

# THỬ NGHIỆM TRÊN MÔ HÌNH HỆ THỐNG MẶT DỰNG NHÔM KÍNH NHÀ CAO TẦNG

KS. Nguyễn Hữu Quyền<sup>1</sup>

ThS. Đỗ Văn Mạnh

KS. Phạm Trung Thành.

Viện Khoa học Công nghệ Xây dựng

**TÓM TẮT:** Trong vòng hai mươi năm trở lại đây, hệ thống mặt dựng kính trong các dự án nhà cao tầng trở nên phổ biến tại Việt Nam. Giá thành của hệ thống mặt dựng có thể lên tới 20% tổng giá thành xây dựng của một công trình cao tầng. Ngoài ra, mặt dựng kính là hệ chịu tải trọng gió đầu tiên của nhà cao tầng và từ đó truyền đến hệ thống chịu tải trọng ngang của nhà (cột, vách, lõi...), do đó yêu cầu kiểm tra chất lượng mặt dựng kính trước khi đưa vào lắp đặt là một yêu cầu cần thiết. Bài báo này trình bày các yêu cầu kỹ thuật, thử nghiệm trên mô hình thực (mock-up test) của hệ thống mặt dựng kính cho một số công trình thực tế đã được thực hiện tại Phòng Nghiên cứu và Thí nghiệm Gió thuộc Viện chuyên ngành Kết cấu Công trình Xây dựng trong thời gian gần đây.

**TỪ KHÓA:** Mặt dựng kính, nhà cao tầng, thí nghiệm.

## 1. GIỚI THIỆU CHUNG VỀ HỆ THỐNG MẶT DỰNG NHÔM KÍNH

Hệ thống mặt dựng nhôm kính thường là kết cấu bao che của công trình. Hệ thống mặt dựng nhôm kính là một trong những bộ phận quan trọng của nhà cao tầng và ngày càng quan trọng hơn xét trên các mặt như: công năng, thẩm mỹ, giá thành. Ngoài ra, mặt dựng nhôm kính là hệ chịu tải trọng gió đầu tiên của nhà cao tầng và từ đó truyền đến hệ thống chịu tải trọng ngang của nhà (cột, vách, lõi...) do đó thiết kế hệ thống mặt dựng nhôm kính chịu tải trọng gió, cũng như việc kiểm tra chất lượng là một yêu cầu cần thiết.

Hệ thống mặt dựng nhôm kính tùy vào cấu tạo và biện pháp thi công có thể chia thành những hệ cơ bản như sau: hệ Stick, hệ Unitized, hệ Spider.

- Mặt dựng nhôm kính hệ Stick được sản xuất và gia công các thanh nhôm, kính và một số chi tiết khác tại nhà máy, toàn bộ công việc liên kết, lắp dựng và hoàn thiện được thực hiện tại công trường. Mặt dựng nhôm kính hệ Stick có thể sử dụng cho mọi loại bề mặt bên ngoài của toà nhà, đặc biệt phù hợp với bề mặt toà nhà có kiến trúc phức tạp hoặc có nhiều điểm nổi. Khác với hệ Unitized, hệ thống mặt dựng Stick được triển khai lắp đặt từng chi tiết cấu thành nên mặt dựng ở ngay tại công trình, theo tiến độ xây dựng hoàn thiện phần thô của công trình.

<sup>1</sup> KS. Nguyễn Hữu Quyền, [huuquyenibst@gmail.com](mailto:huuquyenibst@gmail.com), 0916715816

- Mặt dựng nhôm kính hệ Unitized là hệ thống vách nhôm kính lớn được sản xuất, gia công và hoàn thiện thành các tấm panel ngay từ trong nhà máy, sau đó được chuyển đến công trình để lắp dựng và hoàn thiện tổng thể. Mặt dựng nhôm kính hệ Unitized sử dụng tốt nhất cho công trình có mặt ngoài đồng nhất và các tầng có chiều cao như nhau.

- Mặt dựng nhôm kính hệ Spider là một trong những phương pháp hệ thống tường kính không khung, chủ yếu chỉ dùng các chốt giữ kính để tạo thành các điểm liên kết và kết nối các tấm kính lại với nhau.

## **2. CÁC HƯ HỎNG THƯỜNG GẶP CỦA KẾT CẤU MẶT DỰNG NHÔM KÍNH**

Các loại tải trọng tác dụng lên mặt dựng nhôm kính bao gồm:

- Tĩnh tải;
- Tải trọng gió;
- Tải trọng động đất;
- Tải trọng nhiệt;
- Tải trọng nổ;

Trong đó, tải trọng gió là loại tải trọng chủ yếu và quan trọng nhất.

Nguyên nhân hư hỏng của mặt dựng nhôm kính thường do các tải trọng tác động kể trên gây nên, ngoài ra còn có các nguyên nhân do nước, chất lượng kính không đảm bảo, các lỗi thi công lắp đặt và thiết kế.

### **2.1 Hư hỏng do tác động của gió**

Đây là hư hỏng phổ biến nhất và phá hủy nặng nề nhất mặt dựng nhôm kính. Thiết kế mặt dựng nhôm kính chịu tải trọng ngang (tải trọng gió) là mối quan tâm chính của các kỹ sư thiết kế. Tuy nhiên không có phương pháp tính toán chuẩn cho thiết kế của mọi mặt dựng tường kính với kích thước và hình dáng khác nhau. Mặc dù tất cả các tiêu chuẩn tải trọng và tác động trên thế giới đã thể hiện các vùng có áp lực gió cao tại các góc của công trình. Đặc biệt là các công trình hiện đại có xu hướng không đều đặn và có hình dáng phức tạp và được xây dựng trong vùng có ảnh hưởng mạnh của địa hình và các công trình xung quanh trung tâm các đô thị lớn.

Các thiệt hại do gió gây ra cho mặt dựng nhôm kính không gây sụp đổ công trình nhưng nó gây mất mỹ quan, nguy hiểm cho người sinh sống bên trong và người đi lại bên dưới tòa nhà. Ngoài ra, việc sửa chữa các hư hỏng đó rất khó khăn, lâu dài và tốn kém. Do đó việc thử nghiệm mặt dựng nhôm kính bằng mô hình thực (Mock-up Test) để kiểm tra chất lượng là rất quan trọng, nhằm phát hiện sai sót để điều chỉnh lại thiết kế, lắp đặt.



**Hình 1.** Hình ảnh một số phá hoại của mặt dựng nhôm kính do gió, bão

## 2.2 Hư hỏng do nước

Đây là hư hỏng thường gặp của mặt dựng nhôm kính. Hư hỏng do nước được chia làm hai phần: một là do sự lọt nước, hai là sự ngưng tụ. Hư hỏng này làm suy giảm kết cấu mặt dựng, gây ra nấm mốc, ảnh hưởng tới chất lượng không khí bên trong nhà. Chất kết dính (keo Silicone) và gioăng cao su là vật liệu chính để ngăn chặn sự lọt nước, tuy nhiên hai vật liệu này có thể bị phá hủy do hệ số giãn nở nhiệt của nhôm gấp 2,5 lần của kính, ngoài ra chúng có khả năng chịu nhiệt kém và dễ bị gòn hóa. Cách tốt nhất để bảo vệ mặt dựng nhôm kính trước tác động của nước là phải thiết kế một hệ thống thoát nước trong tường kính, sử dụng loại keo và gioăng cao su có chất lượng tốt.

Việc sửa chữa hư hỏng này rất khó khăn và tốn kém, nhưng lại có thể dễ dàng ngăn chặn trong thiết kế và lắp đặt. Để đảm bảo thiết kế và lắp đặt là hiệu quả thì mặt dựng nhôm kính cần được thử nghiệm với mô hình thực (Mock-up Test). Hiệp hội Kiến trúc Hoa Kỳ (AAMA) đã đưa ra các tiêu chuẩn quy định cụ thể cho thử nghiệm này (AAMA 501.1, AAMA 501.2).

## 2.3 Hư hỏng do tác động của nhiệt

Tải trọng nhiệt cần được các kỹ sư tính toán cẩn thận khi thiết kế mặt dựng nhôm kính. Sự chênh lệch nhiệt độ lớn giữa bên trong và bên ngoài mặt dựng gây ra các vết nứt nhiệt. Vết nứt nhiệt thường vuông góc với khung và mở rộng ra toàn bộ mặt kính. Khi kính bị hư hỏng do nhiệt thì cần phát hiện sớm để thay thế khi vết nứt phát triển rộng, khó có thể sửa chữa được, do đó việc thử nghiệm nhiệt đối với mặt dựng nhôm kính là cần thiết, để phát hiện ra sai sót và xử lý trước khi lắp đặt.



**Hình 2.** Vết nứt kính do tác động của nhiệt

### **3. CÁC YÊU CẦU KỸ THUẬT ĐỐI VỚI KẾT CẤU MẶT DỰNG**

Mặt dựng nhôm kính cần đảm bảo các yêu cầu kỹ thuật sau:

- Đảm bảo khả năng chịu lực;
- Đảm bảo an toàn sử dụng (biến dạng) và độ ổn định;
- Đảm bảo các yêu cầu về độ kín khít (độ lọt khí, độ lọt nước);
- Khả năng chịu va đập, đảm bảo an toàn khi kính bị vỡ;
- Khả năng cách âm, cách nhiệt;
- Khả năng truyền ánh sáng tự nhiên.

Ngoài đảm bảo các yêu cầu về kỹ thuật, hệ thống mặt dựng nhôm kính phải được thiết kế sao cho thuận tiện cho thi công, tiết kiệm, đảm bảo mỹ thuật, hiện đại, hài hòa với kiến trúc. Mặt dựng nhôm kính ngoài việc đảm bảo an toàn, vững chắc còn tăng tính thẩm mỹ cho tòa nhà, tạo sự thông thoáng bên trong, tiết kiệm các thiết bị điện.

### **4. THỬ NGHIỆM TRÊN MÔ HÌNH HỆ THỐNG MẶT DỰNG NHÔM KÍNH**

Thử nghiệm đánh giá chất lượng của mặt dựng nhôm kính (mock up test) đã được sử dụng rất phổ biến trên thế giới, ở Đông Nam Á có hai nước Singapore và Phillippines có hệ thống thử nghiệm mặt dựng nhôm kính khá hiện đại. Loại thử

nghiệm này đã giúp rất nhiều cho công tác kiểm tra chất lượng của mặt dựng nhôm kính như khả năng chịu lực dưới tác động của áp lực gió, độ kín khí, độ kín nước, khả năng chịu tải trọng động đất, khả năng chịu va đập, cách âm, cách nhiệt...

Gần đây, Phòng Nghiên cứu Thí nghiệm Gió - Viện KHCN Xây dựng đã tiến hành đầu tư hệ thống thiết bị để phục vụ công tác thử nghiệm đánh giá chất lượng của mặt dựng nhôm kính. Đơn vị đã tiến hành được nhiều thử nghiệm để kiểm tra chất lượng của mặt dựng nhôm kính cho nhiều công trình tại Việt Nam: tòa nhà PV GAS (Hồ Chí Minh), tòa nhà Petroland (Hồ Chí Minh), tòa nhà trụ sở hải quan (Hà Nội), nhà ga hành khách quốc tế sân bay Đà Nẵng, nhà ga hành khách sân bay Phú Quốc (Kiên Giang), nhà Điều hành Tổng công ty Cảng Hàng không Việt Nam (Hồ Chí Minh)... Các mẫu được thử nghiệm theo các hệ tiêu chuẩn của Mỹ (ASTM, AAMA), Úc (AS). Các thử nghiệm này đã giúp rất nhiều cho các nhà thầu thi công khắc phục các khiếm khuyết (cấu tạo các liên kết giữa mặt dựng nhôm kính và công trình, độ kín của mặt dựng...) của mặt dựng nhôm kính trước khi đưa vào lắp đặt tại công trình. Hệ thống thiết bị của Phòng Nghiên cứu Thí nghiệm Gió, khá hiện đại và tương đối đầy đủ đảm bảo phục vụ tốt cho công tác thử nghiệm, các thiết bị chính bao gồm:

- Buồng khí được có khả năng thử nghiệm mẫu có chiều cao tới 10 m, chiều rộng tới 6 m (tương đương 2 đến 3 tầng nhà).

- Hệ thống bơm khí có chức năng đảo chiều hút và đẩy với khả năng tạo áp lực dương hoặc âm lên tới  $\pm 4000$  Pa. Hệ thống có khả năng tăng áp lực và giữ áp lực theo yêu cầu thử nghiệm với độ chính xác 1 Pa.

- Áp kế điện tử có chức năng đo áp lực lên bề mặt mẫu thí nghiệm với độ chính xác 0,1 Pa.

- Thiết bị đo lưu lượng khí (đo độ lọt khí) với độ chính xác 0,1 L/s;

- Thiết bị thu nhận số liệu đo đa kênh;

- Thiết bị đo chuyển vị điện tử có độ chính xác đến 0,1 mm;

- Hệ thống bơm nước áp lực cao;

- Thiết bị đo lưu lượng nước;

- Hệ thống dàn phun mưa có kích thước 6x10 m;

- Hệ thống quạt tạo gió có khả năng tạo áp lực 770 Pa lên bề mặt mẫu thí nghiệm tương đương vận tốc gió 35 m/s tương đương với cấp 12 theo thang bão Beaufort.

- Hệ thống kích

Các chỉ tiêu thử nghiệm hệ thống mặt dựng nhôm kính:

- Tính năng kết cấu (với yêu cầu chuyển vị của khung nhôm/ chiều dài nhịp  $\leq 1/180$  và chuyển vị của kính/ chiều dài nhịp  $\leq 1/90$  theo ASTM E0330-02).

- Độ lọt khí (với yêu cầu độ lọt khí  $\leq 1,6 \text{ L}/(\text{m}^2.\text{s})$  dưới áp lực  $P^{\text{lk}}$  theo ASTM E0283-04).

- Độ lọt nước dưới áp lực tĩnh (với yêu cầu không có bất kỳ sự rò rỉ nước nào dưới áp lực tĩnh theo ASTM E0331-00).

- Độ lọt nước dưới áp lực động (với yêu cầu không có bất kỳ sự rò rỉ nước nào dưới áp lực động theo AAMA 501.1).

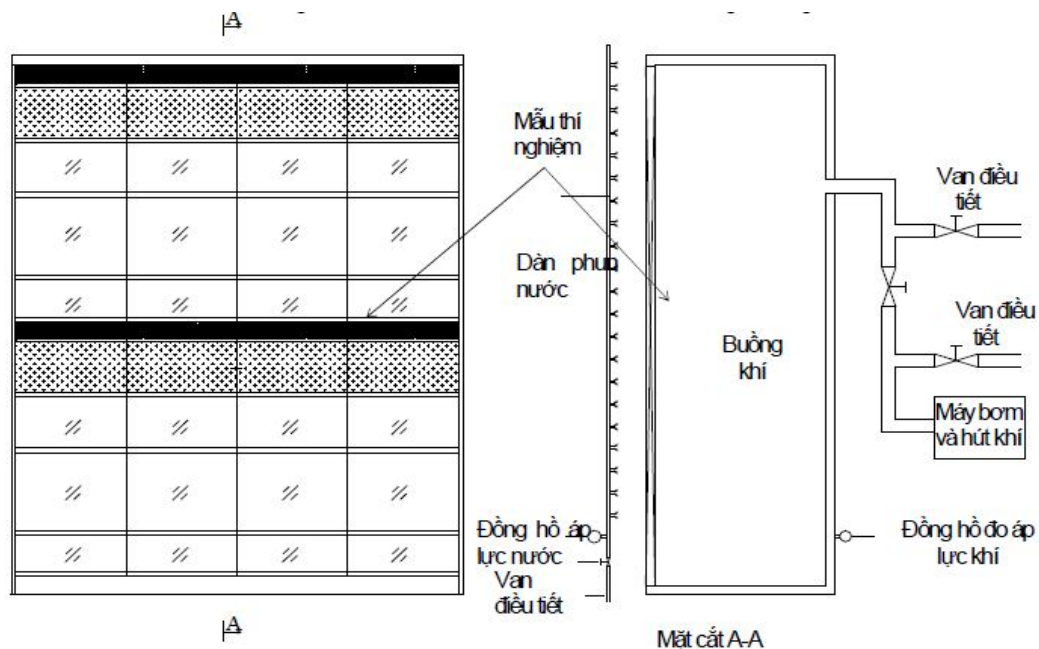
- Độ lọt nước dưới áp lực tuần hoàn (với yêu cầu không có bất kỳ sự rò rỉ nước nào dưới áp lực tuần hoàn theo AS/NZS 4284:2008).

- Tác động của nhiệt tuần hoàn (với yêu cầu không có sự phá hoại với keo silicon hoặc kính theo AAMA 501.5).

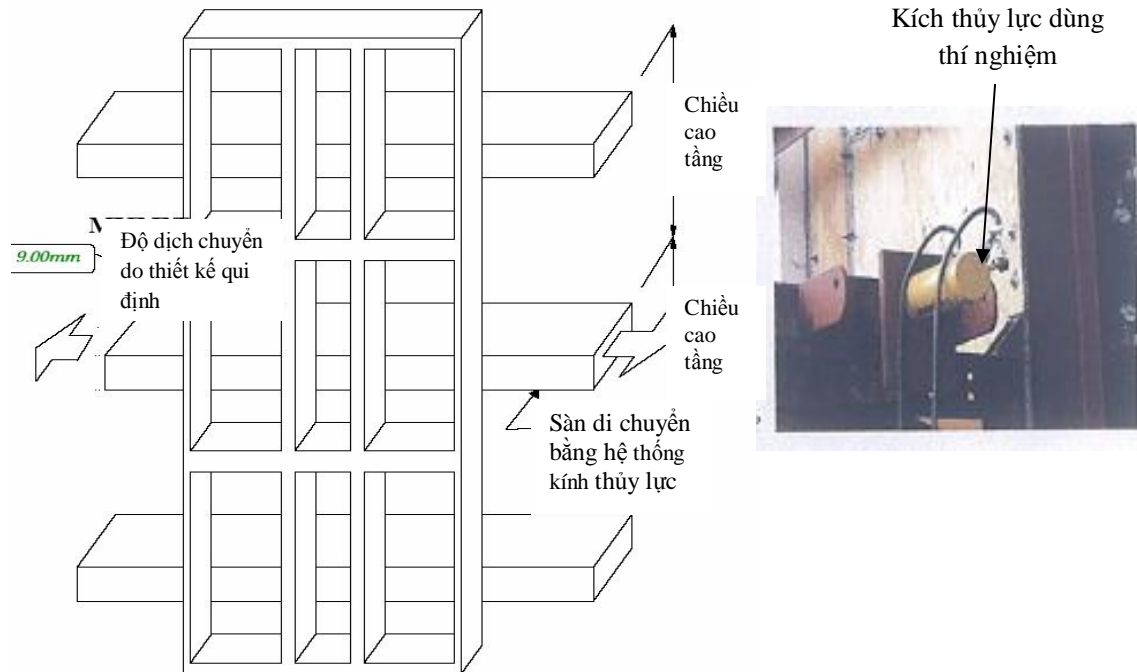
- Dịch chuyển ngang và đứng do động đất và gió gây ra (với yêu cầu không có sự phá hoại với khung nhôm, keo silicon hoặc kính theo AAMA 501.4).

- Tải trọng ở trạng thái cực hạn (với yêu cầu không có sự phá hoại với khung nhôm, keo silicon hoặc kính theo ASTM E0330-02).

Kết quả thử nghiệm mặt dựng nhôm kính có độ tin cậy cao vì mẫu thí nghiệm là mẫu có kích thước thực (thường có chiều cao bằng hai tầng nhà), sử dụng chủng loại vật liệu và cấu tạo như tại công trình thực, tải trọng thí nghiệm được xác định từ các kết quả thí nghiệm bằng ống thổi khí động. Sơ đồ thí nghiệm khả năng chịu lực dưới tác động của áp lực gió, độ lọt khí, độ kín nước của mặt dựng nhôm kính được thể hiện ở hình 3,4 dưới đây. Đây là các loại thử nghiệm quan trọng và quyết định đến chất lượng của hệ mặt dựng nhôm kính.



**Hình 3.** Sơ đồ thử nghiệm kiểm tra độ lọt nước của hệ thống mặt dựng nhôm kính



**Hình 4.** Sơ đồ thử nghiệm về dịch chuyển ngang do gió và động đất gây ra cho của hệ thống mặt dựng nhôm kính

Quy trình thử nghiệm theo các tiêu chuẩn của Mỹ (ASTM, AAMA), Úc (AS/NZS 4284:2008) đã được áp dụng tại phòng Nghiên cứu Thí nghiệm Gió.

Quy trình chung cho thử nghiệm của hệ thống mặt dựng nhôm kính:

- Bước 1: Gia tải sơ bộ, áp suất  $P = \pm P^{kc}$  ( $P^{kc}$ : là áp lực thí nghiệm về tính năng kết cấu do đơn vị thiết kế chỉ định) được đặt lên mặt ngoài của mẫu thí nghiệm, áp lực dương và âm được giữ trong 10 giây.

- Bước 2: Thí nghiệm tính năng kết cấu

+ Các mức áp suất chênh lệch sẽ được đặt lên mặt ngoài của mẫu thí nghiệm theo từng cấp tải. Mỗi cấp tải sẽ được giữ trong vòng 1 phút ở mỗi giai đoạn trước khi các chuyển vị được ghi nhận.

+ Lập lại từ các bước trên với áp lực âm.

- Bước 3: Thí nghiệm độ lọt khí, áp suất  $P = \pm P^{lk}$  ( $P^{lk}$ : là áp lực thí nghiệm độ lọt khí do đơn vị thiết kế chỉ định) được đặt lên mặt ngoài của mẫu thí nghiệm, áp lực dương và âm được giữ trong 10 giây, khi lưu lượng khí được ghi nhận.

- Bước 4: Thí nghiệm độ lọt nước dưới áp lực tĩnh, áp suất  $P = P^{ln}$  ( $P^{ln}$ : là áp lực thí nghiệm độ lọt nước do đơn vị thiết kế chỉ định) được đặt lên mặt ngoài của mẫu thí nghiệm, áp lực âm được giữ trong 15 phút, song song là dàn phun nước tiến hành phun sương vào bề mặt mẫu thí nghiệm.

- Bước 5: Kiểm tra độ lọt nước dưới áp lực động, áp suất  $P = P^{ln}$  được đặt lên mặt ngoài của mẫu thí nghiệm bằng cách sử dụng hệ thống quạt tạo gió, áp lực được giữ

trong 15 phút, song song là dàn phun nước tiến hành phun sương vào bề mặt mẫu thí nghiệm.

- Bước 6: Kiểm tra độ lọt nước dưới áp lực tuần hoàn, áp suất P thay đổi được đặt lên mặt ngoài của mẫu thí nghiệm bằng cách sử dụng hệ thống quạt tạo gió, áp lực được giữ trong 15 phút, song song là dàn phun nước tiến hành phun sương vào bề mặt mẫu thí nghiệm.

- Bước 7: Thí nghiệm về dịch chuyển ngang do gió và động đất gây ra, tiến hành dịch chuyển mặt dựng nhôm kính theo các chu trình (độ dịch chuyển do đơn vị thiết kế chỉ định);

- Bước 8: Thí nghiệm tải trọng ở trạng thái cực hạn, áp suất  $P = \pm 1,5 \cdot P^{kc}$  được đặt lên mặt ngoài của mẫu thí nghiệm, áp lực dương và âm được giữ trong 10 giây.



a) Thí nghiệm mặt dựng nhôm kính của công trình tòa nhà PV GAS (Hồ Chí Minh) [1]



b) Thí nghiệm mặt dựng nhôm kính của công trình



c) Thí nghiệm mặt dựng nhôm kính của công trình tòa nhà trụ sở hải quan (Hà Nội) [3]



d) Thí nghiệm mặt dựng nhôm kính của công trình Nhà ga Hành khách sân bay Phú Quốc (Kiên Giang) [4]





e) Thử nghiệm mặt dựng nhôm kính của Nhà điều hành Tổng công ty Cảng Hàng không Việt Nam (Hồ Chí Minh) [5]

**Hình 6.** Hình ảnh về thí nghiệm mặt dựng kính của một số công trình (Tiếp)

Áp lực gió thí nghiệm lớn nhất cho mặt dựng nhôm kính của một số công trình mà phòng Nghiên cứu Thí nghiệm Gió – Viện KHCN Xây dựng đã thí nghiệm được thể hiện trong bảng 1. Từ bảng 1 cho thấy áp lực gió dùng để thí nghiệm là rất lớn đạt tới áp lực gió tương đương với thang bão Beaufort cấp 17.

**Bảng 1.** Áp lực gió lớn nhất thí nghiệm cho một số công trình

STT	Tên công trình	Áp lực gió thí nghiệm lớn nhất (Pa)	Vận tốc gió tương đương (m/s)	Thang bão Beaufort tương đương
1	Tòa nhà PV GAS (Hồ Chí Minh)	2700	66	17
2	Tòa nhà PetroLand – Hồ Chí Minh	2400	62	17
3	Nhà điều hành Tổng cty Cảng hàng không Việt Nam –HCM	1650	52	16
4	Tòa nhà trụ sở Hải Quan – Hà Nội	1200	44	13
5	Nhà ga Hành khách sân bay Phú Quốc	2175	60	17

Một số kinh nghiệm được rút ra sau các thử nghiệm:

- Chất lượng thi công và cấu tạo mặt dựng nhôm kính hệ Unitized đảm bảo do đó khả năng chịu lực, độ kín nước, kín khí và dịch chuyển ngang là rất tốt.

- Mặt dựng nhôm kính hệ Stick có khả năng chịu lực, độ kín nước và kín khí là kém hơn. Chất lượng mặt dựng phụ thuộc vào chất lượng thi công ngoài công trường. Một số mẫu thử nghiệm tại Viện Chuyên ngành Kết cấu CTXD có hiện tượng lọt nước tại liên kết giữa kính và khung nhôm hoặc giữa tấm nhôm và khung nhôm (do gioăng và keo liên kết không đảm bảo).

## 5. KẾT LUẬN

Hiện nay mặt dựng nhôm kính được sử dụng rất phổ biến làm kết cấu bao che cho nhà cao tầng. Khi đã lắp đặt, việc sửa chữa các hư hỏng trên mặt dựng nhôm kính thường rất khó khăn và tốn kém nhưng có thể dễ dàng ngăn chặn trong thiết kế và lắp đặt. Công tác thử nghiệm mặt dựng nhôm kính dưới mô hình thực (Mock-up Test) được tiến hành để kiểm tra chất lượng trước khi lắp đặt vào công trình. Phòng Nghiên cứu Thí nghiệm Gió - Viện Chuyên ngành Kết cấu CTXD đã tiến hành đầu tư hệ thống thiết bị và tiến hành thử nghiệm để kiểm tra chất lượng của nhiều hệ thống mặt dựng nhôm kính tại Việt Nam.

### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] TCVN 2737: 1995 “*Tải trọng và tác động – Tiêu chuẩn thiết kế*”;
- [2] VŨ THÀNH TRUNG, “*Báo cáo kết quả thí nghiệm hệ thống mặt dựng của Tòa nhà PV GAS (TP Hồ Chí Minh)*”, Phòng Nghiên cứu Thí nghiệm Gió – Viện KHCN Xây dựng tháng 1 năm 2011;
- [3] VŨ THÀNH TRUNG, “*Báo cáo kết quả thí nghiệm hệ thống mặt dựng hệ Unitized và hệ Stick của Tòa nhà Petroland (TP Hồ Chí Minh)*”, Phòng Nghiên cứu Thí nghiệm Gió – Viện KHCN Xây dựng tháng 6 năm 2011;
- [4] VŨ THÀNH TRUNG, “*Báo cáo kết quả thí nghiệm hệ thống mặt dựng của tòa nhà Trụ sở Hải quan (Hà Nội)*”, Phòng Nghiên cứu Thí nghiệm Gió – Viện KHCN Xây dựng tháng 9 năm 2011;
- [5] VŨ THÀNH TRUNG, “*Báo cáo kết quả thí nghiệm hệ thống mặt dựng nhôm kính của dự án “Nhà điều hành Tổng công ty Cảng hàng không Việt Nam (TP Hồ Chí Minh)”*”, Phòng Nghiên cứu Thí nghiệm Gió – Viện KHCN Xây dựng tháng 7 năm 2012;
- [6] VŨ THÀNH TRUNG, “*Thí nghiệm kính xây dựng và hệ thống vách dựng nhôm kính*”, Phòng Nghiên cứu Thí nghiệm Gió – Viện KHCN Xây dựng;
- [7] ASTM E0330-02 “*Phương pháp thử hệ thống kết cấu của cửa sổ ngoài, cửa đi, cửa trời và tường vách bằng áp lực tải trọng tĩnh*” (Standard test method for Structural Performance of exterior windows, doors, skylights and curtain wall by uniform static air pressure difference);
- [8] ASTM E0331-00 “*Phương pháp thử khả năng lọt nước cho hệ thống cửa sổ ngoài, cửa đi, cửa trời và tường vách dưới áp lực khí*” (Standard test method for water penetration of exterior windows, skylights, doors, and curtain walls by uniform static air pressure difference).