

LỜI NÓI ĐẦU

Sau khi tạ thế (hay viên tịch), kim quan của Thượng toạ Thích Viên Thành đã được quàn tại Thiên Trù - Hương Tích (xem ảnh).



Để tưởng nhớ công đức của Người, theo nguyện vọng của các đệ tử, ban quản lý chùa đã chủ trương xây dựng tháp đá "chân tịnh" đặt trên kim quan đã "quàn" trước.

Trong thiết kế tháp đá này, ban quản lý chùa đặt ra các câu hỏi và yêu cầu là:

1. Địa chất nền tháp có bảo đảm cho sự làm việc bình thường và bền vững vĩnh cửu cho tháp không?

2. Trong quá trình thi công, hạn chế tới mức tối đa ảnh hưởng tới kim quan đã đặt trước;

3. Không dùng cốt thép để xây móng tháp.

Theo đề nghị của Hội Xây dựng với tác giả bài báo này giúp Nhà Chùa thiết kế móng tháp với các yêu cầu nêu trên; với tấm lòng thành kính và ngưỡng mộ đại đức Thượng toạ Thích Viên Thành của mình, tác giả đã mời một số đồng nghiệp tại Công Ty Tư vấn 2 và trường Đại học thuỷ lợi thuộc bộ NN & PTNT cùng cộng tác để làm việc công đức này.

Tập thể khảo sát - thiết kế móng tháp gồm có:

1. GS. Nguyễn Công Mẫn, CG. Địa kỹ thuật trường Đại học Thuỷ lợi, trưởng nhóm

2. GV. Nguyễn Như Oanh, CG. Vật liệu xây dựng, ĐHTL;

3. GV. Nguyễn Công Thắng, CG. Sức bền vật liệu, ĐHTL;

4. KS. Hoàng Khắc Bá, CG. Địa chất công trình, CT Tư vấn 2;

5. KS. Vũ Minh Sơn, CG. Địa vật lý và các cộng sự, CT Tư vấn 2.

Ngoài ra còn có sự tham gia giúp đỡ thí nghiệm một số mẫu đất đá của Phòng TN Địa kỹ thuật của CT Tư vấn 2.

Các kết quả khảo sát, thiết kế và thi công móng đã giải đáp được các yêu cầu đặt ra của ban quản lý chùa.

Nếu nay ai vẫn cảnh Thiên Trù - Hương tích sẽ lại thấy thêm một tháp đá "chân tịnh" mà trang nghiêm - hiện đại trong quần thể tháp cổ kính "lịch sử" được bao quanh bởi cảnh núi non hùng vĩ và nên thơ của Hương Sơn.

Tác giả xin chân thành cảm ơn các đồng nghiệp đã hưởng ứng cùng làm việc công đức này với tấm lòng thành kính đối với Thượng toạ Thích Viên Thành.

Giải pháp móng và đánh giá ổn định tháp đá Chân – Tịnh Thiên Trù – chùa Hương bằng phần mềm SIGMA/W V.5

GS. Nguyễn Công Mẫn
Trường Đại học Thủy lợi

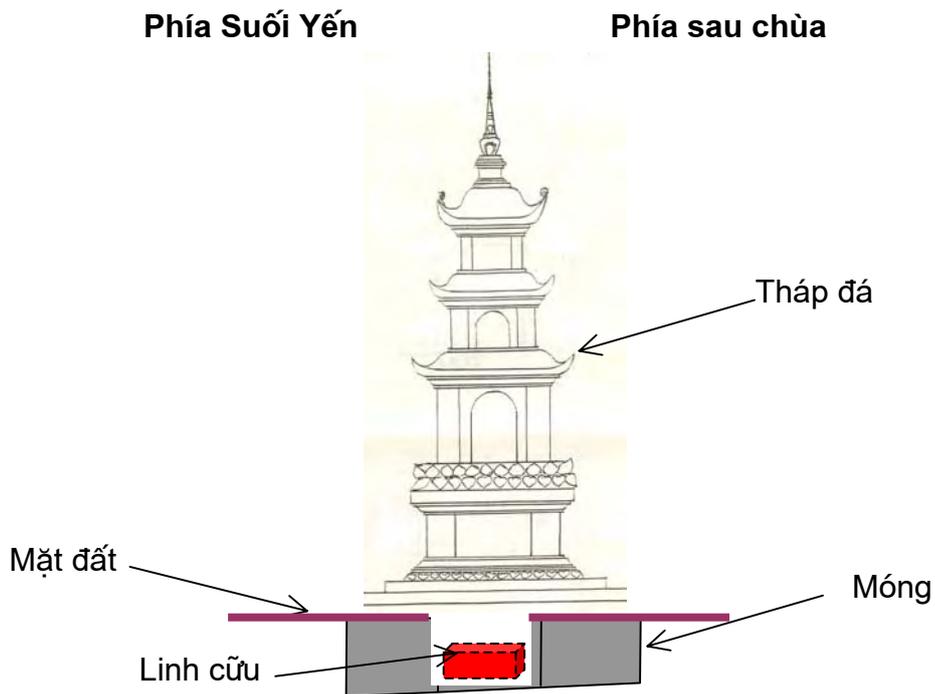
1. Yêu cầu chung của mộ tháp

Mộ tháp được đặt trên đỉnh lớp đất - đá hỗn hợp 2, nằm dưới lớp phủ đất đá hỗn hợp 1 dày từ trên 1m tới trên 1,50m có độ dốc khoảng 6 độ. Lớp 2 có độ dày biến đổi từ 0,50m đến 4,00 m; ngay dưới đó là lớp đá vôi phong hoá nứt nẻ nhẹ 4 dày khoảng từ trên 3,00m tới 6,50m, dưới cùng là đá vôi nguyên khối rắn chắc 5 (Hình 2).

Tháp làm bằng đá vôi màu xám đen, đã hơi bị “đá hoa hoá”, hạt mịn tròn đặt trên hố mộ dưới mặt đất đã quàn kim quan của Thượng tọa. Kết cấu của tháp là loại chốt lắp ghép không dùng chất kết dính.

Theo yêu cầu của Ban quản lý Chùa, kết cấu móng cần vững chắc để bảo đảm tháp ổn định vĩnh cửu về các mặt cường độ và biến dạng do nền gây ra, đồng thời hạn chế tới mức cần thiết ảnh hưởng tới kim quan.

Sơ đồ tháp mộ và kết cấu móng dự kiến nêu trên hình 1.



Hình 1. Sơ đồ tháp và móng

2. Đặc điểm địa hình, địa tầng nơi xây dựng tháp

Địa hình khu vực dựng tháp và lân cận tương đối bằng so với khu vực quanh chùa, nên thuận lợi cho công tác khảo sát, đánh giá điều kiện địa chất bằng phương pháp địa vật lý: phương pháp sóng phản xạ và điện trở.

Việc khảo sát được tiến hành theo hai tuyến: tuyến **I-I'** và **II-II'** song song và cách nhau khoảng 8,00m, dài 67,50m và song song với đường qua tâm đáy tháp theo hướng từ phía sau chùa đến cổng chùa (Suối Yến) (Phụ lục 1).

Kết quả khảo sát cho thấy mặt cắt địa chất theo hai tuyến trên khá trùng khớp nhau.

Ở đây chỉ phân tích điều kiện địa tầng tại vị trí đặt tháp và trong phạm vi ảnh hưởng gần đó của tháp để có cơ sở đánh giá điều kiện làm việc sau này sau khi dựng tháp.

Tại vị trí đặt tháp và trong phạm vi ảnh hưởng của nó, lớp phủ hỗn sét-sạn sỏi ký hiệu 1, có khi còn lẫn cả gạch vụn dày thường từ 1 m tới 2m;

Dưới đó là lớp ký hiệu 2, đất - đá hỗn hợp có giới hạn dưới là mặt dốc, góc đường hướng dốc khoảng 39 độ, có tốc độ truyền sóng nén từ 1200 tới 1600 m/sec;

Tiếp đó là lớp đá vôi phong hoá nứt nẻ 4 dày từ 3m tới 7m, mặt đỉnh tầng này tiếp xúc với đáy tầng 2 nên cũng có góc dốc bằng khoảng 39 độ và có tốc độ truyền sóng nén từ 2500 tới 3000 m/sec;

Dưới cùng là tầng đá vôi nguyên khối rắn chắc 5, mặt đỉnh của nó cách mặt đất khoảng từ 8m tới gần 9m. Tại độ sâu này, nó không còn ảnh hưởng trực tiếp tới sự làm việc của tháp.

Điều kiện địa tầng đó cho phép dự đoán trước rằng móng tháp có khả năng chuyển vị về phía cổng chùa. Tuy nhiên chuyển vị đó có đủ lớn để gây sự làm việc bất lợi cho tháp hay không còn tùy thuộc vào đặc trưng độ bền và biến dạng của đất đá tầng 2.

Bảng 1 cho các đặc trưng cơ lý dùng để tính toán của các tầng đất đá.

Bảng 1. Các đặc trưng cơ lý tính toán của đất đá [$1\text{kG/cm}^2 = 100\text{ kPa}$]

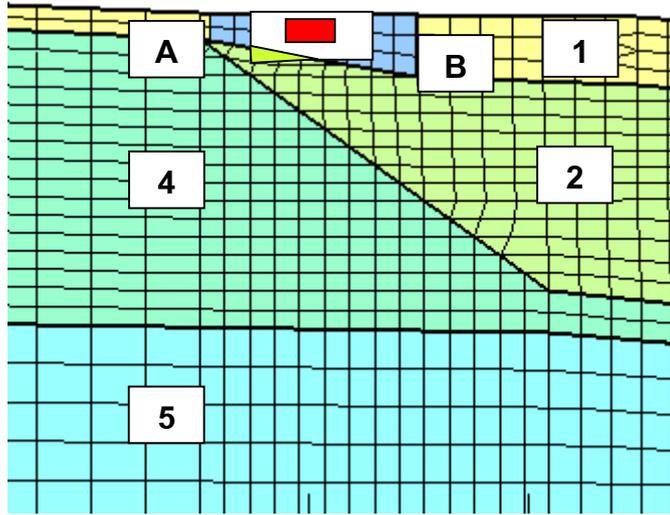
Tên lớp đất đá	Tốc độ truyền sóng Vp (m/sec)	Mô đun E (kPa) x10 ²	Hệ số nở hông μ	Trọng lượng đơn vị γ (kN/m ³)x10	Góc ma sát trong ϕ (độ)	Lực dính đơn vị c (kPa)x10 ²
1. Lớp phủ hỗn hợp sét lẫn sạn sỏi (1)	-	1,2x10 ²	0.35	1,82	15	0,18
2. Lớp đất đá hỗn hợp (2)	1200 - 1400	2,8 x10 ²	0,34	2,1	22	0,40
3. Lớp đá vôi nứt nẻ (3)	1700 - 1800	4,2x10 ²	0,336	2,20		
4. Lớp đá vôi phong hoá nứt nẻ nhẹ (4)	2700 – 3000	11,5 x10 ²	0,331	2,33		
5. Đá vôi nguyên khối rắn chắc (5)	5600	6,11x10 ³	0,317	2,76/ 2,74*		

Chú thích: Số liệu trong bảng trên do khảo sát địa vật lý cung cấp. Các chỉ tiêu E được suy từ tốc độ truyền sóng Vp, do đó để bảo đảm an toàn trong việc đánh giá biến dạng nền, thiết kế đã chỉ lấy giá trị tính toán của E bằng 1/100 giá trị nhỏ nhất do khảo sát cung cấp. Giá trị **2,74*** trong bảng được xác định bằng TN trong phòng.

3. Giải pháp móng

Để bảo đảm các yêu cầu nêu trong mục 1, giải pháp móng được chọn theo sơ đồ nêu trong hình 2, 3.

Phía sau chùa ⇒ Phía trước chùa (Suối Yến)

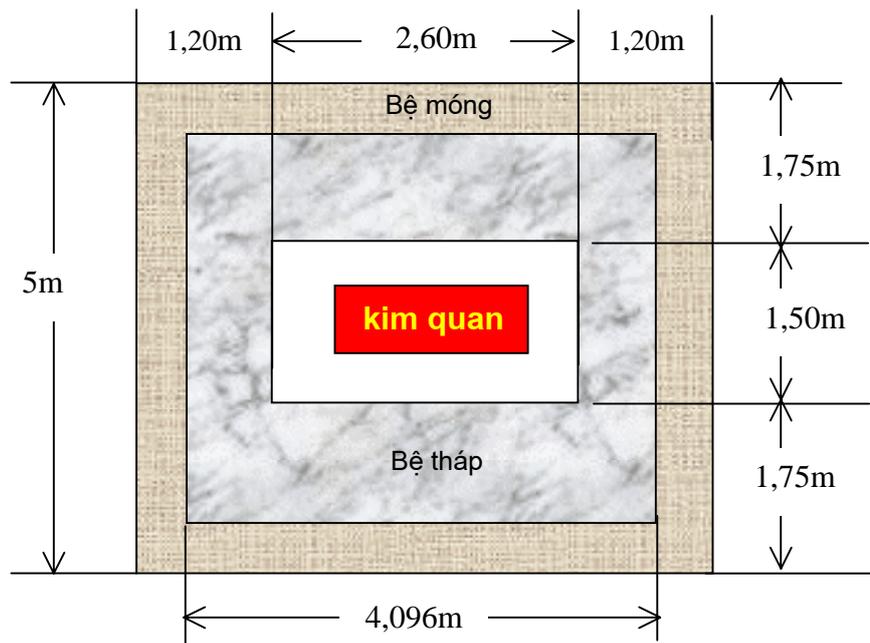


Lớp 1. Lớp phủ sét sạn sỏi; Lớp 2. Đất - đá hỗn hợp;
Lớp 4. Đá vôi phong hoá nứt nẻ nhẹ; Lớp 5. Đá vôi nguyên khối rắn chắc

Hình 2. Sơ đồ giải pháp móng tháp

Móng có mặt bằng hình trụ vuông rộng giữa có kích thước ngoài (5,0 x 5,0)m và kích thước trong (2,60 x 1,50) m bao quanh kim quan. Bê tháp đá có hình vuông lấp ghép, có kích thước ngoài (4,096 x 4,096) m, giữa để trống cùng kích thước như móng, và truyền tải trọng của tháp xuống đất nền qua móng (Hình 3).

Do ranh giới giữa lớp đất 1 và 2 tại chỗ đặt móng có độ dốc, nên chân móng về phía trước chùa đặt sâu khoảng 1,50m và chân móng phía sau chùa đặt sâu khoảng 1,00m. Khi thi công, tùy tình hình thực tế có thể điều chỉnh các độ sâu này sao cho móng đặt trên lớp đất đá hỗn hợp.



Hình 3. Mặt bằng móng

Yêu cầu thiết kế là bảo đảm sao cho sau khi xây móng, biến dạng – lún không ảnh hưởng đến kim quan.

4. Đánh giá ổn định tháp mộ

Trong trường hợp này, đánh giá sự làm việc của tháp chủ yếu là về mặt chuyển vị và biến dạng của nền gây ra.

4.1. Tính trọng lượng tháp và móng.

Bản vẽ tháp do Nhà Chùa cung cấp cao **8,50m** kể cả bộ tháp. Kết quả tính ra được 84,25T (PL 2).

Do áp suất tháp truyền xuống móng không lớn, nên có thể chọn mac bê tông 200 đổ móng.

Bảng 2. Kết quả tính khối lượng tháp và móng

Đơn nguyên		Thể tích (m ³)	Trọng lượng (T)
Tháp	Xem kết quả tính trong phụ lục 2	30,861	84,25
Móng	5,00x1,20x(1,44 + 1,06) + (2,60x1,75x2)x1,25 = 15 + 11,375	26,375 m ³	63,30
Tổng			147,55

Chú thích: Khi tính toán theo phần mềm SIGMA/W, trọng lượng móng đã được tính trực tiếp khi đưa dữ liệu kích thước móng vào chương trình.

Từ số liệu về tải trọng và kích thước đáy móng, sơ bộ tính áp suất đáy móng theo phương pháp đơn giản cho kết quả sau:

$$\sigma_{tb} = 147,55:12 = 12,30T/m^2 = 123 \text{ kPa}$$

Tính tải trọng tiêu chuẩn của tầng đất đá 2

$$R^{tc} = \frac{m_1 m_2}{k_{tc}} (Ab\gamma + Bh\gamma' + Dc);$$

trong đó: b = 2,40m; h = 1m ; $\gamma = 21 \text{ kN/m}^3$; $\gamma' = 18,20 \text{ kN/m}^3$;

$m_1 = 1$; $m_2 = 1.0$ và $k_{tc} = 1,1$;

Với $\phi = 22^\circ \Rightarrow A = 0,61$; B = 3,44 ; D = 6,04;

$$\text{Vậy } R^{tc} = \frac{1.0 \times 1.0}{1,1} (0,61 \times 2,40 \times 21 + 3,44 \times 1 \times 18,20 + 6,04 \times 40);$$

$$R^{tc} = 1,09(30,744 + 62,608 + 241,60) = 1,09 \times 333 = 365 \text{ kPa};$$

Vậy giá trị R^{tc} gấp gần 3 lần σ_{tb} , sơ bộ thấy rằng nền có độ dự trữ cao về mặt chịu lực.

4.2. Phân tích biến dạng và chuyển vị của tháp

Theo nguyên tắc chung, thiết kế chọn dùng dữ liệu vào theo xu hướng bất lợi về sơ đồ tính và có độ dự trữ cao:

Bài toán ở đây là không gian, nhưng đã lấy theo bài toán phẳng;

Chỉ tiêu biến dạng E của đất đá lấy nhỏ hơn 100 lần các giá trị thu được từ khảo sát ;

Dùng kết cấu móng vững chắc.

Kết quả phân tích chuyển vị và biến dạng do máy tính thực hiện theo phần mềm SIGMA/W V.5 được nêu dưới dạng biểu đồ trong các phụ lục từ 4 đến 9. Từ kết quả đó cho thấy rằng:

a. Chuyển vị tại vị trí mặt đáy móng

Móng và tháp có xu thế chuyển vị về phía Suối Yến song giá trị tuyệt đối của chuyển vị đứng tại hai nút A và B ở vị trí mặt đáy móng rất nhỏ và độ chênh biến dạng không đáng kể (Phụ lục 5, 6 và 8):

$$S_B = 0,60\text{cm}$$

$$S_A = 0,31\text{cm}$$

$$B = 500\text{cm}$$

$$S_B - S_A = 0,29\text{cm}$$

$$\tan\alpha = 0,29 : 500 = 5,8 \times 10^{-4} \Rightarrow \alpha = 0,03323 \text{ độ.}$$

Vậy tháp cao 850 cm thì đỉnh tháp chỉ có chuyển vị ngang về phía suối Yến khoảng **0,57cm**.

Nếu giá trị E chỉ lấy nhỏ hơn 10 lần so với số liệu khảo sát, thì chuyển vị ngang này chỉ còn **nhỏ hơn 1mm**.

b. Áp suất tại vị trí chân đáy móng

Các phụ lục 7, 9 cho biết tình hình phân bố ứng suất tại vị trí chân đáy móng.

Kết quả cho thấy phạm vi ảnh hưởng về mặt ứng suất do móng tháp gây ra chỉ ở trong lớp 2.

$$\text{Áp suất đáy móng tại A: } \sigma_A = 120 \text{ kPa}$$

$$\text{Áp suất đáy móng tại B: } \sigma_B = 110 \text{ kPa}$$

Áp suất tại khu vực đặt kim quan âm, điều đó chứng tỏ không có tác dụng lực vào vị trí đó.

$$\text{Và } \sigma_{tb} = (120+110)/2 = 115\text{kPa} < R^{tc} = 363\text{kPa};$$

Kết luận.

1. Với kết cấu móng đã chọn, kết quả tính toán cho thấy tháp làm việc bình thường và không ảnh hưởng tới kim quan đã đặt trước dưới mặt đất;

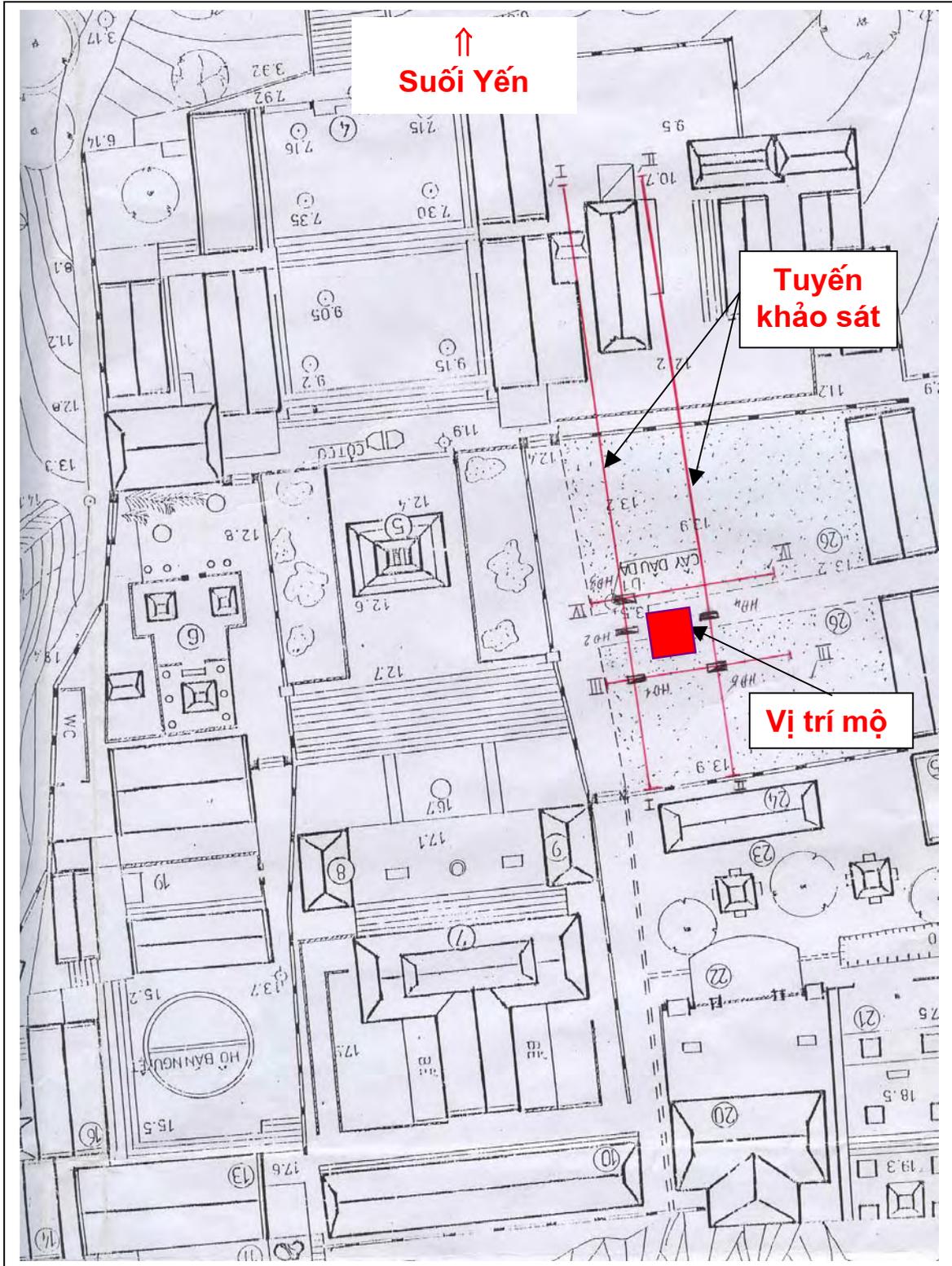
Kết quả khảo sát địa vật lý và quan sát thực địa đã cho kết quả khá phù hợp thực tế khi mở móng thi công;

2. Khi thi công móng đã bảo đảm chất lượng đổ bê tông tốt, tạo được liên kết vững chắc giữa bê tông và khối đá nền theo đúng quy trình kỹ thuật thi công do nhà nước ban hành và đã bảo đảm mặt trên móng ngang bằng, có liên kết vững chắc hợp lý với thân tháp để giữ cho kết cấu tháp làm việc bình thường, như khuyến nghị của thiết kế;

3. Đã tạo mặt bằng chống thấm và thoát nước mặt trong phạm vi quanh tháp tốt bảo đảm mỹ quan và ổn định lâu dài khối móng và kim quan./.

Hà Nội ngày 04 tháng 1 năm 2004

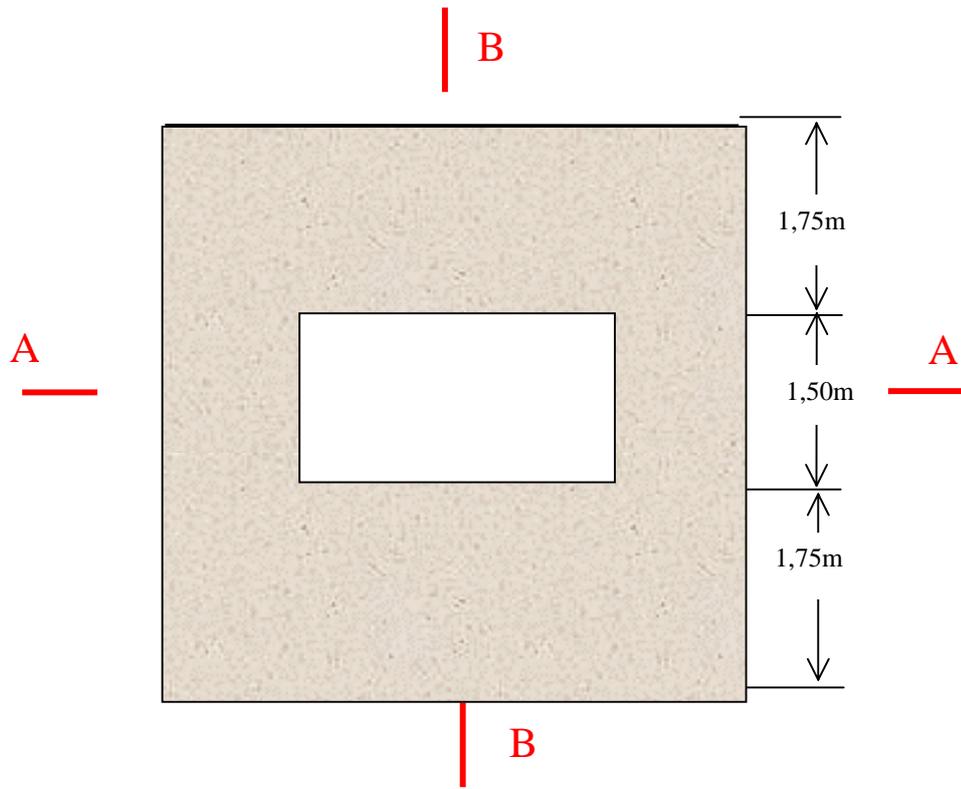
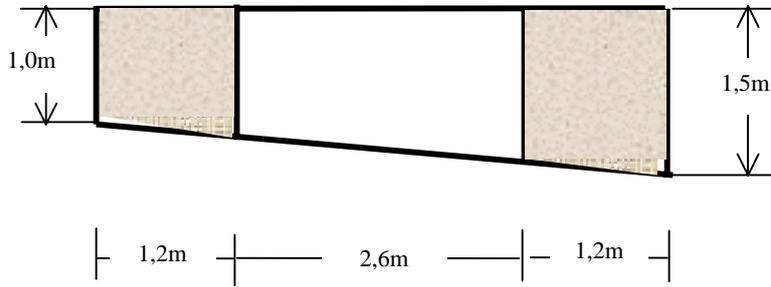
Sơ đồ phạm vi khảo sát địa vật lý



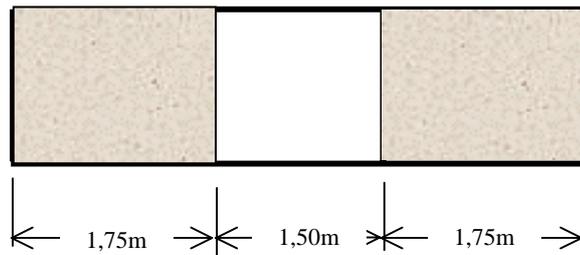
Phu lục 2

Bản vẽ móng tháp bằng bê tông

A-A



B-B



Phu lục 3**Bảng tính thể tích – trọng lượng tháp và móng**

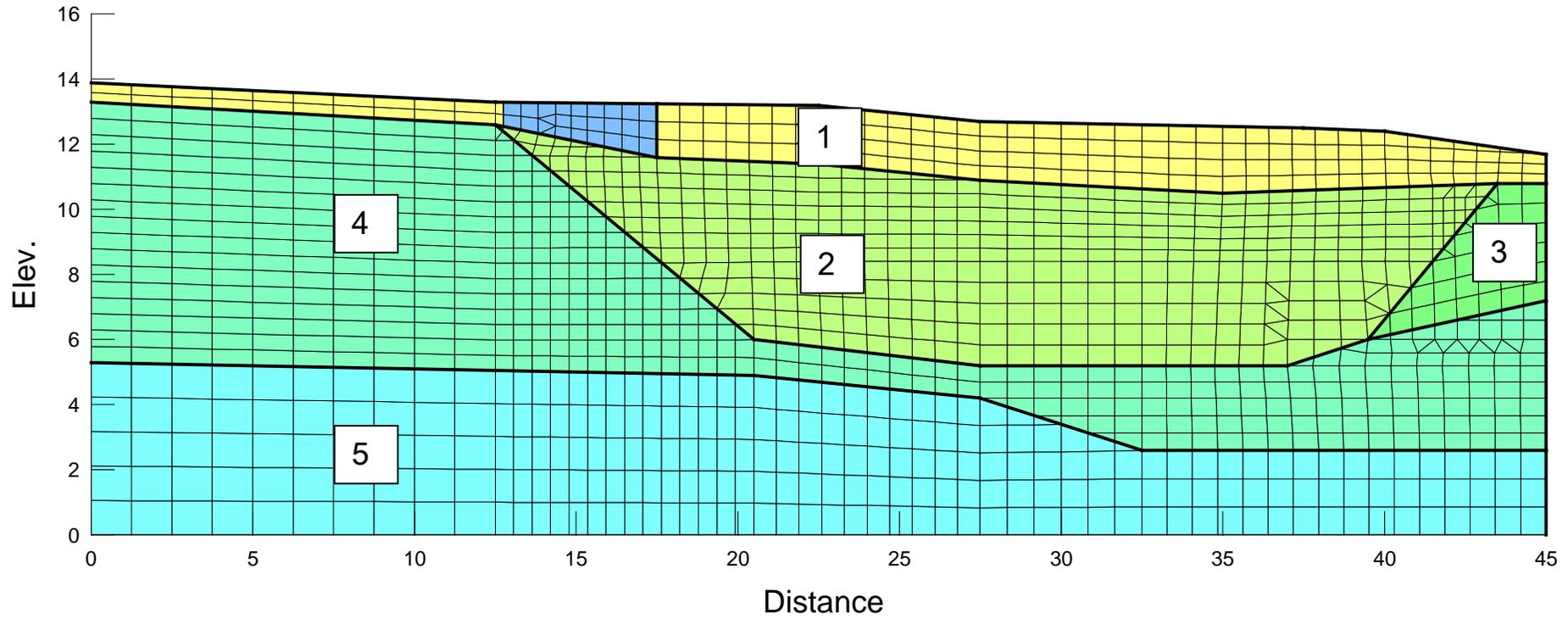
Thứ tự	Hạng mục	Kích thước (m)	Thể tích (m ³)	Trọng lượng (T)
	Tháp			
I	<i>Tầng 1</i>			
1	B1=	4.751	4.2264	11.53807
	B2=	1.2		
	H=	0.2		
2	B1=	3.949	2.83092	7.728412
	B2=	1.2		
	H=	0.2		
3	B1=	3.19	1.74722	4.769911
	B2=	1.2		
	H=	0.2		
4	B1=	2.8	1.28	3.4944
	B2=	1.2		
	H=	0.2		
5	B1=	2.4	0.864	2.35872
	B2=	1.2		
	H=	0.2		
6	Mc-D-D			
	B1=	0.6	1.008	2.75184
	B2=	1.2	1.344	3.66912
	B3=	0.4		
	H=	0.7		
II	<i>Tầng 2</i>			
1	B1=	2.7	1.17	3.1941
	B2=	1.2		
	H=	0.2		
2	B1=	3	1.512	4.12776
	B2=	1.2		
	H=	0.2		
3	B1=	2.85	1.6165	4.413045
	B2=	0.2		
	H=	0.2		
4	B1=	2.85	2.42475	6.619568
	B2=	0.2		
	H=	0.3		
5	Mc-A-A			
	B1=	0.5	1.4	3.822

Thứ tự	Hạng mục	Kích thước (m)	Thể tích (m ³)	Trọng lượng (T)
	B2= B3= H=	2.5 0.2 1.4	0.7	1.911
III 1	<i>Tầng 3</i> B1= B2= H=	2.2 0.7 0.2	0.87	2.3751
2	B1= B2= H=	2.7 0.7 0.2	1.36	3.7128
3	B1= B2= H=	2.5 0.7 0.3	1.728	4.71744
4	Mc-B-B B1= B2= B3= H=	0.3 3 0.15 0.7	0.252 0.315	0.68796 0.85995
IV	<i>Tầng 4</i> B1= B2= H=	1.7 0.5 0.2	0.528	1.44144
1	B1= B2= H=	2.2 0.5 0.2	0.918	2.50614
2	B1= B2= H=	1.85 0.5 0.2	0.6345	1.732185
3	Mc-C-C B1= B2= B3= H=	0.2 3.5 0.15 0.6	0.096 0.315	0.26208 0.85995
V 1	<i>Tầng 5</i> B1= B2= H=	1.2 0.6 0.2	0.216	0.58968
2	B1= B2= H=	1.75 0.5 0.3	0.84375	2.303438

Thứ tự	Hạng mục	Kích thước (m)	Thể tích (m ³)	Trọng lượng (T)
3	B1=	1.25	0.45675	1.246928
	B2=	0.2		
	H=	0.3		
4	B1=	0.6	0.072	0.19656
	H=	0.2		
VI	<i>Đỉnh</i>			
	B1=	0.4	0.064	0.17472
	H=	0.4		
1	B1=	0.2	0.068	0.18564
	H=	1.7		
	Tổng tháp		30.86079	84.24996
VII	Móng		26,375 m³	63,30
	Tổng tháp và móng			147,55

Phu lục 4

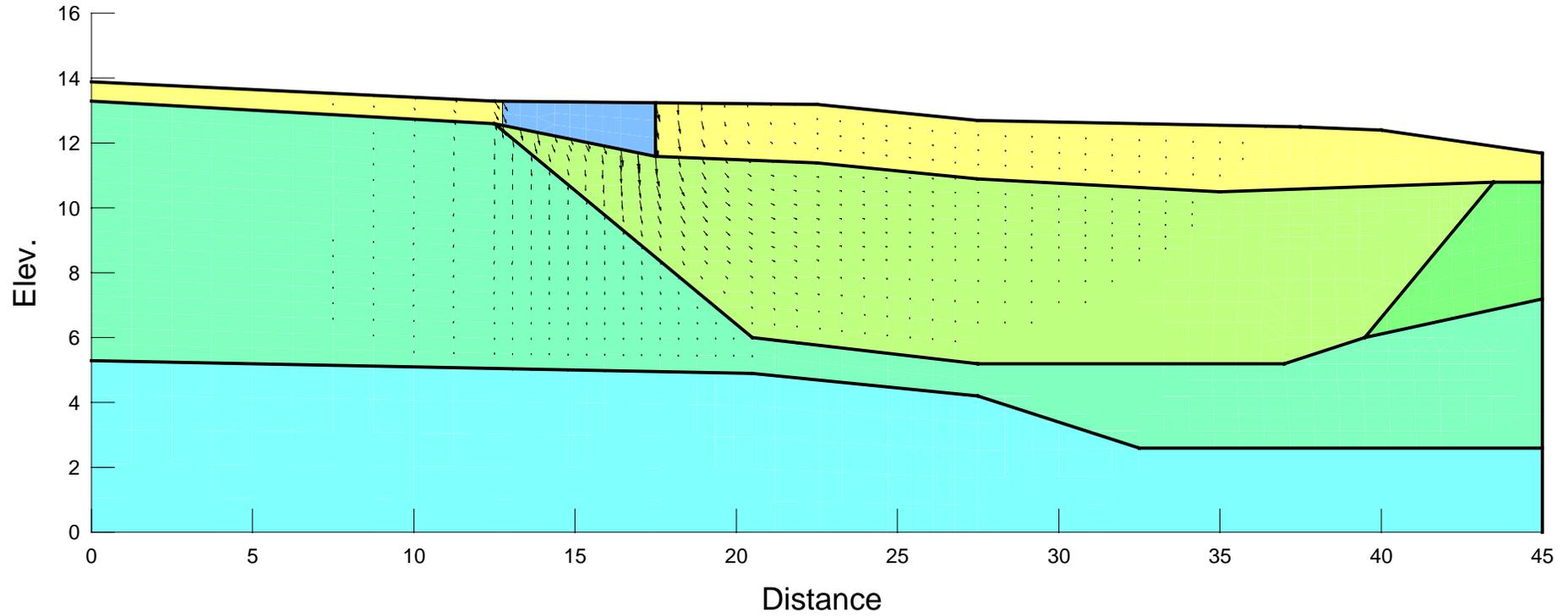
Tháp đá Chân Tịnh
Sơ đồ và lưới phần tử tính toán



GEOSLOPE OFFICE V5 - SIGMAW

Phu lục 5

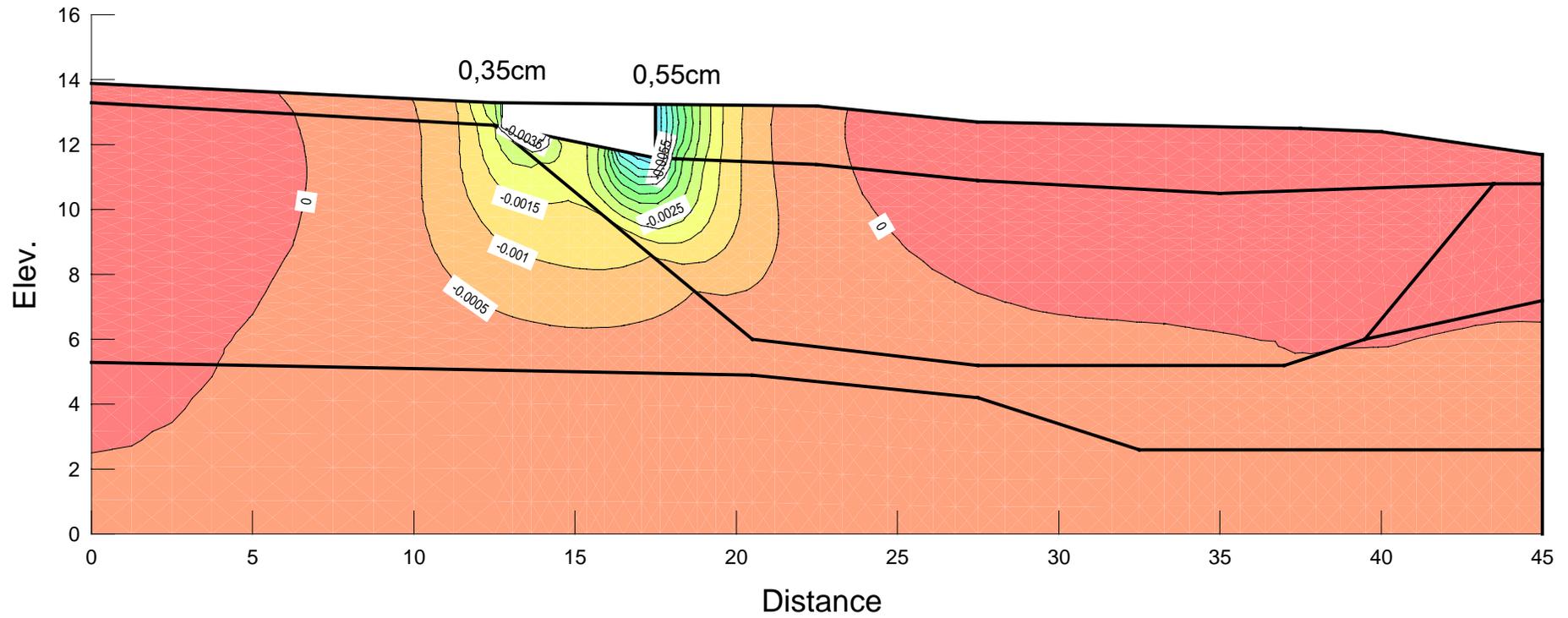
Tháp đá Chân Tịnh
Trường véc tơ chuyển vị



GEOSLOPE OFFICE V5 - SIGMAW

Phụ lục 6

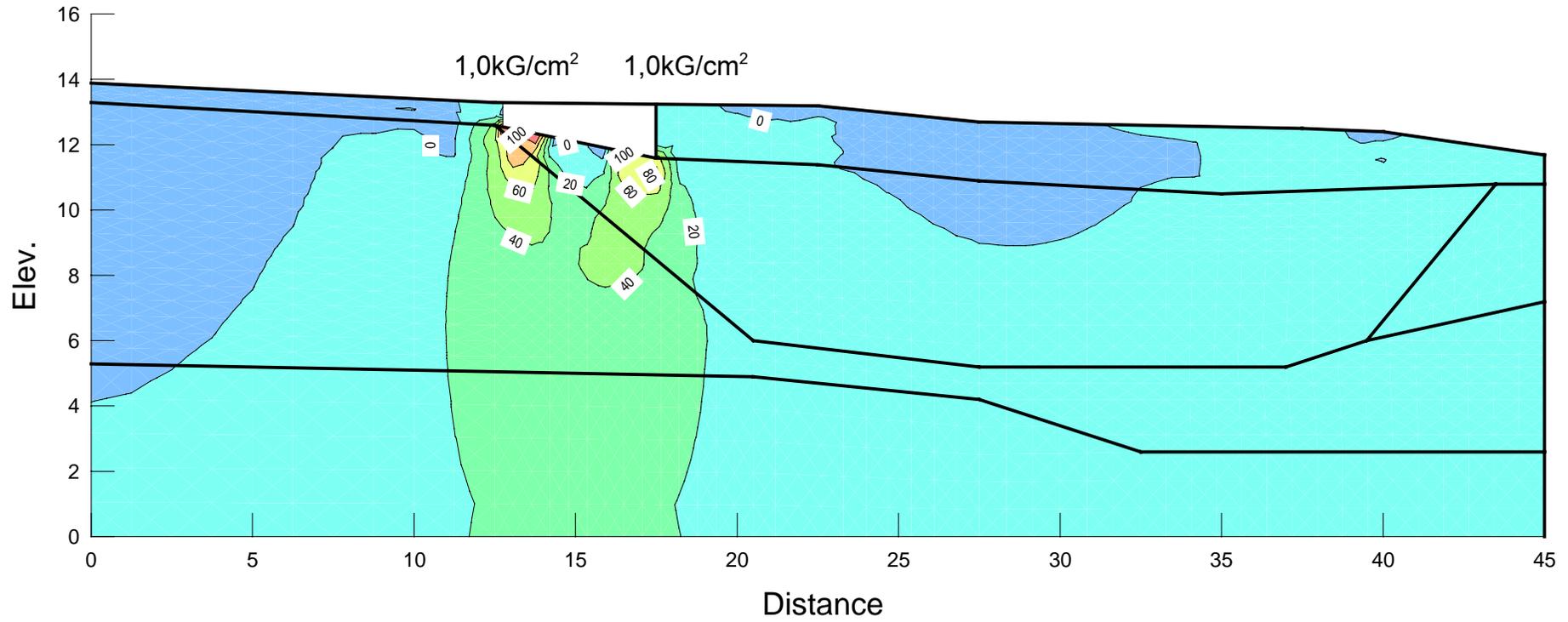
Tháp đá Chân Tịnh
Đường đẳng chuyển vị đứng



GEOSLOPE OFFICE V5 - SIGMAW

Phu lục 7

Tháp đá Chân Tịnh
Đường đẳng ứng suất Σ_Y (kPa)



GEOSLOPE OFFICE V5 - SIGMAW

Tháp đá Chân Tĩnh**Biến thiên chuyển vị đứng dọc theo mặt đáy móng**

Y-Displacement vs. Distance



$$\Delta S = 0,60 - 0,31 = 0,29 \text{ cm}$$

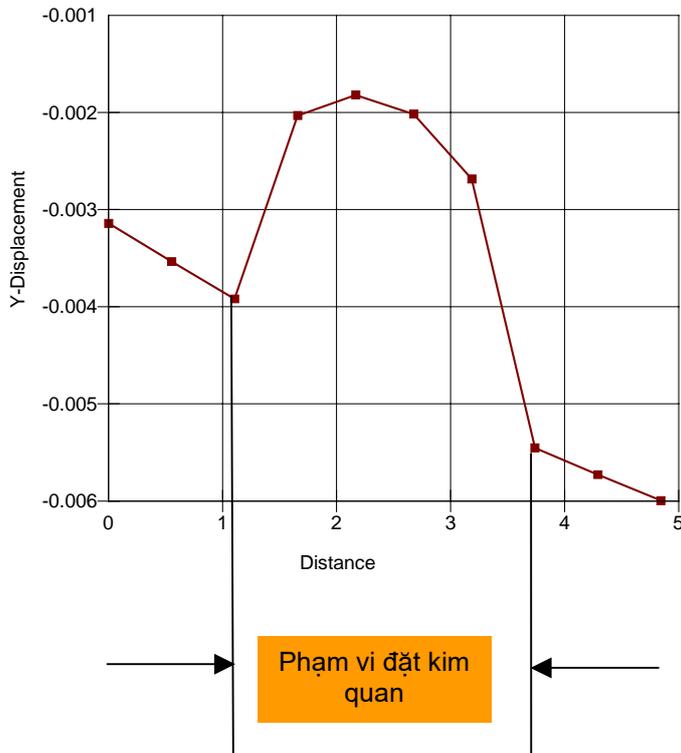
$$\tan \alpha = 0,29/500 = 5,80 \times 10^{-4}$$

$$\Rightarrow \alpha = 0,03323 \text{ độ.}$$

Vậy tháp cao 850 cm thì đỉnh tháp chỉ có chuyển vị ngang về phía suối Yén khoảng **0,57cm**. Nếu giảm nhỏ giá trị E 10 lần, thì chuyển vị ngang này chỉ còn **nhỏ hơn 1mm**.

Biến thiên chuyển vị đứng dọc theo chân móng

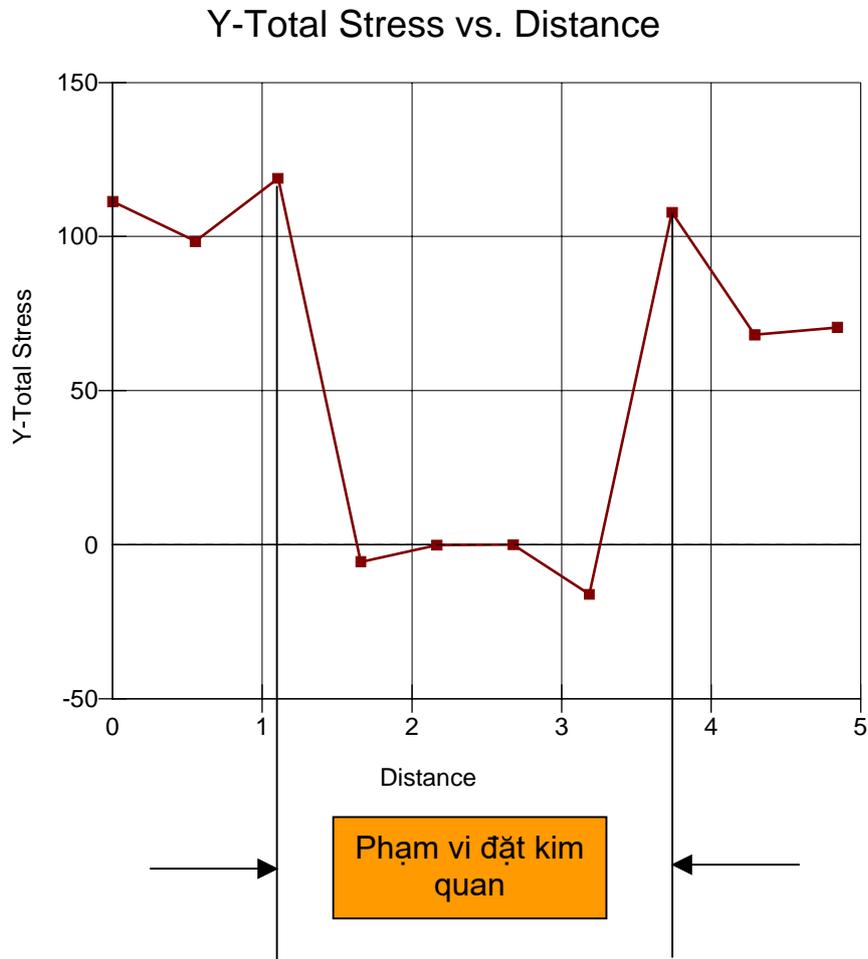
Y-Displacement vs. Distance



Trong phạm vi đặt mộ tại vị trí chân móng chuyển vị rất nhỏ, chỉ bằng khoảng 0,20 đến 0,54 cm, điều này cho thấy chuyển vị hầu như không có ảnh hưởng gì tới phạm vi đặt mộ

Tháp mộ Thiên Trù

Biến thiên ứng suất dọc thẳng đứng dọc theo chân đáy móng



Áp suất đáy móng tại A: $\sigma_A = 120$ kPa

Áp suất đáy móng tại B: $\sigma_B = 110$ kPa

$\sigma_{bq} = (120 + 110) : 2 = 115$ kPa

Theo kết quả tính theo PP đơn giản $\sigma_{bq} = 123$ kPa

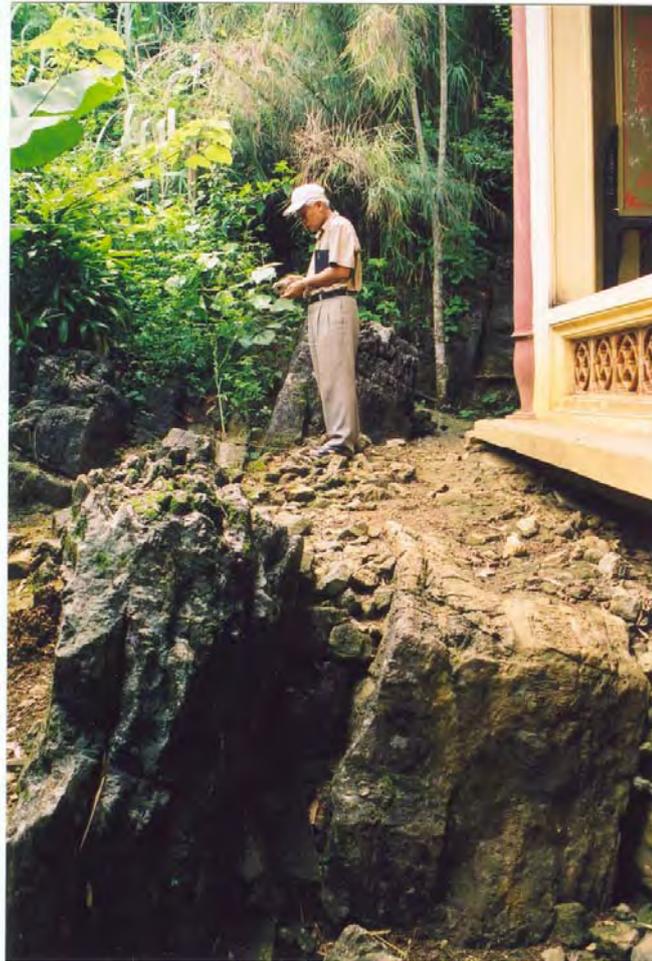
Áp suất tại khu vực đặt kim quan âm, điều đó chứng tỏ không có tác dụng lực vào vị trí đó.

Một số hình ảnh làm việc tại Thiên Trù

Buổi làm việc tại Thiên Trù



Đo thể tích của đá



Khảo sát Địa vật lý



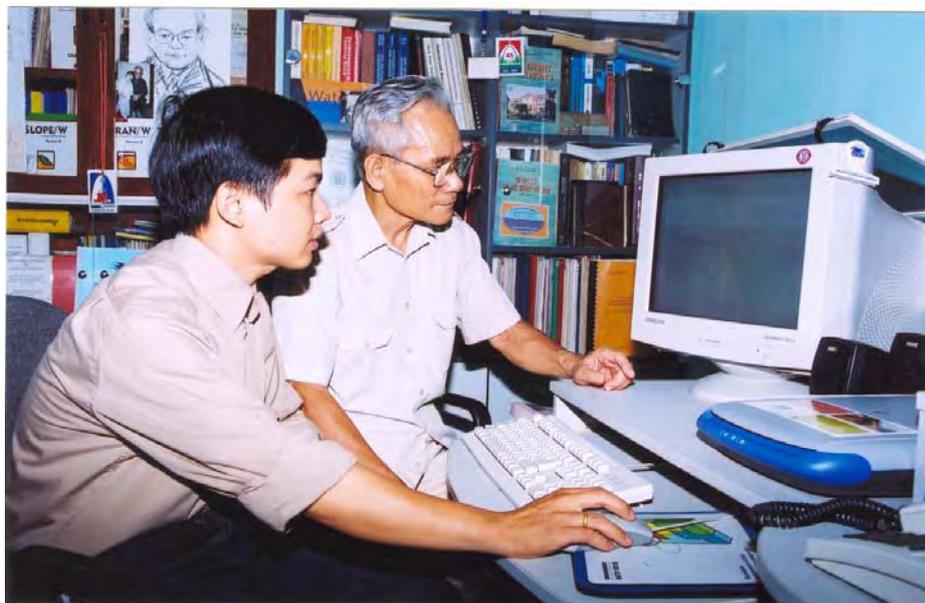
Khảo sát Địa vật lý



Khảo sát hố đào cạnh khu mộ



Sử lý số liệu và viết báo cáo thiết kế



Mộ Thượng Toạ Thích Viên Thành



Các ảnh chụp chân tịnh bảo tháp sau thi công



**CHÂN TỊNH BẢO THÁP
CHÙA HƯƠNG TÍCH
HÀ TÂY**

Sơ lược về



Chèo thuyền trên Suối Yến
“...Bầu trời cảnh bụt...”

← Những người tham gia