Xác định chiều dày thép tấm đáy bể chứa trụ đứng

Determination of thickness of vertical cylindrical tanks steel base plate

Nguyễn Lệ Thủy, Nguyễn Hồng Sơn

Tóm tắt

Bài báo trình bày yêu cầu cấu tạo và bố trí các tấm thép định hình của phần đáy bể chứa trụ đứng và cách xác định chiều dày tấm thép cho trường hợp bể đặt trên nền đàn hồi và nền bê tông cốt thép. Ví dụ minh họa làm sáng tỏ lý thuyết tính toán.

Từ khóa *Bể trụ đứng, đáy bể*

Abstract

This article presents the structure requirements and design of vertical cylindrical tank's steel base plate. Besides, the authors introduce how to determine the thickness of steel base plate in the case of that the tank on elastic and reinforced concrete foundation. Examples in this article will illustrate the given theory.

Keywords: *Vertical cylindrical tank, base plate*

ThS. Nguyễn Lệ Thủy
Khoa Xây dựng
Trường Đại học Kiến trúc Hà Nội
Email: nlthuy.hau@gmail.com

PGS.TS. Nguyễn Hồng Sơn
Khoa Xây dựng
Trường Đại học Kiến trúc Hà Nội
Email: nguyenhongsondhkt@gmail.com

1. Đặt vấn đề

Bể chứa trụ đứng bằng thép được sử dụng rộng rãi trong các ngành công nghiệp, chúng dùng để chứa các chất lỏng, chất khí và các vật liệu khác. Bộ phận chịu lực chính của bể gồm có: đáy (tank base plate), thành (tank shell) và mái bể (roof). Đáy bể có vai trò hết sức quan trọng, vừa là bộ phận chịu lực, vừa là bộ phận tiếp xúc trực tiếp với nền và truyền tải trong của bể xuống móng. Tại vị trí liên kết thành và đáy sẽ xuất hiện ứng suất cục bộ, gọi là hiệu ứng biên. Các tài liệu về thiết kế bể chứa hiện nay ở Việt Nam đã đề cập đến việc tính toán mô men uốn cục bộ, nhưng không quy định việc tính toán chiều dày tấm đáy và cho rằng, chiều dày tấm đáy bể chỉ cần chọn theo yêu cầu cấu tạo, tối thiểu là 4 mm khi thể tích bể V≤1000m^3, khi thể tích V>1000m^3 dùng tấm có chiều dày 5mm hoặc 6mm và quy định tấm biên cần dày hơn các tấm giữa từ 1÷2 mm. Có thể thấy rằng, các khuyến nghị này không làm rõ được cơ sở của việc lựa chọn, các yếu tố ảnh hưởng đến chiều dày tấm đáy cũng chưa được xét đến, ví dụ như ảnh hưởng của độ ẩm (han gỉ), biến dạng của vành biên đáy, cũng như chiều dày của tấm khoang thành liên kết với đáy... Đặc biệt với các bể có thể tích lớn, chiều dày đáy bể phụ thuộc khá nhiều vào chiều dày tấm khoang thành. Chính vì vậy, cần có nghiên cứu đầy đủ hơn nhằm đề xuất việc lựa chọn chiều dày đáy bể, cũng như việc tính toán chúng, để từ đó giúp các nhà chuyên môn trong việc tính toán thực hành kết cấu đáy bể chứa, đây là vấn đề cần thiết và có ý nghĩa thực tiễn.

2. Cấu tạo và tính toán tấm đáy bể

2.1. Cấu tạo

Đáy bể chứa gồm hai phần: phần trung tâm và phần biên (vùng biên, có cấu tạo vành khăn). Chúng có thể có dạng hình tròn phẳng hoặc hình nón với góc nghiêng từ trung tâm ra biên hoặc từ biên vào trung tâm (với độ dốc 1:100) và dốc về rốn bể. Tại rốn bể bố trí ống hút đáy và bố trí móng cho rốn bể. Phần trung tâm của đáy chịu ứng suất không đáng kể bởi áp lực chất lỏng, vì thế không cần tính toán chiều dày tấm. Chiều dày tấm đáy ở phần trung tâm lấy theo yêu cầu cấu tạo, có kể đến sự thuận tiện khi thực hiện mối hàn liên kết và khả năng chống gỉ (làm từ mác thép CCT34, không phụ thuộc thể tích bể) và được lấy theo bảng 1.

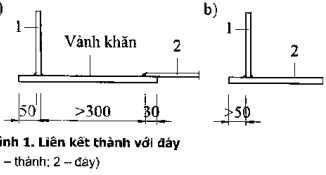
Trong tài liệu [5] cho rằng, hiện tượng gỉ xuất hiện ở tấm đáy, sẽ tạo ra trạng thái tới hạn do mất tính toàn vẹn, tại đó xuất hiện lỗ thủng. Nếu chiều dày tấm đáy lấy cao hơn so với yêu cầu khoảng 1-2 mm để bù lại phần bị gỉ, từ đó sẽ nâng cao đáng kể thời gian sử dụng bể chứa. Thay cho các giá trị lấy trong thiết kế điển hình với các tấm đáy có chiều dày 4 mm hoặc 5 mm, khuyến nghị lấy chiều dày tấm đáy tối thiểu 6 mm.

Phần trung tâm của đáy bể bao gồm các dải có chiều rộng đến 12 m, số lượng các dải thường là số chẵn. Các dải này được tổ hợp từ các tấm (1500x6000) mm, và liên kết với nhau bằng đường hàn góc (với phần bản chờm lên nhau là 50÷60 mm), khi chiều dày tấm đáy là 5 mm có thể sử dụng đường hàn đối đầu. Để nâng cao chất lượng và tăng nhanh tiến độ thi công, tấm đáy được gia công tại nhà máy sau đó vận chuyển ra công trường. Hiện nay, phương pháp thi công cuộn (các tấm đáy được cuộn lại ở nhà máy rồi vận chuyển ra công trường sau đó được trải phẳng) ít được sử dụng.

Đáy bể có thể tích V≤1.000 m^3 được làm từ các thép tấm có chiều dày không đổi trên toàn diện tích, các tấm ở phần trung tâm dày bằng tấm ở phần biên. Đối với các bể chứa có thể tích V≥2.000 m^3, đáy bể ở phần trung tâm sử dụng tấm thép mỏng hơn so với phần vành biên (hình 2).

Chiều dày tấm đáy bể ở phần trung tâm và phần biên (có cấu tạo vành khăn), phụ thuộc vào chiều dày khoang thành dưới cùng, cần phải không nhỏ hơn các giá trị dẫn ra ở bảng 1.

Đối với bể thể tích từ 2.000~10.000 m^3 sử dụng đáy với biên thông thường, với thể tích lớn hơn 10.000 m3 dùng biên phân đoạn (hình 2). Các tấm phân đoạn được vận chuyển ra công trường dưới dạng các tấm vát ba cạnh, được làm từ các tấm có



Hình 1. Liên kết thành với đáy

(1 – thành; 2 – đáy)

Bảng 1. Giá trị chiều dày tối thiểu của các tấm đáy bể [5]

Chiều dày khoang dưới cùng của thành bể, mm	Chiều dày tối thiểu của các tấm trung tâm, mm	Chiều dày tối thiểu các tấm biên, mm
≤ 7	6	6
từ 8 đến 11	6	7
từ 12 đến 16	6	9
từ 17 đến 20	6	12
từ 21 đến 26	6	14
> 26	6	16

chiều rộng 1500–2000 mm và liên kết với phần đáy bể đã lấp đất trước bằng đường hàn góc từ phía trên. Liên kết các tấm phân đoạn với nhau bằng mối hàn đối đầu với các bản lót đặt sẵn. Trình tự hàn lắp ráp và hàn các tấm đáy như sau

(1) Hàn các dải đáy bể với nhau theo cách so le,

(2) Hàn các tấm biên để tạo thành vành khăn,

(3) Lấp đất khoang thành bể lên tấm đáy vành khăn và hàn chúng bằng hai đường hàn góc,

(4) Hàn vành đáy bằng đường hàn vành khăn vào phần trung tâm

Đường kính của tấm đáy lớn hơn đường kính ngoài của thân bể là 100÷120 mm.

Ví dụ giải pháp bố trí tấm đáy bể được mô tả trong hình 2 [6]. Phương án bố trí tấm đáy (bể có thể tích 5 000 m^3) với tấm biên phân đoạn như ở hình 2c được ưu tiên sử dụng, bởi số lượng tấm biên là ít nhất và tác dụng truyền lực từ thành xuống đáy cũng là đều nhất. Giải pháp này rất hiệu quả, và cũng đã được ứng dụng cho khá nhiều bể chứa có thể tích lớn ở Việt Nam

2.2. Tính toán

Có thể có hai phương án bố trí tấm đáy bể trên nền [5]:

(a) Đáy nằm trên nền đàn hồi Vincle (hệ số nền K = 0,05–0,2 kN/cm^3);

(b) Đáy đặt trên nền cứng dưới dạng tấm bê tông cốt thép lắp ghép hoặc tấm bê tông đổ toàn khối (hệ số nền K>0,5 kN/cm^3);

a) Tính toán đáy bể trên nền đàn hồi

Xác định nội lực trong vùng hiệu ứng biên (tại vị trí liên kết thành với đáy) được trình bày trong các tài liệu theo phương pháp thống nhất [1, 5], trên cơ sở hệ cơ bản của phương pháp lực với hai ẩn số. Các tác giả đã trình bày theo phương chuyển vị khi xác định các hệ số và số hạng tự do của hệ phương trình chính tắc. Dẫn đến các công thức tính hệ số và số hạng tự do với dầu khác nhau

Tài liệu [5] trình bày cách tính của tác giả Xôbôlev I.V bằng phương pháp chuyển vị với một ẩn trên cơ sở một số giả thiết cơ bản.

Giả thiết hệ cơ bản của phương pháp lực với một ẩn M_0 (hình 3) trong khuôn khổ bài toán thiết lập

Phương trình chính tắc của phương pháp lực

$$(\delta_{11}^t + \delta_{11}^q).M_0 + (\Delta_{1b}^t + \Delta_{1b}^q) = 0 \qquad (1)$$

Sử dụng các hàm số Crulốp A.N. và phương pháp thông số ban đầu để giải phương trình vi phân của trục dầm bị uốn trên nền đàn hồi.

Các hệ số của phương trình chính tắc được xác định theo các công thức

$$\delta_{11}^t = \frac{2\beta_t^3}{K_t};$$

$$\delta_{11}^q = \frac{4.\beta_d^3[Y_1(\beta_d.c) + 2.Y_4(\beta_d.c)]}{K^d}, \qquad (2)$$

Các số hạng tự do được xác định theo các công thức

$$\Delta_{1b}^t = -\frac{P_d.\beta_t - P'}{K_t};$$

$$\Delta_{1b}^q = -\frac{2.\beta_q}{K^d}(q\beta_d Z_1 - 2.P_d Z_2), \qquad (3)$$

trong đó

$$\beta_t = \sqrt[4]{\frac{3.(1-\upsilon^2)}{r^2 t_1^2}}, \quad K_t = \frac{E.t_1}{r^2}, \quad \beta_d = \sqrt[4]{\frac{3.K^d.(1-\upsilon^2)}{E.t_{bd}^3}},$$

r - bán kính của bể, cm,

t_1 - chiều dày của tấm thành phía dưới, cm,

t_{bd} - chiều dày của tấm vành biên đáy, cm;

$$P_d = \gamma_{t1}.\rho_d.H_1 + \gamma_{t2}.P_d^o \left[kN/cm^2\right] \qquad (4)$$

$$P' = (P_d - P_d)/H, \qquad (5)$$

H_1 - chiều cao mức chất lỏng;

$\gamma_{t1} = 1,1$; $\gamma_{t2} = 1,2$;

ρ_d - khối lượng riêng của chất lỏng,

P_d - áp lực dư trong không gian hơi,

$Z_1 = Y_1(\beta_d.c) + 4.Y_4(\beta_d.c)$,

$Z_2 = 16.Y_4(\beta_d.c).Y_3(\beta_d.r).Y_4(\beta_d.r) + 4.Y_1(\beta_d.c).Y_2(\beta_d.r).Y_4(\beta_d.r) - Y_4(\beta_d.c)$,

$Y_1(\beta_d.c) = ch(\beta_d.c).\cos(\beta_d.c)$,

$Y_2(\beta_d.r).Y_4(\beta_d.r) = -(1/8)\cos(2.\beta_d.r)$,

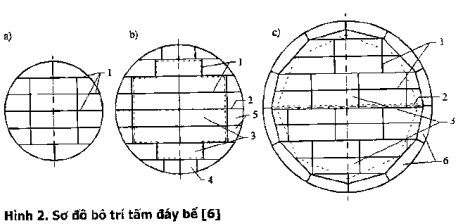
$Y_3(\beta_d.r).Y_4(\beta_d.r) = (1/8)\sin(\beta_d.r)[\sin(\beta_d.r)\cos(\beta_d.r)]$;

$Y_4(\beta_d.c) = (1/4)[ch(\beta_d.c).\sin(\beta_d.c).sh(\beta_d.c).\cos(\beta_d.c)]$,

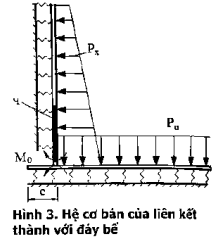
Kd - hệ số nền, lấy như sau: bằng (0,05–0,20) kN/cm^3 – cho nền cát;

bằng (0,5÷1,5) kN/cm^3 – cho móng bê tông cốt thép;

q - tải trọng trên đơn vị dài cung của thành bể do trọng lượng bản thân thành, mái



Hình 2. Sơ đồ bố trí tấm đáy bể [6]



Hình 3. Hệ cơ bản của liên kết thành với đáy bể

Các kết quả tính toán đã chỉ ra, đại lượng $Y_1(\beta_d c)$ và Z_1 gần với đơn vị (sai số không vượt quá 5%).

Khi đó ta nhận được

$$Z_2 = -\frac{1}{2}\cos(2\beta_d.r) \quad ; \quad \delta_q^d = \frac{4\beta_d^3}{K^d} \quad ;$$

$$\Delta_{tb}^d = -\frac{2\beta_d}{K^d}.[q\beta_d + P_u.\cos(2\beta_d.r)]$$

Cần lưu ý đến tình huống, đại lượng M_0 được xác định từ phương trình (1) phụ thuộc chủ yếu vào Δ_{tb}^q. Đại lượng K^d trong điều kiện thực tế được xác định gần đúng. Nên giá trị của β_d (K^d) cũng là gần đúng. Với thay đổi rất nhỏ của đại lượng K^d thì tích $2\beta_d.r$ là góc của cosin thay đổi đáng kể (tính bằng radian). Vì thế, khi tính toán giá trị Δ_{tb}^q cần lấy $\cos(2\beta_d.r)=-1$. Lấy $M_0 = (1/6).t_{b\,bd}^2.\gamma_c.f$, phương trình (1) có dạng sau

$$\beta_d^3 - \beta_d^2\frac{3q}{t_{b\,bd}^2.\gamma_c.f} - \beta_d.\frac{3.P_u}{t_{b\,bd}^2.\gamma_c.f} = \frac{1}{4}.\frac{K^d}{K^t}.\left[\frac{6.(P_u\beta_t - P')}{t_{b\,bd}^2.\gamma_c.f} - 2.\beta_t^3\right] \qquad (6)$$

Từ đó xác định chiều dày của vành biên $t_{b\,bd}$ với giá trị cường độ f đã cho

Trong tài liệu [5] cũng trình bày phương pháp của Cunhexốp V.V về kiểm tra bền vành biên của đáy với việc kể đến sự hình thành khớp dẻo theo công thức

$$\sigma_{b\,bd} = \frac{4.M_0}{t_{b\,bd}^2} \le \gamma_c.\gamma_b.f \qquad (7)$$

trong đó mô men M_0 được xác định từ phương trình (1),

γ_b=1,2 - hệ số điều kiện làm việc của thành bể trong vùng có hiệu ứng biên.

Cần lưu ý rằng, phương pháp trên để tính toán thành và đáy bể chỉ đúng khi bể đặt lên nền đất cát chặt, tức là cho các bể chứa với thể tích V<10.000 m^3. Các bể chứa với thể tích lớn hơn, V≥10.000 m^3, đáy bể đặt trên móng vành khăn bằng bê tông hoặc bê tông cốt thép (concrete ringwall) hoặc trên tấm bê tông cốt thép liên khối. Sự kết hợp móng bê tông vành khăn với phần giữa chèn bằng cát dẫn đến nền đàn hồi không hoàn toàn. Trong trường hợp này, không có phương pháp tính toán trang thái ứng suất tại tiếp xúc nền cát và bê tông, để xác định khả năng chịu lực của đáy. Do vậy, việc đề xuất cấu tạo "mềm" sự chuyển tiếp độ cứng đột ngột giữa nền và móng bằng cách lắp đặt bổ sung các tấm bê tông cốt thép là không có cơ sở [5].

b) Tính toán đáy bể trên nền bê tông

Khi đáy bể đặt lên tấm bê tông cốt thép đặc, các phần đáy có vùng hiệu ứng biên, dưới tác dụng của mô men uốn M0, vành biên có thể bị tách khỏi tấm móng. Trong trường hợp này, nền Vincle sẽ không làm việc, có thể sử dụng phương pháp tính nút liên kết khi đáy bể tựa lên vành bê tông được trình bày trong tài liệu của Áphanaev V.A., Bêrêđin B.L. [5]. Theo phương pháp này, sử dụng phương trình (1) có thể nhận được phương trình xác định mô men M_0 dưới dạng

$$\delta_{ii}^t.M_0 + \frac{1}{3D_{b\,bd}}\sqrt{\frac{M_0^3}{P_u}} + \Delta_{tb}^t = 0 \qquad (8)$$

trong đó.

δ_{ii}^t và Δ_{tb}^q - xác định theo công thức (2) và (3);

$D_{b\,bd} = \frac{E.t_{b\,bd}^3}{12.(1-\nu^2)}$ - độ cứng trụ của vành biên đáy hình vành khăn.

Chiều dài phần dải đáy tách ra khỏi tấm móng

$$l_{d.d} = 2.\sqrt{\frac{M_0}{P_u}}. \qquad (9)$$

3. Ví dụ tính toán

3.1. Ví dụ 1. Đáy bể trên nền đàn hồi

Các số liệu ban đầu: Bể chứa có mái cố định, thể tích V=5000 m^3, bán kính bể r=11,4 m. Chiều dày của khoang thành dưới cùng t_t=9 mm. Chiều dày tấm biên đáy $t_{b\,bd}$=7mm. Hệ số nền (nền đệm cát) K^d=0,1 kN/cm^3. Vật liệu kết cấu CCT38 (f=23 kN/cm^2).

Yêu cầu. Kiểm tra bền các tấm biên đáy tại vùng hiệu ứng biên.

Mô men uốn M_0 ở vùng hiệu ứng biên được xác định từ phương trình (1).

Xác định các tham số đối với hệ số của phương trình chính tắc theo công thức (2) và (3).

Các hệ số biến dạng:

- Đối với thành

$$\beta_t = \sqrt[4]{\frac{3.(1-\nu^2)}{r^2.t_{bt}^2}} = \sqrt[4]{\frac{3\,(1-0,3^2)}{1140^2.0,85^2}} = 0,041 \quad 1/cm$$

trong đó ν=0,3 – hệ số Poát xông, $t_{b.t}$=9,0-0,5=8,5 mm;

0,5 mm – phần tính thêm của thép tấm, để dự phòng về gỉ;

- Đối với đáy

$$\beta_d = \sqrt[4]{\frac{3.K^d(1-\upsilon^2)}{E.t_{b,bd}^3}} = \sqrt[4]{\frac{3.0,1.(1-0,3^2)}{2,06.10^4.0,65^3}}$$

$$= 0,083\ 1/\text{cm}$$

trong đó $t_{b,bd}$=7,0 – 0,5=6,5 mm.

Hệ số nền quy ước của thành

$$K_t = \frac{E.t_{b,t}}{r^2} = \frac{2,06.10^4.0,85}{1140^2} = 0,0135\ \text{kN/cm}^3$$

Áp lực lên đáy

P_u=1,1.ρ_{cl}.g.H_t+1,2.P_{dc}=

=1,1.0,9.9,81.10-6.(11,92 – 0,3).102 + 1,2 2,0.10-4

= 0,01153 kN/cm^2;

$$P' = \frac{P_u - P_d}{H_t} = \frac{0,01153 - 0,00024}{(11,92 - 0,3).10^7}$$

$$= 9,72.10^{-6}\ \text{kN/cm}^3.$$

Các hệ số của phương trình chính tắc

$$\delta_{tt}^t = \frac{2.\beta_t^3}{K_t} = \frac{2.0,041^3}{0,0135} = 0,0102 \quad 1/\text{kN},$$

$$\delta_{tt}^d = \frac{4.\beta_c^3}{K^d} = \frac{4.0,083^3}{0,1} = 0,023 \quad 1/\text{kN};$$

Các số hạng tự do của phương trình (1)

$$\Delta_{1b}^t = -\frac{P_u.\beta_b - P'}{K_b}$$

$$= \frac{0,01153.0,041 - 0,97.10^{-5}}{0,0135} = -0,0343$$

$$\Delta_{tb}^d = -\frac{2.\beta_d}{K^d}(q.\beta_d - P_u),$$

trong đó q – tải trọng trên một đơn vị chiều dài cung thành bể, do trọng lượng bản thân của thành bể và tải trọng tạm thời trên mái, tức là: q = q_{bt} + q_{mai} + q_{tt}

Trọng lượng bản thân của thành và mái, lấy theo [3].

g_{bt} = 10,02 kg/m^3; g_{mai} = 4,17 kg/m^3;

$$q_{bt} = \frac{g_{bt}.V}{2.\pi.r} = \frac{10,02.5000}{2.3,14.1140} = 7,0 \quad \text{kg/cm}$$

= 7,0.9,81 10^{-3}kN/cm = 0,069 kN/cm,

$$q_{mai} = \frac{g_{mai}.V.g.10^{-3}}{2.\pi.r}$$

$$= \frac{4,17.5000.9,81.10^{-3}}{2,3,14.1140} = 0,0286\text{kN/cm}$$

$$q_{tt} = \frac{g_{tt}.r}{2} = \frac{18.114}{2} = 10,26\ \text{kN/m} = 0,103\ \text{kN/cm},$$

q = 0,069 + 0,0286 + 0,103 = 0,2 kN/cm

$$\Delta_{tb}^d = -\frac{2.0,053}{0,1}(0,2.0,083 - 0,01153) = -0,0084$$

Thay các giá trị vừa tìm được vào phương trình (1)

(0,0102 + 0,023).M_0 + (- 0,0343 - 0,0084) = 0

Từ đó nhận được M_0 = 1,29 kN cm/cm.

Kiểm tra bền đối với vành biên đáy theo công thức (7).

$$\sigma_b = \frac{4.M_0}{t_{b,bd}^2} = \frac{4.1,29}{(0,7 - 0,05)^2}$$

$$= 12,2\text{kN/cm}^2 < \gamma_b.f = 1,2.23,0 = 27,6\ \text{kN/cm}^2$$

– độ bền của vành biên đáy được đảm bảo

Không nên giảm chiều dày vành biên đáy, bởi vì nó đã được lấy tối thiểu cho phép đối với thể tích bể đã cho

3.2. Ví dụ 2: Đáy bể trên nền bê tông

Số liệu ban đầu: Bể trụ đứng với mái cố định, chiều cao bể 18 m (0,3 m là mặt thoáng), chứa chất lỏng là sản phẩm dầu đen, có ρ_d=8,82 kN/m^3. Áp lực dư bên trong P_d^c = 2kPa Chân không P_d^c = 0,25kPa . Bể chứa thuộc loại I về an toàn (γ_n=1,1), vật liệu kết cấu là thép 10CrSiNiCu, không tính đến các yêu cầu về độ bền va đập (f=40 kN/cm^2).

Yêu cầu: Xác định chiều dày tấm đáy bể ở vùng biên.

Phần trung tâm của đáy được cấu tạo từ các thép tấm kích thước 1500x6000 mm với chiều dày 6 mm, tổ hợp dưới dạng 4 tấm phẳng. Với thành làm từ các mác thép khác nhau khi chiều dày khoang dưới t1=18 mm thì chiều dày tối thiểu của tấm biên là 12 mm (xem bảng 1). Lấy chiều dày tấm biên đáy 12 mm, và kiểm tra chúng theo giá trị mô men uốn do hiệu ứng biên. Do bể đang xét cần phải gối lên móng bê tông cốt thép, mô men uốn do hiệu ứng biên M_0 được xác định theo phương trình (8). Tính các giá trị của tham số trong phương trình (8) theo các công thức (2) và (3).

Hệ số biến dạng của thành

$$\beta_t = \sqrt[4]{\frac{3.(1-\upsilon^2)}{r^2.t_{b,t}^2}},$$

trong đó υ=0,3 - hệ số Poát xông;

$t_{b,t}$ = 18,0 – 0,6 = 17,4 mm = 1,74 cm

$$\beta_t = \sqrt[4]{\frac{3.(1-0,3^2)}{2330^2.1,74^2}} = 0,02\ \frac{1}{\text{cm}}.$$

Hệ số nền quy ước của thành

$$K_t = \frac{E.t_{b,t}}{r^2} = \frac{2,06.10^4.1,74}{23,3^2.10^4} = 0,0066\ \text{kN/cm}^3$$

Áp lực lên đáy

P_u = 1,1 ρ_{cl}. H_t + P_d

=1,1.8,82.10^{-6}.(18,0 – 0,3).10^2 + 2,4.10^{-4}

= 0,0174 kN/cm^2

$$P' = \frac{P_u - P_d}{H_t} = \frac{0,0174 - 0,00024}{1800 - 30}$$

$$= 9,895.10^{-6}\ \text{kN/cm}^3.$$

Hệ số của phương trình chính tắc (8)

$$\delta_{11}^t = \frac{2.\beta_t^3}{K_t} = \frac{2.0,02^3}{0,0066} = 2,424.10^{-3}\ \frac{1}{\text{kN}}$$

Số hạng tự do của phương trình chính tắc (8)

$$\Delta_{fb}^{t} = -\frac{P_o.\beta_1 - P'}{K_t}$$

$$= \frac{0,0174.0,02 - 9,695\ 10^{-6}}{0,0066} = -0,0513.$$

Độ cứng trụ của biên đáy

$$D_{bd} = \frac{E.t_{b.bd}^3}{12\left(1-\upsilon^2\right)}$$

$$= \frac{2,06.10^4\left(1,2-0,06\right)^3}{12.\left(1-0,3^2\right)} = 0,28.10^4\ kN.cm$$

Thay các giá trị vừa tìm được vào phương trình (8)

$$2,424.M_0 + 9,015.\sqrt{M_0^3} - 513,0 = 0$$

Từ đó nhận được, M_0 = 14,1 (kN.cm)/cm

Kiểm tra điều kiện bền của tấm biên đáy, được tiến hành theo công thức (7). Trước hết, tìm cường độ tính toán yêu cầu theo giới hạn chảy cho tấm biên đáy theo công thức

$$f_y^{yc} = \frac{4.M_0}{t_{b.bd}^2.\gamma_c.\gamma_b} = \frac{4.14,1}{\left(1,2-0,06\right)^2 1,0.1,2}$$

$$= 36,9\ kN/cm^2,$$

trong đó γ_c = 1,0; γ_b = 1,2.

Giá trị f_y^{yc} tương ứng với thép mác 10CrSiNiCu theo tiêu chuẩn Thiết kế Kết cấu thép [4] (f=40kN/cm^2>36,9kN/cm^2). Cần lưu ý rằng, việc tăng chiều dày của tấm biên đáy, hầu như không thay đổi ứng suất pháp trong chúng.

Đai lượng chiều rộng dải dày bề tách khỏi móng bê tông, được xác định theo công thức (9)

$$l_{d.d} = 2.\sqrt{\frac{M_0}{P_u}} = 2.\sqrt{\frac{14,1}{0,0174}} = 57\ cm.$$

Nếu sử dụng móng bê tông cốt thép dạng vành khăn, chiều rộng dải vành biên theo mặt trên cần phải lớn hơn giá trị $l_{d.d}$=57 cm

4. Kết luận và kiến nghị

Trên đây đã trình bày về cấu tạo và tính toán tấm thép đáy bể chứa, với đáy bể đặt trên nền đàn hồi hoặc nền bệ bông. Đáy bể được tổ hợp từ các tấm thép định hình, và được chia ra thành: phần trung tâm và phần biên. Đối với phần trung tâm và phần biên của đáy, chiều dày tấm đáy chọn theo yêu cầu cấu tạo (chiều dày tối thiểu và tối đa), phụ thuộc vào chiều dày của khoang thành bể dưới cùng. Ngoài ra, phần biên đáy còn được tính toán đối với mô men do hiệu ứng biên, có kể đến biến dạng dẻo.

Các tính toán về thành và mái bể có thể tham khảo ở các tài liệu [1, 3, 5].*/.*

Tài liệu tham khảo

1. *Phạm Văn Hội, Nguyễn Quang Viên (2013), "Kết cấu thép – Công trình đặc biệt". Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội.*
2. *Phạm Văn Hội, Nguyễn Quang Viên và nnk (2010), "Kết cấu thép – Cấu kiện cơ bản", Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội*
3. *Nguyễn Hồng Sơn, Võ Thanh Lượng (2017), "Thiết kế kết cấu thép – Bể và bồn chứa áp lực thấp", Nhà xuất bản Xây dựng. Hà Nội*
4. *Tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 5575.2012, "Kết cấu thép – Tiêu chuẩn thiết kế". Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật. Hà Nội*
5. *Нехаев Г.А (2005), "Проектирование и расчет стальных цилиндрических резервуаров и газгольдеров низкого давления" Издательство Ассоциации строительных вузов*
6. *Лапшин А. А., Казесов А. Н., Агеева М. А. (2009), "Проектирование и расчет стальных цилиндрических резервуаров и газгольдеров низкого давления", учебное пособие, Н. Новгород, ННГАСУ.*

Phân tích dẻo lan truyền dầm liên hợp thép - bê tông...

(tiếp theo trang 25)

Mô hình siêu phần tử thanh là phần tử chỉ với hai điểm nút hai đầu phần tử, mặc định có n điểm biến dạng dẻo liên tục bên trong phần tử

Để xuất siêu phần tử thanh dầm liên hợp có n điểm biến dạng dẻo liên tục bên trong phần tử trong phương pháp phần tử hữu hạn.

Xây dựng được ma trận dẻo của siêu phần tử thanh dầm liên hợp bằng phương pháp giải tích.

Đề xuất phương trình độ cứng của tiết diện dọc theo chiều dài dầm

Quan hệ nội lực - chuyển vị là phi tuyến, thể hiện rõ ứng xử đàn dẻo của dầm liên hợp khi chịu tải trọng.

Kết quả của nghiên cứu được so sánh với kết quả thí nghiệm bởi Ansourian (1981) [6] và Eurocode 4 cho thấy độ tin cậy của phương pháp nghiên cứu.*/.*

Tài liệu tham khảo

1. *Li, Y. and Lui, E M (1993), A Simplified Plastic Zone Method for Frame Analysis, Microcomput. Civil Eng 10, pp. 51-62*
2. *Orbison JG cùng cộng sự (1982), Yield surface applications in nonlinear steel frame analysis, Computer Method in applied Mechanics and Engineering 1982(33): 557-573*
3. *White, D W. (1993), Plastic – Hing Method for Advanced Analysis of Steel Frames, J. Construct Steel Res 24, pp. 121-152*
4. *Kent, D.C. and Park, R. (1971) Flexural Members with Confined Concrete. J. Struct. Div ASCE, 97(ST7) 1969–1990.*
5. *Robert D. Cook, David S Malkus and Michael E Plesha (1989), Concepts and applications of finite element analysis, 3rd Ed, John Wiley and Sons, Inc*
6. *Ansourian, P (1981) "Experiments on continuous composite beams." Proc., Inst Civ. Eng., 71(2), 25-71.*
7. *Võ Như Cầu (2004), Tính kết cấu theo phương pháp ma trận, Nxb xây dựng, Hà Nội*