

Tính kết cấu bê tông dạng sàn rỗng chịu tác dụng tải trọng sóng nén

Calculation of hollow floor concrete structures subject to compressive wave loads

> TS LÊ HẢI DƯƠNG

Học viện Kỹ thuật quân sự; Email: haiduongle9282@gmail.com

TÓM TẮT

Bài báo trình bày kết quả nghiên cứu ứng dụng các giải pháp tính kết cấu dạng sàn rỗng vào việc tính kết cấu công trình trong đất chịu tác dụng tải trọng sóng nén. Qua đó đề xuất phương pháp tính theo dạng quy đổi về sàn phẳng tương đương có tin cậy, đảm bảo an toàn cho công trình, thuận tiện trong tính toán.

Từ khóa: Sóng nén; sàn rỗng; ứng suất.

ABSTRACT

This paper presents the results of research and application of hollow floor structure calculation methods to calculate the structure of the building under the action of compressive waves. Thereby proposing a method of calculating the equivalent flat floor to ensure reliability, safety for the work, and convenience in calculation.

Keywords: Compression wave; hollow floor; stress.

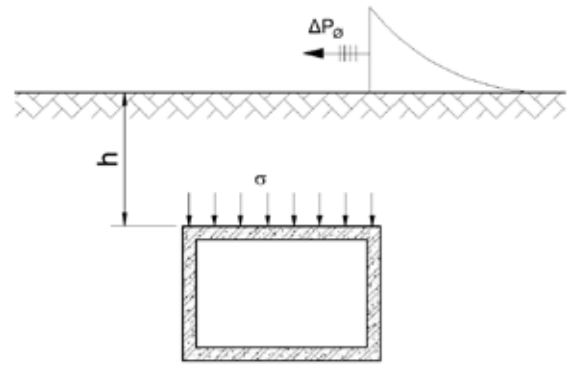
1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Kết cấu rỗng đang được sử dụng hiệu quả trong thiết kế sàn của công trình dân dụng. Với những sàn có nhịp tính toán trung bình, ưu điểm vượt trội của kết cấu rỗng là tăng chiều cao thông thủy tầng, giảm tải trọng bản thân, chống ồn. Với công trình xây dựng ngầm trong đất, chịu tải trọng động dạng sóng nén, thường có chiều dày kết cấu lớn, yêu cầu giảm tiếng ồn cao, nên việc nghiên cứu sử dụng kết cấu dạng rỗng là cần thiết nhằm tiết kiệm vật tư, giảm trọng lượng bản thân, giảm tiếng ồn. Phạm vi nghiên cứu của bài báo là hiệu quả của việc sử dụng sàn rỗng làm kết cấu tấm nóc và sử dụng mô hình sàn phẳng quy đổi trong tính kết cấu công trình trong đất chịu tải trọng sóng nén, không xét đến tải trọng tĩnh đất trên nóc công trình.

2. CƠ SỞ LÝ THUYẾT XÁC ĐỊNH TẢI TRỌNG SÓNG NÉN TÁC DỤNG LÊN CÔNG TRÌNH TRONG ĐẤT

Khi mặt đất chịu áp lực sóng xung kích (ΔP_ϕ), các chất điểm ở trên cùng có động năng lớn, sẽ truyền chuyển động đến các chất điểm phía tiếp sau, cứ như vậy, sự truyền nén các chất điểm diễn ra từ mặt đất xuống phía dưới, hiện tượng truyền nén đó gọi là sóng nén (σ) [3][4].

$$\Delta P_\phi = \Delta P_{max} \left(1 - \frac{t}{\tau}\right)^n \quad (\text{Pa}) \quad (1)$$



Hình 1. Sóng nén tác dụng lên công trình trong đất

Áp lực lớn nhất σ_{max} của sóng nén tại một điểm trong môi trường đất, ở độ sâu h, xác định theo công thức [3][4]:

$$\sigma_{max} = \Delta P_{max} \left[1 + \sum_{i=1}^n \left(-\frac{h}{a_p \tau} \right)^i \frac{2(\gamma^2 - 1)n(n-1)\dots(n-i+1)}{[(\gamma+1)^{i+1} - (\gamma-1)^{i+1}]i!} \right] \quad (\text{Pa}) \quad (2)$$

trong đó:

ΔP_ϕ : siêu áp sóng xung kích tại một điểm trên mặt đất (Pa);

ΔP_{max} : siêu áp sóng xung kích lớn nhất tại một điểm trên mặt đất (Pa);

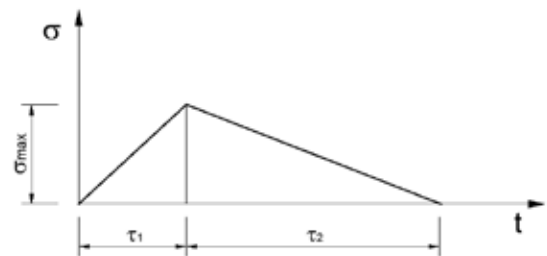
τ : thời gian tác dụng của sóng xung kích (s);

a_p : tốc độ lan truyền sóng dẫn, $a_p = a_0$ (m/s);

h : độ sâu từ mặt đất đến điểm tính toán, (m);

n : chỉ số nhị thức biểu thị quy luật của sóng xung kích.

$$\gamma = \frac{a_0}{a_1} \approx \frac{a_p}{a_1}$$



Hình 2. Quy luật của sóng nén theo thời gian

Khi sóng nén gặp nóc của công trình, trên bề mặt kết cấu hình thành áp lực sóng phản xạ (σ_{px}), áp lực σ^* tác dụng lên nóc công trình là tổng của áp lực sóng tới (σ_{max}) và áp lực sóng phản xạ [3][4]:

$$\sigma^* = \sigma_{max} + \sigma_{px} \quad (3)$$

Trong trường hợp phản xạ thẳng góc, kết cấu là tuyệt đối cứng, công trình bất động:

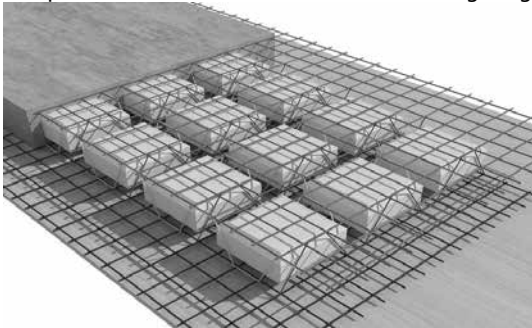
$$\sigma^* = 2 \cdot \sigma_{\max} \quad (4)$$

σ^* là hoạt tải tác dụng lên kết cấu công trình, ngoài ra còn có tải trọng tĩnh bao gồm trọng lượng lớp đất bên trên và trọng lượng bản thân kết cấu.

3. PHƯƠNG PHÁP TÍNH KẾT CẤU NÓC CÔNG TRÌNH DẠNG SÀN RỔNG

Công trình nằm trong đất chịu tác dụng của sóng nén thường có cấu tạo dạng hình hộp chữ nhật, kết cấu bê tông cốt thép, chiều dày cấu kiện lớn. Khi tính toán, coi các bộ phận chịu uốn của công trình như nóc và đáy là những hệ có một bậc tự do, biến dạng của chúng không phụ thuộc vào các bộ phận khác. Chẳng hạn, khi tính nóc không xét biến dạng tường, xem nóc là một cấu kiện làm việc độc lập.

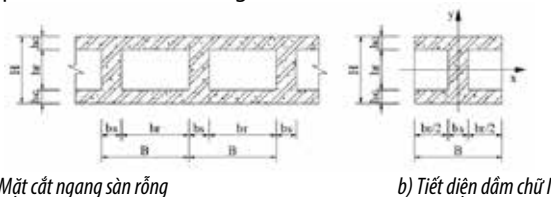
Kết cấu sàn rỗng có cấu tạo vùng giữa là rỗng hoặc lớp vật liệu siêu nhẹ (xốp), là vùng có ứng suất tương đối nhỏ khi sàn làm việc chịu uốn. Giữa lớp cánh trên và cánh dưới của sàn là sườn tăng cường.



Hình 3. Mô phỏng cấu tạo sàn rỗng

3.1. Tính sàn rỗng theo phương pháp giải tích

Kết cấu sàn có thể được tính toán giống như các dầm chữ I xếp liên tiếp, liên kết với nhau bằng các bản cánh.



a) Mặt cắt ngang sàn rỗng

b) Tiết diện dầm chữ I

Hình 4. Mô hình tính theo phương pháp giải tích

Khi ô sàn có kích thước chiều dài lớn hơn hai lần kích thước chiều rộng, chịu tải trọng đơn giản, phân bố đều, có thể tách sàn ra thành những cấu kiện dầm đơn giản tiết diện hình chữ I chịu uốn ngang phẳng, và sử dụng các công thức của sức bền vật liệu để tính các thành phần ứng suất, biến dạng của tiết diện [1].

$$\sigma_z = \frac{M_x}{I_x} \cdot y \quad (5)$$

$$\tau_{zy} = \frac{Q_y \cdot S_x}{I_x \cdot B} \quad (6)$$

trong đó:

σ_z, τ_{zy} : lần lượt là ứng suất pháp và ứng suất tiếp của tiết diện;

M_x, Q_y : lần lượt là mô men và lực cắt tại tiết diện;

I_x : mô men quán tính tiết diện với trục x;

S_x : mô men tĩnh của tiết diện;

B : bề rộng mặt cắt ngang tiết diện ứng với điểm tính ứng suất.

Độ võng của dầm tính theo công thức [7], góc xoay của dầm tính theo công thức [8]:

$$y_z = \int \left(-\frac{M_x}{EI_x} dz + C \right) dz + D \quad (7)$$

$$\varphi_z = \int \left(\int -\frac{M_x}{EI_x} dz + C \right) dz + D \quad (8)$$

trong đó:

y_z, φ_z : lần lượt là độ võng và góc xoay của dầm;

E : mô đun đàn hồi của vật liệu;

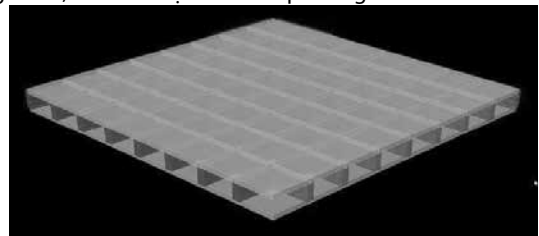
C, D : hai hằng số tích phân được xác định theo điều kiện chuyển vị.

Thực tế công trình nằm trong đất chịu tải trọng sóng nén có cấu tạo nhiều phòng ngăn bởi hệ vách, tải trọng động tác dụng trong thời gian ngắn. Nên khi tính theo phương pháp giải tích thường phải quy tải trọng động về thành tải trọng tĩnh tương đương, chấp nhận các giả thiết gần đúng, kết quả tính thường thiên về an toàn. Khi dùng phương pháp số với sự trợ giúp của các phần mềm phân tích kết cấu trong tính toán, có thể xây dựng hàm tải trọng phù hợp với điều kiện làm việc thực tế.

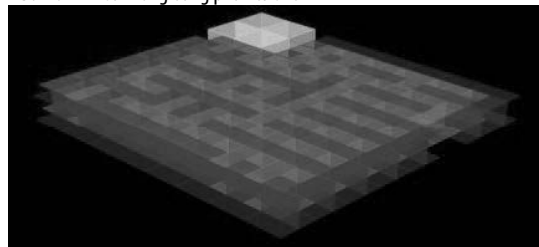
3.2. Tính sàn rỗng theo phương pháp phần tử hữu hạn

Sử dụng các phần mềm phân tích kết cấu theo phương pháp phần tử hữu hạn, kết cấu sàn phẳng được mô hình theo 3 cách khác nhau [2]:

- Mô hình hệ sàn rỗng bằng phần tử sell: hệ sườn mô phỏng bằng phần tử shell, bản cánh trên và cánh dưới mô phỏng bằng phần tử slab liên kết với nhau qua các nút (hình 5). Mô hình này thường dùng cho sàn có kích thước chiều dài và chiều rộng tương đương nhau, sàn làm việc theo hai phương.



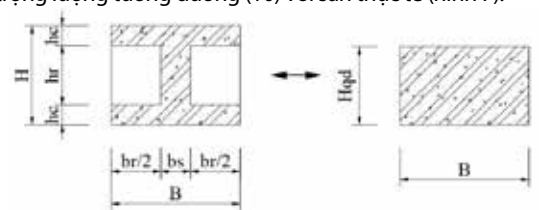
Hình 5. Mô hình sàn rỗng bằng phần tử sell



Hình 6. Mô hình sàn rỗng bằng phần tử thanh

- Mô hình sàn rỗng dạng phần tử thanh: Sàn rỗng được mô hình bằng các phần tử thanh dạng dầm (beam) tiết diện hình chữ I, chiều cao H , bề rộng cánh B (hình 6). Mô hình này thường dùng cho sàn có kích thước chiều dài lớn gấp nhiều lần chiều rộng, sàn làm việc theo phương cạnh ngắn là chính.

- Mô hình dạng sàn phẳng quy đổi: Hệ sàn phẳng lõi rỗng được quy đổi thành sàn đặc tương đương. Tức là sàn phẳng không có lỗ rỗng, chiều dày nhỏ hơn nhưng có độ cứng kháng uốn tương đương (9) và trọng lượng tương đương (10) với sàn thực tế (hình 7).



Hình 7. Mô hình quy đổi sàn phẳng tương đương

$$I_x = I_x^{qd} \quad (9)$$

$$P = P_{qd} \quad (10)$$

trong đó:

I_x, I_x^{qd} : lần lượt là mô men quán tính của phần tử sàn thực và sàn quy đổi;

P, P_{qd} : lần lượt là trọng lượng của phần tử sàn thực và sàn quy đổi;

γ, γ_{qd} : lần lượt là trọng lượng riêng của bê tông sàn thực và sàn quy đổi;

$$I_x = \frac{Bh_c^3}{6} + \frac{b_s h_r^3}{12} + Bh_c \frac{(H - h_c)^2}{2} \quad (11)$$

$$I_x^{qd} = \frac{BH^3}{12} \quad (12)$$

$$P = (2Bh_c + b_s h_r) \gamma \quad (13)$$

$$P_{qd} = BH \gamma_{qd} \quad (14)$$

4. BÀI TOÁN

Vận dụng cơ sở lý thuyết trên, tính kết cấu tấm nóc công trình nằm trong đất chịu tác dụng của sóng nén với các tham số như sau:

- Kích thước tấm nóc: (dài x rộng x cao): D x R x H = 14,4 x 8,4 x 0,6 (m);

- Kết cấu bê tông cốt thép cấp độ bền B25: E = 30.10³ (MPa) = 3,06.10⁶ (T/m²), $\gamma = 2,5$ (T/m³);

- Tải trọng sóng nén tác dụng lên tấm nóc: $\sigma_{\max} = 196$ (kPa) = 20 (T/m²), $\tau_1 = 0,1$ (s), $\tau_s = 0,4$ (s);

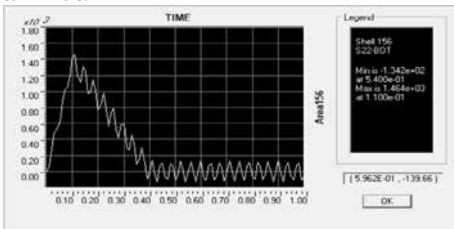
- Bỏ qua tải trọng tĩnh của đất, coi công trình không chuyển vị dưới tác dụng của tải trọng, tấm nóc làm việc độc lập.

Sử dụng phần mềm SAP2000 mô phỏng và phân tích bài toán theo phương pháp phần tử hữu hạn với các mô hình theo các cách tính khác nhau. So sánh kết quả nội lực là ứng suất của phần tử tại điểm giữa tấm nóc (shell 156 với mô hình 1 và mô hình 3, shell 602 với mô hình 2) là điểm nguy hiểm nhất.

4.1. Bài toán 1

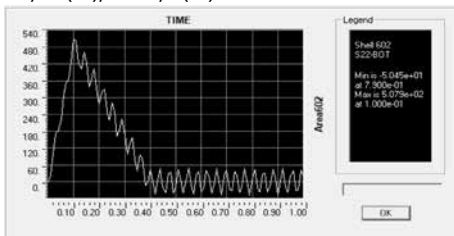
Nghiên cứu hiệu quả của việc sử dụng kết cấu dạng sàn rỗng:

- Mô hình 1: Mô hình truyền thống đang xây dựng các công trình có tính chất làm việc tương tự bài toán đặt ra, kết cấu tấm nóc đặc chiều dày 0,6m. Kết quả nhận được giá trị ứng suất tại điểm giữa tấm nóc:



Hình 8. Ứng suất của phần tử giữa tấm (shell 156), giá trị cực đại 1464 T/m²

- Mô hình 2: Mô phỏng với hệ sàn rỗng với các thông số: $h_c = 0,1$ (m), $b_s = 0,15$ (m), $B = 0,6$ (m).



Hình 9. Ứng suất của phần tử giữa tấm (shell 602), giá trị cực đại 507,9 T/m²

Bảng so sánh hiệu quả sử dụng kết cấu sàn rỗng:

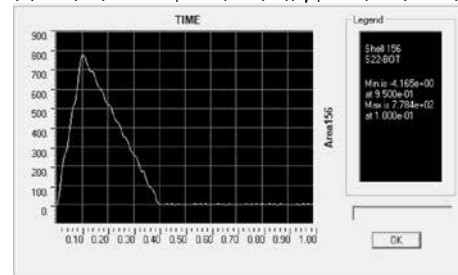
Chỉ tiêu	Ứng suất lớn nhất (T/m ²)	Khối lượng bê tông (m ³)
Kết cấu sàn truyền thống (Mô hình 1)	1464	72,576
Kết cấu sàn rỗng (Mô hình 2)	507,9	45,36
Tỷ lệ giảm	65,3%	37,5%

Nhận xét: Kết quả phân tích bài toán cho thấy tính hiệu quả khi sử dụng kết cấu dạng sàn rỗng cả về phương diện giảm chi phí vật liệu cũng như giảm ứng suất do tải trọng tác động.

4.2. Bài toán 2

Ứng dụng phương pháp quy đổi kết cấu dạng sàn rỗng về sàn đặc tương đương để tính:

Mô hình 3: Kết cấu sàn rỗng với các thông số $h_c = 0,1$ (m), $b_s = 0,15$ (m), $B = 0,6$ (m) được quy đổi về sàn đặc tương đương theo công thức (9) và (10) với: $H_{qd} = 0,55$ (m), $\gamma_{qd} = 1,36$ (T/m³).



Hình 10. Ứng suất của phần tử giữa tấm (shell 156), giá trị cực đại 778,4 T/m²

Nhận xét: Sử dụng mô hình sàn đặc quy đổi tương đương cho kết quả tính thiên về an toàn hơn so với mô hình xây dựng theo cấu trúc thực của sàn rỗng, trong khi việc xây dựng mô hình thuận tiện hơn, đơn giản hơn đối với những kết cấu có cấu trúc rỗng phức tạp.

5. KẾT LUẬN

Các mô hình đều phản ánh kết cấu làm việc với tải trọng động là sóng nén, biểu đồ ứng suất phù hợp quy luật của tải trọng với giai đoạn tăng tải và giai đoạn giảm tải cho đến khi kết thúc tác dụng, phương pháp nghiên cứu và ứng dụng phương pháp tính đảm bảo độ tin cậy.

Nghiên cứu các phương pháp tính kết cấu rỗng cho công trình chịu tác dụng tải trọng sóng nén nói riêng, tải trọng động nói chung nhằm tăng hiệu quả sử dụng là cần thiết. Trong đó, phương pháp quy đổi sàn rỗng về sàn phẳng tương đương cho cách tính đơn giản, thuận tiện trong xây dựng mô hình tính nhưng vẫn đảm bảo độ tin cậy và an toàn cho công trình. Qua đó nhận thấy, việc ứng dụng dụng kết cấu rỗng trong tính toán, thiết kế các công trình chịu có tính đặc thù, chịu tác dụng của tải trọng động ngắn hạn có tính khả thi và cần thiết.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. TCVN 5574-2018, Thiết kế kết cấu bê tông và bê tông cốt thép.
- [2]. Nguyễn Thế Dương (2018), Thông số điều chỉnh độ cứng trong thiết kế kết cấu rỗng theo mô hình phần tử vỏ mỏng với phần mềm ETAB, Tạp chí KHCN Xây dựng số 3/2018.
- [3]. Vũ Đình Lợi (2005), Giáo trình Công sự (dùng cho học viên cao học chuyên ngành xây dựng CTQP), Học viện KTQS, Hà Nội.
- [4]. Nguyễn Trí Tá, Đặng Văn Đích, Vũ Đình Lợi (2008), Giáo trình công sự tập 1, Học viện KTQS, Hà Nội.
- [5]. Ball Thomas, (1999), The Concept of Dynamic Analysis, Computer Science Vol. 1687, pp. 216-234.
- [6]. Bulson P.S., (2003), Explosive loading of engineering structures, E&FN SPON an imprint of Chapman & Hall.
- [7]. Boyd J.E., (1917), Strength of Materials, McGraw-Hill Book Company.
- [8]. Cheng, F.Y., (2000), Matrix Analysis of Structural Dynamics, Maxcel Dekker Inc, New York.
- [9]. Cornelius T. L., (1998), Structural Dynamic Systems Computational Techniques and Optimization: Finite Element Analysis Techniques (Vol. 8), Gordon & Breach International Science Published.
- [10]. Công nghệ sàn VRO: <http://vro.vn/>.
- [11]. Công nghệ sàn Uboot, Nevo: <http://nevovietnam.com/>.