

XÁC ĐỊNH ÁP LỰC ĐẤT TÁC DỤNG LÊN CỐNG NGẦM

PGS.TS. Nguyễn Cảnh Thái - ĐHTL

ThS. Lưu Thị Hương Giang - HV CH15

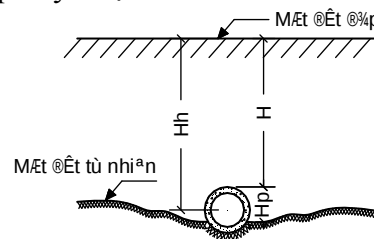
Tóm tắt: Tính toán áp lực đất tác dụng lên cống ngầm là một vấn đề thường gặp trong thực tế. Bài báo đã đề cập đến kết quả tính toán áp lực đất lên đỉnh và thành cống của nhiều phương pháp khác nhau. Các yếu tố ảnh hưởng đến áp lực đất như chỉ tiêu cơ lý của đất đắp trên đỉnh cống, mái dốc của hào, chiều sâu chôn cống, độ cứng của nền ... đã được xem xét. Các kết quả được thể hiện dưới dạng đồ thị để tham khảo.

1. Mở đầu

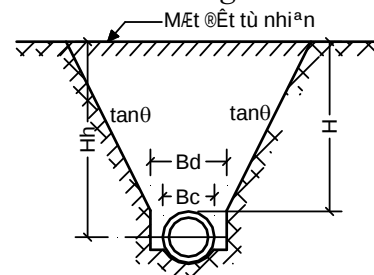
Cống ngầm đóng một vai trò quan trọng trong giao thông, thủy lợi.... Nó được xây dựng để dẫn nước qua thân đê, đập, dưới đường giao thông Khác với các loại kết cấu làm việc trên mặt đất, cống ngầm làm việc trong điều kiện có đất bao quanh. Vì vậy dù kết cấu của cống ngầm đơn giản nhưng tải trọng tác dụng lên nó trong thời gian thi công hay làm việc bình thường rất phức tạp.

Tải trọng tác dụng lên cống ngầm bị chi phối bởi đặc tính của đất, hình dạng, độ cứng của cống... Vào những năm đầu của thế kỷ 20, Marston[5] là người đi tiên phong trong việc nghiên cứu ứng xử của ống dẫn dưới lòng đất bằng phân tích và thực nghiệm. Sau nghiên cứu của Marston, Spangler chỉ ra rằng vị trí đặt cống sẽ không chế độ lớn và phương lún của khối đất phía trên cống và khối đất ở hai bên. Độ lún đó sinh ra lực ma sát hay ứng suất cắt tác động lên khối đất ở giữa làm ảnh hưởng đến áp lực đất tác dụng lên cống ngầm. Khi độ lún thẳng đứng tương đối của khối đất phía trên công trình ít hơn của những phân tố liền kề, trường hợp này thường thấy trong cống chôn nổi (hình 2.a), áp lực đất tác dụng lên cống tăng lên bởi lực ma sát đi xuống tác dụng lên khối đất trung tâm, nó được xem như là vòm âm. Ngược lại, khi độ lún tương đối của khối đất trên công trình lớn hơn của khối đất liền kề, như trường hợp cống chôn trong hào (hình 2.b), những lớp đất của khối đất trung tâm chịu

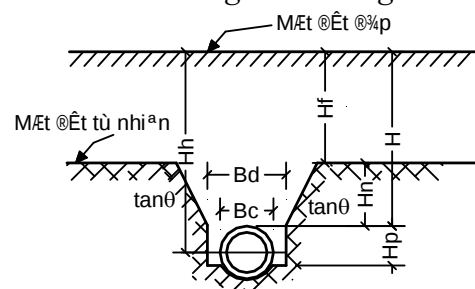
biến dạng vòm ngược lại và vì vậy áp lực đất tác dụng lên cống giảm đi bởi lực ma sát hướng lên tác dụng vào khối đất trung tâm, trường hợp này được xem như vòm dương.



Hình 1a. Cống chôn nổi



Hình 1b. Cống chôn trong hào



Hình 1c. Cống chôn một phần trong hào

H_f : chiều cao đất đắp phía trên đỉnh hào

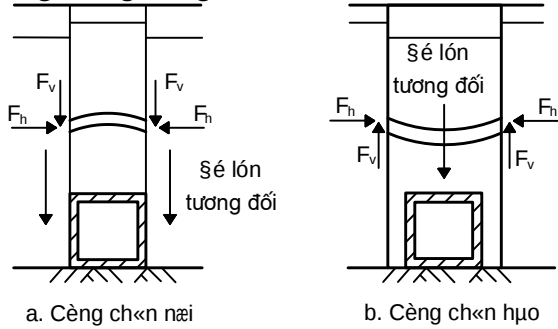
H_p : chiều cao của cống phía trên mặt đất nền liền kề

H_h : chiều cao đất đắp phía trên đường kính nằm ngang của cống

H_n : chiều cao từ đỉnh cống đến mặt đất tự

nhiên

θ : góc hợp bởi mái nghiêng của hào và phương thẳng đứng



Hình 2 Sự chuyển đổi áp lực trong phạm vi cống - đất

Để xác định áp lực đất tác dụng lên cống ngầm đã có hàng loạt những tiêu chuẩn được đưa ra như: AASHTO LRFD[4], EM 1110-2-2902[3] hay thuyết Marston và Spangler [2],[5].

Những tiêu chuẩn này mới chỉ xét đến một vài nhân tố ảnh hưởng. Để kiểm chứng độ tin cậy trong quá trình sử dụng các phương pháp cũng như tìm cách xác định áp lực đất chính xác hơn các tác giả đã tiến hành nghiên cứu áp lực đất tác dụng lên cống ngầm bằng phương pháp phần tử hữu hạn (FEM) và so sánh kết quả với các phương pháp đã được đề cập ở trên.

2. Các phương pháp xác định áp lực đất lên đỉnh cống.

a. Theo AASHTO

+ Cống chôn nổi:

$$W_E = gF_e \gamma B_c H \times 10^{-9} \quad (1)$$

$$F_e = 1 + 0.20 \frac{H}{B_c}$$

+ Cống chôn trong hào

$$W_E = gF_t \gamma B_c H \times 10^{-9} \quad (2)$$

$$F_t = \frac{C_d B_d^2}{HB_c} \leq F_e$$

F_e, F_t : dung trọng hiệu dụng là tỷ số giữa áp lực đất đắp và trọng lượng khối đất phía trên đỉnh cống

B_c : bề rộng phía ngoài của cống

H : chiều cao đất đắp

B_d : bề rộng hào tại vị trí đỉnh cống

γ : trọng lượng riêng của đất đắp

C_d : hệ số tải trọng

b. Theo EM 1110 - 2 - 2902

+ Cống chôn nổi

$$W_E = 1.5 \gamma B_c H_h \quad (3)$$

$$W_E = \gamma B_c H_h \quad (4)$$

Giá trị áp lực đất được lấy là giá trị lớn hơn trong hai giá trị tính được từ công thức (3) và (4)

+ Cống chôn trong hào

$$W_E = C_d \gamma B_d^2 \quad (5)$$

$$W_E = \gamma B_c H \quad (6)$$

$$C_d = \frac{1 - e^{-2k\mu' \frac{H}{B_d}}}{2k\mu'}$$

$$K = \frac{\sqrt{\mu^2 + 1} - \mu}{\sqrt{\mu^2 + 1} + \mu}$$

μ : là hệ số ma sát trong của đất đắp

μ' : là hệ số giữa đất đắp và đất xung

quanh hào

Giá trị áp lực đất được lấy là giá trị lớn hơn trong hai giá trị tính được từ công thức (5) và (6)

+ Cống đặt một phần trong hào

$$W_E = C_d \gamma B_d^2 + \left(\frac{H_f}{H + H_p} \right) (1.5 \gamma B_c H_h - C_d \gamma B_d^2) \quad (7)$$

$$W_E = \gamma B_c H_h + \left(\frac{H_f}{H + H_p} \right) (1.5 \gamma B_c H_h - \gamma B_c H_h) \quad (8)$$

Giá trị áp lực đất được lấy là giá trị lớn hơn trong hai giá trị tính được từ công thức (7) và (8)

c. Theo Marston & Spangler

+ Cống chôn nổi

$$W = C_c \gamma B_c^2 \quad (9)$$

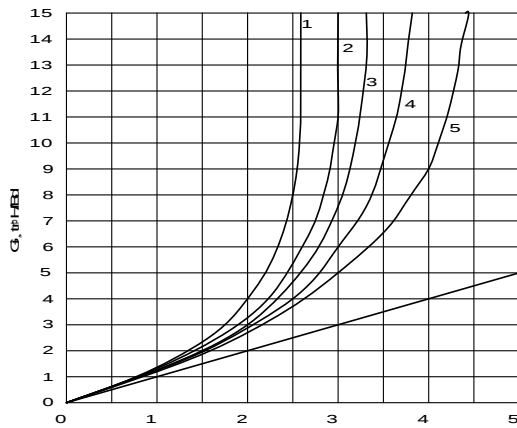
+ Cống chôn trong hào

$$W = C_d \gamma B_d^2 \quad (10)$$

+ Cống đặt một phần trong hào

$$W = C_n \gamma B_d^2 \quad (11)$$

C_c, C_n, C_d : hệ số tải trọng



1: $K_\mu = K_{\mu'} = 0.1924$ cho đất không dính

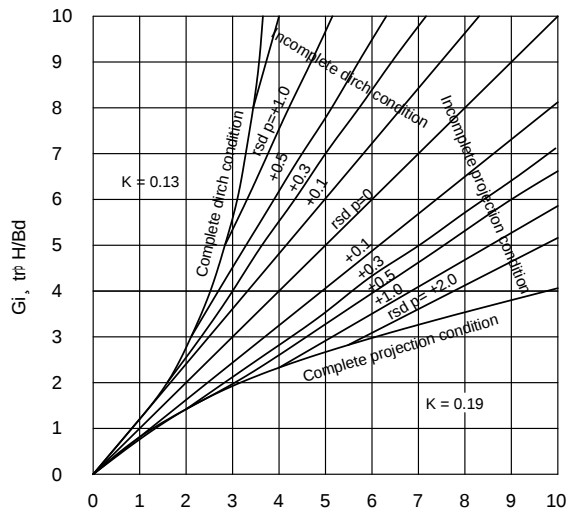
2: $K_\mu = K_{\mu'} = 0.165$ cho cát và sỏi

3: $K_\mu = K_{\mu'} = 0.15$ cho đất thịt bão hòa

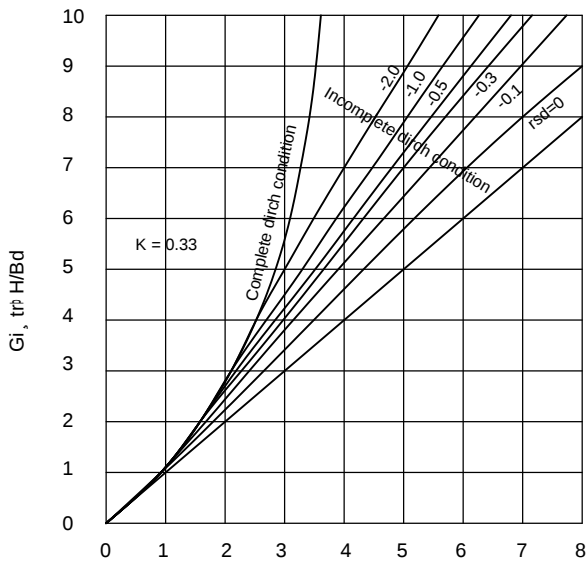
4: $K_\mu = K_{\mu'} = 0.13$ cho đất sét

5: $K_\mu = K_{\mu'} = 0.11$ cho đất sét bão hòa

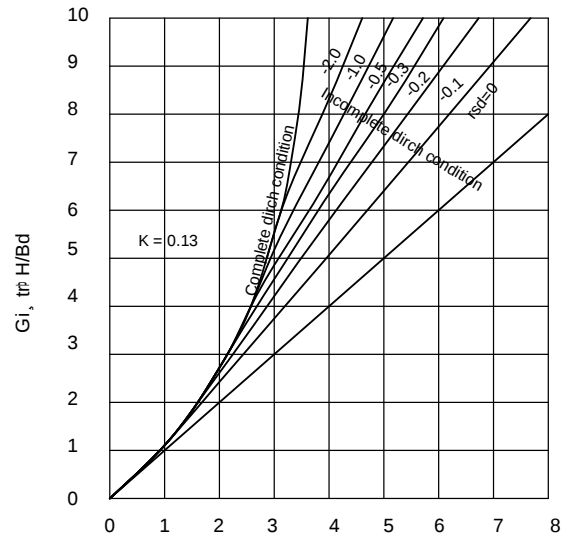
Giá trị hệ số C_d



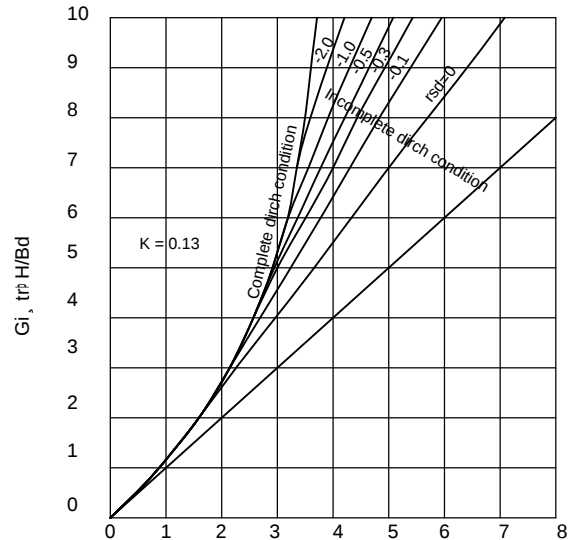
Giá trị của hệ số C_c



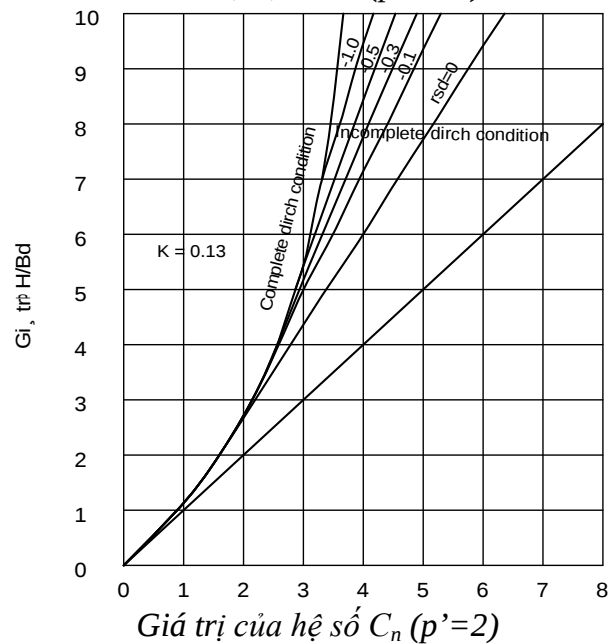
Giá trị của $C_n (p'=0.5)$



Giá trị của $C_n (p'=1)$



Giá trị hệ số $C_n (p'=1.5)$



P' : tỷ lệ hình chiếu cho trường hợp ống đặt trong hào và có lớp đất đắp trên đỉnh hào, chiều sâu hào chia cho bề rộng hào

d. Theo phương pháp Vinogradov

Áp lực đất tác dụng lên đỉnh cống chôn trong rãnh

$$G_d = n\gamma K_d' \gamma_d B_{tb} H$$

$$B_{tb} = B + H \tan \beta$$

Trong đó:

β : góc nghiêng của vách rãnh so với phương thẳng đứng

K_d : được tính theo công thức

$$K_d = \frac{1 - e^{-\frac{A}{B}}}{A} \frac{B}{H}$$

$$A = \frac{2\xi(1-C)tg\varphi_1}{1 - \frac{C}{3}}$$

C: hệ số phân bố không đều áp lực đất. thường chọn $C = 0.3$

$\xi tg\varphi_1$: lấy theo quy phạm HuTy 6-48 tùy thuộc vào đặc trưng của đất như sau

- Đất cát ướt vừa và bão hòa nước $\xi tg\varphi_1 = 0.215$

- Đất sét không ướt lắm $\xi tg\varphi_1 = 0.216$

- Đất sét rất ướt $\xi tg\varphi_1 = 0.185$

- Đất sét bão hòa nước $\xi tg\varphi_1 = 0.136$

Các kích thước $B_c, B_d, \theta, H, H_f, H, H_p, H_b, H_n$ được minh họa trong hình 1a, 1b, 1c.

e. Theo phương pháp phần tử hữu hạn

Các tác giả đã xử dụng phần mềm Plaxis để tính toán ứng suất, biến dạng của toàn khối bao gồm nền, thân cống và khối đất đắp bên trên. Thân cống được mô tả là vật liệu đàn hồi. Đất nền và đất đắp bên trên được mô tả bằng mô hình phi tuyến (mô hình Hardening) với các thông số sau đây:

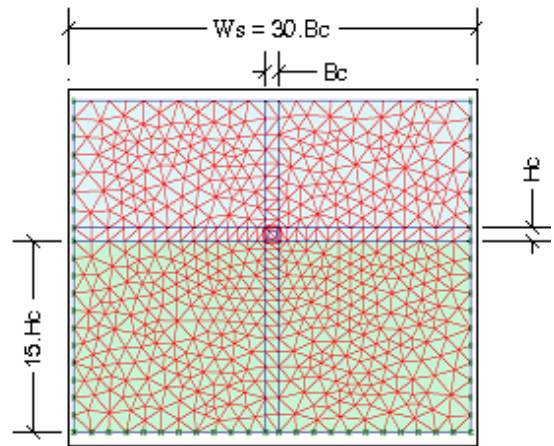
- c: lực dính hiệu quả
- ϕ : góc ma sát trong
- E_{ref}^{50} : độ cứng cát tuyến trong thí nghiệm

ba trục

- E_{ref}^{oed} : độ cứng tiếp tuyến nén lún với điều kiện chất tải lần đầu

- E_{ur}^{ref} : độ cứng dỡ - chất tải

Các giá trị c, ϕ , E_{ref}^{50} của đất đắp không đổi trong tất cả các trường hợp tính.



Hình 3: Lưới phần tử trong FEM

Với cùng điều kiện biên, lớp đất đắp như nhau thì bề rộng của đất xung quanh công trình W_s sẽ ảnh hưởng tới hệ số tác động đất – công trình hay dung trọng hiệu dụng (F_e). Kết quả trong bảng 1 cho thấy dung trọng hiệu dụng tăng dần cho đến khi $W_s/B_c = 25-30$ thì đạt đến trạng thái ổn định. Bởi vậy, W_s/B_c được lấy bằng 30 trong các phân tích mô hình tương tác đất – công trình. Chiều sâu của đất nền dưới đáy cống cũng được lấy bằng 15 lần bề rộng cống.

Bảng 1: Dung trọng hiệu dụng ứng với các W_s/B_c

W_s/B_c	11	21	25	31
F_e	1.47	1.49	1.51	1.51

Ảnh hưởng của tương tác đất – cống

Hiện tượng liên kết được miêu tả thường xuyên là sự trượt giữa đất và thành cống. Trong tính toán hiện nay thường có hai cách mô phỏng khác nhau. Cách thứ nhất là liên kết trượt (ma sát) cho phép hiện tượng trượt tương đối giữa đất và thành cống xảy ra. Cách thứ 2 là liên kết cứng không xảy ra hiện tượng trượt giữa đất và thành cống tại mặt tiếp xúc. Bảng 2 là tổng hợp hệ số liên kết đất - công trình có xét đến và không xét đến ảnh hưởng của liên kết đất – công trình bằng PLAXIS. Mô hình cống giả thiết nghiên cứu trong bảng 2 được giả thiết đặt ở độ sâu 10m, cống hộp có bề rộng $B_c = 1m$. Có thể nhận thấy từ bảng

2 ảnh hưởng của sự trượt của đất dọc theo thành cống là đáng kể. Vì vậy phải kể đến tương tác đất – cống trong tính toán.

Bảng 2: Ảnh hưởng của tương tác cống – đất tới dung trọng hiệu dụng

Thông số	Dung trọng hiệu dụng		Khác biệt (%)
	Xét đến tương tác	Không xét tương tác	
$E_c/E_{50} = 10$	1.170	1.254	6.7
$E_c/E_{50} = 100$	1.236	1.348	8.2
$E_c/E_{50} = 1000$	1.374	1.536	10.6

E_c/E_{50} : tỷ số giữa mô đun đàn hồi của bê tông cống và mô đun đàn hồi của đất đắp.

3. Các tổ hợp và kết quả tính toán

Bảng 3: Tổ hợp tính toán cho cống đặt nổi

$B_c = 1\text{m}, H_c = 1\text{m}$				
H=2m	H=10m	H=15m	H=20m	H=30m
$B_c = 2.2\text{m}, H_c = 2.2\text{m}$				
H=2m	H=10m	H=15m	H=20m	H=30m

Bảng 4: Tổ hợp tính toán cho cống chôn trong hào

$B_d = 1.5B_c, B_d = 2B_c, B_d = 3B_c, B_d = 4B_c$				
$B_c = 1\text{m}, H = 5\text{m}, H_c = 1\text{m}$				
tg $\theta=0.50$	tg $\theta=0.75$	tg $\theta=1.00$	tg $\theta=1.25$	tg $\theta=1.50$
$B_c = 2.2\text{m}, H = 5\text{m}, H_c = 1\text{m}$				
tg $\theta=0.50$	tg $\theta=0.75$	tg $\theta=1.00$	tg $\theta=1.25$	tg $\theta=1.50$
$B_c = 1\text{m}, H = 15\text{m}, H_c = 1\text{m}$				
tg $\theta=0.50$	tg $\theta=0.75$	tg $\theta=1.00$	tg $\theta=1.25$	tg $\theta=1.50$
$B_c = 2.2\text{m}, H = 15\text{m}, H_c = 2.2\text{m}$				
tg $\theta=0.50$	tg $\theta=0.75$	tg $\theta=1.00$	tg $\theta=1.25$	tg $\theta=1.50$

Bảng 5: Tổ hợp tính toán cho cống đặt một phần trong hào

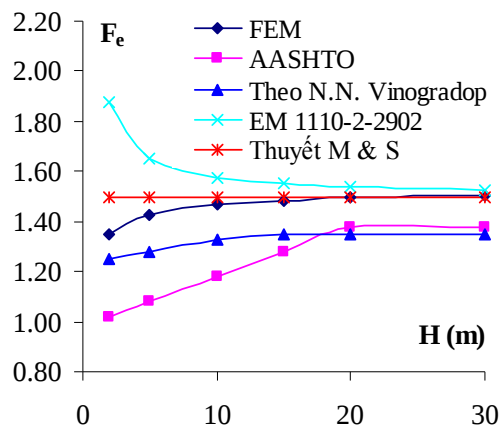
$B_c = 1\text{m}, H_c = 1\text{m}$				
$B_c = 2.2\text{m}, H_c = 2.2\text{m}$				
H=2m	H=5m	H=10m	H=15m	H=2m
$H_n=0$	$H_n=1$	$H_n=2$		

Cống đặt nổi trên nền

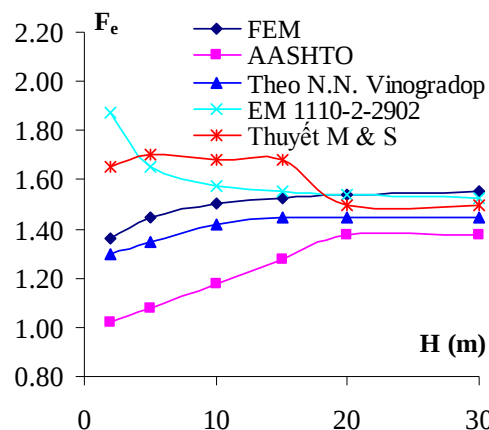
Từ kết quả tính toán ta thấy:

- Dung trọng hiệu dụng lớn hơn 1, biến đổi

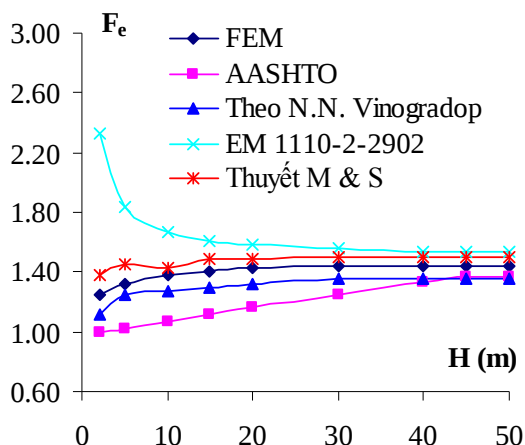
từ 1.25÷1.55, điều này cho thấy với cống đặt nổi thì áp lực đất tăng lên so với trọng lượng của khối đất.



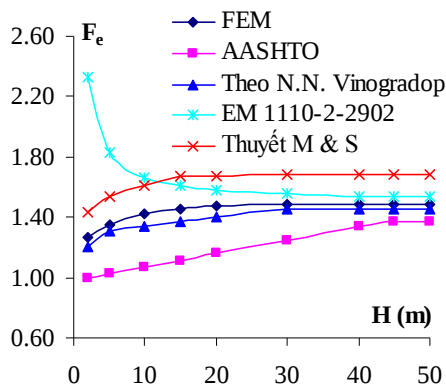
Hình 4: Dung trọng hiệu dụng cho cống đặt nổi trên nền mềm ($B_c = 1\text{m}$)



Hình 5: Dung trọng hiệu dụng cho cống đặt nổi trên nền cứng ($B_c = 1\text{m}$)



Hình 6: Dung trọng hiệu dụng cho cống đặt nổi trên nền mềm ($B_c = 2.2\text{m}$)



Hình 7: Dung trọng hiệu dụng cho công đất nổi trên nền cứng ($B_c = 2.2m$)

- Dung trọng hiệu dụng tăng theo chiều cao đất đắp đối với hầu hết các phương pháp. Riêng phương pháp EM 1110-2-2902 dung trọng hiệu dụng giảm theo chiều cao đất đắp.

- Khi $H/H_c \approx 20$ thì đường dung trọng hiệu dụng gần như nằm ngang, có nghĩa là dung trọng hiệu dụng gần như là hằng số. Từ đó ta có thể dự đoán được khi chiều cao đất đắp $H \approx 20.H_c$ thì áp lực đất có xu hướng ổn định.

- Dung trọng hiệu dụng khi công đất trên nền cứng (E lớn) lớn hơn so với nền mềm (E nhỏ). Sự chênh lệch giữa hai trường hợp này lớn nhất chỉ gần 4%.

- Khi công đất trên nền mềm tính toán áp lực đất theo Marston & Spangler cho kết quả gần sát với FEM. Còn khi công đất trên nền cứng nên tính toán theo N.N. Vinogradop sẽ cho kết quả gần sát với FEM nhưng cần nhân thêm với hệ số là 1.1.

Công chôn trong hào

Dung trọng hiệu dụng được biểu diễn là hàm của tỷ số H/B_d .

Từ kết quả tính toán ta thấy:

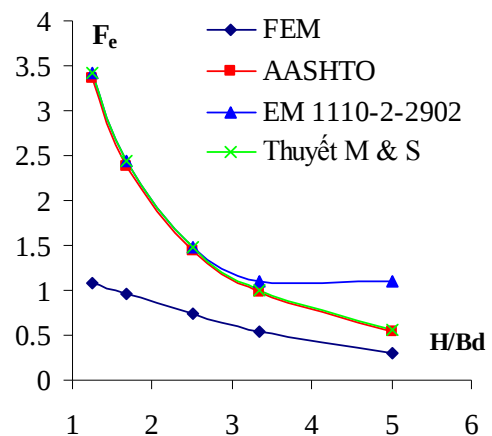
- Dung trọng hiệu dụng biến đổi phụ thuộc vào độ dốc của mái hào và tỷ lệ B_d/B_c .

- Theo các phương pháp dung trọng hiệu dụng đều có xu hướng giảm theo tỷ số H/B_d . Tuy nhiên, đồ thị theo các phương pháp AASHTO, EM 1110-2-2902, thuyết Marston & Spangler dốc hơn nhiều so với FEM. Điều đó chứng tỏ dung trọng hiệu dụng theo các phương pháp tính thông thường biến thiên rất lớn, còn theo FEM biến thiên là nhỏ.

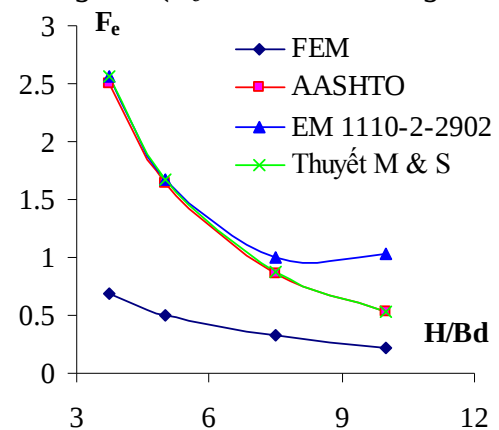
- So với FEM dung trọng hiệu dụng tính

theo các phương pháp thông thường lớn hơn gần 3 lần khi H/B_d nhỏ và B_c lớn. Khi H/B_d tăng, giá trị này lớn hơn gần 2.5 lần cho trường hợp B_c lớn.

- Dung trọng hiệu dụng theo AASHTO, và thuyết Marston & Spangler gần như nhau trong tất cả các trường hợp (do cùng sử dụng hệ số C_d). Riêng với EM – 1110- 2- 2902, dung trọng hiệu dụng chỉ có trị số gần như 2 tiêu chuẩn trên trong trường hợp $B_c = 1m$, $H_c = 5m$.



Hình 8: Dung trọng hiệu dụng cho công chôn trong hào ($B_c = 1m$, $H = 5m$, $tg\theta = 0$)



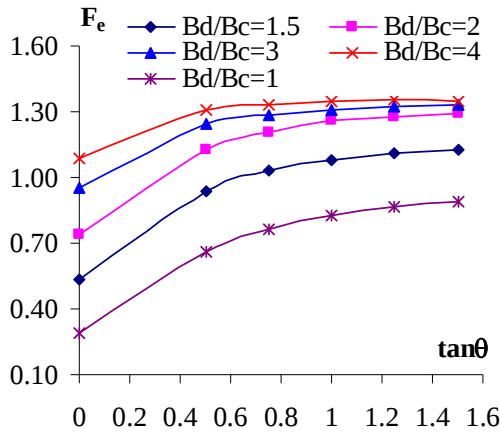
Hình 9: Dung trọng hiệu dụng cho công chôn trong hào ($B_c = 1m$, $H = 15m$, $tg\theta = 0$)

- Theo FEM, dung trọng hiệu dụng tăng theo B_d , tăng nhanh, tăng nhiều nhất là gần 40% khi $B_c = 1m$.

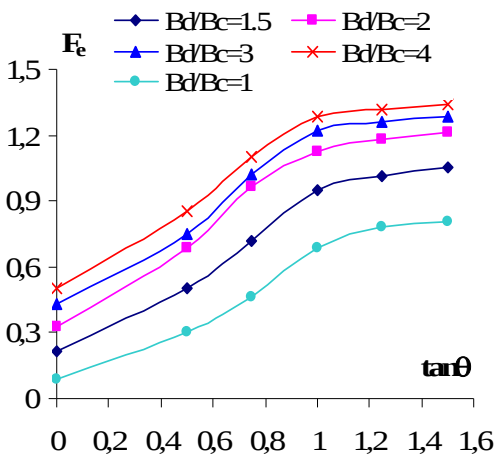
- Khi công đất trên nền cứng dung trọng hiệu dụng nhìn chung lớn hơn trên nền mềm. Riêng trường hợp $B_c = 2.2m$ thì dung trọng hiệu dụng giảm khi đặt trên nền cứng và có xu hướng tăng khi B_d lớn. Nhìn chung dung trọng

hiệu dụng thay đổi không đáng kể so với trường hợp cống đặt trên nền mềm.

Trong hầu hết những lý thuyết nói chung, tường hào thường thẳng đứng. Tuy nhiên với những cống sâu việc duy trì vách hào thẳng đứng là phi thực tế. Vì vậy để kiểm tra ảnh hưởng của vách nghiêng tới dung trọng hiệu dụng một số cống hộp bê tông giả thiết được đặt trong hào với vách nghiêng được phân tích



Hình 10: Ảnh hưởng của mái dốc cho cống chôn trong hào ($B_c = 1m$, $H = 5m$)

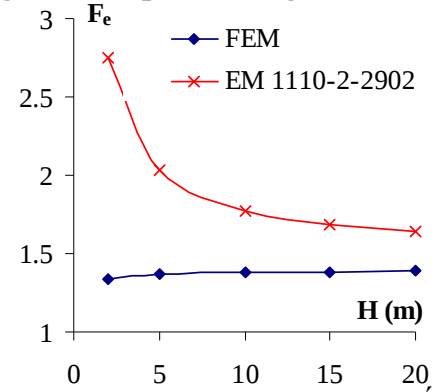


Hình 11: Ảnh hưởng của mái dốc cho cống chôn trong hào ($B_c = 1m$, $H = 15m$)

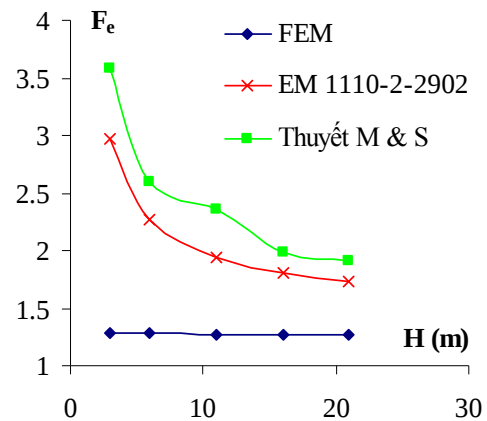
Từ kết quả tính toán ảnh hưởng của độ dốc mái hào tới dung trọng hiệu dụng ta thấy:

- Dung trọng hiệu dụng tăng theo độ dốc của hào. B_d/B_c càng lớn thì giá trị này càng lớn
- Khi độ dốc hào thay đổi $1.0 \div 1.5$ thì đồ thị gần như nằm ngang nghĩa là mái dốc hào hầu như không ảnh hưởng đến dung trọng hiệu dụng.

Cống đặt một phần trong hào



Hình 12: Dung trọng hiệu dụng cho cống đặt một phần trong hào ($B_c = 1m$, $H_n = 0$, $tg\theta = 1$)



Hình 13: Dung trọng hiệu dụng cho cống đặt một phần trong hào ($B_c = 1m$, $H_n = 1$, $tg\theta = 1$)

- Các giá trị dung trọng hiệu dụng đều lớn hơn 1, nghĩa là trong trường hợp này áp lực đất đắp tăng so với trọng lượng của khối đất đắp phía trên đỉnh cống.

- Chỉ có 2 phương pháp EM 1110-2-2902 và thuyết Marston & Spangler là đưa ra công thức tính toán cho trường hợp này. Nhìn chung dung trọng hiệu dụng theo hai phương pháp này có xu hướng giảm, còn theo FEM lại có xu hướng tăng.

- Dung trọng hiệu dụng tính theo EM 1110-2-2902 lớn hơn gần 2.4 lần so với FEM khi H nhỏ, còn theo thuyết Marston & Spangler gấp gần 2.8 lần so với FEM.

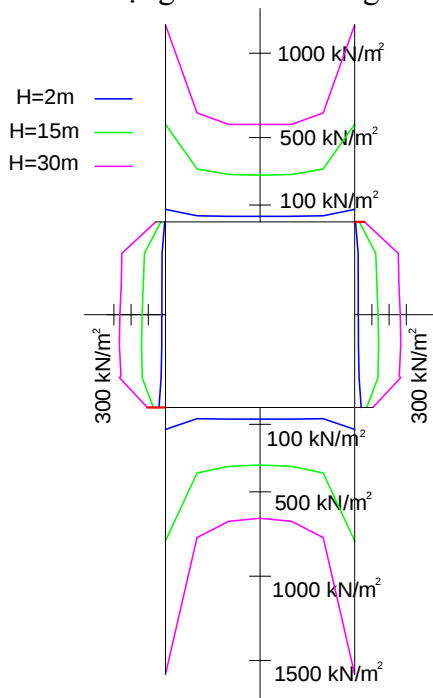
- Theo FEM dung trọng hiệu dụng giảm khi đỉnh cống đặt thấp hơn so với mặt đất nền. Ngược lại theo EM 1110-2-2902 thì giá trị này lại tăng. Giảm nhiều nhất là hơn 15% cho trường hợp $B_c = 1m$. Với $B_c = 2.2m$ giảm ít hơn, chỉ khoảng 4%.

- Khi B_c lớn dung trọng hiệu dụng giảm.
- Dung trọng hiệu dụng khi cống đặt trên nền cứng nói chung tăng nhưng không đáng kể, nhiều nhất chỉ hơn 1%. Điều này cho thấy độ cứng của nền E ảnh hưởng rất nhỏ đến áp lực đất đắp lên đỉnh cống.

So sánh áp lực đất xung quanh cống

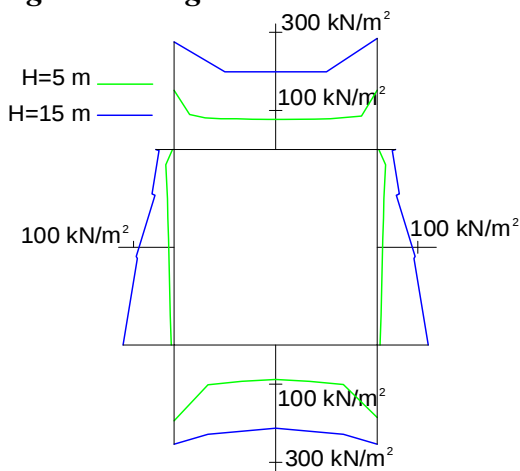
Cống đặt nổi trên nền

- Từ kết quả tính toán ta thấy áp lực đất tác dụng lên bản đáy cống là lớn nhất trong cả ba trường hợp, sau đó là đỉnh cống và cuối cùng là áp lực đất tác dụng lên thành cống.



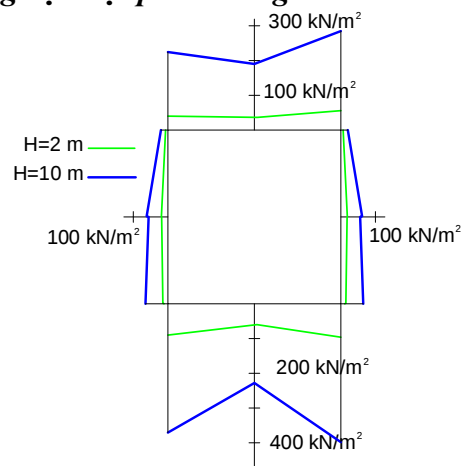
Hình 14: Áp lực đất xung quanh cống đặt nổi ($B_c = 2.2m$)

Cống chôn trong hào



Hình 15: Áp lực đất xung quanh cống chôn trong hào ($B_c = 1m$, $tg\theta = 1$, $B_d = 1.5m$)

Cống đặt một phần trong hào



Hình 16: Áp lực đất xung quanh cống chôn một phần trong hào ($B_c = 1m$, $H_n = 0$, $tg\theta = 1$)

- Áp lực đất thẳng đứng tại vị trí hai bên thành cống lớn hơn tại vị trí ở giữa. Ngược lại áp lực đất ngang lớn nhất tại vị trí ở giữa cho trường hợp cống đặt nổi và cống đặt một phần trong hào. Với cống đặt trong hào áp lực đất ngang lớn nhất tại vị trí đáy cống (khi $H=15m$).

- Áp lực đất ngang trong tính toán thông thường có dạng hình thang. Cường độ áp lực đất tại một độ sâu Z bất kỳ được xác định theo công thức:

$$p_e = \gamma Z \tan^2 \left(45^\circ - \frac{\phi}{2} \right)$$

Nhìn vào biểu đồ áp lực đất trong hình 14, 15, 16 có thể thấy sự khác biệt trong tính toán thông thường và tính theo FEM. Cụ thể trong bảng 6

Bảng 6: So sánh giá trị áp lực đất ngang cho cống đặt nổi ($B_c = 2.2m$, $H = 15m$)

Z	σ_x	p_e
15	117.93	151.82
15.5	135.89	156.88
16	224.95	161.94

Trong đó:

- σ_x : áp lực đất theo phương ngang (FEM)
- p_e : áp lực đất chủ động theo phương ngang

4. Kết luận

Có nhiều phương pháp xác định áp lực đất lên cống ngầm khác nhau. Với phương pháp và cách tiếp cận bài toán khác nhau sẽ dẫn tới kết quả khác nhau.

Với cống đặt nổi trên nền, dung trọng hiệu dụng tỷ lệ thuận với chiều cao cống. Dung trọng hiệu dụng khi đặt cống trên nền cứng lớn hơn khi đặt trên nền mềm. Kết quả tính toán giữa các phương pháp FEM, M&S, Vinogradov khá đồng nhất

Với cống chôn trong hào, dung trọng hiệu dụng tỷ lệ nghịch với tỷ số H/B_d (tỷ số giữa chiều cao đất đắp phía trên đỉnh cống và bề rộng hào tại vị trí đỉnh cống) và tỷ lệ thuận với độ dốc mái hào. Và cũng như cống chôn nổi, dung trọng hiệu dụng khi đặt cống trên nền cứng hầu hết lớn hơn khi đặt trên nền

mềm.

Kết quả tính toán của các phương pháp khác có sự chênh lệch lớn với kết quả tính toán theo FEM khi tỷ số H/B_d nhỏ, khi tỷ số H/B_d tăng lên sai số giữa các phương pháp giảm dần.

Kết quả tính toán bằng FEM cho thấy áp lực đất tác động lên đỉnh và đáy cống không phân bố đều mà lớn nhất ở phía thành cống và nhỏ dần vào bên trong. Kết quả tính toán áp lực đất tác động lên thành cống bằng FEM nhỏ hơn nhiều so với áp lực đất chủ động.

Tài liệu tham khảo

1. Trịnh Bốn, Lê Hòa Xương (1988), *Thiết kế cống*, Nxb Nông nghiệp, Hà Nội.
2. Junsuk Kang (2007), *Soil Structure Interaction and Imperfect Trench Installations as Applied to Deeply Buried Conduits*, Degree of Doctor of Philosophy at Auburn University in Partial Fulfillment.
3. Department of the Army, U.S Army Corps of Engineers (1998), *Engineer Manual 1110-2-2902*.
4. American Association of State Highway and Transportation Officials (2007), *AASHTO LRFD Bridge Design Specifications*.
5. A.P. Moser and Steven Folkman, *Buried Pipe Design*, third edition

Abstract:

DETERMINATION OF EARTH PRESSURE ACTING ON BURIED CULVERT

Assoc. Prof. Dr. Nguyen Canh Thai

Msc. Lu Thi Huong Giang

Determination of earth pressure acting on buried culvert appears frequently. In this paper the authors discussed the results of earth pressure calculated by different methods. Factors which affected on earth pressure such as soil properties, trench slope, depth of culvert installation and foundation stiffness etc. have been considered. The results are expressed graphically for reference.