

# ĐỘ CỨNG CỦA MÓNG BĂNG CÓ XÉT TƯỜNG CỔ MÓNG VÀ ẢNH HƯỞNG ĐẾN CHUYỂN VỊ, NỘI LỰC CỦA KẾT CẤU NHÀ THẤP TẦNG

THE STIFFNESS OF STRIP FOUNDATIONS TAKING INTO ACCOUNT THE FOOTING WALL AND THEIR AFFECTS ON THE DISPLACEMENT AND INTERNAL FORCES OF LOW-RISE BUILDING STRUCTURES

PGS.TS. Nguyễn Tương Lai - Học viện Kỹ thuật quân sự. \*Email: tuonglai@lqdtu.edu.vn

ThS. Lê Quang Huy - Bệnh viện QY87, Tổng cục HCKT, BQP

**Tóm tắt:** Bài báo cáo trình bày một số phương pháp mô hình hóa kết cấu móng băng bê tông cốt thép có xét đến ảnh hưởng của tường cổ móng theo mô hình kết cấu liên hợp trên nền đàn hồi; đánh giá, so sánh kết quả phân tích chuyển vị - nội lực của kết cấu móng theo các mô hình khác nhau cho thấy mô hình xét tường cổ móng theo mô hình vách tương đương có thể được triển khai dễ dàng trên phần mềm phân tích kết cấu ETABS khi tính toán kết cấu móng băng nói riêng và tính đồng thời kết cấu thân - móng - nền làm việc đồng thời. Việc xét đến ảnh hưởng của tường cổ móng làm tăng độ cứng kháng uốn của móng, tăng hiệu quả phân bố tải trọng công trình xuống nền và giảm ảnh hưởng của lún lệch khi phân tích kết cấu nhà thấp tầng.

**Từ khóa:** Móng băng; dầm liên hợp; tương tác móng-nền; tường xây chèn; nhà thấp tầng.

## 1. MỞ ĐẦU

Móng băng bê tông cốt thép là giải pháp móng nông phổ biến trong xây dựng dân dụng và công nghiệp cho các nhà thấp tầng do sự đơn giản và dễ thi công của giải pháp kết cấu. Khi làm việc, do móng có khả năng biến dạng uốn hữu hạn nên phản lực nền lên kết cấu móng phụ thuộc vào tương quan độ cứng của kết cấu móng so với nền, ngược lại, biến dạng lún của nền dưới đáy móng lại phụ thuộc vào áp lực đáy móng – tức là phản lực nền. Đây là bài toán phi tuyến và thường giải bằng phương pháp số. Việc tính toán nội lực – chuyển vị của móng băng nói riêng và móng băng giao thoa cho công trình đến nay chủ yếu chỉ xét đến độ cứng của kết cấu đế móng (phần dưới cùng của kết cấu móng) còn phần tường cổ móng và kết cấu bên trên được coi là tải trọng tác dụng (xem hình 1).

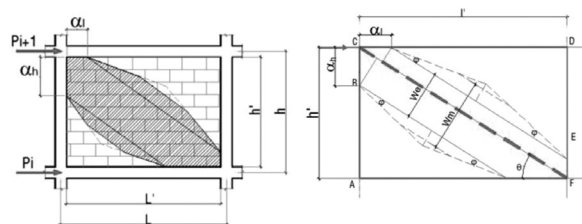
Khác với kết cấu phân thân có thể thi công tường xây chèn sau khi thi công phần khung chịu lực, kết cấu phần móng luôn được thi công tuần tự từ dưới lên, điều đó cho phép xem xét kết cấu móng băng như một kết cấu liên hợp toàn khối và cần phải xét

**Abstract:** This report presents several methods for modeling reinforced concrete strip foundation structures, considering the influence of the infill footing wall, using a composite structure model on an elastic foundation. An evaluation and comparison of the displacement and internal force analysis results of the foundation structure using different models shows that the equivalent wall model, considering the infill footing wall, can be easily implemented in the ETABS structural analysis software when calculating strip foundation structures in particular, and simultaneously calculating the structure of the superstructure, foundation, and substructure working concurrently. Considering the influence of the infill footing wall increases the bending stiffness of the foundation, improves the efficiency of load distribution from the building to the substructure, and reduces the impact of differential settlement when analyzing low-rise building structures.

**Keywords:** Strip foundation; composite beam; soil-structure interaction; infill wall; low-rise building.

đến ảnh hưởng của tường xây chèn đến độ cứng tổng thể của kết cấu móng nói riêng và kết cấu chịu lực của toàn công trình nói chung.

Nhiều tác giả [1][2][3][5][6][7] đã nghiên cứu phương pháp mô hình hóa ảnh hưởng của tường xây chèn đến sự làm việc của kết cấu khung bê tông cốt thép (BTCT) khi chịu tải tĩnh và động nhằm xét đến khả năng gia tăng độ cứng chung của kết cấu. Phổ biến là các nghiên cứu để xuất mô hình sử dụng mô hình thanh giằng chéo tương đương mô phỏng sự làm việc của tường xây chèn trong khung BTCT của kết cấu nhà (xem hình 1 và bảng 1).



Hình 1. Mô hình thanh giằng chéo tương đương của tường xây chèn trong khung bê tông cốt thép

**Bảng 1: Các công thức tính chiều rộng thanh giằng chéo tương đương của tường xây chèn**

Tác giả	Năm	Công thức tính chiều rộng thanh giằng chéo tương đương	Trong đó
Holmes	1961	$W = d_m / 3$	t = Độ dày của khối xây.
Smith	1962	$W = 0,25d_m$	L = Chiều dài của khối xây.
Smith & Carter	1969	$W = 0,58 \left(\frac{1}{H}\right)^{-0,445} (\lambda_h H^1)^{0,335} d_m^{0,064}$	$H_m$ = Chiều cao của khối xây.
Mainstone	1971	$w = 0,16d_m (\lambda_h)^{-0,3}$	$E_c$ = Môđun đàn hồi của bê tông.
Liaw & Kwan	1984	$W = \frac{0,95H \cos \theta}{\sqrt{\lambda_h H^1}}$	$E_m$ = Môđun đàn hồi của khối xây.
Deccanini & Fantin	1986	Khối xây chưa bị nứt	$I_c$ = Mômen quán tính của cột.
Deccanini & Fantin	1986	Khối xây đã bị nứt	$I_b$ = Mômen quán tính của dầm.
Paulay & Priestley	1992	$W = 0,25d_m$ $W = \left(\frac{0,707}{\lambda_h} + 0,01\right) d_z$	$d_m$ = Chiều dài đường chéo khối xây. $\theta$ = Góc tạo bởi đường chéo so với phương ngang.
Durrani & Luo	1994	$W = \gamma \sqrt{L^2 + H^2} \sin 2\theta; \gamma = 0,32 \cdot \sqrt{\sin 2\theta} \cdot \left[\frac{H^4 E_g t}{m E_b I_s H}\right]^{-0,1}$ $m = 6 \left[1 + \frac{6 E_b I_g H^1}{\pi E_b I_s L'}\right]$	B và $\lambda_h$ là những tham số không thứ nguyên $\lambda_h = \sqrt[4]{\frac{E_m t \sin 2\theta}{4 E_c I_c H_m}}$
Amato, G et.al.	2003	$W = \frac{d_z \cdot k \cdot c}{z} \cdot \frac{1}{(\lambda')^\beta}; z = 1 + 0,25 \cdot \left(\frac{L}{H} - 1\right);$ $\lambda' = \frac{E_s}{E_b} \cdot \frac{t \cdot H^1}{A_s} \left(\frac{H^2}{L^2} + \frac{1 \cdot A_s \cdot L'}{4 \cdot A_g \cdot H^1}\right);$ $c = 0,249 - 0,0116\gamma + 0,567\gamma^2; \beta = 0,146 + 0,0073\gamma + 0,126\gamma^2$	
Chetan	2009	$W = \sqrt{\alpha_L^2 + \alpha_h^2}; W = 1,414\alpha_h; \alpha_h = \pi / (2\lambda_h)$	

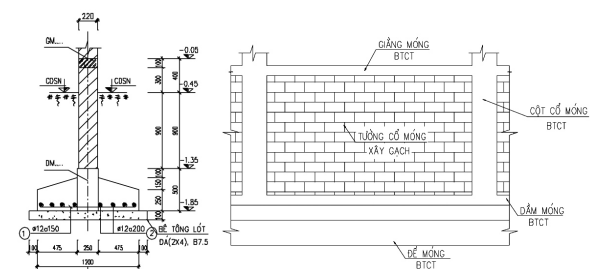
Việc quy đổi tường xây chèn bằng thanh giằng chéo tương đương không phản ánh sự gia tăng độ cứng cục bộ của kết cấu cột và dầm BTCT liên kế mà chỉ xét sự gia tăng độ cứng tổng thể do sự truyền lực của tường xây chèn chỉ thông qua nút khung, do đó khó phản ánh chính xác sự làm việc chung của kết cấu, đặc biệt đối với kết cấu móng băng chủ yếu làm việc chịu uốn dưới tác dụng của tải trọng phân thân và phản lực nền dưới đáy móng.

Nhằm góp phần phản ánh chính xác hơn sự làm việc của tường cổ móng trong kết cấu móng băng và ảnh hưởng của sự gia tăng độ cứng cầu móng băng khi xét tường cổ móng đến chuyển vị và nội lực của kết cấu móng nói riêng và kết cấu khung chịu lực của nhà thấp tầng nói chung, các tác giả sử dụng mô hình vách quy đổi cho tường cổ móng để mô hình hóa và phân tích kết cấu nhà thấp tầng theo mô hình tương tác kết cấu khung - móng - nền. Mô hình đề xuất có thể giúp các kỹ sư thực hành tính bằng các phần mềm phân tích kết cấu phổ biến sử dụng phương pháp phần tử hữu hạn.

**2. CƠ SỞ TÍNH TOÁN VÀ MÔ HÌNH BÀI TOÁN**

**2.1. Đặt bài toán và các giả thiết tính toán**

Phân tích và xác định chuyển vị, nội lực trong kết cấu khung chịu lực của nhà thấp tầng sử dụng giải pháp móng băng giao thoa, kết cấu móng băng gồm đế móng, giằng đỉnh móng bằng BTCT toàn khối, tường cổ móng xây gạch có dạng điển hình thể hiện trong hình 2. Nền đất được xem đủ sức chịu tải và phù hợp cho thiết kế móng nông của công trình.



**Hình 2: mặt cắt ngang và mặt đứng điển hình của một đoạn kết cấu móng băng cho nhà thấp tầng kết cấu khung BTCT có tường xây chèn**

Để giải quyết bài toán đặt ra ta sẽ thừa nhận các giả thiết sau đây: Vật liệu làm việc trong giới hạn đàn hồi, được xem như đồng nhất, đẳng hướng; tường cổ móng chỉ làm việc chịu nén và cắt trong mặt phẳng tường, không xét chịu uốn và cắt ngoài mặt phẳng kết cấu; nền biến dạng tuyến tính và chỉ chịu nén.

Các giả thiết trên dẫn tới các điều kiện tính toán sau đây:

- Tải trọng lên công trình xác định theo TCVN 2737:2023; đặc trưng vật liệu BTCT theo TCVN 5574:2018; đặc trưng vật liệu khối xây xác định theo TCVN 5573:2025.

- Nền làm việc một chiều chỉ chịu nén và mô hình hóa bằng mô hình nền một hệ số nền.

## 2.2. Mô hình bài toán

a) Bài toán phân tích kết cấu của một nhà ở và làm việc 3 tầng theo thiết kế mẫu nhà doanh trại của Cục Doanh Trại/Tổng cục Hậu cần-Kỹ thuật/Bộ Quốc phòng: nhà 7 gian, bước gian 3,6m, khoảng cách nhịp khung 1,8-6,0-2,2m.

- *Vật liệu*: Bê tông cốt thép cấp độ bền B20; Khối xây gạch mác 100 và 125, mác vữa 7,5. Nền khảo sát ba loại: sét dẻo mềm ( $E_0=21\text{MPa}$ ), sét dẻo cứng ( $E_0=24\text{MPa}$ ), cát chặt vừa ( $E_0=28\text{MPa}$ ) hệ số poisson  $\mu=0,3$ ; hệ số nền xác định theo công thức Versic:

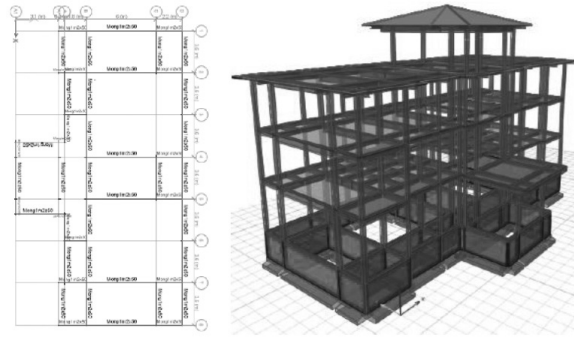
$$c_z = \frac{0.65}{B} \cdot \left( \frac{E_0 B^4}{E_p I_p} \right)^{1/12} \cdot \frac{E_0}{(1-\mu^2)} \quad (1)$$

Trong đó:  $c_z$  - hệ số nền theo phương đứng; B - bề rộng móng;  $I_p$  - mô men quán tính của mặt cắt ngang tiết diện móng;  $\mu$  - hệ số poisson của đất nền (giá trị  $\mu=0,3$  có thể xem là tương đối chính xác cho các trường hợp);  $E_0$  - mô đun biến dạng của đất nền;  $E_p$  - mô đun đàn hồi của vật liệu móng.

- *Mô hình tính*: Mô hình phần tử hữu hạn ba chiều. Kết cấu móng, dầm, cột sử dụng phần tử thanh 3D liên kết cứng với nhau; sàn bê tông cốt thép toàn khối sử dụng phần tử tấm mỏng liên kết cứng ở chu vi; tường xây chèn khung của phần thân quy đổi thành tải trọng phân bố; tường cổ móng sử dụng 02 mô hình để so sánh (giằng chéo tương đương; vách đồng nhất chỉ chịu nén, cắt trong mặt phẳng). Sơ đồ tính được xây dựng trên phần mềm Etabs như trên hình 3 cho toàn bộ công trình và trên hình 3.

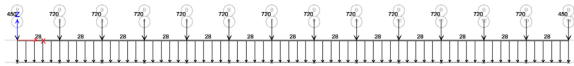
b) Bài toán phân tích móng băng dưới hàng cột: khảo sát trường hợp phân tích nội lực, chuyển vị của một vệt móng băng dưới nhà ở 3 tầng 13 gian, bước gian 3,9m như trên hình 4.

Độ sâu chôn móng  $H_m = 2,4\text{m}$ ; nền đồng nhất có đặc trưng đàn hồi  $E_0 = 28\text{MPa}$ ; bề rộng đáy móng  $B_m = 1,2\text{m}$ ; dầm móng cao  $h_d = 0,5\text{m}$  và rộng

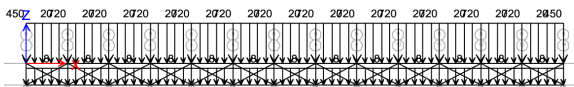


Hình 3. Sơ đồ tính kết cấu nhà-móng-nền trong Etabs

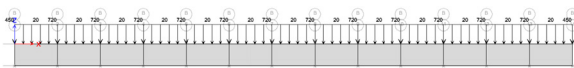
### Không xét tường cổ móng



### Tường cổ móng xét theo giằng chéo quy đổi



### Tường cổ móng xét theo vách



Hình 4: Các sơ đồ tính kết cấu móng băng dưới tường và cột theo các trường hợp xét và không xét tường cổ móng

$b_d = 0,3\text{m}$ ; cột cổ móng BTCT tiết diện  $b_c \times h_c = 0,3 \times 0,3\text{m}$ ; giằng đỉnh móng BTCT tiết diện  $b_g \times h_g = 0,3 \times 0,2\text{m}$ ; tường cổ móng dày  $t = 0,3\text{m}$ , cao  $h_{tx} = 1,5\text{m}$ , rộng  $l_{tx} = 3,6\text{m}$ ; xây bằng gạch đặc mác M100, vữa mác M7,5. Tải trọng: lực tập trung từ cột  $P_1 = 450\text{kN}$ ,  $P_2 = 720\text{kN}$ ; lực phân bố từ tường tầng 1 bên trên giằng móng  $q = 20\text{ kN/m}$ .

## 3. KẾT QUẢ MÔ PHỎNG VÀ THẢO LUẬN

### 3.1. Bài toán phân tích kết cấu nhà ở và làm việc 3 tầng

Phân tích kết cấu chịu lực của nhà theo 02 sơ đồ tính và 03 trường hợp:

TH1 - Sơ đồ không xét tương tác của kết cấu-nền và bỏ qua ảnh hưởng của tường cổ móng (không xét móng), kết cấu khung chịu lực được coi như liên kết ngầm cứng tại cao độ mặt đỉnh dầm móng;

TH2 - Sơ đồ tính xét đến tường cổ móng và tương tác của kết cấu khung-móng-nền theo mô hình nền một hệ số nền; tường cổ móng xây bằng gạch đất sét nung M125, vữa M7,5;

TH3 - Sơ đồ tính xét đến tường cổ móng và tương tác của kết cấu khung-móng-nền theo mô hình nền một hệ số nền; tường cổ móng xây bằng gạch silicat M125, vữa M7,5.

So sánh kết quả tính chuyển vị, nội lực lớn nhất trên kết cấu khung phần thân nhà của các trường hợp phân tích được trình bày trong bảng 2 và bảng 3 bên dưới.

**Bảng 2:** So sánh kết quả chuyển vị của kết cấu khung chịu lực công trình theo các trường hợp (TH)

Chuyển vị	Khung trực cần xét	TH 1	TH 2	TH 3	Chênh lệch TH1 và TH2 (%)	Chênh lệch TH1 và TH3 (%)
Độ võng (mm)	Khung trực 2	6,34	2,91	4,25	54,10	32,97
	Khung trực 4	5,43	2,47	3,40	54,51	37,38
Chuyển vị ngang (mm)	Khung trực 2	5,25	9,95	10,19	47,24	48,48
	Khung trực 4	5,21	10,27	10,56	49,27	50,66

**Bảng 3:** Bảng so sánh kết quả nội lực của nhà chỉ huy so với trường hợp không xét móng

Nội lực	Khung trực cần xét	TH 1	TH 2	TH 3	Chênh lệch TH1 và TH2 (%)	Chênh lệch TH1 và TH3 (%)
Mômen (kN.m)	Khung trực 2	146,05	63,07	79,37	56,82	45,66
	Khung trực 4	131,13	52,29	72,52	60,12	44,70
Lực cắt (kN)	Khung trực 2	135,64	101,56	117,34	25,13	13,49
	Khung trực 4	131,61	91,15	102,19	30,74	22,35

Từ kết quả chuyển vị - nội lực trong kết cấu khung chịu lực của công trình theo các trường hợp không xét móng, xét đến chiều cao và vật liệu tường cổ móng, có thể nhận xét như sau:

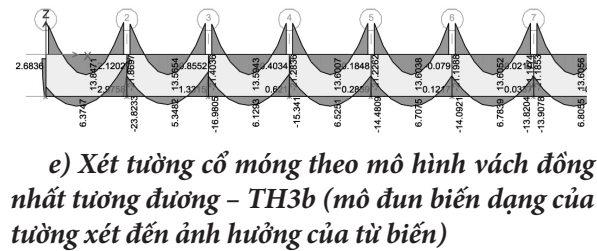
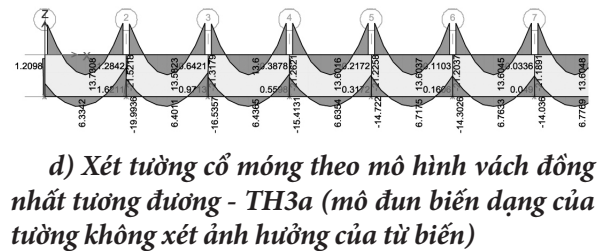
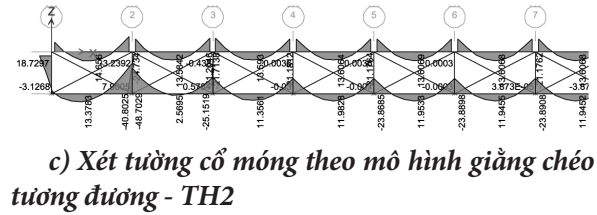
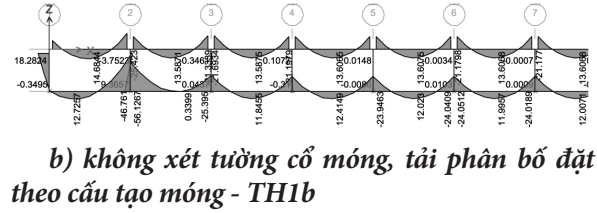
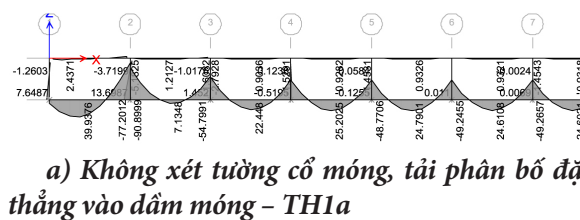
- Việc không xét tương tác của móng-nền cũng như ảnh hưởng của tường cổ móng trong sơ đồ phân tích cho kết quả giá trị độ võng của dầm khung nhỏ hơn 33%÷54%, trong khi đó chuyển vị ngang của khung lớn hơn 47%÷50% so với việc xét tương tác móng-nền và tường cổ móng.

- Việc xét đến tương tác móng-nền và ảnh hưởng của tường cổ móng cho kết quả tính nội lực trong kết cấu khung giảm đáng kể so với trường hợp không xét tương tác móng-nền và ảnh hưởng của tường cổ móng; mô men uốn giảm nhiều hơn (44%÷60%) còn lực cắt giảm ít hơn (13,5%÷30,7%).

- Độ cứng của tường cổ móng giảm (TH3, mô đun đàn hồi của khối xây gạch silicat 950kPa; TH2, mô đun đàn hồi của khối xây gạch đất sét nung 2590MPa) sẽ làm tăng chuyển vị và nội lực trong kết cấu khung.

**3.2. Bài toán phân tích kết cấu móng bằng dưới hàng cột**

Biểu đồ mô men uốn trong kết cấu móng tương ứng với các trường hợp khảo sát như trên hình.



Hình 5: Biểu đồ mô men uốn của kết cấu móng

Từ kết quả tính với các trường hợp nêu trên hình 5 có thể rút ra một số nhận xét sau:

- Khi không xét ảnh hưởng của tường cổ móng và tính tải phân bố từ trọng lượng tường tầng 1 và tường cổ móng được đặt trực tiếp vào dầm móng (TH1a) sẽ dẫn đến mô men uốn của dầm móng bị tính dư và cho giá trị lớn nhất: mô men uốn trong nhịp của dầm móng (mô men uốn thứ dưới) nhận giá trị từ 24,6 kNm (nhịp giữa) đến 39,9 kNm (nhịp biên); mô men uốn thứ trên của dầm móng (tại vị trí tiếp giáp với cột) có giá trị từ 49,2 kNm đến 90,9 kNm; tại nhịp thứ hai dầm móng có xu thế bị uốn võng lên và không xuất hiện mô men uốn thứ dưới.

- Khi không xét ảnh hưởng của tường cổ móng nhưng phân bố tĩnh tải phân bố lên cả dầm móng và dầm giằng đỉnh móng theo cấu tạo (TH1b) thì giá trị mô men uốn tương ứng giảm 40%÷50% nhưng vẫn lớn; tại nhịp thứ hai dầm móng có xu thế bị uốn võng lên và không xuất hiện mô men uốn thứ dưới.

- Khi xét ảnh hưởng của tường cổ móng theo mô hình thanh giằng chéo tường đương của khối xây chèn (TH2), mô men uốn thứ dưới của dầm

móng nhận giá trị từ 11,9 kNm đến 13,3 kNm, mô men uốn thứ trên của dầm móng tại vị trí giáp chân cột nhận giá trị từ 23,8 kNm đến 48,7 kNm; tại nhịp thứ hai dầm móng vẫn có xu thế bị uốn vồng lên và hầu như không xuất hiện mô men uốn thứ dưới.

- Khi xét ảnh hưởng của tường cổ móng theo mô hình vách đồng nhất tương đương của khối xây chèn (TH3a và TH3b), mô men uốn của dầm móng phân bố đều hơn và cho giá trị nhỏ nhất trong các trường hợp, tại nhịp thứ hai không còn xuất hiện hiện tượng bị uốn vồng; mô men uốn thứ dưới của dầm móng nhận giá trị từ 5,3 kNm đến 6,8 kNm (bằng 15%÷25% so với trường hợp không xét ảnh hưởng của tường cổ móng); mô men uốn thứ trên của dầm móng tại vị trí giáp chân cột nhận giá trị từ 13,9 kNm đến 23,8 kNm (bằng 26%÷28% so với trường hợp không xét ảnh hưởng của tường cổ móng).

#### 4. KẾT LUẬN

- Mô hình xét tường cổ móng bằng vách đồng nhất tương đương cho kết quả sát thực nhất do độ cứng của tường được xét liên tục trên toàn bộ phạm vi kết cấu móng, ảnh hưởng của tường cổ móng làm tăng độ cứng kháng uốn tổng thể của móng nên giảm độ vồng và do đó giảm mô men uốn trong kết cấu móng, phân bố nội lực đều hơn.

- Các kết quả phân tích từ các bài toán trên cho thấy: Chuyển vị và nội lực có sự thay đổi đáng kể khi xét sự làm việc đồng thời của tường cổ móng, đáy móng và đất nền.

- Việc áp dụng phương pháp số trong tính toán kết cấu bằng phần mềm etabs... để phân tích bài toán làm việc đồng thời giữa nền đất, móng và kết cấu công trình bên trên giúp cho việc giải bài toán xác thực hơn, chính xác hơn, đơn giản và rút ngắn thời gian tính toán.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Lý Trần Cường (1991). Sự làm việc đồng thời của khung bê tông cốt thép với khối xây chèn dưới tác dụng của tải trọng ngang, Luận án tiến sĩ kỹ thuật, Trường Đại học Xây dựng Hà Nội.
- [2] Nguyễn Lê Ninh, Phan Văn Huệ (2017). Ảnh hưởng của tường chèn tới phản ứng của hệ kết cấu khung bê tông cốt thép chịu động đất theo quan niệm hiện đại, Tạp chí Khoa học Kiến trúc - Xây dựng, số 28, 2017, trang 49-55.
- [3] Đinh Lê Khánh Quốc (2017). Ứng xử của khung phẳng bê tông cốt thép có tường xây chèn dưới tác động của tải trọng ngang, Luận án tiến sĩ kỹ thuật, Trường đại học Bách khoa, Đại học Quốc gia Tp Hồ Chí Minh.
- [4] Cục Doanh trại - Tổng cục Hậu cần (2016). Hướng dẫn số: 2082/HD-DT, Quy hoạch xây dựng doanh trại Quân đội.
- [5] Ugur Albayrak, Eşref Ünlüoğlu, and Mizam Doğan (2017). An Overview of the Modelling of Infill Walls in Framed Structures, International Journal of Structural and Civil Engineering Research Vol. 6, No. 1, February 2017. pp-24-29.
- [6] Catherin Jeselia M., Jayalekshmi B.R., KattaVenkataramana (2013). Modeling of Masonry infills - A review, American Journal of Engineering Research (AJER), e-ISSN:2320-0847 p-ISSN : 2320-0936, Volume-2 pp-59-63.
- [7] Hugo Rodrigues, Humberto Varum & Anibal Costa (2010). Simplified Macro-Model for Infill Masonry Panels, Journal of Earthquake Engineering, 14:3, 390-416.