

# So sánh nội lực trong thành bể chứa trụ đứng thép khi tính theo lý thuyết phi mô men và khi phân tích bằng phần mềm sap 2000

Comparison of the internal force in vertical steel tank wall when calculated by the theory of non-moment and analyzed with the software SAP 2000

Nguyễn Thị Thanh Hoà

## Tóm tắt

Hiện nay, các sách lý thuyết về kết cấu thép bản trình bày một phương pháp gần đúng để tính toán nội lực trong thành bể chứa trụ đứng thép, đó là phương pháp tính theo lý thuyết phi mô men. Điều này giúp cho việc tính toán trở nên đơn giản và thuận tiện trong áp dụng. Tuy nhiên chưa có đánh giá cụ thể mức độ chính xác của phương pháp này. Bài báo trình bày việc tiến hành khảo sát nội lực trong thành bể chứa trụ đứng thép khi tính theo lý thuyết phi mô men và khi phân tích bằng phần mềm SAP 2000, qua đó so sánh tổng hợp để đưa ra khuyến nghị khi áp dụng.

**Từ khóa:** thành bể chứa trụ đứng thép, lý thuyết phi mô men, nội lực, so sánh

## Abstract

Currently, theoretical books on steel structures present an approximate method for calculating internal force in vertical steel tank wall, which is based on the theory of non-moment. This method simplifies the calculations, making it convenient for practical applications. However, there has been no specific assessment of the accuracy of this method.

This paper presents the investigation of internal force in vertical steel tank wall when calculated using the non-moment theory and when analyzed using the software SAP 2000, thereby comparing and synthesizing results to make recommendations for application.

**Key words:** vertical steel tank wall, the theory of non-moment, internal force, comparison

## 1. Đặt vấn đề

Hiện nay, lĩnh vực ứng dụng chủ yếu kết cấu bể chứa ở Việt Nam là lĩnh vực dầu khí và loại bể được dùng chủ yếu là bể chứa trụ đứng thép do đáp ứng được sức chứa lớn (có thể đến 50.000m<sup>3</sup>) và việc thi công chế tạo đơn giản. Trong kết cấu bể chứa trụ đứng thì thành bể là bộ phận chịu lực chủ yếu và quan trọng. Trong các sách lý thuyết và tính toán Kết cấu thép bản [2], [3] đã trình bày phương pháp tính gần đúng – tính theo lý thuyết phi mô men để đơn giản hóa việc tính nội lực thành bể chứa trụ đứng. Phương pháp này chỉ áp dụng cho loại vỏ có t/R < 1/30 và ở những chỗ xa vùng có hiệu ứng biên (chỗ nối vỏ, nơi vỏ có chiều dày thay đổi...), và kiểm tra thêm theo trạng thái hiệu ứng biên ở những nơi cần thiết. Kết cấu thép bản luôn thỏa mãn các điều kiện trên. Tuy nhiên, độ chính xác của phương pháp này chưa được đánh giá cụ thể. Bài báo thực hiện việc khảo sát nội lực trong thành bể chứa trụ đứng (xét riêng trường hợp áp lực thủy tĩnh tác dụng lên thành bể) khi tính theo lý thuyết phi mô men và khi phân tích bằng phần mềm SAP 2000 để có số liệu cụ thể, tổng hợp so sánh và đưa ra khuyến nghị khi áp dụng.

Bài báo trình bày các nội dung sau:

- Trình tự tính toán nội lực trong thành bể chứa trụ đứng thép.
- Khảo sát nội lực trong thành bể chứa trụ đứng thép.
- Kết luận, kiến nghị.

## 2. Trình tự tính toán nội lực trong thành bể chứa trụ đứng thép

Đề bài: Cho bể chứa trụ đứng thép có kích thước như hình 2.1, biết chất lỏng chứa đầy trong bể. Chiều cao thành bể H (m), đường kính thành bể D (m), chiều dày thành bể t (mm). Chiều dày của đáy bể là t<sub>d</sub> (mm), đường kính đáy bể lớn hơn đường kính thành bể 100 mm. Trọng lượng riêng của chất lỏng trong bể ρ<sub>1</sub> (kN/m<sup>3</sup>); hệ số vượt tải γ<sub>1</sub> = 1,1. Coi liên kết giữa thân với đáy là ngàm đàn hồi. Bể đặt trên nền có hệ số đàn hồi k.

Vật liệu thép CCT38. Xác định ứng suất kéo lớn nhất trong thành bể theo phương vòng 2 và mô men uốn cực bộ lớn nhất tại khu vực đáy bể do tác dụng của áp lực thủy tĩnh lên thành bể gây ra.

### 2.1. Tính theo lý thuyết phi mô men

- Áp lực thủy tĩnh ở độ sâu x kể từ mặt thoáng chất lỏng:

$$p_x = \gamma_1 \rho_1 x \quad (1)$$

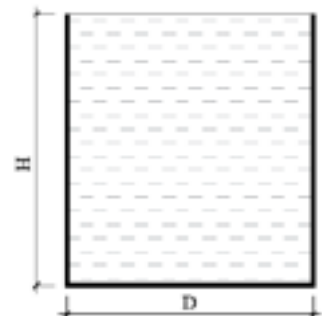
trong đó:

ρ<sub>1</sub> - trọng lượng riêng của chất lỏng chứa trong bể, kN/m<sup>3</sup>;

x - chiều sâu tính từ mặt thoáng chất lỏng đến điểm xác định áp lực, m;

γ<sub>1</sub> - hệ số vượt tải của áp lực thủy tĩnh, γ<sub>1</sub> = 1,1.

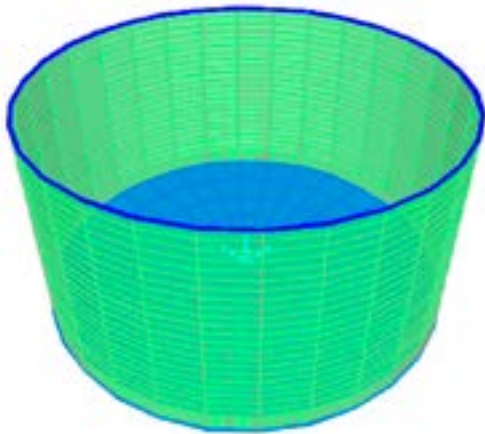
Theo tài liệu tham khảo [2], [3], khi tính chiều dày cho từng đoạn thân bể thì x lấy từ mặt thoáng chất lỏng đến điểm cách đường hàn vòng mép dưới của đoạn thân 30cm vì gần đường hàn vòng ảnh hưởng của hiệu ứng biên làm giảm ứng suất kéo vòng. Trong phạm vi bài báo, khảo sát cho các bể chứa có chiều dày thành bể không đổi, do đó ứng suất kéo vòng σ<sub>2</sub> lớn nhất xác định tại vị trí cách đáy bể 30cm. Trong công thức (1) lấy x = H - 0,3 (m)



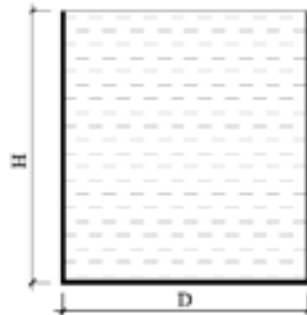
Hình 2.1. Mặt cắt dọc thành bể

ThS. Nguyễn Thị Thanh Hoà  
Bộ môn Kết cấu Thép Gỗ, Khoa Xây dựng  
Email: hoakientruc@gmail.com  
ĐT: 0912828682

Ngày nhận bài: 23/5/2022  
Ngày sửa bài: 30/5/2022  
Ngày duyệt đăng: 02/01/2024



Hình 2.2. Mô hình tính toán bể chứa trụ đứng



Hình 3.1. Mặt cắt dọc thành bể

- Ứng suất kéo vòng  $\sigma_2$  lớn nhất được xác định tại vị trí  $x = H - 0,3$  (m) theo công thức:

$$\sigma_2 = \frac{p_x r}{t} \quad (2)$$

trong đó:

$r$  – bán kính thành bể;

$t$  – chiều dày thành bể ;

$p_x$  – áp lực thủy tĩnh tại độ sâu  $x = H - 0,3$  (m) kể từ mặt thoáng chất lỏng.

- Khi tính theo lý thuyết phi mô men thì cần kiểm tra thêm theo trạng thái hiệu ứng biên tại chỗ nối thành bể và đáy bể.

Mô men cục bộ lớn nhất tại đáy bể chứa được xác định theo công thức gần đúng sau:

$$M = \alpha p r t \quad (3)$$

trong đó:

$\alpha = 0,1$  - khi coi liên kết giữa thân và đáy là ngàm đàn hồi;

$\alpha = 0,3$  khi coi liên kết giữa thân và đáy là ngàm cứng;

$p$  - áp lực thủy tĩnh tác dụng lên thành bể ở độ sâu đáy bể,  $p = \gamma_1 \rho_1 h$ ,

$h$  – là chiều cao tối đa của chất lỏng.

## 2.2. Phân tích theo phần mềm SAP 2000

- Xây dựng mô hình tính bể chứa trụ đứng theo các thông số yêu cầu, hình 2.2.

Tại chỗ nối thành bể với đáy bể, biến dạng theo phương đường kính của thành bể bị đáy cản trở, xuất hiện mô men uốn cục bộ và ứng suất theo phương vòng trong vùng này bị giảm. Do đó, các phần tử thành bể cần chia nhỏ hơn để có thể xác định chính xác nội lực lớn nhất trong thành bể. Cụ thể, trong đoạn 1m chiều cao thành bể tiếp giáp với đáy, cần chia nhỏ theo phương đứng với khoảng cách tối thiểu 100 mm, các vùng khác có thể chia với khoảng cách lớn hơn (từ 300 đến 500mm).

- Khai báo tải trọng áp lực thủy tĩnh.

- Gán tải trọng áp lực thủy tĩnh lên thành bể và đáy bể.

- Khai báo hệ số đàn hồi của đáy bể.

- Thực hiện giải và nhận kết quả.

## 3. Khảo sát nội lực trong thành bể chứa trụ đứng thép

- Thực hiện việc khảo sát nội lực trong thành bể chứa trụ đứng thép theo nhiệm vụ như sau:

Cho bể chứa trụ đứng thép có kích thước như hình 3.1, biết chất lỏng chứa đầy trong bể. Các thông số chiều cao thành bể  $H$  (m), đường kính thành bể  $D$  (m), chiều dày thành

Bảng 3.1. Các thông số hình học của các bể khảo sát

Bể	1	2	3	4	5	6
H (m)	12	12	15	15	18	18
D (m)	20	23	20	23	20	23
t (mm)	8	10	10	12	13	14

Bảng 3.2. So sánh kết quả nội lực trong thành bể chứa trụ đứng thép khi tính theo lý thuyết phi mô men và khi phân tích bằng phần mềm SAP 2000

Bể	$\sigma_2$ (1) (kN/m <sup>2</sup> )	$\sigma_2$ (2) (kN/m <sup>2</sup> )	$\Delta\sigma_2$ (%)	$M_{cb}$ (1) kNm/m	$M_{cb}$ (2) kNm/m	$\Delta M_{cb}$ (%)
1	158125	158630	0,3	1,038	0,757	37,1
2	145475	146134	0,5	1,493	1,084	37,7
3	159500	161565	1,3	1,628	1,327	22,7
4	152854	153020	0,1	2,247	1,724	30,3
5	148077	150653	1,7	2,545	2,060	23,5
6	158125	158763	0,4	3,152	2,474	27,4

bề  $t$  (mm) được cho trong bảng 3.1. Chiều dày của đáy bể là  $t_d = 6$  (mm), đường kính đáy bể lớn hơn đường kính thành bể 100 mm. Trọng lượng riêng của chất lỏng trong bể  $\rho_1 = 10$  kN/m<sup>3</sup>; hệ số vượt tải  $\gamma_1 = 1,1$ . Coi liên kết giữa thân với đáy là ngàm đàn hồi. Bể đặt trên nền có hệ số đàn hồi  $k = 20000$  kN/m<sup>3</sup>. Vật liệu thép CCT38. Xác định ứng suất kéo lớn nhất trong thành bể theo phương vòng  $\sigma_2$  và mô men uốn cục bộ lớn nhất tại khu vực đáy bể do tác dụng của áp lực thủy tĩnh lên thành bể gây ra.

Thực hiện theo trình tự tính toán đã trình bày trong mục 2. Kết quả tính toán thể hiện ở bảng 3.2.

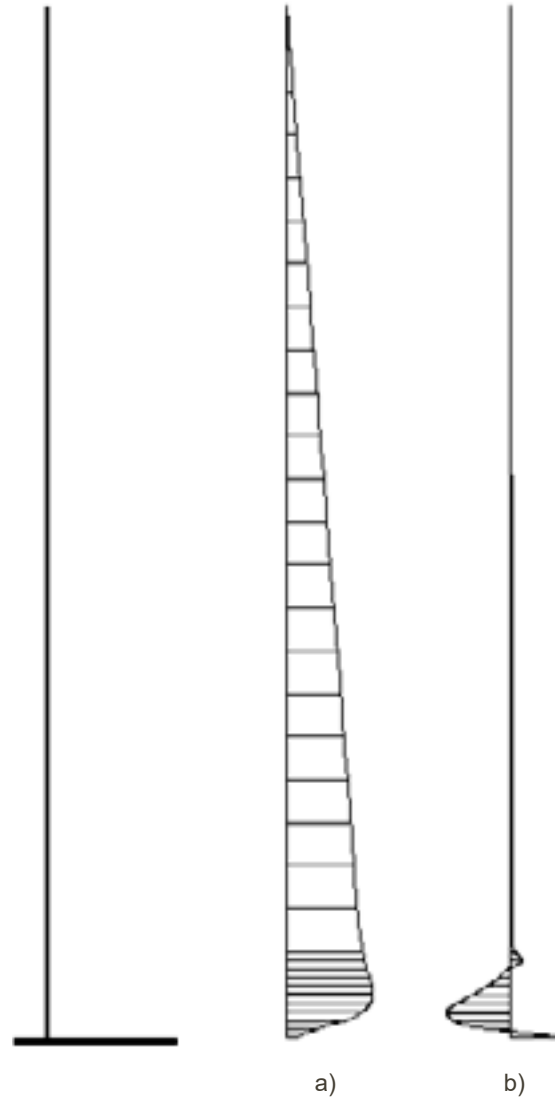
( trong đó:  $\sigma_2$  (1) là ứng suất lớn nhất trong thành bể theo phương vòng khi tính theo lý thuyết phi mô men,  $M_{cb}$  (1) là mô men cục bộ lớn nhất tại khu vực đáy bể khi tính bằng công thức gần đúng để bổ sung kiểm tra hiệu ứng biên cho lý thuyết phi mô men,  $\sigma_2$  (2) là ứng suất lớn nhất trong thành bể theo phương vòng và  $M_{cb}$  (2) là mô men cục bộ lớn nhất tại khu vực đáy bể khi tính theo phần mềm SAP 2000,  $\Delta\sigma_2$  là độ chênh lệch của giá trị ứng suất lớn nhất trong thành bể theo phương vòng khi tính theo lý thuyết phi mô men so với khi tính bằng phần mềm SAP 2000,  $\Delta M_d$  là độ chênh lệch của giá trị mô men cục bộ lớn nhất tại khu vực đáy bể khi tính bằng công thức gần đúng để bổ sung kiểm tra hiệu ứng biên cho lý thuyết phi mô men so với khi tính bằng phần mềm SAP 2000).

Nhận xét:

- Giá trị ứng suất lớn nhất trong thành bể theo phương vòng khi tính theo lý thuyết phi mô men và khi tính bằng phần mềm SAP 2000 có độ chênh lệch nhỏ trong khoảng 2% ( từ 0,1% đến 1,7%). Điều này cho thấy kết quả tính ứng suất trong thành bể theo lý thuyết phi mô men có độ tin cậy cao, có thể sử dụng phương pháp tính đơn giản hóa này trong thiết kế tính toán bể chứa trụ đứng.

- Giá trị mô men cục bộ lớn nhất tại khu vực đáy bể khi tính bằng công thức gần đúng để bổ sung kiểm tra hiệu ứng biên cho lý thuyết phi mô men và khi tính bằng phần mềm SAP 2000 có độ chênh lệch trong khoảng từ 22,7% đến 37,7%.

- Từ kết quả phân tích nội lực trong thành bể chứa trụ đứng bằng phần mềm SAP 2000, vẽ được dạng biểu đồ phân bố ứng suất theo phương vòng và biểu đồ mô men uốn trong thành bể, hình 3.2. Theo đó, ứng suất trong thành bể theo phương vòng tăng dần theo chiều sâu thành bể, đạt



**Hình 3.2. Biểu đồ phân bố ứng suất theo phương vòng a) và biểu đồ mô men uốn cục bộ trong thành bể chứa trụ đứng b)**

**Bảng 3.3. Kết quả khảo sát mô men cục bộ tại khu vực đáy bể chứa số 2 theo chiều dày thành bể**

Mô men cục bộ $M_{cb}$ (kNm/m)	$t = 10$ mm	$t = 12$ mm	$t = 14$ mm
Tại đáy	0,809	0,781	0,760
Cách đáy bể 0,3m (Vị trí $M_{cb}$ lớn nhất)	1,084	1,352	1,629
Cách đáy bể 1m	0,048	0,045	0,196

**Bảng 3.4. Kết quả khảo sát mô men cục bộ tại khu vực đáy bể chứa số 2 theo chiều dày đáy bể**

Mô men cục bộ $M_{cb}$ (kNm/m)	$t_d = 6$ mm	$t_d = 8$ mm	$t_d = 10$ mm
Tại đáy	0,809	1,008	1,232
Cách đáy bể 0,3m	1,084	1,064	1,037
Cách đáy bể 1m	0,048	0,046	0,044

(Xem tiếp trang 76)

- Loại 2 không đạt chuẩn. Cấp phối kém cũng ảnh hưởng không nhỏ tới chất lượng lu đầm và độ hoàn thiện của công trình.

### 3. Kết luận

Thí nghiệm mô đun đàn hồi trên bề mặt kết cấu bãi cầu chính được gia cố với lưới địa kỹ thuật Tensar TX160 nên giá

trị đạt được là tương đối cao mặc dù chất lượng lu đầm và hoàn thiện bề mặt lớp cấp phối đá dăm – loại 2 chưa thật tốt.

Mô đun đàn hồi trên bề mặt của các lớp cấp phối đá dăm đã thi công hoàn thiện được đo đạc đạt yêu cầu kỹ thuật khẳng định tính hiệu quả của vật liệu gia cố – lưới địa kỹ thuật 3 trục TriAx. Giá trị  $E_{v2}$  đạt được lớn hơn gấp gần 2 lần so với yêu cầu giá trị  $E_{v2}$  từ VESTAS./.

#### Tài liệu tham khảo

1. 22TCN 262:2000. Quy trình khảo sát thiết kế nền đường ô tô trên nền đất yếu.
2. 22TCN 346:2006. Quy trình thí nghiệm xác định độ chặt nền, móng đường bằng phễu rót cát.
3. Abd EL Samee W. Nashaat and Ahmed S. Rabei. Effect of Reinforced Replacement Soil on Behavior of Soft Clay. *Life Sci J* 2019;16(10):17-35]. ISSN: 1097-8135 (Print) / ISSN: 2372-613X.
4. Lees & Matthias (2019). "Bearing capacity of a geogrid-stabilised granular layer on clay". *Ground Engineering*, November 2019.
5. DIN 18134:2012-04. Soil - Testing procedures and testing equipment. Plate load test.
6. "Working platforms – Design of granular working platforms for construction plant – A guide to good practice TWJ2019: 02" Published by Temporary Works Forum, c/o Institution of Civil Engineers, London, United Kingdom.
7. "Guide to Working Platforms" by the joint EFC/DFI Working Platforms Task Group, 1st Edition December 2019.
8. E.A. Мартынов. Определение эффекта армирования дорожных конструкций геосинтетическими материалами. *Техника и технологии строительства. № 2(2), 2015.*

## So sánh nội lực trong thành bể chứa trụ đứng thép...

(tiếp theo trang 72)

giá trị lớn nhất tại vị trí cách đáy bể khoảng 50cm đến 60cm sau đó giảm dần do hiệu ứng biên tại đáy bể. Mô men cục bộ tại khu vực đáy bể đạt giá trị lớn nhất tại vị trí cách đáy bể 20cm đến 30cm. Do chiều dày đáy bể lấy theo cấu tạo thường mỏng (khoảng 5mm đến 6mm) nên độ cứng của đáy bể thường nhỏ hơn so với thành bể nên liên kết nối thân với đáy thường không đảm bảo liên kết ngàm cứng mà thuộc loại liên kết ngàm đàn hồi, mô men cục bộ tại đáy bể không đạt giá trị lớn nhất.

- Giá trị mô men cục bộ tại khu vực đáy bể thay đổi phụ thuộc vào độ cứng tương đối giữa thành và đáy bể. Cụ thể với một bể chứa khi giữ nguyên các thông số thiết kế, chỉ thay đổi kích thước chiều dày thành bể hoặc đáy bể thì giá trị mô men cục bộ tại khu vực đáy bể có sự thay đổi về giá trị. Khảo sát cụ thể với bể chứa số 2, giữ nguyên các thông số thiết kế, chỉ thay đổi chiều dày thành bể theo các giá trị  $t = 10, 12, 14$ mm. Kết quả khảo sát mô men cục bộ tại khu vực đáy bể số 2 theo chiều dày thành bể thể hiện ở bảng 3.3. Mô men cục bộ lớn nhất tại vị trí cách đáy 0,3m. Thực hiện tương tự, giữ nguyên các thông số thiết kế bể chứa số 2, chiều dày thành bể  $t = 10$ mm, thay đổi chiều dày đáy bể theo các giá trị  $t = 6, 8, 10$ mm. Kết quả khảo sát mô men cục bộ tại khu vực đáy bể số 2 theo chiều dày đáy bể thể hiện ở bảng 3.4. Khi chiều dày đáy bể  $t = 10$ mm, mô men cục bộ đạt giá trị lớn nhất tại đáy bể. Như vậy, giá trị mô men cục bộ tại khu vực đáy bể thay đổi phụ thuộc vào kích thước của đáy bể và thành bể. Trong công thức (3), công thức tính gần đúng mô men cục bộ lớn nhất tại đáy bể thì giá trị mô men cục bộ phụ thuộc vào hệ số  $\alpha$ , lấy cố định  $\alpha = 0,1$  với liên kết ngàm đàn hồi và  $\alpha = 0,3$  với liên kết ngàm cứng. Do đó, công thức này chưa phản ánh chính xác giá trị mô men cục bộ trong từng trường hợp cụ thể.

### 4. Kết luận và kiến nghị

- Bài báo đã trình bày việc khảo sát nội lực trong thành bể chứa trụ đứng thép dưới tác dụng của áp lực thủy tĩnh theo lý thuyết phi mô men và theo phân tích bằng phần mềm SAP 2000 đối với một số bể chứa có kích thước khác nhau, kết quả khảo sát thể hiện ở bảng 3.2.

Kết quả tính ứng suất trong thành bể theo lý thuyết phi mô men có độ tin cậy cao, có thể sử dụng phương pháp tính đơn giản hóa này trong thiết kế tính toán bể chứa trụ đứng.

Giá trị mô men cục bộ tại khu vực đáy bể phụ thuộc vào độ cứng tương đối giữa thành bể và đáy bể, giá trị này thay đổi theo từng trường hợp cụ thể theo kích thước của đáy bể và thành bể. Công thức tính gần đúng mô men cục bộ tại khu vực đáy bể chưa phản ánh chính xác được giá trị mô men cục bộ trong từng trường hợp cụ thể. Do đó, cần sử dụng phương pháp tính có độ chính xác cao hơn.

- Kiến nghị thực hiện khảo sát với quy mô rộng và đầy đủ hơn để làm căn cứ cho việc lựa chọn phương án thiết kế an toàn, hợp lý.

- Bài báo này có thể sử dụng làm tài liệu tham khảo cho sinh viên ngành Kỹ thuật xây dựng của trường Đại học Kiến trúc Hà Nội./.

#### Tài liệu tham khảo

1. Tiêu chuẩn xây dựng Việt Nam (2012), TCVN 5575\_2012 kết cấu thép tiêu chuẩn thiết kế, Nhà xuất bản Xây Dựng - Hà Nội;
2. Phạm Văn Hội (2013), Kết cấu thép: Công trình đặc biệt - NXB Khoa học và kỹ thuật - Hà Nội;
3. I.A.M-Likhtarnhicóp (1984), Tính toán kết cấu thép, NXB Xây Dựng - Hà Nội.