



Tài liệu nghiên cứu

KỸ THUẬT LÀM ĐƯỜNG BẰNG GẠCH BÊ TÔNG TỰ CHÈN

Sân bay quốc tế Hong Kong



Xây dựng cho tương lai

Sân bay quốc tế Hong Kong là một trong những công trình thi công mặt đường phi trường lớn nhất bằng gạch tự chèn sử dụng thiết kế và kỹ thuật thi công hiện đại.

Trong nhiều thế kỷ, vị trí của Hong Kong hầu như được xem như là cánh cửa của quốc gia đông dân nhất trên thế giới và là lối vào của đầu máy kinh tế của Trung Quốc. Với tỉ lệ tăng trưởng kinh tế đáng kinh ngạc, Chính phủ đã có ý tưởng về một sân bay mới vào những năm sau của thập niên 1980. Được hoàn thành vào năm 1998, sân bay quốc tế Hong Kong được thiết kế nhằm phục vụ 45 triệu hành khách (nhiều nhất là 87 triệu hành khách) và hơn 3 triệu tấn hàng hóa hàng năm (nhiều nhất là 9 triệu tấn). Sân bay trị giá 49.8 triệu Đôla HK (6,46 triệu Đôla Mỹ) nằm trên hòn đảo Chek Lap Lok được nối với khu trung tâm Hong Kong và Kowloon bằng các đường cao tốc và đường sắt nhanh có chiều dài 21 dặm (34 km). Được vận hành bởi Cơ quan quản lý sân bay Hong Kong, sân bay mới được mở cửa vào tháng 7/1998 và thay thế sân bay Kai Tak cũ, chật hẹp với chỉ một đường băng ở trung tâm Kowloon.

Hơn 39 triệu feet vuông (3,7 triệu m²) mặt đường phi trường phục vụ cho 180.000 lượt cất cánh & hạ cánh hàng năm. Một số máy bay thuộc loại máy bay thương mại nặng nhất hoạt động ở sân bay bao gồm B-747, MD-11, và A340. Với các máy bay nặng nhất B747 tải trọng 992.250 pound (450 tấn), và cánh dài 213 feet (65 m), sân bay được thiết kế nhằm phục vụ cho loại máy bay nặng 1.700.000 pound (77 tấn) và cánh dài tới 275 feet (84m). Áp lực của lớp máy bay trên mặt đường sẽ vượt quá 250 psi (1,8 MPa).

Các phần của 2 hòn đảo được đào xới và được sử dụng để tận dụng đất từ đại dương trong khi khu vực còn lại của đảo sân bay là phần đất lấn biển của lãnh thổ Hong Kong.

Sự kết hợp của việc nạo vét biển và lập các núi đảo trên biển đã tạo thêm 4,8 dặm vuông đất (1.255 ha) cho sân bay. Hình 1 cho thấy quang cảnh nhìn từ không gian về dự án xây dựng tổng thể. Đảo hỗ trợ mặt bằng cho:

- Nhà ga sân bay 555.400 feet vuông (51.600 m²), các tháp điều khiển, khu vực vận chuyển và đậu xe
- Hai đường băng chính, mỗi đường băng dài 12.500 feet (3.810 m) được rải nhựa asphalt với 2.6 million m²
- 7,53 triệu feet vuông (700.000 m²) đường lăn và khu vực đậu đỗ máy bay với bê tông đúc tại chỗ.



Hình 1. Sân bay quốc tế Hong Kong nằm trên nền đất tự nhiên từ 2 hòn đảo và đất được nạo vét từ biển



Hình 2. Các mặt đường gạch bê tông tự chèn được lựa chọn bởi chúng chịu được độ lún xung quanh nhà ga sân bay và có khả năng phục vụ tốt cho sân bay.

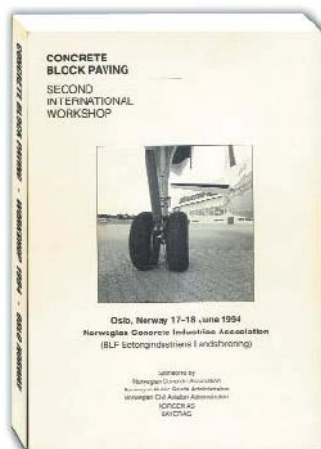
- 5 triệu feet vuông (464.000 m²) mặt đường lát bằng gạch bê tông tự chèn ở khu vực đậu đỗ máy bay và khu vực bốc dỡ hàng, một công trình ứng dụng lớn nhất đối với khu vực thuộc nơi đậu đỗ của máy bay ở sân bay cho đến nay
- Hơn 1 triệu feet vuông (100.000 m²) đường lát gạch bê tông tự chèn cho khu vực thuộc nhà ga sân bay

Mặt đường lát gạch bê tông tự chèn hiện đại

Kể từ khi phần lớn sân bay được xây dựng trên nền đất lấn biển, người ta chú ý đến tình trạng lún của nền. Tình trạng lún như đã được dự đoán đòi hỏi mặt đường nhựa asphalt mềm nên được sử dụng cho đường băng hơn là mặt đường bê tông cứng.



Hình 3. Các chân đỡ thẳng bằng thép dưới thiết bị bốc dỡ hàng hóa tập trung các tải trọng điểm trên mặt đường



Hình 4. Tài liệu biên soạn về kinh nghiệm về các mặt đường sân bay được thảm bằng gạch bê tông, được giới thiệu ở hội thảo quốc tế vào năm 1994 (1) và từ tài liệu của ICPI's về thiết kế mặt đường sân bay (2).



Nếu có biến dạng xảy ra, mặt đường nhựa asphalt có thể được sửa chữa nhanh chóng bằng việc lát lại vào ban đêm, vì vậy giảm thiểu việc đóng cửa đường băng. Bê tông xi măng thông thường là lựa chọn truyền thống cho khu vực đậu đỗ máy bay và các khu vực đỗ xe bởi nó ngăn được tình trạng xuống cấp do nhiên liệu và cho phép chịu được các vết lún nhiều hơn do bánh xe của các phương tiện giao thông.

Mặt đường bằng gạch bê tông tự chèn được lựa chọn vì mặt đường cứng PCC không chịu được độ lún của nền đường với các sự cố nghiêm trọng ảnh hưởng đến hoạt động của sân bay. Mặt đường mềm được lát bằng gạch bê tông tự chèn là một giải pháp hợp lý cho các khu vực đậu đỗ máy bay căn cứ vào các độ lún khác nhau như các khu vực xung quanh khu vực đào lấp nhà ga sân bay phía trên các hầm. Xem hình số 2.

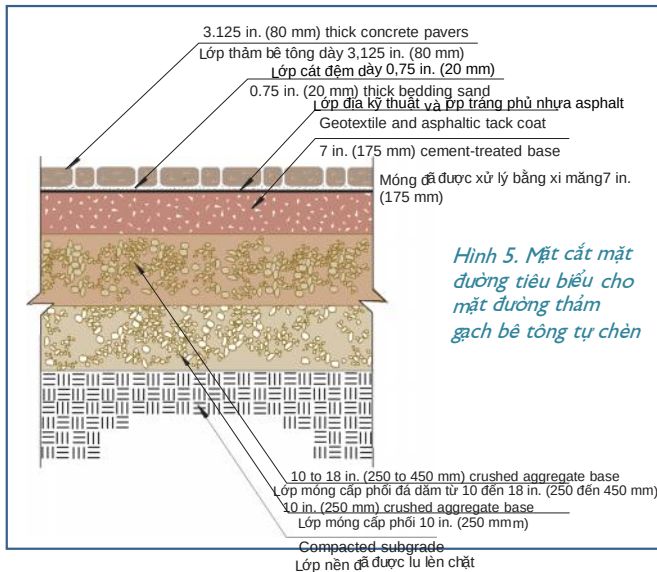
Lớp thảm gạch tự chèn bê tông tạo ra bề mặt có khả năng chịu được sự rò rỉ nhiên liệu nhiều hơn bề mặt nhựa trong khi đặc tính linh hoạt của bề mặt lát gạch bê tông tự chèn của các lớp thảm đó cho phép chịu được độ lún nhiều hơn là mặt đường bê tông cứng. Nếu mặt đường lún làm cản trở hoạt động của máy bay, lớp thảm gạch bê tông có thể được tháo ra, các khu

vực được xác định lại để đạt được độ cao chấp nhận được, và các lớp thảm gạch tự chèn đó được lắp vào lại. Khác với bề mặt nhựa asphalt, lớp thảm gạch bê tông ngăn được tình trạng xuống cấp do xăng, dầu, nhiên liệu và các vết lõm do tải trọng bánh xe vượt qua 50.000 pound (22,680 kg). Tương tự, các lớp thảm có thể ngăn ngừa được các vết lõm nhờ các trụ chống được sử dụng để cố định các thiết bị bốc dỡ hàng hóa ngoài máy bay ra. Hình 3 thể hiện thiết bị bốc hàng

Thiết kế, các chi tiết và tiêu chuẩn kỹ thuật

Vào những năm giữa thập niên 90, Larry Mujaj cùng với Ban Quản lý sân bay Hong Kong đã nghiên cứu phương pháp, việc thi công và sự vận hành mặt đường gạch bê tông tự chèn cho các phi trường ở Anh, Úc, Na Uy, và Hoa Kỳ. Nhiều thông tin đã được giới thiệu vào năm 1994 tại Hội nghị Quốc tế lần thứ 2 về lát gạch bê tông ở Oslo, Na Uy. Hội nghị này có các phiên làm việc chuyên sâu về các kỹ thuật liên quan đến thiết kế, thi công và vận hành mặt đường gạch bê tông tự chèn ở các phi trường trong mọi điều kiện thời tiết, cũng như giới thiệu về tài liệu thiết kế

Theo kỹ sư Larry Mujaj, trưởng ban thiết kế của Cục quản lý sân bay về các khu vực đậu đỗ của máy bay của dự án, “Mỗi loại mặt đường- nhựa asphalt, bê tông và gạch thảm - đều có mục đích riêng của nó. Chúng tôi chọn gạch bê tông tự chèn cho các khu vực nơi cần có bề mặt chịu được nhiên liệu và nơi mà mặt đường bê tông sẽ bị gãy do các độ lún khác nhau. Hơn nữa, gạch tự chèn đã tạo thuận lợi trong việc giảm đi số lần ngưng hoạt động và số lần đóng cửa sân bay trong suốt thời gian sửa chữa do có thể thi công được ở nhiều khu vực nhỏ trong cùng một lúc.”



mặt đường sân bay bằng thảm bê tông (Phiên bản tại Mỹ) của Viện nghiên cứu mặt đường bê tông tự chèn (ICPI). Như được nêu ra trong tài liệu ICPI, thiết kế kết cấu cho tất cả các mặt đường sân bay kể cả mặt đường lát gạch bê tông tự chèn tại sân bay Hong Kong đều theo phương pháp thiết kế cho các mặt đường mềm của Cục Quản Lý Hàng Không Liên Bang của Hoa Kỳ (FAA) (3). Lớp thảm dày 3 1/8 in. (80 mm) và lớp cát đệm dày 3/4 in. (20 mm) được xem như tương đương về mặt kết cấu với lớp thảm nhựa asphalt có cùng độ dày của sân bay. Thiết kế móng theo đó dưới lớp thảm và lớp cát đệm bao gồm những lớp như sau (xem hình 5):

- Lớp móng được xử lý bằng xi măng dày 7 in. (175 mm)
- Lớp móng cấp phối đã được lu lên dày 10 đến 18 in. (250 đến 450 mm) tùy thuộc vào các ứng dụng về tải trọng
- Lớp móng dưới cấp phối đã được lu lên dày 10 in. (250 mm)
- Lớp nền cát đã được lu lên với tỉ lệ chịu tải California là 7%

Các mặt đường nhựa asphalt và bê tông đã được sử dụng trong các sân bay thương mại và quân sự trong nhiều thập kỷ với sự cải tiến liên tục về thiết kế, cùng với việc kiểm soát chất lượng và đảm bảo chất lượng trong suốt thời gian thi công. So với mặt đường nhựa asphalt & bê tông, mặt đường lát gạch bê tông tự chèn khá mới đối với các sân bay, được giới thiệu lần đầu tiên với một sân bay thương mại vào năm 1983. Giai đoạn giữa năm 1983 và 1994, khoảng 5 triệu feet vuông (464,000 m²) mặt đường bê tông được dùng cho các sân bay thương mại và quân sự trên toàn thế giới. Một số các dự án này đã thành công và một số khác là cơ hội học hỏi kinh nghiệm. Kinh nghiệm về mặt đường bê tông ở sân bay quốc tế Cairns, của Úc và tài liệu về các dự án sân bay khác được biên soạn bởi ông Mujaj đã trình bày các dự án thành công phụ thuộc vào các tiêu chuẩn kỹ thuật phù hợp, việc tuân thủ quy định về tay nghề và các dụng cụ cho phép trong quá trình thi công (4). Bằng việc thực hiện quản lý chất lượng nghiêm ngặt và các tiêu chuẩn kỹ thuật đảm bảo chất lượng tại sân bay Hong Kong, đã tránh được các sơ suất đã xảy ra

trước đây.

Thiết kế theo FAA đòi hỏi các mặt đường phục vụ các máy bay trọng tải trên 100,000 pound (45.000 kg) được gia cố bằng xi măng hoặc nhựa asphalt. Với yêu cầu thiết kế như vậy, lớp nền cấp phối đã đầm nằm ngay dưới lớp cát đệm được gia cố bằng 3% xi măng. Điều này đã tạo nên cường độ nén tối thiểu 7 ngày cho lớp nền được xử lý bằng xi măng (CTB) là 725 psi (5 MPa).

Một lý do khác cho việc sử dụng CTB là các nghiên cứu chỉ ra rằng các biến dạng dẻo sẽ được giữ ở mức dưới 1/16 in. (1.5 mm) trong suốt thời gian tồn tại của mặt đường bê tông gạch tự chèn. Điều này về cơ bản sẽ làm giảm nguy cơ mặt đường bị bể vụn, gãy, và các hư hỏng của máy bay do các tác động bên ngoài. Để đạt được các yêu cầu nghiêm ngặt về cao độ và bề mặt phẳng mịn, cần phải đặt tất cả các lớp mặt đường dưới lớp thảm bê tông bằng các thiết bị được điều khiển bằng tia laser. Việc này sẽ tạo nên bề mặt phẳng mịn đều cho phép lớp cát đệm có độ dày đều 3/4 in. (20 mm) nằm dưới 115 mẫu (47 ha) mặt đường lát gạch bê tông tự chèn.

Các vết gãy đứt do co giãn hoặc chuyển động chắc chắn sẽ xảy ra ở lớp móng được gia cố bằng xi măng theo thời gian. Các vết gãy đứt có thể tạo ra các không gian cho cát đệm di chuyển xuống. Việc mất đi lớp hỗ trợ dưới lớp thảm theo đó sẽ dẫn đến sự biến dạng của bề mặt và hư hỏng có thể xảy ra. Để giảm nguy cơ này, vải địa kỹ thuật được đặt trên bề mặt của lớp móng được gia cố bằng xi măng và được cố định bằng lớp tráng phủ như tương bitumen nguội. Bitumen được sử dụng thêm và được phép ngấm vào vải địa kỹ thuật.

Để tăng cường sự hình thành các vết đứt gãy co giãn và để tạo ra các vết gãy đứt nhỏ, CTB không được bảo dưỡng sau khi lu lên. Hơn thế, nó được “làm gãy đứt trước” sau khi xe lu rung lớn được dùng cho CTB. Cách làm này ngăn ngừa được tình trạng gãy đứt thành những mảng lớn của CTB.



Hình 6. Lớp tráng nhựa bitumen giữ cho lớp vải địa kỹ thuật nằm ở vị trí phía trên CTB. Sau đó lớp cát móng được rải lên để giữ vật liệu bitumen không bị dính vào ứng và lớp xe.



Hình 7. Máy rải nhựa asphalt được điều khiển chính xác bằng sóng âm được sử dụng, lớp cát đệm dày $\frac{3}{4}$ in. (20 mm) được rải lên bề mặt phẳng mịn của CTB



Hình 8. Lớp cát được sang phẳng đã được duy trì ở độ dày đồng nhất nhờ bề mặt của CTB nằm trong phạm vi dung sai về độ phẳng mịn.

Lớp vải địa có ngấm bitumen tạo nên lớp chắn mềm không thấm qua được ngăn không cho nước mặt và cát đệm di chuyển vào bất cứ vết gãy nào. Hình 6 cho thấy lớp trắng phủ bitumen được dùng cho lớp vải địa kỹ thuật phủ lên trên CTB.

Kinh nghiệm cho thấy độ cứng chưa đủ, phân loại chưa đều, hoặc độ dày quá nhiều của lớp cát đệm dưới lớp thảm bê tông có thể gây ra hư hỏng. Những điều này bao gồm luôn cả độ dày và độ chặt khác nhau, tình trạng bão hòa và sự xuống cấp do tập trung nhiều tải trọng, không lu lên đều hoặc cát đệm di chuyển vào các vết nứt gãy hoặc khe nối. Nhờ các tiêu chuẩn kỹ thuật đòi hỏi lớp cát đồng nhất dày $\frac{3}{4}$ in. (20 mm) được làm từ các vật liệu cấp phối được phân loại tốt, sạch, và mạnh, đã tránh được các lỗi trong các dự án tương tự tại sân bay Hong Kong. Trên bề mặt lớp CTB phẳng mịn có thể dùng lớp mỏng này. Cát đệm được rải và được láng phẳng đến độ dày đều $\frac{3}{4}$ in. (20 mm) bằng máy rải nhựa asphalt được điều khiển bằng sóng âm. Hình 7 cho thấy máy rải nhựa asphalt đang rải cát và hình 8 cho thấy cận cảnh của lớp cát đệm được láng phẳng.

Việc sàng lọc cát làm vật liệu cho lớp đệm đã đạt được tiêu chuẩn kỹ thuật về sàng lọc và độ cứng. Tiêu chuẩn kỹ thuật về sàng giữ cho vật liệu vượt mức 200 (sàng 0,075 mm) đến mức thấp hơn 3%. Độ cứng được kiểm tra bằng thử nghiệm phá hoại Micro Deval được điều chỉnh. Cát được nào vét ở biển địa phương cực kỳ bền khi được kiểm tra bằng thử nghiệm này. Tuy nhiên, việc phân loại loại cát này không được chấp nhận vì vậy nó được sấy khô và được sàng để đạt được đúng độ phân loại. Việc này được thực hiện ở trạm trộn nhựa asphalt trước khi thực hiện sản xuất nhựa asphalt. Tỷ lệ sàng đạt mức 200 (sàng 0,075 mm) được quan sát liên tục và giữ dưới mức quy định.

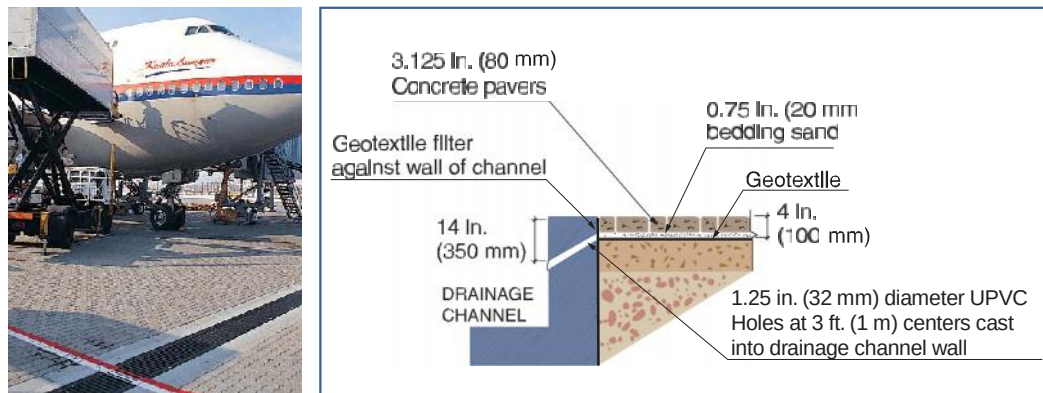
Các kỹ sư thiết kế, trải qua công trình đã được họ hoàn thành ở sân bay Quốc tế Cairns, Úc, đã chọn lớp thảm hình răng cưa trên mô hình xương cá. Mô hình

xương cá tạo nên liên kết mạnh nhất được gia tăng nhờ hình dạng của các viên gạch thảm. Cục quản lý sân bay yêu cầu nhà thầu đề xuất biện pháp để kiểm soát kích thước của gạch thảm trong suốt quá trình sản xuất do mức tăng về kích thước của gạch thảm bởi khuôn bên ngoài (kích thước của gạch thảm tăng nhẹ do có khuôn bằng thép cứng) để độ rộng của khe được đều trong suốt quá trình lắp đặt. Các gạch thảm được đo thường xuyên nhằm đảm bảo sự đồng nhất về kích cỡ trong nhà máy. Tất cả các kiện gạch thảm được giao vào công trường có kèm theo ngày sản xuất, cường độ, và đặc tính về kích thước. Các kiện gạch thảm được chất trong nhà kho công trường theo lô đại diện cho các đợt sản xuất hàng ngày. Gạch thảm nhìn chung được lắp đặt theo thứ tự ngày sản xuất giảm dần về kích thước, ví dụ: gạch thảm hơi lớn sẽ được lắp đặt ở vị trí bắt đầu của khu vực và tiếp tục thảm bằng các viên gạch có kích thước giảm dần.

Tiêu chuẩn kỹ thuật cũng đòi hỏi nhà thầu phải mô phỏng bằng toán học về tác dụng của kế hoạch được nhà thầu đề xuất để kiểm soát các sai số về kích thước để trình trước khi thi công. Việc mô phỏng chỉ ra khoảng cách khe từ 1.5 mm đến 4 mm trong tiêu chuẩn kỹ thuật của dự án có thể đạt được đều đặn trong suốt quá trình mở rộng nhiều của mặt đường thông qua sự kiểm soát các sai số về kích thước đối với độ dài và độ rộng của mỗi viên gạch.

Giới hạn của toàn bộ chiều sâu mép đường bê tông lên đến 5 feet (1.5 m) được quy định nhằm hạn chế gạch thảm và nền ở mép đường. Ở những nơi khác, móng của tòa nhà ga sân bay cũng có các giới hạn. Các mép đường hầu như ở các điểm cao của lớp thảm trong khi các điểm thấp được giới hạn bằng các kênh thoát nước. Tất cả các kênh thoát nước đúc sẵn với lỗ thoát đường kính $1\frac{1}{4}$ in. (32 mm) được đúc gắn vào tường ở khu vực giữa cao 3 feet (1 m) ngang với lớp cát đệm nhằm hỗ trợ cho việc thoát nước. Xem hình 9. Nước mưa đọng lại được thoát ra trên lớp móng và ở lớp cát đệm qua cống trong suốt quá trình thi công. Ở giai đoạn ban đầu của mặt đường

Hình 9. Chi tiết lỗ thoát nước ở các kênh thoát nước



được lát, cống thoát nước làm giảm đi lượng nước đọng lại ở lớp cát đệm, nhờ đó làm giảm khả năng gia tăng áp lực lỗ hổng và giảm nguy cơ cát bị trôi qua các khe. Để đảm bảo lớp cát đệm không bị trôi qua các lỗ thoát nước, lớp vải địa kỹ thuật được tiếp tục phủ lên bề mặt của các kênh thoát nước đến $\frac{3}{8}$ in. (10 mm) dưới bề mặt.

Thi công

Việc thi công cơ sở hạ tầng của các khu vực thuộc nơi đậu đỗ máy bay ở sân bay bắt đầu vào tháng 5, 1995. Việc lắp đặt gạch thấm bê tông bắt đầu vào mùa xuân 1996. Kỹ sư John Howe, Giám đốc dự án cùng với đơn vị Liên danh các công trình sân bay đã chỉ đạo nhóm thấm gạch bê tông tự chèn và sử dụng các thiết bị cơ khí để thấm cho khu vực lớn của sân bay. Thiết bị cơ khí nhện và thấm khoảng 1 yard vuông (1 m²) gạch bê tông tự chèn

được gọi là lớp hoặc cụm được xếp theo mô hình xương cá sau cùng. Như đã được đề cập trước, việc quan sát dung sai về kích thước giữa các gạch thấm ở nhà máy làm cho mỗi lớp vừa khít với lớp tiếp theo trong suốt toàn bộ quá trình thấm.

Ông Howe lưu ý rằng, “Việc lắp ráp bằng thiết bị cơ khí là cần thiết vì kế hoạch thi công yêu cầu mỗi ngày thấm một khối lượng lớn các gạch thấm được lắp đặt trong thời gian yêu cầu, và điều này dường như không thể đạt được nếu ráp thủ công trong khi vẫn phải đảm bảo việc tuân thủ các chi tiết kỹ thuật. Chúng tôi loại trừ các khả năng xuất hiện các khoảng khe nối rộng giữa các lớp thấm và đảm bảo tuân theo các tiêu chuẩn kỹ thuật nghiêm ngặt bằng thiết bị cơ khí”. Liên danh AWJV đã dùng 3 máy lát gạch để lát được lên đến 16,145 feet vuông (1,500 m²) cho mỗi ngày làm việc 10 tiếng với trung bình mỗi ngày thấm được 10,700 feet vuông (1,000 m²). Khối lượng công việc bao gồm trải lớp vải địa kỹ thuật và phủ lớp trắng nhựa, san phẳng lớp cát đệm, thấm và lu lên gạch thấm bê tông, và hoàn thành việc thực hiện đổ cát vào khe. Hình 10 cho thấy lớp gạch được thấm bằng thiết bị cơ khí trên lớp cát đệm đã được san phẳng.

Do luôn quan tâm đến chất lượng sản phẩm và việc lắp đặt, ông Howe đã phối hợp chặt chẽ với các đối tác Trung Quốc sản xuất gạch thấm bê tông nhằm đảm bảo việc tuân thủ các chi tiết kỹ thuật sản phẩm và các tiêu chuẩn cụ thể trong dự án của AWJV. “Máy bay hàng triệu đô la sử dụng mặt đường này và nó phải được thi công mà không có bất cứ lỗi nào. Mọi nỗ lực được thực hiện nhằm đảm bảo chất lượng lắp đặt cao nhất,” ông Howe nói.

Việc sản xuất gạch thấm tại công trường được xem xét đến nhưng bị loại bỏ do các hạn chế về vận chuyển trong việc thiết lập nhà máy và cung cấp vật liệu thô. Gạch bê tông có độ dày $\frac{3}{8}$ in. (80 mm) được sản xuất gần Shenzhen và được xếp bằng tay theo mẫu có hình xương cá sau cùng. Mỗi lớp gạch bê tông



Hình 10. Việc cơ giới hóa công tác lắp đặt đã đẩy nhanh quá trình thấm bằng việc sử dụng 3 máy thấm để lắp đặt các lớp thấm theo mô hình xương cá cuối cùng. Lưu ý các kiện gạch thấm ở xung quanh và nhóm công nhân đang canh chỉnh các hàng khe và nối chặt giữa mỗi lớp thấm với lớp bên cạnh.

gồm 41 viên. Ở nơi mà đơn giá nhân công cao hơn ở những nước khác trên thế giới, việc xếp thủ công là không có hiệu quả về kinh tế. Hơn nữa, mỗi lớp được sản xuất theo mẫu hình xương cá được sẵn sàng để lắp đặt khi được sử dụng cho nhiều dự án thảm mặt đường cảng, các dự án thương mại & công nghiệp.

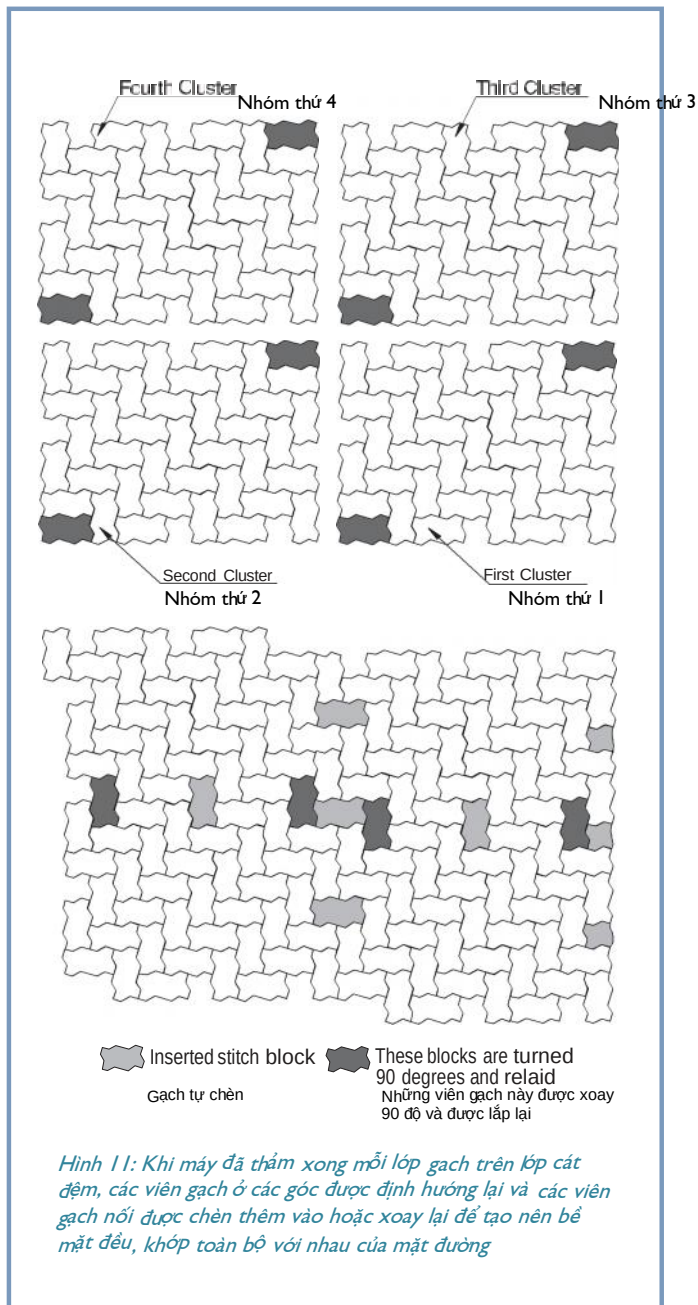
Đối với dự án sân bay Hong Kong, mỗi lớp bao gồm 4 viên gạch ở các góc được định hướng lại trong suốt quá trình lắp đặt để tạo nên mặt đường gạch bê tông tự chèn nổi giữa mỗi lớp với các lớp bên cạnh. Các viên gạch nổi gần lớp thảm với các lớp bên cạnh. Hình 11 thể hiện sự dịch chuyển của các gạch thảm ở góc và vị trí của các gạch nổi gần lớp thảm với các lớp bên cạnh.

Các lớp gạch thảm được xếp lại thành từng kiện hoặc khối, được buộc chặt vào các tấm pallet gỗ và được chở bằng xe lan đến sân bay ở đảo theo nhiều đợt với 54.000 feet vuông (5.000 m²). Mỗi lớp thảm có 12 thanh định vị dọc nhô ra từ phía bên các lớp thảm 1.5 mm. Các thanh định vị này ở trên bề mặt trên cùng với $\frac{3}{16}$ in. (5 mm). Các thanh định vị đảm bảo không có liên kết trực tiếp giữa các lớp thảm khi được lắp đặt, nhờ đó làm giảm các nguy cơ bị đứt gãy và nứt vỡ.

Như đã được đề cập trước đây, các vệt gạch bê tông mặt đường thường hơi mở rộng về chiều dài và chiều rộng so với lớp thảm dự kiến của dự án lớn do việc sản xuất bằng khuôn. Sự thay đổi dần dần về kích thước này làm cho gạch thảm khó vừa khít với mô hình thảm. Thời gian cho việc điều chỉnh tại công trường có thể làm giảm hiệu quả lắp đặt thường đạt được bằng máy thảm cơ khí. Nhằm tránh nguy cơ này, việc lấy mẫu và đo các gạch thảm trong suốt quá trình sản xuất được duy trì tuân theo các giới hạn quy định.

Gạch thảm được sản xuất nhằm đạt chuẩn phiên bản 1993 theo tiêu chuẩn Anh 6717 đòi hỏi cường độ nén trung bình tối thiểu là 7,100 psi (49N/mm²) và tỷ lệ xi măng không thấp hơn 640 pound cho một yard khối (380 kg/m³). Tiêu chuẩn Anh cho phép các dung sai về kích thước là ± 2 mm and ± 3 mm về độ dày. Tuy nhiên, kinh nghiệm của nhà thầu và kết quả từ việc làm theo mô hình đã chỉ ra việc kiểm soát chặt chẽ hơn là cần thiết. Các dung sai được điều chỉnh không lớn hơn mức tăng về chiều dài và chiều rộng là 1,25 mm và giới hạn về độ dày là ± 1.0 mm.

Các tiêu chuẩn kỹ thuật của gạch thảm cũng đòi hỏi bề mặt phẳng mịn nhằm đạt được một bề mặt không bị gãy vỡ khi sử dụng. Thử nghiệm đo độ bằng phẳng mặt đường BTN được điều chỉnh đã được phát triển để đo được độ phẳng của bề mặt lát gạch và đã được các kỹ sư thiết kế đồng ý chấp nhận về tiêu chuẩn. Việc thể hiện "Các tín hiệu giao thông" trên lớp thảm được lắp đặt gần kề với các thiết bị thảm và ở công trường nhằm làm các mốc đo



**The current British Standard requires tensile splitting rather than compression testing to characterize the strength of paver, and the cement content requirement has been eliminated.*



Hình 12. Một tổ mẫu của các viên gạch tốt, trung bình, và không chấp nhận được được nhà máy sử dụng và các công nhân công trường dùng mắt để chấp nhận kết cấu bề mặt của viên gạch. Đây là một phần của toàn bộ chương trình kiểm soát chất lượng tổng hợp và các phương pháp đảm bảo chất lượng được thực hiện trong toàn bộ dự án.



Hình 14. Nửa bên trái cho thấy viên gạch được cắt bằng máy cắt có bề mặt được gọt lại ở mép cắt. Nửa bên phải cho thấy viên gạch có mặt cắt thô được cắt bằng dụng cụ cắt tay. Không có một viên gạch thấm nào ở Hong Kong được cắt bằng dụng cụ cắt tay. Các viên gạch thấm được cắt bằng máy cắt và các mặt được gọt nhằm loại trừ nguy cơ các mảnh bê tông gãy vụn lọt vào động cơ máy bay.

lượng cho việc lắp ráp và cho các công nhân lắp ráp. Hình 12 thể hiện 3 viên gạch thấm có kết cấu bề mặt khác nhau từ loại chấp nhận được (màu xanh) đến mức vừa đủ để chấp nhận (màu vàng) và đến mức không thể chấp nhận được (màu đỏ). Do các gạch thấm không được chấp nhận đã được loại ra tại nhà máy, không có viên gạch thấm nào bị loại ra tại công trường do không đáp ứng về kết cấu bề mặt, cũng như các dung sai về kích thước. Các bảng tín hiệu và việc kiểm tra kích thước tại nhà máy là một phần của hệ thống đảm bảo chất lượng toàn diện được phát triển và thực hiện tại công trường theo tiêu chuẩn ISO 9000. Các đợt tự nghiệm thu và kiểm tra được ghi lại đã được thực hiện ở tất cả các giai đoạn của quá trình thi công. Việc lắp đặt gạch thấm thường bắt đầu ở mép giới hạn. Các gạch thấm đặc biệt ở các mép được lắp bằng tay và được gia công thành các nửa viên gạch đã được dùng để bắt đầu mô hình xương cá. Các nửa viên gạch được gia công (gọi là “viên đá nửa” hoặc “viên gạch nửa”) đã được sử dụng để kết thúc việc thấm mặt đường ở các khu vực mép đường. Các viên gạch thấm được cắt đã được lắp ở những khu vực cần thiết tại các vị trí kết thúc ở các mép, xung quanh các hố và các miệng cống, các cọc neo, và ở các vị trí thay đổi theo hướng mô hình xương cá. Xem hình 13. Cửa hình thoi cắt các phần viên gạch nhằm đảm bảo bề mặt trơn phẳng, sạch, cũng như các khe và các khu vực tiếp



Hình 13. Các viên gạch được cắt khớp với xung quanh cổ bê tông ở các cột và các cấu trúc tiện ích.

xúc đồng nhất. Tất cả các viên gạch được cắt lớn hơn 25% viên gạch nguyên vẹn. Các mặt bị cắt luôn được gọt lại để tái tạo lại như các mép trên cùng của các viên gạch nguyên vẹn. Xem hình 14.

Các viên gạch thấm được đặt trên lớp cát đệm bằng việc sử dụng máy đầm đôi nặng 990 pound (450 kg) trên tấm cao su để truyền lực nén lý tưởng 9.000 pound (40kN) hoặc 11.6psi (0,08 MPa). Máy đầm lớn và khu vực đầm lớn làm cho việc lu lèn đều hơn và nhanh hơn. Bất cứ những viên gạch nào bị nứt hoặc hư hỏng được lập tức lấy ra và được thay thế. Sau khi khu vực được thấm và lu lèn, khu vực đó được lập tức kiểm tra và được tiến hành rải cát chèn khe nếu khu vực được thấm đáp ứng đầy đủ các tiêu chuẩn kỹ thuật. Cát chèn khe được quét và được lu lèn bằng cùng một máy đầm rung để chèn vào khe cho đến khi đầy cát. Xem hình 15.

Quy trình tự nghiệm thu quan trọng nhất là công tác trước khi chèn cát vào khe.

Các lớp thấm, các khe hở, bề mặt trơn phẳng và việc tuân thủ chung các tiêu chuẩn kỹ thuật đều được kiểm tra. Bất cứ điểm nào không đáp ứng tiêu chuẩn kỹ thuật đều được sửa chữa liền trước khi tiến hành chèn cát.

Tương tự như cát đệm, không có loại cát nào thích hợp có sẵn tại địa phương, vì vậy việc thiết lập cơ sở để sấy khô, sàng lọc cát, và đóng bao là điều cần thiết đối với AWWJ nhằm tiến hành chèn cát được nạo vét vào khe tại công trường. Hình 16 cho thấy cát chèn khe có độ phân loại tốt hơn cát đệm. Hình 17 mô tả công tác lu lèn cát vào khe.



Hình 15. Máy đầm bàn nặng 9,000 lbf (40 kN) được sử dụng để lu lèn các viên gạch thấm vào lớp cát đệm, sau đó một lần nữa lu lèn cát ở các khe. Hai lần được kết hợp lại sẽ đầm lại hiệu quả cao hơn.



Hình 16 và 17. Cát chèn khe đã sấy khô được rải trên các lớp gạch đã được lu lèn và được lu lèn vào các khe cho đến khi nào các khe đầy cát. Cấp độ phân loại của cát chèn khe tốt hơn cát đệm.

Việc kiểm tra ngẫu nhiên cho 10 feet vuông (1 m^2) cho mỗi khu vực 2.700 feet vuông mặt đường (250 m^2) được thực hiện nhằm xác nhận khoảng cách giữa các khe hở theo quy định từ 1,5 mm đến 4 mm. Các đợt kiểm tra mặt đường sau cùng bao gồm việc đầm lèn kiểm chứng được giám sát chặt chẽ bằng xe lu nhiều lớp chạy bằng hơi với áp lực bánh xe là 116 psi (800 kPa). Xem hình 18. Phòng thí nghiệm độc lập đã kiểm tra sự đều đặn của bề mặt. Máy đo biến dạng bề mặt được tin học hóa đã được phát triển và sử dụng nhằm xác định mặt đường nằm trong phạm vi giới hạn nghiêm ngặt của bề mặt theo yêu cầu. (sự chênh lệch tối đa là $\pm 1/4$ in. cho 10 feet ($\pm 7 \text{ mm per } 3 \text{ m}$) đối với mặt đường sân bay. Các phương pháp này được thực hiện trên khung lưới có diện tích 15 x 15 ft ($5 \times 5 \text{ m}$), từ Bắc đến Nam và từ Đông sang Tây trên toàn bộ mặt đường. Việc kiểm tra kỹ các chênh lệch dung sai của bề mặt và độ trơn phẳng được thể hiện ở hình 19 và hình 20 nhằm đảm bảo mặt đường đủ độ trơn phẳng. Các lần kiểm tra không chính thức bổ sung được thực hiện bởi AWJV và các nhóm tại công trường HKAA. Họ kiểm tra các khe ở mặt đường sau những lần mưa to nhằm đảm bảo không có khu vực nào thành vũng nước.

Như một bước cuối cùng, cát chèn khe được giữ bằng chất kết dính urethane. Chất kết dính giữ cát lại trong khe, không bị thổi bay ra do khí thải từ động cơ máy bay. Ông Howe đã phát triển thiết bị để trải và kết dính cho 20.000 feet vuông (2.000 m^2) một giờ.

Chất urethane pre-polymer dẻo có độ nhớt thấp được trải ra trên bề mặt và được phép thấm vào bên trong cát và cố định cát trong các khe. Chất kết dính thấm vào bên trong khe trung bình giữa $3/4$ in. và $1 1/4$ in. (20 mm và 30 mm). Đã tránh được tình trạng thấm sâu hơn

bởi nếu điều này xảy ra gần lỗ có thoát nước ở lớp cát đệm, lớp vải địa phủ trên các lỗ thoát sẽ bít lại và không thể thấm được vào sâu hơn. Chất kết dính chịu được các vết đánh dấu bằng sơn. Chất giữ cát trong khe được cho là tồn tại ít nhất 10 năm.

Dự án lập kỷ lục này được mở cửa hoạt động vào tháng 4 năm 1998 và sân bay đã mở cửa toàn bộ để hoạt động thương mại vào ngày 6 tháng 7 năm 1998. Cũng giống như các sân bay thương mại khác, sân bay Hong Kong đã phát triển hệ thống quản lý mặt đường được tin học hóa nhằm giám sát tình trạng mặt đường và lập kế hoạch cho các hoạt động bảo dưỡng. Hệ thống bao gồm các tiêu chuẩn khảo sát và các chứng từ nghiệm thu nhằm thu thập thông



Hình 18. Xe lu nặng 44 tấn lăn trên toàn bộ bề mặt của lớp thấm (trước khi sử dụng chất nối khe) để kiểm chứng các lớp thấm đã được lấp và các khe đã đầy cát.



Hình 19 and 20. Kiểm tra dung sai cho phép của bề mặt bằng thước thẳng và kiểm tra độ phẳng mịn trên toàn bộ mặt đường nhằm đảm bảo mặt đường chịu được khi máy bay đổ lại trong suốt thời gian tiếp nhiên liệu

tin về các hư hỏng và các điều kiện khắc nghiệt cụ thể đối với mặt đường gạch bê tông tự chèn. Điều này tạo điều kiện cho việc thu thập thường lệ thông tin về tình trạng mặt đường với các loại mặt đường khác nhau.

Vào năm 2003, các thành viên của nhóm thiết kế và Nhà thầu ban đầu gặp gỡ tại sân bay nhằm đánh giá hoạt động của mặt đường. Nội dung sau được trích dẫn từ báo cáo của việc kiểm tra (6):

- Mặt đường đã hoạt động rất tốt ở phần lớn các khu vực của phi trường
- Một số các khu vực nhỏ bị lún đòi hỏi phải được bóc ra và lắp lại. Những khu vực đó nhìn chung nằm xung quanh các miệng cống trên đường ở phía đầu của khu vực đậu đỗ của máy bay có nhiều xe cộ qua lại bên cạnh nhà ga sân bay. Người ta quan sát thấy vị trí của các miệng cống bị hư hỏng nằm trực tiếp trên đường bánh xe của phương tiện giao thông trên đường đó. Con đường này là lối đi vào chính của khu vực đậu đỗ máy bay đối với tất cả các xe cộ phục vụ cho sân bay bao gồm xe kéo máy bay, xe chở khách, các xe kéo container, v.v...
- Hoạt động của mặt đường lát gạch bê tông tự chèn ở các bãi đỗ chờ khách của máy bay và khu vực đậu đỗ là một dẫn chứng. Các vết chảy nhiên liệu thấy được trong khu vực máy bay đỗ chờ khách dẫn chứng cho thấy không có tác động lớn nào từ nhiên liệu của máy bay đến các lớp thấm.
- Độ dốc được thi công ở khu vực đậu đỗ phía Tây sân bay dường như có phần thấp hơn ở một khu vực đỗ chờ nhằm giữ cát đệm trong tình trạng bão hòa và xuất hiện một vài vết lún. Bộ phận bảo trì thuộc cơ quan quản lý sân bay đã nhận biết được vấn đề và đã bóc ra 3 feet (1m) lớp thấm để xây

cống thoát nước nằm dưới bề mặt bằng hạt thô. Mặt đường được lắp lại và hoạt động tốt từ đó.

- Một vài dấu hiệu mặt đường bị gãy xuất hiện dưới các trụ gia cố được sử dụng cho việc cố định các thiết bị bốc dỡ hàng hóa bên cạnh máy bay. Bộ phận bảo trì đang nghiên cứu và thử nghiệm các phương pháp để cải tiến hoạt động ở khu vực này bao gồm việc sử dụng các viên gạch thấm được cắt đôi và các tấm bê tông ở những vị trí cụ thể.
- Các nhân viên của cơ quan quản lý sân bay Hong Kong đã lưu ý rằng các vấn đề nhỏ được mô tả được ước tính khoảng 2% diện tích của toàn bộ mặt đường gạch bê tông tự chèn. Nó đã hoạt động tốt hơn so với các loại mặt đường khác..
- Một khu vực mặt đường có diện tích 32.000 feet vuông (3000 m²) gần đây đã được bóc ra để thi công các lớp móng và các dịch vụ như một phần của dự án mở rộng nhà ga sân bay. Các viên gạch đó đã được lắp lại. Chất lượng nhìn chung của phần được lắp lại là chấp nhận được mặc dù việc gắn kết với phần mặt đường không bị ảnh hưởng và việc cắt xung quanh các khu vực đi vào mặt đường không được tốt.
- Tình trạng hiện tại cho thấy chất lượng của việc sửa chữa mặt đường bằng tay bởi các nhà thầu bảo dưỡng của cơ quan quản lý sân bay đã không giống như mức chất lượng đã đạt được trong quá trình thi công của lần thấm mặt đường ban đầu.
- Bộ phận bảo trì đang lên kế hoạch thực hiện việc nối lại các khe mặt đường như một phần của công tác bảo trì mặt đường đã được dự kiến. Họ lạc quan tin rằng việc này sẽ làm cho mặt đường tiếp tục hoạt động tốt.

Việc cải tiến trong phạm vi thiết kế có thể bao gồm:

- Vị trí các miệng cống trên đường ở phía đầu của khu vực đậu đỗ máy bay có thể đã được điều chỉnh sơ nhằm đảm bảo chúng không nằm trên đường bánh xe của phương tiện giao thông đi trên đường.
- Các cống thoát nước nổi bổ sung ở xung quanh miệng cống ở dạng kênh được xây bằng hạt thô nằm dưới các lớp hoặc lỗ thoát trực tiếp vào miệng cống sẽ làm cho việc thoát nước ở lớp cát đệm nhanh hơn và ngăn ngừa tình trạng lún xảy ra ở các miệng cống tập trung nhiều nước.. Các phương pháp này sẽ ngăn ngừa nước bị giữ lại ở lớp nền và giảm nguy cơ bị lún trong tương lai.
- Việc định rõ các viên gạch có mặt được để gọt sẽ được thi công ở các cổ bê tông đúc tại chỗ xung quanh miệng cống sẽ làm cho các việc nứt gãy ít xảy ra hơn trong suốt quá trình thi công và cho phép kiểm soát tốt hơn độ rộng khe của các gạch thấm với miệng cống.

Các cải tiến trong phạm vi thi công có thể bao gồm:

- Giám sát nhiều hơn và chú ý nhiều hơn vào việc lu lèn phần đất đắp lại xung quanh miệng cống nhằm làm giảm tình trạng lún còn dư xảy ra trong các khu vực xe cộ qua lại nhiều.
- Thi công và bảo vệ cẩn thận cổ bê tông xung quanh miệng cống sẽ cải tiến được hoạt động của các chất kết nối khe ở miệng cống, ngăn không cho nước xâm nhập vào lớp cát đệm và không giữ lại ở bề mặt miệng cống tạo ra vết lún khi đường có nhiều xe cộ qua lại

Các cải tiến trong việc bảo trì có thể bao gồm:

- Huấn luyện tốt hơn các tay nghề công nhân cho việc sửa chữa mặt đường

Các cải tiến được đề xuất là nhỏ so với tình trạng hoạt động rất tốt của mặt đường đã quan sát được. Chúng có thể là chìa khóa để đạt tới mức hoạt động tốt 100% trong các dự án tương lai.

Sân bay Hong Kong mới là một trong những sân bay hàng đầu của thế giới về số lượng hành khách và hàng hóa vận chuyển và quá cảnh. Việc xây dựng sân bay Hong Kong mới trên mặt bằng chủ yếu được hình thành nhờ lún biến dẫn đến việc sử dụng nhiều mặt đường gạch tự chèn trong các khu vực bị lún.

Các tiêu chuẩn kỹ thuật cao được thực hiện xuyên suốt từ giai đoạn thiết kế đến giai đoạn lựa chọn vật liệu, và sau đó được thực hiện trong suốt quá trình thi công đã tạo nên mặt đường hoạt động rất tốt. Các tình trạng bên ngoài của mặt đường ban đầu 5 năm sau khi lắp đặt được quan sát thấy vẫn còn tốt như khi mới được lắp đặt. Điều này là nhờ sự phối hợp chặt chẽ giữa đơn vị thiết kế và đơn vị thi công trong suốt quá trình thi công. Họ đã tạo nên mặt đường để tiếp tục phục vụ tốt cho sân bay Hong Kong trong tương lai.

Tài liệu tham khảo

1. *Proceedings of the Second International Workshop on Concrete Block Paving*, June 17-18, 1994, Oslo, Norway, Norwegian Concrete Industries Association, Oslo. See pages 106-126 and 372-420.
2. McQueen, R. D., Knapton, J., Emery, J. and Smith, D. R., *Airfield Pavement Design with Concrete Pavers* (U.S. Edition), Interlocking Concrete Pavement Institute, Washington, DC, Third Edition, 2003.
3. *Airport Pavement Design and Evaluation*, FAA Advisory Circular 150/5320-6D, U.S. Federal Aviation Administration, Office of Airport Safety and Standards, Washington, DC, July 1995.
4. Mujaj, Larry and Smith, David R., "Evolution of Interlocking Concrete Pavements for Airfields," in *Proceedings of the U.S. Federal Aviation Administration Worldwide Airport Technology Transfer Conference*, Atlantic City, New Jersey, April 1999, American Association of Airport Executives, Alexandria, Virginia.
5. "Chek Lap Block," *Pave-It* magazine, November 2003, Issue Two, pages 8-9, Interpave, Leicester, United Kingdom, <www.paving.org.uk>.
6. Report from Ajaz Shafi entitled "Hong Kong Airport — Interlocking Concrete Block Pavement," Kowloon, Hong Kong, 2004.

For information on Hong Kong Airport visit
www.hongkongairport.com





1444 I Street NW, Suite 700
 Washington, DC 20005 USA
 1FB, England Tel: 202.712.9036
 Tel: +44 (0)116 253 6161
 Fax: 202.408.0285
www.icpi.org
 Email: icpi@icpi.org



60 Charles Street
 Leicester LE1
 Fax: +44(0)1162514568
www.paving.org.uk
 Email: info@paving.org.uk

Copyright ©2004 Interlocking Concrete Pavement Institute
 and Interpave. All rights reserved.

