

**M T S K T Q U S D N G M Ô H Ì N H H Y P E R B O L I C N G I N
P H Â N T Í C H N G X C A C C N C H U T I T R N G T H N G N G**
SOME RESULTS OF USING SIMPLIFIED HYPERBOLIC MODEL TO STUDY
THE BEHAVIHOR OF SINGLE PILE UNDER APPLIED VERTICAL LOAD

ThS. Tr ng H ng Minh
TS. Nguy n Th ng

T m t t - Bài báo trình bày m t s k t qu p d ng m  hình Hyperbolic ng n d  báo ng x c a c c n trong n n ng nh t d i tc d ng c a t i tr ng th ng ng c xu t b i Qian-qing Zhang. M  hình này c c tc i m r ng cho tr ông h p n n nhi u l p, c c k n s khác nhau c a v t li u lm c c. M t ch ng tr nh t nh toán v phn t ch m i quan h đi a t i tr ng v chuy n v c a u c c b ng ph ng php i l p c nh m tc i l p tr nh tr n n n ng n  l p tr nh Python. T c c k t qu nghi n c u nh m tc i a r cc k t lu n, ki n ngh v l u ý trong qu tr nh s  d ng m  hình Hyperbolic cho v i c t nh toán d  báo l n c a c c n.

1. t v n

M  hình Hyperbolic ng n c Qian-qing Zhang và c ng s s  d ng  phn t ch ng x phi tuy n m i quan h t i tr ng – chuy n v u c c d i tc d ng c a nhi u c p t i tr ng th ng ng. Cc k t qu nghi n c u  c ki m ch ng v i cc k t qu th  nghi m n n t nh d c tr c c v  c ng b tr ng ti li u [3]. Tuy nhi n cc k t qu n i tr n ch m i d ng l i tr ông h p c c n n m trong n n ng nh t, trong khi th c t c c th ng i qua nhi u l p t khác nhau.

Trong bài báo này, nh m tc i m r ng, kh o st cho n n nhi u l p, nghi n c u nhi u lo i t khác nhau nh t r i, t d nh, nghi n c u cho cc v t li u c c khác nhau g m c c b t ng, c c th p. Cc k t qu thu  c c so sánh v i k t qu n n t nh. T c c k t qu so sánh , cc tc i nh i s ph  h p c a m  hình i v i các lo i t v xu t m t s thay i v cc th ông s tr ông m  hình Hyperbolic ban u c a Qian-qing Zhang và c ng s ph  h p v i s thay i c a n n v c c.

2. Lý thuy t t nh toán

2.1. T m t t v m  hình Hyperbolic

2.1.1 M  hình Hyperbolic cho s c khng b n

Theo [3], m i quan h đi a m st b n n v s (kPa) v i chuy n v t ng i S s (m) i a c c v t xung quanh c c theo m  hình Hyperbolic c th h i n theo c ng th c (1):

$$t_s = \frac{S_s}{a + b.S_s}; \text{ kPa} \quad (1)$$

trong  a, b l cc h s kinh nghi m, c c xc nh theo cc c ng th c ti li u [1], [3].

2.1.2 M  hình Hyperbolic cho s c khng m i

M i quan h đi a s c khng n v m i c c v i chuy n v c a c c theo m  hình

Hyperbolic có mô tả theo công thức:

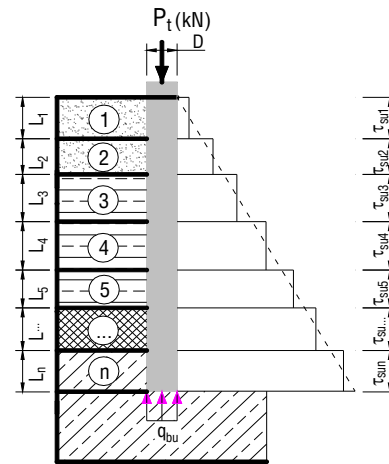
$$q_b = \frac{S_b}{f + gS_b}; \text{ kPa} \quad (2)$$

trong đó: q_b là sức kháng mũi nền; S_b (m) là độ lún của mũi cọc; f và g là các hệ số kinh nghiệm xác định theo các công thức tài liệu [1], [3].

2.2. Thuật toán phân tích

Sử dụng tính toán (hình 1) và thuật toán phân tích tải trọng - chuyển vị để xác định các đặc tính của cọc theo mô hình Hyperbolic bằng cách trình bày tài liệu [1], [3].

Trong bài toán, mô tả thuật toán giải quyết nhóm tác giả viết trên nền ngôn ngữ lập trình Python [6]. Kết quả của chương trình truy xuất thông tin quan hệ tải trọng và chuyển vị.



Hình 1. Sơ đồ tính toán theo mô hình Hyperbolic.

3. Một số ví dụ tính toán

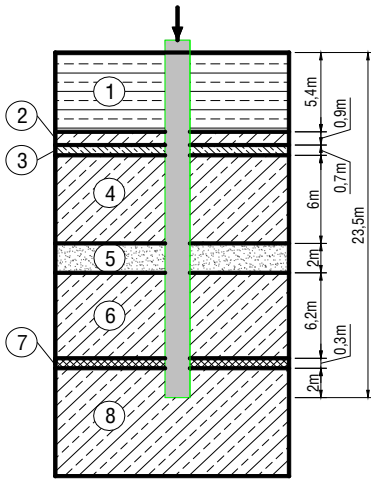
3.1. Bài toán 1

Cọc bê tông cốt thép có đường kính $D = 0,62\text{m}$; chiều dài $L = 23,5\text{m}$; các thông số vật lý (hình 2) và dữ liệu địa chất bảng 1; các kết quả kiểm tra thực nghiệm nén tĩnh cọc và phân tích bằng phần mềm Plaxis 3D Foundation [5].

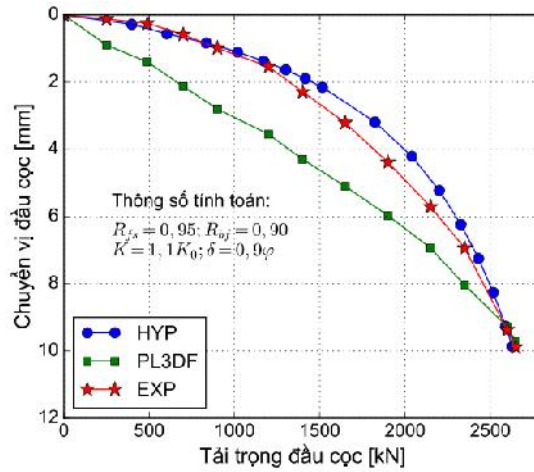
Bảng 1. Số liệu địa chất bài toán 1, [5]

Thứ tự	Tên đất	Bề dày lớp (m)	Trọng lượng thể tích (kN/m^3)	Mô đun đàn hồi E (kPa)	Hệ số rỗng	Góc nghiêng ma sát ($^\circ$)	Lực dính nền c (kPa)
1	Đất sét pha	5,40	17,6	16000	0,3	30	1
2	Cát mịn	0,90	18,8	34000	0,3	31	1
3	Cát pha	0,70	17,5	8000	0,31	19	7
4	Cát mịn	6,00	18,8	34000	0,3	31	1
5	Cát hạt vừa	2,00	19,5	55000	0,3	34	1
6	Cát mịn	6,20	18,8	34000	0,3	31	1
7	Sét pha	0,30	19,5	9000	0,35	17	13
8	Cát mịn	2,00	18,8	34000	0,3	31	1

Kết quả tính toán độ lún của cọc nêu trên bằng mô hình Hyperbolic (HYP) theo các bước đã trình bày mục 2.2 (sử dụng thuật toán giải quyết trên nền ngôn ngữ lập trình Python) cùng với các kết quả kiểm tra thực nghiệm theo [5]: thí nghiệm nén tĩnh (EXP), phân tích bằng phần mềm Plaxis 3D Foundation (PL3DF) được thể hiện trên hình 3.



Hình 2. S bài toán 1



Hình 3. th quan h t i tr ng – chuy n v (bài toán 1)

Nh n xét: t th hình 3 có th th y khi c c i qua n n nhi u l p g m các l p t r i (l p t 7 có b dày r t nh 0,3m) v i các h s $R_{fs} = 0,95; R_{bf} = 0,9$ (xem tài li u [1], [3]) k t qu tính toán b ng mô hình Hyperbolic r t g n v i k t qu thí nghi m nén t nh c c, chuy n v u c c ng v i c p t i tr ng l n nh t theo mô hình Hyperbolic g n nh gi ng v i k t qu thí nghi m nén t nh. Nh v y trong tr ng h p này k t qu tính toán phù h p v i các k t lu n tài li u [3].

3.2. Bài toán 2

C c ng r ng b ng bê tông c t thép ng kính $D = 0,62m$; chi u dài $L = 23,5m$; c c n m trong n n t nhi u l p (hình 4) v i s li u a ch t b ng 2; c c c ki m tra kh n ng ch u t i b ng thí nghi m nén t nh d c tr c và phân tích b ng ph n m m Plaxis 3D Foundation [5].

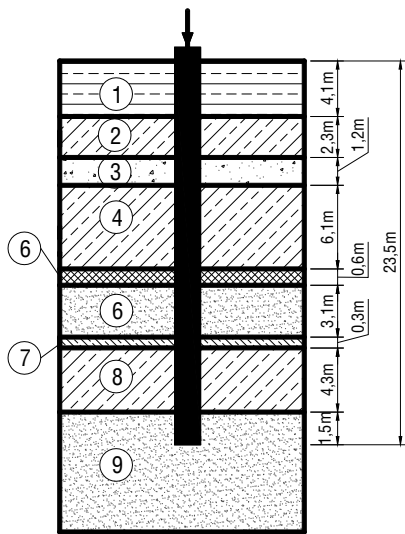
B ng 2. S li u a ch t bài toán 2, [5]

STT l p t	Tên t	B dày l p t (m)	Tr ng l ng th tích (kN/m^3)	Mô un à n h i E (kPa)	H s n hông	Góc n i ma sát ($^\circ$)	L c dnh n v c (kPa)
1	t b i p	4,10	17,6	16000	0,3	30	1
2	Cát m n	2,30	18,8	30000	0,3	31	0,1
3	Sét pha l n h u c	1,20	15,5	6000	0,35	17	15
4	Cát m n	6,10	18,8	30000	0,3	31	0,1
5	Sét pha	0,60	19,5	9000	0,3	17	13
6	Cát h t v a	3,10	19,5	45000	0,3	31	0,1
7	Cát pha	0,30	17,5	8000	0,31	19	7
8	Cát m n	4,30	18,8	30000	0,3	31	0,1
9	Cát h t v a	1,50	19,5	45000	0,3	31	0,1

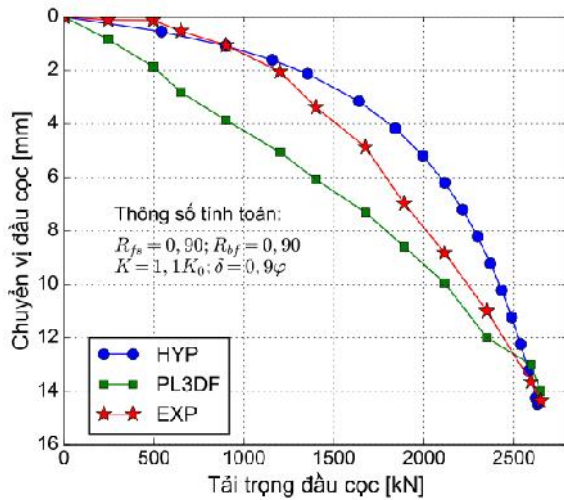
K t qu tính toán c c theo mô hình Hyperbolic và so sánh v i các k t qu c a tài li u [5] c th h i n nh th hình 5.

Nh n xét: t th hình 5 có th th y khi trong n n t mà thân c c i qua có các l p t dnh (l p t 3 có b dày 1,2m và l p 5 có b dày 0,6m) thì có s sai s gi a k t qu tính toán theo mô hình Hyperbolic v i k t qu thí nghi m nén t nh c c, sai khác càng l n khi t i tr ng nén trên u c c càng l n. Nguyên nhân c a s sai khác này có th gi i thích là do trong mô hình Hyperbolic ch a xét n nh h ng c a l c dnh các l p t xung quanh c c. Tuy nhiên,

bài toán 2 này, do nh hình c a các l p t đỉnh còn nh nên các h s $R_{fs} = 0,9$; $R_{bf} = 0,9$ (xem tài li u [1], [3]) là phù h p v i các k t lu n [3].



Hình 4. S bài toán 2



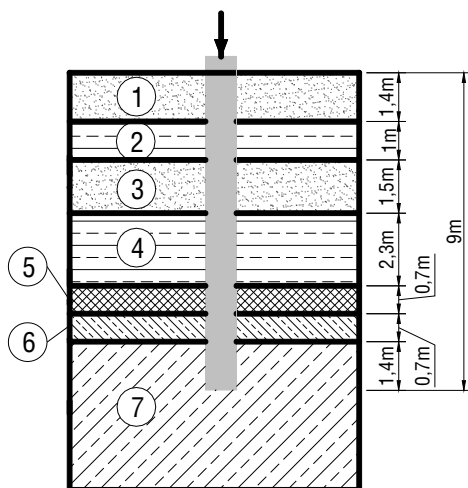
Hình 5. th quan h t i tr ng – chuy n v (bài toán 2)

3.3. Bài toán 3

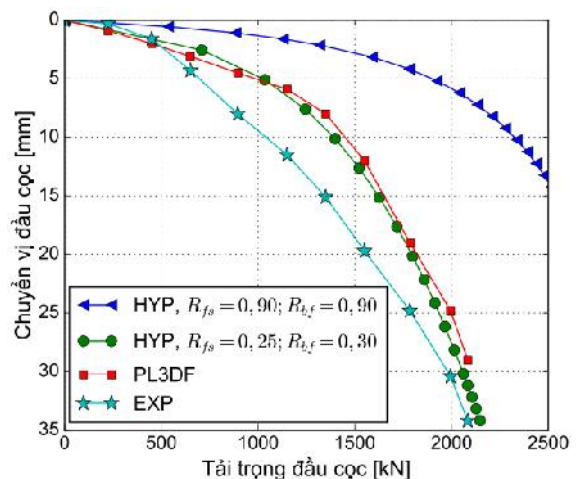
C c ng r ng b ng bê tông c t thép ng kính $D = 0,62m$; chi u dài $L = 9,0m$; c c n m trong n n t nhi u l p (hình 6) v i s li u a ch t b ng 3; các k t qu thí nghi m nén t nh đ c tr c và phân tích b ng ph n m m Plaxis 3D Foundation c a c c th hi n tài li u [5].

B ng 3. S li u a ch t bài toán 3, [5]

S th t l p t	Tên t	B dày l p t (m)	Tr ng l ng th tích (kN/m^3)	Mô un àn h i E (kPa)	H s n hông	Góc n i ma sắt ($^\circ$)	L c đỉnh n v c (kPa)
1	Cát m n	1,40	18,5	30000	0,30	32	1
2	Cát pha l n b i	1,00	16,3	17000	0,31	25	30
3	Cát m n	1,50	18,5	30000	0,30	32	1
4	Cát pha l n b i	2,30	16,3	17000	0,31	25	30
5	Cát pha	0,70	16,5	20000	0,31	25	18
6	Sét pha	0,70	18,5	22000	0,37	18	20
7	Cát m n	1,40	19,0	40000	0,30	32	7



Hình 6. S bài toán 3



Hình 7. th quan h t i tr ng – chuy n v (bài toán 2)

Kết quả cụ thể cùng thể hiện như hình 7. So sánh giá kết quả theo mô hình Hyperbolic, theo phần mềm Plaxis 3D Foundation và thí nghiệm nén tĩnh, có thể thấy khi hình dạng các lớp đất dính là r t l n (lớp 2 có độ dày 1,0m; lớp 4 có độ dày 2,3m; lớp 5 có độ dày 0,7m và lớp 6 có độ dày 0,7m so với tổng chiều dài cọc là 9m). Kết quả theo mô hình Hyperbolic khá gần so với thực tế.

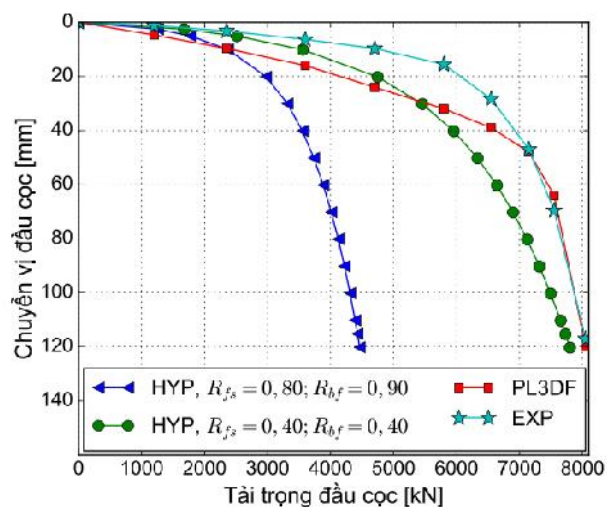
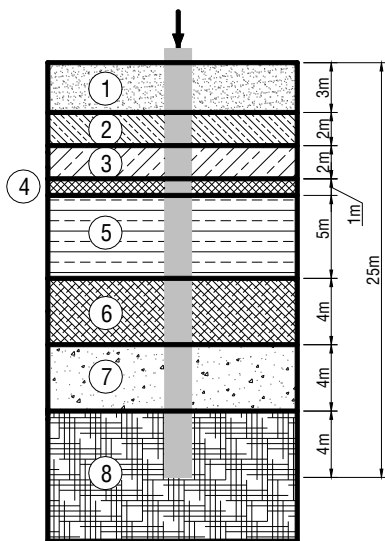
Để đánh giá hình dạng các giá trị R_{fs} và R_{bf} , chúng tôi thể hiện hiệu chỉnh khoảng giá trị và thay đổi, khi $R_{fs} = 0,25$; $R_{bf} = 0,3$ (ngoài vùng giá trị theo khuyến nghị trong [3]) thì công quan hệ tải trọng – chuyển vị cọc theo mô hình Hyperbolic khá gần với kết quả tính theo phần mềm Plaxis 3D Foundation (hình 7), đồng thời cũng thể hiện rõ sự sai lệch so với kết quả thí nghiệm. Đây chúng ta có thể thấy, nếu sử dụng các hệ số R_{fs} và R_{bf} thì kết quả thu được sẽ khá tin cậy và nhanh chóng, đồng thời việc tính toán cũng thuận lợi hơn rất nhiều so với việc sử dụng phần mềm Plaxis 3D Foundation mô phỏng.

3.4. Bài toán 4

Trong bài toán này, chúng tôi khảo sát cho trường hợp cọc bê tông cốt thép chịu tải trọng tĩnh, đường kính $D = 1,0m$; chiều dài $L = 25,0m$; các thông số trong nền đất như sau (hình 8) và sử dụng các thông số như bảng 4. Kết quả tính toán và so sánh thể hiện như hình 9.

Bảng 4 Số liệu địa chất bài toán 4, [5]

Số tầng lớp đất	Độ dày lớp đất (m)	Trọng lượng thể tích (kN/m^3)	Mô đun đàn hồi (E (kPa))	Hệ số ma sát hông	Góc dính ma sát ($^\circ$)	Liên kết đất nền (kPa)
1	3,0	18,0	20000	0,3	30	5
2	2,0	18,0	35000	0,3	33	5
3	2,0	18,0	25000	0,3	33	5
4	1,0	18,0	5000	0,3	22	18
5	5,0	17,0	45000	0,3	22	3
6	4,0	17,0	8000	0,3	32	4
7	4,0	17,0	13000	0,3	35	3
8	4,0	17,0	13000	0,3	33	3



Hình 8. Sơ đồ địa tầng và cọc

Hình 9. Đồ thị quan hệ tải trọng – chuyển vị (bài toán 4)

Trong hình 9 có thể thấy khi sử dụng mô hình Hyperbolic cho các cọc bê tông cốt thép theo các thông số mô hình trong [3] thì kết quả tính toán sai khác khá lớn so với thí nghiệm nén tĩnh và tính toán trên Plaxis 3D Foundation. Thể hiện phép hiệu chỉnh tải trọng tĩnh bài toán 3 với các hệ

số hệ số $R_{fs} = 0,4$; $R_{bf} = 0,4$ thì kết quả tính toán khác biệt, có thể sử dụng để báo quan hệ chuyển vị trục và trục ngang.

4. Kết luận

Từ các kết quả nghiên cứu trên, một số kết luận của nhóm tác giả rút ra như sau:

- Đối với trục, dù là mô hình thay thế hay mô hình Hyperbolic mô phỏng khác biệt mối quan hệ giữa trục ngang – chuyển vị trục. Các hệ số R_{fs} , R_{bf} xuất hiện trong nghiên cứu [3] cho kết quả tính toán và thí nghiệm.

- Đối với trục ngang nền mô hình thay thế và có các lớp đất dính xen kẽ, do ảnh hưởng của lực dính, các kết quả tính toán bằng mô hình Hyperbolic có sai khác so với kết quả thí nghiệm nền mềm, sai khác càng tăng khi ảnh hưởng của lực dính càng lớn. Có kết quả gần như với kết quả thí nghiệm nền mềm bằng mô hình Plaxis 3D Foundation thì cần thiết phải sử dụng các hệ số R_{fs} , R_{bf} khác với xuất hiện trong tài liệu [3].

- Khi thay đổi vật liệu làm cốt bê tông sang thép, thì kết quả tính toán theo mô hình Hyperbolic sai khác khá rõ khi so sánh với kết quả nền mềm bằng Plaxis 3D Foundation. Trong trường hợp này cần phải sử dụng giá trị các hệ số R_{fs} , R_{bf} khác với xuất hiện trong tài liệu [3] có kết quả gần như với kết quả thí nghiệm nền mềm bằng mô hình Plaxis 3D Foundation.

Bằng việc lập sẵn thuật toán giả lập (chẳng hạn bằng Python) thì việc tính toán theo mô hình Hyperbolic trở nên ngắn gọn và nhanh chóng, đặc biệt là khi thay đổi thông số vào, ví dụ như chiều dài cọc, chiều dày lớp đất, số tầng lớp đất,... Chú ý rằng nếu sử dụng phần mềm Plaxis 3D Foundation thì phải tính khá nhiều thời gian nếu thay đổi các thông số trên. Đây chính là ưu điểm nổi bật của phương pháp tính toán bằng mô hình Hyperbolic.

Tài liệu tham khảo

- [1] Trần Hoàng Minh, Nguyễn Thị Duyên, “Sử dụng mô hình hyperbolic ngắn gọn nghiên cứu ứng xử cọc đơn và trục ngang”, *Tạp chí Khoa học Công nghệ Xây dựng - Viện Khoa học Công nghệ (IBST) - Xây dựng* - số 2/2016, ISSN 1859-1566, trang 60-66.
- [2] Braja Das (7th Edition), *Principles of Foundation Engineering (Chapter 11, pp.557-559)*, Cengage learning, USA.
- [3] Qianqing Zhang, Shucai Li, Fayun Liang, Min Yang, Qian Zhang (2014), “Simplified method for settlement prediction of single pile and pile group using a hyperbolic model”, *International Journal of Civil Engineering*, Vol.12, No.2 Transaction B: Geotechnical Engineering.
- [4] Kulhavy F.H (1984), “Limiting tip and side resistance: factor or fallacy, Analysis and design of pile foundations”, *Proceedings of Symposium in conjunction with ASCE National Convention*, pp.80-90, San Francisco, USA.
- [5] Serhii Lozovyi, Evhen Zahoruiko (2012), “Plaxis Simulation of State Pile Tests and Determination of Reaction Piles Influence”, *New Technologies in Construction*, NDIBV, Kyiv, 23-24 (1-2).
- [6] www.python.org, Website chính thức của ngôn ngữ lập trình Python (truy cập tháng 06/2016).