

TÍNH TOÁN VÀ CẤU TẠO BÀN TRÒN BÊ TÔNG CỐT THÉP THEO TCVN 5574:2012

ThS. **NGÔ QUANG HƯNG**

Trường Đại học Kiến trúc Hà Nội

Tóm tắt: *Bàn tròn bê tông cốt thép thường áp dụng trong các công trình như silo, đài móng của các kết cấu có mặt bằng hình tròn. Đây là một dạng đặc thù của kết cấu bản được dùng trong các công trình xây dựng dân dụng và công nghiệp. Tuy nhiên, việc tính toán và cấu tạo loại bản này ít được đề cập trong các tài liệu, tiêu chuẩn trong nước.*

Bài báo này trình bày cách tính toán và cấu tạo bản tròn bê tông cốt thép chịu tải trọng phân bố vuông góc bản theo tiêu chuẩn TCVN 5574:2012.

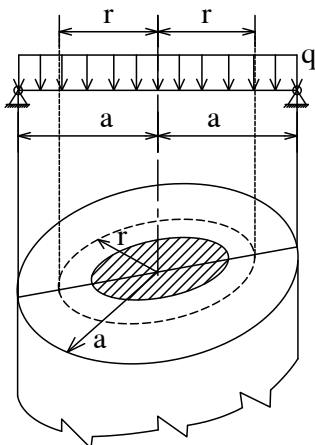
1. Đặt vấn đề

Việc tính toán, thiết kế và cấu tạo các bản bê tông cốt thép chữ nhật thông thường đã được trình bày chi tiết, cụ thể trong các tài liệu, giáo trình và được cập nhật, bổ sung cho phù hợp với tiêu chuẩn TCVN 5574:2012. [1],[2],[4].

Bản tròn bê tông cốt thép được sử dụng nhiều trong các công trình như bản tròn đỡ silo xi măng, clinker... đài móng của các kết cấu có mặt bằng hình tròn. Việc tính toán và cấu tạo dạng bản này còn chưa thông dụng. Chính vì vậy, bài báo này trình bày tính toán và cấu tạo bản tròn bê tông cốt thép theo tiêu chuẩn TCVN 5574 : 2012 hiện hành. Các kết quả của bài báo có thể có ích trong thực tiễn thiết kế và là tài liệu tham khảo cho sinh viên, kỹ sư chuyên ngành xây dựng dân dụng và công nghiệp.

2. Tính toán thiết kế bản tròn bê tông cốt thép

Bài báo trình bày cách thiết kế bản tròn bê tông cốt thép kê trên chu vi, chịu tải trọng phân bố đều, đối xứng với trục z và vuông góc với mặt phẳng bản (hình 1).



Hình 1. Sơ đồ tính bản tròn

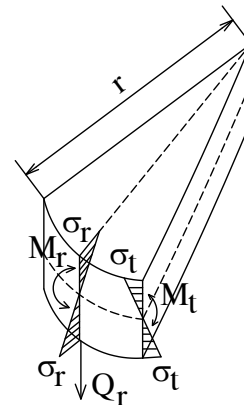
a. Xác định mô men của bản

Do bản chịu tải trọng đối xứng nên biến dạng của bản là đối xứng tâm. Khi đó, các điểm cùng cách tâm một khoảng r (ở tiết diện vành khuyên) xuất hiện những ứng lực có giá trị bằng nhau (hình 2).

Trong đó: M_r - mô men hướng tâm trên đơn vị chiều dài tiết diện hình khuyên;

M_t - mô men tiếp tuyến trên đơn vị chiều dài tiết diện hướng tâm;

Q_r - lực cắt trên đơn vị chiều dài tiết diện hình khuyên.



Hình 2. Ứng lực ở các tiết diện của bản tròn

Các giá trị M_r và M_t tại một điểm bất kỳ của bản và dấu của nó phụ thuộc vào khoảng cách r từ điểm xét đến tâm bản và các điều kiện liên kết bản (kê tự do hay ngàm).

Với các bản kê tự do và bản chu vi ngàm, M_r và M_t được xác định theo công thức [4]

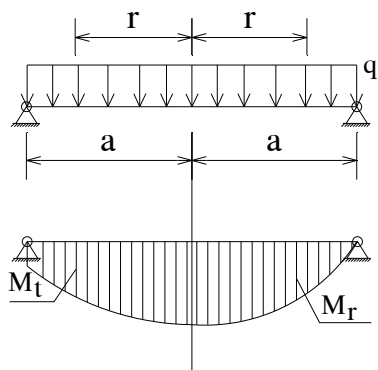
$$M_r = c_r q a^2 \quad (1)$$

$$M_t = c_t q a^2 \quad (2)$$

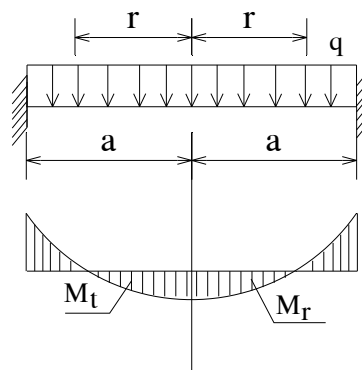
Trong đó: q - tải trọng phân bố đều trên bản;

Hệ số c_r, c_t được xác định trong bảng 1 tùy theo tỷ số r/a và điều kiện liên kết [4].

Biểu đồ mô men biểu diễn tại hình 3. Bên trái điểm giữa là M_t , bên phải là M_r .



Hình 3. Biểu đồ mô men M_r và M_t liên kết chu vi ngàm



Hình 4. Biểu đồ mô men M_r và M_t liên kết gối tự do

Bảng 1. Hệ số c_r, c_t

Hệ số	Tỷ số r/a										
	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
Bản gối tự do											
c_r	0,198	0,195	0,188	0,178	0,164	0,148	0,128	0,102	0,072	0,038	0,000
c_t	0,198	0,197	0,194	0,190	0,183	0,174	0,163	0,153	0,139	0,124	0,104
Bản ngàm theo chu vi											
c_r	0,073	0,071	0,065	0,056	0,041	0,023	0,002	-0,025	-0,054	-0,088	-0,125
c_t	0,073	0,072	0,069	0,065	0,058	0,049	0,040	0,027	0,013	-0,004	-0,021

Giá trị của lực cắt Q_r không cần tính vì chiều dày bản tính ra từ mô men uốn thường thỏa mãn điều kiện chịu cắt của bê tông: $Q_r \leq bhR_{bt}$ do đó không cần thiết phải có thép chịu cắt.

Chiều dày h của bản tròn được xác định theo đường kính d của bản và điều kiện liên kết.

Khi bản liên kết gối tự do trên chu vi:

$$h = \left(\frac{1}{40} \div \frac{1}{35} \right) d \quad (3);$$

Khi bản liên kết ngàm trên chu vi:

$$h = \left(\frac{1}{45} \div \frac{1}{40} \right) d \quad (4).$$

Với chiều dày h của bản như trên, thỏa mãn độ võng bản theo quy phạm quy định và không cần kiểm tra độ cứng của bản.

b. Tính toán và cấu tạo thép bản

Theo nguyên tắc đặt cốt thép cho kết cấu bê tông cốt thép, các thanh làm việc đặt theo phương tác dụng của mô men và chịu ứng lực kéo do các mô men đó gây ra.

Trong bản vuông và chữ nhật nguyên tắc này được thực hiện đúng như vậy.

Ở bản tròn, cốt thép trong bản tròn thường đặt theo hình khuyên hoặc đặt hai dãy.

Phương pháp 1: Đặt cốt thép vòng, hướng tâm (hình 5).

Đặt các thanh chịu ứng lực kéo do mô men hướng tâm M_r gây ra, còn theo hình tròn thì đặt cốt

QUY CHUẨN – TIÊU CHUẨN

thép vòng chịu ứng lực kéo do mô men tiếp tuyến M_t gây ra.

Các thanh hướng tâm không giao nhau tại tâm mà cắt đi một đoạn cách tâm một khoảng $r_t = (0,4m \div 0,6m)$. Việc này giúp cho việc thi công được thuận lợi, các thanh thép không bị chồng nhau. Trong phạm vi chỗ cắt đi đó, bố trí thép theo lưới chữ nhật có bước và đường kính bằng bước và đường kính thép của chỗ bị cắt đi đó.

Thanh vòng cũng như thanh hướng tâm chọn cùng một đường kính. Khi đó khoảng cách giữa các thanh thay đổi tương ứng với biểu đồ mô men.

Diện tích cốt thép hướng tâm A_r trên một đơn vị dài tiết diện khuyên và diện tích cốt thép vòng A_v trên một đơn vị chiều dài tiết diện hướng tâm ở một điểm bất kỳ của bản được xác định theo trị số mô men M_r và M_t tác dụng ở điểm ấy.

Trên biểu đồ M_r và M_t được chia các phần đều nhau. Diện tích cốt thép được xác định theo tiêu chuẩn TCVN 5574 : 2012 ứng với mô men lớn nhất của mỗi phần, xác định đường kính, số lượng thanh trên 1m tiết diện hình khuyên và tiết diện hướng tâm.

Diện tích cốt thép bản được tính theo trình tự [1], [2], [3].

- Chọn sơ bộ chiều dày h của bản theo (3), (4) tùy theo điều kiện liên kết biên;

- Giả thiết chiều dày lớp bảo vệ bê tông a_0 .

Với bản thường chọn $a_0 = (1,5 \div 2) cm$
 $a_0 = (1,5 \div 2) cm$; khi h lớn ($h > 15cm$) có thể chọn
 $a_0 = (2,5 \div 3) cm$.

- Tính chiều cao làm việc của bản $h_0 = h - a_0$;

- Tra các giá trị cường độ tính toán R_b, R_s ;

- Xác định:
$$\alpha_m = \frac{M}{R_b b h_0^2} \quad (5)$$

$$\xi = 1 - \sqrt{1 - 2\alpha_m} \quad (6)$$

Tùy theo phương pháp tính M là sơ đồ đàn hồi hay sơ đồ dẻo. Tra được ξ_R, ξ_D .

- Kiểm tra điều kiện hạn chế $\xi \leq \xi_R$ hoặc $\xi \leq \xi_D$.

Khi $\alpha_m \leq 0,255$ thì các điều kiện hạn chế về ξ đều thỏa mãn nên không cần kiểm tra.

- Khi các điều kiện hạn chế thỏa mãn, tính:

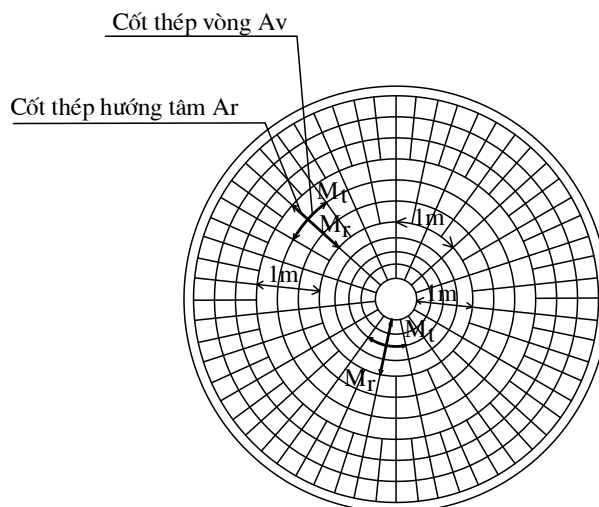
$$\gamma = 1 - 0,5\xi = 0,5(1 + \sqrt{1 - 2\alpha_m}) \quad (7)$$

- Diện tích cốt thép được tính:
$$A_s = \frac{M}{R_s \gamma h_0} \quad (8)$$

- Kiểm tra hàm lượng cốt thép:

$$\mu = \frac{A_s}{b h_0} \geq \mu_{\min} \quad (9)$$

Với $\mu_{\min} = 0,05\%$. Khi $\mu < \mu_{\min}$ chứng tỏ h quá lớn, khi đó cần chọn lại h .



Hình 5. Đặt cốt thép vòng, thép hướng tâm cho bản tròn

QUY CHUẨN – TIÊU CHUẨN

Cốt thép của bản tại gối tựa cũng được bố trí theo thép vòng và thép hướng tâm, tùy theo dấu của mô men gối (điều kiện liên kết của bản).

Khi gối tựa tự do, các mô men hướng tâm ở gối bằng không, mô men tiếp tuyến dương chịu bởi các cốt thép nhịp kéo dài đến gối tựa.

Khi bản ngàm chu vi, mô men hướng tâm và mô men tiếp tuyến ở gối mang dấu âm gây ra ứng lực kéo vùng trên bản và do những đoạn thép ngắn đặt ở gối tựa trong vùng chịu kéo chịu.

Phương pháp 2: Đặt cốt thép hai dãy.

Các thanh đặt theo hai phương vuông góc nhau. Việc đặt theo cách này đơn giản, thuận tiện trong thi công, nhưng thông thường diện tích thép đặt sẽ nhiều hơn phương pháp 1.

Khi đặt thép vuông góc. Các điểm của bản nằm trên đường kính bất kỳ, ứng lực kéo do mô men gây ra do các thanh của cả hai phương cùng chịu. Diện tích tiết diện ngang của cốt thép trên một đơn vị chiều dài mỗi phương được tính [4].

$$A_s = \frac{M_t}{R_s z} = \frac{M_t}{R_s 0,9h_0} \text{ với } z = 0,9h_0$$

Việc bố trí thép như bản chữ nhật thông thường nhưng các vùng thép có khoảng cách phụ thuộc vào các giá trị mô men của từng vùng.

Ví dụ tính toán:

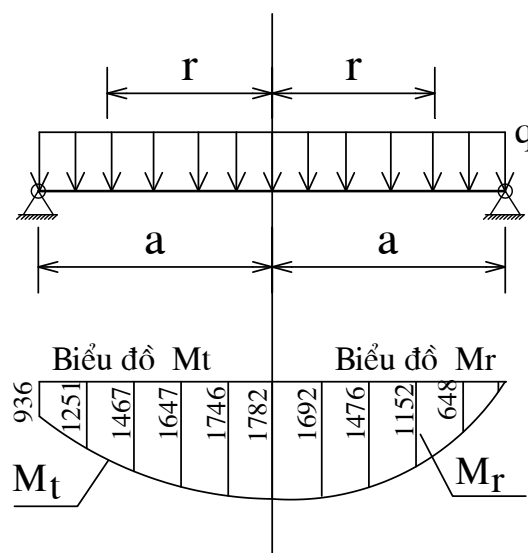
Thiết kế, tính toán bản tròn bê tông cốt thép kê gối tự do theo chu vi.

Các số liệu: Bán kính gối tựa $a=3\text{m}$, bê tông cấp độ bền B20.

Tải trọng phân bố đều, vuông góc trên toàn bộ bản, $q= 1000 \text{ (kG/m}^2\text{)}$.

Mô men M_r và M_t trên 1m tiết diện vòng hướng tâm được xác định theo công thức (1) và (2) được lập bảng 2. Với $qa^2 = 1000.3^2 = 9000 \text{ (kG/m}^2\text{)}$.

Trên cơ sở số liệu tính được ta vẽ biểu đồ mô men, bên trái điểm giữa là M_t , bên phải là M_r , như hình 6.



Hình 6. Biểu đồ mô men M_r và M_t

Bảng 2. Hệ số c_r, c_t và trị số mô men M_r, M_t

Tỷ số r/a	c_r	M_r	c_t	M_t
0,0	0,198	1782	0,198	1782
0,2	0,188	1692	0,194	1746
0,4	0,164	1476	0,183	1647
0,6	0,128	1152	0,163	1467
0,8	0,072	648	0,139	1251
1,0	0,000	0	0,104	936

QUY CHUẨN – TIÊU CHUẨN

Chiều dày bản sơ bộ $h = \left(\frac{1}{40} \div \frac{1}{35} \right) d = 15 \text{ cm} \div 17 \text{ cm}$. Chọn $h = 16 \text{ cm}$, $a_0 = 2 \text{ cm}$

Do đó $h_0 = h - a_0 = 16 - 2 = 14 \text{ (cm)}$.

Cường độ tính toán của bê tông cấp độ bền B20: $R_b = 11,5 \text{ (MPa)} = 115 \text{ (kG / cm}^2 \text{)}$.

Cường độ tính toán thép CI: $R_s = 2250 \text{ (kG / cm}^2 \text{)}$.

Căn cứ theo giá trị của mô men M_r và M_t tiến hành tính toán cốt thép bản.

Xác định $\alpha_m = \frac{M}{R_b b h_0^2}$, $\xi = 1 - \sqrt{1 - 2\alpha_m}$; $\gamma = 1 - 0,5\xi = 0,5(1 + \sqrt{1 - 2\alpha_m})$.

Diện tích cốt thép: $A_s = \frac{M}{R_s \gamma h_0}$

Bản đặt cốt thép theo hai phương án: Đặt các thanh vòng, hướng tâm và đặt các thanh theo hai phương vuông góc.

Phương án 1:

Để xác định số lượng cốt thép trên 1m tiết diện vòng, tiết diện hướng tâm của bản.

Chia biểu đồ mô men (hình 6) thành ba vùng. Theo trị số mô men lớn nhất ở mỗi vùng, chọn diện tích thép vòng A_s^v trên 1m tiết diện hướng tâm và chọn diện tích thép hướng tâm A_s^r trên 1 m tiết diện vòng. Kết quả tính toán được lập trong bảng 3 và bảng 4.

Bảng 3. Diện tích cốt thép vòng trên 1m tiết diện hướng tâm

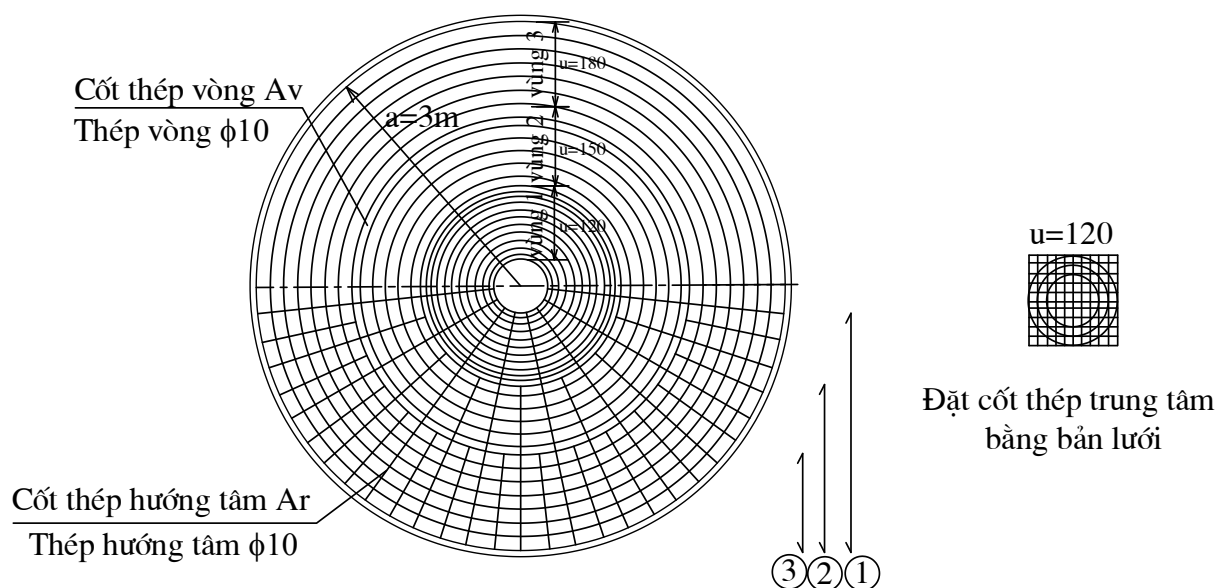
Vùng	M_t (kGm)	$\alpha_m = \frac{M_t}{R_b b h_0^2}$	γ	$A_s^v = \frac{M_t}{R_s \gamma h_0}$	A_s chọn	Bước a (mm)
1	1782	$\frac{1782 \cdot 10^2}{115 \cdot 100 \cdot 14^2} = 0,079$	0,959	$\frac{1782 \cdot 10^2}{2250 \cdot 0,959 \cdot 14} = 5,90$	8φ10	120
2	1700	$\frac{1700 \cdot 10^2}{115 \cdot 100 \cdot 14^2} = 0,075$	0,961	$\frac{1700 \cdot 10^2}{2250 \cdot 0,961 \cdot 14} = 5,61$	7φ10	150
3	1530	$\frac{1530 \cdot 10^2}{115 \cdot 100 \cdot 14^2} = 0,068$	0,965	$\frac{1530 \cdot 10^2}{2250 \cdot 0,965 \cdot 14} = 5,0$	6φ10	180

Bảng 4. Diện tích cốt thép hướng tâm trên 1m tiết diện vòng

Vùng	M_r (kGm)	$\alpha_m = \frac{M_r}{R_b b h_0^2}$	γ	$A_s^r = \frac{M_r}{R_s \gamma h_0}$	A_s chọn	Bước a (mm)
1	1782	$\frac{1782 \cdot 10^2}{115 \cdot 100 \cdot 14^2} = 0,079$	0,959	$\frac{1782 \cdot 10^2}{2250 \cdot 0,959 \cdot 14} = 5,90$	8φ10	120
2	1584	$\frac{1584 \cdot 10^2}{115 \cdot 100 \cdot 14^2} = 0,070$	0,964	$\frac{1584 \cdot 10^2}{2250 \cdot 0,964 \cdot 14} = 5,22$	7φ10	150
3	980	$\frac{980 \cdot 10^2}{115 \cdot 100 \cdot 14^2} = 0,043$	0,978	$\frac{980 \cdot 10^2}{2250 \cdot 0,978 \cdot 14} = 3,18$	6φ10	180

Vậy các thanh thép vòng được đặt với khoảng cách 12, 15 và 18 cm như hình 7. Các thanh hướng tâm: 6 thanh trên 1m gối tựa, một phần ba số thanh kéo dài đến tâm, các thanh còn lại cắt cách tâm r_1, r_2

sao cho số lượng thanh trên 1m tiết diện vòng bất kỳ không nhỏ hơn giá trị đã tính toán. Đầu cắt các thanh uốn từ vùng chịu kéo sang vùng chịu nén. Phần tâm của bản được đặt lưới thép φ10a120.



Hình 7. Đặt cốt thép cho bản tròn theo phương vòng và hướng tâm

Phương pháp 2: Đặt thép theo hệ thống 2 dãy vuông góc.

Tương tự ta xác định được cốt thép trên 1m bản theo mỗi phương.

Diện tích cốt thép xác định theo công thức:

$$A_s = \frac{M_t}{R_s z} = \frac{M_t}{R_s 0,9h_0}$$

Bố trí thép bản theo phương pháp này tương tự với các bản chữ nhật thông thường nhưng cốt thép được bố trí với khoảng cách tùy theo giá trị của mô men lớn nhất tại từng vùng phân chia.

Bài báo này không trình bày việc bố trí thép theo phương pháp này.

3. Kết luận

Bài báo trình bày khái quát việc tính toán, cấu tạo bản tròn bê tông cốt thép theo tiêu chuẩn TCVN 5574:2012 và ví dụ tính toán minh họa.

Đối với bản tròn chịu liên kết gối tự do theo chu vi, không có mô men tại gối. Vì vậy, nên bố trí thép lớp dưới theo hai phương vuông góc để chịu mô men dương theo hai phương ở giữa nhịp một cách hiệu quả. Việc bố trí thép theo phương án này cũng đơn giản và thuận tiện trong thi công.

Đối với bản tròn ngâm theo chu vi, thông thường mô men hướng tâm tại gối lớn hơn mô men ở giữa nhịp và có dấu âm. Do đó nên bố trí cốt thép theo hệ thống vòng và hướng tâm thì sẽ phát huy khả năng chịu lực của bản hiệu quả hơn.

Phần trung tâm bản sẽ được đặt thêm lưới thép hàn với các thanh làm việc theo cả hai phương. Việc này giải quyết được sự giao nhau của cốt thép tại vùng tâm bản.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Nguyễn Đình Cống (2008), *Sàn sườn bê tông toàn khối*, Nhà Xuất bản Xây dựng, Hà Nội.
- [2] Nguyễn Đình Cống (2009), *Tính toán thực hành Cấu kiện Bê tông cốt thép*, Nhà Xuất bản Xây dựng, Hà Nội.
- [3] Tiêu chuẩn TCVN 5574:2012. *Kết cấu bê tông và bê tông cốt thép - Tiêu chuẩn thiết kế*.
- [4] L.E.LINOVITS (2002)- *Tính toán và cấu tạo các bộ phận nhà dân dụng*, Nhà Xuất bản Khoa học và kỹ thuật, Hà Nội.

Ngày nhận bài: 24/5/2016.

Ngày nhận bài sửa lần cuối: 29/9/2016.