

MỘT GIẢI PHÁP TÌM NỘI LỰC TRONG KẾT CẤU 3D PANEL SO VỚI CÁCH TÍNH DÙNG QUY PHẠM CHÂU ÂU AN EQUIVALENT METHOD IN CALCULATING 3D-PANEL'S INTERNAL FORCES

Ngô Quang Tường và Phạm Hiệp Lực*

Bộ môn Thi công, Khoa Kỹ thuật Xây dựng, Đại học Bách Khoa, Tp. Hồ Chí Minh,
Việt Nam, Email: ngoquang@yahoo.com

* Học viên Cao học K15 ngành Công nghệ và Quản lý Xây dựng, ĐHBK, Tp. Hồ Chí Minh, Việt Nam

BẢN TÓM TẮT

Phần lớn các công ty thiết kế về vật liệu 3D thường áp dụng tính toán theo tiêu chuẩn các nước phương Tây. Các tiêu chuẩn này cho rằng tấm 3D Panel làm việc theo một phương, bỏ qua khả năng chịu lực của tấm theo phương ngang và không xét đến sự làm việc tổng thể của công trình. Điều đó không tận dụng được hết khả năng làm việc của vật liệu. Bài báo này trình bày một phương pháp tính toán tương đương, đưa vật liệu 3D Panel về một loại vật liệu đồng nhất, đẳng hướng, để dễ dàng tìm ra nội lực bằng chương trình máy tính.

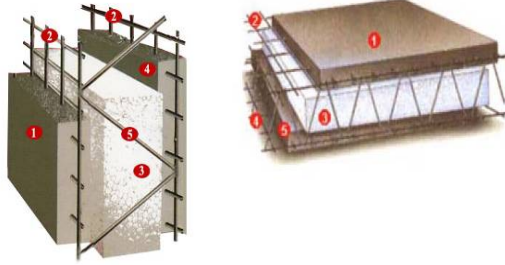
ABSTRACT

Almost construction companies apply Euro codes for designing 3D construction. These standards of many countries in Europe assumes that 3D panels only work in one way and they ignore the strengthen capability of the other. They don't take full advantage of materials. This paper presents the equivalent method in other to calculating 3D panel as homogeneous isotropic material. So, we can calculate the internal forces easily by computer program.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Về cấu tạo của tấm 3D panel gồm tấm vật liệu 3D và 2 lớp bê tông 2 bên (1)(4). Tấm vật liệu 3D gồm lớp EPS (Expanded Polystyrene) ở giữa(3), 2 lớp lưới thép song song (2) và những thanh thép xiên (5) được hàn vào 2 lưới thép dọc theo chiều dài. Thép xiên đâm xuyên qua lớp EPS và được mạ để tránh ăn mòn. Tùy theo mục tiêu chịu lực hay bao che mà lớp EPS

có chiều dày (4-10)cm, lớp bê tông hai bên dày từ (3 - 6) cm, đường kính lưới thép từ (2-4)mm. Tuy nhiên đây chỉ là những tấm cơ bản để tạo hình và giúp việc thi công dễ dàng. Muốn thỏa mãn các nhu cầu về chịu lực của công trình cần phải đặt thêm thép chịu lực. Cũng cần nói thêm là rất ít người hiểu đúng được vấn đề này.



a) Theo tiêu chuẩn Mỹ b) Theo tiêu chuẩn Châu Âu

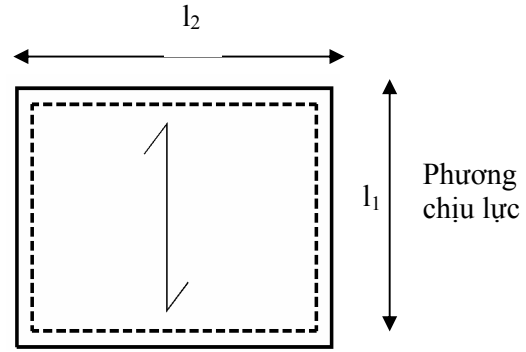
Hình 1: Cấu tạo panel 3D

Mặt cắt ngang của panel 3D gồm 3 lớp vật liệu không đồng nhất: lớp bê tông phía trên, lớp mốp và lớp bê tông phía dưới. Vì thế rất khó giải để tìm ra nội lực chính xác khi sử dụng máy vi tính vì đa số các chương trình giải kết cấu hiện nay dựa trên phần tử hữu hạn mà phương pháp này đòi hỏi mặt cắt ngang của vật liệu phải đồng nhất. Các tiêu chuẩn nước ngoài xem vật liệu 3D panel làm việc một phương và tính toán tìm ra nội lực theo sơ đồ đơn giản, không tận dụng hết khả năng làm việc của vật liệu, không xét được sự làm việc tổng thể của toàn ngôi nhà. Bài báo này sẽ giới thiệu với bạn đọc một phương pháp tính toán theo lớp tương đương để chuyển đổi tấm 3D panel thành một loại vật liệu đồng nhất tương đương. Nhằm tận dụng khả năng chịu lực của tấm theo hai phương và có thể giải tổng thể một công trình 3D.

2. GIẢI QUYẾT VẤN ĐỀ

Hiện nay, khi tính toán tấm vật liệu 3D panel theo tiêu chuẩn châu Âu, thường giả thuyết tấm chỉ làm việc theo một phương (phương chịu lực) dù $l_1/l_2 < 2$ và không chịu lực theo phương còn lại. Ví dụ như khi tính toán tấm panel sàn gác lên tấm panel tường như hình 2, phương chịu lực cũng chính là phương góc panel, sơ đồ tính là dầm đơn giản, moment tại giữa nhịp có trị số bằng $q \frac{l_1^2}{8}$.

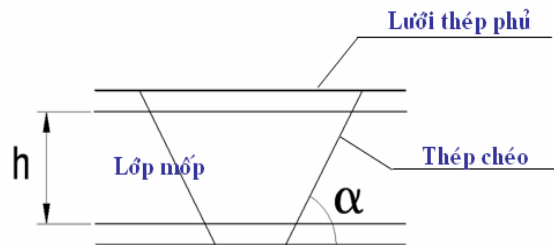
Sau đó thiết kế bố trí thép theo phương này mà không kể đến sự làm việc theo phương còn lại (phương ngang) nên lượng thép bố trí thêm theo phương chịu lực rất lớn.



Hình 2: Cấu tạo thép chịu lực 1 phương theo quan điểm châu Âu

Sau đây chúng tôi sẽ trình bày phương pháp tính toán lớp tương đương nhằm mục đích chuyển đổi tấm vật liệu 3D ba lớp về một lớp với các đặc trưng vật liệu (module đàn hồi, module trượt) tương đương.

Thiết lập Modul đàn hồi trượt tương đương G_s của lớp giữa gồm thép xiên và mốp theo phương chịu lực



Hình 3: Mặt cắt dọc theo phương chịu lực

$$G_s = kG_m + G_t$$

$$= kG_m + \frac{d^2 \Delta n E \tau}{64 b t^2 L} \sin \alpha (16 t^2 \cos^2 \alpha + 12 d^2 \sin^4 \alpha) \quad (1)$$

Trong đó:

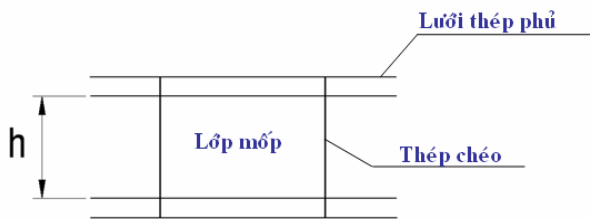
G_m _ modul đàn hồi trượt của mốp

G_t _ modul đàn hồi trượt tương đương của thép:

$$G_t = \frac{d^2 \Delta n E \pi}{64 b h^2 L} \times \sin \alpha (16 h^2 \cos^2 \alpha + 12 d^2 \sin^4 \alpha) \quad (2)$$

h_ chiều cao lớp mốp
 b_ khoảng cách giữa 2 lớp thép xiên
 k_ hệ số thực nghiệm gia tăng modul đàn hồi trượt của mốp
 _ góc hợp bởi thanh thép xiên và phương ngang
 Δ_ chuyển vị cưỡng bức bằng 1 đơn vị
 n_ số thanh thép xiên trên 1 m chiều dài
 d_ đường kính thanh thép xiên
 E_ modul đàn hồi của thép xiên

Thiết lập Modul đàn hồi trượt tương đương G_s của lớp giữa gồm thép xiên và mốp theo phương ngang



Hình 4: Mặt cắt theo phương ngang

$$G_s = k G_m + G_t$$

$$= k G_m + \frac{3 n \Delta \pi d^4 \sin^3 \alpha}{16 b h^2 L} \quad (3)$$

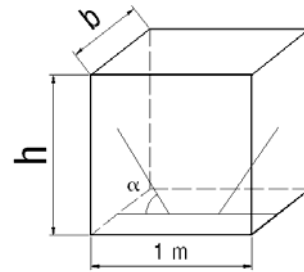
G_t : modul đàn hồi trượt tương đương của thép:

$$G_t = \frac{3 n \Delta \pi d^4 \sin^3 \alpha}{16 b h^2 L} \quad (4)$$

$L = 1 \text{ m}$ modul đàn hồi trượt tương đương được tính trên 1 đơn vị chiều dài

$\Delta = 1$ chuyển vị cưỡng bức ngang 1 đơn vị

Thiết lập Modul đàn hồi tương đương E_g của lớp giữa gồm thép xiên và mốp theo phương chịu lực



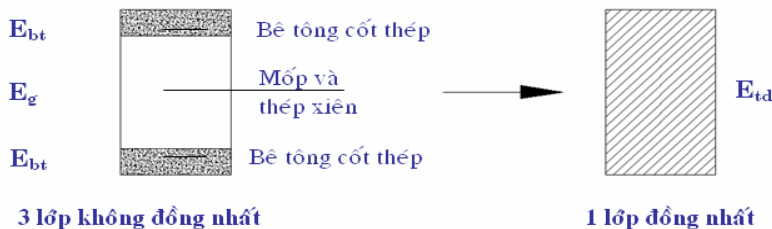
Hình 5

$$E_g = E_m + \frac{n \cos^3 \alpha E_t \pi^2}{4 b h} + \frac{3 n \sin^4 \alpha \cos \alpha E_t \pi^2}{16 b h^3} \quad (5)$$

Trong đó:

d_ đường kính thanh thép xiên
 E_ modul đàn hồi của thép xiên
 b_ khoảng cách giữa 2 lớp thép xiên
 h_ chiều cao lớp mốp
 n_ số thanh thép xiên trên 1 m dài
 α_ góc hợp bởi thanh thép xiên và phương ngang
 k_ hệ số thực nghiệm gia tăng modul đàn hồi trượt của mốp

Thiết lập modul đàn hồi tương đương E_{td} và modul đàn hồi trượt tương đương G_{td} theo 2 phương của toàn bộ tiết diện



3 lớp không đồng nhất

1 lớp đồng nhất

Hình 6: Quy đổi vật liệu 3D thành vật liệu tương đương

Module đàn hồi tương đương E_{td}

$$\begin{aligned}
 S_x &= S_x^I + S_x^{II} + S_x^{III} \\
 &= \frac{t_1}{2} \times F_I + \left(t_1 + \frac{h_1}{2}\right) \times F_{II} + \left(t_1 + h + \frac{t_2}{2}\right) \times F_{III} \\
 &= \frac{bt_1^2}{2} + \left(t_1 + \frac{h}{2}\right)bh + \left(t_1 + h + \frac{t_2}{2}\right)bt_2 \\
 &= b\left(\frac{t_1^2}{2} + \frac{t_2^2}{2} + h(t_1 + t_2) + t_1t_2 + \frac{h^2}{2}\right) \quad (6)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 y_c &= \frac{bS_x}{\sum F} \\
 &= \frac{b\left(\frac{t_1^2}{2} + \frac{t_2^2}{2} + h(t_1 + t_2) + t_1t_2 + \frac{h^2}{2}\right)}{b(t_1 + t_2 + h)} \\
 &= \frac{\frac{t_1^2}{2} + \frac{t_2^2}{2} + h(t_1 + t_2) + t_1t_2 + \frac{h^2}{2}}{t_1 + t_2 + h} \quad (7)
 \end{aligned}$$

Quy đổi tương đương theo độ cứng:

$$\sum EJ = E_{td}J_{td} \quad (8)$$

$$\begin{aligned}
 \sum EJ &= E_{bt1} \left[\frac{bt_1^3}{12} + bt_1 \left(y_c - \frac{t_1}{2} \right)^2 \right] \\
 &+ E_{bt2} \left[\frac{bt_2^3}{12} + bt_2 \left(y_c - \left(t_1 + h + \frac{t_2}{2} \right) \right)^2 \right] \\
 &+ E_g \left[b \frac{h^3}{12} + bh \left(y_c - \left(t_1 + \frac{h}{2} \right) \right)^2 \right] \quad (9)
 \end{aligned}$$

$$E_{td}J_{td} = E_{td} \left(b \frac{(h + t_1 + t_2)^3}{12} \right) \quad (10)$$

Module đàn hồi tương đương của toàn bộ tiết diện là:

$$\Rightarrow E_{td} = \frac{\sum EJ}{J_{td}} \quad (11)$$

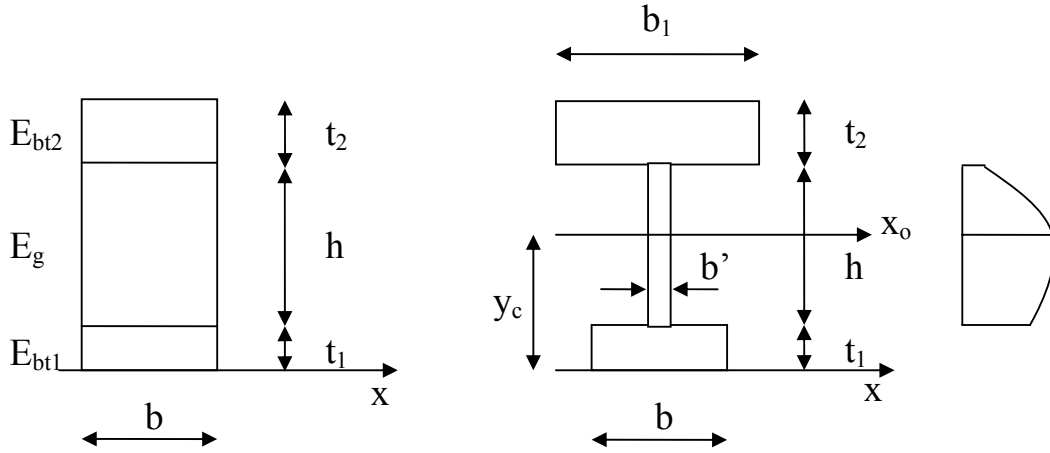
$$\begin{aligned}
 &= \frac{E_{bt1} \left[\frac{bt_1^3}{12} + bt_1 \left(y_c - \frac{t_1}{2} \right)^2 \right]}{\left(b \frac{(h + t_1 + t_2)^3}{12} \right)} + \\
 &+ \frac{E_{bt2} \left[\frac{bt_2^3}{12} + bt_2 \left(y_c - \left(t_1 + h + \frac{t_2}{2} \right) \right)^2 \right]}{\left(b \frac{(h + t_1 + t_2)^3}{12} \right)} + \\
 &+ \frac{E_g \left[b \frac{h^3}{12} + bh \left(y_c - \left(t_1 + \frac{h}{2} \right) \right)^2 \right]}{\left(b \frac{(h + t_1 + t_2)^3}{12} \right)}
 \end{aligned}$$

Module đàn hồi trượt tương đương G_{td}

Quy đổi tương đương theo góc trượt, ta có:

$$\frac{Q_{bt1}}{G_{bt1}F_{bt1}} + \frac{Q_{bt2}}{G_{bt2}F_{bt2}} + \frac{Q_g}{G_gF_g} = \eta \frac{Q}{G_{td}F_{td}} \quad (12)$$

Quy đổi lớp bê tông trên và lớp mốp giữa:



Hình 7: Quy đổi vật liệu 3D thành vật liệu tương đương theo hình học

Phần cánh trên:

$$b_1 = \frac{E_{bt2}}{E_{bt1}} b \quad (13)$$

$$= \frac{b \frac{t_1^2}{2} + b' h \left(t_1 + \frac{h}{2} \right) + b t_2 \left(h + t_1 + \frac{t_2}{2} \right)}{b t_1 + b' h + b t_2} \quad (17)$$

Phần bụng:

$$b' = \frac{E_g}{E_{bt1}} b \quad (14)$$

Ta có lực cắt Q_g phần vật liệu giữa chịu:

$$Q_g = \left[\int_{y_c - (h+t_1)}^{y_c - t_1} (S_{x_0}^c) dy \right] b' \frac{Q}{J_{x_0} b'}$$

$$= \left[\int_{y_c - (h+t_1)}^{y_c - t_1} (S_{x_0}^c) dy \right] \frac{Q}{J_{x_0}} \quad (18)$$

Biểu thức tính ứng suất tiếp:

Áp dụng công thức Jurapski để tính ứng suất tiếp như sau:

$$\tau_y = \frac{Q S_x^c}{J_x b^c} \quad (15)$$

Trong đó

Tìm trọng tâm mặt cắt:

Đối với trục x

$$S_x = b \frac{t_1^2}{2} + b' h \left(t_1 + \frac{h}{2} \right) + b t_2 \left(h + t_1 + \frac{t_2}{2} \right) \quad (16)$$

$$S_{x_0}^c = t b \left(y_c - \frac{t_1}{2} \right) + \frac{b'}{2} \left((y_c - t_1)^2 - y^2 \right) \left[\int_{y_c - (h+t_1)}^{y_c - t_1} (S_{x_0}^c) dy \right]$$

$$= \int_{y_c - (h+t_1)}^{y_c - t_1} \left[t b \left(y_c - \frac{t_1}{2} \right) + \frac{b'}{2} \left((y_c - t_1)^2 - y^2 \right) \right] dy \quad (19)$$

$$y_c = \frac{S_x}{\sum F}$$

$$\text{Đặt } \beta = \frac{\left[\int_{y_c-(h+t_1)}^{y_c-t_1} (S_{x_0}^c) dy \right]}{J_{x_0}}$$

$$\Rightarrow Q_g = \beta Q$$

Lực cắt Q_{bt1} do lớp bê tông thứ 2 chịu:

$$Q_{bt1} = \left[\int_{y_c-t_1}^{y_c} (S_{x_0}^c) dy \right] b \frac{Q}{J_{x_0} b}$$

$$= \left[\int_{y_c-t_1}^{y_c} (S_{x_0}^c) dy \right] \frac{Q}{J_{x_0}} \quad (20)$$

Trong đó

$$S_{x_0}^c = b(y_c - y) \left(y + \frac{y_c - y}{2} \right)$$

$$= \frac{b}{2} (y_c^2 - y^2) \int_{y-t_1}^{y_c} \left[b(y_c - y) \left(y + \frac{y_c - y}{2} \right) \frac{b}{2} (y_c^2 - y^2) dy \right]$$

(21)

Đặt:

$$\theta = \frac{\left[\int_{y_c-t_1}^{y_c} (S_{x_0}^c) dy \right]}{J_{x_0}}$$

$$\Rightarrow Q_{bt1} = \theta Q$$

Ta có:

$$Q = Q_{bt1} + Q_{bt2} + Q_g \quad (22)$$

$$\Rightarrow Q = \theta Q + Q_{bt2} + \beta Q \quad (23)$$

$$\Rightarrow Q_{bt2} = (1 - \theta - \beta) Q \quad (24)$$

Thay các số liệu vào công thức quy đổi tương đương theo góc trượt, ta có

$$\frac{\theta Q}{G_{bt1} b t_1} + \frac{(1 - \beta - \theta) Q}{G_{bt2} b t_2} + \frac{\beta Q}{G_g b h} = \eta \frac{Q}{G_{td} b (h + t_1 + t_2)}$$

$$\Rightarrow G_{td} = \frac{\eta}{(h + t_1 + t_2) \left(\frac{\theta}{G_{bt1} t_1} + \frac{(1 - \beta - \theta)}{G_{bt2} t_2} + \frac{\beta}{G_g h} \right)} \quad (25)$$

3. KẾT LUẬN

Với sự chuyển đổi trên, người thiết kế có thể đưa các thông số về vật liệu tương đương thay cho tấm vật liệu 3D vào chương trình máy tính để tính toán sự làm việc tổng thể của ngôi nhà. Điều đó sẽ giúp nhà thiết kế xác định được nội lực theo cả hai phương, phương chịu lực chính và phương ngang mà theo tiêu chuẩn châu Âu đã bỏ qua (có thể nói thêm, nội lực phân bố theo phương này cũng rất đáng kể). Khi thép được bố trí theo cả hai phương đồng thời chịu lực, khả năng làm việc không gian của ngôi nhà sẽ tốt hơn và việc sử dụng tổng thể các vật liệu chắc chắn sẽ tiết kiệm.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. TS. Đỗ Kiến Quốc, Đề tài nghiên cứu khoa học, 3/2002.
2. Ngô Quang Tường, Phạm Hiệp Lực, Đào Duy Thông. Quy trình thiết kế tấm vật liệu 3D. 2004
3. Ngô Quang Tường, Phạm Hiệp Lực, Đào Duy Thông. Quy trình thi công tấm vật liệu 3D. 2004
4. Trần Đình Ngô. Tấm xây dựng 3D. Nhà xuất bản trẻ, Tp HCM, 2002.
5. Design Details as per Din - code, EVG, 2002
6. www.threedee.co.nz