

GIỚI THIỆU, PHÂN TÍCH CÔNG NGHỆ SÀN NHẹ UBBOOT VÀ PANEL 3D TRONG XÂY DỰNG NHÀ CAO TẦNG

Trần Quốc Phong

Tóm tắt. Bài báo cáo giới thiệu công nghệ sàn nhẹ thông qua việc phân tích cấu tạo, so sánh các công nghệ sàn nhẹ dựa trên một số tiêu chí về khả năng chịu lực, biện pháp thi công và phạm vi ứng dụng. Có nhiều công nghệ sàn nhẹ nhưng trong khuôn khổ bài báo cáo xin giới thiệu và đánh giá hai loại sàn Uboot và Panel 3D, là những công nghệ đang được áp dụng khá phổ biến ở một số khu vực đặc trưng trong nước ta hiện nay.

Từ khóa: Công nghệ sàn nhẹ, Uboot – Beton, Panel 3D

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

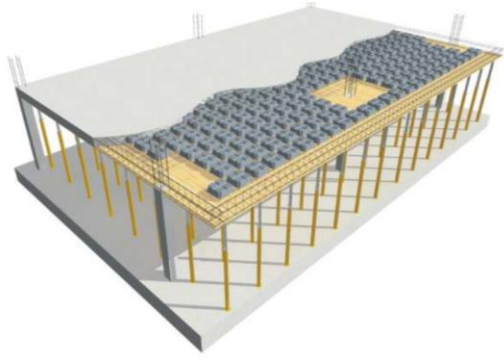
Xu hướng xây dựng hiện đại đang dần thay thế các loại vật liệu truyền thống như bê tông, gạch nung nhằm giảm trọng lượng cho kết cấu công trình và giảm thiểu ô nhiễm môi trường, giảm được việc khai thác tài nguyên đất, đá và tận dụng được nguyên liệu từ phế phẩm của các ngành công nghiệp khác. Sàn là kết cấu cơ bản của công trình, giải pháp kết cấu sàn luôn được ưu tiên trong việc giảm chi phí và thời gian thi công. Hướng nghiên cứu các công nghệ sàn nhẹ đang đáp ứng những yêu cầu về mặt kỹ thuật như có thể vượt nhịp lớn, nhẹ hơn, giảm chiều cao tầng, tạo trần phẳng giảm trọng lượng bản thân, giảm số lượng cột chống, chống rung chống ồn...

Trong công nghệ sàn nhẹ có rất nhiều hướng nghiên cứu được đưa ra nhằm khắc phục những yêu cầu kỹ thuật: độ võng lớn, chịu tải trọng ngang (gió, động đất) kém thời gian thi công và biện pháp thi công phức tạp, vận chuyển cồng kềnh cầu lắp khó, tốn dây neo buộc, khó cố định trong quá trình thi công (sự đẩy nổi trong quá trình thi công) chất lượng bê tông kém sau khi thi công, để lại những vết thủng, vết lõm.

Thời gian gần đây, với điều kiện thi công ở Việt Nam thì hai công nghệ sàn nhẹ là sàn Uboot và sàn Panel 3D đang dần được áp dụng rộng rãi và có những định hướng nghiên cứu sâu hơn để khắc phục các nhược điểm mà các công nghệ sàn nhẹ khác mắc phải. Việc giới thiệu công nghệ, đánh giá so sánh sự làm việc, hướng phát triển cho hai loại sàn nhẹ này là điều cần thiết, tạo tiền đề cho quan những quan niệm mới về kết cấu sàn, thay thế quan niệm sàn bê tông cốt thép toàn khối cũ, tối ưu hóa sự làm việc của vật liệu.

2. CƠ SỞ LÝ THUYẾT

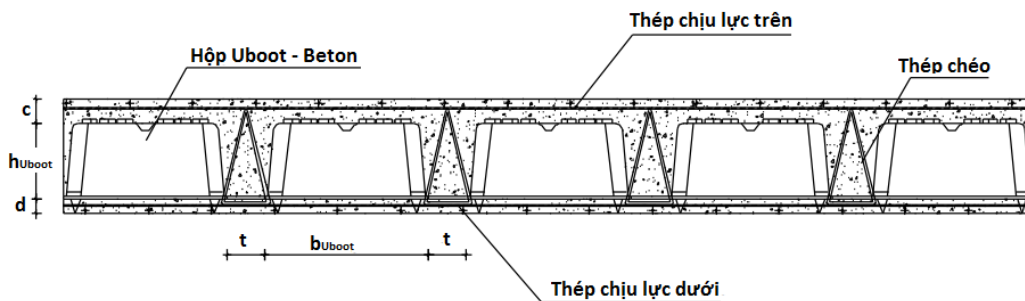
Sàn Uboot: là công nghệ sàn nhẹ sản phẩm của tập đoàn Daliform Group (Italy) và Peikko Group (Phần Lan), sử dụng nhựa polypropylene tái chế để thay thế phần bê tông không tham gia chịu lực ở giữa bản sàn. Sàn Uboot (xem Hình 1) là loại kết cấu rỗng, phẳng không dầm, liên kết trực tiếp với cột nên có nhiều ưu điểm về kỹ thuật và kinh tế [8].



Hình 1. Sàn Uboot.

Nguyên tắc tính toán:

1. Xác định các thông số đầu vào (khoảng cách giữa các cột, tải trọng...), sơ bộ kích thước và vật liệu. Ví dụ thông số sàn Uboot minh họa trong Hình 2. Trong đó b_{Uboot} , h_{Uboot} lần lượt là bề rộng và chiều cao hộp Uboot; c, d lần lượt là chiều dày lớp bê tông phía trên và phía dưới sàn Uboot; t là bề rộng của dầm chìm chữ I.



Hình 2. Mặt cắt sàn Uboot

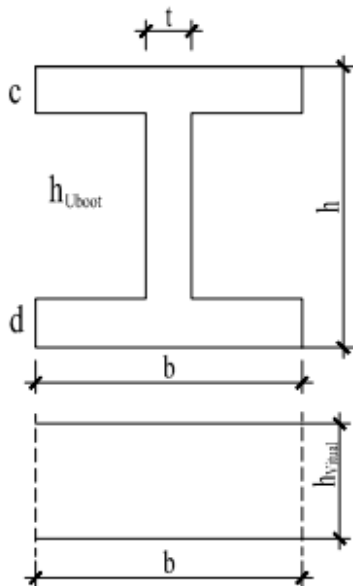
2. Sự làm việc của sàn dựa trên sự làm việc của các dầm chìm chữ I đan vuông góc vào nhau, xét sự làm việc của dầm I theo từng giải. Phân tích tiết diện:

Phân tích vùng làm việc của cấu kiện (xem hình Hình 2 và Hình 3) và xác định các thông số hình học của tiết diện (mô men quán tính, mô men kháng uốn...)[4,5]

$$I = \frac{b \cdot h^3}{12} - \frac{h_{Uboot} \cdot (b - t)^3}{12}, \quad (1)$$

trong đó:

- I – Mômen quán tính chính trung tâm
- b – Khoảng cách giữa các dầm chìm chữ I
- t – Chiều dày tương đương dầm chìm chữ I
- h_{Uboot} – Chiều cao hộp nhựa Uboot
- h – Chiều cao thực tế của sàn Uboot.



Hình 3. Tiết diện quy đổi.

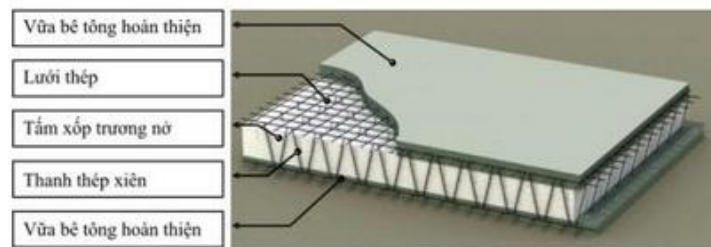
3. Tính toán chiều cao làm việc tương đương khi quy đổi các dải dầm chữ I được tính bởi công thức [6].

$$I = \frac{b \cdot h_{virtual}^3}{12} \Rightarrow h_{virtual} = \sqrt[3]{\frac{12 \cdot I}{b}} \quad (2)$$

4. Sử dụng phần mềm SAFE hoặc SAP2000 để phân tích (phần tử sàn khi vào số liệu phải là giá trị chiều cao làm việc, nếu sử dụng chiều cao thực của sàn Uboot phải trừ đi phần tiết diện hộp Uboot chiếm chỗ).

5. Kết quả phân tích đưa ra những giá trị ứng suất trong sàn, từ đó dùng để thiết kế, cấu tạo cốt thép cho sàn.

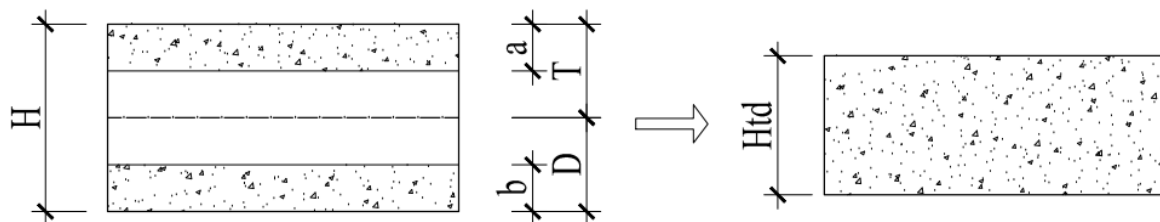
Sàn Panel 3D (xem Hình 4): là công nghệ sản nhẹ được công ty trách nhiệm hữu hạn 3D nhập công nghệ của Ý (năm 1995) và công ty Thế kỷ mới nhập công nghệ của Áo (năm 2003) ứng dụng cho một số công trình ở Việt Nam [2]. Tấm kết cấu Panel 3D cơ bản là sản phẩm nhẹ, được sản xuất từ sắt và mút xốp polystyrene là chế phẩm của dầu mỏ được phủ bê tông. Khung sườn của tấm kết cấu là những sợi thép tròn nhỏ sắp xếp trên mặt xốp được đan lẫn nhau kết hợp với bê tông cốt liệu nhỏ, cấp phối bằng cát, đá, phun bao phủ cả hai mặt với độ dày xác định.



Hình 4. Sàn Panel 3D.

Nguyên tắc tính toán: Sàn Panel 3D được tính toán làm việc theo một phương, gác lên kết cấu chịu lực của nhịp nhà. Việc bố trí vật liệu xa trục trung hòa, coi như phần lõi xốp giữa không tham gia làm việc. Khi tính toán thường dùng phương pháp quy đổi tiết diện tương đương.

1. Cắt dải sàn 1m, xác định các thông số của tấm sàn (nhịp, cấu tạo, tải trọng...), minh họa trong Hình 5 [7].



Hình 5. Quy đổi chiều dày sàn Panel 3D về chiều dày sàn tương đương.

Các thông số tấm Panel 3D: H là chiều cao thực tế bản sàn Panel 3D; a, b lần lượt là chiều dày lớp bê tông trên và dưới bản sàn; T, D lần lượt là khoảng cách từ mép trên và mép dưới sàn đến trục mô men quán tính chính trung tâm. Công thức tính [4] các giá trị T, D được

$$T = \frac{\left(\frac{a^2}{2} + \frac{b.(H-b)}{2}\right)}{(a+b)} \Rightarrow T = \frac{a^2 + bH - b^2}{a+b} \quad (3)$$

$$D = H - T$$

Mô men quán tính chính trung tâm [4]

$$I = \left(\frac{a^3}{12} + a.\left(T - \frac{a}{2}\right)^2\right) + \left(\frac{b^3}{12} + b.\left(D - \frac{b}{2}\right)^2\right) \quad (4)$$

Chiều dày sàn quy đổi tương đương [4]

$$H_{td} = \sqrt[3]{\frac{I}{12}} \quad (5)$$

2. Sử dụng phần mềm SAFE hoặc SAP 2000 để phân tích theo các thông số đầu vào. Chú ý khai báo phương làm việc của tấm sàn.

3. Kết quả phân tích đưa ra những giá trị ứng suất trong sàn, từ đó dùng để thiết kế lựa chọn thông số đầu vào để sản xuất tấm Panel 3D trong nhà máy.

3. NỘI DUNG

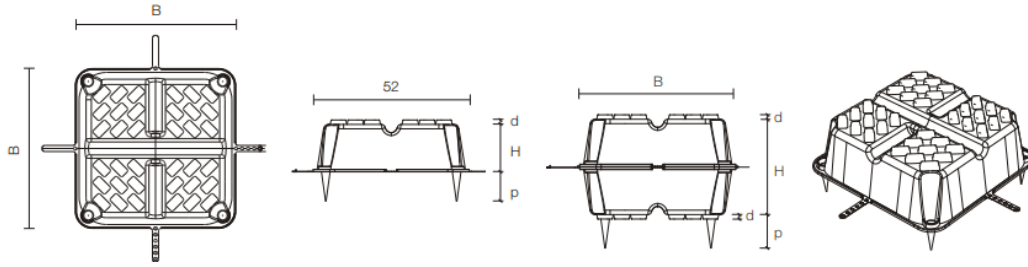
3.1. Phân tích về mặt cấu tạo và vật liệu

Cấu tạo của các sàn công nghệ đều dựa trên nguyên tắc tối ưu hóa vùng làm việc của vật liệu.

Sàn Uboot: Uboot có cấu tạo gồm một lớp thép trên, một lớp thép dưới và ở giữa các khoảng hở là các thép gia cường, minh họa trong Hình 6. Hộp Uboot có cấu tạo đặc biệt với bốn chân hình côn và phụ kiện liên kết giúp tạo ra một hệ thống dầm vuông góc nằm giữa lớp sàn bê tông trên và dưới. Các chân côn tạo tiết diện phẳng, bê tông có thể chui lọt và nâng cao phạm vi ảnh hưởng của dầm dùi.

Có hai dạng hộp đơn và hộp đôi, giữa các hộp còn có các phụ kiện liên kết với nhau theo cả hai phương vuông góc. Trọng lượng nhẹ, tính cơ động tạo nên nhiều mô đun đa dạng giúp người thiết kế có thể thay đổi thông số kỹ thuật phù hợp với tính toán thiết kế và yêu cầu kiến trúc [8].

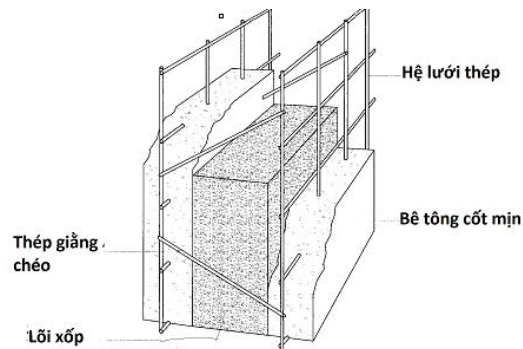
Khoảng hở giữa các hộp được bố trí thép gia cường, quá trình đổ bê tông sẽ lấp đầy các khoảng hở đó, cốt thép được kết hợp hoàn toàn với bê tông tạo thành những dầm chìm chữ I trong sàn tăng khả năng chịu lực.



Hình 6. Chi tiết Uboot hộp đơn và hộp đôi.

Sàn Panel 3D: Khung sườn của tấm kết cấu được tạo thành cấu trúc không gian 3 chiều khuyếch tán bằng những sợi thép tròn nhỏ sắp xếp trên mặt lưới được đan lẫn nhau (200 đường chéo trên 1m²) tạo nên độ cứng rắn, vững chắc, ổn định và phát huy hết tính năng chịu lực bằng các mối hàn chính xác, xem Hình 7.

Dùng bê tông cốt liệu nhỏ, cấp phối bằng cát, đá, phun bao phủ cả hai mặt. Đặc tính của kết cấu do đó sẽ được thay đổi, vì sau khi phủ bê tông vào cả hai mặt, kết cấu trở thành một tấm bê tông cốt thép chịu lực 3 chiều (ngang và thẳng đứng).



Hình 7. Cấu tạo tấm sàn Panel 3D.

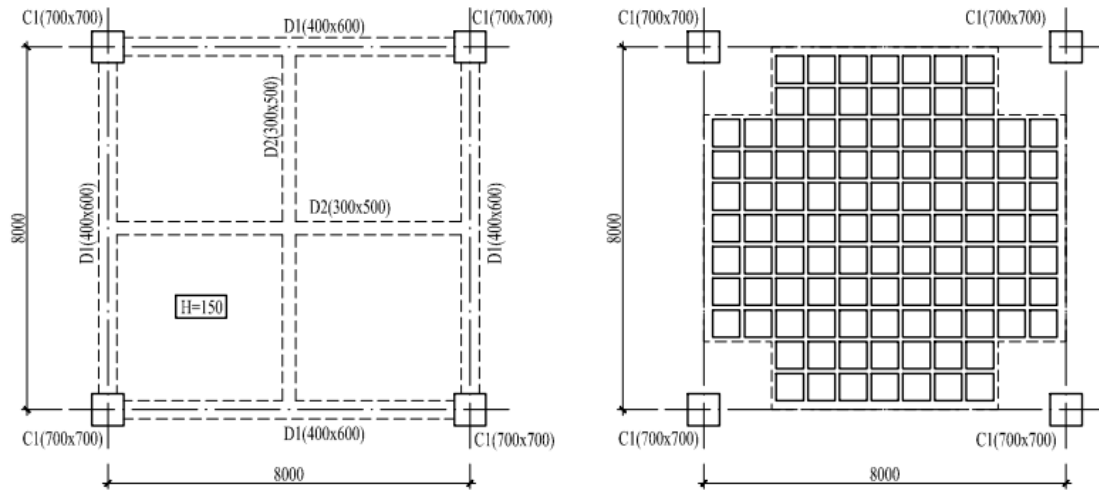
Lớp phân cách polysterene trong tấm kết cấu kết hợp với hai lớp bê tông nâng cao khả năng cách âm, cách nhiệt của vật liệu.

Thép gia cường giữa hai thớ căng làm việc xuyên qua lớp xốp Polystyren. Cốt thép này phải được mạ kẽm, không có lớp bê tông bảo vệ, ảnh hưởng của môi trường lớn, gây bong tróc lớp kẽm mạ và hiện tượng ăn mòn cốt thép.

Giữa mút xốp và hai khung thép luôn có khoảng hở xác định để bê tông chiếm chỗ. Cần đảm bảo đúng chiều dày thiết kế của hai lớp bê tông trên và dưới lớp mút xốp.

3.2. Phân tích hiệu quả giảm trọng lượng bê tông và hàm lượng cốt thép

Sàn Uboot: So sánh trọng lượng của sàn Uboot với sàn bê tông cốt thép truyền thống, minh họa trong Hình 8. Trong báo cáo này, xét một ô sàn điển hình 8x8m, tải trọng được lấy giống nhau cho cả hai phương án sàn. Theo phương án sàn truyền thống có dầm, ô sàn điển hình được thiết kế gồm dầm chính có kích thước 0,4x0,6m ; dầm phụ 0,3x0,5m bản sàn dày 0,15m [1].



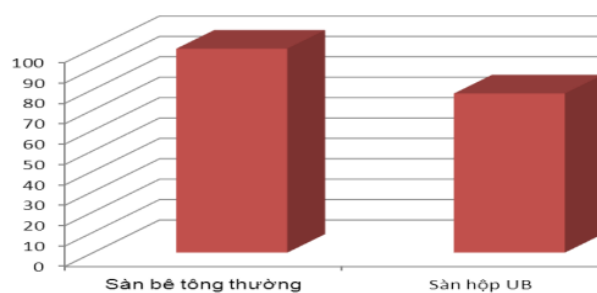
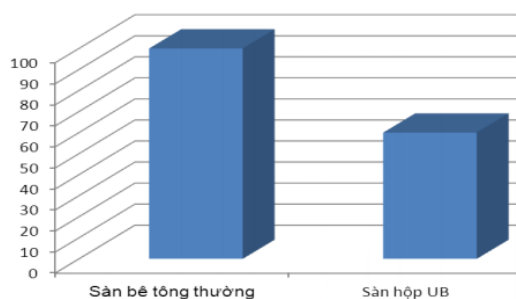
Hình 8. Phương án sàn truyền thống (trái) và sàn Uboot (phải) (đơn vị: mm).
 Kết quả phân tích khối lượng bê tông và hàm lượng thép cho ở Bảng 1 và Bảng 2.

Bảng 1. Khối lượng bê tông

Cấu kiện	Thể tích (m ³ /m ²)	Khối lượng (kg/m ²)	Tỷ lệ (%)
Sàn bê tông truyền thống	0.25	625	100
Sàn Uboot 26cm	0.17	425	70

Bảng 2. Hàm lượng thép

Cấu kiện	Khối lượng thép (kg/m ²)	Tỷ lệ giảm thép (kg/m ²)
Sàn bê tông truyền thống	26.1	100
Sàn Uboot 26cm	21.2	87

**Hình 9.** Biểu đồ thể hiện sự chênh lệch trọng lượng bê tông(trái) và hàm lượng thép (phải).

Nhận xét: Kết quả phân tích trong Hình 9, với thông số đầu vào cho các phương án là như nhau thì kết quả giảm trọng lượng bê tông của sàn Uboot là 70% và giảm hàm lượng cốt thép là 87% mà vẫn thỏa mãn điều kiện chịu lực. Giá trị giảm trọng lượng, hàm lượng này sẽ thay đổi theo nhịp và tải trọng tác dụng lên công trình. Với những nhà nhịp lớn, tải trọng lớn thì giá trị giảm trọng lượng, hàm lượng sẽ càng bé. Do đó thường chọn phương án sàn nhẹ làm phương án cho những công trình nhịp lớn.

Sàn Panel 3D: Công nghệ sàn Panel 3D thường được áp dụng kết hợp với hệ thống tấm tường Panel 3D tạo ra đồng nhất về vật liệu và biện pháp thi công. Vì vậy khi xét đến tiêu chí hiệu quả, ta xét sàn Panel 3D trong tổng thể phương án kết cấu tấm sàn kết hợp tấm tường. Trọng lượng trung bình sàn sau khi đã trát hoàn thiện khoảng 130 – 200kg/m². Khi sàn kết hợp với tấm tường Panel 3D, tính trung bình tải trọng tác dụng lên một m² sàn (cả tĩnh tải lẫn hoạt tải sử dụng) thì khi dùng vật liệu gạch nung và bê tông cốt thép nặng gấp 1,7 đến 2,6 lần so với sàn tường 3D.

Dùng tấm Panel 3D cho các công trình cao có thể giảm được tải trọng động đất (khoảng 30 – 40%), giảm tải trọng động của gió.

Giảm tải trọng truyền xuống móng khoảng 2 lần. Như vậy khi xây dựng các công trình cao tầng, có thể giảm chi phí cho những biện pháp móng phức tạp, và tốn kém: móng cọc ly tâm, móng cọc khoan nhồi... Chi phí móng ước tính của một công trình 25 – 30% thì sử dụng công nghệ Panel 3D có thể giảm được 10% chi phí công trình [2].

Nhận xét: Sử dụng tấm sàn Panel 3D giảm được tiết diện của cột, dầm, giảm chi phí thép cho hệ chịu lực do giảm tải trọng đứng của sàn, áp dụng cho những công trình nhà cao tầng và công trình xây trên nền địa chất yếu.

3.3. Phân tích khả năng chịu lực và không gian kiến trúc của sàn nhẹ so với sàn truyền thống

Sàn Uboot: Nhờ vào hiệu quả giảm chiều cao của sàn nhẹ mà công trình có thể tăng số tầng chức năng.

Việc giảm trọng lượng bản thân kết cấu cho phép kết cấu sử dụng sàn phẳng vượt được nhịp lớn. Nhịp lớn nhất mà sàn nhẹ có thể đạt được là 20m.

Sàn phẳng không dầm thuận tiện cho việc bố trí hệ thống kỹ thuật, kiến trúc thông thoáng.

Giảm tải trọng đứng xuống móng và tải trọng gió, động đất.

Linh động trong vấn đề giằng cấp sàn bằng cách sử dụng các modul hộp Uboot khác nhau.

Liên kết giữ cột và sàn cần được xem xét tính toán cụ thể, cần cấu tạo dầm bo khi nhịp nhà lớn.

Sàn Panel 3D: Qua các kết quả thí nghiệm của EVG (công ty thế kỷ mới) cũng như các kết quả thí nghiệm của nhóm nghiên cứu tiến hành tại Phòng thí nghiệm công trình Trường Đại học Xây dựng Hà Nội đều cho thấy khả năng chịu lực cao của tấm tường 3D (kết quả nén tấm tường 2,4m, rộng 1m, dày 12cm, bê tông dày 3+3cm đạt tải trọng gây nứt 70 tấn, tải trọng phá hoại 110 tấn). Với sức chịu tải như vậy thì khi xây dựng nhà hệ tường cao đến 7 – 8 tầng vẫn không cần dùng đến kết cấu khung [3].

Do khả năng liên khối và tấm có độ cứng lớn nên khả năng chịu tải trọng ngang của nhà rất cao (theo các thử nghiệm của Hoa Kỳ chịu được động đất lên 7 độ Richter, gió bão trên 300km/giờ). Tại bang Florida, tỉnh Homestead, trận bão Andrew năm 1991 với gió lốc hơn 300km/giờ đã làm sập 100% nhà của dân chúng xây dựng bằng các loại vật liệu cổ điển, duy chỉ có ngôi nhà do chương trình nhân đạo Habitat của cựu Tổng thống Jimmy Carter được xây dựng bằng Panel 3D thì vẫn đứng vững.

3.4. Phân tích biện pháp thi công kèm theo công nghệ sàn nhẹ so với sàn truyền thống

Sàn Uboot: Giảm toàn bộ hệ thống cốp pha dầm chính và dầm phụ. Thi công đơn giản hơn, nhanh hơn do chỉ lắp dựng và cấu tạo cốp pha cho sàn phẳng so với thi công sàn có dầm

Với ưu thế là giảm được lượng thép dùng trong sàn nhờ vào việc giảm tải trọng bản thân của sàn nên công tác lắp đặt cốt thép cũng tiết kiệm thời gian và nhân lực.

Công nghệ thi công Uboot là công nghệ thi công đơn giản, nhanh gọn và ổn định. Sau khi lắp đặt thép lớp dưới, hệ thống Uboot với trọng lượng nhẹ được vận chuyển thẳng đứng và bố trí

lắp đặt trên mặt bằng sàn bằng thủ công. Thời gian lắp đặt hộp là $0,05h/m^2$ và bố trí thi công cuốn chiếu (rải Uboot đến đâu lắp đặt thép trên đến đấy) thì thời gian lắp dựng Uboot hoàn toàn không ảnh hưởng đến tiến độ thi công sàn. Việc cố định vị trí các Uboot cũng nhanh chóng bằng các phụ kiện (spacer joint).

Uboot được cấu tạo bởi loại nhựa đặc biệt được tính toán hoàn toàn chịu được tải trọng bản thân của bê tông, tải trọng trong quá trình thi công nên hộp không bị dập vỡ, đảm bảo chất lượng thi công theo đúng tiêu chuẩn thiết kế. (sức chịu tải hơn 150kg). Uboot được cấu tạo để dễ dàng xếp đặt và vận chuyển, không tổn mặt bằng để bố trí kho lưu trữ.

Vì là công nghệ đổ bê tông toàn khối nên giảm thiểu việc cấu lắp cấu kiện, sử dụng các thép móc cầu, các thép gia cường vật liệu làm rỗng, thép gia cường khi cấu lắp.

Đặc biệt sàn Uboot là công nghệ gồm nhiều dầm chữ I chìm trong sàn đảm bảo sự làm việc của sàn khi truyền tải trọng ngang cho các cấu kiện chịu lực, mà vẫn thi công nhanh gọn thuận tiện, không yêu cầu nhân lực cao và phức tạp, dễ dàng kiểm soát chất lượng theo tiêu chuẩn thi công của Việt Nam hiện hành.

Sàn Panel 3D: Thi công nhanh nhờ áp dụng công nghệ lắp ghép và công nghệ phun bê tông cốt mịn ở lớp dưới và đổ bê tông cốt mịn toàn khối ở lớp trên sàn. Việc phun bê tông đòi hỏi máy móc chuyên dụng kèm theo và yêu cầu kỹ thuật, an toàn lao động khi phun [6]. Đồng thời chất lượng bê tông cốt mịn cũng phải được kiểm tra kỹ để phù hợp với loại máy phun bê tông.

Không đòi hỏi các phương tiện thi công lớn, không tốn nhiều công lắp dựng dàn giáo cốp pha.

Giảm chi phí vận chuyển (khi xây nhà vùng cao, hải đảo, nhà trong ngõ...).

Panel 3D được sản xuất và vận chuyển theo từng tấm, theo từng mô đun lớn, cần có kho và sân bãi đủ rộng để chứa và bảo quản.

3.5. Phân tích phạm vi áp dụng và điều kiện hạn chế của các công nghệ sàn nhẹ

Sàn Uboot: Áp dụng cho những công trình có không gian mở, kiến trúc thông thoáng và dễ dàng thay đổi công năng trong quá trình sử dụng như: bệnh viện, phòng hội họp, trung tâm hội nghị...

Áp dụng cho các công trình yêu cầu cách âm, cách nhiệt tốt.

Hạn chế trong việc xử lý những khu vực có ứng suất cục bộ: tải trọng công trình truyền sàn qua cột và xuống móng. Tại vị trí liên kết sàn với cột sẽ xuất hiện ứng suất cục bộ lớn. Việc xây tường ngăn trên sàn phẳng cũng gây ra những vùng ứng suất cục bộ trên sàn. Vị trí liên kết giữa sàn với cột, cần được tính toán và cấu tạo cốt thép chi tiết, đảm bảo quy trình tính toán.

Cần tiến hành nghiên cứu và tính toán chi tiết cấu tạo cho vùng có ứng suất cục bộ này. Có thể áp dụng những lý thuyết tính toán theo mô hình chống – giằng kết hợp với kết quả phân tích nội lực bằng các phần mềm phân tử hữu hạn

Sàn Panel 3D: Áp dụng cho những công trình cần không gian lớn, các công trình có mô đun giống nhau: trường học, nhà ở tập thể, nhà chung cư, nhà ở cho người thu nhập thấp, nhà ở xã hội...

Sử dụng công nghệ sàn tường Panel 3D trong việc giảm tải trọng truyền xuống móng đối với khu vực xây dựng có nền địa chất yếu.

Dùng sàn Panel 3D để cải tạo nhà dân dụng, coi nói, nâng tầng tầng không gian và công năng sử dụng mà không cần gia cố nền móng.

Hạn chế khi thi công xây dựng nhà liền kề: Việc bơm, phun lớp bê tông cốt mịn lên tấm Panel 3D cần có những khoảng không gian nhất định, đối với nhà liền kề, không gian bị bó hẹp khó đưa máy móc vào để thao tác phun, bơm bê tông.

Hạn chế xử lý chống thấm đối với khu vệ sinh, việc dùng sàn Panel 3D cho khu vệ sinh cần tuân thủ quy trình thi công chặt chẽ.

Cần có những hướng nghiên cứu mới cho công nghệ, cải tiến máy bơm bê tông có thể đưa bê tông vào những không gian bó hẹp.

Chọn phương án sàn phù hợp khi thi công sàn khu vệ sinh: trộn phụ gia chống thấm nâng cao chất lượng của bê tông. Xử lý chống thấm góc tiếp giáp giữa sàn tường bằng cách thay thế Panel 3D bằng sàn truyền thống hoặc vật liệu có tính chống thấm cao khác.

4. KẾT LUẬN

Công nghệ sàn nhẹ Uboot và Panel 3D là những công nghệ mới, áp dụng cho các công trình vượt nhịp lớn, chịu tải trọng ngang lớn. Đây là những công nghệ có cấu tạo các lớp vật liệu dựa trên nguyên tắc tối ưu hóa vùng làm việc của vật liệu, bố trí vật liệu chịu lực ra xa trục trung hòa. Đặc biệt, sàn Uboot có cấu tạo gồm những dầm chữ I chìm trong sàn làm tăng khả năng chịu lực và vượt nhịp cho sàn. Hiện nay, công nghệ sàn nhẹ Uboot và Panel 3D đã và đang là những giải pháp mang lại hiệu quả kinh tế, không gian kiến trúc và thời gian thi công của các công trình dân dụng. Trong tương lai, hướng phát triển của sàn Uboot là áp dụng cho những công trình cao tầng, cần không gian rộng lớn. Sàn Panel 3D phát triển và mang lại hiệu quả kinh tế cho những công trình có không gian kiến trúc theo những mô đun nhất định, đồng đều. Sàn Uboot và Panel 3D đang ngày càng được hoàn thiện và áp dụng giúp cho người thiết kế có những lựa chọn phương án kết cấu thích hợp cho từng công trình cụ thể, phát huy được hết ưu điểm của hai loại công nghệ sàn nhẹ này.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Lam Pham Construction Company (2011), *Báo cáo kỹ thuật sàn công nghệ mới Uboot beton – 497 Quang Trung*, Hà Đông, Hà Nội.
- [2] Lê Bá Huê, Nguyễn Thanh Long, Nguyễn Thọ Hồng Ngọc (2008), *Công nghệ 3D - hiệu quả và triển vọng trong xây dựng*, Tạp chí Khoa học Công nghệ Xây Dựng số 3, Trường Đại học Xây dựng.
- [3] Công ty cổ phần thế kỷ mới (2004), *Báo cáo kết quả thí nghiệm thử tải tấm tường và tấm sàn EVG 3D*, (<http://3ddbh.blogspot.com/2014/08/bao-cao-ket-qua.html>).
- [4] Phan Quang Minh, Ngô Thế Phong, Nguyễn Lê Ninh (2011), *Kết cấu bê tông cốt thép – Phần cấu kiện cơ bản*. Nhà xuất bản khoa học – kỹ thuật, Hà Nội.
- [5] Phan Quang Minh, Ngô Thế Phong, Nguyễn Lê Ninh (2011), *Kết cấu bê tông cốt thép – Phần cấu kiện nhà cửa*. Nhà xuất bản khoa học – kỹ thuật, Hà Nội.
- [6] Bộ Khoa học và công nghệ (2007), *Tiêu chuẩn Việt Nam 7575-2007*, Nhà xuất bản Xây dựng.
- [7] Trần Mạnh Tuấn (2003), *Tính toán kết cấu bê tông cốt thép theo tiêu chuẩn ACI 318 – 2002*, Nhà xuất bản Xây dựng.
- [8] Lamar Hanford (01/2006), *Uboot Porting Guide MPC5200B*, (http://cache.freescale.com/files/32bit/doc/app_note/AN3220.pdf).

