

Đánh giá độ nhạy nứt do nhiệt ở giai đoạn ban đầu của bê tông cốt liệu nhẹ được kết hợp với phụ gia trương nở

Evaluation of early thermal cracking sensitivity of lightweight aggregate concrete in combination with expansive additive

Dương Quang Hùng

Tóm tắt

Bài báo này giới thiệu một phương pháp có tính định lượng để đánh giá độ nhạy nứt do nhiệt ở tuổi ban đầu của bê tông có sử dụng cốt liệu nhẹ và phụ gia trương nở. Ảnh hưởng của sự kết hợp phụ gia trương nở và cốt liệu nhẹ trong sự giảm nhẹ hiện tượng nứt nhiệt trong bê tông đã được đánh giá. Ứng suất và nhiệt trong bê tông dưới điều kiện ngàm tuyệt đối, bảo dưỡng bịt kín và môi trường bán đoạn nhiệt được thí nghiệm bằng máy kiểm tra ứng suất nhiệt (TSTM). Kết quả thí nghiệm được phân tích và kết quả về độ nhạy nứt do nhiệt được đánh giá.

Từ khóa: Ứng suất ngàm, cấp độ ngàm, biến dạng nhiệt.

Abstract

This paper presents the quantitative evaluation of early thermal cracking sensitivity of expansive concrete and lightweight aggregate concrete.

Effectiveness of combination of expansive additive in lightweight aggregate concrete in term of thermal cracking mitigation was tested.

The temperature history and stress under restrained degree of 100% were measured by a Thermal Stress Testing Machine (TSTM). The test results, which were discussed and the thermal cracking sensitivity, were evaluated.

Key words: Restraint stress, restraint degree, thermal deformation

1. Đặt vấn đề

Hiện tượng nứt là một vấn đề phổ biến trong bê tông nói chung và kết cấu bê tông cốt thép nói riêng. Sự xuất hiện của vết nứt làm cho các tác nhân bất lợi xâm thực dễ dàng hơn vào trong lòng khối bê tông và như vậy sẽ làm tăng nhanh tiến trình phá hoại như là carbonat và ăn mòn cốt thép trong bê tông. Nhiều nghiên cứu trên thế giới đã chỉ ra rằng hiện tượng nứt do nhiệt ở giai đoạn ban đầu có thể xuất hiện trong kết cấu bê tông khối lớn do sự ngăn cản thoát nhiệt dẫn đến phát sinh ứng suất vượt quá giá trị cường độ chịu kéo của bê tông.

Phụ gia trương nở và cốt liệu nhẹ là những vật liệu đã được sử dụng phổ biến ở các nước phát triển để ngăn ngừa rủi ro về nứt trong bê tông. Phụ gia trương nở được sử dụng để bù lại co ngót có hại trong bê tông. Cốt liệu nhẹ được biết đến là có thể cung cấp bảo dưỡng trong cho sự thủy hóa nhiều hơn cho bê tông và làm giảm nguy cơ mất nước nhanh trong bê tông. Tuy vậy, một phương pháp đánh giá tin cậy của những vật liệu này có ảnh hưởng như thế nào trong tính nhạy nứt do nhiệt ở giai đoạn ban đầu của bê tông là còn thiếu trong các báo cáo nghiên cứu thí nghiệm.

Như vậy bài báo này giới thiệu một phương pháp có tính định lượng để đánh giá độ nhạy nứt do nhiệt ở tuổi ban đầu của bê tông có sử dụng cốt liệu nhẹ và phụ gia trương nở. Ảnh hưởng của sự kết hợp phụ gia trương nở và cốt liệu nhẹ trong việc giảm nhẹ hiện tượng nứt nhiệt trong bê tông đã được đánh giá. Ứng suất và nhiệt trong bê tông dưới điều kiện ngàm tuyệt đối, bảo dưỡng bịt kín và môi trường bán đoạn nhiệt được thí nghiệm bằng máy kiểm tra ứng suất nhiệt (TSTM). Kết quả thí nghiệm được phân tích và kết quả về độ nhạy nứt do nhiệt được đánh giá.

2. Phương pháp thí nghiệm

2.1. Thiết bị thí nghiệm

Một TSTM trong phòng thí nghiệm được sử dụng để kiểm tra ứng suất dọc trục của mẫu có kích thước 120x120x1200-mm (hình 1). Mẫu được đúc ngay trong khuôn của TSTM. Toàn bộ quá trình đo được điều khiển tự động bởi một chương trình máy tính [2]. Hai cảm biến nhiệt đo nhiệt độ bên trong mẫu. Biến dạng dọc trục của mẫu lần lượt được đo bởi hai hệ đo dịch chuyển. Trong 24 giờ đầu sau khi đổ, biến dạng của mẫu được đo thông qua hệ thứ nhất, đo dịch chuyển giữa hai con trượt (cross-head). Sau 24 giờ, biến dạng của mẫu sẽ được đo thông qua sự đo dịch chuyển giữa hai thanh thép được chôn vào hai điểm đầu của mẫu trong khi đổ (hình 1). Mục đích cho việc sử dụng hệ đo thứ hai là để loại trừ sai số do biến dạng bản thân của hai con trượt xảy ra bởi biến dạng của mẫu.

2.2. Điều kiện thí nghiệm

Điều kiện ngàm tuyệt đối cho mẫu đạt được bởi chương trình máy tính điều khiển TSTM. Mỗi khi biến dạng dọc trục của mẫu lớn hơn một giá trị giới hạn là $0.5 \times 10^{-6} \text{m}$ thì chương trình máy tính sẽ điều khiển tự động mô tơ trục của TSTM để lái con trượt có thể dịch chuyển và đưa mẫu về vị trí ban đầu. Ứng lực mà mô tơ lái con trượt sẽ được máy tính ghi lại thông qua một cảm biến tải trọng. Như vậy ứng suất sẽ được tính toán.

Để mô hình hoá một điều kiện nhiệt như điều kiện thực tại hiện trường của bê tông khối lớn, một điều kiện bán đoạn nhiệt sẽ được áp dụng. Mẫu được đặt trong một buồng có khả năng điều khiển nhiệt theo chương trình máy tính. Nhiệt độ của buồng nhiệt hay nhiệt độ xung quanh mẫu luôn được giữ thấp hơn 0.1°C so với nhiệt độ trung tâm của mẫu.

Để loại trừ co ngót của mẫu do nước bay hơi, mẫu được bảo dưỡng theo điều kiện bịt kín. Như vậy biến dạng của mẫu bao gồm sự tự co do thủy hoá giữa xi măng với nước và hiện tượng tự khô (Autogenous shrinkage) và biến dạng do nhiệt.

TS. Dương Quang Hùng

Bộ môn: Kết cấu Bê tông cốt thép - gạch đá,
Khoa Xây dựng

ĐT: 0912.472.670

Email: hung121903@yahoo.com

Ngày nhận bài: 28/5/2020

Ngày sửa bài: 09/6/2020

Ngày duyệt đăng: 18/11/2021

2.3. Vật liệu và quá trình thí nghiệm

Vật liệu:

Hai loại cốt liệu thô được sử dụng: Một loại là đá dăm 1x2 được sử dụng cho bê tông truyền thống và một loại là cốt liệu nhẹ có tên gọi Mesalite được sử dụng phổ biến ở Nhật Bản với độ ẩm theo độ ẩm tự nhiên.

Bảng 1. Tính chất cơ lý vật liệu

Material	Ký hiệu	Loại	Hãng sản xuất	Khối lượng riêng (g/cm ³)
Xi măng	C	Xi măng Portland	Sumitomo	3.15
Phụ gia trương nở	EA	CSA#20	Denka	2.98
Phụ gia giảm nước	Add	Pozzolite 78S	NMB	1.08
Cát	S	Cát sông	-	2.62
Đá	G	Đá dăm	-	2.70
Cốt liệu nhẹ	LA	Đá phiến sét mài nung	Mesaraido	1.64

Tỷ lệ trộn các loại bê tông được thể hiện ở bảng 1. Bốn loại bê tông được chế tạo có ký hiệu như sau: CT: ký hiệu của bê tông truyền thống được thí nghiệm để so sánh đánh giá; EAC ký hiệu của bê tông cốt liệu truyền thống có sử

dụng phụ gia trương nở; LAC ký hiệu của bê tông cốt liệu nhẹ; LEC ký hiệu của bê tông cốt liệu nhẹ có sử dụng phụ gia trương nở. Tất cả các loại bê tông có cùng tỷ lệ: nước/xi măng hoặc (xi măng + phụ gia trương nở khi bê tông sử dụng phụ gia trương nở) là 45%; lượng xi măng hoặc (xi măng + phụ gia trương nở khi bê tông sử dụng phụ gia trương nở) là 400kg/m³; lượng phụ gia giảm nước là 2kg/m³ để đảm bảo độ sụt là 10 đến 17 cm và hàm lượng khí trong bê tông là 2 đến 4%; và tỷ lệ thể tích của cát/cốt liệu là 48%.

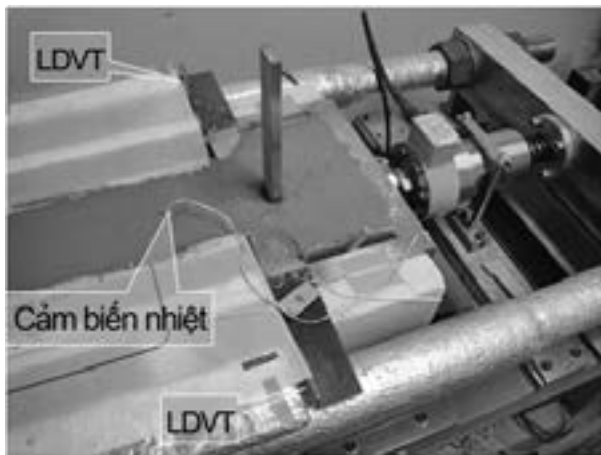
Bảng 2. Thành phần hóa của xi măng (%)

Loại xi măng	C ₃ S	C ₂ S	C ₃ A	C ₄ AF	Gypsum
Xi măng portland	47.2	27	10.4	9.4	3.9

Bảng 3. Tỷ lệ trộn bê tông

Mix no.	C	EA	S	G	LA	W	Add
	(kg/m ³)						
CT	400	0	844	942	0	180	2
EAC	360	40	843	941	0	180	2
LAC	400	0	844	0	572	180	2
LEC	360	40	843	0	572	180	2

C: Xi măng Portland truyền thống, EA: Phụ gia trương nở, S: Cát, G: Đá dăm 1x2 truyền thống, LA: Cốt liệu nhẹ, W: nước, Add: Phụ gia giảm nước

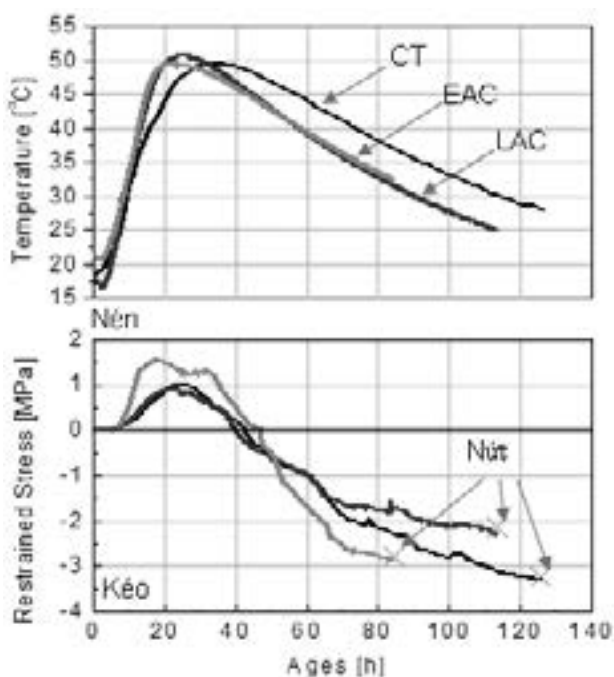


a) Thanh neo được chôn vào vị trí cross-head

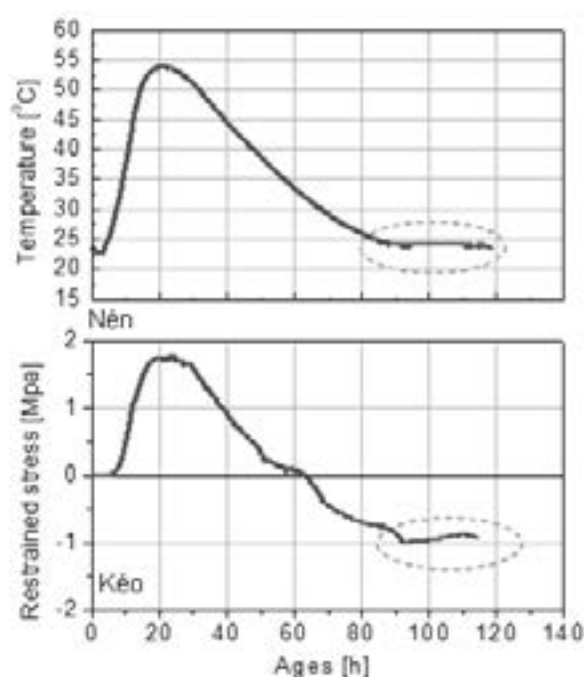


b) Hệ đo thứ 2 được lắp đặt sau 24 giờ

Hình 1. Máy kiểm tra ứng suất nhiệt (TSTM) system



Hình 2. Nhiệt độ và ứng suất của CT, EAC, LAC



Hình 3. Nhiệt độ và ứng suất của LEC

Bảng 4. Cường độ chịu nén và kéo của bê tông

Mix no.	Cường độ chịu nén theo ngày [MPa]					Cường độ chịu kéo (sau 1 tuần) [MPa]
	3	7	28	56	91	
CT	27.101	37.529	47.282	54.412	54.73	3.20
LAC	28.387	41.469	52.897	58.000	63.815	3.09
LEC	30.717	42.494	50.789	57.027	61.015	3.30

Trình tự thí nghiệm:

Trước khi trộn, tất cả các vật liệu được để trong phòng thí nghiệm ít nhất 1 ngày sao cho nhiệt độ và độ ẩm trong vật liệu cùng với nhiệt độ và độ ẩm trong phòng.

Sau khi trộn bê tông tươi được đúc trong khuôn của TSTM, hai thanh thép cho việc áp dụng của hệ đo dịch chuyển thứ hai được chôn vào hai đầu của mẫu cùng thời điểm. Hai giờ sau bề mặt của mẫu được phủ kín bởi khăn ẩm và 2 lớp ni lông mỏng để ngăn cho mẫu không bị mất nước do bay hơi và do nước bị thấm từ khăn. Sau 24 giờ ván khuôn thành và đáy được tách khỏi dầm mẫu bằng cách vận những con ốc vít thủ công, như vậy mẫu có thể được dịch chuyển dọc trục không ma sát trên ba con lăn của TSTM, tiếp theo hệ đo biến dạng thứ hai được lắp đặt và sự biến dạng dọc trục của mẫu từ đây sẽ được đo thay thế bởi hệ này. Quá trình kiểm tra sẽ kéo dài cho đến khi nhiệt độ trung tâm mẫu trở lại nhiệt độ phòng và được làm lạnh cho đến khi mẫu bị nứt hoặc cho đến khi mẫu bị nứt trước khi nhiệt độ của nó trở lại nhiệt độ phòng.

3. Kết quả thí nghiệm và phân tích

3.1. Ảnh hưởng của phụ gia trương nở và cốt liệu nhẹ

Kết quả thí nghiệm của giai đoạn nhiệt, và ứng suất trong mẫu của bê tông CT, EAC, và LAC được thể hiện trên hình 3. Trên hình vẽ thấy rằng tất cả bê tông đều bị nứt trước khi nhiệt độ trong mẫu trở về nhiệt độ trong phòng. Thông thường, nếu kết cấu bị ngàm tuyệt đối thì ứng suất nén phát sinh do trương nở do nhiệt tăng và ứng suất kéo phát sinh

do co do nhiệt độ giảm. Tuy nhiên, từ kết quả thí nghiệm, ứng suất nén của bê tông CT bắt đầu giảm tại thời điểm giờ thứ 26 và nó xảy ra trước khi nhiệt độ bắt đầu giảm tại giờ thứ 36. Kết quả này là bởi hiện tượng tự co ngót trong bê tông xảy ra trong ngày đầu tiên của bê tông truyền thống. Ứng suất nén tiếp tục giảm do hiện tượng tự co ngót trong khi co ngót do nhiệt lại xảy ra cùng lúc. Sau đó, sự phát triển nhanh của ứng suất kéo vượt quá cường độ chịu kéo của nó và xuất hiện vết nứt tại nhiệt độ 28°C tương ứng ứng suất 3.3 Mpa. Như vậy, dưới điều kiện khô khe thì bê tông truyền thống (CT) có rủi ro cao về nứt nhiệt.

Với bê tông có sử dụng phụ gia trương nở (EAC), được thể hiện kết quả thí nghiệm gần như tương tự với kết quả thí nghiệm của bê tông truyền thống (CT), nhiệt độ của mẫu này cao nhất tại giờ thứ 20, trong khi ứng suất nén bắt đầu giảm tại giờ thứ 17. Tuy nhiên, quá trình giảm của ứng suất nén bị tạm ngừng và tăng một chút tại giờ thứ 26, hiện tượng này so sánh với hiện tượng tự co ngót của bê tông CT là do tác dụng của phụ gia trương nở, bù đắp được sự tự co ngót trong khi thủy hóa xi măng. Hiệu quả của phụ gia trương nở chỉ tác dụng trong một thời gian ngắn và đường như dừng hẳn tại giờ thứ 34, sau đó hiện tượng co ngót do nhiệt chỉ phối toàn bộ và sự phát triển của ứng suất kéo đến mức nguy hiểm trong suốt quá trình giảm nhiệt độ. EAC bị nứt tại nhiệt độ và ứng suất kéo lần lượt là 32°C và 2.8 Mpa, sớm hơn nhiều so với bê tông truyền thống (CT). Như vậy, bê tông cốt liệu truyền thống có sử dụng phụ gia trương nở có rủi ro về nứt cao hơn so với bê tông truyền thống không sử dụng phụ gia trương nở.

Trong trường hợp của bê tông cốt liệu nhẹ (LAC), thí nghiệm chỉ ra rằng ứng suất nén và nhiệt độ mẫu bắt đầu giảm tại cùng một thời điểm, giờ thứ 22, hiện tượng này khác so với bê tông truyền thống (CT). Điều này là do ảnh hưởng của bảo dưỡng trong của cốt liệu nhẹ để giảm sự tự co ngót khi thủy hóa của xi măng. Nước trộn được hấp phụ vào trong cốt liệu nhẹ sẽ được tách ra để bù lại lượng nước mất đi do hiện tượng tự khô trong suốt quá trình thủy hóa, như vậy sự tự co ngót được hạn chế. Ứng suất nén tăng tối đa đến giá trị

khoảng 0.85 Mpa thấp hơn so với bê tông truyền thống (CT), 1.05 Mpa. Sau đó ứng suất giảm tương tự như CT cho đến giờ thứ 65. Quá trình tăng ứng suất kéo của LAC là thấp hơn nhiều so với CT. Một sự khác nhau đáng chú ý của hai loại bê tông này là độ cứng của cốt liệu, độ cứng của cốt liệu nhẹ nhỏ hơn nhiều so với độ cứng của cốt liệu truyền thống (đá dăm). Thực vậy, ứng suất kéo giảm của LAC là do độ cứng của bê tông này thấp hơn và có thể làm giảm quá trình giảm của ứng suất nén và giảm quá trình tăng của ứng suất kéo, trong khi hầu hết hiện tượng co ngót do nhiệt là tương tự bê tông CT. Tuy vậy, độ cứng thấp hơn của cốt liệu nhẹ làm cho bê tông LAC có cường độ chịu kéo nhỏ hơn so với bê tông cốt liệu đá dăm truyền thống CT. Do đó, LAC vẫn bị nứt tại ứng suất kéo 2.3 Mpa, thấp hơn so với bê tông truyền thống CT, 3.3 Mpa. Điều này chứng minh rằng ảnh hưởng của bảo dưỡng trong và độ cứng thấp của cốt liệu nhẹ là chưa đủ để bê tông LAC có thể vượt qua được sự xuất hiện vết nứt.

3.2. Ảnh hưởng của sự kết hợp phụ gia trương nở và cốt liệu nhẹ

Phụ gia trương nở hoặc cốt liệu nhẹ đều có những hiệu quả nhất định khi sử dụng cho bê tông. Nhưng dưới điều kiện khắc khe như thí nghiệm phụ gia trương nở không thể giúp cho bê tông cốt liệu truyền thống chống lại được hiện tượng nứt do nhiệt ở tuổi ban đầu, và bê tông cốt liệu nhẹ cũng không thể vượt qua được vấn đề này. Dựa trên những hiệu quả riêng biệt của những vật liệu này, phụ gia trương nở sử dụng trong bê tông cốt liệu nhẹ được thí nghiệm. Kết quả thí nghiệm được đưa ra như hình 4. So sánh với LAC, độ tăng ban đầu ứng suất nén của LEC là cao hơn 0.8Mpa. Hiện tượng này là do sự có mặt của phụ gia trương nở. Sau khi ứng suất nén bắt đầu giảm, tỷ lệ giảm là chậm hơn nhiều so với EAC trong khi nhiệt độ đang trong quá trình giảm. Điều này có nghĩa rằng hiệu quả của chất trương nở nhân

tạo này vẫn phát huy được tác dụng, và một phần của co ngót do nhiệt là được bù đắp. Sau khi nhiệt độ của mẫu trở về tới nhiệt độ phòng thí nghiệm, ứng suất chịu kéo khoảng 1Mpa, và duy trì ổn định như được thể hiện khoanh tròn trên hình. Như vậy LEC đã có thể chống lại nứt nhiệt. Điều này có thể giải thích như sau: đầu tiên độ ẩm bên trong xung quanh cốt liệu nhẹ bị giảm dần khi bê tông đông cứng, nước trộn bị hấp phụ trong lỗ rỗng của cốt liệu nhẹ lúc này tiếp tục cung cấp ra ngoài cho tác nhân trương nở tiếp tục phát huy tác dụng. Như vậy phụ gia trương nở vẫn tiếp tục phát huy đến tối đa trong bê tông cốt liệu nhẹ. Hơn nữa, theo quan điểm về cấu trúc vi mô trong bê tông, một nghiên cứu chỉ ra rằng, các hạt cốt liệu với độ cứng thấp hơn có thể dễ dàng biến dạng hơn trong khi hạt xi măng thủy hóa kết hợp với phụ gia trương nở để trương nở, và sự trương nở này có thể được dự trữ một phần, sau đó xi măng bắt đầu co ngót, những hạt cốt liệu bị nén trước được giải phóng để bù lại tối đa co ngót mà tác nhân trương nở chưa đủ để bù vào. Như vậy độ cứng thấp của cốt liệu nhẹ là rất hữu hiệu cho sự sử dụng của phụ gia trương nở.

4. Kết luận

Dưới điều kiện ngâm tuyệt đối, bảo dưỡng bịt kín, điều kiện bán đoạn nhiệt:

1. Bê tông thông thường có rủi ro cao về nứt do nhiệt.
2. Bê tông thông thường có sử dụng phụ gia trương nở dễ bị tổn hại bởi nứt nhiệt.
3. Bê tông cốt liệu nhẹ không thể vượt qua được nứt nhiệt.
4. Sự sử dụng của phụ gia trương nở trong bê tông cốt liệu nhẹ đưa ra một bê tông có tính năng xuất sắc để ngăn ngừa hiện tượng nứt do nhiệt./.

Tài liệu tham khảo

1. R. Springenschmid: *Thermal Cracking in Concrete at Early Ages*, E&FN SPON, 1995
2. Z.Lin: *Quantitative Evaluation of the Effectiveness of Expansive Concrete as a Countermeasure for Thermal Cracking and the Development of its Practical Application*, PhD. Dissertation, The University of Tokyo, Sep. 2006.
3. K.Maekawa, R.Chaube and T.Kishi: *Modelling of Concrete Performance*, E&FN SPON, 1999.

4. Y.W. Chan, C.Y. Liu and Y.S. Lu: *Effect of slag and fly ash on the autogenous shrinkage of high performance concrete*. In: E. Tazawa, Editor, *Proceedings of the International Workshop on Autogenous Shrinkage of Concrete*, JCI, Hiroshima, Japan (1998), pp. 221–228.
5. K.M. Lee a, H.K. Lee b, S.H. Lee b, G.Y. Kim: *Autogeneous shrinkage of concrete containing granulated blast-furnace slag*, *Cement and Concrete Research*, Vol. 36, pp 1279–1285, Jan. 2006.

Các chỉ tiêu kỹ thuật đánh giá tình trạng công trình...

(tiếp theo trang 50)

kinh tế ở các giai đoạn phát triển khác nhau. Sự tăng trưởng của nền kinh tế làm gia tăng các nguồn vốn đầu tư cơ sở hạ tầng có tỷ trọng vốn xây dựng lớn hơn. Việc qui hoạch, thiết kế các khu dân cư kèm với các hạng mục và các công trình phụ trợ nhất thiết phải đề cập tới các nhu cầu tiện nghi sinh hoạt, tiện ích sử dụng công trình luôn yêu cầu ngày càng cao và thay đổi liên tục. Điều này dẫn đến sự nhất thiết phải xây dựng các quỹ nhằm mục đích bảo trì, tái thiết để luôn đảm bảo chất lượng sử dụng lâu dài với công trình trong điều kiện sinh hoạt của đô thị hiện đại. Ngoài ra, cần gia thêm vốn sửa chữa hoặc tái đầu tư sửa chữa các công trình cũ hơn để cân bằng điều kiện sống ở mức tương đương giữa các khu dân cư trong một đô thị mở rộng./.

Tài liệu tham khảo

1. *Công nghệ và tổ chức xây dựng lại tòa nhà – V.f. Alexandrov; Yu.i Pastukov; T.a.Rasina - Xanh pê tét búa 2011.*
2. *Tiêu chuẩn Quốc gia TCVN 9343:2012 về Kết cấu bê tông và bê tông cốt thép - Hướng dẫn công tác bảo trì.*
3. *QCVN 03:2012/BXD Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về nguyên tắc phân loại, phân cấp công trình dân dụng, công nghiệp và hạ tầng kỹ thuật.*
4. *Thông tư số 10/2013/TT-BXD – Quy định chi tiết một số nội dung về quản lý chất lượng công trình xây dựng.*