

KHOA KIẾN
TRÚC- XÂY DỰNG

**NGHIÊN CỨU KHOA HỌC KIẾN TRÚC
XÂY DỰNG**

**HIỆN TƯỢNG CO NGẮN CỘT TRONG THIẾT KẾ NHÀ CAO
TẦNG VÀ SIÊU CAO TẦNG BÊ TÔNG CỐT THÉP**

HIỆN TƯỢNG CO NGẮN CỘT TRONG THIẾT KẾ NHÀ CAO TẦNG VÀ SIÊU CAO TẦNG BÊ TÔNG CỐT THÉP

TS. CAO DUY KHÔI, ThS. NGÔ HOÀNG QUÂN
Viện KHCN Xây dựng

Tóm tắt: Trong thiết kế nhà cao tầng và siêu cao tầng, bên cạnh những tính toán dầm, cột, sàn thông thường, cần lưu ý đến một số đặc thù riêng, chẳng hạn như vấn đề co ngắn cột và độ vênh co ngắn. Nó có thể gây ảnh hưởng lớn đến một số cấu kiện chịu lực nằm ngang như hệ dầm-sàn, và làm nứt vỡ các cấu kiện không chịu lực như tường kính, vách ngăn. Vấn đề này đã được nghiên cứu và thực nghiệm trên thế giới từ những năm 70 của thế kỷ trước. Mặc dù vậy, ở Việt Nam, khái niệm co ngắn cột còn tương đối mới và ít nhận được sự quan tâm cần thiết.

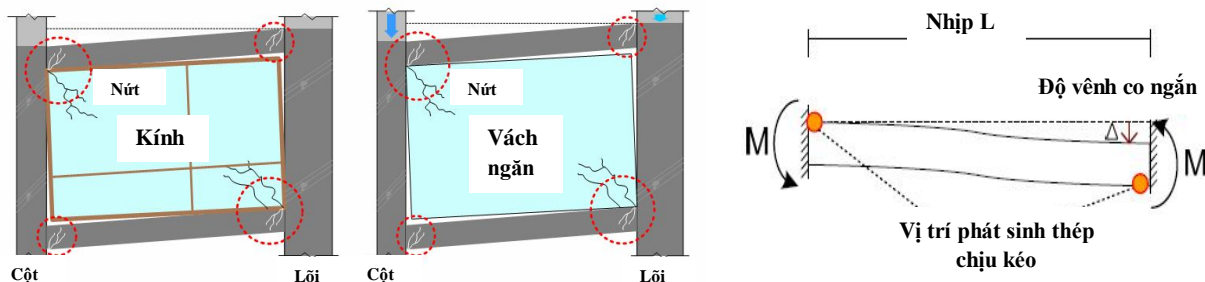
Thông qua một số công trình thực tế tiêu biểu, bài báo này tổng kết một số vấn đề liên quan đến hiệu ứng co ngắn cột, qua đó người thiết kế có thể lưu tâm hơn đến một trong những vấn đề mới và quan trọng đối với nhà cao tầng ở Việt Nam.

1. Đặt vấn đề

Co ngắn cột (column shortening) là hiện tượng cấu kiện bê tông cốt thép chịu lực theo phương thẳng đứng (cột, lõi) bị biến dạng co ngắn dưới tác dụng của tải trọng, co ngót và từ biến của bê tông. Ở đây sử dụng thuật ngữ “co ngắn cột” đồng nhất với thuật ngữ quốc tế “column shortening”, với ý nghĩa bao hàm tất cả các cấu kiện chịu lực theo phương thẳng đứng. Giá trị co ngắn cột phụ thuộc vào thời gian.

Độ vênh sàn, dầm do co ngắn cột (differential column shortening) là hiện tượng các cột và lõi nằm liền kề có các biến dạng co ngắn khác nhau dưới tác dụng của các tải trọng và các yếu tố khác (từ biến, co ngót) dẫn tới dầm, sàn bị vênh khỏi vị trí thiết kế, gây nứt vỡ các bộ phận phi kết cấu và phát sinh những nội lực phụ thêm do chuyển vị gối đỡ. Dưới đây, khái niệm “differential column shortening” sẽ được tạm dịch là “độ vênh co ngắn”.

Trong hai yếu tố trên, độ vênh co ngắn cần được quan tâm hơn do hậu quả của nó (hình 1). Độ vênh co ngắn dẫn tới chuyển vị gối đỡ cưỡng bức, sinh ra các nội lực thứ cấp. Giá trị của nội lực thứ cấp tỉ lệ nghịch với nhịp, nghĩa là với cùng một chuyển vị, nhịp càng nhỏ thì nội lực phát sinh càng lớn.



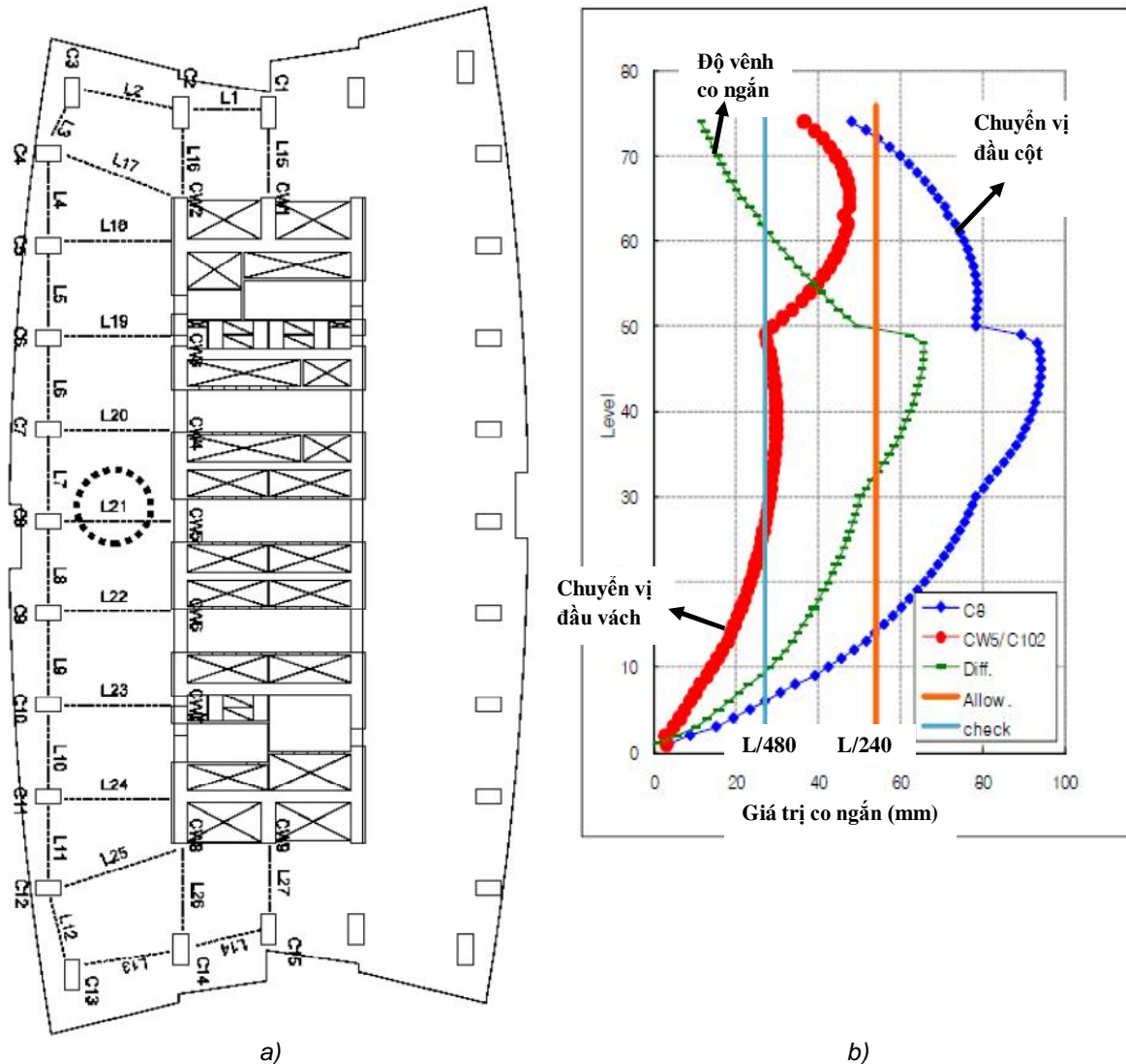
Hình 1. Độ vênh co ngắn ảnh hưởng đến khả năng chịu lực của dầm sàn và gây nứt vỡ tường kính, vách ngăn, nứt dầm, sàn [7]

Hiện nay ở Việt Nam chưa thấy công bố một nghiên cứu nào về co ngắn cột và ảnh hưởng của nó đối với công trình. Vì vậy, mục tiêu của bài báo này là nêu lên vấn đề đó qua một số công trình thực tế để người thiết kế có thể nhận thấy tầm quan trọng của nó và lưu tâm hơn.

2. Ảnh hưởng của co ngắn cột đối với công trình

Chúng ta sẽ xem xét ảnh hưởng của co ngắn cột qua một ví dụ cụ thể là công trình Keangnam Hà Nội.

Tổ hợp Keangnam nằm trên đường Phạm Hùng, Hà Nội, bao gồm hai tòa tháp Residential cao 48 tầng (nếu tính cả tầng kỹ thuật và tầng cứng là 56 tầng) tương đương 212m, và một tòa tháp Hotel cao 70 tầng (thực tế là 76 tầng).

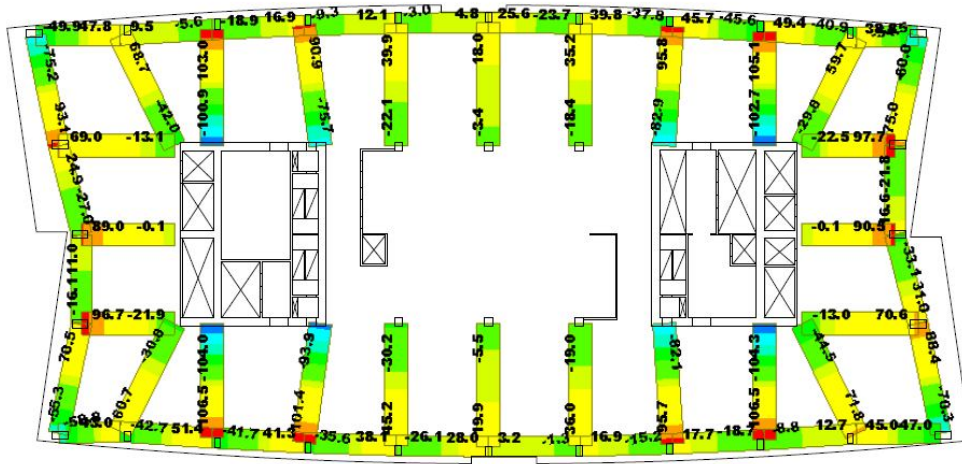


Hình 2. Hotel tower – a) Mặt bằng tầng điển hình; b) Giá trị co ngắn của cột C8 và vách CW5 [7]

Hệ kết cấu của hai tòa tháp Residential và tháp Hotel là dạng khung-ống, bao gồm một lõi cứng ở giữa, hệ cột bao xung quanh.

Hình 2 thể hiện mặt bằng tầng điển hình và giá trị co ngắn cột C8 và vách CW5. Có hai mốc giới hạn cho phép về độ võng và chuyển vị là L/240 (allowable level) và L/480 (control level), trong đó L/480 là giới hạn để hạn chế nứt, vỡ các cấu kiện không chịu lực theo [1] và [6] (L là nhịp của dầm, sàn).

Theo báo cáo Re-Analysis phiên bản 1 [7] với các số liệu thực nghiệm khoảng 1 năm sau khi bắt đầu đo đạc, ta thấy độ vênh co ngắn của sàn tại vị trí L21 vượt quá giá trị L/480 ngay từ tầng 10, và vượt quá cả giá trị L/240 từ tầng 32. Giá trị mô men phát sinh do độ vênh co ngắn cũng cần kể đến và bổ sung thép (hình 3). Cần lưu ý rằng mô men phát sinh ở dải sàn phía đầu cột lại là mô men dương, ngược với tư duy thiết kế thông thường (tại hai đầu ngàm là mô men âm).



Hình 3. Hotel tower – Giá trị mô men phát sinh tại các dải sàn tầng 70 do độ vênh co ngấn gây ra, kNm/m [7]

Như vậy, co ngấn cột có ảnh hưởng khá rõ rệt đến khả năng chịu lực và khả năng sử dụng của công trình, và cần có biện pháp xử lý.

3. Phương pháp tính toán kể đến ảnh hưởng của co ngấn cột đối với công trình

Biến dạng co ngấn cột là hiện tượng phụ thuộc vào thời gian. Nó tăng dần trong một thời gian dài và đạt đến giá trị lớn nhất sau khoảng 05 năm kể từ khi xây dựng và có thể gây ảnh hưởng lớn đến công trình. Vấn đề này đã được nghiên cứu và thực nghiệm trên thế giới từ những năm 70 của thế kỷ trước. Theo [5, 6], những nguyên nhân chính gây ra hiện tượng co ngấn cột bao gồm:

Biến dạng đàn hồi do cột chịu tải trọng nén: phụ thuộc vào:

- Cường độ bê tông;
- Thời gian chất tải;
- Độ lớn của tải trọng.

Co ngót bê tông:

- Độ ẩm môi trường xung quanh;
- Kích thước cấu kiện;
- Thành phần bê tông và % cốt thép.

Biến dạng do bê tông co ngót không phụ thuộc vào tải trọng.

Từ biến:

- Độ ẩm môi trường xung quanh;
- Kích thước cấu kiện;
- Thành phần bê tông và % cốt thép;
- Cường độ bê tông;
- Độ lớn của tải trọng;
- Thời gian chất tải.

Giá trị biến dạng co ngấn cột cần được tính đến từ khi thiết kế công trình nhằm hai mục đích chính:

- Thiết kế các cấu kiện chịu lực có kể đến ảnh hưởng của co ngấn cột;
- Tính toán giá trị bù lại sự co ngấn nhằm đảm bảo dầm, sàn được đưa về vị trí nằm ngang.

Có thể áp dụng giới hạn cho phép về độ võng và chuyển vị của cấu kiện được quy định trong các tiêu chuẩn, ví dụ công trình tháp Keangnam áp dụng các giới hạn quy định trong ACI 318-08 [1] để khống chế biến dạng co ngấn cột như sau:

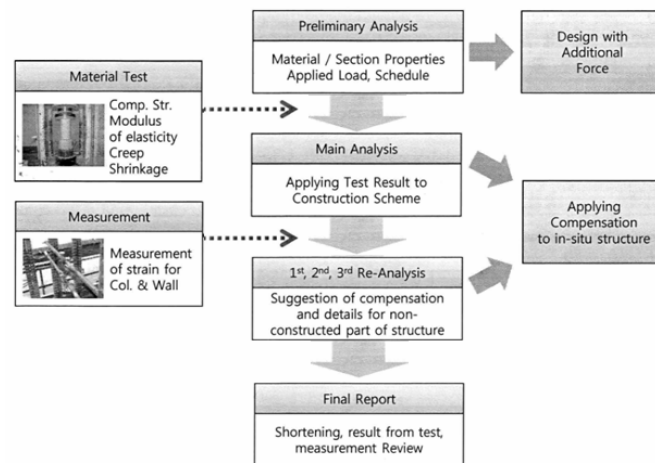
- Giới hạn cho phép (allowable level): L/240;
- Giới hạn kiểm soát (control level): L/480.

Khó khăn của việc dự đoán giá trị biến dạng co ngắn cột chủ yếu nằm ở việc tính toán giá trị biến dạng do từ biến và bê tông co ngót sao cho sát với thực tế.

Các tiêu chuẩn EC-2 [4], BS 8110 [3], ACI 318 [1] đều có mục tính toán cho từ biến và co ngót. Đặc biệt tiêu chuẩn ACI 209R-92 [2] trình bày sâu về vấn đề này.

Một số nghiên cứu cho thấy, việc tính toán giá trị co ngắn cột có thể cho độ chính xác khá cao so với thực tế. Tiêu biểu là nghiên cứu của M. Fintel, S.K. Ghosh và H. Iyengar [5], trong đó nêu rõ cách tính toán ảnh hưởng co ngắn cột, kết hợp so sánh với các số liệu thực nghiệm. Ở Việt Nam, ảnh hưởng của co ngắn cột đã được nghiên cứu và xử lý thực tế cho các công trình tháp Keangnam (Công ty MIDAS, Hàn Quốc), Habico Tower (Công ty MIRAE, Hàn Quốc) dựa theo [5].

Quy trình tính toán hiệu ứng co ngắn cột áp dụng cho Keangnam được trình bày trên hình 4 như sau:



Hình 4. Keangnam - Quy trình thiết kế có kể đến hiệu ứng co ngắn cột [6]

Có thể nhận thấy, quy trình trên là sự kết hợp chặt chẽ giữa các thí nghiệm và đo đạc hiện trường được tiến hành liên tục trong suốt thời gian xây dựng công trình và các tính toán lý thuyết có cập nhật kết quả thí nghiệm và đo đạc.

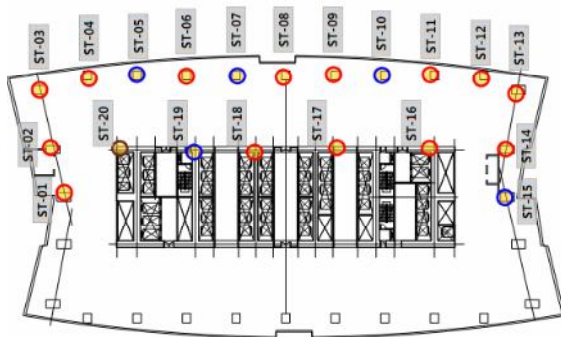
Ở giai đoạn thiết kế sơ bộ (Preliminary Analysis), khi chưa có số liệu thí nghiệm, để đảm bảo khả năng chịu lực của các cấu kiện nằm ngang dưới tác động chuyển vị cưỡng bức của gối đỡ, bên cạnh các tính toán bằng chương trình máy tính thông thường, người ta còn giả thiết một giá trị cụ thể của biến dạng từ biến và co ngót của bê tông nhằm tính được giá trị nội lực thứ cấp phát sinh, từ đó bổ sung thêm cốt thép nếu cần. Đối với Keangnam, giá trị co ngót bằng $800 \cdot 10^{-6}$ mm/mm và giá trị từ biến được lấy bằng $5/f'c$ ($f'c$ là cường độ chịu nén của mẫu trụ chuẩn 150x300mm), tương đương với giá trị lớn nhất theo nghiên cứu [5], theo đó giá trị co ngót có thể lấy trong khoảng 500-800 μ mm/mm, giá trị từ biến từ $3/f'c$ đến $5/f'c$.

Tải trọng tính toán giá trị co ngắn cột là tổ hợp của 100% tĩnh tải (DL) và 50% hoạt tải (LL) của công trình. Tổ hợp tải trọng để tính toán co ngắn cột lấy theo ACI 318-08 [1] là: $U=1,2(DL+T) +1,6LL$.

Trong đó T – tải trọng thứ cấp do từ biến và co ngót gây ra.

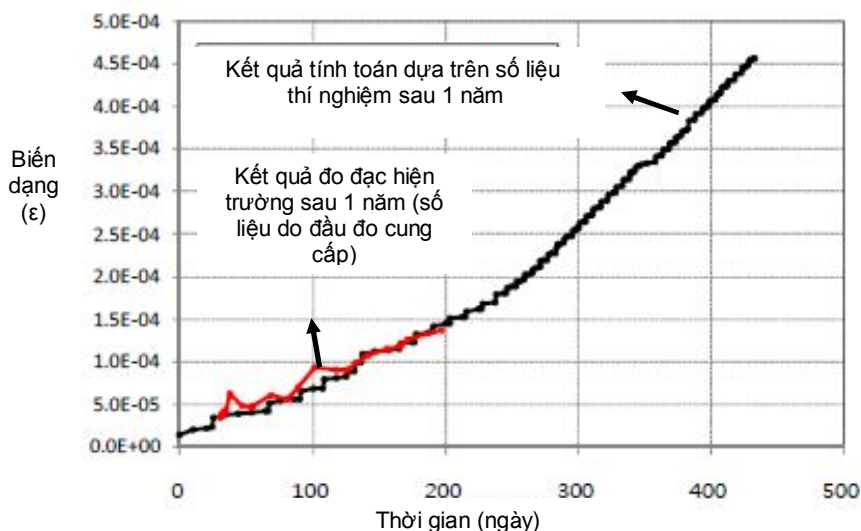
Sau khi có những kết quả thí nghiệm mẫu về cường độ chịu nén, mô đun đàn hồi, giá trị từ biến và co ngót của bê tông, người ta áp dụng những số liệu thực tế này vào tính toán Main Analysis.

Giá trị từ biến và co ngót do thí nghiệm mẫu tại thời điểm thí nghiệm sau 1 năm lưu giữ tương đối nhỏ hơn giá trị giả thiết (dưới 50%). Cần lưu ý rằng giá trị từ biến và co ngót còn có thể tiếp tục tăng thêm, đạt đến giá trị cực đại vào khoảng 5 năm. Mặt khác, sự làm việc của mẫu thử không tương đồng với kết cấu thực tế, nơi còn có rất nhiều cốt thép hạn chế biến dạng của bê tông. Do đó, để có số liệu chính xác hơn về biến dạng co ngắn song song với việc xây dựng công trình, các đầu đo biến dạng được gắn chìm trong một số cột chọn lựa trước để thu thập số liệu đo đạc trực tiếp trên công trình và liên tục được cập nhật cho các đơn vị quản lý kỹ thuật trên một website riêng. Những số liệu này được sử dụng để điều chỉnh tính toán co ngắn cột qua các báo cáo Re-analysis phiên bản 1, 2 và 3. Kết quả phân tích được sử dụng để tính toán giá trị bù co ngắn cột (compensation) và áp dụng trực tiếp trong quá trình thi công.



Hình 5. Vị trí gắn các đầu đo biến dạng trên mặt bằng tầng điển hình tháp Hotel [7]

Kết quả đo đạc hiện trường Keangnam từ tháng 10/2008 đến tháng 10/2009 được so sánh với kết quả tính toán lý thuyết theo nghiên cứu [5] được thể hiện trên hình 6 cho tháp Hotel.



Hình 6. So sánh kết quả thực tế và kết quả tính toán lý thuyết giá trị co ngắn cột tầng hầm 2 tại vị trí đầu đo 08 của tháp Hotel [6]

Một số ví dụ thực tế khác trong [5] với kết quả theo dõi và so sánh trong 6 năm cũng cho thấy kết quả thực tế và kết quả tính toán lý thuyết giá trị co ngắn các cột chênh lệch không lớn. Như vậy, việc tính toán giá trị co ngắn theo nghiên cứu [5] có thể là một tài liệu tham khảo tốt.

4. Kết luận

- Co ngắn cột và độ vênh co ngắn là những vấn đề cần quan tâm khi thiết kế nhà cao tầng và siêu cao tầng. Co ngắn cột và độ vênh co ngắn gây nứt vỡ các bộ phận không chịu lực (tường kính, vách ngăn,...) và làm phát sinh nội lực thứ cấp trong các cấu kiện chịu lực nằm ngang như dầm, sàn. Nhiều nghiên cứu cho thấy, độ vênh co ngắn giữa lõi vách và các cột lân cận là rõ rệt đối với các công trình từ 35-40 tầng trở lên;

- Hai vấn đề chính cần giải quyết khi không thể bỏ qua ảnh hưởng của co ngắn cột là: nội lực thứ cấp phát sinh trong dầm, sàn và sự sai lệch vị trí của chúng so với thiết kế. Nhịp của dầm, sàn càng nhỏ thì nội lực thứ cấp phát sinh càng lớn. Vấn đề này giải quyết bằng cách thiết kế cấu kiện có kể thêm các nội lực đó;

- Sự sai lệch vị trí của dầm, sàn so với thiết kế thường được giải quyết bằng biện pháp bù cột (compensation). Giá trị bù cột được tính toán theo lý thuyết và căn chỉnh theo thực tế thí nghiệm và đo đạc hiện trường. Theo một số kết quả nghiên cứu có so sánh với thực tế, giá trị co ngắn cột có thể được tính toán với độ chính xác chấp nhận được.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. ACI 318-08. Building code requirements for structural concrete and commentary, 2008.
2. ACI 209R-92. Prediction of creep, shrinkage and temperature effects in concrete structures, 1997.
3. BS 8110:1997. Structural use of concrete.
4. BS EN 1992-1:2004. Design of concrete structures.
5. FINTEL M., GHOSH S.K., IYENGAR H. – Column shortening in tall structures. *Prediction and compensation*. PCA, 1987.
6. Hanoi Landmark Tower Project. Column shortening. Main analysis report. MIDAS IT., 2008.
7. Hanoi Landmark Tower Project. Column shortening. 1-st re-analysis report. MIDAS IT., 2009.
8. Hanoi Landmark Tower Project. Column shortening. Mid report for 1-st material test. MIDAS IT., 2008.