

TÍNH TOÁN MÓNG BÈ THEO MÔ HÌNH NỀN WINKLER CẢI TIẾN

Châu Ngọc Ẩn, Nguyễn Võ Trọng

Khoa Kỹ thuật Xây dựng, Trường Đại học Bách khoa – ĐHQG-HCM

(Bài nhận ngày 10 tháng 5 năm 2004, hoàn chỉnh sửa chữa ngày 28 tháng 7 năm 2004)

TÓM TẮT: Móng bè hiện nay được sử dụng khá rộng rãi. Một trong những phương pháp tính toán móng bè phổ biến là coi mối quan hệ giữa ứng suất và biến dạng của đất nền là tuyến tính và mô hình đại diện cho quan niệm này là mô hình nền Winkler. Tuy nhiên, việc coi đất nền chỉ có mối quan hệ đàn hồi là điều không đúng đắn. Đất nền ngoài ứng xử đàn hồi còn có ứng xử dẻo. Bài báo này tập trung vào phân tích một mô hình nền mà nó được phát triển từ mô hình nền Winkler nhưng có xét đến tính dẻo của đất nền (được gọi là mô hình nền Winkler cải tiến) và ứng dụng nó để tính toán cho móng bè.

1. MÔ HÌNH NỀN WINKLER CẢI TIẾN

1.1 Quan hệ giữa ứng suất q và biến dạng thẳng đứng δ trong thí nghiệm bàn nén

Xét một thí nghiệm bàn nén tại hiện trường. Thí nghiệm cho ta đường quan hệ giữa áp lực q tác dụng lên nền và chuyển vị thẳng đứng δ của nền đất như trong hình 1.

Theo thí nghiệm này, đường cong thể hiện mối quan hệ giữa áp lực tác dụng lên đất nền q và biến dạng thẳng đứng δ của đất nền (đường $q-\delta$) cho thấy quan hệ giữa ứng suất và chuyển vị thẳng đứng chia làm hai pha. Pha thứ nhất là đoạn OA thuộc đường cong này được gọi là pha nén chặt. Mối quan hệ giữa ứng suất và biến dạng thẳng đứng $q-\delta$ được coi là tuyến tính. Sự nén chặt của đất có thể còn tiếp diễn cho tới khi đạt được một giá trị tải trọng nào đó thì xuất hiện sự trượt giữa các hạt, dần dần hình thành mặt trượt và những vùng trượt riêng biệt. Cuối pha nén chặt (điểm A trên hình 1), áp lực tác dụng lên đất tương ứng với tải trọng tới hạn ban đầu trên đất.

Pha thứ hai là đoạn còn lại (AB) được gọi là pha trượt, trong đất bắt đầu hình thành những vùng trượt, lúc này thì mối quan hệ $q-\delta$ không còn là tuyến tính nữa. Cuối cùng của pha trượt là lúc đất nền mất ổn định và mặt trượt liên tục được hình thành và lúc này áp lực tác dụng lên đất nền tương ứng với ứng suất tới hạn giới hạn.

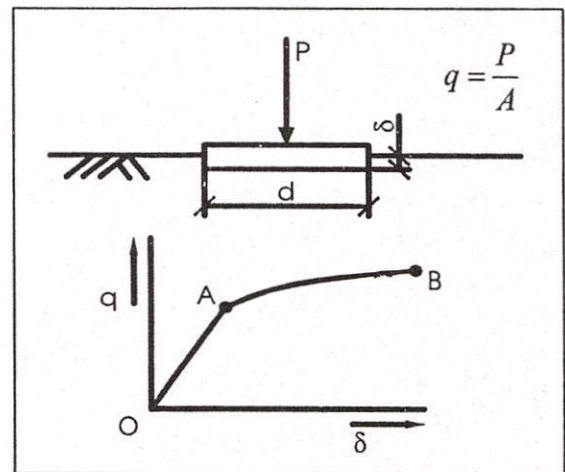
1.2 Mô hình nền Winkler

Mô hình nền Winkler cho giả thiết: tại mọi điểm tiếp xúc giữa móng và đất nền, mối quan hệ giữa ứng suất q và biến dạng thẳng đứng δ của đất nền là tuyến tính.

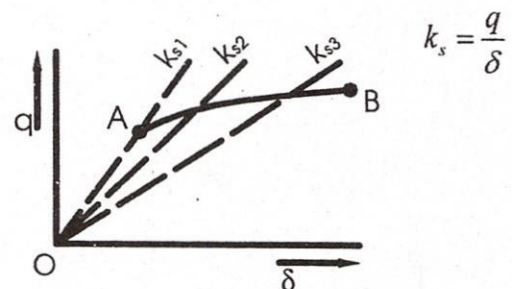
$$q = k_s \cdot \delta \quad (1)$$

trong đó, k_s là hệ số nền.

Như vậy, khi tính toán móng mà sử dụng mô hình này thì đất nền phải có một thông số cần phải biết là k_s . Thí nghiệm bàn nén thường được dùng để xác định hệ số nền k_s .



Hình 1. Thí nghiệm bàn nén



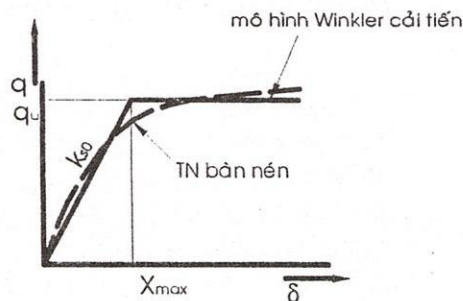
Hình 2. Các giá trị của k_s phụ thuộc vào cấp tải trọng

Như đã nói ở trên, khi mà đất nền đang ở trong pha nén chặt (đoạn OA trên đường q-δ), hệ số nền của đất cũng chính là hệ số góc của đoạn thẳng này (k_{s1}). Trên đoạn AB, hệ số nền lúc này lại tùy thuộc vào tọa độ điểm đang xét trên đường cong q-δ mà có hệ số nền tương ứng (k_{s2}, k_{s3}).

Như vậy, ứng với cùng một loại đất nền mà có nhiều giá trị hệ số nền k_s khác nhau. Đó cũng là một nhược điểm đối với mô hình nền này.

1.3 Mô hình nền Winkler cải tiến

Theo trình bày ở trên, mô hình nền Winkler có nhược điểm là không có các giá trị k_s nhất định mà tùy thuộc vào từng điều kiện cụ thể để có các giá trị k_s khác nhau. Với mong muốn được đưa về một mô hình nền mà chỉ có các thông số duy nhất ứng với một loại đất nền cụ thể nào đó, từ đường cong q-δ của thí nghiệm bản nén (hình 1), mô hình nền Winkler cải tiến sẽ có đường quan hệ q-δ được vẽ lại như hình 3.



Hình 3. Mô hình nền Winkler cải tiến

Đường cong thể hiện mối quan hệ trong thí nghiệm bản nén được thay thế bởi một đường gãy khúc. Theo đường quan hệ mới này, nếu chuyển vị thẳng đứng δ của nền đất dưới một áp lực q nào đó mà nhỏ hơn giá trị X_{max} , hệ số nền k_s của đất sẽ không đổi (tạm gọi là hệ số nền ban đầu k_{s0}) và mối quan hệ giữa ứng suất q và biến dạng δ là tuyến tính ($q=k_{s0} \times \delta$). Vượt quá X_{max} , áp lực đất sẽ không đổi ở giá trị q_u (gọi là ứng suất giới hạn q_u).

Như vậy, lúc này mô hình nền Winkler cải tiến sẽ chỉ có hai thông số duy nhất. Đó là hệ số nền ban đầu k_{s0} và áp lực đất giới hạn q_u .

Với mô hình mới này, việc tính toán cho các móng nói chung và móng bè nói riêng sẽ được thực hiện tương đối thuận tiện (sẽ được trình bày ở phần sau), đặc biệt là trong vấn đề tự động hóa tính toán.

Tuy nhiên, một khó khăn lúc này là hiện nay vẫn chưa có các bảng tổng kết các thông số của đất (k_{s0}, q_u) một cách có hệ thống để người thiết kế có thể sử dụng.

Tuy nhiên, ta có thể dựa vào đường quan hệ q-δ trong thí nghiệm bản nén tại hiện trường để xác định các thông số này một cách gần đúng. Tất nhiên, đây cũng chỉ là đề xuất ban đầu. Để kiểm chứng tính đúng đắn của các thông số này cần phải có các thí nghiệm cụ thể và đây cũng là hướng nghiên cứu tiếp theo của mô hình nền này.

Theo đường quan hệ q-δ như đã trình bày ở trên, pha nén chặt của đất (đoạn OA) có mối quan hệ giữa ứng suất và biến dạng là tuyến tính và ít nhiều phản ánh gần đúng với đoạn thẳng đầu tiên của mô hình nền Winkler cải tiến. Như vậy, hệ số nền ban đầu k_{s0} có thể lấy chính là hệ số góc của đoạn thẳng OA.

Như đã nói ở trên, kết thúc pha nén chặt (điểm A), ứng suất tác dụng lên đất nền sẽ tương ứng với tải trọng tới hạn ban đầu. Kết thúc pha trượt (điểm B), ứng suất tác dụng lên đất nền sẽ tương ứng với tải trọng tới hạn giới hạn. Hiện nay, các nghiên cứu về các ứng suất tới hạn ban đầu và ứng suất tới hạn giới hạn đã cho chúng ta nhiều công thức tính và đã được sử dụng khá nhiều.

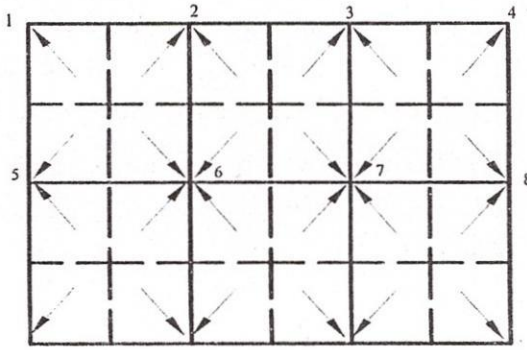
Như vậy, giá trị ứng suất giới hạn q_u trong mô hình nền Winkler cải tiến sẽ được lấy dựa vào khoảng từ ứng suất tới hạn ban đầu đến ứng suất tới hạn giới hạn. Việc đưa ra một giá trị cụ thể cần phải có những thí nghiệm kiểm chứng cụ thể. Tuy nhiên, một cách an toàn, có thể lấy q_u là giá trị ứng suất tới hạn ban đầu để tính toán cho nền móng.

2. TÍNH TOÁN MÓNG BÈ SỬ DỤNG MÔ HÌNH NỀN WINKLER CẢI TIẾN

Khi tính toán móng bè sử dụng mô hình nền Winkler, đất nền được thay thế bởi một hệ các lò xo tại các nút của móng (độ cứng của các lò xo này là K_i).

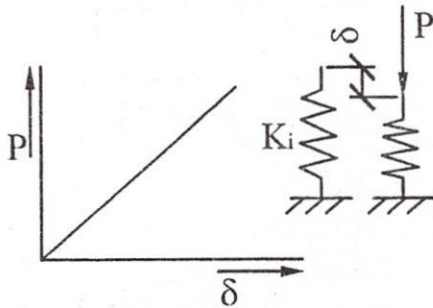
$$K_i = k_s \times A \tag{2}$$

trong đó, A =diện tích tập trung.
 Các lò xo này độc lập không ảnh hưởng lẫn nhau.

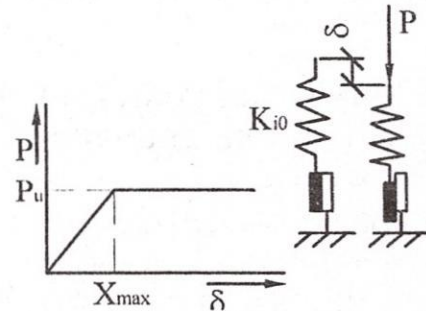


Hình 4. Diện tích tập trung để tính các độ cứng lò xo

Các lò xo tại các nút theo mô hình nền Winkler sẽ có mối quan hệ giữa lực tác dụng P và chuyển vị thẳng đứng δ là tuyến tính (hình 5).



Hình 5. Lò xo nút theo mô hình nền Winkler



Hình 6. Lò xo nút theo mô hình nền Winkler cải tiến

Còn khi sử dụng mô hình nền Winkler cải tiến, các lò xo nút lúc này sẽ có đường quan hệ P - δ theo dạng đàn-dẻo thuần túy. Lúc này, mô hình nền sẽ coi như một lò xo được gắn thêm một ngàm trượt.

trong đó,

$$\begin{aligned} K_{i0} &= k_{s0} \times A, \\ P_u &= q_u \times A, \\ X_{max} &= P_u / K_{i0} = q_u / k_{s0}. \end{aligned} \quad (3)$$

Lúc này, bài toán móng bè trên nền Winkler cải tiến sẽ được giải với phương pháp phần tử hữu hạn.

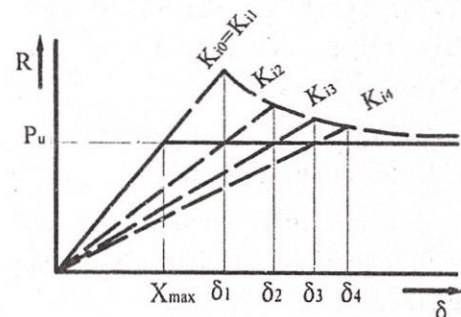
Kết cấu móng sẽ sử dụng các phần tử sau:

- phần tử tấm chịu uốn dạng tam giác hay chữ nhật cho tấm của móng bè;
- phần tử dầm chịu uốn cho sườn của móng bè có sườn.

Chúng ta dễ dàng thiết lập ma trận độ cứng tổng thể $[K]$ từ các độ cứng của các phần tử tấm, dầm và cả độ cứng lò xo nút. Tuy nhiên, ma trận độ cứng tổng thể này sẽ không cố định mà sẽ thay đổi do tính chất của độ cứng lò xo nút của mô hình nền Winkler cải tiến (Hình 6).

Đối với bài toán dạng này, người ta thường sử dụng phương pháp đặc trưng cát tuyến thay đổi để giải.

Theo phương pháp này, ma trận độ cứng tổng thể ban đầu $[K]_1$ sẽ được thiết lập từ độ cứng của các phần



Hình 7. Phương pháp đặc trưng cát tuyến thay đổi

tử tẩm, dầm và độ cứng ban đầu của lò xo nút $K_{i1}=K_{i0}$. Giải hệ phương trình hệ thống $[\overline{K}]_1 \cdot \{\overline{q}\}_1 = \{\overline{P}\}$, ta có được các giá trị chuyển vị đứng δ_{i1} từ vector chuyển vị tổng thể $\{\overline{q}\}_1$. Từ đó, phản lực của các lò xo nút sẽ được tính $R_{i1}=K_{i1} \times \delta_{i1}$. So sánh R_{i1} với P_u (hoặc cũng có thể so sánh δ_{i1} với X_{max}), nếu $R_{i1} > P_u$ (hoặc $\delta_{i1} > X_{max}$), ta thay K_{i1} bằng K_{i2} ($K_{i2}=P_u/\delta_{i1}$). Lúc này, ma trận độ cứng tổng thể mới $[\overline{K}]_2$ được thiết lập và chúng ta lại giải hệ phương trình hệ thống mới... Việc giải sẽ dừng khi sự khác biệt giữa R_{ij} và P_u (j là số đếm của các lần lặp) đủ nhỏ (đây được gọi là điều kiện hội tụ).

Trường hợp tất cả các phản lực nút đều lớn hơn P_u ($R_{ij} > P_u$ hoặc $\delta_{ij} > X_{max}$), vòng lặp lúc này sẽ lặp vô tận, ta dừng bài toán (tạm gọi là điều kiện phá hoại).

Lúc này, chúng ta có được vector chuyển vị tổng thể cuối cùng của bài toán $\{\overline{q}\}_j$ và sẽ dễ dàng tính được các nội lực trong các cấu kiện móng bê tông qua các công cụ của phương pháp phần tử hữu hạn.

3. LẬP TRÌNH TÍNH TOÁN CHO BÀI TOÁN MÓNG BÈ TRÊN NỀN WINKLER CẢI TIẾN

Sử dụng mô hình nền Winkler cải tiến thường tiến hành giải lặp thông qua phương đặc trưng cát tuyến thay đổi, do đó khối lượng tính toán rất lớn.

Để thuận tiện hơn cho tính toán, chúng ta sử dụng ngôn ngữ lập trình để tự động hóa bài toán.

Biến j trong phần lập trình là biến đếm số thứ tự lần lặp.

Kết quả xuất ra có thể là các chuyển vị tại các nút, nội lực trong móng và phản lực của đất nền.

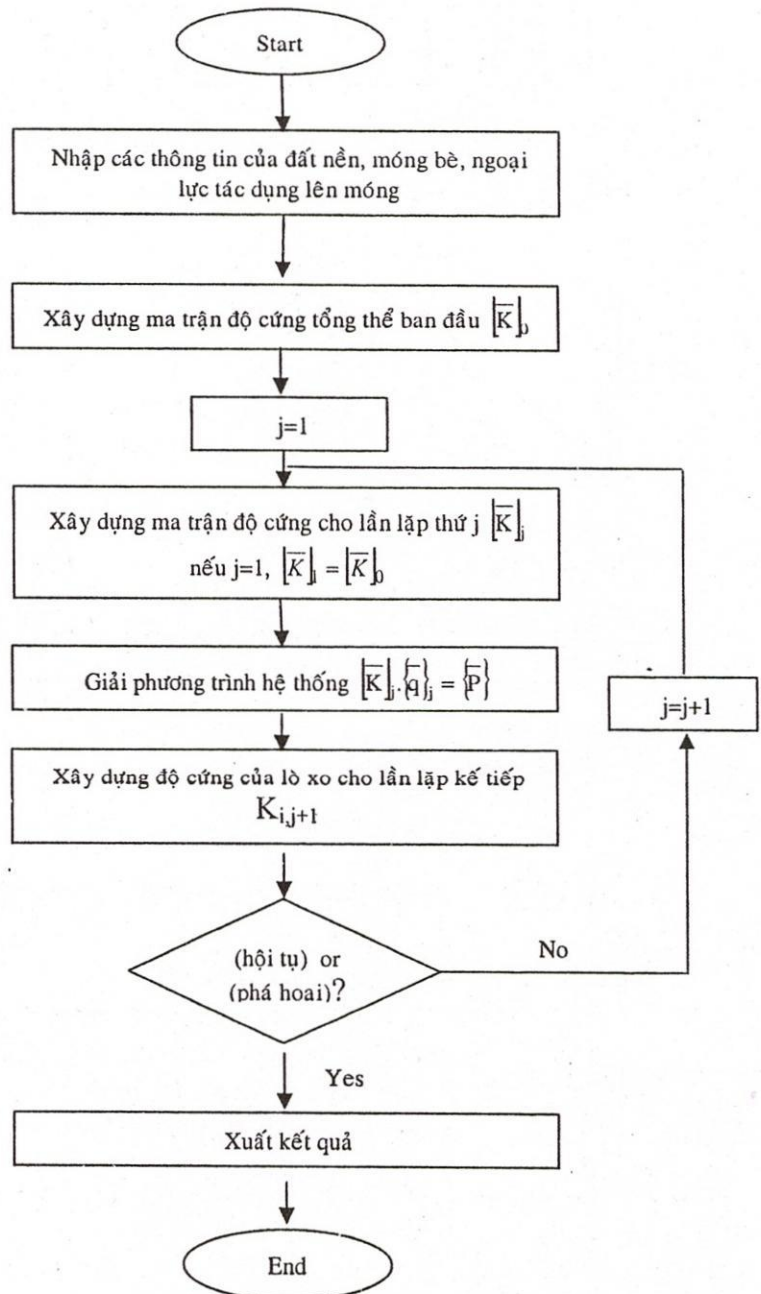
Chương trình máy tính được lập trình sử dụng ngôn ngữ Visual Basic hiện nay hoạt động tốt (có thể liên hệ tác giả để có chương trình tính toán này).

4. TÍNH TOÁN VÀ SO SÁNH MÔ HÌNH NỀN WINKLER VÀ WINKLER CẢI TIẾN

Sử dụng một ví dụ cụ thể để tính toán cho hai mô hình nền này.

Xét một móng bè dạng bản bê tông cốt thép. Chiều dài bản 12m (3 nhịp 4m), chiều rộng bản 6m (2 nhịp 3m). Bản dày 0,4m. Lực tập trung tại các nút là 30T.

Các thông số của đất nền là:



Hình 8. Sơ đồ khối của phần lập trình

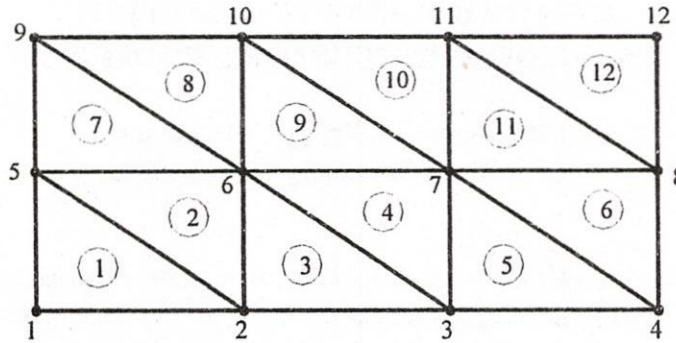
- nền Winkler: $k_s=500T/m^3$;
- nền Winkler cải tiến: $k_{s0}=500T/m^3$, $q_u=7T/m^2$.

Đây là một ví dụ để xét đến trường hợp tính toán cho móng bè mà khi sử dụng mô hình Winkler người thiết kế chọn hệ số nền k_s ứng với độ dốc của đoạn OA (pha nén chặt) trong thí nghiệm bàn nén và khi sử dụng mô hình nền Winkler cải tiến thì ngoài hệ số nền ban đầu k_{s0} lấy theo hệ số gốc của OA còn có ứng suất tới hạn q_u .

Sử dụng phương pháp phần tử hữu hạn để giải. Tấm được sử dụng phần tử tam giác không tương thích dạng tam giác (phần tử tam giác vuông có 3 nút, 9 bậc tự do).

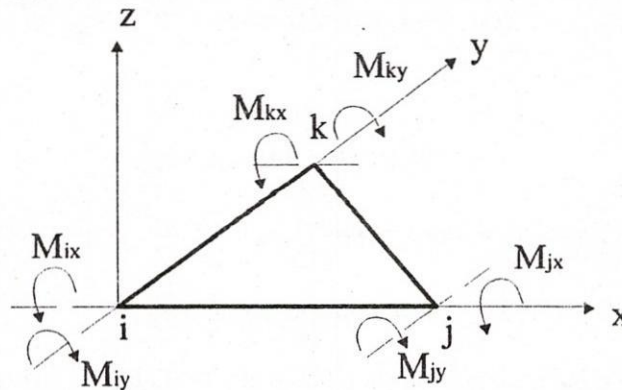
Các nút được chọn tại vị trí có các lực tập trung. Lò xo tại các nút có các thông số như sau:

- mô hình nền Winkler: độ cứng các lò xo $K_1=K_4=K_9=K_{12}=1500T/m$, $K_2=K_3=K_5=K_8=K_{10}=K_{11}=3000T/m$, $K_6=K_7=6000T/m$;
- mô hình nền Winkler cải tiến: độ cứng ban đầu của các lò xo $K_{1,0}=K_{4,0}=K_{9,0}=K_{12,0}=1500T/m$, $K_{2,0}=K_{3,0}=K_{5,0}=K_{8,0}=K_{10,0}=K_{11,0}=3000T/m$, $K_{6,0}=K_{7,0}=6000T/m$; lực giới hạn $P_{u1}=P_{u4}=P_{u9}=P_{u12}=21T$, $P_{u2}=P_{u3}=P_{u5}=P_{u8}=P_{u10}=P_{u11}=42T$, $P_{u6}=P_{u7}=84T$.



Hình 9. Chia lưới bài toán

Để so sánh, sử dụng giá trị nội lực (moment) tại các nút của phần tử số 4 để so sánh.



Hình 10. Moment tại các nút phần tử

Bảng 1. Moment của phần tử 4

Nội lực(Tm)	M_{ix}	M_{iy}	M_{jx}	M_{jy}	M_{kx}	M_{ky}
Nền Winkler	5,86	4,88	22,11	61,69	25,97	65,01
Nền Winkler cải tiến	6,73	5,20	25,54	70,82	30,08	75,06

Nhìn vào kết quả trên, việc sử dụng mô hình nền Winkler chỉ với một hệ số nền k_s thì kết quả sẽ nhỏ hơn kết quả khi sử dụng mô hình nền Winkler cải tiến (ngoài $k_{s0}=k_s$ còn có giá trị ứng suất giới hạn q_u). Như vậy tính toán với mô hình nền đàn hồi Winkler khi không có cặn trên thì chưa xét hết sự

nguy hiểm trong ứng xử thực tế của đất nền. Sử dụng mô hình nền Winkler cải tiến bám sát hơn với ứng xử thực của đất nền cho kết quả xác đáng hơn.

5. KẾT LUẬN

Việc sử dụng mô hình nền Winkler với một số nhược điểm sẽ gây khó khăn cho người thiết kế nền móng nối chung và móng bè nối riêng. Mô hình nền Winkler cải tiến đã khắc phục được nhược điểm này tạo tiện dụng hơn cho người thiết kế.

Việc đưa về mô hình Winkler cải tiến với đường quan hệ ứng suất-biến dạng có dạng của đường quan hệ đàn-dẻo thuần túy sẽ tạo thuận lợi khi áp dụng cho việc lập trình tính toán (sử dụng phương pháp đặc trưng cát tuyến thay đổi) và đã làm giảm nhiều khối lượng tính toán.

Tuy nhiên, dấu sao mô hình này cũng chỉ là những đề xuất ban đầu và hiện nay cũng chưa có các bảng tổng kết các thông số của đất (hệ số nền ban đầu k_{s0} , ứng suất tới hạn q_u). Các thông số chỉ có thể xác định thông qua các thí nghiệm bèn nén tại hiện trường.

ANALYZING MAT FOUNDATION USING MODIFIED WINKLER MODEL

Chau Ngoc An, Nguyen Vo Trong
University of Technology – VNU-HCM

ABSTRACT: Nowadays, mat foundation is widely used in construction field. The classic method for calculating internal forces in mat foundation is based on the assumption that the stress-strain relationship of soil ground is linear elastic. Using the above method, the soil model is Winkler model. The advantage of this model is simple and the result is rather accurate compared with practice. However, behaviour of soil is not only elastic but also plastic. Therefore, this paper examines soil model, its behaviour concerns with plastic property and it is advanced compared with the original Winkler model (called Modified Winkler model). After that, this model will be applied to calculate internal forces in mat foundation.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Joseph E. Bowles, *Foundation analysis and design*, 5th ed., McGraw-Hill International Editions, New York, 1997.
- [2] A. B. Fadeev, *Phương pháp phần tử hữu hạn trong địa cơ học*, NXB Giáo dục, Việt Nam, 1995.
- [3] Châu Ngọc Ân, *Nền móng*, NXB Đại học Quốc gia TP HCM, Việt Nam, 2002.
- [4] Chu Quốc Thắng, *Phương pháp phần tử hữu hạn*, NXB Khoa học Kỹ thuật, Việt Nam, 1997.
- [5] N. A. Xutovich, *Cơ học đất*, NXB Nông nghiệp, Việt Nam, 1983.
- [6] R. Whitlow, *Cơ học đất*, NXB Giáo dục, Việt Nam, 1999.
- [7] Nguyễn Võ Trọng, *Luận văn Thạc sỹ*, Đại học Bách khoa TP HCM, Việt Nam, 2003.