biến dạng	0,7	Tuyết, gió, nhiệt	0,6
									Hoạt tải, biến dạng	0,7
S	Tải trọng tuyết	Tải trọng bản thân	0,9		Nạp liệu rời	1,0		0,6	Hoạt tải	0,7
WF	Tải trọng gió và si-lô đầy	Tải trọng bản thân	0,9		Nạp liệu rời, si-lô đầy	1,0	Tải trọng gió	0,6	Hoạt tải	0,7
WE	Tải trọng gió và si-lô rỗng	Tải trọng bản thân	0,9		Vật liệu rời, si-lô rỗng	0,0	Tải trọng gió	0,6	Hoạt tải	0,7
T	Tải trọng nhiệt	Tải trọng bản thân	0,9		Nạp liệu rời	1,0	Tải trọng nhiệt	0,6	Hoạt tải	0,7

CHÚ THÍCH: Bảng A.2 phải được sử dụng cùng với các Biểu thức (6.10a) và (6.10b) của 6.4.3.2 trong TCVN XXX 1990.

**Bảng A.3 - Trạng thái giới hạn cực hạn "bất thường" - các tình huống thiết kế  
và tổ hợp tác động cần được xét**

Ký hiệu	Tình huống thiết kế/ Tác động thay đổi chủ đạo	Các tác động thường xuyên		Tác động đặc biệt chủ đạo		Tác động thay đổi đi kèm 1 (chính)		Tác động thay đổi đi kèm 2		Tác động thay đổi đi kèm 3, 4, v.v.	
		Mô tả		Mô tả		Mô tả	$\psi_{1,1}$ hoặc $\psi_{1,1}$	Mô tả	$\psi_{1,2}$	Mô tả	$\psi_{2,3}$ $\psi_{2,4}$
E	Nổ	Tải trọng bản thân		Áp lực nổ		Nạp liệu rời	0,9 hoặc 0,8	Biến dạng	0,3	Hoạt tải	0,3
V	Va đập do phương tiện	Tải trọng bản thân		Va đập do phương tiện		Nạp liệu rời	0,9 hoặc 0,8	Biến dạng	0,3	Hoạt tải	0,3

CHÚ THÍCH: Bảng A.3 phải được sử dụng cùng với Biểu thức (6.11b) của 6.4.3.3 trong TCVN XXX 1990.

**Bảng A.4 - Trạng thái giới hạn cực hạn "động đất" - các tình huống thiết kế  
và tổ hợp tác động cần được xét**

Tiêu đề tắt	Tình huống thiết kế/ Tác động thay đổi chủ đạo	Các tác động thường xuyên		Tác động động đất chủ đạo		Tác động thay đổi đi kèm 1 (chính)		Tác động thay đổi đi kèm 2		Tác động thay đổi đi kèm 3, 4, v.v.	
		Mô tả		Mô tả		Mô tả	$\psi_{2,1}$	Mô tả	$\psi_{2,2}$	Mô tả	$\psi_{2,3}$ $\psi_{2,4}$
SF	Tác động động đất và si-lô đầy	Tải trọng bản thân		Tác động động đất		Nạp liệu rời, si-lô đầy	0,8	Biến dạng	0,3	Hoạt tải	0,3
SE	Tác động động đất và si-lô rỗng	Tải trọng bản thân		Tác động động đất		Nạp liệu rời, si-lô rỗng	0,8	Biến dạng	0,3	Hoạt tải	0,3

CHÚ THÍCH: Bảng A.4 phải được sử dụng cùng với Biểu thức (6.12b) tại 6.4.3.4 trong TCVN XXX 1990 và các Biểu thức trong TCVN XXX 1998-1 và TCVN XXX 1998-4.

**A.4 Các tổ hợp tác động cho Cấp đánh giá tác động loại 1**

(1) Các tình huống thiết kế đơn giản hóa sau có thể cần xem xét đối với si-lô thuộc Cấp đánh giá tác động loại 1:

- nạp liệu;
- xả liệu;
- gió khi si-lô rỗng;
- nạp liệu khi có gió;
- tuyết (cho mái).

(2) Cho phép sử dụng phương pháp đơn giản hóa đối với tải trọng gió theo các quy định của TCVN XXX 1991-1-4.

**Bảng A.5 - Trạng thái giới hạn sử dụng - các tình huống thiết kế và tổ hợp tác động được xét**

Ký hiệu	Tình huống thiết kế/Tác động thay đổi chủ đạo	Các tác động thường xuyên		Tác động thay đổi chủ đạo		Tác động thay đổi đi kèm 1 (chính)		Tác động thay đổi đi kèm 2		Tác động thay đổi đi kèm 3, 4, v.v.	
		Mô tả		xem cột tiếp theo		Mô tả	$\psi_{1,1}$ hoặc $\psi_{2,1}$	Mô tả	$\psi_{0,2}$ hoặc $\psi_{2,2}$	Mô tả	$\psi_{0,3}$ ; $\psi_{0,4}$ hoặc $\psi_{2,3}$ ; $\psi_{2,4}$
D	Xả liệu rời	Tải trọng bản thân				Xả liệu rời	0,9 hoặc 0,8	Lún móng	0,7 hoặc 0,3	Tuyết, gió, nhiệt	0,6 hoặc 0,0
										Hoạt tải, biến dạng	0,7 hoặc 0,3
I	Biến dạng	Tải trọng bản thân				Nạp liệu rời	0,9 hoặc 0,8	Biến dạng	0,7 hoặc 0,3	Tuyết, gió, nhiệt	0,6 hoặc 0,0
										Hoạt tải, biến dạng	0,7 hoặc 0,3
S	Tải trọng tuyết	Tải trọng bản thân				Nạp liệu rời	0,9 hoặc 0,8		0,6 hoặc 0,0	Hoạt tải	0,7 hoặc 0,3
WF	Tải trọng gió và si-lô đầy	Tải trọng bản thân				Nạp liệu rời, si-lô đầy	0,9 hoặc 0,8	Tải trọng gió	0,6 hoặc 0,0	Hoạt tải	0,7 hoặc 0,3
WE	Tải trọng gió và	Tải trọng bản thân				Vật liệu rời, si-lô rỗng	0,9 hoặc 0,8	Tải trọng gió	0,6 hoặc 0,0	Hoạt tải	0,7 hoặc 0,3

**TCVN XXX 1991-4:20XX**

	si-lô rỗng									
T	Tải trọng nhiệt	Tải trọng bản thân			Nạp liệu rời	0,9 hoặc 0,8	Tải trọng nhiệt	0,6 hoặc 0,0	Hoạt tải	0,7 hoặc 0,3

CHÚ THÍCH: Bảng A.2 phải được sử dụng cùng với các Biểu thức (6.14b), (6.15b) và (6.16b) tại 6.5.3 trong TCVN XXX 1990 như sau:

Tổ hợp đặc trưng, Biểu thức (6.14b):

Tổ hợp đặc trưng thường được dùng cho trạng thái giới hạn không phục hồi.

Tổ hợp thường gặp, Biểu thức (6.15b):

Tổ hợp thường gặp thường được sử dụng cho trạng thái giới hạn phục hồi.

Tổ hợp tựa-thường xuyên, Biểu thức (6.16b):

Tổ hợp tựa-thường xuyên thường được sử dụng cho hiệu ứng dài hạn và biểu hiện bề ngoài của kết cấu.

## **Phụ lục B**

### **(Tham khảo)**

#### **Các tác động, các hệ số riêng và các tổ hợp tác động lên bể chứa**

GHI CHÚ BIÊN TẬP: Phụ lục này chỉ có tính chất tham khảo và sẽ được đưa vào TCVN XXX 1990 sau khi thông qua biểu quyết chính thức.

##### **B.1 Tổng quát**

- (1)P Thiết kế phải xét đến các giá trị đặc trưng của các tác động liệt kê trong các điều từ B.2.1 đến B.2.14.
- (2) Các hệ số riêng của các tác động lấy theo B.3 và các quy định về tổ hợp tác động lấy theo B.4 cần được áp dụng cho các giá trị đặc trưng này.

##### **B.2 Các tác động**

###### **B.2.1 Tải trọng do chất lỏng**

- (1)P Tải trọng do chất lỏng khi vận hành là trọng lượng của sản phẩm chứa từ cao độ bằng không (rỗng) đến cao độ chất lỏng thiết kế lớn nhất.
- (2)P Tải trọng do chất lỏng khi thí nghiệm là trọng lượng của chất lỏng của thí nghiệm trung bình từ cao độ bằng không (rỗng) đến cao độ thí nghiệm lớn nhất.

###### **B.2.2 Tải trọng do áp lực bên trong**

- (1)P Tải trọng do áp lực bên trong khi vận hành phải là tải trọng gây bởi giá trị áp lực bên trong lớn nhất và nhỏ nhất được quy định.
- (2)P Tải trọng do áp lực bên trong khi thí nghiệm phải là tải trọng gây bởi các giá trị áp lực thí nghiệm bên trong lớn nhất và nhỏ nhất được quy định.

###### **B.2.3 Tải trọng do nhiệt**

- (1) Ứng suất gây bởi sự ngăn cản giãn nở nhiệt có thể được bỏ qua nếu số lượng chu kỳ tải trọng do giãn nở nhiệt không gây nguy cơ phá hoại mỏi hoặc phá hoại dẻo theo chu kỳ.

###### **B.2.4 Tải trọng bản thân**

- (1)P Tải trọng bản thân của bể chứa bao gồm trọng lượng của tất cả các phần của bể chứa và tất cả các phần gắn thường xuyên với bể chứa.
- (2) Các giá trị cụ thể lấy theo Phụ lục A, TCVN XXX 1991-1-1.

###### **B.2.5 Lớp cách nhiệt**

- (1)P Tải trọng lớp cách nhiệt là tải trọng bản thân của lớp cách nhiệt.
- (2) Các giá trị cụ thể lấy theo Phụ lục A, TCVN XXX 1991-1-1.

###### **B.2.6 Tải trọng phân bố đều**

- (1) Tải trọng phân bố đều phải được lấy theo TCVN XXX 1991-1-1, trừ khi được khách hàng cung cấp.

### B.2.7 Tải trọng tập trung

(1) Tải trọng tập trung phải được lấy theo TCVN XXX 1991-1-1, trừ khi được khách hàng cung cấp.

### B.2.8 Tải trọng tuyết

(1) Tải trọng tuyết phải được lấy theo TCVN XXX 1991-1-3.

### B.2.9 Tải trọng gió

(1) Tải trọng gió phải được lấy theo TCVN XXX 1991-1-4.

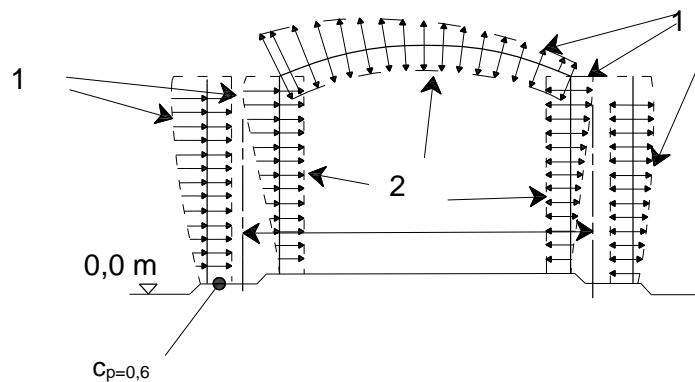
(2) Ngoài ra, các hệ số áp lực dưới đây có thể được sử dụng cho bể chứa trụ tròn, xem Hình B.1:

a) áp lực bên trong của bể chứa hở nắp và bể hứng hở nắp:  $c_p = -0,6$ .

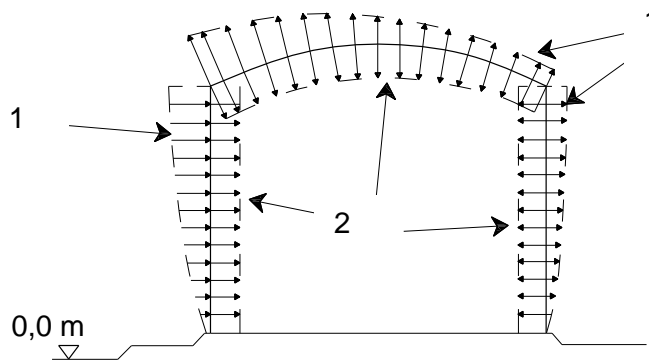
b) áp lực bên trong của bể chứa được thông khí có lỗ mở nhỏ:  $c_p = -0,4$ .

c) nếu có bể hứng, áp lực bên ngoài tác dụng lên bể chứa được giả định là giảm tuyến tính theo chiều cao.

(3) Do đặc tính tạm thời, có thể sử dụng tải trọng gió triết giảm cho tình huống lắp dựng theo TCVN XXX 1991-1-4 và TCVN XXX 1991-1-6.



a) Bể chứa có bể hứng



b) Bể chứa không có bể hứng

KÝ HIỆU:

1  $c_p$  lấy theo TCVN XXX 1991-1-4

2  $c_p = 0,4$  chỉ cho bể chứa được thông khí

**Hình B.1 - Hệ số áp lực của tải trọng gió lên bể chứa trụ tròn**

**B.2.10 Lực hút do không đủ thông khí**

(1) Tải trọng này được xác định theo Chương 7 của tiêu chuẩn này.

**B.2.11 Tải trọng động đất**

(1)P Tải trọng động đất và các yêu cầu thiết kế chịu động đất phải tuân theo TCVN XXX 1998-4.

**B.2.12 Tải trọng do mối nối**

(1)P Tải trọng phát sinh từ các ống, van và các bộ phận khác nối với bể chứa và tải trọng phát sinh do lún của các bộ phận đỡ độc lập so với móng bể chứa đều phải được tính đến. Đường ống phải được thiết kế để giảm thiểu tải trọng tác dụng lên bể chứa.

**B.2.13 Tải trọng do lún không đều**

(1) Tải trọng do lún phải được xét đến khi lún không đều có thể xảy ra trong suốt tuổi thọ của bể chứa.

**B.2.14 Các tác động bất thường**

(1) Các tải trọng bao gồm hậu quả của các biến cố như nổ bên ngoài, va đập, cháy lân cận, nổ bên trong, rò rỉ từ bể chứa bên trong và đổ đầy tràn bể chứa bên trong.

CHÚ THÍCH: Các tải trọng này có thể được quy định trong phụ lục quốc gia, hoặc do khách hàng cung cấp cho từng dự án cụ thể.

**B.3 Các hệ số riêng của các tác động**

(1)P Các hệ số riêng theo TCVN XXX 1990 được áp dụng với các tác động từ B.2.2 đến B.2.14.

(2) Giá trị kiến nghị của hệ số riêng đối với tải trọng do chất lỏng khi vận hành (xem B.2.1(1)) là  $\gamma_F = 1,20$ .

(3) Giá trị kiến nghị của hệ số riêng đối với tải trọng do chất lỏng khi thí nghiệm (xem B.2.1(2)) là  $\gamma_F = 1,00$ .

(4) Đối với tình huống thiết kế bất thường, giá trị kiến nghị của hệ số riêng đối với tác động thay đổi là  $\gamma_F = 1,00$ .

**B.4 Tổ hợp tác động**

(1)P Những yêu cầu chung tại Chương 6 trong TCVN XXX 1990 phải được tuân thủ.

(2) Kiến nghị không cần xem xét tác động đồng thời của hoạt tải và tải trọng tuyết.

(3) Kiến nghị không xét đến tác động động đất khi thí nghiệm.

(4) Kiến nghị không xét đến các tác động bất thường khi thí nghiệm, nhưng áp dụng các quy định tổ hợp cho tác động bất thường theo TCVN XXX 1990.

## Phụ lục C (Quy định)

### Đo đạc xác định các tính chất vật liệu rời để đánh giá tải trọng si-lô

#### C.1 Đối tượng

(1) Phụ lục này mô tả các phương pháp thí nghiệm để xác định các thông số của vật liệu rời nêu trong TCVN XXX 1991-4 chỉ dùng để đánh giá tải trọng si-lô. Các phương pháp này không sử dụng trong thiết kế đối với trường hợp xả liệu tin cậy. Khi các tính chất được yêu cầu để đánh giá tải trọng, thì các vấn đề sau là quan trọng: mức ứng suất liên quan rộng hơn nhiều so với mức ứng suất khi đánh giá dòng chảy, việc chuẩn bị mẫu phải phản ánh được các điều kiện trong các đoạn có ứng suất cao trong vật liệu rời sau khi nạp liệu, và lịch sử ứng suất của vật liệu thường khác với lịch sử ứng suất liên quan đến những lần tắc nghẽn dòng chảy. Do đó, việc chuẩn bị mẫu, ở một số khía cạnh chủ yếu, khác với việc chuẩn bị mẫu thích hợp cho việc đo lường các tính của chất của dòng chảy.

Trong các thí nghiệm này cần làm chặt các hạt vật liệu rời để đạt mật độ cao. Tất cả các thông số có ảnh hưởng đến áp lực lên si-lô phải được đánh giá theo các điều kiện này vì đây chính là trạng thái tham chiếu đối với các giá trị cận trên của các tác động lên kết cấu si-lô.

#### C.2 Phạm vi áp dụng

(1) Các phương pháp thí nghiệm định nghĩa ở đây được sử dụng cho si-lô thuộc cấp Đánh giá Tác động loại 3, hoặc cho vật liệu rời không được nêu trong Bảng E.1, hoặc là một lựa chọn khác cho các giá trị giản hóa cho trong Bảng E.1. Các ứng suất tham chiếu trong các thí nghiệm này có thể hoặc theo phương thẳng đứng hoặc theo phương nằm ngang và chúng phải đại diện cho các ứng suất trong vật liệu rời tại đường chuyển giao tường-phễu khi si-lô ở trạng thái đầy.

(2) Các phương pháp thí nghiệm cũng có thể được sử dụng để đo các giá trị của các tính chất của vật liệu rời liên quan đến việc thiết kế si-lô. Các thí nghiệm để xác định các giá trị liên quan này cần được thực hiện (khi có thể) với các mức ứng suất tham chiếu sau:

a) để đại diện cho ứng suất theo phương đứng (xem C.6, C.8 và C.9): ứng suất tham chiếu  $\sigma_r = 100$  kPa.

b) để đại diện cho ứng suất theo phương ngang (xem C.7.2): ứng suất tham chiếu  $\sigma_r = 50$  kPa.

#### C.3 Ký hiệu

Phụ lục này sử dụng các ký hiệu sau:

- a*      hệ số điều chỉnh đặc tính
- c*      lực dính (xem Hình C.4)
- D*      đường kính trong của ngăn (cái này có thể là cái khuôn)
- F<sub>r</sub>*    lực cắt dư khi kết thúc thí nghiệm ma sát thành (xem Hình C.2b)
- K<sub>mo</sub>*   tỷ số áp lực trung bình theo phương ngang đối với thành nhẵn
- $\Delta$     chuyển vị của phần trên của mẫu chịu cắt khi thí nghiệm
- $\phi$       góc ma sát trong được đo khi chất tải mẫu thử
- $\phi_c$     góc ma sát trong được đo khi giảm ứng suất ứng suất pháp tuyến
- $\mu$       hệ số ma sát giữa mẫu thử của vật liệu rời với mẫu thử của thành



- $\sigma_r$  ứng suất tham chiếu
- $\tau_a$  ứng suất cắt cuối cùng đo được trong thí nghiệm cắt sau khi tăng ứng suất pháp tuyến (xem Hình C.4)
- $\tau_b$  ứng suất cắt đỉnh đo được trong thí nghiệm cắt sau khi giảm ứng suất pháp tuyến (xem Hình C.4)
- $\tau$  ứng suất cắt đo được trong thí nghiệm cắt.

## C.4 Định nghĩa

Phụ lục này sử dụng các định nghĩa sau.

### C.4.1

#### Thông số thứ cấp

Bất kỳ thông số nào có thể ảnh hưởng đến các tính chất của vật liệu rời nhưng không được xếp vào nguyên nhân chính của sự thay đổi thông số. Các thông số thứ cấp bao gồm thành phần cấp phối, cấp, hàm lượng ẩm, nhiệt độ, độ tuổi, sự tích điện do quá trình bảo quản và phương pháp sản xuất. Mỗi thay đổi trong ứng suất tham chiếu nêu trong C.2 được xem như là một thông số thứ cấp.

### C.4.2

#### Lấy mẫu

Việc lựa chọn các mẫu đại diện của vật liệu rời hoặc vật liệu tường si-lô, kể cả những thay đổi theo thời gian.

### C.4.3

#### Ứng suất tham chiếu

Ứng suất tham chiếu là trạng thái ứng suất mà tại đó các phép đo tính chất vật liệu rời được tiến hành. Ứng suất tham chiếu thường được chọn tương ứng với mức ứng suất trong si-lô sau khi nạp liệu. Đôi khi cần phải xác định ứng suất tham chiếu với nhiều hơn một giá trị ứng suất chính.

## C.5 Lấy mẫu và chuẩn bị mẫu

- (1) Việc thí nghiệm phải được tiến hành trên các mẫu đại diện cho vật liệu rời.
- (2) Khi lựa chọn mẫu cần cân nhắc những thay đổi có thể xảy ra trong tuổi thọ của kết cấu, những thay đổi này có thể do những biến đổi về điều kiện môi trường, ảnh hưởng của phương pháp vận hành si-lô và ảnh hưởng của sự phân tầng vật liệu rời trong si-lô.
- (3) Việc xác định giá trị trung bình cho mỗi tính chất của vật liệu rời cần xem xét một cách hợp lý sự thay đổi của các thông số thứ cấp.
- (4) Ứng suất tham chiếu  $\sigma_r$  trong mỗi thí nghiệm nên được xác định trong mối tương quan với trạng thái ứng suất trong vật liệu rời sau khi nạp liệu. Giá trị ứng suất tham chiếu không cần thiết phải xác định một cách chính xác.

CHÚ THÍCH: Việc đánh giá chính xác ứng suất tham chiếu đòi hỏi phải biết trước đầu ra của thí nghiệm trước khi tiến hành. Giá trị chính xác của ứng suất tham chiếu không phải là yếu tố quyết định của thí nghiệm, nhưng các thí nghiệm này nên được thực hiện tại mức ứng suất phù hợp với mục đích đặt ra.

- (5) Phương pháp chuẩn bị mẫu được nêu trong C.6, C.7.2, C.8.1 và C.9 cần được sử dụng khi thí nghiệm.

## TCVN XXX 1991-4:20XX

(6) Mẫu thử cần được rót vào bình thử mà không được có bất kỳ rung động hoặc lực nén khác, sau đó sẽ tác dụng ứng suất tham chiếu  $\sigma_r$ . Phải quay nắp trên theo chiều kim đồng hồ và ngược chiều kim đồng hồ xung quanh trục thẳng đứng vài lần với một góc tối thiểu bằng 10 độ nhằm mục đích làm chặt mẫu.

CHÚ THÍCH 1: Có thể tham chiếu tiêu chuẩn ASTM D6128 về quy trình này.

CHÚ THÍCH 2: Số lượng vòng quay cần thiết phụ thuộc vào vật liệu rời được thí nghiệm.

(7) Giá trị trung bình của kết quả thí nghiệm cần được điều chỉnh bởi các hệ số chuyển đổi nhằm thu được các giá trị cực trị. Các hệ số chuyển đổi phải được lựa chọn sau khi đã kể đến ảnh hưởng của các thông số thứ cấp, sự thay đổi tính chất của vật liệu rời trong suốt tuổi thọ của si-lô, và sự không chính xác khi lấy mẫu.

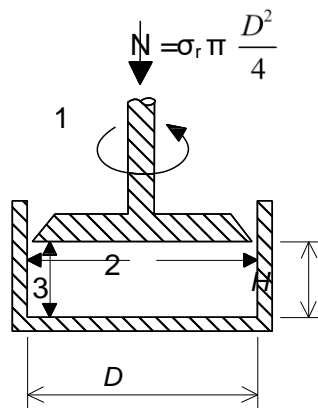
(8) Các hệ số chuyển đổi  $a$  đối với các tính chất của vật liệu rời cần được điều chỉnh nếu ảnh hưởng của một thông số thứ cấp chiếm hơn 75% biên độ của tính chất của vật liệu rời đó bằng hệ số chuyển đổi.

### C.6 Trọng lượng thể tích

#### C.6.1 Nguyên tắc thí nghiệm

(1) Trọng lượng thể tích  $\gamma$  phải được xác định bằng cách sử dụng mẫu vật liệu rời đã được làm chặt.

CHÚ THÍCH: Mục tiêu của thí nghiệm là đưa ra đánh giá tốt nhất về mật độ cao nhất của vật liệu rời có thể có trong si-lô. Mục tiêu này đạt được bằng cách xác định mật độ cao nhất của vật liệu rời tại mức ứng suất có thể sinh ra trong si-lô. Để đạt được điều này, cần phải đóng vật liệu rời vào trong khuôn thí nghiệm với mật độ thích hợp trước khi tác dụng ứng suất làm chặt. Có thể thực hiện bằng cách rải vật liệu rời hoặc xoắn nắp để đạt được mật độ mang tính đại diện cho các điều kiện liên quan đến sự đánh giá áp lực lên si-lô. Vì lý do này, có thể chọn một nắp thô ráp rồi quay nắp để các hạt vật liệu được sắp xếp lại hợp lý. Quy trình này khác với phương pháp ASTM nêu trong ASTM D6683-01 "Phương pháp thí nghiệm tiêu chuẩn xác định mật độ thể tích của bột và các vật liệu rời khác" vì ASTM D6683-01 chủ yếu quan tâm đến vật liệu rời dạng bột, trong đó mục đích của tiêu chuẩn này là đạt được một mật độ không chặt.



Ký hiệu:

- 1 Mặt nhẵn
- 2 Mặt thô ráp

Hình C.1 - Dụng cụ xác định  $\gamma$

## C.6.2 Dụng cụ thí nghiệm

(1) Dụng cụ trong Hình C.1 được sử dụng để đo trọng lượng và thể tích của mẫu vật liệu rời. Đường kính  $D$  của dụng cụ này tối thiểu phải gấp 5 lần kích thước hạt lớn nhất và không nhỏ hơn 10 lần kích thước hạt trung bình. Chiều cao của mẫu được làm chặt  $H$  phải trong khoảng  $0,3D - 0,4D$ .

CHÚ THÍCH: Giới hạn về kích thước hạt được lựa chọn vì các lý do sau đây. Kích thước hạt lớn nhất được giới hạn để đảm bảo các hạn chế lên sự sắp xếp hạt gây ra bởi các đường cố định của các tường không gây ra ảnh hưởng bất thường lên mật độ đo được. Ngoài ra, đã thừa nhận rằng ảnh hưởng này là lớn hơn trong trường hợp các hạt cùng kích cỡ so với trường hợp hạt không cùng kích cỡ, bởi vì các hạt nhỏ hơn có thể chiếm khoảng trống giữa các hạt lớn hơn. Do vậy, đối với vật liệu rời cùng kích cỡ,  $D$  được giới hạn bằng 10 lần kích thước hạt, còn đối với vật liệu rời nhiều kích cỡ, giới hạn  $D$  giảm xuống còn 5 lần kích thước hạt lớn nhất.

## C.6.3 Quy trình thí nghiệm

(1) Ứng suất tham chiếu  $\sigma_r$  cần lấy bằng ứng suất theo phương thẳng đứng trong vật liệu rời chứa trong si-lô  $\rho_v$ .

(2) Việc chuẩn bị mẫu phải được thực hiện theo các hướng dẫn trong C.5. Trọng lượng thể tích được xác định bằng cách chia trọng lượng của mẫu thử đã được làm chặt cho thể tích mẫu. Chiều cao  $H$  được lấy bằng giá trị trung bình của ba lần đo tại cùng một bán kính và tại  $120^\circ$  quanh dụng cụ.

CHÚ THÍCH: Nếu sử dụng phương pháp trong tiêu chuẩn ASTM D6683 thì có thể xác định được mật độ thấp nhất. Sự khác biệt thường là nhỏ với vật liệu rời dạng bột, nhưng nó có thể lớn với các vật liệu rời hạt lớn.

## C.7 Ma sát thành

### C.7.1 Tổng quát

(1) Cần phân biệt giữa hai thông số:

- Hệ số ma sát thành  $\mu_m$  để xác định áp lực;
- Góc ma sát thành  $\phi_{wh}$  để đánh giá dòng chảy.

(2) Đối với vật liệu rời có dải cỡ hạt mà có thể phân tầng trong quá trình nạp liệu, thì mẫu thí nghiệm được sử dụng để xác định hệ số ma sát thành  $\mu_m$  phải được lựa chọn có xét ảnh hưởng của sự phân tầng.

(3) Thí nghiệm ma sát thành phải được thực hiện với mẫu thí nghiệm tường có tính đại diện cho vật liệu bề mặt tường sẽ được dùng khi xây dựng.

CHÚ THÍCH: Mặc dù thí nghiệm trong phòng có thể có mẫu tường của rất nhiều vật liệu xây dựng và vật liệu bề mặt, nhưng bề mặt hoàn thiện của mẫu tường có thể khác với loại có sẵn tại thời điểm xây dựng. Góc ma sát thành của vật liệu giống nhau có thể khác nhau vài độ. Nếu có thể, mẫu tường có thể được xác định từ các nguồn vật liệu thi công biết trước (như thép cán hoặc nhà sản xuất bình chứa). Bề mặt thép phủ sơn phải được sơn với cùng loại sơn. Đối với công trình quan trọng, kiến nghị phải giữ lại mẫu thí nghiệm tường để so sánh với vật liệu xây dựng thực tế sử dụng. Hiện tại không thể thông qua mô tả bề mặt tường để dự đoán một cách đáng tin cậy đặc tính ma sát của thành.

(4) Khi tường si-lô có thể bị ăn mòn hoặc mài mòn sau khi sử dụng, thì thí nghiệm ma sát thành phải được thực hiện trên cả mẫu tường mới và mẫu tường đã sử dụng.

CHÚ THÍCH: Các lớp hoàn thiện bề mặt tường si-lô thường thay đổi theo thời gian. Sự ăn mòn có thể làm nhám bề mặt, trong khi sự bào mòn có thể làm nứt hoặc làm nhám bề mặt. Các bề mặt polyethylene có thể bị đục thủng và các bề mặt sơn có thể bị xước. Các tường si-lô cũng có thể nứt hơn do sự tích tụ các sản phẩm mịn từ vật liệu chứa trong các lỗ nhỏ (mỡ, hạt mịn, v.v...). Những thay đổi này có thể biến dòng chảy kiểu phễu trong si-lô

## TCVN XXX 1991-4:20XX

thành dòng chảy kiểu khối, hoặc chuyển dòng chảy kiểu khối trong si-lô thành dòng chảy kiểu phổ. Áp lực nạp liệu có thể tăng trong si-lô có tường nhẵn và lực bám do ma sát thành khi nạp liệu có thể tăng trong si-lô có tường nhám.

### C.7.2 Hệ số ma sát thành $\mu_m$ để xác định áp lực

#### C.7.2.1 Nguyên tắc thí nghiệm

(1) Mẫu thí nghiệm của vật liệu rời cần được cắt theo bề mặt đại diện cho tường si-lô (mẫu thí nghiệm gấp nếp (có tạo sóng) trong trường hợp si-lô thép có sóng) và phải đo được lực ma sát tại bề mặt cắt.

CHÚ THÍCH: Cần cẩn trọng để đảm bảo số liệu cắt của thành phải được giải thích hợp lý tùy thuộc vào tải trọng và phép tính dòng chảy được thực hiện.

#### C.7.2.2 Thiết bị thí nghiệm

(1) Dụng cụ thí nghiệm được thể hiện trong Hình C.2. Đường kính của dụng cụ này tối thiểu phải gấp 20 lần kích thước hạt lớn nhất và không nhỏ hơn 40 lần kích thước hạt trung bình. Chiều cao của mẫu được làm chặt  $H$  phải trong khoảng  $0,15D - 0,2D$ . Trong trường hợp mẫu tường không bình thường như lượn sóng, thì kích thước dụng cụ phải được lựa chọn một cách phù hợp.

CHÚ THÍCH: Giới hạn về kích thước hạt được lựa chọn vì các lý do sau: kích thước hạt tối đa được giới hạn để đảm bảo các hạn chế lên sự sắp xếp các hạt gây ra do các đường cố định của tường thiết bị không gây ra ảnh hưởng bất thường lên mật độ đo được. Ngoài ra, ảnh hưởng này trong trường hợp các hạt cùng kích cỡ là lớn hơn so với trường hợp hạt không cùng kích cỡ, bởi vì các hạt nhỏ hơn có thể chiếm khoảng trống giữa các hạt lớn hơn. Do vậy, đối với vật liệu rời cùng kích cỡ,  $D$  được giới hạn bằng 40 lần kích thước hạt, còn đối với vật liệu rời nhiều kích cỡ, giới hạn  $D$  giảm xuống còn 20 lần kích thước hạt lớn nhất.

#### C.7.2.3 Quy trình thí nghiệm

- (1) Ứng suất tham chiếu  $\sigma_r$  phải lấy bằng ứng suất ngang lớn nhất của si-lô  $p_h$ .
- (2) Việc chuẩn bị mẫu phải được thực hiện theo những chỉ dẫn trong C.5.
- (3) Sau khi nạp liệu vào dụng cụ thử và trước khi cắt, dụng cụ thí nghiệm phải được quay và nâng nhẹ lên so với bề mặt thí nghiệm sao cho chỉ có ma sát giữa các hạt và bề mặt được đo.
- (4) Cắt mẫu với tốc độ không đổi xấp xỉ bằng 0,04 mm/s.
- (5) Lực ma sát dư  $F_r$  (xem Hình C.2) đạt được tại biến dạng lớn, cần được sử dụng để tính hệ số ma sát thành  $\mu$  khi tính toán các tác động.
- (6) Giá trị hệ số ma sát thành của mẫu thử để tính toán các tác động được xác định như sau:

$$\mu = \frac{F_r}{N} \quad (C.1)$$

trong đó:

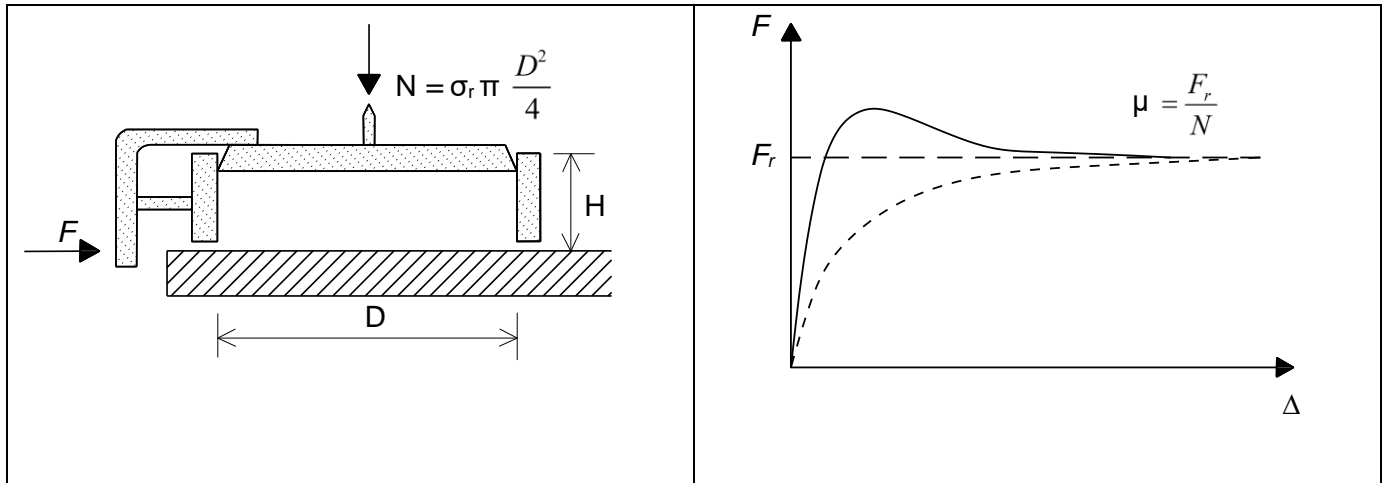
$F_r$  là giá trị lực cắt cuối cùng hay lực cắt dư (xem Hình C.2b);

$N$  là tải trọng tác dụng theo phương đứng lên dụng cụ.

### C.7.3 Góc ma sát thành $\phi_{wh}$ để xác định dòng chảy

(1) Khi cần phải xác định góc ma sát với thành  $\phi_{wh}$  để đánh giá dòng chảy, có thể tham chiếu tiêu chuẩn ASTM D6128.

- (2) Giá trị ma sát thành cần thiết để đánh giá dòng chảy thu được ở mức ứng suất thấp.
- (3) Cần cẩn trọng để đảm bảo số liệu cắt của thành phải được giải thích hợp lý tùy thuộc vào tải trọng và phép tính dòng chảy được thực hiện.



a) Dụng cụ đo ma sát thành

b) Đường cong chuyển vị - lực cắt điển hình

- 1 Mẫu tường si-lô
- 2 Lực cắt  $F$
- 3 Chuyển vị  $\Delta$

**Hình C.2 - Phương pháp thí nghiệm xác định hệ số ma sát thành**

## C.8 Tỷ số áp lực theo phương ngang $K$

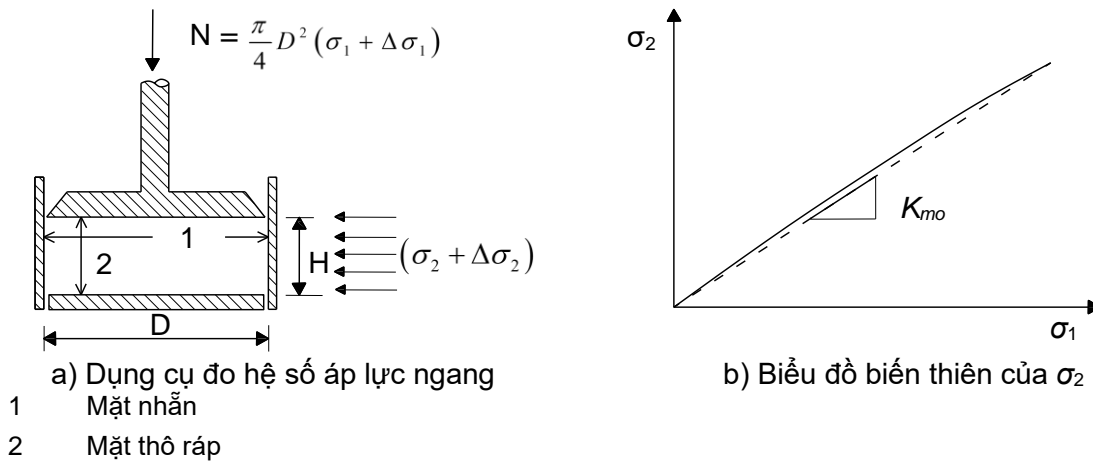
### C.8.1 Phép đo trực tiếp

#### C.8.1.1 Nguyên tắc thí nghiệm

(1) Cần tác dụng ứng suất theo phương ngang  $\sigma_1$  lên mẫu hạn chế biến dạng theo ngang. Ứng suất gây ra theo phương ngang  $\sigma_2$  được đo và giá trị cát tuyến của tỷ số áp lực theo phương ngang  $K_0$  được xác định.

CHÚ THÍCH 1: Độ lớn của  $K_0$  chịu ảnh hưởng bởi phương của các ứng suất chính trong mẫu thử. Các ứng suất theo phương đứng và phương ngang xấp xỉ bằng các ứng suất chính trong mẫu thử trong khi những ứng suất này có thể không có trong si-lô.

CHÚ THÍCH 2: Nếu biến dạng theo phương ngang của mẫu thử được hạn chế, có nghĩa biến dạng theo phương ngang trong vật liệu rời được giữ ở mức rất thấp để ảnh hưởng của chúng lên ứng suất trong mẫu vật liệu rời là không đáng kể. Tuy nhiên, các biến dạng này là đủ lớn để có thể đo được trong tường mỏng của dụng cụ, hoặc trong những phần đặc biệt của tường được thiết kế để tập trung biến dạng. Thông thường, biến dạng trung bình theo chu vi vào khoảng 100 microstrains ( $100 \cdot 10^{-6}$ ), thỏa mãn giới hạn biến dạng của vật liệu rời để có thể đo được trong dụng cụ thí nghiệm.



Hình C.3 - Phương pháp thí nghiệm xác định  $K_0$

### C.8.1.2 Dụng cụ thí nghiệm

(1) Kích thước hình học của dụng cụ thí nghiệm được thể hiện trong Hình C.3. Ứng suất theo phương ngang được suy ra từ biến dạng đo được trên bề mặt ngoài của mặt cắt đứng, tuy nhiên yêu cầu tường phải mỏng, và việc thiết kế phải đảm bảo trạng thái ứng suất trong tường được mô phỏng đúng.

CHÚ THÍCH: Dụng cụ thí nghiệm cần có những đặc trưng như sau:

- a) 1 tấm đáy tách biệt với các tường;
- b) đo được biến dạng theo cả phương ngang và phương đứng trên các tường hình trụ;
- c) bố trí thiết bị đo biến dạng cách xa các đầu/cuối của mẫu thí nghiệm; và
- d) kiểm tra biến dạng đo được, liên hệ với ứng suất theo phương ngang bên trong bằng một hệ số giả định (sự uốn theo phương đứng của tường có thể ảnh hưởng đến mối liên hệ này).

### C.8.1.3 Quy trình thí nghiệm

- (1) Ứng suất tham chiếu  $\sigma_r$  cần phải là ứng suất lớn nhất theo phương đứng trong vật liệu rời trong si-lô.
- (2) Việc chuẩn bị mẫu cần được thực hiện theo các hướng dẫn trong C.5.
- (3) Ứng suất theo phương ngang  $\sigma_2$  trong mẫu thí nghiệm gây ra do việc tác dụng ứng suất theo phương thẳng đứng  $\sigma_1$  phải bằng với ứng suất tham chiếu  $\sigma_r$  cần được quan trắc. Giá trị  $K_0$  cần được xác định theo các ứng suất này (xem Hình C.3) như sau:

$$K_0 = \frac{\sigma_2}{\sigma_1} \quad (C.2)$$

- (4) Giá trị  $K$  cần lấy bằng:

$$K = 1,1 \cdot K_0 \quad (C.3)$$

CHÚ THÍCH: Hệ số 1,1 trong Biểu thức (C.3) được sử dụng để biểu thị sự chênh lệch gần đúng giữa tỷ số áp lực ngang ( $= K_0$ ) đo được trong trường hợp ma sát thành bằng không và giá trị  $K$  được đo khi có ma sát thành (Xem thêm 4.2.2 (5)).

### C.8.2 Phép đo gián tiếp

(1) Giá trị  $K$  gần đúng có thể suy ra từ góc tác dụng của lực ma sát trong  $\phi$ , trong đó  $\phi$  có thể được xác định bằng phương pháp mô tả trong C.9 hoặc bằng thí nghiệm ba trục. Quan hệ gần đúng trong Biểu thức (4.7) được sử dụng để tính  $K$  từ  $\phi$ .

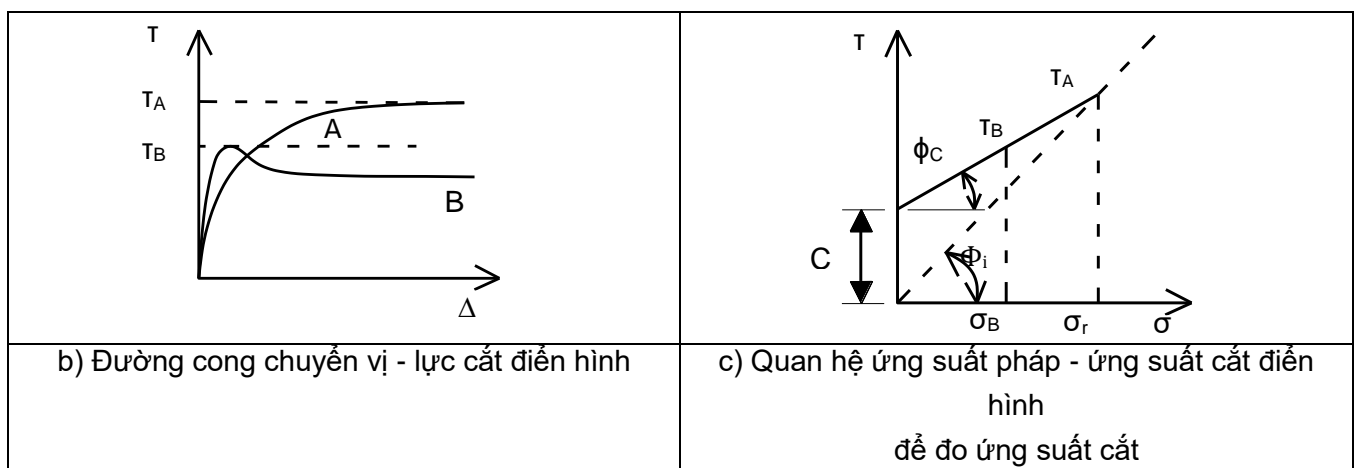
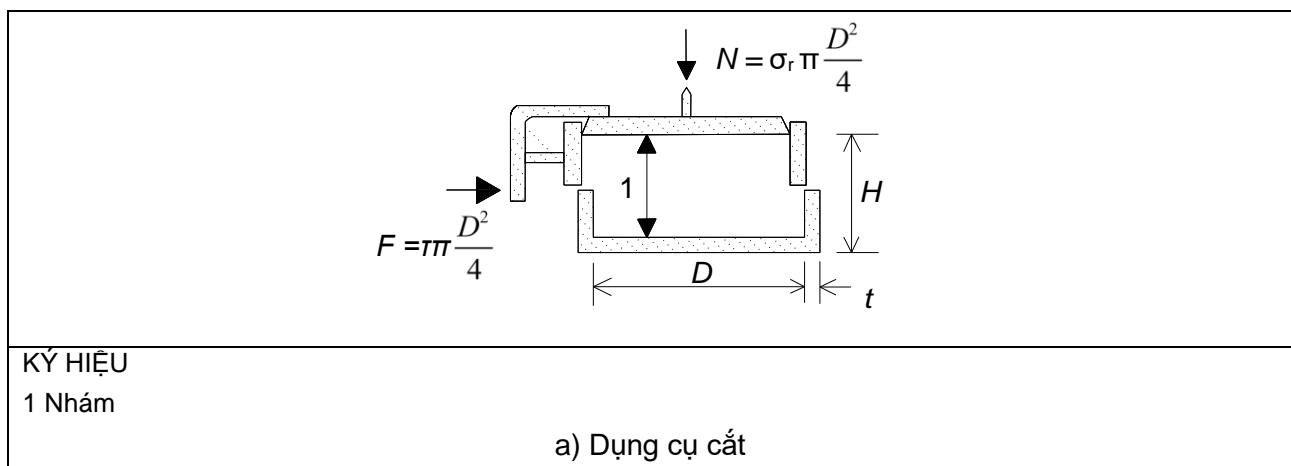
### C.9. Các thông số cường độ: lực dính $c$ và góc ma sát trong $\phi$

#### C.9.1 Phép đo trực tiếp

##### C.9.1.1 Nguyên tắc thí nghiệm

(1) Cường độ của mẫu vật liệu rời có thể được xác định từ thí nghiệm cắt. Hai thông số  $c$  và  $\phi$  được sử dụng để xác định ảnh hưởng của cường độ vật liệu rời đối với áp lực lên si-lô sau khi nạp liệu.

(2) Có thể tham khảo ASTM D6128, nhưng cần chú ý là các thông số thu được từ thí nghiệm theo ASTM D6128 không giống với các thông số được xác định ở đây.



Hình C.4 - Phương pháp thí nghiệm xác định các góc ma sát trong  $\phi$  và  $\phi_c$  và lực dính  $c$  dựa trên ứng suất làm chặt trước  $\sigma_r$

##### C.9.1.2 Dụng cụ thí nghiệm

(1) Dụng cụ thí nghiệm phải có một bộ phận cắt hình trụ như trong Hình C.4. Đường kính  $D$  của bộ phận cắt tối thiểu bằng 20 lần kích cỡ hạt lớn nhất và không nhỏ hơn 40 lần kích thước hạt trung bình. Chiều cao  $H$  phải nằm trong khoảng  $0,3D - 0,4D$ .

## TCVN XXX 1991-4:20XX

CHÚ THÍCH: Giới hạn về kích thước hạt được lựa chọn vì các lý do sau: kích thước hạt tối đa được giới hạn để đảm bảo các hạn chế lên sự sắp xếp các hạt tạo ra bởi các đường cố định của các tường không gây ra ảnh hưởng bất thường lên mật độ đo được. Ngoài ra, ảnh hưởng này trong trường hợp các hạt cùng kích cỡ là lớn hơn so với trường hợp hạt không cùng kích cỡ, bởi vì các hạt nhỏ hơn có thể chiếm khoảng trống giữa các hạt lớn hơn. Do vậy, đối với vật liệu rời cùng kích cỡ,  $D$  được giới hạn bằng 40 lần kích thước hạt, còn đối với vật liệu rời nhiều kích cỡ, giới hạn  $D$  giảm xuống còn 20 lần kích thước hạt lớn nhất.

### C.9.1.3 Quy trình thí nghiệm

- (1) Ứng suất tham chiếu  $\sigma_r$  phải xấp xỉ bằng ứng suất theo phương đứng trong vật liệu rời trong si-lô như quy định tại C.2. Việc chuẩn bị mẫu được tiến hành theo các hướng dẫn trong C.5.
- (2) Việc cắt mẫu được thực hiện với tốc độ không đổi xấp xỉ bằng 0,04 mm/s.
- (3) Ứng suất cắt  $\tau$  tại hoặc trước thời điểm chuyển vị theo ngang  $\Delta=0,06D$  cần được dùng để xác định các thông số cường độ của vật liệu rời, với  $D$  là đường kính trong của dụng cụ (xem Hình C.4).
- (4) Ít nhất phải làm hai thí nghiệm (xem Bảng C.1 và Hình C.4) như quy định tại (5) và (6) dưới đây.
- (5) Mẫu thứ nhất cần được cắt dưới tải trọng pháp tuyến gây ra bởi ứng suất tham chiếu  $\sigma_r$  để thu được ứng suất cắt phá hoại  $\tau_A$ .
- (6) Đối với mẫu thứ hai, trước tiên tác dụng tải trọng pháp tuyến do ứng suất tham chiếu  $\sigma_r$  và để vừa đến lúc thu được ứng suất cắt phá hoại như đối với mẫu thứ nhất. Ngừng cắt và giảm tải trọng cắt tác dụng về không. Khi đó, giảm tải trọng pháp tuyến lên mẫu thứ hai về giá trị gần bằng một nửa ứng suất tham chiếu ( $\sigma_B \approx \sigma_r/2$ ) rồi cắt tiếp để đạt ứng suất cắt phá hoại  $\tau_B$ . Các ứng suất xác định từ hai thí nghiệm trên được nêu trong Bảng C.1.

**Bảng C.1 - Các thí nghiệm kiến nghị**

Thí nghiệm	Giá trị của ứng suất pháp tuyến gia tải trước	Giá trị tải trọng thí nghiệm của ứng suất pháp tuyến	Ứng suất cắt tối đa đo được
Số 1	$\sigma_r$	$\sigma_r$	$\tau_A$
Số 2	$\sigma_r$	$\sigma_B \approx \sigma_r/2$	$\tau_B$

### C.9.1.4 Giải thích

- (1) Góc ma sát trong  $\phi$  của vật liệu rời được tính như sau:

$$\phi_i = \arctan(\tau_A / \sigma_r) \quad (C.4)$$

- (2) Lực dính  $c$  trong vật liệu rời dưới tác dụng của ứng suất tham chiếu  $\sigma_r$  được tính như sau:

$$c = \tau_A - \sigma_r \tan \phi_c \quad (C.5)$$

trong đó:

$$\phi_c = \arctan\left(\frac{\tau_A - \tau_B}{\sigma_r - \sigma_B}\right) \quad (C.6)$$



với  $\phi_c$  là góc ma sát trong khi hạ tải đối với vật liệu rời bị làm chặt quá mức.

CHÚ THÍCH: Giá trị lực dính  $c$  phụ thuộc rất lớn vào ứng suất làm chặt  $\sigma_r$ , do vậy không được coi như là một tính chất cố định của vật liệu rời.

(3) Đối với vật liệu rời không dính (hay  $c = 0$ ), cường độ ma sát cần được biểu thị chỉ qua góc ma sát trong khi gia tải  $\phi$  (bằng  $\phi_c$ ).

CHÚ THÍCH: Thí nghiệm ba trục tiêu chuẩn có thể được sử dụng thay thế cho thí nghiệm trên.

## C.9.2 Phép đo gián tiếp

### C.9.2.1 Nguyên tắc thí nghiệm

(1) Nếu thí nghiệm cắt sử dụng dụng cụ cắt Jenike (ASTM D6128), lực dính của vật liệu rời có thể được suy diễn gần đúng từ những kết quả này.

(2) Lực dính được xác định từ quan hệ với ứng suất trung bình lớn nhất theo phương đứng trong si-lô sau khi nạp liệu  $\sigma_{vt}$ , như được định nghĩa trong C.2.

(3) “Ứng suất chính làm chặt (cố kết)”  $\sigma_c$  được lấy bằng ứng suất trung bình lớn nhất theo phương đứng trong si-lô sau khi nạp liệu  $\sigma_{vt}$ .

(4) Ứng suất chảy không hạn chế nở hông  $\sigma_u$  ứng với ứng suất làm chặt cần được xác định. Góc ma sát trong hiệu dụng  $\delta$  (được xác định theo điều kiện ứng suất tương ứng) cũng cần được xác định.

(5) Giá trị gần đúng của lực dính  $c$  được xác định như sau:

$$c = \sigma_c \left( \frac{\sin \delta - \sin \phi_c}{\cos \phi_c (1 + \sin \delta)} \right) \quad (\text{C.7})$$

trong đó:

$$\phi_c = \sin^{-1} \left( \frac{2 \sin \delta - k}{2 - k} \right) \quad (\text{C.8})$$

$$k = \left( \frac{\sigma_u}{\sigma_c} \right) (1 + \sin \delta) \quad (\text{C.9})$$

với:

$\sigma_c$  là ứng suất chính làm chặt thu được trong thí nghiệm bằng dụng cụ cắt Jenike;

$\sigma_u$  là cường độ chảy không bị hạn chế nở hông thu được trong thí nghiệm bằng dụng cụ cắt Jenike;

$\delta$  là góc ma sát trong hiệu dụng thu được trong thí nghiệm bằng dụng cụ cắt Jenike;

$\phi_c$  là góc ma sát trong khi hạ tải (xem Hình C.4c).

CHÚ THÍCH 1: cần lưu ý là giá trị lực dính  $c$  phụ thuộc rất lớn vào ứng suất làm chặt  $\sigma_r$ , do vậy nó không được xem như là một tính chất cố định của vật liệu rời.

CHÚ THÍCH 2: cần lưu ý là ứng suất chính làm chặt  $\sigma_c$  thường được dẫn như là  $\sigma_1$  trong các tài liệu về vật liệu rời.

(6) Có thể xác định giá trị gần đúng của góc ma sát trong  $\phi$  khi gia tải theo công thức sau:

$$\phi_1 = \tan^{-1} \left( \frac{\sin \delta \cos \phi_c}{1 - \sin \phi_c \sin \delta} \right) \quad (\text{C.10})$$

CHÚ THÍCH: Cần lưu ý là hai thông số  $c$  và  $\phi$  được sử dụng trong tiêu chuẩn này chỉ nhằm xác định các ảnh hưởng của cường độ của vật liệu rời đối với áp lực lên si-lô.

## C.10 Môđun đàn hồi hiệu dụng $E_s$

### C.10.1 Phép đo trực tiếp

#### C.10.1.1 Nguyên tắc thí nghiệm

(1) Tác dụng ứng suất theo phương đứng  $\sigma_1$  lên một mẫu thí nghiệm bị hạn chế biến dạng ngang. Khi ứng suất theo phương đứng tăng thêm một lượng  $\Delta\sigma_1$ , sẽ đo được sự thay đổi về áp lực tác dụng theo phương ngang  $\Delta\sigma_2$  và sự thay đổi về chuyển vị theo phương thẳng đứng  $\Delta v_1$ . Mô-đun đàn hồi hiệu dụng khi gia tải  $E_{sL}$  được suy ra từ các phép đo này. Ứng suất theo phương đứng sau đó cần được giảm xuống một lượng là  $\Delta\sigma_1$ , và đo lại sự thay đổi về ứng suất theo phương ngang  $\Delta\sigma_2$  và sự thay đổi về chuyển vị theo phương thẳng đứng  $\Delta v_1$ . Mô-đun đàn hồi hiệu dụng khi hạ tải  $E_{sU}$  được suy ra từ các phép đo này.

CHÚ THÍCH 1: Độ lớn của hệ số  $K_0$  chịu ảnh hưởng của phương tác dụng của ứng suất chính trong mẫu thí nghiệm. Ứng suất theo phương ngang và phương đứng xấp xỉ bằng ứng suất chính trong mẫu thí nghiệm.

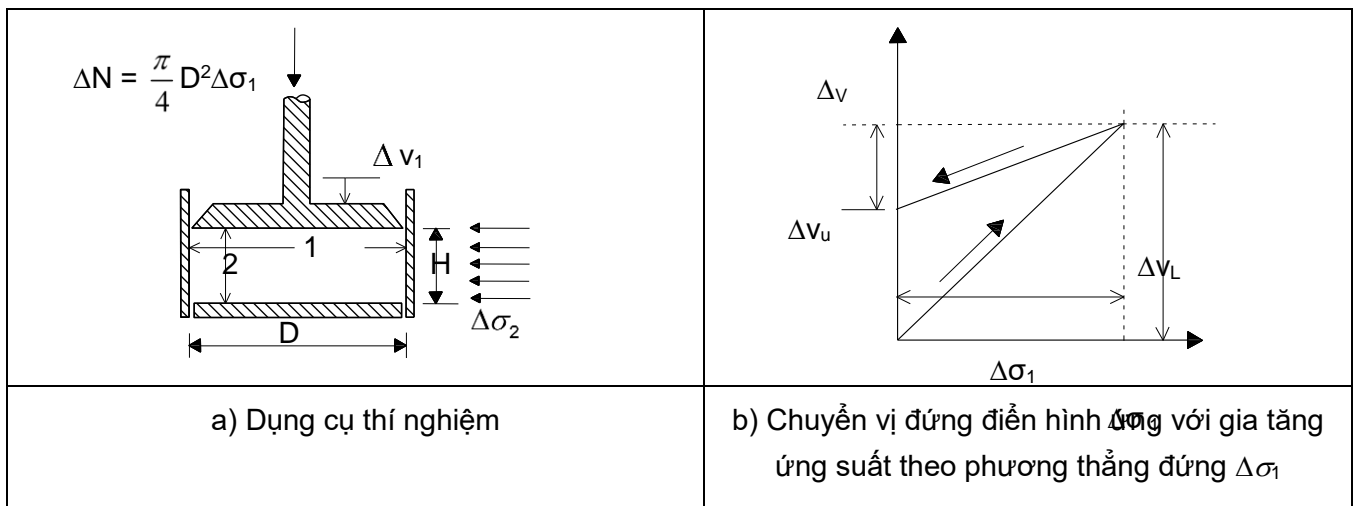
CHÚ THÍCH 2: Nếu biến dạng theo phương ngang của mẫu thử được hạn chế, có nghĩa biến dạng theo phương ngang trong vật liệu rời được giữ ở mức rất thấp để ảnh hưởng của chúng lên ứng suất trong mẫu vật liệu rời là không đáng kể, nhưng biến dạng này là đủ lớn để có thể đo được trong tường mỏng của dụng cụ. Biến dạng ở mức 100 microstrains (0,0001) thỏa mãn tiêu chí này.

#### C.10.1.2 Thiết bị thí nghiệm

(1) Kích thước hình học của dụng cụ thí nghiệm thể hiện trong Hình C.5 và tương tự với dụng cụ được mô tả trong C.8 dùng để đo tỷ số áp lực ngang  $K$ .

(2) Ứng suất theo phương ngang cần được suy ra từ biến dạng đo được tại mặt ngoài của mặt cắt theo phương đứng. Tường của dụng cụ phải mỏng và việc thiết kế phải đảm bảo trạng thái ứng suất trong tường được mô phỏng đúng (thông thường cần có một tấm đáy tách biệt để đo cả biến dạng theo phương ngang và theo phương đứng và để đặt thiết bị đo biến dạng cách xa các đầu/cuối của mẫu thí nghiệm).

(3)P Các giá trị trung bình chính xác của sự gia tăng nhỏ của chuyển vị theo phương đứng của mẫu thí nghiệm phải được cung cấp.



KÝ HIỆU:

1 Bề mặt nhẵn

2 Bề mặt thô ráp

**Hình C.5 - Phương pháp thí nghiệm xác định mô đun đàn hồi khi gia tải và hạ tải**

### C.10.1.3 Quy trình thí nghiệm

- (1) Ứng suất tham chiếu  $\sigma_r$  được lấy bằng với ứng suất lớn nhất theo phương đứng trong vật liệu rời trong si-lô.
- (2) Việc chuẩn bị mẫu phải được thực hiện theo những chỉ dẫn nêu trong C.5.
- (3) Sau khi tác dụng ứng suất theo phương đứng  $\sigma_1$  bằng với ứng suất tham chiếu  $\sigma_r$ , đọc kết quả của các hệ thống đo ứng suất theo phương ngang và chuyển vị theo phương đứng. Chiều cao của mẫu được nén chặt  $H$  cũng cần được đo chính xác.
- (4) Tác dụng thêm một gia tăng nhỏ của ứng suất theo phương đứng  $\Delta\sigma_1$  rồi đo lại ứng suất theo phương ngang và chuyển vị theo phương thẳng đứng. Lượng gia tăng ứng suất theo phương đứng  $\Delta\sigma_1$  phải xấp xỉ bằng 10% của ứng suất tham chiếu  $\sigma_1$ .
- (5) Sự thay đổi về ứng suất theo phương ngang (do sự tăng ứng suất theo phương thẳng đứng  $\Delta\sigma_1$  gây ra) được ký hiệu là  $\Delta\sigma_2$  và sự thay đổi chuyển vị theo phương thẳng đứng được ký hiệu là  $\Delta v$ . Lượng tăng của  $K$  khi gia tải (ký hiệu là  $K_L$ ) được xác định như sau:

$$K_L = \frac{\Delta\sigma_2}{\Delta\sigma_1} \quad (\text{C.11})$$

- (6) Mô đun đàn hồi hiệu dụng khi gia tải  $E_{sL}$  được xác định như sau:

$$E_{sL} = H \frac{\Delta\sigma_1}{\Delta v} \left( 1 - \frac{2 \cdot K_L^2}{1 + K_L} \right) \quad (\text{C.12})$$

- (7) Sau đó giảm ứng suất theo phương đứng xuống một lượng nhỏ  $\Delta\sigma_1$  (xem như tăng một lượng âm), rồi đo lại ứng suất theo phương ngang và chuyển vị theo phương thẳng đứng. Lượng ứng suất giảm xuống theo phương đứng  $\Delta\sigma_1$  cũng phải xấp xỉ bằng 10% của ứng suất tham chiếu  $\sigma_1$ .

## TCVN XXX 1991-4:20XX

(8) Sự thay đổi trong ứng suất theo phương ngang (do sự giảm ứng suất theo phương đứng  $\Delta\sigma_1$ ) được ký hiệu là  $\Delta\sigma_2$  và sự thay đổi chuyển vị theo phương thẳng đứng được ký hiệu là  $\Delta v$  (cả 2 giá trị đều âm). Lượng tăng của  $K$  khi hạ tải (ký hiệu là  $K_U$ ) được xác định như sau:

$$K_U = \frac{\Delta\sigma_2}{\Delta\sigma_1} \quad (\text{C.13})$$

(9) Mô-đun đàn hồi hiệu dụng khi hạ tải  $E_{sU}$  được xác định theo công thức sau:

$$E_{sU} = H \frac{\Delta\sigma_1}{\Delta v} \left( 1 - \frac{2 \cdot K_U^2}{1 + K_U} \right) \quad (\text{C.14})$$

CHÚ THÍCH: Mô-đun đàn hồi hiệu dụng khi hạ tải thường cao hơn nhiều so với mô-đun đàn hồi hiệu dụng khi gia tải. Khi đánh giá, nếu mô-đun đàn hồi cao có thể là bất lợi cho kết cấu (ví dụ: do chênh lệch nhiệt độ), thì sử dụng mô-đun đàn hồi hiệu dụng khi hạ tải. Nếu mô-đun đàn hồi của vật liệu rời là có lợi cho kết cấu (ví dụ: trong si-lô chữ nhật tường mỏng) thì sử dụng mô-đun đàn hồi hiệu dụng khi gia tải.

### C.10.2 Phép đo gián tiếp

(1) Để giúp cho việc xác định thí nghiệm có chính xác trong một trường hợp cụ thể hay không, giá trị gần đúng của  $E_{sU}$  có thể được tính theo công thức sau:

$$E_{sU} = \chi \cdot p_{vft} \quad (\text{C.15})$$

với:

$p_{vft}$  là áp lực theo phương đứng tại đáy của phần tường đứng (Biểu thức (5.3) hoặc (5.79));

$\chi$  là hệ số tiếp giáp mô-đun.

CHÚ THÍCH: Mô-đun đàn hồi hiệu dụng khi không hạ tải  $E_{sU}$  và ứng suất theo phương đứng  $p_{vft}$  được tính theo cùng một đơn vị trong Biểu thức (C.15).

(2) Trường hợp thiếu số liệu thực nghiệm từ các thí nghiệm theo C.10.1, hệ số tiếp giáp mô-đun  $\chi$  có thể ước tính bằng:

$$\chi = 7 \cdot \gamma^{3/2} \quad (\text{C.16})$$

với:

$\gamma$  là trọng lượng thể tích của vật liệu rời, tính bằng kN/m<sup>3</sup>.

(3) Giá trị của  $\chi$  có thể được lấy bằng 70 đối với hạt nông sản khô, 100 đối với hạt khoáng nhỏ và 150 đối với hạt khoáng cứng và lớn.

## C.11 Xác định giá trị đặc trưng cận trên, cận dưới của tính chất và hệ số chuyển đổi $\alpha$

### C.11.1 Nguyên tắc

(1)P Si-lô phải được thiết kế cho trường hợp tải trọng bất lợi nhất có thể xảy ra trong tuổi thọ thiết kế của nó. Phần này đề cập đến việc đánh giá sự thay đổi các tính chất có thể xảy ra trong mẫu thử để thí nghiệm vào thời điểm thiết kế.

CHÚ THÍCH: Các tính chất của vật liệu rời có thể sẽ thay đổi trong suốt tuổi thọ của kết cấu, nhưng không dễ đánh giá.

(2)P Các giá trị cực trị của các tải trọng dùng để thiết kế phải được đại diện bằng các giá trị đặc trưng với xác suất chấp nhận không bị vượt quá (thông thường là 5% và 95% giá trị) trong suốt vòng đời dự kiến của bể chứa hoặc sự lâu dài của thiết kế.

(3)P Các giá trị cực trị của các tính chất để đạt được các mức tải trọng cực trị phải được gọi là các giá trị đặc trưng của các tính chất.

(4)P Các giá trị đặc trưng cận trên và cận dưới của các tính chất liên quan phải được sử dụng để đạt được điều kiện chịu tải tương ứng.

(5) Sử dụng phương pháp xử lý đơn giản được quy định ở đây, trong đó giá trị đặc trưng được lấy bằng 1,28 độ lệch chuẩn so với giá trị trung bình.

CHÚ THÍCH 1: Các giá trị của các tính chất được yêu cầu để đạt một xác suất cố định vượt mức tải trọng tùy thuộc vào kích thước hình học và kích cỡ tuyệt đối của bể chứa, trường hợp tải trọng được xét và xem tải trọng tác dụng lên tường thẳng đứng hay lên tường phễu. Ngoài ra, độ ẩm, nhiệt độ, sự phân tầng tiềm ẩn và tuổi đều ảnh hưởng đến các giá trị này.

CHÚ THÍCH 2: Cần lưu ý, phụ lục D “Thiết kế theo thí nghiệm” của TCVN XXX 1990 kiến nghị giá trị khác với 1,28. Như đã nêu ở phần trên, do một số tính chất không có tính tương quan đóng góp vào giá trị tải trọng đặc trưng, nên 10% hoặc 90% giá trị của mỗi đặc tính được coi là giá trị ước tính hợp lý cần thiết để có được mức xác suất thích hợp của tải trọng cuối cùng. Việc sử dụng một giá trị cao hơn giá trị này có thể dẫn đến thiết kế quá thiên về an toàn so với thực tế.

(6) Nếu có đủ số liệu thí nghiệm, các giá trị đặc trưng cần được xác định bằng các kỹ thuật thống kê.

CHÚ THÍCH 1: Các số liệu thí nghiệm cho dù có ích để làm cơ sở đánh giá các giá trị đặc trưng, nhưng vẫn có những hạn chế (hạn chế về kích cỡ mẫu, kỹ thuật lấy mẫu, v..v). Những hạn chế này có thể khiến số liệu thu được không đại diện cho một dải đầy đủ của các tính chất có thể xảy ra trong tuổi thọ thiết kế của kết cấu.

CHÚ THÍCH 2: Các giá trị cho trong Bảng E.1 đại diện cho sự đánh giá tổng hợp dựa trên kinh nghiệm và các số liệu thực nghiệm sẵn có.

(7) Nếu khách hàng hoặc người thiết kế có đủ số liệu hoặc kinh nghiệm cho một tình huống thiết kế cụ thể, khi đó khách hàng có thể lựa chọn các giá trị đặc trưng đại diện cho một loạt các giá trị của tính chất có thể xảy ra trong tuổi thọ thiết kế của bể chứa hoặc si-lô.

### C.11.2 Phương pháp ước tính

(1) Quy trình sau có thể được sử dụng để xác định các giá trị đặc trưng của bất kỳ một tính chất nào. Trong các điều sau, biến số  $x$  được sử dụng để đại diện cho một tính chất bất kỳ.

(2) Giá trị trung bình của tính chất  $x$  cần được xác định từ các số liệu thí nghiệm.

(3) Khi có thể, hệ số thay đổi  $\delta$  cần được xác định từ số liệu thí nghiệm.

(4) Nếu số liệu thí nghiệm là không đầy đủ để đưa ra ước tính chính xác về hệ số thay đổi, thì một giá trị thích hợp cần được ước tính cho vật liệu rời. Bảng C.2 có thể được sử dụng như một hướng dẫn.

(5) Giá trị đặc trưng cận trên của tính chất ( $x_u = x_{0,90}$ ) cần được tính bằng:

$$x_{0,90} = \bar{x}(1 + 1,28.\delta) \quad (C.17)$$

(6) Giá trị đặc trưng cận dưới của tính chất ( $x_l = x_{0,10}$ ) cần được tính bằng:

$$x_{0,10} = \bar{x}(1 - 1,28.\delta) \quad (C.18)$$

(7) Hệ số chuyển đổi  $a_x$  của tính chất cần được xác định bằng:

$$a_x = \sqrt{\frac{1+1,28.\delta}{1-1,28.\delta}} \approx 1+1,28.\delta + \delta^2 \quad (\text{C.19})$$

CHÚ THÍCH: Biểu thức (C.19) là phương pháp đơn giản nhất để xác định giá trị đơn của  $a_x$ , để có được giá trị gần đúng đối với cả  $x_{0,90}$  và  $x_{0,10}$ . Tuy nhiên, cần lưu ý rằng do các Biểu thức (C.17) và (C.18) là những biểu thức bổ sung, nhưng việc sử dụng  $a_x$  là phép tính nhân, do đó sẽ luôn tồn tại mức chênh lệch nhỏ giữa các giá trị đặc trưng xác định được từ các Biểu thức (C.17) và (C.18) với các giá trị sử dụng phương pháp đơn giản hơn của tiêu chuẩn này dựa trên Biểu thức (C.19) và các Biểu thức từ (4.1) đến (4.6).

(8) Khi phải ước tính các giá trị này, thì hệ số thay đổi  $\delta$  đối với trọng lượng thể tích cần lấy bằng 0,10. Đối với các tính chất khác, các giá trị có thể tính từ các giá trị của các vật liệu rời tương tự bằng cách sử dụng Bảng C.2.

**Bảng C.2 - Các giá trị điển hình của hệ số biến đổi đặc tính của vật liệu rời**

Vật liệu rắn dạng rời	Hệ số biến đổi $\delta$				
	Hệ số áp lực ngang (K)	Góc ma sát trong ( $\phi_1$ ) (độ)	Hệ số ma sát thành ( $\mu$ )		
			Loại ma sát thành		
			Loại D1	Loại D2	Loại D3
Đá dăm	0,11	0,11	0,09	0,09	0,09
Oxít nhôm	0,14	0,16	0,05	0,05	0,05
Thức ăn cho động vật dạng bột trộn	0,08	0,06	0,19	0,19	0,19
Thức ăn cho động vật dạng viên	0,05	0,05	0,14	0,14	0,14
Lúa mạch	0,08	0,10	0,11	0,11	0,11
Ximăng	0,14	0,16	0,05	0,05	0,05
Clanhke ximăng	0,21	0,14	0,05	0,05	0,05
Than đá	0,11	0,11	0,09	0,09	0,09
Than bột	0,14	0,18	0,05	0,05	0,05
Than cốc	0,11	0,11	0,09	0,09	0,09
Bụi tro	0,14	0,12	0,05	0,05	0,05
Bột mì	0,08	0,05	0,11	0,11	0,11
Hạt quặng oxít	0,11	0,11	0,09	0,09	0,09
Vôi tôi	0,14	0,18	0,05	0,05	0,05
Bột đá vôi	0,14	0,16	0,05	0,05	0,05
Ngô	0,10	0,10	0,17	0,17	0,17
Phôphát	0,11	0,13	0,09	0,09	0,09
Khoai tây	0,08	0,09	0,11	0,11	0,11
Cát	0,08	0,07	0,11	0,11	0,11
Xỉ clanhke	0,08	0,07	0,11	0,11	0,11
Hạt đậu nành	0,08	0,12	0,11	0,11	0,11
Đường	0,14	0,14	0,05	0,05	0,05
Củ cải đường	0,11	0,11	0,09	0,09	0,09
Lúa mì	0,08	0,09	0,11	0,11	0,11

## Phụ lục D (Quy định)

### Đánh giá các tính chất của vật liệu rời để dự tính tải trọng si-lô

#### D.1 Mục đích

Phụ lục này mô tả các phương pháp đánh giá các thông số cần thiết trong TCVN XXX 1991-4 để đánh giá tải trọng si-lô, mà không thể đo trực tiếp được.

#### D.2 Hệ số ma sát thành đối với thành dạng sóng

(1) Đối với bề mặt tường loại D4 (gờ, tấm thép định hình hoặc tường có gờ ngang) (xem Hình D.1), hệ số ma sát thành hiệu dụng được xác định bằng:

$$\mu_{eff} = (1 - a_w) \tan \theta_i + a_w \cdot \mu_w \quad (D.1)$$

trong đó:

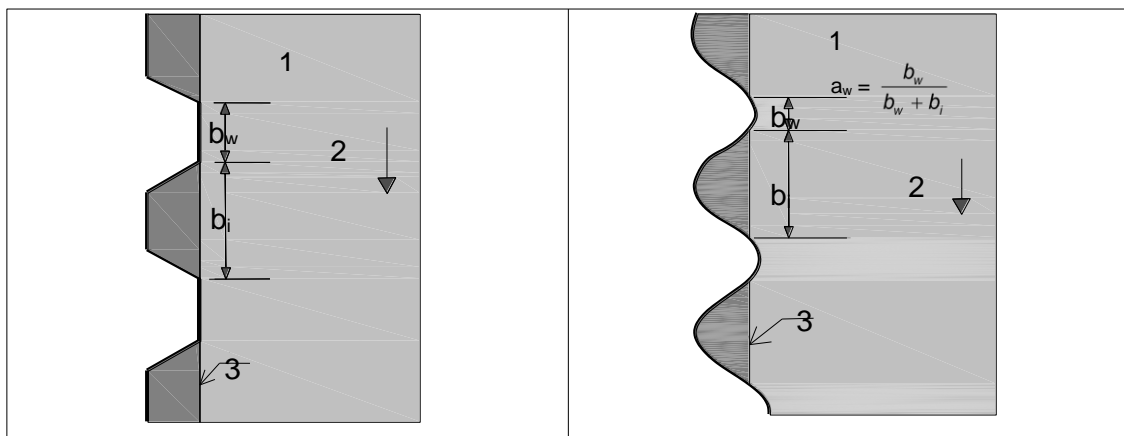
$\mu_{eff}$  là hệ số ma sát thành hiệu dụng;

$\theta_i$  là góc ma sát trong;

$\mu_w$  là hệ số ma sát thành (ma sát với bề mặt tường phẳng);

$a_w$  là hệ số tiếp xúc tường.

CHÚ THÍCH: Đối với bề mặt tường loại D4, hệ số ma sát thành hiệu dụng phụ thuộc vào ma sát bên trong vật liệu rời trong si-lô, hệ số ma sát với tường phẳng, và dạng thép tấm định hình.



a) Mép dạng sóng hình thang

b) Mép dạng sóng hình sin

KÝ HIỆU:

1. Vật liệu rời
2. Dòng chảy vật liệu rời
3. Bề mặt gờ

**Hình D.1 - Kích thước của tấm thép định hình**

(2) Thông số  $a_w$  trong Biểu thức (D.1), biểu thị mức độ dịch chuyển của vật liệu rời với bề mặt thành, được xác định từ hình dạng của thép tấm (lượn sóng hoặc gập) định hình (xem Hình D.1a):

$$a_w = \frac{b_w}{b_w + b_i} \quad (D.2)$$

CHÚ THÍCH: Mặt tiếp xúc giao giữa vùng chuyển động và vùng tĩnh có tiếp xúc một phần với tường si-lô và một phần bề mặt gãy bên trong vật liệu rời. Tỷ lệ mặt tiếp xúc giao này liên quan đến chuyển động của vật liệu rời với tường si-lô được cho bởi  $a_w$ .

(3) Khi cần thiết, cần đưa ra đánh giá thích hợp về cơ chế tiếp xúc giữa vật liệu rời với tường si-lô (xem Hình D.1b).

CHÚ THÍCH: Đối với tường thép tấm gấp hay lượn sóng định hình giống như trong Hình D.1b, giá trị  $a_w$  có thể được lấy bằng 0,20.

### **D.3 Ma sát thành và góc ma sát trong đối với các hạt cỡ lớn khi không có hạt nhỏ**

(1) Hệ số ma sát thành  $\mu$  và góc ma sát trong  $\phi_i$  không thể xác định dễ dàng cho vật liệu rời gồm các hạt lớn nhưng không có hạt nhỏ (ví dụ: đậu lupin, đậu, khoai tây), do đó góc ma sát trong  $\phi_i$  cần được lấy bằng góc nghỉ  $\phi_r$  của đồng vật liệu rời được đổ lên bề mặt gần phẳng.



## Phụ lục E

## (Quy định)

## Giá trị tính chất của vật liệu rời

## E.1 Tổng quát

(1) Phụ lục này đưa ra các giá trị của các tính chất vật liệu rời dùng cho thiết kế.

## E.2 Các giá trị được xác định

(1) Các giá trị sử dụng trong thiết kế được cho trong Bảng E.1.

Bảng E.1 - Các đặc tính của vật liệu rời

Loại vật liệu rời <sup>d, e</sup>	Trọng lượng đơn vị <sup>b</sup> $\gamma$		Góc nghiêng $\phi_r$	Góc ma sát trong $\phi_i$			Hệ số áp lực ngang $K$		Hệ số ma sát thành $\mu (\mu = \tan \phi_w)$				Hệ số tham chiếu của tải trọng cục bộ $C_{op}$
	$\gamma_l$	$\gamma_u$		$\phi_r$	$\phi_{im}$	$a_\phi$	$K_m$	$a_K$	Thành loại D1	Thành loại D2	Thành loại D3	$a_\mu$	
	Giá trị cận dưới	Giá trị cận trên		Trung bình	Hệ số	Trung bình	Hệ số	Trung bình	Trung bình	Trung bình	Hệ số		
	kN/m <sup>3</sup>	kN/m <sup>3</sup>	độ	độ									
Vật liệu mặc định <sup>a</sup>	6,0	22,0	40	35	1,3	0,50	1,5	0,32	0,39	0,50	1,40	1,0	
Đá dăm	17,0	18,0	36	31	1,16	0,52	1,15	0,39	0,49	0,59	1,12	0,4	
Oxít nhôm	10,0	12,0	36	30	1,22	0,54	1,20	0,41	0,46	0,51	1,07	0,5	
Thức ăn cho động vật dạng bột trộn	5,0	6,0	39	36	1,08	0,45	1,10	0,22	0,30	0,43	1,28	1,0	
Thức ăn cho động vật dạng viên	6,5	8,0	37	35	1,06	0,47	1,07	0,23	0,28	0,37	1,20	0,7	
Lúa mạch ☼	7,0	8,0	31	28	1,14	0,59	1,11	0,24	0,33	0,48	1,16	0,5	
Ximăng	13,0	16,0	36	30	1,22	0,54	1,20	0,41	0,46	0,51	1,07	0,5	
Cờ-lanh-ke xi măng #	15,0	18,0	47	40	1,20	0,38	1,31	0,46	0,56	0,62	1,07	0,7	
Than đá ☼	7,0	10,0	36	31	1,16	0,52	1,15	0,44	0,49	0,59	1,12	0,6	
Than bột ☼	6,0	8,0	34	27	1,26	0,58	1,20	0,41	0,51	0,56	1,07	0,5	
Than cốc	6,5	8,0	36	31	1,16	0,52	1,15	0,49	0,54	0,59	1,12	0,6	
Bụi tro	8,0	15,0	41	35	1,16	0,46	1,20	0,51	0,62	0,72	1,07	0,5	
Bột mỳ ☼	6,5	7,0	45	42	1,06	0,36	1,11	0,24	0,33	0,48	1,16	0,6	
Hạt quặng oxít	19,0	22,0	36	31	1,16	0,52	1,15	0,49	0,54	0,59	1,12	0,5	
Vôi tôi	6,0	8,0	34	27	1,26	0,58	1,20	0,36	0,41	0,51	1,07	0,6	

**TCVN XXX 1991-4:20XX**

Bột đá vôi	11,0	13,0	36	30	1,22	0,54	1,20	0,41	0,51	0,56	1,07	0,5
Ngô <sup>a</sup>	7,0	8,0	35	31	1,14	0,53	1,14	0,22	0,36	0,53	1,24	0,9
Phốtphát	16,0	22,0	34	29	1,18	0,56	1,15	0,39	0,49	0,54	1,12	0,5
Khoai tây	6,0	8,0	34	30	1,12	0,54	1,11	0,33	0,38	0,48	1,16	0,5
Cát	14,0	16,0	39	36	1,09	0,45	1,11	0,38	0,48	0,57	1,16	0,4
Cờ-lanh-ke xi	10,5	12,0	39	36	1,09	0,45	1,11	0,48	0,57	0,67	1,16	0,6
Hạt đậu nành	7,0	8,0	29	25	1,16	0,63	1,11	0,24	0,38	0,48	1,16	0,5
Đường <sup>a</sup>	8,0	9,5	38	32	1,19	0,50	1,20	0,46	0,51	0,56	1,07	0,4
Củ cải đường	6,5	7,0	36	31	1,16	0,52	1,15	0,35	0,44	0,54	1,12	0,5
Lúa mì <sup>a</sup>	7,5	9,0	34	30	1,12	0,54	1,11	0,24	0,38	0,57	1,16	0,5

**GHI CHÚ:** Nếu vật liệu chứa trong si-lô không có trong bảng này, thì cần phải tiến hành thí nghiệm.

<sup>a</sup> Trong tình huống khó đánh giá chi phí thí nghiệm, có thể sử dụng các đặc tính của vật liệu mặc định, do ngầm hiểu chi phí sử dụng nhiều đặc tính để thiết kế không đáng kể. Đối với si-lô nhỏ, các đặc tính này có thể là đầy đủ. Tuy nhiên, đối với si-lô lớn, chúng sẽ dẫn đến các thiết kế rất tốn kém, và việc thí nghiệm luôn được ưu tiên xem xét.

<sup>b</sup> Trọng lượng đơn vị của vật liệu rời là giá trị đặc trưng cận trên, được sử dụng để tính toán các tác động. Giá trị đặc trưng dưới cho trong Bảng E.1 được sử dụng bổ trợ trong tính toán thể tích cần thiết của 1 si-lô với một công suất xác định.

<sup>c</sup> Ma sát thành hiệu dụng đối với tường si-lô loại D4 (thành cán sóng) có thể được xác định bằng phương pháp quy định trong mục D.2 của phụ lục D.

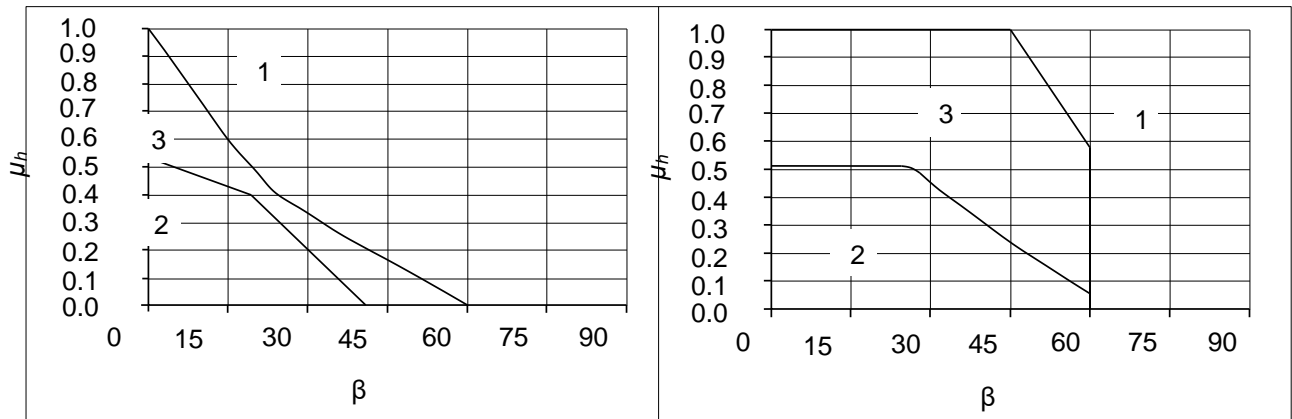
<sup>d</sup> Các vật liệu rời dễ gây nổ bụi trong bảng này được nhận biết bằng dấu hiệu <sup>a</sup>

<sup>e</sup> Các vật liệu rời dễ bị dính kết cơ học được nhận biết bằng dấu hiệu #

**Phụ lục F**  
**(Tham khảo)**  
**Xác định dạng dòng chảy**

**F.1 Dòng chảy khối và dòng chảy kiểu phễu**

(1) Việc xác định dạng dòng chảy cho thiết kế chức năng của si-lô nằm ngoài phạm vi của tiêu chuẩn này. Tuy nhiên, thông tin trong Hình F.1 được đưa ra nhằm cảnh báo cho người thiết kế về khả năng xảy ra áp lực dòng chảy khối trong si-lô. Thông tin này cũng cần thiết nếu sử dụng phương pháp thiết kế phễu trong phụ lục G.



a/ Phễu hình nón

b/ Phễu hình nêm

KÝ HIỆU:

- 1 Dòng chảy kiểu phễu
- 2 Dòng chảy khối
- 3 Dòng chảy khối hoặc dòng chảy kiểu phễu có thể xảy ra giữa các giới hạn này
- $\beta$  Nửa góc ở đỉnh phễu (độ)
- $\mu_h$  Hệ số ma sát thành phễu

GHI CHÚ: Trong khu vực giữa giới hạn của dòng chảy khối với dòng chảy kiểu phễu, dạng dòng chảy phụ thuộc vào các tham số không được đưa vào tiêu chuẩn này.

**Hình F.1 - Điều kiện xuất hiện dòng chảy khối hoặc dòng chảy kiểu phễu  
trong phễu hình nón và phễu hình nêm**

## Phụ lục G

### (Quy định)

#### Các quy định khác cho áp lực lên phễu

##### G.1 Tổng quát

- (1) Phụ lục này đưa ra hai phương pháp thay thế để đánh giá áp lực lên phễu.
- (2) Phương pháp được định nghĩa trong G3 đến G9 có thể sử dụng để xác định áp lực phễu khi nạp và xả liệu. Tuy nhiên, cần lưu ý rằng áp lực tích hợp không tương ứng với trọng lượng của vật liệu rời, nên các biểu thức này cần được xử lý thận trọng.
- (3) Các biểu thức cho trong G.10 có thể sử dụng kết hợp với các biểu thức trong 6.3 để xác định áp lực xả liệu lên các phễu dốc.

##### G.2 Ký hiệu

$h$  Khoảng cách tính từ đỉnh phễu đến điểm giao phễu - thành đường giao phễu – tường (xem hình G.1);

$\rho_n$  Áp lực vuông góc lên tường nghiêng của phễu;

$\rho_{ni}$  Các thành phần của áp lực pháp tuyến lên phễu nghiêng ( $i = 1, 2$  và  $3$ );

$\rho_s$  Áp lực đập tại đường giao phễu – tường.

##### G.3 Định nghĩa

###### G.3.1 Tải trọng đập

Tải trọng cục bộ có thể xuất hiện tại đường giao phễu – tường trong quá trình xả liệu từ si-lô có dòng chảy khối.

##### G.4 Các tình huống thiết kế

- (1) Phễu cần được thiết kế cho trạng thái nạp và xả liệu.
- (2) Dạng dòng chảy cho phễu cần được xác định theo Hình F.1.
- (3) Khi dòng chảy trong si-lô có thể là dòng chảy khối hoặc dòng chảy kiểu phễu, thì việc thiết kế cần kể đến các dạng dòng chảy có thể xảy ra.

##### G.5 Xác định hệ số tăng tải trọng đáy $C_b$

- (1) Đối với si-lô khác với các si-lô xác định trong (2), hệ số tăng tải trọng đáy được xác định như sau:

$$C_b = 1,3 \quad (G.1)$$

- (2) Khi khả năng cao là vật liệu rời có thể sinh ra tải trọng động (xem (3)), thì tải trọng lớn hơn được áp dụng cho phễu hoặc đáy si-lô, hệ số tăng tải trọng đáy phải được lấy như sau:

$$C_b = 1,6 \quad (G.2)$$

- (3) Các tình huống mà các điều kiện trong (2) có thể xảy ra bao gồm:

- Khi si-lô có tiết diện tường đứng mảnh sử dụng để bảo quản vật liệu rời mà không được xếp vào loại lực dính thấp (xem 1.5.23);

- Khi vật liệu rời dễ bị kết dính cơ học (ví dụ: cò-lanh-ke xi măng).

CHÚ THÍCH: Việc đánh giá lực dính  $c$  của vật liệu rời được cho trong C.9. Lực dính này được xếp loại lực dính thấp nếu sự cố kết dưới ứng suất pháp tuyến  $\sigma_r$ , thì lực dính  $c$  không vượt quá  $c/\sigma_r = 0,04$  (xem 1.5.23).

### G.6 Áp lực nạp liệu lên đáy phẳng và đáy gần phẳng

- (1) Tải trọng theo phương đứng tác động lên đáy phẳng hoặc đáy gần phẳng (với độ nghiêng  $\alpha \leq 20^\circ$ ) của si-lô được xác định như sau:

$$P_{vfb} = C_b \cdot P_{vf} \quad (G.3)$$

trong đó:

$P_{vf}$  được tính bằng Biểu thức (5.3) hoặc (5.79) ở độ sâu  $z$  dưới bề mặt tương đương;

$C_b$  là hệ số tăng tải trọng đáy.

### G.7 Áp lực nạp liệu lên phễu

- (1) Nếu độ nghiêng của tường phễu với phương ngang lớn hơn  $20^\circ$  (xem Hình 1.1b) thì áp lực vuông góc với tường phễu nghiêng  $p_n$  được tính như sau:

$$p_n = p_{n3} + p_{n2} + (p_{n1} - p_{n2}) \frac{x}{l_h} \quad (G.4)$$

trong đó:

$$p_n = p_{vft} (C_b \cdot \sin^2 \beta + \cos^2 \beta) \quad (G.5)$$

$$p_{n2} = p_{vft} C_b \sin^2 \beta \quad (G.6)$$

$$p_{n3} = 3,0 \frac{A}{U} \frac{\gamma \cdot K}{\sqrt{\mu_h}} \cos^2 \beta \quad (G.7)$$

trong đó:

$\beta$  là độ dốc của phễu so với phương đứng (xem Hình G.1);

$x$  là chiều dài giữa 0 và  $l_h$  (xem Hình G.1)

$p_{n1}$  và  $p_{n2}$  là các áp lực lên phễu do áp lực theo phương đứng của vật liệu rời tại đường giao phễu-tường gây ra;

$p_{n3}$  là áp lực lên phễu do vật liệu rời trong phễu gây ra;

$C_b$  là hệ số tăng tải trọng đáy;

$p_{vft}$  là áp lực theo phương đứng tác động tại cao độ tại đường giao phễu-tường sau khi nạp liệu, được xác định bằng Công thức (5.3) hoặc (5.79);

$\mu_h$  là giá trị đặc trưng của hệ số ma sát thành trong phễu (giá trị đặc trưng cận dưới);

$K$  là giá trị đặc trưng của hệ số áp lực ngang trong đoạn tường đứng;

$A$  diện tích tiết diện ngang của đoạn tường đứng;

$U$  Chu vi trong của mặt cắt ngang của đoạn tường đứng.

(2) Giá trị của áp lực ma sát thành  $p_t$  được tính bằng:

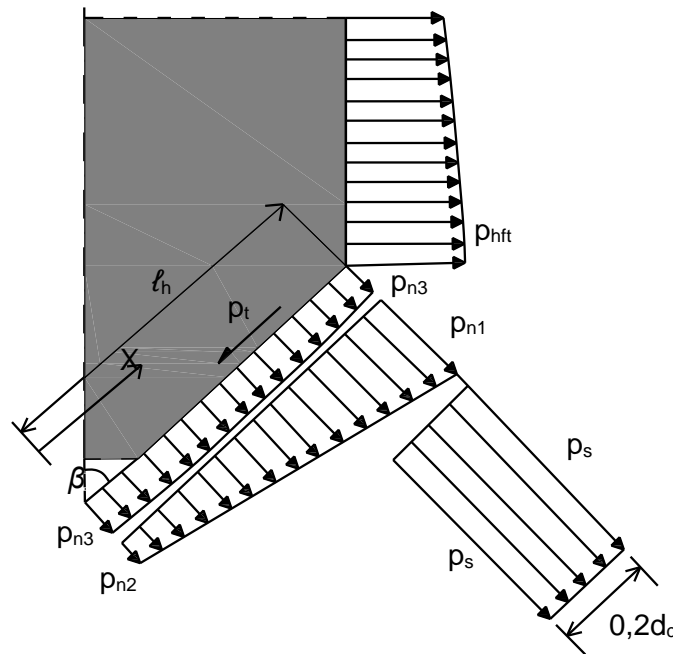
$$p_t = p_n \mu_h \quad (G.8)$$

trong đó:

$p_n$  được xác định theo Biểu thức (G.4).

(3) Khi xác định áp lực theo các Biểu thức G.5, G.6 và G.7, nên sử dụng cùng một giá trị đặc trưng của  $K$ . Cả hai giá trị đặc trưng cận trên và cận dưới cần được xem xét.

CHÚ THÍCH: Do giá trị đặc trưng cận dưới của  $K$  cho giá trị lớn nhất của  $p_{vt}$ , còn giá trị đặc trưng cận trên của  $K$  cho giá trị lớn nhất của  $p_{n3}$ , nên không thể đưa ra kết luận là giá trị đặc trưng nào sẽ gây ra trường hợp tải trọng bất lợi nhất cho phễu. Cả hai giá trị đặc trưng đều phải được kiểm tra.



Hình G.1 - Quy tắc cho tải trọng phễu

### G.8 Áp lực xả liệu tác dụng lên đáy phẳng hoặc đáy gần phẳng

(1) Đối với si-lô đáy phẳng hoặc đáy gần phẳng (độ nghiêng  $\alpha \leq 20^\circ$ ), tải trọng khi dỡ liệu có thể được xác định bằng hướng dẫn dẫn cho tải trọng khi nạp liệu (xem G.6).

### G.9 Áp lực xả liệu lên phễu

(1) Đối với si-lô có dòng chảy kiểu phễu, tải trọng khi xả liệu lên phễu có thể được xác định bằng cách sử dụng hướng dẫn cho tải trọng khi nạp liệu (xem G.7).

(2) Đối với si-lô có dòng chảy khối, áp lực pháp tuyến cố định bổ sung, tải trọng đập  $p_s$  (xem Hình G.1) tác dụng trên đoạn nghiêng bằng  $0,2d_c$  phía dưới dọc tường phễu và quanh chu vi phễu, được xác định như sau:

$$p_s = 2 \cdot K \cdot p_{vft} \quad (G.9)$$

trong đó:

$p_{vft}$  là áp lực theo phương đứng tác dụng tại đường giao phễu – tường sau khi nạp liệu được xác định bằng Biểu thức (5.3) hoặc (5.79).

**G.10 Hệ số áp lực phễu khi xả liệu  $F_e$** 

(1) Khi xả liệu, ứng suất trung bình theo phương đứng của vật liệu rời tại một cao độ trong phễu dốc có thể được xác định bằng các Biểu thức (6.7) và (6.8), trong đó giá trị của thông số  $F$  được xác định theo:

$$F_e = \left( \frac{1}{1 + \mu \cot \beta} \right) \left\{ 1 + 2 \left[ 1 + \left( \frac{\sin \phi_i}{1 + \sin \phi_i} \right) \left( \frac{\cos \varepsilon \sin(\varepsilon - \beta)}{\sin \beta} \right) \right] \right\} \quad (\text{G.10})$$

trong đó:

$$\varepsilon = \beta + \frac{1}{2} \left( \phi_{wh} + \sin^{-1} \left\{ \frac{\sin \phi_{wh}}{\sin \phi_i} \right\} \right) \quad (\text{G.11})$$

$$\phi_{wh} = \tan^{-1} \mu_h \quad (\text{G.12})$$

với:

$\mu_h$  là giá trị đặc trưng cận dưới của hệ số ma sát thành trong phễu;

$\phi$  là góc ma sát trong của vật liệu rời.

CHÚ THÍCH: Khi chấp nhận lý thuyết về áp lực phễu trong phần này, thì Biểu thức (G.10) phải được sử dụng để thay thế cho Biểu thức (6.21). Biểu thức xác định  $F_e$  dựa trên lý thuyết hoàn thiện hơn của Enstad cho áp lực xả liệu.

**Phụ lục H**  
**(Tham khảo)**  
**Tác động do nổ bụi**

**H.1 Tổng quát**

(1) Phụ lục này đưa ra khuyến nghị về thiết kế phù hợp đối với các tác động do nổ bụi.

**H.2 Phạm vi**

(1) Phụ lục này áp dụng cho tất cả si-lô và các bể chứa tương tự, dùng để chứa, sản xuất, xử lý hoặc dỡ bụi không độc để cháy và/hoặc để nổ với khối lượng lớn.

(2) Khi khả năng nổ bụi có thể được loại trừ một cách chắc chắn do tiến hành các biện pháp phòng ngừa đặc biệt trong thiết kế nhà máy, thì các quy định của phụ lục này không cần phải xét đến.

(3) Khi khả năng nổ bụi trong nhà máy hiện hữu vẫn đang được đánh giá, thì có thể sử dụng phụ lục này. Trong trường hợp này, cần phải xem xét các điều kiện thực tế, chứ không phải là điều kiện thiết kết. Khi có nghi ngờ, nên tham khảo ý kiến của chuyên gia.

**H.3 Ký hiệu**

$p_{max}$  áp lực quá tải lớn nhất

$p_{red}$  áp lực nổ lớn nhất được làm giảm

$p_a$  áp lực giải phóng ban đầu

**H.4 Bụi nổ và các tính chất liên quan**

(1) Nhiều loại vật liệu rời khác nhau sinh ra bụi có thể gây nổ. Vụ nổ bụi có thể có trong cả bụi hữu cơ và vô cơ, khi các hạt đủ nhỏ, phân bố đều trong không khí, có thể phản ứng với oxy gây ra phản ứng tỏa nhiệt liên tục.

(2) Áp lực sinh ra trong các vụ nổ của các loại vật liệu rời bình thường chứa trong si-lô vào khoảng từ 8 đến 10 bar trong không gian kín không được thông khí.

(3) Các thông số thiết kế chính của nổ bụi là:

- giá trị bụi  $K_{ST}$ ;

- áp lực lớn nhất  $p_{max}$ ;

(4) Giá trị bụi có thể được xác định từ tỉ lệ tăng áp suất ( $dp/dt$ ).

(5) Thiết kế cần phải tuân thủ quy trình trong EN 26184-1.

(6) Các loại bụi gây nổ quan trọng nhất là: xen-lu-lô, phân bón, bột đậu, thức ăn động vật, cao su, hạt ngũ cốc, gỗ, bụi gỗ, than non, vật liệu tổng hợp, ngũ cốc nghiền, tinh bột ngô, mạch nha, bột lúa mạch đen, bột mỳ, sữa bột, giấy, bột nhuộm, bột đậu nành, các sản phẩm giặt tẩy, đường.

**H.5 Nguồn kích nổ**

(1) Thông thường, một nguồn năng lượng nhỏ cũng đủ để kích nổ các loại bụi trên. Các nguồn kích nổ điển hình trong si-lô hoặc phòng lân cận và do việc lắp đặt bao gồm:

- các bề mặt nóng do ma sát gây ra do khuyết tật trong máy móc;

- tia lửa do hàn, mài và cắt trong công tác sửa chữa;



- tro nóng đổ vào si-lô cùng với vật liệu rời;
- tia lửa do các nguồn lạ;
- các sản phẩm điện không phù hợp hoặc bị lỗi (ví dụ thiết bị chiếu sáng cố định);
- sự tăng nhiệt trong quá trình sấy khô; và
- nguồn kích nổ tự phát do tĩnh điện.

## H.6 Các biện pháp phòng ngừa

(1) Thiệt hại do nổ được giảm thiểu bằng cách hạn chế vùng nổ trong khoảng không gian xuất hiện nổ. Vụ nổ cần được ngăn chặn để không lan truyền sang các phần khác. Áp lực của vụ nổ cũng cần được giảm tối đa.

(2) Hậu quả của vụ nổ có thể được hạn chế bằng các biện pháp phòng ngừa thích hợp trong giai đoạn lập dự án (ví dụ như kết hợp tường ngăn nổ giống như tường ngăn cháy).

(3) Về nguyên tắc, các vùng giữa các tường ngăn nổ phải được thiết kế cho một trong các điều kiện sau:

- khi không sử dụng thông khí có khả năng chịu được áp lực nổ lớn nhất  $p_{max}$ , hoặc
- khi sử dụng thông khí thích hợp, có khả năng chịu được áp lực nổ thiết kế được giảm  $p_{red}$ .

(4) Giá trị của áp lực thiết kế được giảm  $p_{red}$  phụ thuộc vào loại bụi, kích thước khoảng không gian được thông khí, diện tích thông khí, áp lực giải phóng ban đầu  $p_a$  và quán tính của hệ thống thông khí.

(5) Việc thiết kế cho hậu quả của vụ nổ cần xem xét ảnh hưởng phần lửa bùng qua cửa thông khí. Phần lửa này không được phải làm hư hỏng môi trường xung quanh hoặc gây nổ ở phần lân cận.

(6) Thiết kế phải xét đến việc hạn chế được sự nguy hiểm cho con người từ các mảnh kính hoặc các cấu kiện khác. Khi có thể, các lỗ thông khí phải hướng trực tiếp vào các không gian mở thông qua các cửa thông khí được bố trí trước để làm giảm được áp lực nổ. Trong các si-lô đơn, việc này có thể đạt được bằng cách sử dụng mái thông khí. Trong trường hợp các si-lô lồng nhau, có thể sử dụng cầu thang hoặc cửa sổ đặt cao trên mặt đất.

(7) Hệ thống thông khí phải được khởi động tại áp suất thấp và phải có quán tính thấp.

(8) Phải xét khả năng sự khởi động nhanh hệ thống thông khí dưới áp suất thấp có thể giải phóng một lượng lớn bụi không khí hỗn hợp. Trong trường hợp này, phải xem xét sử dụng hệ thống có quán tính lớn hơn.

## H.7 Thiết kế cấu kiện kết cấu

(1) Áp lực thiết kế do nổ phải được xem là tải trọng bất thường lên tất cả các cấu kiện kết cấu.

## H.8 Áp lực thiết kế

(1) Tất cả các cấu kiện chịu lực và các cấu kiện sử dụng vào mục đích ngăn nổ phải được thiết kế chịu được áp lực thiết kế do nổ bụi.

## H.9 Thiết kế chịu áp lực âm

(1) Các lực quán tính sinh ra do việc xả khí nhanh sau đó làm lạnh các hơi nóng phải được xét đến trong thiết kế. Đây là các ảnh hưởng kèm theo của vụ nổ và có thể tạo ra áp suất âm, cần được xét đến trong thiết kế.

**H.10 Thiết kế thiết bị thông khí**

(1) Tất cả các bộ phận liên quan của thiết bị thông khí phải được bảo vệ để không bị tách rời do tác động của sóng áp lực nổ (ví dụ: các cửa ngăn nổ phải được cố định tại các liên kết; các nắp phải được buộc chặt bằng dây thừng hoặc biện pháp cố định tương tự).

CHÚ THÍCH: Thiết kế có thể tuân theo quy trình nêu trong DIN báo cáo số 140 “Thiết kế si-lô chịu nổ bụi” do nhà xuất bản Beuth-Verlag xuất bản tháng 1 năm 2005.

**H.11 Các phản lực do thông khí**

(1) Khi sử dụng thông khí, các phản lực phải được xét đến trong thiết kế các hệ thống đỡ. Điều này đặc biệt quan trọng đối với các kết cấu nhẹ có các khu vực thông khí nằm ngang và trong trường hợp bố trí thông khí không đối xứng trên mặt cắt ngang của si-lô.

CHÚ THÍCH: Thiết kế có thể tuân theo quy trình nêu trong DIN báo cáo số 140 “Thiết kế si-lô chịu nổ bụi” do nhà xuất bản Beuth-Verlag xuất bản tháng 1 năm 2005.

**Phụ lục Quốc gia**

(quy định)

kèm theo TCVN XXX 1991-1-7:20XX

**Tác động lên kết cấu – Phần 1-7: Tác động chung – Tác động bất thường****NA.1 Phạm vi**

a) Phụ lục này đưa ra các lựa chọn Thông số quốc gia áp dụng cho điều kiện Việt Nam được mô tả trong các điều khoản sau của TCVN XXX 1991-1-7:2022:

- 2.5 (5)
- 3.6 (2)
- 5.2.4.3.1 (3)
- 5.4.1 (3)
- 5.4.1 (4)
- A.4 (3)
- B.2.14 (1)

**NA.2 Lựa chọn các thông số quốc gia áp dụng cho điều kiện Việt Nam****NA. 2.1 Cấp tác động đối với si lô**

[TCVN XXX 1991-4:20XX, 2.5 (5)]

**Bảng NA.1 – Đề xuất phân loại si lô để đánh giá tác động**

<b>Cấp tác động</b>	<b>Sự mô tả</b>
Cấp 3	Silo có sức chứa trên 5 000 tấn Silo có sức chứa trên 200 tấn trong các tình huống thiết kế sau: a) độ lệch tâm với $e_0/d_c > 0,25$ (xem TCVN XXX 1991-4:20XX, Hình 1.1b) b) silo đứng có độ lệch tâm mặt trên $e_1/d_c > 0,25$ c) tất cả các silo không được gia cố đầy đủ xung quanh chu vi d) silo được sử dụng để đồng nhất và pha trộn, silo chứa kết cấu bên trong
Cấp 2	Tất cả các silo nằm trong tiêu chuẩn này và không được xếp vào cấp khác
Cấp 1	Si lô có công suất dưới 100 tấn

CHÚ THÍCH: Các giá trị phải được xác định cho từng dự án bằng cách sử dụng các giá trị tối thiểu trong bảng này.

**NA.2.2 Hướng dẫn về áp suất tác dụng lên các kết cấu gần si lô do nổ bên trong**

## **TCVN XXX 1991-4:20XX**

### **[TCVN XXX 1991-4:20XX, 3.6 (2)]**

Xác định đối với từng dự án cụ thể.

### **NA.2.3 Các giá trị của $k_1$ , $k_2$ và $k_3$**

#### **[TCVN XXX 1991-4:20XX, 5.2.4.3.1 (3)]**

Các giá trị sau nên được sử dụng:

–  $k_1 = 0,35$ ;

–  $k_2 = 0,50$ ;

–  $k_3 = 0,65$ .

### **NA.2.4 Phương pháp xác định áp suất ngang $p_h$**

#### **[TCVN XXX 1991-4:20XX, 5.4.1 (3)]**

Sử dụng công thức được khuyến nghị.

### **NA.2.5 Phương pháp được sử dụng để xác định các lực dọc $n_{zsk}$**

#### **[TCVN XXX 1991-4:20XX, 5.4.1 (4)]**

Sử dụng công thức được khuyến nghị.

### **NA.2.6 Hệ số tổ hợp $\psi$**

#### **[TCVN XXX 1991-4:20XX, A.4 (3)]**

Sử dụng các giá trị khuyến nghị.

### **NA.2.7 Tải trọng do tác động ngẫu nhiên đối với bể chứa**

#### **[TCVN XXX 1991-4:20XX, B.2.14(1)]**

Xác định đối với từng dự án cụ thể.

## **NA.3 Tình trạng áp dụng của các phụ lục tham khảo**

### **NA.3.1 Cơ sở thiết kế - các bổ sung của TCVN XXX 1990 đối với si lô và bể chứa**

#### **[TCVN XXX 1991-4:20XX, Phụ lục A]**

Phụ lục A, TCVN XXX 1991-4:20XX có thể được tham khảo sử dụng.

### **NA.3.2 Tác động, hệ số riêng và hệ số tổ hợp của các tác động lên si lô**

#### **[TCVN XXX 1991-4:20XX, Phụ lục B]**

Phụ lục B, TCVN XXX 1991-4:20XX có thể được tham khảo sử dụng.

### **NA.3.3 Xác định kiểu dòng chảy**

#### **[TCVN XXX 1991-4:20XX, Phụ lục F]**

Phụ lục F, TCVN XXX 1991-4:20XX có thể được tham khảo sử dụng.

**NA.3.4 Các tác động do nổ bụi**

**[TCVN XXX 1991-4:20XX, Phụ lục H]**

Phụ lục H, TCVN XXX 1991-4:20XX có thể được tham khảo sử dụng.