

Đánh giá rủi ro khi sử dụng vật liệu xây dựng tại khu vực Tây Nam Bộ - đề xuất giải pháp

Lê Hà Thiên Ấn^{1*}, Lê Nguyễn Thiện Huy², Lê Mạnh Tường³

¹ Ban Kinh tế - Ngân sách Hội đồng nhân dân phường Tân Hưng, TP. Hồ Chí Minh

² Công ty TNHH Xây dựng và Thương mại Bình Trang

³ Công ty Cổ phần đào tạo Xây dựng và Phát triển nguồn nhân lực Sáu

TỪ KHOÁ

Vật liệu xây dựng
Rủi ro
Tây Nam Bộ
Xâm nhập mặn
Thiên tai
Bê tông xanh

TÓM TẮT

Khu vực Tây Nam Bộ giữ vai trò then chốt trong phát triển hạ tầng kinh tế - xã hội, song điều kiện tự nhiên đặc thù như xâm nhập mặn, ngập lụt, bão lũ và sự khan hiếm vật liệu truyền thống đã đặt ra nhiều thách thức đối với việc sử dụng và quản lý vật liệu xây dựng (VLXD). Nghiên cứu này hướng tới nhận diện và phân tích các nhóm rủi ro chủ yếu trong hoạt động xây dựng tại Tây Nam Bộ, bao gồm: (i) rủi ro do thiếu hụt nguồn cung vật liệu; (ii) rủi ro trong lựa chọn vật liệu; (iii) tác động của xâm nhập mặn; (iv) hạn chế khi sử dụng đất đắp; và (v) ảnh hưởng của thiên tai. Cách tiếp cận nghiên cứu kết hợp tổng quan tài liệu, phân tích cơ chế suy giảm vật liệu dưới tác động môi trường và tổng hợp kinh nghiệm thực tiễn. Kết quả cho thấy các rủi ro này có tính hệ thống, ảnh hưởng đồng thời đến chất lượng, tuổi thọ công trình và chi phí vòng đời. Trên cơ sở đó, nghiên cứu đề xuất các giải pháp quản lý, kỹ thuật và định hướng phát triển VLXD bền vững cho khu vực, góp phần nâng cao khả năng chống chịu của công trình trong bối cảnh biến đổi khí hậu.

KEYWORDS

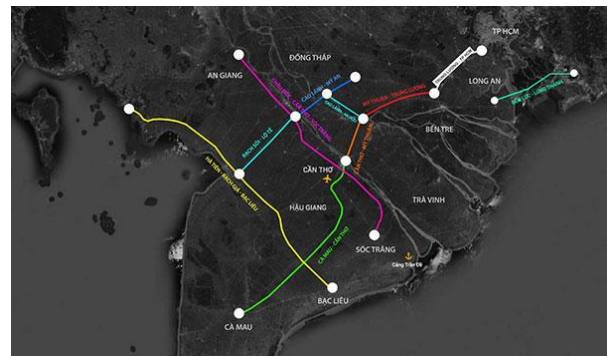
Construction materials
Risks
Southwest Vietnam
Saline intrusion
Natural disasters
Green concrete

ABSTRACT

The Southwest region of Vietnam plays a pivotal role in socio-economic infrastructure development; however, its distinctive natural conditions—such as salinity intrusion, flooding, storms, and the scarcity of conventional construction materials—pose significant challenges to the use and management of construction materials. This study aims to identify and analyze the major risk groups in construction activities in the region, including: (i) shortages in material supply; (ii) inappropriate material selection; (iii) impacts of salinity intrusion; (iv) limitations in the use of embankment soils; and (v) effects of natural disasters. The research approach combines a literature review, analysis of material degradation mechanisms under environmental impacts, and synthesis of practical experiences. The results show that these risks are systemic, simultaneously affecting construction quality, service life, and life-cycle costs. Accordingly, the study proposes managerial and technical solutions, as well as orientations for sustainable construction material development, thereby enhancing the resilience of infrastructure in the Southwest region of Vietnam under climate change.

1. Phần mở đầu

Trong bối cảnh phát triển hạ tầng và đô thị hóa nhanh chóng, khu vực Tây Nam Bộ đang nổi lên như một trong những vùng có nhu cầu sử dụng vật liệu xây dựng (VLXD) lớn nhất cả nước. Đây là địa bàn tập trung nhiều dự án trọng điểm quốc gia như tuyến cao tốc Bắc – Nam phía Tây, đường vành đai khu vực 3 khu vực TP. Hồ Chí Minh, Long An cầu Cần Thơ 2, sân bay Cần Thơ mở rộng, các cảng biển, khu công nghiệp, cũng như hệ thống kè chống sạt lở ven biển và ven sông. Tất cả những công trình này đòi hỏi một khối lượng VLXD khổng lồ, đồng thời đặt ra yêu cầu rất cao về chất lượng, tính bền vững và khả năng thích ứng với điều kiện môi trường khắc nghiệt.



Hình 1. Bản đồ Tây Nam Bộ với các tuyến hạ tầng giao thông trọng điểm [1].

*Liên hệ tác giả: anpktq7@gmail.com

Nhận ngày 04/09/2025, sửa xong ngày 26/09/2025, chấp nhận đăng ngày 29/09/2025

Link DOI: <https://doi.org/10.54772/jomc.06.2025.1098>

Tuy nhiên, đặc thù tự nhiên – xã hội của Tây Nam Bộ lại mang đến hàng loạt thách thức trong việc khai thác, quản lý và sử dụng VLXD. Nguồn cung vật liệu truyền thống như cát sông và đá xây dựng đang ngày càng trở nên khan hiếm. Việc khai thác cát sông quá mức đã không chỉ gây ra suy giảm tài nguyên mà còn làm gia tăng tình trạng sạt lở bờ sông, ảnh hưởng nghiêm trọng đến hệ sinh thái và đời sống dân cư. Nghiên cứu gần đây chỉ ra rằng xâm nhập mặn, biến đổi khí hậu và sạt lở bờ sông, bờ biển là những rủi ro chủ yếu tác động đến độ bền vật liệu và tuổi thọ công trình ở Tây Nam Bộ [2, 3, 4].



Hình 2. Nguy cơ xâm nhập mặn và sạt lở ảnh hưởng trực tiếp đến cơ sở hạ tầng giao thông tại Tây Nam Bộ [5].

Một loạt yếu tố môi trường đặc thù của vùng cũng đang trực tiếp tác động đến chất lượng công trình xây dựng. Xâm nhập mặn ngày càng gay gắt do biến đổi khí hậu và sự thay đổi chế độ dòng chảy sông Mekong làm cho nhiều công trình phải đối mặt với tình trạng sạt lở, ăn mòn vật liệu. Các nguồn cung vật liệu truyền thống như cát sông, đá xây dựng ngày càng khan hiếm, dẫn đến tình trạng khai thác trái phép và gia tăng sử dụng vật liệu thay thế chưa qua kiểm soát chất lượng [6]. Các công trình sử dụng bê tông cốt thép ở vùng ven biển và ven sông thường xuyên đối mặt với nguy cơ ăn mòn cốt thép do ion clorua và sunfat, làm suy giảm khả năng chịu lực, tăng chi phí bảo trì và rút ngắn tuổi thọ thiết kế [7, 8]. Ngoài ra, hiện tượng sạt lở bờ sông và bờ biển diễn ra với tần suất cao trong những năm gần đây càng làm gia tăng rủi ro đối với công trình hạ tầng. Nhiều công trình kè, cầu, đường và nhà ở bị ảnh hưởng trực tiếp, vừa làm tăng chi phí duy tu bảo trì, vừa làm rút ngắn tuổi thọ thiết kế của công trình.

Không chỉ dừng lại ở yếu tố xâm nhập mặn, các dạng thiên tai đặc trưng của vùng như bão, lũ và triều cường cũng gây ra những tác động dây chuyền. Công trình đang thi công có nguy cơ bị hư hại, làm gián đoạn tiến độ, trong khi kho bãi chứa VLXD thường xuyên bị ngập úng, dẫn đến suy giảm chất lượng vật liệu. Trong toàn bộ vòng đời công trình, những rủi ro này kết hợp lại tạo thành sức ép lớn lên quá trình xây dựng và duy tu. Hệ quả là chi phí gia tăng đáng kể, đồng thời đặt ra câu hỏi lớn về tính bền vững trong chiến lược phát triển hạ tầng vùng Tây Nam Bộ.

Các nghiên cứu quốc tế đã tập trung nhiều vào việc phân tích cơ chế xâm nhập ion clorua, phản ứng sunfat và các biện pháp chống ăn mòn trong môi trường biển [9, 10]. Tuy nhiên, tại Việt Nam nói chung và vùng Tây Nam Bộ nói riêng, những nghiên cứu mang tính tổng hợp, liên ngành để đánh giá đầy đủ các rủi ro trong quản lý và sử dụng VLXD vẫn còn hạn chế. Các giải pháp hiện hành phần lớn mới chỉ mang tính tình huống, nhằm khắc phục sự cố tức thời hơn là hướng đến một hệ thống quản lý bền vững, dài hạn. Khoảng trống này đang cản trở việc xây dựng cơ sở khoa học và thực tiễn cho một chiến lược quản lý VLXD hiệu quả, có khả năng thích ứng với bối cảnh biến đổi khí hậu ngày càng phức tạp.

Từ những thách thức và khoảng trống nói trên, việc nghiên cứu toàn diện về rủi ro trong sử dụng và quản lý VLXD ở Tây Nam Bộ là hết sức cần thiết. Cách tiếp cận không chỉ dừng ở việc nhận diện nguy cơ từ xâm nhập mặn hay thiên tai, mà còn cần phân tích sự tương tác đồng thời giữa các yếu tố này với tình trạng khan hiếm tài nguyên, sự gia tăng khai thác vật liệu trái phép và những bất cập trong công tác quản lý hiện nay. Mục tiêu của nghiên cứu này hướng tới:

- Phân tích toàn diện các rủi ro khi sử dụng và quản lý VLXD tại khu vực Tây Nam Bộ;
- Làm rõ cơ chế tác động của xâm nhập mặn và thiên tai đến tuổi thọ công trình;
- Đề xuất các giải pháp kỹ thuật và quản lý nhằm giảm thiểu rủi ro, nâng cao độ bền lâu và tính bền vững của công trình xây dựng trong điều kiện đặc thù của Tây Nam Bộ.

Hướng nghiên cứu này kỳ vọng sẽ tạo cơ sở khoa học và thực tiễn cho việc xây dựng chính sách quản lý vật liệu xây dựng bền vững tại Tây Nam Bộ. Đồng thời, nó cũng mở ra cơ hội ứng dụng rộng rãi các loại vật liệu mới thân thiện với môi trường, qua đó góp phần phát triển hạ tầng gắn với mục tiêu tăng trưởng xanh của khu vực.

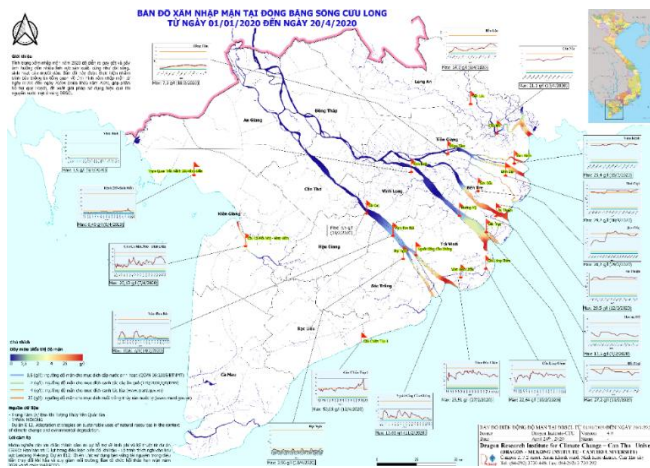
2. Thực trạng hoạt động quản lý xây dựng tại khu vực Tây Nam Bộ

Quản lý và sử dụng vật liệu xây dựng trong điều kiện đặc thù của vùng Tây Nam Bộ không chỉ đặt ra những thách thức về mặt kỹ thuật mà còn mang tính chiến lược đối với sự bền vững của hệ thống hạ tầng. Cơ sở lý thuyết về rủi ro vật liệu xây dựng gắn liền với ba nhóm vấn đề: (i) - cơ chế suy giảm tính chất cơ học – hóa học của vật liệu; (ii) - tác động môi trường đặc thù vùng ven biển – sông ngòi; (iii) - kinh nghiệm thực tiễn và bài học từ nghiên cứu trong và ngoài nước. Việc tích hợp những khung lý thuyết này với thực tiễn địa phương sẽ tạo nền tảng khoa học cho việc nhận diện và kiểm soát rủi ro.

Các nghiên cứu về vật liệu xây dựng cho thấy, tuổi thọ công trình phụ thuộc trực tiếp vào khả năng chống chịu xâm thực của bê tông và sự bảo vệ cốt thép bên trong. Trong môi trường chứa ion chloride (Cl^-) và sulfate (SO_4^{2-}), cốt thép thường bị ăn mòn điện hóa, dẫn đến nứt vỡ lớp bê tông bảo vệ. Song song đó, vật liệu xây cũng có thể bị giảm cường độ và độ bền do quá trình thủy hóa không hoàn chỉnh hoặc do phản ứng kiềm – silic. Các lý thuyết hiện đại về vòng đời công trình

nhấn mạnh rằng kiểm soát rủi ro vật liệu ngay từ giai đoạn thiết kế và lựa chọn nguồn cung là giải pháp then chốt để đảm bảo bền vững.

Tây Nam Bộ có mạng lưới sông ngòi, kênh rạch dày đặc và chịu ảnh hưởng mạnh mẽ của biến đổi khí hậu, trong đó xâm nhập mặn là hiện tượng điển hình. Các báo cáo của Bộ Tài nguyên và Môi trường (2022) cho thấy vào mùa khô, ranh mặn 4 ‰ có thể xâm nhập sâu tới 40 - 70 km vào nội đồng, đe dọa trực tiếp đến nguồn nước phục vụ xây dựng. Điều này đồng nghĩa với việc các vật liệu như cát, đá, nước trộn bê tông đều có nguy cơ nhiễm muối, làm tăng tốc độ suy giảm vật liệu. Ngoài ra, khu vực thường xuyên đối mặt với bão, lũ, ngập úng khiến độ ẩm của môi trường luôn cao, thúc đẩy quá trình khuếch tán ion xâm thực.



Hình 3. Bản đồ xâm nhập mặn vùng Tây Nam Bộ [11].

Từ góc nhìn quản lý, thực tiễn còn cho thấy tình trạng thiếu hụt vật liệu xây dựng chất lượng cao tại chỗ, phải vận chuyển từ xa (ví dụ đá từ miền Đông Nam Bộ, xi măng từ miền Trung), dẫn đến chi phí cao và khó kiểm soát đồng bộ chất lượng. Điều này làm gia tăng rủi ro cả ở khâu cung ứng lẫn tuổi thọ sử dụng.

Nhiều nghiên cứu quốc tế đã chỉ ra rằng vùng ven biển và đồng bằng hạ lưu sông thường chịu tác động kép của xâm nhập mặn và mực nước ngầm dao động, gây khó khăn cho quản lý vật liệu xây dựng. Ở

Việt Nam, nhiều nghiên cứu đã tập trung vào phát triển các loại vật liệu có khả năng chống xâm thực, đặc biệt là bê tông bền sunfat, bê tông kháng clorua và bê tông xanh. Các giải pháp thường được áp dụng là sử dụng phụ gia khoáng như tro bay, xỉ lò cao và silica fume, nhằm cải thiện cấu trúc vi mô và nâng cao độ bền lâu dài của bê tông trong môi trường xâm thực.

Từ tổng quan lý thuyết và bằng chứng thực tiễn, có thể khẳng định rằng: quản lý vật liệu xây dựng ở Tây Nam Bộ không chỉ là vấn đề kỹ thuật mà còn là thách thức quản trị. Sự kết hợp của xâm nhập mặn, bão lũ, cùng hạn chế nguồn cung đã làm nổi bật nhu cầu cấp thiết phải có hệ thống tiêu chuẩn, quy chuẩn và giải pháp vật liệu đặc thù cho vùng này. Điều đó tạo tiền đề để nghiên cứu các nhóm rủi ro cụ thể trong phần tiếp theo.

3. Phân tích những rủi ro khi sử dụng và quản lý vật liệu xây dựng trong hoạt động xây dựng tại khu vực Tây Nam Bộ

3.1. Rủi ro do thiếu hụt vật liệu xây dựng

Tây Nam Bộ hiện nay đang triển khai nhiều dự án hạ tầng quy mô lớn, trong khi nguồn vật liệu địa phương có giới hạn về trữ lượng và năng lực chế biến. Thiếu hụt vật liệu không phải là sự kiện cục bộ mà là một trạng thái hệ thống, phát sinh từ tương tác giữa cung – cầu, chính sách quản lý tài nguyên và tác động môi trường [13]. Khi chuỗi cung ứng bị căng thẳng, hậu quả không chỉ là giá vật liệu tăng mà còn kéo theo ba tác động liên tiếp, đó là: buộc phải sử dụng vật liệu thay thế, điều chỉnh phương án thi công và gia tăng rủi ro kỹ thuật. Về lâu dài, những yếu tố này làm suy giảm tuổi thọ thiết kế của công trình.

Ở góc độ cơ chế, rủi ro thiếu hụt làm tăng xác suất sử dụng cát có hàm lượng muối cao, vật liệu tái chế không xử lý triệt để hoặc xi măng/bột khoáng có hàm ẩm vượt ngưỡng. Chỉ một vài sai lệch nhỏ trong thành phần vật liệu cũng đủ làm bê tông thấm ion Cl^- và SO_4^{2-} nhanh hơn, dẫn đến ăn mòn cốt thép và suy giảm độ bền. Về mặt kinh tế - kỹ thuật, thiếu hụt cũng dẫn đến tăng chi phí vòng đời: chi phí xây dựng tăng, nhưng quan trọng hơn là chi phí duy tu, gia cố và thay thế tăng theo cấp số nhân nếu công trình suy giảm sớm.

Bảng 1. Tổng hợp một số nghiên cứu tiêu biểu trong và ngoài nước về rủi ro vật liệu xây dựng vùng xâm nhập mặn.

Tác giả/Năm	Khu vực nghiên cứu	Nội dung chính	Đóng góp cho Tây Nam Bộ
Nguyễn Văn Tuấn (2021) [3]	Đồng bằng sông Cửu Long	Ảnh hưởng xâm nhập mặn đến tuổi thọ cầu đường	Bài học quản lý vật liệu tại địa phương
Li et al. (2019) [7]	Trung Quốc (ĐBSCL tương đồng)	Tuổi thọ bê tông cảng biển trong môi trường mặn	So sánh điều kiện tương đồng với Tây Nam Bộ
Mehta & Monteiro (2014) [8]	Quốc tế	Cơ chế ăn mòn cốt thép trong bê tông nhiễm Cl^-	Cung cấp cơ sở lý thuyết nền tảng
Tăng Văn Lâm et al. (2022) [12]	Việt Nam	Nghiên cứu ảnh hưởng của hàm lượng tro bay và xỉ lò cao hoạt tính đến tính chất của bê tông cường độ cao hạt mịn không sử dụng chất kết dính xi măng	Giải pháp ứng dụng vật liệu địa phương

Bảng 2. Các rủi ro kỹ thuật khi sử dụng nguồn nguyên vật liệu thay thế không đạt chuẩn.

Vật liệu thay thế/ không đạt chuẩn	Sai lệch thường gặp	Rủi ro kỹ thuật chính	Ảnh hưởng đến tuổi thọ công trình
Cát có hàm lượng muối cao	Cl ⁻ vượt ngưỡng	Ăn mòn cốt thép	Giảm nhanh tuổi thọ thiết kế
Vật liệu tái chế chưa xử lý	Tạp chất hữu cơ, kim loại	Nứt, giảm cường độ	Tăng chi phí duy tu, sửa chữa
Xi măng/bột khoáng ẩm	Khả năng kết dính giảm	Phản ứng sunfat, giảm độ bền	Công trình xuống cấp sớm

Để nhận diện và định lượng rủi ro này cần kết hợp phân tích chuỗi cung ứng, kiểm kê trữ lượng VLXD địa phương và mô phỏng kịch bản (ví dụ: kịch bản thiên tai gây gián đoạn vận tải). Ở cấp công trình, chỉ số cảnh báo sớm có thể là thời gian tồn kho tối thiểu, tần suất thay đổi nhà cung cấp và xác suất sử dụng vật liệu vượt giới hạn kỹ thuật quy định. Những chỉ số này cho phép liên kết trực tiếp đến rủi ro kỹ thuật: khi tần suất sử dụng vật liệu thay thế tăng quá ngưỡng thì nguy cơ giảm tuổi thọ công trình tăng rõ rệt.

Hệ quả quản lý: Thiếu hụt vật liệu làm tăng nguy cơ sử dụng nguồn thay thế kém chất lượng, nhất là trong môi trường mặn. Vì vậy, cần có chính sách dự trữ vật liệu, khuyến khích vật liệu thay thế đạt chuẩn và tăng cường năng lực thử nghiệm tại chỗ nhằm ngăn ngừa rủi ro kỹ thuật.

3.2. Rủi ro về chọn nguyên vật liệu xây dựng

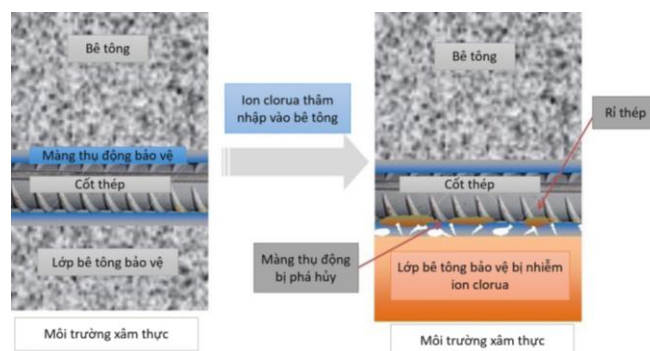
Nguyên vật liệu đóng vai trò nền tảng quyết định đến khả năng chống chịu của công trình. Việc lựa chọn không phù hợp, đặc biệt khi chỉ dựa vào tiêu chí kinh tế ngắn hạn, sẽ làm tăng tính dễ tổn thương trước khí hậu khắc nghiệt. Bê tông truyền thống dùng xi măng Portland thường có lỗ rỗng mao dẫn lớn, tạo điều kiện cho ion Cl⁻ thâm nhập nhanh. Trong khi đó, nếu sử dụng chất kết dính thay thế (tro bay, xi lò cao nghiền mịn, silica fume) có thể giảm hệ số thấm ion clo đến 30 – 60 %.

Ở các công trình nhiều tầng gần biển (ví dụ khu đô thị mới ở Trà Vinh), rủi ro càng lớn khi tải trọng công trình nặng kết hợp với điều kiện ăn mòn, dẫn đến nguy cơ nứt gãy cục bộ hoặc suy giảm khả năng chịu lực. Đặc biệt, việc sử dụng cốt liệu nhiễm mặn chưa qua xử lý, như cát biển hoặc sỏi biển, tiềm ẩn nhiều nguy cơ. Cát biển thường chứa muối hòa tan (Cl⁻, SO₄²⁻) và tạp chất hữu cơ, làm tăng tốc độ ăn mòn cốt thép. Sỏi biển có bề mặt tròn nhẵn, lẫn vỏ sò, vỏ ốc nên khả năng bám dính với hồ xi măng kém hơn đá dăm truyền thống. Điều này làm giảm cường độ bê tông và dễ phát sinh phản ứng kiềm-silic. Nếu không được rửa, sàng lọc và kiểm soát chất lượng nghiêm ngặt, việc dùng cát biển, sỏi biển sẽ rút ngắn tuổi thọ công trình, gia tăng chi phí bảo trì và đe dọa an toàn kết cấu.

Do đó, cần xây dựng quy chuẩn cụ thể cho việc sử dụng cát biển, sỏi biển, giới hạn phạm vi ứng dụng ở những hạng mục ít chịu lực hoặc bê tông không cốt thép, đồng thời yêu cầu quy trình xử lý, rửa muối và kiểm định chất lượng nghiêm ngặt trước khi đưa vào thi công.

3.3. Rủi ro do xâm nhập mặn

Xâm nhập mặn là rủi ro hàng đầu đối với VLXD ở vùng cửa sông và ven biển. Quá trình khuếch tán ion Cl⁻ và SO₄²⁻ vào bê tông cốt thép làm suy giảm nhanh chất lượng vật liệu. Tốc độ xâm nhập phụ thuộc vào nhiều yếu tố, bao gồm: độ đặc chắc của bê tông, tỷ lệ nước/xi măng, điều kiện môi trường (độ ẩm, chu kỳ ướt – khô, nhiệt độ) và nồng độ mặn của nguồn nước.



Hình 4. Sơ đồ cơ chế ăn mòn cốt thép do xâm nhập ion chloride [14].

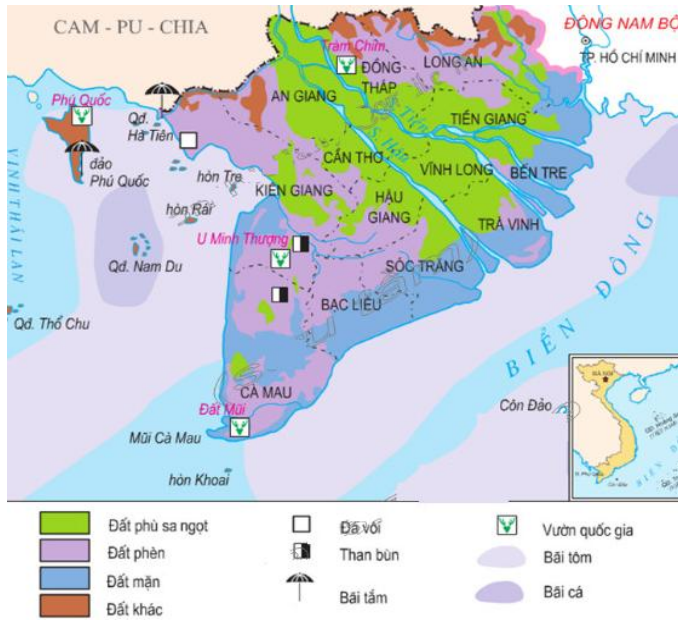
Đặc thù Tây Nam Bộ với mùa khô xâm nhập mặn sâu, mùa mưa biến động mực nước ngầm cùng chu kỳ ướt - khô liên tục càng làm gia tăng tốc độ xâm thực. Nếu không được kiểm soát, hiện tượng này sẽ rút ngắn tuổi thọ công trình và làm tăng chi phí duy tu và bảo dưỡng sản phẩm. Do đó, cần lựa chọn bê tông ít thấm, sử dụng phụ gia khoáng và áp dụng các giải pháp bề mặt chống thấm, chống ion clorua.

3.4. Rủi ro khi sử dụng đất đắp vùng Tây Nam Bộ

Tây Nam Bộ là khu vực có điều kiện địa chất và thủy văn đặc thù nên nền đất chủ yếu là bùn sét, đất phèn hoặc than bùn với độ ẩm cao, độ rỗng lớn và khả năng chịu tải thấp. Khi sử dụng trực tiếp loại đất này làm vật liệu đắp cho nền đường, đê bao hoặc nền móng công trình thì nguy cơ mất ổn định rất cao (Hình 5).

Trong quá trình khai thác và thi công, đất yếu thường bị lún cổ kết kéo dài, khiến cho mặt đường nhanh chóng bị nứt nẻ và trôi lún, còn hệ thống đê bao và bờ kè dễ mất ổn định khi chịu tác động của tải trọng và mưa lũ. Ngoài ra, đất có hàm lượng hữu cơ lớn nên rất khó nén chặt, dễ bị phân rã khi ngập nước kéo dài, trong khi đất phèn và đất mặn lại có tính xâm thực mạnh có thể gây ăn mòn các kết cấu kè,

cống hoặc những lớp gia cố bằng thép và bê tông. Thực tế cho thấy nhiều tuyến giao thông và công trình thủy lợi trong vùng chỉ sau một thời gian ngắn khai thác đã xuất hiện tình trạng xuống cấp nhanh, buộc phải gia cố và duy tu thường xuyên, làm tăng đáng kể chi phí vòng đời công trình.



Hình 5. Bản đồ phân bố các loại đất chủ yếu ở Tây Nam Bộ [15].

Để hạn chế những rủi ro này, việc khảo sát địa chất chi tiết trước khi thi công là bắt buộc, đồng thời cần áp dụng các biện pháp xử lý nền đất yếu như gia tải trước, bắc thấm, cọc cát, trộn đất với chất kết dính hoặc sử dụng vải địa kỹ thuật [17]. Bên cạnh đó, việc dùng đất tại chỗ chỉ nên áp dụng cho những hạng mục ít chịu tải hoặc mang tính tạm thời, còn đối với các công trình hạ tầng trọng điểm thì cần kết hợp thêm nguồn đất chất lượng cao từ những khu vực khác nhằm bảo đảm sự ổn định lâu dài của công trình.

3.5. Rủi ro do thiên tai bão, lũ và sạt lở

Thiên tai tác động lên VLXD theo hai cách: trực tiếp phá hủy vật liệu và công trình và gián tiếp gây rối loạn chuỗi cung ứng, làm thay đổi điều kiện bảo quản, chế độ thi công và tăng khả năng sử dụng vật liệu không đạt chuẩn. Ví dụ, ngập lụt kéo dài làm ẩm xi măng trong kho, gây hydrat hóa trước thời gian, làm giảm hoạt tính; thép để ngoài trời dễ rỉ, làm giảm tiết diện và chất lượng liên kết bê tông – thép; bãi cát bị xói trôi làm mất nguồn dự trữ.

Thiên tai còn làm thay đổi điều kiện môi trường vận hành công trình: bão và sóng biển gây xói lở nền, làm lộ cốt thép ở cấu kiện kê; lũ lớn thay đổi mực nước ngầm, làm thay đổi đường đi của ion và tăng chu kỳ ướt – khô, những yếu tố này làm gia tăng tốc độ suy thoái. Trong khi đó, giải pháp thi công rút ngắn tiến độ (để tránh mùa mưa hoặc

bão) có xu hướng làm giảm chất lượng công tác bảo dưỡng, làm bê tông đạt độ bền thực tế thấp hơn thiết kế.

Về quản trị rủi ro, thiên tai đòi hỏi một chiến lược nhiều tầng. Các biện pháp cần thiết gồm: bảo quản vật liệu theo tiêu chuẩn kháng lũ, lập kế hoạch tiến độ dựa trên bản đồ rủi ro thiên tai, và đa dạng hóa tuyến vận tải nhằm giảm nguy cơ gián đoạn.

4. Đề xuất các giải pháp giảm thiểu rủi ro khi sử dụng và quản lý vật liệu xây dựng trong hoạt động xây dựng tại khu vực Tây Nam Bộ

Trong bối cảnh Tây Nam Bộ đối diện với nhiều thách thức đặc thù về tài nguyên, môi trường và biến đổi khí hậu, việc kiểm soát rủi ro trong quản lý vật liệu xây dựng không chỉ dừng lại ở khâu cung ứng, mà cần một chiến lược tổng hợp, bao gồm: nâng cao tiêu chuẩn vật liệu, áp dụng công nghệ thiết kế và thi công thích ứng, cùng với việc xây dựng một hệ thống quản lý chuỗi cung ứng minh bạch và bền vững.

4.1. Hoàn thiện và nâng cao tiêu chuẩn vật liệu xây dựng

Một trong những giải pháp cốt lõi nhằm giảm thiểu rủi ro từ môi trường xâm nhập mặn là thiết lập các tiêu chuẩn vật liệu phù hợp với điều kiện đặc thù vùng Tây Nam Bộ. Hiện nay, nhiều tiêu chuẩn xây dựng ở Việt Nam vẫn dựa trên điều kiện khí hậu, địa chất trung bình, chưa hoàn toàn tính đến tác động dài hạn của xâm nhập mặn.

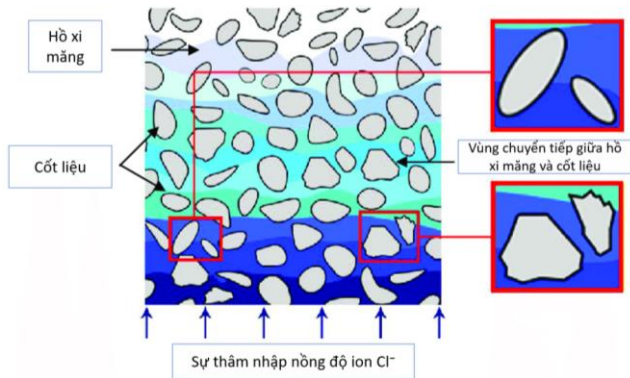
- Xi măng và chất kết dính: Nên ưu tiên sử dụng xi măng pozzolan, xi măng xi lò cao hoặc các loại chất kết dính không xi măng (geopolymer) để giảm phản ứng với ion Cl^- và SO_4^{2-} trong nước mặn.
- Bê tông: Nên ưu tiên sử dụng bê tông cường độ cao (trên 50 MPa) với tỷ lệ nước/xi măng (W/C) thấp (nhỏ hơn 0,35) để giảm độ rỗng. Việc bổ sung phụ gia khoáng như silica fume, tro bay hoặc nano-silica sẽ giúp tăng độ đặc chắc và nâng cao khả năng chống xâm thực.
- Thép cốt: Cần lựa chọn thép có lớp mạ chống ăn mòn (epoxy-coated rebar, thép không gỉ) hoặc áp dụng lớp phủ polymer để kéo dài tuổi thọ.

4.2. Chương trình giám sát và đánh giá định kỳ

Việc thiết lập hệ thống giám sát vật liệu trong suốt vòng đời công trình có ý nghĩa then chốt trong quản lý rủi ro. Không chỉ dừng ở kiểm định ban đầu, các công trình ở Tây Nam Bộ cần một chương trình quan trắc dài hạn:

- Giám sát độ mặn trong đất và nước ngầm: Định kỳ đo độ mặn tại các khu vực ven biển và ven sông để dự báo nguy cơ xâm nhập mặn.
- Quan trắc kết cấu bê tông và thép: Sử dụng thiết bị siêu âm, phương pháp đo điện thế ăn mòn để xác định mức độ ăn mòn cốt thép.
- Xây dựng cơ sở dữ liệu công trình: Tích hợp thông tin về tuổi thọ vật liệu, tình trạng nứt, ăn mòn... nhằm phục vụ bảo trì chủ động thay vì sửa chữa thụ động.

4.3. Giải pháp thiết kế và công nghệ thi công chống xâm nhập mặn



Hình 6. Cơ chế xâm nhập ion Cl^- vào bê tông và biện pháp chống thấm bằng phụ gia khoáng siêu mịn kích thước nano [18].

Thiết kế chống mặn cần được coi là yêu cầu tiên quyết trong xây dựng cơ sở hạ tầng tại Tây Nam Bộ. Một số giải pháp điển hình bao gồm:

- Tăng cường lớp bảo vệ bê tông: Đảm bảo chiều dày lớp bê tông bảo vệ trên 50 mm đối với công trình ven biển, kết hợp với phụ gia chống thấm.
- Sử dụng công nghệ phủ bề mặt: Áp dụng lớp phủ hydrophobic hoặc lớp sơn chống thấm ion clorua để ngăn cản sự xâm nhập của muối.
- Thiết kế thoát nước hiệu quả: Đối với các công trình cầu, đường, đê kè ven sông, cần chú trọng hệ thống thoát nước nhằm giảm thời gian tiếp xúc trực tiếp với nước mặn.

Bảng 3. Tỷ lệ suy giảm cường độ bê tông sau 10 năm tiếp xúc nước mặn [3, 7, 9].

Loại bê tông	W/C = 0,45 (thường)	W/C = 0,35 (cường độ cao)	Bê tông geopolimer
Giảm cường độ (%)	25 ÷ 30 %	10 ÷ 12 %	5 ÷ 7 %

Bảng 4. So sánh rủi ro trong chuỗi cung ứng vật liệu xây dựng giữa mô hình truyền thống và mô hình SCM ứng dụng công nghệ số [19, 20].

Tiêu chí	Mô hình truyền thống	Mô hình SCM số hóa
Khả năng theo dõi	Hạn chế	Theo dõi thời gian thực
Quản lý chất lượng	Thụ động, kiểm tra cuối	Chủ động, kiểm soát từng khâu
Ứng phó biến động	Chậm trễ	Nhanh nhạy, có dự báo

5. Kết luận và kiến nghị

Kết quả nghiên cứu cho thấy rủi ro trong sử dụng và quản lý vật liệu xây dựng tại khu vực Tây Nam Bộ không chỉ bắt nguồn từ sự thiếu hụt nguồn cung, mà còn xuất phát từ đặc thù môi trường khắc nghiệt (xâm nhập mặn, bão lũ, sụt lún đất yếu). Những rủi ro này không tách rời, mà có mối liên hệ đa chiều, tác động đồng thời đến toàn bộ vòng đời công trình, từ thiết kế, thi công cho đến khai thác, bảo trì.

- Ứng dụng bê tông xanh: Bê tông không xi măng từ tro bay, xỉ lò cao kết hợp với phụ gia kiềm hoạt hóa (NaOH , Na_2SiO_3) cho thấy khả năng kháng mặn và chống xâm thực tốt hơn bê tông truyền thống.

4.4. Mô hình quản lý chuỗi cung ứng vật liệu xây dựng

Một điểm yếu hiện nay trong xây dựng ở Tây Nam Bộ là sự phụ thuộc lớn vào nguồn cung vật liệu từ bên ngoài (xi măng, thép, cát xây dựng). Điều này làm tăng rủi ro thiếu hụt khi có biến động thị trường hoặc thiên tai. Để giải quyết, cần xây dựng mô hình quản lý chuỗi cung ứng bền vững:

- Đa dạng hóa nguồn cung: Kết hợp nguồn vật liệu địa phương (tro bay, xỉ thép, cát biển đã xử lý) với nguồn vật liệu nhập khẩu.
- Ứng dụng công nghệ số: Hệ thống quản lý chuỗi cung ứng (SCM) kết hợp IoT và Blockchain có thể theo dõi dòng vật liệu, minh bạch về chất lượng và số lượng [19, 20].

- Kho dự trữ vật liệu chiến lược: Đặt tại các khu vực trung tâm (Cần Thơ, Long An, Kiên Giang) để sẵn sàng ứng phó khi xảy ra gián đoạn.

Tóm lại, việc giảm thiểu rủi ro trong sử dụng và quản lý vật liệu xây dựng ở Tây Nam Bộ không thể thực hiện đơn lẻ ở từng khâu, mà cần một cách tiếp cận tổng thể. Các giải pháp phải được triển khai đồng bộ, bao gồm: tiêu chuẩn hóa vật liệu, ứng dụng công nghệ thiết kế tiên tiến, giám sát trong suốt vòng đời công trình và số hóa quản lý chuỗi cung ứng. Chỉ với sự kết hợp giữa biện pháp kỹ thuật và biện pháp quản lý, mới có thể kéo dài tuổi thọ công trình và đảm bảo an toàn hạ tầng vùng Tây Nam Bộ trước những thách thức từ biến đổi khí hậu và xâm nhập mặn.

5.1. Kết luận

Những phân tích về rủi ro và thách thức trong quản lý, sử dụng vật liệu xây dựng tại Tây Nam Bộ cho thấy sự cần thiết phải tiếp cận vấn đề theo hướng tổng thể và bền vững; trên cơ sở đó, nghiên cứu này rút ra một số kết luận chính như sau:

- Xâm nhập mặn, thiên tai và thiếu hụt VLXD đang tạo thành vòng xoáy rủi ro, đe dọa trực tiếp đến chất lượng và tuổi thọ công trình ở Tây Nam Bộ.

- Các giải pháp kỹ thuật hiện có (bê tông xanh, thép phủ bảo vệ, lớp phủ chống thấm) tuy hiệu quả nhưng khó áp dụng rộng rãi do thiếu tiêu chuẩn và cơ chế khuyến khích.

- Quản lý rủi ro cần cách tiếp cận tổng thể, tích hợp cả kỹ thuật, chuỗi cung ứng các nguồn nguyên vật liệu, tài chính và chính sách quản lý.

- Bốn giải pháp được đề xuất: (i) tiêu chuẩn hóa nguồn VLXD và thiết kế phù hợp, (ii) hệ thống giám sát – cảnh báo sớm, (iii) chuỗi cung ứng các nguồn vật liệu xây dựng bền vững và (iv) chính sách hỗ trợ và quản lý rủi ro tài chính.

- Việc triển khai khung quản lý này sẽ góp phần nâng cao độ bền công trình, giảm chi phí vòng đời và hướng tới phát triển hạ tầng bền vững cho vùng Tây Nam Bộ.

5.2. Kiến nghị triển khai

Để hiện thực hóa khung quản lý tổng thể đối với vật liệu xây dựng ở Tây Nam Bộ, cần tập trung vào một số định hướng trọng tâm sau:

- Tăng cường nghiên cứu – đào tạo – chuyển giao công nghệ: Xây dựng phòng thí nghiệm cho vật liệu bền mặn, kết nối trường – viện – doanh nghiệp nhằm đưa kết quả nghiên cứu vào ứng dụng thực tế.

- Lồng ghép vào quy hoạch hạ tầng và hợp tác liên vùng: Đưa các giải pháp kỹ thuật - quản lý vào quy hoạch xây dựng, đồng thời học hỏi kinh nghiệm từ quốc tế (như Hà Lan, Nhật Bản) để nâng cao năng lực chống chịu.

Tài liệu tham khảo

- [1]. <https://tapchixaydung.vn/hon-10-da-ha-tang-trong-diem-tay-nam-bo-tro-thanh-mui-nhon-dau-tu-giai-doan-2022-2030-tren-ca-nuoc--20201224000012542.html>
- [2]. Bộ Xây dựng (2021). Chiến lược phát triển vật liệu xây dựng Việt Nam đến năm 2030, tầm nhìn 2050. Hà Nội.
- [3]. Nguyễn Văn Tuấn (2021). Ảnh hưởng của xâm nhập mặn đến công trình bê tông tại đồng bằng sông Cửu Long. Tạp chí Khoa học GTVT, 68(2), 45–52.
- [4]. IPCC (2022). Climate Change 2022: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Cambridge University Press.
- [5]. <https://baodantoc.vn/han-man-va-bai-toan-bao-dam-nuoc-sinh-hoat-o-dong-bang-song-cuu-long-1710340044365.htm>
- [6]. Lê Anh Tuấn (2019). Thực trạng và giải pháp quản lý cát xây dựng ở Đồng bằng sông Cửu Long. Tạp chí Xây dựng, 12, 30–36.
- [7]. Li, Y., & Wang, Y. (2019). Durability of concrete structures under chloride and sulfate attack in coastal areas. Construction and Building Materials, 211, 123–135.
- [8]. Mehta, P.K., & Monteiro, P.J.M. (2014). Concrete: Microstructure, Properties, and Materials. McGraw-Hill.
- [9]. Thomas, M. (2013). Chloride-induced corrosion of steel in concrete: Mechanisms and modelling. Cement and Concrete Research, 39(2), 112–122.
- [10]. Tang, L., & Nilsson, L.O. (2012). Chloride diffusivity in concrete and its measurement methods. Cement and Concrete Research, 22(3), 471–480.
- [11]. https://mekong.ctu.edu.vn/gioi-thieu-new/gioi-thieu-vien-new/8-tin-tuc/222-ban-do-bien-dong-do-man-tai-dbscl-den-ngay-1242020.html?utm_source=chatgpt.com

- [12]. Tăng Văn Lâm, Nguyễn Đình Trinh (2021). Nghiên cứu ảnh hưởng của hàm lượng tro bay và xi lò cao hoạt tính đến tính chất của bê tông cường độ cao hạt mịn không sử dụng chất kết dính xi măng. Tạp chí Xây dựng, 10, 183-190.
- [13]. Trần Thanh Tùng et al. (2021). Construction material supply chain risks in the Mekong Delta (Journal of Science and Technology in Civil Engineering).
- [14]. Sutrisno, W., Hartana, I. K., Suprobo, P., Wahyuni, E., & Iranata, D. (2017). Cracking process of reinforced concrete induced by non-uniform reinforcement corrosion. Jurnal Teknologi (Sciences & Engineering), 79, no. 3 (2017).
- [15]. Lê Huỳnh, Nguyễn Quý Thao (2024). Atlas Địa lý Việt Nam. Nhà xuất bản Giáo dục Việt Nam. 35 trang
- [16]. Bộ Giao thông Vận tải (2020). Hướng dẫn xử lý nền đất yếu trong xây dựng công trình giao thông. Nhà xuất bản Giao thông Vận tải, Hà Nội.
- [17]. Wu J., Li S., Yu H., Liu J. (2017). Experimental and numerical modeling of chloride diffusivity in hardened cement concrete considering the aggregate shapes and exposure-duration effects. Results in Physics, 7(2), 2481–2488. <https://doi.org/10.1016/j.rinp.2017.06.003>
- [18]. Hosseini, M.R., Martek, I., & Zavadskas, E.K. (2018). Critical Evaluation of Off-Site Construction Research: A Scientometric Analysis. Automation in Construction, 87, 235–247.
- [19]. KPMG (2016). Clarity in Construction Supply Chain Management. KPMG Report.