

CHƯƠNG I

MỘT SỐ ĐẶC ĐIỂM THIẾT KẾ TỔ HỢP CÔNG TRÌNH NGẦM NHÀ MÁY THỦY ĐIỆN HOÀ BÌNH

Nhà máy thủy điện Hoà Bình được chọn theo phương án ngầm là quyết định cuối cùng sau nhiều lần xem xét để chọn phương án hở. Các phương án trong luận chứng kinh tế kỹ thuật trước đó khi đưa so sánh với phương án ngầm đều có những ưu điểm về cấu trúc và xây dựng. Quyết định chọn phương án nhà máy thủy điện ngầm được Chính phủ Việt Nam đưa ra đầu năm 1979. Đó là một quyết định đã có nhiều tranh luận về mặt kỹ thuật trong suốt quá trình xây dựng cho đến khi kết thúc đưa công trình vào sử dụng đồng bộ vào năm 1994. Song, phương án nhà máy thủy điện ngầm đã được thực hiện hoàn chỉnh trong suốt thời gian hơn 15 năm, và đã rút ra được những kinh nghiệm quý báu cho việc xây dựng các công trình thủy điện ngầm sau này như công trình thủy điện Yaly, Hàm Thuận, Đa Mi v.v..

Phần viết này không trình bày những so sánh lựa chọn phương án ngầm, hở mà chỉ trình bày các vấn đề về kỹ thuật, thi công công trình ngầm đầu tiên có quy mô lớn nhất ở nước ta và cũng là công trình thủy điện ngầm lớn nhất Đông Nam Á trong thế kỷ 20 này.

I. THÀNH PHẦN TỔ HỢP CÔNG TRÌNH NGẦM

Tổ hợp công trình ngầm thủy điện Hoà Bình được bố trí tập trung thành một hệ thống liên hoàn thuận tiện theo địa hình của tuyến đập Hoà Bình, phù hợp với tình hình địa chất, đảm bảo ổn định cho công trình và đặc biệt thuận lợi cho việc vận hành, chuyển tải điện lên hệ thống phân phối, các trạm biến thế 110KV, 220KV và 500KV trong cùng một khu vực tại bờ trái Sông Đà. Toàn bộ hệ thống công trình ngầm được đặt dưới núi nhô ra sông có nền đá liên tục gọi là đồi 206. Việc bố trí toàn bộ công trình năng lượng ở bờ trái đã có nhiều ưu điểm như sử dụng được công trình ngầm thoát lũ trong giai đoạn thi công để làm ống xả tổ máy 1 và 2 của nhà máy trong thời gian đầu vận hành, khi mà toàn bộ tuyến năng lượng chưa thể hoàn chỉnh được. Tổ hợp công trình ngầm bao gồm 83 hạng mục thuộc công nghệ vận hành lâu dài và 32 hạng mục công trình để thi công (xem hình 1-1).

- Gian máy nhà máy thủy điện gồm 8 tổ máy, công suất mỗi tổ là 240MW có kích thước đào khá lớn với chiều cao từ đáy ống hút đến đỉnh vòm gian máy là 53m, chiều rộng 22m và chiều dài 280m (xem hình 1-2).

- Hầm trạm biến thế là hầm lớn thứ 2 có kích thước cao 20m, rộng 15m đặt 8 máy biến thế điện, chạy dọc song song với gian máy.

- 8 hầm dẫn nước vào có đường kính 8m dốc 45°

- 3 hầm xả gọi là hầm dẫn nước ra của nhà máy có kích thước lớn hình loe cao 19m, rộng 17m, mỗi hầm dùng để thoát nước cho 2 tổ máy. Riêng tổ máy 1 và 2 dùng đường hầm xả lũ thi công làm hầm xả.

- Hệ thống công trình ngầm có tổng chiều dài đào theo thiết kế là 14.200m và khối lượng đá phải đào là 1.177.000m³.

Để phân biệt, các hầm được chia theo nhóm phụ thuộc chức năng công nghệ của nó và đặt tên ký hiệu theo tiếng Nga được thống kê ở bảng 1-1 và xem hình 1-1 ; 1-2.

Bảng 1-1 . Tổ hợp ngầm nhà máy thủy điện Hòa Bình

Số hầm	Nhóm hầm	Tên gọi hầm	Ký hiệu hầm
1	2	3	4
1+8	Các hầm thuộc tuyến năng lượng	Các hầm dẫn nước vào tước bin	TB-1+8
9+16		Ống hút của tổ máy 1+8	OTC-1+8
17		Các hầm dẫn nước ra	OT-3,4,5
18		Hầm xả lũ thi công số 1	CT-1
19		Hầm xả lũ thi công số 2	CT-2
20		Buồng bơm khô gian máy	
21		Hành lang thoát nước gian máy	
22		Bể điều áp dưới, tổ máy 1	HYK-1
23		Bể điều áp trên, tổ máy 1	BYK-1
24		Bể điều áp dưới, tổ máy 2	HYK-2
25		Bể điều áp trên, tổ máy 2	BYK-2
26		Giếng van số 1	III 3-1
27		Giếng van số 2	III 3-2
28+33		Giếng van số 3,4,5,6,7,8	III 3+8
34	Hành lang khe van	T3	

1	2	3	4
35	Các hầm	Gian máy	M-3
36	thuộc nhà	Gian biến thế	T-3
37	máy ngầm	Hành lang dẫn điện số 1	TT-1
38÷44		Hành lang dẫn điện số 2÷8	TT-2÷8
45		Hành lang thoát nước phun xi măng gian máy	AuGM3
46	Các hầm	Hành lang thoát nước phun xi măng đập tràn	
47	thoát nước	Hầm thoát nước viền dốc nước	ATB5
48	phun xi	Hầm cắt V50	
49	măng	Hầm cắt V87	
50		Hầm cắt V123	
51		Giếng chống thấm V123 Trai Nhãn	
52		Hầm thoát nước - phun xi măng bờ phải (đôi ông Tượng)	
53		Hầm giao thông V30	TT
54		Hầm đi bộ, xe đạp	IBT
55		Hầm giao thông thông gió	TAT
56		Hầm giao thông trên V86	BKT
57		Hầm cáp - thông tin dưới	HKTC
58		Hầm giao thông - thông tin trên	
59		Hầm giao thông dưới	HKT
60		Giếng thang máy trụ trái	WA
61		Hành lang thông gió gian máy	
62÷69		Các lối thông gió số 1÷8	
70		Trung tâm thông gió	BU
71		Giếng thông gió số 1	Bill-1
72	Các hầm	Giếng thông gió số 2	Bill-2
73	giao	Lối thoát sự cố số 1	101
74	thông	Lối thoát sự cố số 2	201
75	thông gió	Giếng và hầm không khí số 1	301

1	2	3	4
76	dẫn cấp	Số 2 đầu vào CT-1, CT-2	
77		Hành lang giao thông + giếng vào các CT-1, CT-2	
78		Hãm cấp giao thông số 1	TKT-1
79		Hãm cấp giao thông số 2	TKT-2
80		Hãm cấp 1	KT-1
81		Hãm cấp 2	KT-2
82		Hãm cấp 3	KT-3
83	Các hãm dẫn	Hãm cấp đến OPY	KT-OPY
84		Giếng cấp trên OPY	
85		Hãm dẫn	PIB-1a
86		Hãm dẫn vào gian máy	PIBM
87		Hãm dẫn tới giếng thang máy	PIB...
88		Lò nối CT-1 và CT-2	
89		Hãm dẫn vào bể điều áp dưới số 1	PIBK-1
90		Hãm dẫn vào bể điều áp dưới số 2	PIBK-2
91		Hãm dẫn vào bể điều áp trên số 1	PIBK-1a
92		Hãm dẫn vào bể điều áp trên số 2	PIBK-2a
93		Hãm dẫn	PIBI-2
94		Hãm dẫn trước gian máy	PIBI-1
95		Hãm dẫn	PIBM-2a
96		Lò nối các hãm dẫn nước vào	PIB
97		Hãm dẫn	PIB-7
98		Lò nối gian máy - gian biến thế	CTM-1
99		Lò nối gian máy - gian biến thế	CTM-2
100		Lò nối OTC-1 với OTC-2	CO-1
101		Lò nối OTC-1 với OTC-3	CO-2
102		Hãm dẫn vào hành lang khe van	PIBI
103	Hãm dẫn	PIB-5	

1	2	3	4
104		Hâm dẫn	PIB-5a
105		Hâm dẫn tới các giếng van N ^o 3÷8	PIB...
106		Hâm dẫn	PIBII-2a
107		Hâm dẫn	PIBO
108		Hâm dẫn vòng vào trạm bơm	PIH
109		Hâm dẫn bờ phải	
110		Hâm dẫn vào Trại nhân $\nabla 50$	
111		Hâm dẫn vào Trại nhân $\nabla 87$	"T"
112		Hâm dẫn	PIB-6
113		Hâm dẫn	PIB-5b
114		Lò nối TAT với TKT-2	
115		Hâm dẫn đi lại giữa gian máy - biến thế	

II. GIỚI THIỆU VÀI NÉT VỀ CÁC GIAI ĐOẠN THIẾT KẾ TỔ HỢP NGÂM NHÀ MÁY THỦY ĐIỆN HOÀ BÌNH

Cũng như các nhà máy thủy điện ở Liên Xô (cũ), công trình thủy điện Hoà Bình trên sông Đà được thiết kế theo các giai đoạn sau :

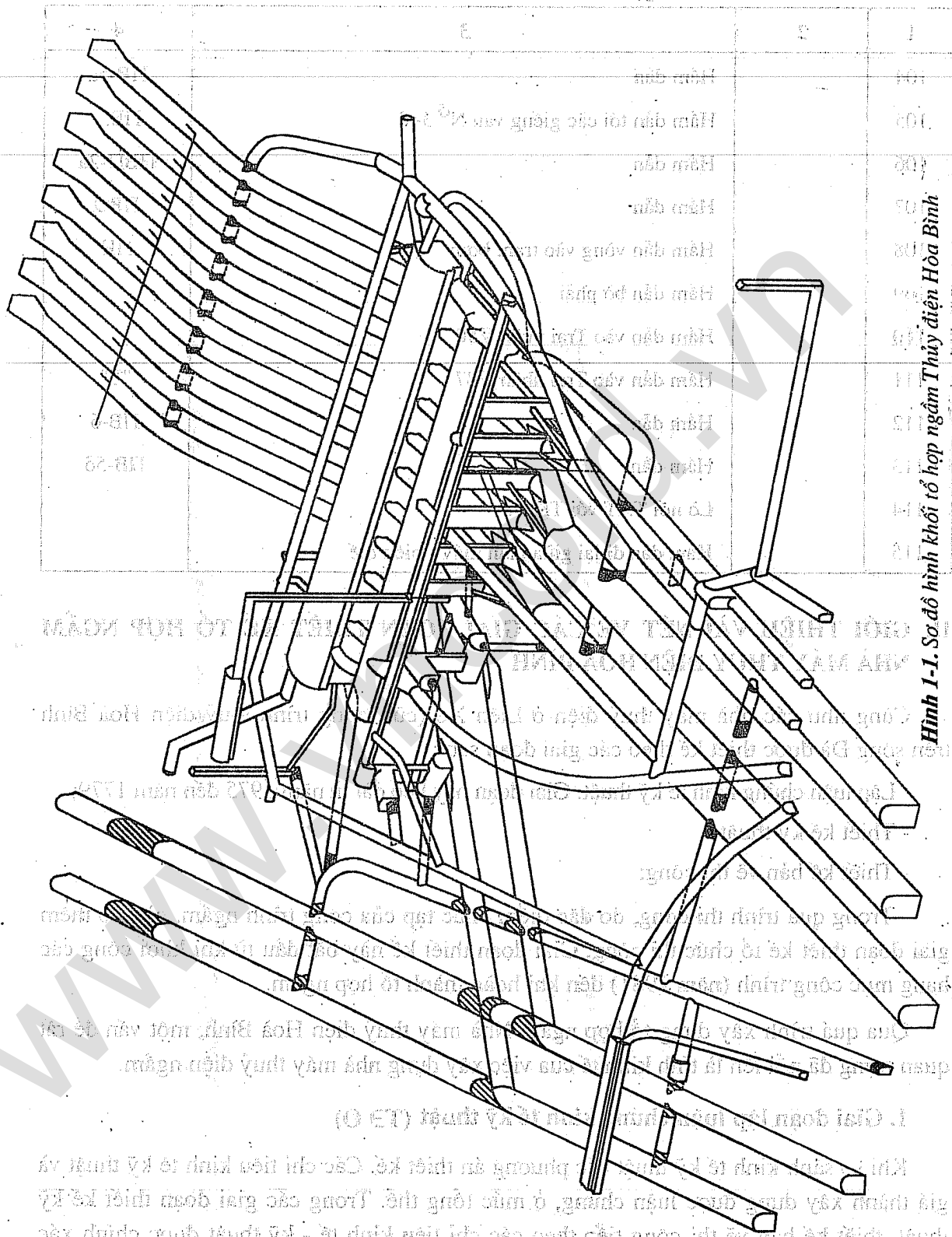
- Lập luận chứng kinh tế kỹ thuật: Giai đoạn này kéo dài từ năm 1975 đến năm 1979;
- Thiết kế kỹ thuật;
- Thiết kế bản vẽ thi công;

- Trong quá trình thi công, do đặc điểm phức tạp của công trình ngầm, còn có thêm giai đoạn thiết kế tổ chức thi công. Giai đoạn thiết kế này bắt đầu từ khi khởi công các hạng mục công trình (năm 1981) đến khi hoàn thành tổ hợp ngầm.

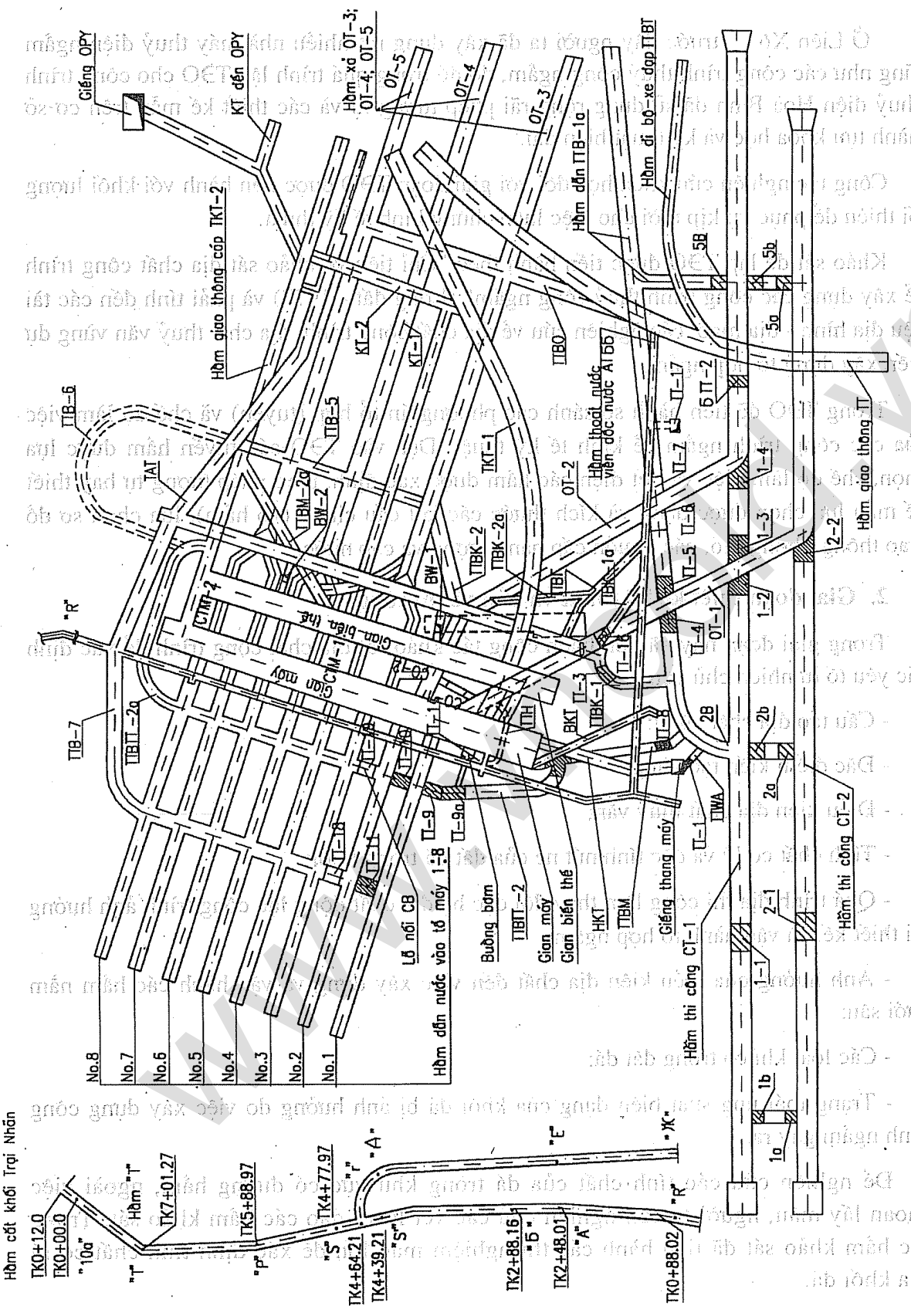
Qua quá trình xây dựng tổ hợp ngầm Nhà máy thủy điện Hoà Bình, một vấn đề rất quan trọng đã nổi lên là tính kinh tế của việc xây dựng nhà máy thủy điện ngầm.

1. Giai đoạn lập luận chứng kinh tế kỹ thuật (TĐ O)

Khi so sánh kinh tế kỹ thuật các phương án thiết kế. Các chỉ tiêu kinh tế kỹ thuật và giá thành xây dựng được luận chứng, ở mức tổng thể. Trong các giai đoạn thiết kế kỹ thuật, thiết kế bản vẽ thi công tiếp theo các chỉ tiêu kinh tế - kỹ thuật được chính xác hoá và tính giá thành xây dựng công trình chính xác hơn.



Hình 1-1. Sơ đồ hình khối tổ hợp ngấm Thủy điện Hòa Bình



Hình 1-2. Mặt bằng - Sơ đồ tổ hợp ngầm Thủy điện Hòa Bình

Ở Liên Xô trước đây người ta đã xây dựng rất nhiều nhà máy thủy điện ngầm cũng như các công trình thủy công ngầm, do đó trong quá trình lập TĐO cho công trình Thủy điện Hoà Bình đã sử dụng rộng rãi phép tương tự và các thiết kế mẫu trên cơ sở thành tựu khoa học và kỹ thuật hiện đại.

Công tác nghiên cứu khoa học đối với giai đoạn TĐO được tiến hành với khối lượng tối thiểu để phục vụ kịp thời cho việc luận chứng kinh tế kỹ thuật.

Khảo sát để lập TĐO được tiến hành theo "Chỉ tiêu về khảo sát địa chất công trình để xây dựng các công trình thủy công ngầm" (Lòng đất - 1978) và phải tính đến các tài liệu địa hình - địa mạo, các nghiên cứu về địa chất công trình, địa chất thủy văn vùng dự kiến xây dựng tổ hợp ngầm.

Trong TĐO đã tiến hành so sánh các phương án tổ hợp (tuyến) và chế độ làm việc của các công trình ngầm về kinh tế kỹ thuật. Dựa vào TĐO các tuyến hầm được lựa chọn, chế độ làm việc và tiết diện các hầm được xác định, theo phép tương tự hay thiết kế mẫu lựa chọn được dạng và kích thước các kết cấu chính (vỏ hầm), lựa chọn sơ đồ giao thông, thông gió, các nguồn cấp năng lượng và cấp nước.

2. Giai đoạn thiết kế kỹ thuật và bản vẽ thi công

Trong giai đoạn này đã tiến hành công tác khảo sát địa chất công trình để xác định các yếu tố tự nhiên chủ yếu sau :

- Cấu tạo địa chất vùng;
- Đặc điểm kiến tạo vùng;
- Điều kiện địa chất thủy văn;
- Tính chất cơ lý và đặc tính nứt nẻ của đất đá trong khối;
- Quá trình địa thi công làm thay đổi cục bộ địa chất động lực công trình ảnh hưởng tới thiết kế, và vận hành tổ hợp ngầm;
- Ảnh hưởng của điều kiện địa chất đến việc xây dựng và vận hành các hầm nằm dưới sâu;
- Các loại khí có trong đất đá;
- Trạng thái ứng suất biến dạng của khối đá bị ảnh hưởng do việc xây dựng công trình ngầm gây ra.

Để nghiên cứu các tính chất của đá trong khu vực có đường hầm, ngoài việc khoan lấy mẫu, người ta còn nghiên cứu các vết lộ và đào các hầm khảo sát. Trong các hầm khảo sát đã tiến hành các thí nghiệm mẫu lớn để xác định tính chất cơ lý của khối đá.

Trong quá trình thiết kế tuyến hầm đã tránh các khu có những bất lợi về điều kiện địa chất công trình - địa chất thủy văn, (gian máy, gian biến thể được đặt về phía xa lòng sông tránh cát qua vết gãy 500). Các hầm dẫn nước vào và ra chủ yếu được bố trí trên những tuyến thẳng. Để tận dụng 2 hầm xả lũ thi công đã sử dụng 2 đoạn hạ lưu của chúng làm 2 hầm dẫn nước ra cho các tổ máy 1 và 2. Khi ấy tuyến dẫn nước ra của 2 tổ máy được thiết kế với góc ngoặt (chỗ giao với 2 hầm thi công) 60° . Giải pháp thiết kế này đã tận dụng được 1 phần các hầm thi công cùng với cửa ra của chúng. Điều đó không chỉ làm giảm khối lượng công tác khởi động tổ máy N^o 1 mà còn đơn giản hoá công nghệ thi công chung do tận dụng được cửa ra của 2 hầm xả lũ thi công (chúng được phân cách với hệ thống cửa ra của các hầm xả OT-3,4,5 bằng tường chắn thi công - vận hành).

Các hầm của tổ hợp ngầm được bố trí song song nhau với khoảng cách giữa 2 hầm gần nhất :

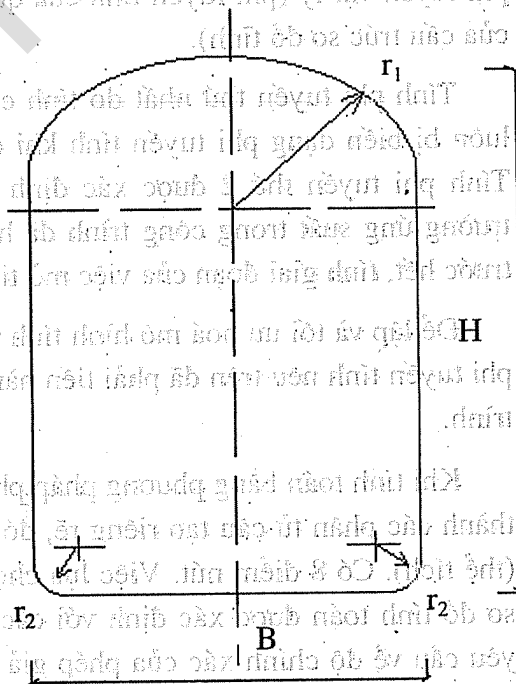
- Với các hầm dẫn nước vào là 24m;
- Với các hầm không áp : gian máy và gian biến thể cách nhau 24m; các hầm dẫn : $\geq 10m$.

Các khoảng cách này cùng với sự phân đợt thi công, trình tự đào và đổ bê tông vó các hầm đã ngăn ngừa được sự tạo vòm áp lực chung hay đối phá huỷ chung của khối đá giữa các hầm (trừ khối đá giữa gian máy và gian biến thể trong giai đoạn hạ tầng chính phải gia cố đặc biệt).

Tính toán kinh tế kỹ thuật

xác định kích thước tiết diện ngang của hầm thủy công được tiến hành bằng các phương pháp số quay hoặc đồ thị với nhiều phương án đã cho phép tìm được tiết diện tối ưu của hầm.

Khi tính toán kinh tế kỹ thuật để lựa chọn tiết diện tối ưu của các hầm thủy công đã tính đến các đặc trưng thủy lực của hầm, quy mô, chi phí thường xuyên cũng như các chỉ tiêu kinh tế của trạm thủy điện.



Hình 1-3

Hình dạng tiết diện ngang của các hầm không áp đã được lựa chọn theo điều kiện địa chất Hoà Bình, đá có $f = 4 \div 10$ - chịu tác dụng của áp lực thẳng đứng. Hình dạng tiết diện được lấy theo dạng II của "Chỉ dẫn thiết kế hầm thủy công" (Matxcova 1982) như hình 1-3;

Với các hầm có áp thường lấy tiết diện ngang hình tròn.

Trong quá trình thiết kế tiết diện các hầm của tổ hợp ngầm Thủy điện Hoà Bình các kích thước của chúng đã được lấy mô đun bằng 3 (các hầm dẫn nước vào $\phi = 9\text{m}$, các hầm thi công $b = 12\text{m}$, ...)

3. Các phương pháp tính toán kết cấu vỏ hầm

Trong quá trình thiết kế hầm thường dùng các phương pháp chủ yếu sau để tính kết cấu vỏ :

- Tính toán vỏ theo sơ đồ kết cấu thanh trong môi trường đàn hồi;
- Tính toán vỏ bằng phương pháp cơ học môi trường liên tục;
- Tính toán vỏ chịu tác dụng của địa chấn (động đất).

Trong quá trình thiết kế tổ hợp ngầm Nhà máy thủy điện Hoà Bình Viện thiết kế thủy công Liên Xô mang tên X.Juka đã áp dụng phương pháp phân tử hữu hạn.

Trong tính toán công trình ngầm tính phi tuyến tính tồn tại dưới 2 dạng chủ yếu : phi tuyến vật lý (phi tuyến tính của quan hệ σ - ϵ) và phi tuyến hình học (tính phi tuyến của cấu trúc sơ đồ tĩnh).

Tính phi tuyến thứ nhất do tính chất cơ lý của vật liệu quy định : khối đá thực tế luôn bị biến dạng phi tuyến tính khi đào hầm do sự phát triển của quá trình giảm tải. Tính phi tuyến thứ 2 được xác định bởi sự ảnh hưởng đáng kể đến việc hình thành trường ứng suất trong công trình đã hoàn thành của các yếu tố công nghệ thi công và trước hết, tính giai đoạn của việc mở tiết diện công trình và trình tự khai đào chúng.

Để lập và tối ưu hoá mô hình tính toán địa - cơ học các công trình ngầm của 2 dạng phi tuyến tính nêu trên đã phải tiến hành xây dựng các mô hình toán các điểm của công trình.

Khi tính toán bằng phương pháp phân tử hữu hạn, vỏ hầm và khối đá được phân chia thành các phân tử cấu tạo riêng rẽ, đó là các phân tử phẳng có 3 hay 4 góc và sáu mặt (thể tích). Có 8 điểm nút. Việc lựa chọn dạng các phân tử và số lượng của chúng trong sơ đồ tính toán được xác định với các dạng hình học của miền nghiên cứu, bởi những yêu cầu về độ chính xác của phép giả định và bởi khả năng của các chương trình được sử dụng trên máy tính điện tử.

Xác định tính chất của tính phân tử là phần quan trọng của phép tính. Kích thước hình học và hình dạng các phần tử thường được miêu tả bằng các tọa độ các điểm nút trong hệ tọa độ đã chọn. Tính chất cơ lý được miêu tả bởi các chỉ tiêu đặc trưng đối với từng bài toán cụ thể. Khi giải các bài toán đàn hồi các thông số như mô đun đàn hồi và hệ số Poat xông, công thức từng phần tử của sơ đồ tính toán có thể có đặc điểm riêng khác với các phần tử khác về số biến dạng về thể tích. Tập hợp các phần tử ấy có thể dễ dàng mô tả các đặc điểm cấu tạo của môi trường đang được tính toán : sự có mặt của các đới phá huỷ kiến tạo, các khe nứt, tính phân lớp (thớ của đất đá ...) đồng thời tính đến sự làm việc đồng thời của hầm và khối đất đá chung quanh.

Miền được nghiên cứu của khối đá và công trình cần phải tính toán được chia ra thành các phần tử tương ứng với bài toán đặt ra. Ở các đới cần có độ chính xác lớn (ví dụ, đới có thể có sự tập trung ứng suất, đới phá huỷ trong đá, đới bị phân cắt bởi các khe nứt và tính liên tục của nó bị phá huỷ) được chia ra thành các ô lưới dày, với số lượng lớn các phần tử có kích thước bé, các khu còn lại của sơ đồ tính toán là các phần tử có kích thước lớn hơn. Bằng phương pháp phần tử hữu hạn độ chính xác thay đổi, số lượng tương đối các phần tử trong sơ đồ tính.

Số liệu của sơ đồ tính bao gồm:

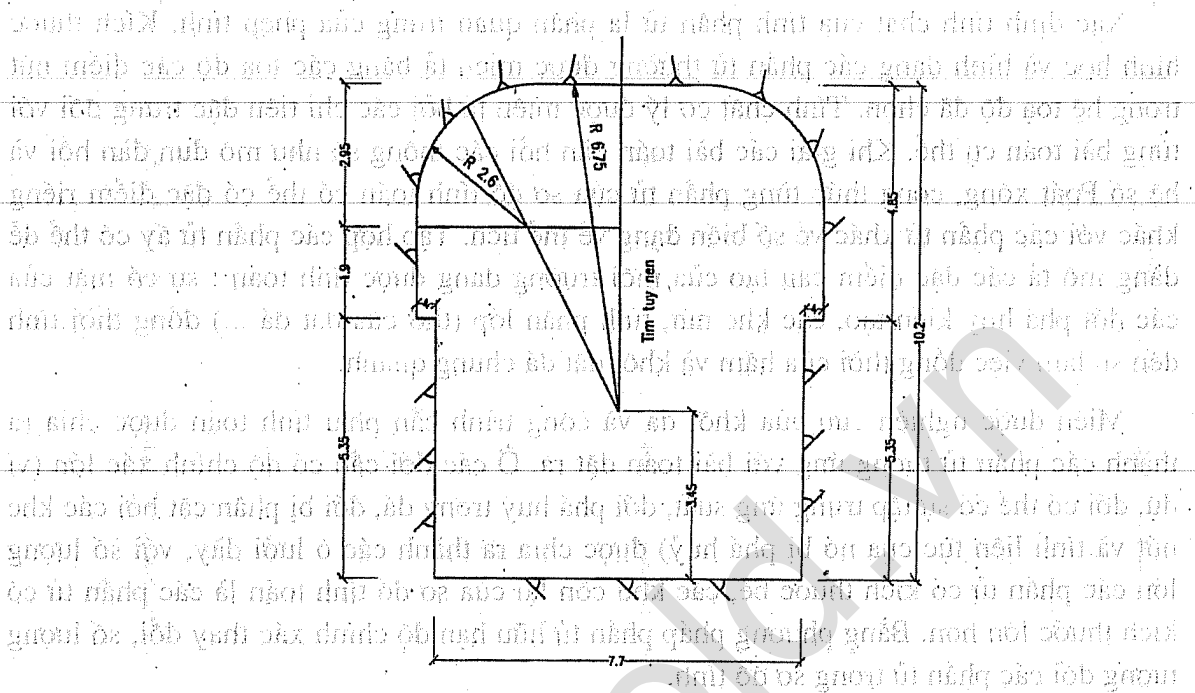
- Hệ thống hình học - dạng các phần tử, số thứ tự và tọa độ các điểm nút;
- Đặc trưng của vật liệu từng phần tử;
- Trọng lượng thể tích của vật liệu từng phần tử;
- Điều kiện biên, được cho bởi hệ thống các ngoại lực tập trung tác dụng vào các điểm nút hay tải trọng phân bố theo bề mặt các phần tử (bài toán không gian) và theo các phần tử (bài toán phẳng) và bởi điều kiện gia cố biên của miền được nghiên cứu.

Kết quả tính toán là xác định được chuyển vị và ứng suất các điểm nút (trong bài toán thể tích các giá trị $u, v, w, \sigma_x, \sigma_y, \sigma_z, \tau_{xy}, \tau_{xz}, \tau_{yz}, \tau_{max}, \sigma_1, \sigma_2, \sigma_3, \alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$ đối với từng trọng tâm, tâm của biên các phần tử và đối với từng điểm nút). Theo giá trị của ứng suất và chuyển vị trên sơ đồ tính toán có thể xây dựng các đường đẳng trị hoặc biểu đồ ứng suất và chuyển vị. Trên một số máy tính hiện đại có khả năng có các chương trình cho phép tối ưu hoá phương pháp này, sẽ có các kết quả cuối cùng được xây dựng bằng đồ thị.

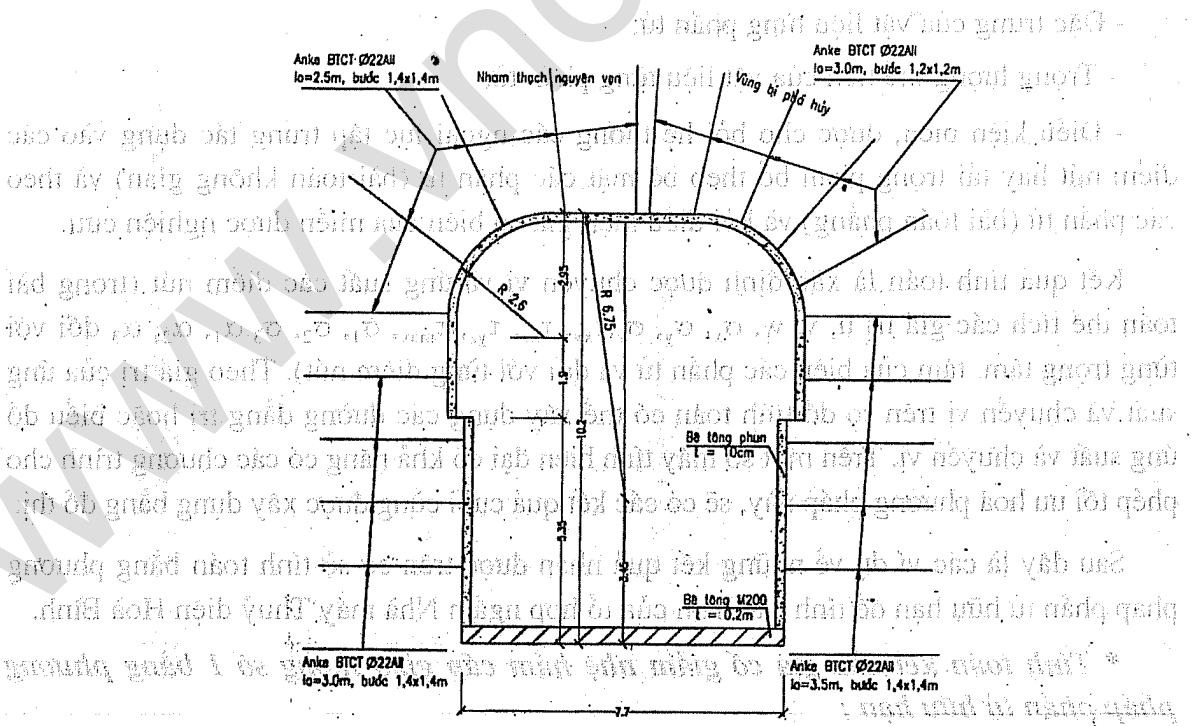
Sau đây là các ví dụ về những kết quả nhận được trên cơ sở tính toán bằng phương pháp phần tử hữu hạn để tính các hầm của tổ hợp ngầm Nhà máy Thủy điện Hoà Bình.

*** Tính toán kết cấu gia cố giảm nhẹ hầm cấp giao thông số 1 bằng phương pháp phần tử hữu hạn :**

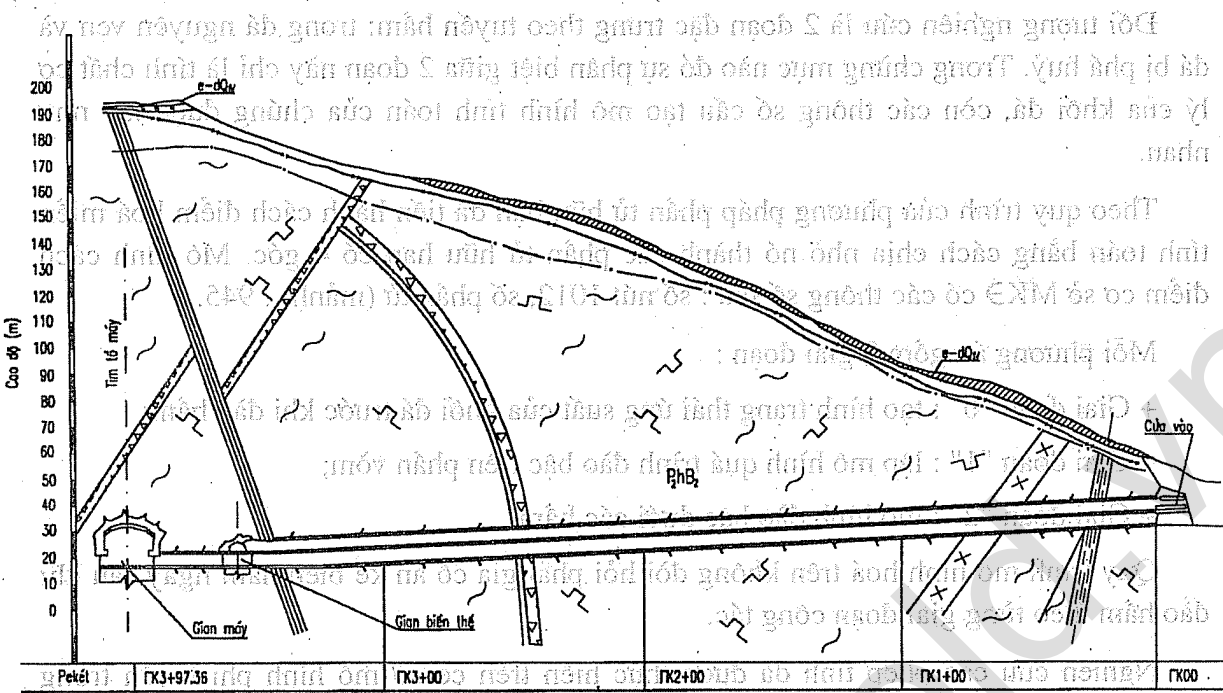
Hầm cấp - giao thông số 1 (TKT-1) dài gần 400m có hình dạng và các kích thước tiết diện ngang cho ở hình 1-4 a,b, mặt cắt dọc cho ở hình 1-5.



Hình 1-4a. Mặt cắt ngang hầm TKT-1



Hình 1-4b. Kết cấu gia cố hầm TKT-1



Hình 1-5. Mặt cắt dọc theo tuyến tuyền cấp giao thông N°1 TKT-1

- Đặc điểm địa chất công trình : Tính liên tục của đá trong khu vực tuyến hầm TKT-1 bị phá huỷ bởi một số hệ thống khe nứt theo những hướng khác nhau, phân cắt khối đá thành các khối không gian tách rời nhau có kích thước ngang đến 1,5m, vì kích thước hầm (D) và kích thước trung bình của khối nứt (d) có $\frac{D}{d} = 6 \div 9$ được coi là đồng nhất.

Trên tuyến hầm có xuất lộ nước ngầm, để giảm tải trọng thấm trong thiết kế hầm đã tính đến hệ thống lỗ thoát nước do đó trong sơ đồ tính không kể đến tải trọng này.

Trong mô hình tính toán địa cơ học đã lấy các đặc tính của khối đá như sau :

+ Với đá nguyên vẹn :

$$R_{kéo} = 4,3\text{kg/cm}^2; \quad c = 5,4 \text{ kg/cm}^2; \quad \varphi = 44^\circ.$$

+ Với đá bị phá huỷ :

$$R_{kéo} = 2,4\text{kg/cm}^2; \quad c = 2,7 \text{ kg/cm}^2; \quad \varphi = 43^\circ.$$

Trạng thái ứng suất tự nhiên của khối đá trong tính toán lấy theo công thức tính áp lực thủy tĩnh $\gamma H = 35\text{kg/cm}^2$, ($\gamma = 2,9 \text{ T/m}^3$).

- Thuyết minh sơ đồ tính toán hầm và phương pháp nghiên cứu :

Đối tượng nghiên cứu là 2 đoạn đặc trưng theo tuyến hầm: trong đá nguyên vẹn và đá bị phá huỷ. Trong chừng mực nào đó sự phân biệt giữa 2 đoạn này chỉ là tính chất cơ lý của khối đá, còn các thông số cấu tạo mô hình tính toán của chúng được lấy như nhau.

Theo quy trình của phương pháp phân tử hữu hạn đã tiến hành cách điểm hoá miền tính toán bằng cách chia nhỏ nó thành các phần tử hữu hạn có 4 góc. Mô hình cách điểm cơ sở MKĐ có các thông số sau : số nút 1012, số phần tử (mảnh) : 945.

Mỗi phương án gồm 3 giai đoạn :

- + Giai đoạn "0" : tạo hình trạng thái ứng suất của khối đá trước khi đào hầm;
- + Giai đoạn "1" : lập mô hình quá trình đào bậc trên phân vòm;
- + Giai đoạn "2" : mô hình đào bậc dưới các hầm.

Quy trình mô hình hoá trên không đòi hỏi phải gia cố an ke biên hầm ngay sau khi đào hầm theo từng giai đoạn công tác.

Nghiên cứu các phép tính đã được thực hiện trên cơ sở mô hình phi tuyến trong khuôn khổ của thuyết biến dạng dẻo với dạng dẻo lý tưởng của sự phá huỷ vật liệu đó. Khi lập tiêu chuẩn độ dẻo của đá đã sử dụng lý thuyết Mor. Bài toán phi tuyến đã được giải bằng phương pháp lý thuyết đàn hồi. Để đánh giá ảnh hưởng của các yếu tố phi tuyến đã tiến hành tính cả theo mô hình đàn hồi.

Sơ đồ trạng thái ứng suất của khối đá nhận được trong giai đoạn thi công hầm đã được sử dụng để đánh giá độ bền của đới gần biên hầm. Kích thước của đới biến dạng được xác định có tính đến hệ số độ tin cậy cho công trình cấp II là 1,2.

Phân tích kết quả tính toán đã đề xuất giải pháp kết cấu gia cố hầm.

Các kết quả nghiên cứu đã được lập dưới dạng các biểu đồ và các đường đẳng ứng suất, trường véc tơ ứng suất chính, biến dạng của biên hầm và đới có trạng thái không bền vững của khối đá.

Các kết quả tính toán cho phép đưa ra các kết luận sau :

- + Sơ đồ mô hình nhận được về độ bền đã mô tả đầy đủ bức tranh biến dạng phi tuyến của khối đá gần biên hầm;
- + Sự phân bố lại ứng suất ban đầu (hình thành do kết quả đào bậc bên trong phân vòm hầm) do tác động của quá trình đào bậc dưới, ảnh hưởng đáng kể đến trạng thái ứng suất của phân vòm. Trên các hình 1-6; 1-7 thấy rõ kích thước khối đá không ổn định ở phân vòm được mở rộng ra khoảng 40-50%. Từ đó rút ra là chiều dài an ke sẽ lắp đặt trong vòm hầm phải có công dụng đến khi kết thúc đào toàn tiết diện hầm (phải kéo dài thêm an ke ở phân vòm);

+ Ở 2 bên tường hầm (thẳng đứng) trong các đới gần biên quan sát được các khối mà trạng thái không bền vững có kích thước lớn nhất, đòi hỏi phải gia cố bằng an ke dài hơn;

+ Nhìn chung, các kết quả cho thấy giải pháp gia cố hầm bằng an ke bê tông cốt thép kết hợp với bê tông phun bảo đảm đủ khả năng chịu tải.

Trên cơ sở nghiên cứu tiến hành ở các đoạn có đá nguyên vẹn và đới phá huỷ kiến tạo đã xác định chiều sâu đới phá huỷ của khối đá (bảng 1-2). Từ số liệu bảng 1-2 và các yêu cầu của định mức đã đề nghị các thông số gia cố an ke (đường kính, chiều sâu, bước an ke) và bề dày lớp phủ bê tông phun (xem bảng 1-3) và hình 1-4b.

Ở những khu có các đới vỡ vụn mạnh nhất của các đới phá huỷ kiến tạo ($K_p=50\text{kg/cm}^2$) dự kiến làm vỏ kết cấu cố định bằng bê tông cốt thép mà trong giai đoạn thi công phải gia cố tạm.

Bảng 1-2. Chiều sâu vùng phá huỷ trong khối đá

Đặc trưng khối đá	h_H^M, m	$h_H^{MK\Xi}, \text{m}$	$b_H = h_H^{MK\Xi} K_p$
Khu đá bảo toàn (nguyên vẹn)	1,6(*)	$\frac{1,9}{2,4}$	—
Khu có đới phá huỷ kiến tạo	3,2	$\frac{2,7}{3,3}$	$\frac{2,4}{3,0}$

(*) Tỷ số là chiều sâu đới phá huỷ ở vòm, mẫu số là chiều sâu đới phá huỷ ở tường.

Các ký hiệu :

h_H^M - Chiều sâu đới phá huỷ có tính tới các yêu cầu định mức;

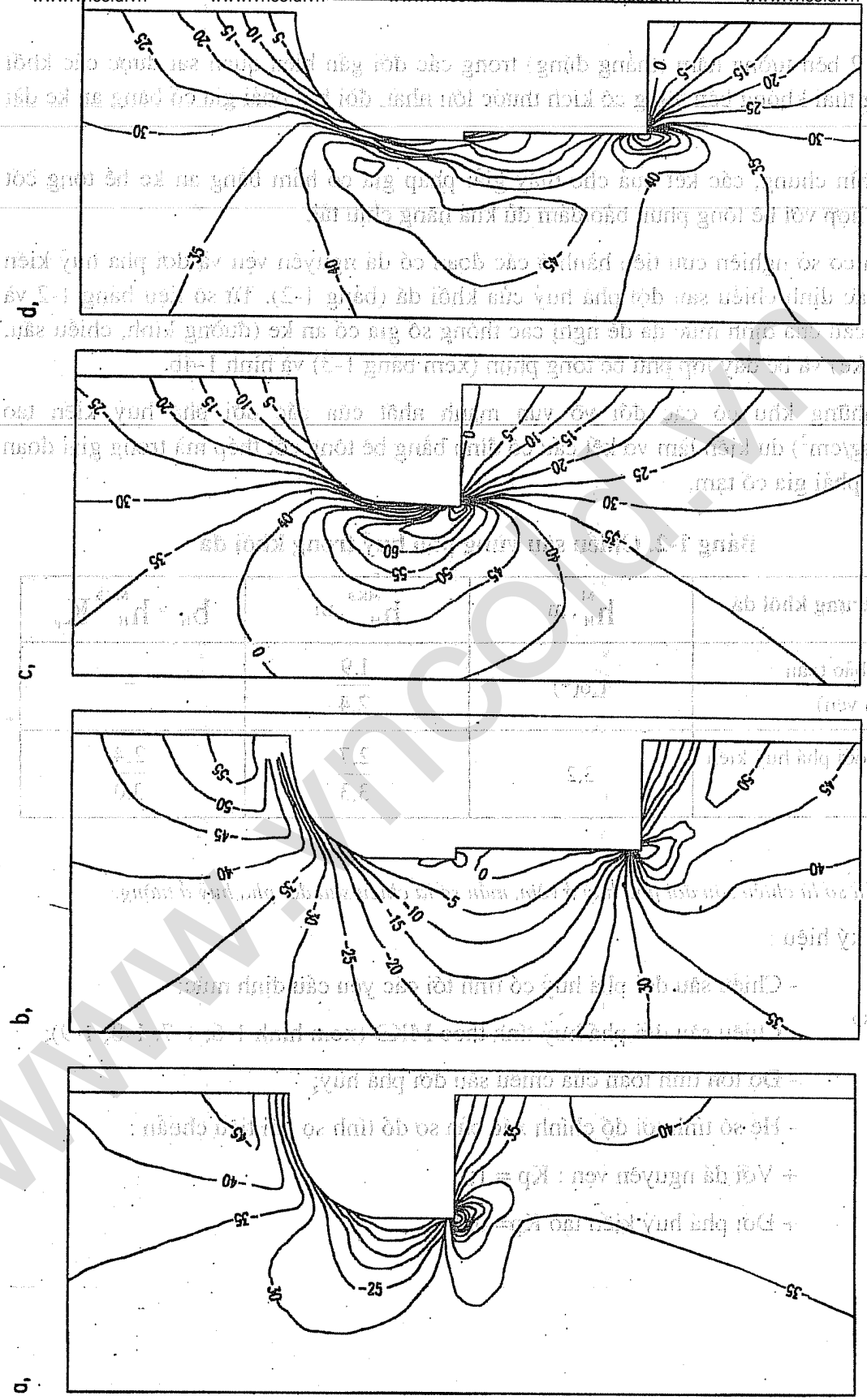
$h_H^{MK\Xi}$ - Chiều sâu đới phá huỷ tính theo MK Ξ (xem hình 1-6; 1-7; 1-8; 1-9);

h_H - Độ lớn tính toán của chiều sâu đới phá huỷ;

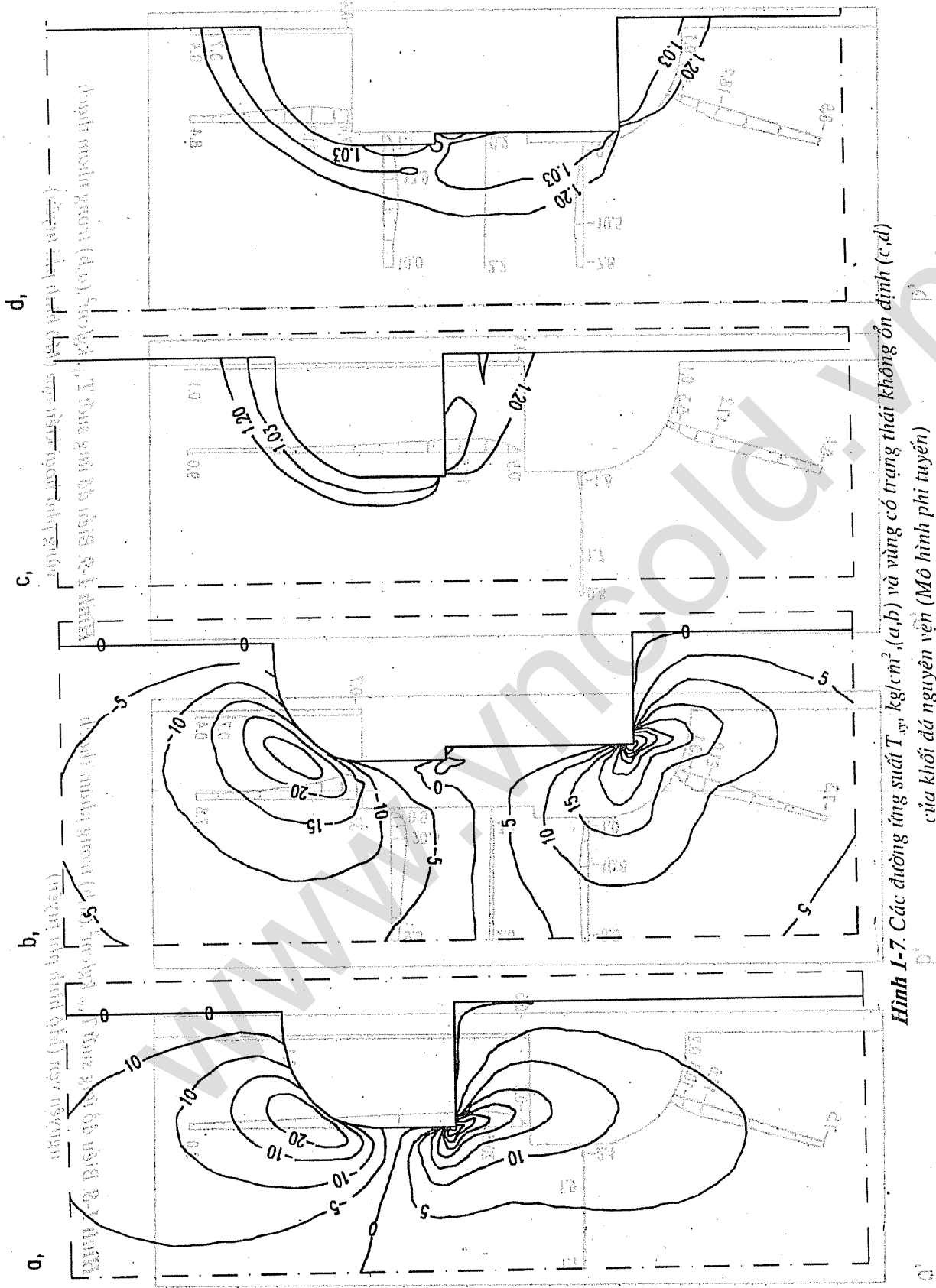
K_p - Hệ số tính tới độ chính xác của sơ đồ tính so với tiêu chuẩn :

+ Với đá nguyên vẹn : $K_p = 1$;

+ Đới phá huỷ kiến tạo $K_p = 0,9$.

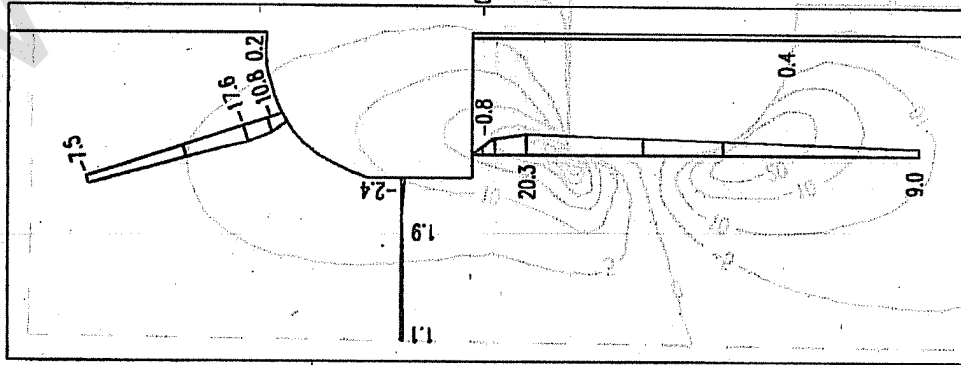


Hình 1-6. Đường đẳng ứng suất δ_x , δ_y , δ_{xy} , δ_{ϕ} và δ_{ψ} , kg/cm^2 (c,d) trong khối nham thạch nguyên vẹn (Mô hình phi tuyến-tinh)

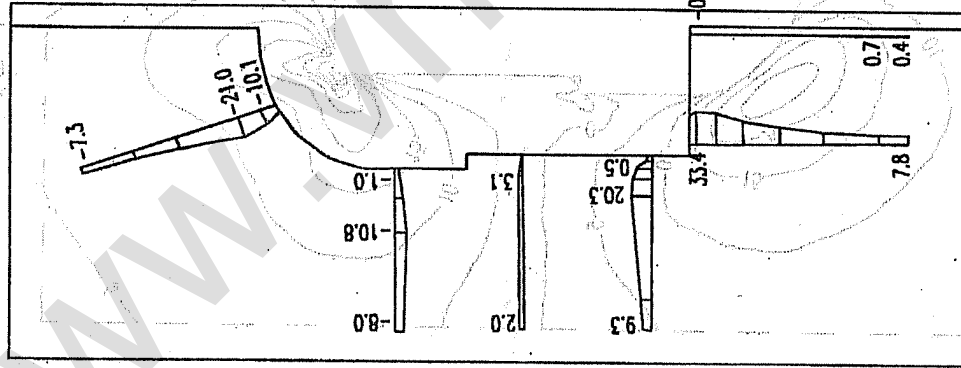


Hình 1-7. Các đường ứng suất T_{sp} (kg/cm^2) (a,b) và vùng có trạng thái không ổn định (c,d) của khối đá nguyên vẹn (Mô hình phi tuyến)

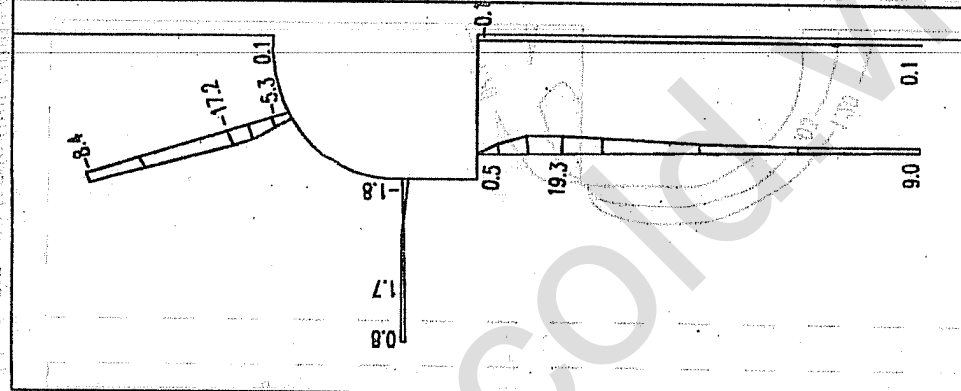
a,



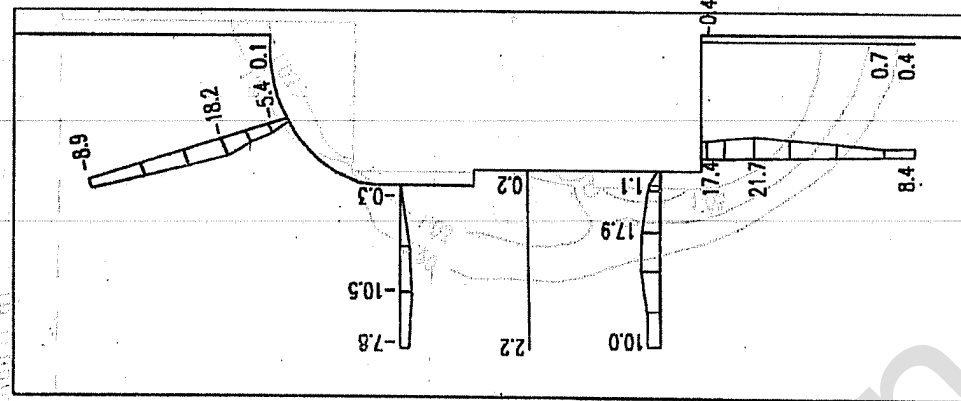
b,



a,



b,



Hình 1-8. Biểu đồ ứng suất T_{xy} (kg/cm²) (a,b) trong nham thạch nguyên vẹn (Mô hình phi tuyến)

Hình 1-9. Biểu đồ ứng suất T_{xy} (kg/cm²) (a,b) trong nham thạch vùng phá hoại kiến tạo (Mô hình phi tuyến)

Bảng 1-3. Kết cấu gia cố hầm

Vi trí	Đá nguyên ven	Đối phá hủy kiến tạo
Vòm	- An ke BTCT $\phi 22A-II$ $a=0,4 \times 1,4m$, $L=2,5m(*)$ - Bê tông phun $\delta=10cm$	- An ke BTCT $\phi 22A-II$, $a=1,2 \times 1,2m$, $L=3,0m(*)$ hầm đầu thô - Bê tông phun $\delta=10cm$
Tường	- An ke BTCT $\phi 22A-II$, $a=1,4 \times 1,4m$, $L=3,0m(*)$ - Bê tông phun $\delta=10cm$	- An ke BTCT $\phi 22A-II$, $a=1,4 \times 1,4m$, $L=3,5m(*)$ - Bê tông phun $\delta=10cm$

*** Tính toán kết cấu gia cố gian máy, gian biến thế bằng phương pháp phân tử hữu hạn.**

Gian máy và gian biến thế của Nhà máy thủy điện Hoà Bình là các hầm có kích thước lớn (gian máy rộng 22m, cao 53,1m, dài 280m, gian biến thế : rộng 15m, cao 20m, dài 262m) được bố trí song song với nhau, tường hạ lưu gian máy cách tường thượng lưu gian biến thế 24,5m.

Viện thiết kế thủy công Liên xô đã sử dụng phương pháp phân tử hữu hạn để nghiên cứu trạng thái ứng suất của khối đá xung quanh hầm theo các mô hình : đào phân vòm gian máy, đào thân gian máy (đào theo phương pháp hạ tầng), đào gian máy và gian biến thế một cách độc lập và có ảnh hưởng lẫn nhau. Kết quả nghiên cứu trạng thái ứng suất đã cho phép sử dụng các kết cấu gia cố tường gian máy, gian biến thế và trụ đá giữa chúng như trên hình 1-10.

Các kết quả nghiên cứu thực địa trong quá trình thi công cho thấy khá phù hợp với kết quả nghiên cứu theo phương pháp phân tử hữu hạn và thí nghiệm mô hình.

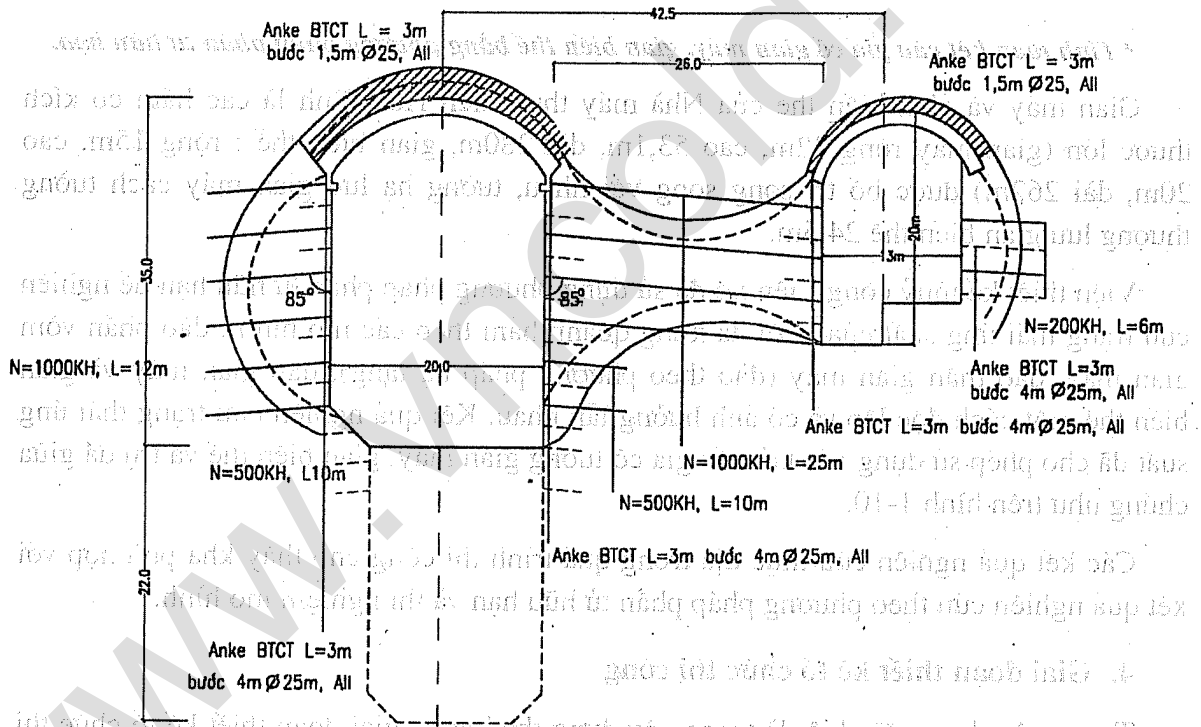
4. Giai đoạn thiết kế tổ chức thi công

Trong xây dựng, đặc biệt là trong xây dựng thủy công giai đoạn thiết kế tổ chức thi công có ý nghĩa đặc biệt quan trọng để đảm bảo được an toàn và hạ giá thành công trình (so với thiết kế kỹ thuật), khi xây dựng công trình thủy điện Hoà Bình, trong quá trình thiết kế tổ chức thi công tổ hợp ngầm, vấn đề quan trọng hơn cả là lựa chọn sơ đồ công nghệ thi công hợp lý, tổ chức phối hợp các đơn vị thi công trong tổ hợp ngầm một cách khoa học để đảm bảo có được năng suất cao nhất, chất lượng tốt nhất đồng thời cải tiến, hợp lý hoá các thiết kế trong giai đoạn trước.

Việc lựa chọn vị trí, tuyến và thời hạn thi công các hầm dẫn và các hầm công nghệ có ảnh hưởng lớn tới tiến độ thi công tổ hợp ngầm cũng như giá thành thi công chúng.

Kinh nghiệm xây dựng tổ hợp ngầm của Nhà máy thủy điện Hoà Bình và các Nhà máy thủy điện ngầm khác trên thế giới cho thấy việc bố trí hợp lý tiến độ thi công tổ hợp ngầm trong mối quan hệ tương quan với các hạng mục công trình ngoài trời (đập, đập tràn v.v.) có ý nghĩa đặc biệt quan trọng trong việc sớm đưa tổ máy đầu tiên vào hoạt động cũng như đẩy mạnh thời hạn kết thúc công trình.

Một đặc điểm riêng cơ bản của giai đoạn thiết kế tổ chức thi công là sự phối hợp làm việc giữa các cơ quan thiết kế, thi công và quan trắc địa chất, địa chất công trình, địa chất thủy văn... Hiệu quả của sự phối hợp này có ý nghĩa lớn, nhiều khi đặc biệt quan trọng trong quá trình thi công để đạt năng suất chất lượng cao, tránh được các tai nạn và sự cố kỹ thuật thấp nhất.



Hình 1-10. Sơ đồ gia cố gian máy và gian biến thế của NMTĐ Hoà Bình đưa vào kết quả tính theo phương pháp phân tử hữu hạn