

# SO SÁNH CƯỜNG ĐỘ XI MĂNG THỬ THEO ASTM C109/109M CỦA MỸ VÀ TCVN 6016 : 2011 (ISO 679 : 2009) CỦA VIỆT NAM

PGS.TS. CAO DUY TIẾN, TS. NGUYỄN ĐỨC THẮNG

Viện KHCN Xây dựng

TS. NGUYỄN LÊ THI

Tổng cục Tiêu chuẩn, Đo lường, Chất lượng Việt Nam

*Tóm tắt: Bài báo này trình bày kết quả so sánh cường độ xi măng thử theo tiêu chuẩn TCVN 6016 : 2011 của Việt Nam và ASTM C109 của Mỹ trên một số mẫu xi măng pooc lăng (PC) và xi măng pooc lăng hỗn hợp (PCB) sản xuất tại Việt Nam. Kết quả cho thấy: cường độ xi măng thử theo tiêu chuẩn của Việt Nam có giá trị cao hơn cường độ xi măng thử theo tiêu chuẩn của Mỹ  $1,27 \pm 0,13$  lần đối với xi măng pooc lăng và  $1,42 \pm 0,19$  lần đối với xi măng pooc lăng hỗn hợp; và xi măng PC50, PCB50 của Việt Nam có thể được sử dụng như xi măng Type I, Type IT theo các tiêu chuẩn Mỹ ASTM C150, ASTM C595 để chọn thành phần bê tông (theo ACI 211.1) cho các kết cấu bê tông thiết kế theo tiêu chuẩn Mỹ ACI 318.*

*Từ khóa: Cường độ, xi măng pooc lăng, xi măng pooc lăng hỗn hợp.*

*Abstract: This paper present comparision of TCVN 6016 : 2011 and ASTM C109 tests for cement strength on some ordinary (PC) and blended (PCB) portland cements produced in Vietnam. Results show that, the compressive strength values tested by Vietnam standard are higher than by American standard  $1,27 \pm 0,13$  times for Portland Cement and  $1,42 \pm 0,19$  times for Blended Portland Cement; and Vietnam cements PC50, PCB50 may be used as cements Type I, Type IT in American standards ASTM C150, ASTM C595 to select concrete proportions (according to ACI 211.1) for designed by American standard ACI 318 concrete structures.*

*Key words: Strength, Portland cement, Blended Portland Cement.*

## 1. Đặt vấn đề

Cường độ là một trong các chỉ tiêu chất lượng quan trọng nhất của xi măng. Cường độ xi măng của

Việt Nam và Mỹ được xác định theo các tiêu chuẩn khác nhau [1, 2]. Kết quả thí nghiệm so sánh cường độ xi măng theo tiêu chuẩn ISO 679:2009 (tương đồng TCVN 6016:2011 [1] của Việt Nam) với tiêu chuẩn ASTM C109 [2] của Mỹ trên 6 nhóm xi măng pooc lăng của các tác giả B. E. Foster and R. L. Blaine [3] đã cho thấy, cường độ xi măng thử theo ISO 679 có cường độ cao hơn theo ASTM C109 từ 25 đến 95%, phụ thuộc vào mức cường độ, tuổi thí nghiệm và độ mịn của xi măng. Để có tương quan giữa cường độ xi măng thử theo tiêu chuẩn của Việt Nam với cường độ xi măng theo tiêu chuẩn của Mỹ và sử dụng chúng trong việc chọn thành phần bê tông theo ACI 211.1 [4] của Mỹ, đã thử nghiệm so sánh cường độ xi măng theo hai tiêu chuẩn [1,2] trên một số mẫu xi măng PC và PCB sản xuất tại Việt Nam.

## 2. Vật liệu, thiết bị, cấp phối và điều kiện thí nghiệm

### 2.1 Vật liệu

- Xi măng: gồm 13 mẫu xi măng PC và 13 mẫu xi măng PCB do một nhà máy xi măng tại thành phố Hồ Chí Minh sản xuất trong giai đoạn từ tháng 12/2018 đến tháng 6/2019.

- Cát: gồm 2 loại, được khai thác chế tạo, bao gói theo trọng lượng chuẩn từ nguồn cát trắng Cam Ranh, tỉnh Khánh Hòa. Cát để thử xi măng theo TCVN 6016 có thành phần hạt, chất lượng phù hợp TCVN 6227:1996 (còn gọi là cát ISO). Cát để thử cường độ xi măng theo ASTM C109 [2] có thành phần hạt và tính chất phù hợp ASTM C 778 (loại graded sand). Sự khác nhau chính giữa 2 loại cát là ở thành phần hạt (bảng 1), theo đó cát theo ASTM C778 có cấp phối hạt mịn nhiều hơn so với cát ISO.

## QUY CHUẨN - TIÊU CHUẨN

**Bảng 1. Thành phần hạt của cát**

Thứ tự	Cát để thử xi măng theo tiêu chuẩn TCVN 6016		Cát để thử xi măng theo tiêu chuẩn ASTM C109	
	Kích thước lỗ sàng	% tích lũy trên sàng	Kích thước lỗ sàng	% tích lũy trên sàng
1	2,0 mm	0	1,18 mm	0
2	1,6 mm	7 ± 5	600 µm	0-4
3	1,0 mm	33 ± 5	425 µm	25-35
4	0,5 mm	67 ± 5	300 µm	70-80
5	0,16 mm	87 ± 5	150 µm	96-100
6	0,08 mm	99 ± 1		

### 2.2 Thiết bị

Gồm 2 bộ thiết bị chuẩn để thử cường độ xi măng theo TCVN 6016 : 2011 [1] và ASTM C109 [2]. Sự khác nhau cơ bản giữa 2 bộ thiết bị là vữa theo [1] được trộn và đầm bằng bàn lăn,

theo [2] được trộn bằng máy, đầm bằng tay (thanh đầm).

### 2.3 Cấp phối vữa và mẫu thí nghiệm

Cấp phối vữa và mẫu thí nghiệm theo hai tiêu chuẩn có sự khác nhau như trên bảng 2.

**Bảng 2. Cấp phối vữa và mẫu thí nghiệm cường độ nén**

Cấp phối vữa và mẫu thử	TCVN 6016:2011	ASTM C109/109M
Tỷ lệ xi măng:cát (X:C)	1:3	1:2,75
Tỷ lệ nước/xi măng (N/X)	0,5	0,485
Mẫu thí nghiệm	Nửa đầm 40x40x160 mm	Lập phương 50x50x50 mm

### 2.4 Nhiệt độ phòng thí nghiệm

Tất cả các mẫu đều thí nghiệm ở  $27 \pm 2$  °C theo tiêu chuẩn nhiệt độ phòng thí nghiệm chuẩn của Việt Nam, khác với  $23 \pm 2$  °C theo tiêu chuẩn Mỹ [1].

### 3.1 Tương quan cường độ xi măng thử theo tiêu chuẩn Việt Nam và Mỹ

Thí nghiệm thực hiện tại Quatest 3, Tổng cục Tiêu chuẩn - Đo lường - Chất lượng, được trình bày trên bảng 3 và bảng 4.

### 3. Kết quả thí nghiệm và bình luận

**Bảng 3. Kết quả thí nghiệm cường độ xi măng PC theo ASTM C109 ( $R_{astm}$ ) và TCVN 6016 ( $R_{tcvn}$ )**

Mẫu xi măng	Cường độ sau 1 ngày		Cường độ sau 3 ngày		Cường độ sau 7 ngày		Cường độ sau 28 ngày		Tương quan $R_{tcvn}/R_{astm}$			
	$R_{astm}$ Mpa	$R_{tcvn}$ Mpa	$R_{astm}$ Mpa	$R_{tcvn}$ Mpa	$R_{astm}$ Mpa	$R_{tcvn}$ Mpa	$R_{astm}$ Mpa	$R_{tcvn}$ Mpa	$k_{1ng}=(2)/(1)$	$k_{3ng}=(4)/(3)$	$k_{7ng}=(6)/(5)$	$k_{28ng}=(8)/(7)$
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)
1	14.2	18.2	28.7	40.1	-	45.9	45.9	56.8	1,28	1,40	-	1,24
2	-	-	33.9	39.4	37.0	45.7	49.2	55.9	-	1,16	1,24	1,14
3	14.9	20.3	26.8	33.8	-	38.9	46.3	50.0	1,36	1,26	-	1,08
4	-	-	26.3	35,0	34.6	42,0	41,0	58,1	-	1,33	1,21	1,42
5	16.4	21.6	25.9	31.9	-	44.1	41.3	51.0	1,32	1,23	-	1,23
6	-	-	24.2	32,0	32,8	42,6	44,1	52,2	-	1,32	1,30	1,18
7	16.8	20.4	25.9	32.8	-	44.3	38.6	50.3	1,21	1,27	-	1,30
8	-	-	25.4	33.1	30.6	41.3	39.4	50.6	-	1,30	1,35	1,28
9	16.4	19.6	32.5	39.0	-	42.3	46.8	54.2	1,20	1,20	-	1,16
10	-	-	26.9	35.8	37.3	45.0	45.2	56.3	-	1,33	1,21	1,25
11	15.7	19.8	25.2	35.8	-	45.8	45.9	56.6	1,26	1,42	-	1,23
12	-	-	24.6	34.6	34.7	43.6	44.7	57,0	-	1,41	1,26	1,28
13	-	-	26.4	35.2	34.2	43.8	39.9	54.5	-	1,33	1,28	1,37
$R_{tb}$	15,7	20,0	27,1	35,3	34,5	43,5	43,7	54,1	1,27	1,30	1,26	1,24

**Bảng 4. Kết quả thí nghiệm cường độ xi măng PCB theo ASTM C109 ( $R_{astm}$ ) và TCVN 6016 ( $R_{tcvn}$ )**

Mẫu xi măng	Cường độ sau 3 ngày ( $R_3$ ), Mpa		Cường độ sau 7 ngày ( $R_7$ ), Mpa		Cường độ sau 28 ngày ( $R_{28}$ ), Mpa		Tương quan $R_{tcvn}/R_{astm}$		
	$R_{astm}$	$R_{tcvn}$	$R_{astm}$	$R_{tcvn}$	$R_{astm}$	$R_{tcvn}$	$k_{3ng}=(2)/(1)$	$k_{7ng}=(4)/(3)$	$k_{28ng}=(6)/(5)$
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
1	16.6	23.9	24.9	39.1	42.6	57.8	1,44	1,57	1,36
2	17.3	24.9	24.7	36.1	39.3	60.2	1,44	1,46	1,53
3	18.1	21.0	24.6	35.4	43.7	53.8	1,17	1,44	1,23

# QUY CHUẨN - TIÊU CHUẨN

Mẫu xi măng	Cường độ sau 3 ngày (R <sub>3</sub> ), Mpa		Cường độ sau 7 ngày (R <sub>7</sub> ), Mpa		Cường độ sau 28 ngày (R <sub>28</sub> ), Mpa		Tương quan R <sub>tcvn</sub> /R <sub>aatm</sub>		
	R <sub>astm</sub>	R <sub>tcvn</sub>	R <sub>astm</sub>	R <sub>tcvn</sub>	R <sub>astm</sub>	R <sub>tcvn</sub>	k <sub>3ng</sub> =(2)/(1)	k <sub>7ng</sub> =(4)/(3)	k <sub>28ng</sub> =(6)/(5)
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
4	16.2	22.3	24.6	36.2	38.2	56.7	1,38	1,47	1,48
5	16.2	22.1	23.9	39.1	41.1	54.1	1,36	1,64	1,32
6	17.6	20.8	25.5	34.4	37,0	57.7	1,18	1,35	1,56
7	14.4	19.7	23.0	33.8	39.4	55.0	1,37	1,47	1,40
8	16.1	19.9	24.4	34.8	40.0	54.6	1,24	1,43	1,37
9	17.0	24.3	26.2	35.7	44.1	56.2	1,43	1,36	1,27
10	16.5	24.3	24.5	38.1	41.8	57.7	1,47	1,56	1,38
11	16.5	22.9	25.8	38.7	39.4	56.5	1,39	1,50	1,43
12	17.1	23.1	24.7	37.7	40.5	57.7	1,35	1,53	1,42
13	14.7	22.8	23.2	39.9	40.2	60.5	1,55	1,72	1,50
R <sub>tb</sub>	16,5	22,5	24,6	36,8	40,6	56,8	1,37	1,50	1,40

Kết quả thí nghiệm trên bảng 3 và 4 cho thấy một số đặc điểm sau:

a) Tuổi thí nghiệm (trong phạm vi 1 – 28 ngày) của xi măng, sản xuất trên dây chuyền ổn định về vật liệu và công nghệ, gây ảnh hưởng không lớn đến tương quan  $k = R_{tcvn}/R_{aatm}$ , cụ thể:

- Đối với xi măng PC:  $k_{1ng} = 1,27$ ,  $k_{3ng} = 1,30$ ,  $k_{7ng} = 1,26$ ,  $k_{28ng} = 1,24$ , trung bình 1,27. Sai lệch k ở các tuổi so với trung bình 0 - 2,3%;
- Đối với xi măng PCB:  $k_{3ng} = 1,37$ ,  $k_{7ng} = 1,50$ ,  $k_{28ng} = 1,40$ , trung bình 1,42. Sai lệch k ở các tuổi so với trung bình 3,5 – 5,6%.

b) Giá trị k trung bình và mức dao động tính trên tập hợp 39 số liệu với xác suất 95% là:

- $k = 1,27 \pm 0,13$  đối với xi măng PC (phương sai  $s = 0,0785$ ,  $1,64s = 1,1287$ );
- $k = 1,42 \pm 0,19$  đối với xi măng PCB ( $s = 0,1169$ ,  $1,64s = 0,1919$ ).

### 3.2 Sự đáp ứng yêu cầu về cường độ của xi măng sản xuất tại Việt Nam so với xi măng theo tiêu chuẩn Mỹ

Cường độ xi măng thí nghiệm (tn) được đối chiếu với tiêu chuẩn ASTM C150 [5] và C595 [6] của Mỹ trên bảng 5.

**Bảng 5.** So sánh cường độ xi măng đã thí nghiệm với cường độ xi măng tối thiểu theo tiêu chuẩn Mỹ [5,6]

Tuổi mẫu	Đối chiếu tiêu chuẩn ASTM C150							Đối chiếu tiêu chuẩn ASTM C595				
	R <sub>tb</sub>	v	R <sub>min, tn</sub>	R <sub>min, Type I</sub>	R <sub>min, Type III</sub>	$\frac{R_{min}}{R_{Type I}}$	$\frac{R_{min}}{R_{Type III}}$	R <sub>tb</sub>	v	R <sub>min, tn</sub>	R <sub>min, Type IT</sub>	$\frac{R_{min}}{R_{Type IT}}$
1	15,7	0,064	14,1	-	12	-	1,18	-	-	-	-	-
3	27,1	0,108	22,3	12	24	1,86	0,93	16,5	0,063	14,8	13	1,14
7	34,5	0,067	30,7	19	-	1,61	-	24,6	0,037	23,1	20	1,15
28	43,7	0,076	38,3	-	-	-	-	40,6	0,051	37,2	25	1,49

Ghi chú: Trong bảng 5: R<sub>tb</sub> và hệ số biến động v được tính toán từ số liệu thí nghiệm bảng 3 và 4; R<sub>min,tn</sub> = R<sub>tb</sub> (1-1,64v); R<sub>min,Type I</sub>, R<sub>min,Type III</sub> được dẫn từ ASTM C150 [5] và R<sub>min, Type IT</sub> - từ ASTM C595 [6].

Kết quả bảng 5 cho thấy, xi măng PC đã thí nghiệm (đạt PC50 theo TCVN 2682:2009) đáp ứng yêu cầu cường độ so với xi măng C150 Type I với mức an toàn khá lớn (1,61 – 1,86), nhưng chưa đáp ứng C150 Type III (loại đóng rắn nhanh) vì không đủ cường độ xi măng ở tuổi 3 ngày. Xi măng PCB đã thí nghiệm (đạt PCB 50 theo TCVN 6260:2009) đáp ứng yêu cầu đối với xi măng pooc lăng hỗn hợp IT theo

C595 với mức an toàn hợp lý ở tuổi 3, 7 ngày (1,14 – 1,15) và mức an toàn khá cao ở tuổi 28 ngày (1,49).

### 3.3 Cường độ xi măng cần thiết để đáp ứng cường độ bê tông theo ACI 211.1 của Mỹ

ACI 211.1 có nêu tương quan giữa tỷ lệ N/X và cường độ bê tông (bảng 6, cột 1,2). Từ đây, có thể xác định cường độ xi măng cần thiết theo tính toán (cột 6,9) để đáp ứng cường độ này.

## QUY CHUẨN - TIÊU CHUẨN

**Bảng 6. Cường độ xi măng cần thiết (theo tính toán) để đạt cường độ bê tông theo ACI 211.1**

Quan hệ theo ACI 211.1		R <sub>b,LP</sub> , Mpa lập phương	Xi măng pooc lăng (PC)			Xi măng pooc lăng hỗn hợp (PCB)		
N/X	R <sub>b,tru</sub> , Psi		Hệ số A	R <sub>X,TCVN</sub>	R <sub>X,ASTM</sub>	Hệ số A	R <sub>X,TCVN</sub>	R <sub>X,ASTM</sub>
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
0,41	6000	49,7	0,54	47,5	37,4	0,5	51,3	36,1
0,48	5000	41,4		48,4	38,1		52,3	36,8
0,57	4000	33,1		48,9	38,5		52,8	37,2
0,68	3000	24,8		47,3	37,2		51,1	36,0
0,82	2000	16,6		42,7	33,6		46,1	32,5

Ghi chú: Trong bảng 6, cột (3) được tính từ cột (2) nhân với 1,2; cường độ xi măng thử theo tiêu chuẩn Việt Nam (cột 5, 8) được tính theo công thức [8]:  $R_{X,TCVN} = R_{b,LP} / A (X/N - 0,5)$ , trong đó R<sub>b,LP</sub> –cột 3, hệ số A (cột 4, 7) được lấy theo [8], X/N - theo cột 1 (đảo ngược); cột (6) và (9) được quy đổi từ cột (5) và (8) bằng cách nhân với 1,27 khi dùng PC và 1,42 khi dùng PCB.

Trong bảng 6, lượng nước theo ACI 211.1 (trong N/X cột 1) là nước trộn thuần, không kể đến phần nước bị cốt liệu hấp phụ; khi tính R<sub>X,TCVN</sub>, N (trong X/N của công thức tính) là nước trộn với cốt liệu khô, vì vậy, nếu kể thêm phần nước bị hấp phụ này thì R<sub>X,TCVN</sub> còn cao hơn.

Bảng 6 cho thấy để bê tông đạt cường độ ứng với các tỷ lệ N/X khuyến cáo trong ACI 211.1, cường độ xi măng tối thiểu ở tuổi 28 ngày theo tính toán cần đạt như sau:

- R<sub>28</sub> = 48,9 Mpa đối với xi măng PC và 52,8 Mpa đối với PCB khi cường độ được thử theo TCVN 6016, tức tương đương PC50 và PCB50 của Việt Nam);

- R<sub>28</sub> = 38,5 Mpa đối với PC và R<sub>28</sub> = 37,2 Mpa đối với PCB khi cường độ được thử theo ASTM C109, cao hơn mức cường độ tối thiểu quy định trong ASTM (theo C595, R<sub>28,min</sub> = 25 Mpa) khoảng 1,5 lần.

#### 4. Kết luận chung

Kết quả thí nghiệm so sánh cường độ xi măng thử theo TCVN 6016 và ASTM C109 có thể được dùng cho các nhà máy xi măng Việt Nam tham khảo khi cần sản xuất xi măng phù hợp ASTM C150 và C595 của Mỹ. Từ kết quả thí nghiệm, có thể rút ra một số kết luận:

- Khi xi măng được sản xuất trên dây chuyền ổn định về thành phần vật liệu và công nghệ, tương quan trung bình giữa cường độ xi măng thử theo TCVN 6016 và ASTM C109 phụ thuộc không nhiều vào tuổi mẫu thí nghiệm;

- Cường độ xi măng thử theo TCVN 6016 lớn hơn giá trị cường độ xi măng thử theo ASTM C109 như

sau:  $k = 1,27 \pm 0,13$  lần đối với xi măng PC và  $k = 1,42 \pm 0,19$  lần đối với xi măng PCB;

- Xi măng PC50 theo TCVN 2682:2009 và PCB 50 theo TCVN 6260:2009 của Việt Nam, về cường độ, có thể được sử dụng như xi măng Type I và Type IT theo các tiêu chuẩn ASTM C150 và ASTM C595 của Mỹ để chọn thành phần bê tông theo ACI 211.1 cho các kết cấu bê tông thiết kế theo tiêu chuẩn Mỹ ACI 318.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. TCVN 6016: 2011 (ISO 679:2009), Xi măng – Phương pháp thử - Xác định cường độ.
2. ASTM C109/C109M - 16a, Standard Test Method for Compressive Strength of Hydraulic Cement Mortars (Using 2-in or (50 mm) Cube Specimens).
3. B. E. Foster and R. L. Blaine (1968), "A Comparison of ISO and ASTM Tests for Cement Strength", *ASTM International*.
4. ACI 211.1.91, Standard Practice for Selecting Proportions for Normal, *Heavyweight and Mass concrete*.
5. ASTM C150, Standard Specification for Portland Cement.
6. ASTM C595, Standard Specification for Blended Hydraulic Cements.
7. Chỉ dẫn kỹ thuật chọn thành phần bê tông các loại, ban hành theo QĐ số 778/1998 ngày 5/9/1998 của Bộ Xây dựng.

**Ngày nhận bài:** 07/6/2020.

**Ngày nhận bài sửa lần cuối:** 19/6/2020.

A Comparison of ASTM C109/109M  
and TCVN 6016:2011 (ISO 679:2009) tests for cement strength