

PHÂN TÍCH KẾT CẤU CHÂN KÈ BIỂN THEO MÔ HÌNH TƯƠNG TÁC

Nguyễn Quang Hùng

Trường Đại học Thủy lợi

Tóm tắt: Chân kè đê biển là một trong những kết cấu qua trọng trong việc giữ ổn định cho kết cấu kè biển. Nhiều sự cố hư hỏng kè biển Việt nam đã cho thấy rõ sự biến dạng không đều giữa mái kè- thân kè- chân kè. Trong tính toán kỹ thuật thông thường và nhất là khi sử dụng mô hình số để giải quyết bài toán kết cấu đã coi mái kè, thân kè và chân kè như một môi trường nhiều chỉ tiêu cơ lý đã không đáp ứng được điều kiện làm việc thực tế. Nghiên cứu của bài báo này tách rời các môi trường làm việc của kè, ứng dụng cơ học môi trường không liên tục theo điều kiện tương tác để phân tích kết cấu kè biển. Các kết quả nghiên cứu cho thấy rõ tình hình phân bố ứng suất cũng như ứng xử của hệ Công trình- Nền trong điều kiện chịu tải trọng ngoài.

Từ khóa : Phương pháp phần tử hữu hạn, Tương tác, Chân kè, tiếp xúc

Summary: Embankment toe is one of the important structures in stabilizing sea embankment structure. Many incidents of sea dyke failure in Vietnam have clearly shown that the deformity between the protect embankment and the Background is not continuous. In conventional engineering calculations, and especially when using numerical models to solve structural problems, roof embankments, embankments and embankments are considered as an environment with many physical and mechanical criteria that did not meet the working conditions. practical work. The study of this paper separates the working environment of embankments, the application of discontinuous mechanics according to the interactive conditions for analyzing seabed structures. The research results clearly show the situation of stress distribution as well as the behavior of the Construction system - Background under the condition of external load.

Keywords: Finite element method, Interaction, Embankment toe, Contact.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Việt Nam là một quốc gia có bờ biển dài khoảng 3260 km, kéo dài 13 độ vĩ tuyến từ Móng Cái đến Hà Tiên. Duyên hải miền Trung là nơi hứng chịu nhiều tác động của bão trong khu vực, theo những thống kê từ năm 1972 đến nay cho thấy khu vực này chịu tác động của 49 % số cơn bão. Các cơn bão đổ bộ vào miền Trung gây ra mưa lớn, gió mạnh và đặc biệt là sóng do gió gây ra có tác động mạnh mẽ đến công trình thủy lợi nói chung và kè bảo vệ mái dốc nói riêng. Các tác động này thường gây ra những hư hỏng mái và chân kè dẫn đến mất an

toàn ổn định tổng thể của kè.[1]

Thân kè là một bộ phận không thể thiếu và là một phần chức năng của kè bảo vệ đê biển. Việc làm việc của kè có sự tác động tương hỗ giữa thân kè- mái kè- chân kè cũng như sự tương tác giữa mái kè bảo vệ mái, chân kè với tác động của biển và nền. Trong kỹ thuật thủy lợi, kỹ thuật đê và công trình bảo vệ bờ, nhiều hệ thống kết cấu bị phá hoại do tác động tương tác giữa ba môi trường Đất-Nước- Công trình. Tính toán công trình xây dựng xét đến tương tác giữ ba môi trường là một tiến bộ trong khoa học công nghệ xây dựng nhưng thường gặp phải những

Ngày nhận bài: 15/4/2019

Ngày thông qua phản biện: 28/5/2019

Ngày duyệt đăng: 10/6/2019

khó khăn về mô phỏng cơ chế phá hoại cũng như giải quyết những mô hình cơ học cũng như thực hiện phương pháp tính...[2-4]



Hình 1: Sóng lớn nguy cơ gây hư hỏng kè



Hình 2: Mái kè hư hỏng dưới tác động của sóng

Để giải các bài toán cơ học có xét đến tương tác cho các công trình đất như đê, đập, hiện nay phương pháp phần tử hữu hạn tỏ ra là công cụ thích hợp.

Đê biển khi chịu tác dụng của các tải trọng từ phía biển tác động, do đó trường ứng suất biến dạng trong thân đê cũng bị chi phối. Các tác động thủy lực từ phía biển và tác động địa kỹ thuật từ thân đê vào kết cấu lớp vỏ có tác dụng tương hỗ nhau. Có nhiều cách để có thể mô phỏng sự làm việc tương tác giữa nền đê và thân kè như mô phỏng kè và lớp đất trên một số mô hình đất nhất định khá đơn giản (mô hình đất Winkler, Pasternak), mô hình phức tạp như mô hình đất cố kết, mô hình dẻo... Trong bài viết

này, tác giả lựa chọn mô hình đất nền là mô hình đàn dẻo không gian bán vô hạn.[2-4]

Đối với vấn đề mô hình hóa không gian bán vô hạn. Một là làm thế nào để mô hình tiếp xúc giữa kè bảo vệ và lớp đất bên dưới? Có một số cách để thực hiện vấn đề này, sẽ được giải quyết bằng phần mềm ANSYS. Cách đầu tiên là giải pháp bằng cách sử dụng kết nối cố định của các nút hay còn gọi là mô hình liên tục, đảm bảo tính liên tục về chuyển vị. Cách thứ hai là áp dụng các yếu tố tiếp xúc và ở đây cụ thể là sử dụng CONTACT52 với liên kết ma sát và cách thứ ba là bằng các yếu tố tiếp xúc như CONTA173, CONTA172 với TARGE170, TARGE170.[3-6].

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Lựa chọn mô hình nền

Có nhiều mô hình đất để sử dụng trong phân tích kết cấu nền. Các mô hình toán học - vật lý được sử dụng nhiều nhất của đất đàn hồi là:

- 1) Mô hình mặt đất Winkler
- 2) Mô hình lớp đất nền Pasternak
- 3) Lý thuyết về không gian đàn hồi bán vô hạn (mô hình Boussinesque)

Mô hình thân kè được sử dụng trong nghiên cứu này là mô hình Boussinesque.

2.2. Vấn đề tiếp xúc trong phương pháp phần tử hữu hạn

Phương pháp phần tử hữu hạn (FEM) là một phương pháp số gần đúng dựa trên phương pháp Ritz. Rất nhiều chương trình máy tính hiện đang hoạt động theo nguyên tắc FEM, ví dụ ANSYS, SCIA ESA PT, IDA NEXIS32, RFEM, v.v.

Bản chất của phương pháp này là phân phối miền tính toán thành hữu hạn các phần tử nhỏ, có thể có hình dạng và kích cỡ khác nhau được liên kết với nhau bởi các điểm nút. Các tham số của miền tính toán được thể hiện ở các nút này. Sử dụng nguyên lý Lagrange thu được một hệ phương trình đại số. Sau đó có thể xác định các

tham số chưa biết tại các nút này.

Đối với vấn đề tiếp xúc trong FEM được giải quyết theo mô hình nền không gian bán vô hạn và được gắn với công trình bằng các liên kết. Khi đó năng lượng toàn phần của hệ kết cấu Công Trình- Nền được thể hiện như sau:

$$\pi = \pi_z + \pi_p + \pi_e \quad (1)$$

Trong đó

π : năng lượng toàn phần của miền tính toán.

π_p là năng lượng toàn phần của đất nền.

π_z - năng lượng toàn phần của công trình

π_e - năng lượng toàn phần của ngoại lực

Theo nguyên tắc biến thiên Lagrange của tổng năng lượng toàn phần đạt cực trị từ nguyên lý di chuyển khả dĩ. Khi đó có được:

$$\delta\pi = 0 \quad (2)$$

2.3. Mô phỏng tiếp xúc trong phương pháp phần tử hữu hạn bằng phần mềm Ansys

Để có thể lựa chọn hình thức liên kết đúng đắn nhất đối với bài toán nghiên cứu, cần thiết phải hiểu rõ đặc tính cũng như điều kiện áp dụng của các loại hình liên kết.

Đối với các vấn đề tiếp xúc điểm-điểm, có thể đề cập đến tiếp xúc CONTACT12, CONTACT52 và CONTACT178. Khi áp dụng loại hình tiếp xúc điểm-điểm này, cần phải biết trước các vị trí tiếp xúc rõ ràng. Loại hình tiếp xúc này phù hợp với các bài toán có biến dạng nhỏ, chuyển

vị tương đối của các chất điểm nằm trên mặt tiếp xúc trong phạm vi nhỏ. Loại hình tiếp xúc này cũng phù hợp với các bài toán phi tuyến về hình học (lưới phần tử tự thích ứng).

Đối với vấn đề tiếp xúc mặt, các nút được mô phỏng tiếp xúc có thể sử dụng các nút liên tục hoặc các nút linh hoạt như CONTACT26, CONTACT48, CONTACT49, CONTACT175. Lúc này, các nút không cần thiết phải tuân theo phương trình liên tục thông thường của phương pháp FEM, đã có sự cho phép biến dạng lớn và xảy ra sự trượt giữa các nút này trên cạnh, mặt.....

Đối với vấn đề tiếp xúc trực diện, lúc này liên kết giữa 2 miền tiếp xúc được mô phỏng bằng tiếp xúc giữa cạnh-cạnh, cạnh- mặt hoặc mặt-mặt với các quan hệ bậc 2 hoặc bậc 3 như quan hệ bậc thấp 2 nút: CONTACT171, bậc cao 3 nút CONTACT172 hoặc tiếp xúc 4 nút liên kết ba chiều. Khi mô phỏng sự tiếp xúc này cần phải chú ý mặt đích và mặt tiếp xúc. Việc lựa chọn mặt đích phải dựa vào độ cứng hơn của mặt đích so với mặt còn lại. Đối với bài toán 2 chiều, mặt tiếp xúc được lựa chọn là CONTACT171 và CONTACT172 kết hợp với mặt mục tiêu hai chiều TARGET169. Đối với các tiếp xúc 3 chiều mặt tiếp xúc CONTACT173 và CONTACT174 kết hợp với mặt mục tiêu ba chiều TARGET170. Các đặc tính của các liên kết này đối với các loại phần tử tiếp xúc được thể hiện trong bảng 1.

Bảng 1: Các đặc tính của phần tử tiếp xúc trong Ansys

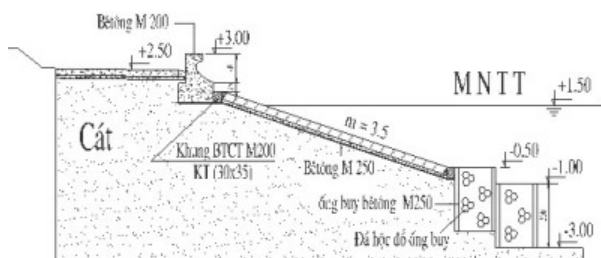
	Note-to-Node	Node-to-Surface	Surface-to-Surface		Line-to-Line	Line-to-Surface
Contact Element No.	178	175	171, 172	173, 174	176	177
Target Element No.	--	169, 170	169	170	170	170
2-D	Y	Y	Y	--	--	--
3-D	Y	Y	--	Y	Y	Y
Sliding	small	large	large	large	large	large
Cylindrical Gap	Y					
Spherical Gap	Y					
Pure Lagrange	Y	Y	Y	Y	Y	Y

	Note-to-Node	Node-to-Surface	Surface-to-Surface		Line-to-Line	Line-to-Surface
Multiplier						
Augmented Lagrange Multiplier	Y	Y	Y	Y	Y	Y
Lagrange Multiplier on Normal and Penalty on Tangent	Y	Y	Y	Y	Y	Y
Internal Multipoint Constraint (MPC)	--	Y	Y	Y	Y	Y
Contact Stiffness	semi-auto	semi-auto	semi-auto	semi-auto	semi-auto	semi-auto
Auto-meshing Tools	EINTF	ESURF	ESURF	ESURF	ESURF	ESURF
Lower-Order	Y	Y	Y	Y	Y	Y
Higher-Order	--	Y (2-D only)	Y	Y	Y	Y
Rigid-Flexible	Y	Y	Y	Y	Y	Y
Flexible-Flexible	Y	Y	Y	Y	Y	Y
Thermal Contact	Y	Y	Y	Y	--	--
Electric Contact	Y	Y	Y	Y	--	--
Magnetic Contact	--	Y	Y	Y	--	--

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Số liệu dùng trong nghiên cứu

Mô hình tương tác trong kết cấu chân kè biên được tiến hành trên sơ đồ được cho ở hình 3 với kích thước ở bảng 2 và các chỉ tiêu cơ lý được cho ở bảng 3.



Hình 3: Sơ đồ nghiên cứu tương tác

Bảng 2: Các thông số cơ bản của mặt cắt ngang điển hình kè

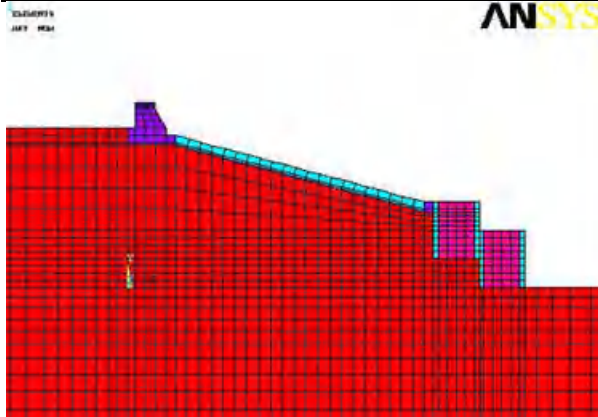
STT	Hạng mục	Thông số
1	▽ đỉnh tường	+3.0 m
2	Hệ số mái kè	3.5

STT	Hạng mục	Thông số
3	▽ ống buy phía trên	-0.5 m
4	▽ ống buy phía dưới	-1.0 m
5	Chiều cao ống buy	2 m

Bảng 3: Các chỉ tiêu cơ lý của vật liệu

STT	Vật liệu	E (Pa)	μ	γ (T/m ³)
1	Bê tông M250	2,85e10	0,167	2,4
2	Bê tông M200	2,6e10	0,167	2,4
3	Cát	10e7	0,35	1,8
4	Lớp đệm dăm sỏi	10e7	0,35	2,2

5	Đá hộc	2,9e10	0,3	2,6
---	--------	--------	-----	-----



Hình 4: Sơ đồ lưới phần tử tính toán

Mô hình tiếp xúc được dùng ở đây là CONTACT172 kết hợp với mặt mục tiêu hai chiều TARGET169 tại vị trí tiếp giáp giữa mái kè bảo vệ bằng tám bê tông với nền, giữa ống buy-ống buy và giữa ống buy-nền.

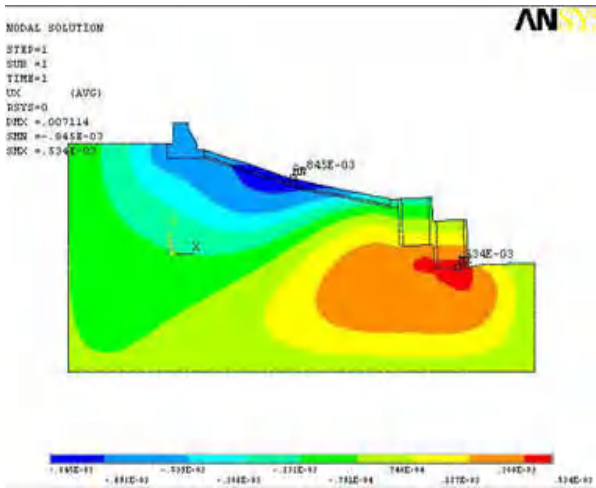
Bảng 4: Đặc trưng phần tử TARGE169

Phần tử	TARGE169
Tiếp điểm	I, J, K, M, N, O, P
Độ tự do	UX, UY, UZ, TEMP, VOLT, MAG (ROTX, ROTY, ROTZ)
Hằng số thực	R1, R2
Đặc tính vật liệu	Không
Tải trọng bề mặt	Không
Tải trọng khối	Không
Tải trọng đặc biệt	Phi tuyến tính, phần tử sinh chết

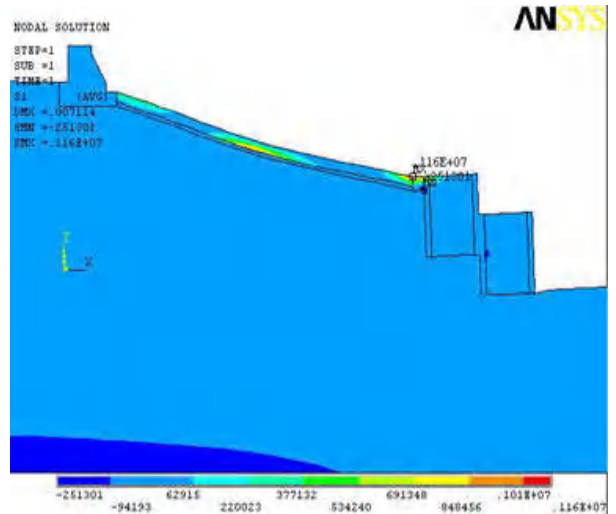
Bảng 5: Đặc trưng phần tử CONTA172

Phần tử	CONTA172
Tiếp điểm	I, J, K, L
Độ tự do	UX, UY, UZ (KEYOPT(1) = 0) UX, UY, UZ, TEMP (KEYOPT(1) = 1) TEMP (KEYOPT(1) = 2) UX, UY, UZ, TEMP, VOLT (KEYOPT(1) = 3) TEMP, VOLT (KEYOPT(1) = 4) UX, UY, UZ, VOLT (KEYOPT(1) = 5) VOLT (KEYOPT(1) = 6) MAG (KEYOPT(7) = 1)
Hằng số thực	R1, R2, FKN, FTOLN, ICONT, PINB, PMAX, PMIN, TAUMAX, CNOF, FKOP, FKT, COHE, TCC, FHTG, SBCT, RDVF, FWGT, ECC, FHEG, FACT, DC, SLTO, TNOP, TOLS, MCC
Đặc tính vật liệu	DAMP, MU, EMIS

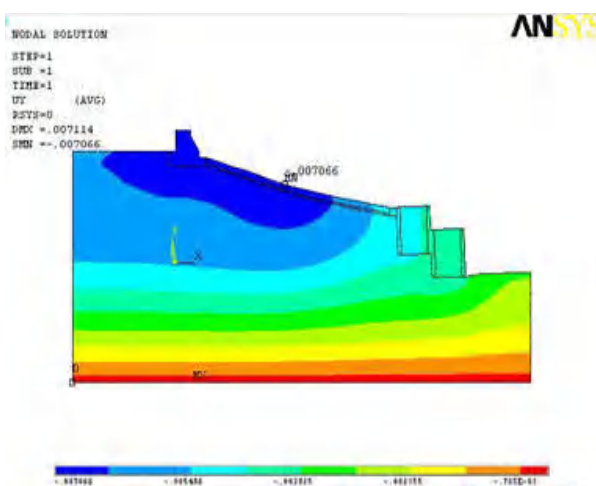
Tải trọng bề mặt	Đối lưu, lưu lượng nhiệt
Tải trọng đặc biệt	Phi tuyến tính, biến hình lớn, phần tử sinh chết



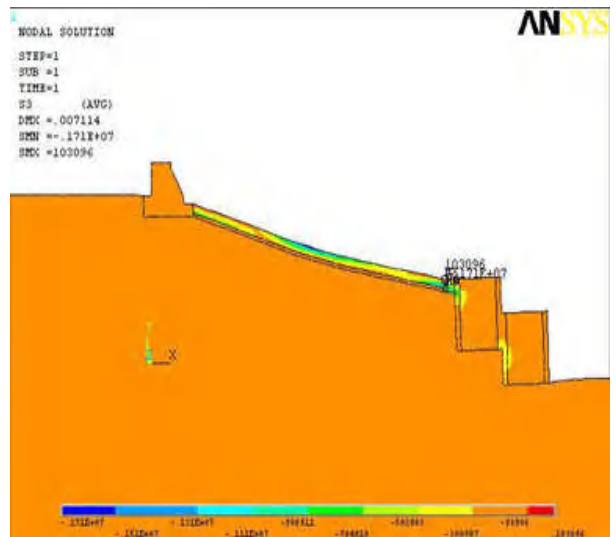
Hình 5: Dịch chuyển vị X



Hình 7: Ứng suất nhỏ nhất S1



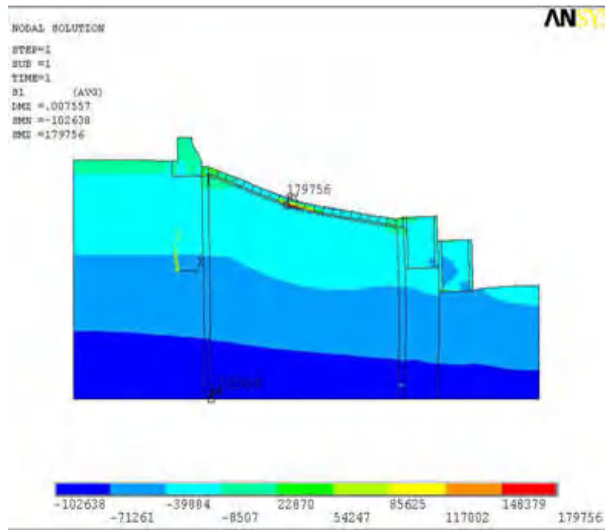
Hình 6: Dịch chuyển vị Y



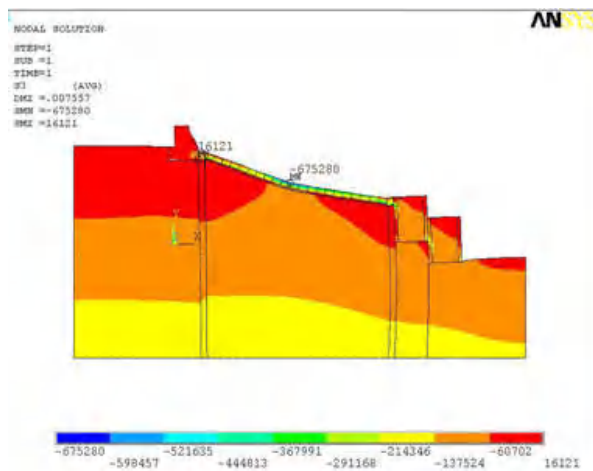
Hình 8: Ứng suất lớn nhất S3

Kết quả thể hiện từ hình. 5 đến hình. 8 ứng với phương trình mô hình vật liệu liên tục, đồng nhất một môi trường hai đặc tính cơ học. Các kết quả về chuyển vị, ứng suất của các môi trường nền, kết cấu bảo vệ mái, ống buy đều đảm bảo liên tục. Quan điểm này chỉ phù hợp với thực tế nếu hệ kết cấu và nền có chuyển vị nhỏ, có thể bỏ qua chuyển vị tương đối giữa hai môi trường. Tuy nhiên đối với kết cấu kè và

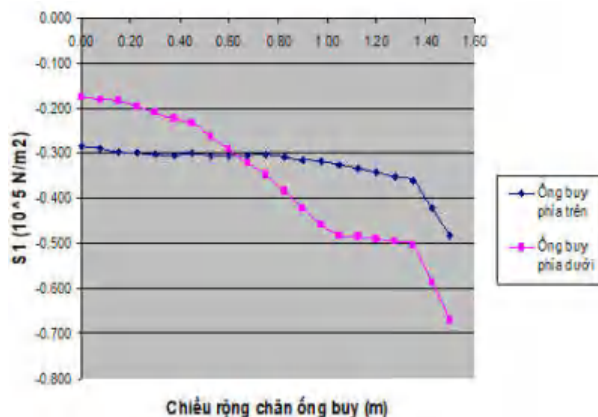
nhất là kê đê biển được đặt trên môi trường á cát thì mô hình liên tục chưa thực sự sát với thực tế.



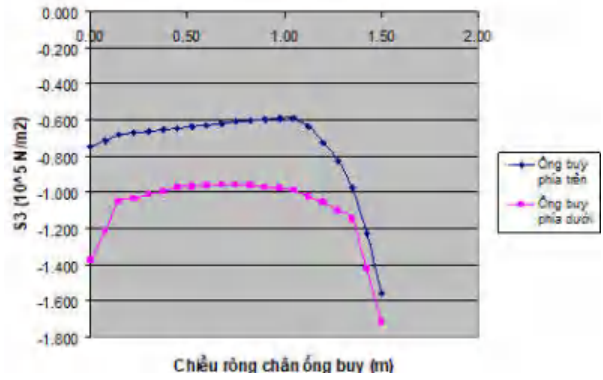
Hình 9: Ứng suất nhỏ nhất S1



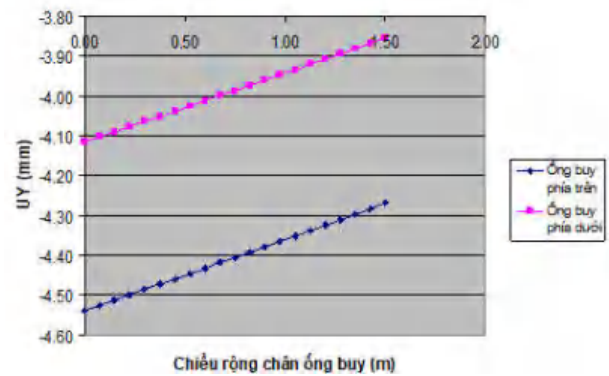
Hình 10: Ứng suất lớn nhất S3



Hình 11: Ứng suất nhỏ nhất S1 dưới đáy ống bụy



Hình 12: Ứng suất nhỏ nhất S3 dưới đáy ống bụy



Hình 13: Lún của chân kê ống bụy

Các kết quả từ hình 9 đến hình 12 thể hiện trạng thái ứng suất chính nhỏ nhất, ứng suất chính lớn nhất cũng như sự thay đổi của chúng dưới đáy hai hàng ống bụy. Những kết quả này cho thấy rõ ứng suất chính có sự thay đổi đáng kể cả về giá trị cũng như phân bố so với trường hợp sử dụng mô hình liên tục. kết quả nghiên cứu lún của chân kê ống bụy trên hình 13 cho thấy rõ sự lún lệch của các hàng ống bụy dưới tác dụng của tải trọng ngoài.

4. KẾT LUẬN

Ứng suất cục bộ thường xuất hiện tại những vùng thay đổi đột ngột về hình học hoặc thay đổi về tính chất cơ lý của các bộ phận công trình hoặc giữa công trình và nền. Ví dụ tính toán đã cho thấy rõ sự thay đổi về trường ứng suất tại vùng tiếp xúc giữa hai môi trường tại vùng tiếp xúc. Các kết quả nghiên cứu cũng là cơ sở để tiến hành nghiên cứu xử lý lún không đều của các bộ phận kê và đặc biệt là chân kê với hình thức ống bụy. Các kết quả tính toán lún không

đều giữa các hàng ống buy là cơ sở để nghiên cứu về cao trình đặt ống buy trong bài toán thiết kế cũng như vận hành.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Nguyễn Quang Hùng. Một số vấn đề về kích thước và ổn định chân kè đê biển . Tuyển tập công trình khoa học trường đại học Thủy Lợi, số 4. 1999. (30-34.).
- [2] Nguyễn Quang Hùng. Nghiên cứu ứng dụng mô hình tương tác đánh giá ổn định đê biển trong trường hợp sóng, triều cường tràn qua đê (đề tài nhánh cấp nhà nước KC.08.15/06-10). 2010
- [3] Xie He-ping, Chen Zhong-hui, Zhou Hong-wei, Yi Cheng, Chen Zhi-jian. *Study on two-body mechanical model based on interaction between structural body and Geo-body*. Chinese Journal of Rock Mechanics and Engineering, Vol24 No9, 2005.
- [4] Cao Ke-ming. *Concrete Face Rockfill Dam*. China WaterPower Press, 2008, pp311-317.
- [5] Vũ Hoàng Hưng, Nguyễn Quang Hùng. Ứng dụng mô hình phân tử tiếp xúc phân tích ổn định chống trượt đập bê tông trọng lực. Tạp chí thủy lợi và môi trường. số 25. 2009 (38-45).
- [6] Nguyễn Quang Hùng. Ứng dụng mô hình tiếp xúc ma sát coulumb nghiên cứu ứng suất cục bộ trong đập bê tông đầm lăn. Tạp chí Nông nghiệp và phát triển nông thôn (nhận đăng số 11/2019).
- [7] Vũ Quốc Công, Vũ Hoàng Hưng, Mai Xuân Hương, Nguyễn Quang Hùng. Sử dụng mô hình tương tác phân tích ứng suất biến dạng bản mặt bê tông đập đá đổ bê tông bản mặt số 9.2009 (86-91)
- [8] ANSYS Company. Release 10.0 Documentation for ANSYS.