

I —13 高見ダム洪水吐越流部の強度解析

北海道電力㈱ 安田 稔
北海道電力㈱ 舟林 繁
北電興業㈱ ○鹿内 賢司

1. は じ め に

高見ダムは、静内川総合開発計画の一環をなすもので、洪水調節と発電を目的とした高さ120mの中央コア型ロックフィルダムである。洪水吐はダム右岸に設け制水ゲートを持たない自由越流方式で、設計洪水量2400 m³/secの放流能力を持っている。今回、呑口越流部の強度解析を行ったので、その概要を報告する。

2. 検討の目的

洪水吐呑口越流部の構造は、図-1に示すように、1)重力式ダムと張コンクリート部分からなっているため、構造上応力が集中することが懸念される。2)マスコンクリート部分において、基礎グラウトほかの関係からキャップコンクリートを打設し、その上に新しいコンクリートを打設することになり、この新旧コンクリートの打継部分に応力が集中することが懸念される。従来これらの解析には、一般弾性論によっていたが、今回検討する構造体が特殊な形状であるので、大型電算機を使用し、FEM解析を次の2ケースについて行った。

(1) マスコンクリートの新旧コンクリートの温度応力解析。

(2) 越流部分の構造解析。

解析は、非定常解析を行わず、三角形要素及びアイソパラメトリック四辺形要素を用いた。

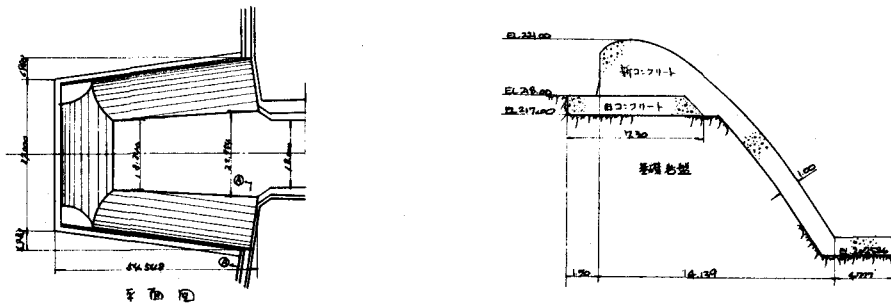


図-1 洪水吐呑口越流部形状

3. 解 析 条 件

計算条件

(1) 上流水位

項 目	常時満水位	風源波高	地 波 浪 高	震 高	水 位
満水時 (常時)	221.000	1.200	1.200	222.200	
"(地震時)	221.000	1.200	0.800	223.000	

(2) コンクリート及び岩盤の材料特性値

項 目	弾性係数	ポアソン比	単 位 体積重量	熱 膨 張 係 数
コンクリート	250,000	0.2	2.3×10 ⁻³	1.0×10 ⁻⁵
基礎岩盤	30,000	0.2	2.78×10 ⁻³	1.0×10 ⁻⁵

(3) 地震係数

空虚時(地震時) $k_H = 0.075$, $k_V = 0.0$
満水時(地震時) $k_H = 0.15$, $k_V = 0.0$
動水圧はWestergaardの近以式を使用する。

(4) 揚圧力係数

基礎岩盤上に作用させることとし、上流図 $h = 1/3 H$ 、下流面 $h = 0$ とする。（ただし、上流水位は満水時 221.000 m とする。）

(5) 温度差

温度差は常時空虚時のみ考慮するものとし、次のとおりとする。

新設コンクリート 5℃ および 10℃

既設コンクリートおよび基礎岩盤 0℃

(6) 許容応力

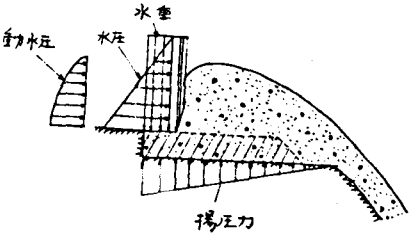
コンクリートの許容圧縮応力 $\sigma_{ca} = 70 \text{ Kg/cm}^2$

コンクリートの許容引張応力 $\sigma_{ca} = 0 \text{ Kg/cm}^2$

基礎岩盤の許容支持力 $P_{ca} = 300 \text{ t/m}^2$

ただし、地震時は 50% 増とする。

図-2 荷重作用図



上記の荷重は図-2の様に作用するものとする。

3-2 作用荷重の組合せ

以上の計算条件に基づき、本解析では、常時満水時、地震時満水時、常時空虚時（温度差応力解析）について計算を行うものとし、その荷重の組合せは次のとおりである。

(1) E L 217 m 以上のコンクリート部分の応力解析

ケース		自重	温度差	水圧	動水圧	揚圧力	地震力
1	常時満水時	○		○		○	
2	地震時満水時	○		○	○	○	→○
3	地震時空虚時	○					→○
4	常時空虚時	○	○ ^{+5℃} ○ ^{+10℃}				

(2) E L 214 m まで岩盤 3 m を含めた応力解析

ケース		自重	温度差	水圧	動水圧	揚圧力	地震力
1	常時満水時	○		○		○	
2	地震時満水時	○		○	○	○	○→
3	地震時空虚時	○					○↔

(3) E L 200.5 m 以上の越流部全体を一体とした応力解析

ケース		自重	温度差	水圧	動水圧	揚圧力	地震力
1	常時満水時	○		○		○	
2	地震時満水時	○		○	○	○	○→
3	地震時空虚時	○					○→
4	常時空虚時	○	○ ^{+5℃} ○ ^{+10℃}				

4. 検討結果

解析は下記に示す二次元弾性問題解析プログラムのフロチャートに従って行った。

- ① データの読み込み。
- ② 要素の剛性マトリックス及び、熱剛性マトリックスの計算。
- ③ 構造全体の剛性マトリックスに組込む。

- 上記の解析手法に基づいて洪水吐越流部の解析した結果は、下記のとおりである。

(1) EL 217 m 以上の越流部の
代表的なものを要約すると、解
析結果は次のとおりである。

図-3, 図-4, のとおり,
地震時満水時においては, 上下
流端で $0.5 \sim 0.65 \text{ kg/cm}^2$ 程度の
引張力が発生している。

また、常時空虚時の場合は 10°C の温度差を考慮した解析で、新旧コンクリートの境界付近に比較的大きな圧力が生じている。この場合曲げによる圧縮力は生じておらず単純圧縮力がほとんどである。張コンクリート項部では固定支承からローラー支承となり水平方向変位が解放されるため、 $40 \sim 45 \text{ kg/cm}^2$ の引張力が生じている。

(2) EL 217 m 以下 3 m
(EL 214 m) まで岩盤
を含めた構造体とした解
析結果のうち主なものは、
地震時満水時でその解析
結果を図-5に示した。

これによると、重力ダ

ム下流端に引張応力が集中的に発生しており、前項(1)で述べたように境界条件の影響があると考えられる。

(3) EL 200.5 m以上の越流部全体を一体とした構造解析を行った結果、主なものは次のとおりである。

1) 地震時満水時

図-6に示すように重力ダムと張コンクリート部分が岩盤に密着して越流部を形成しており異種の材料特性値を持った構造物が一体化したものととして解析した。

構造系に比べ、荷重項が小さいため生じている応力は小さく、ほとんど自重によって生じているもの

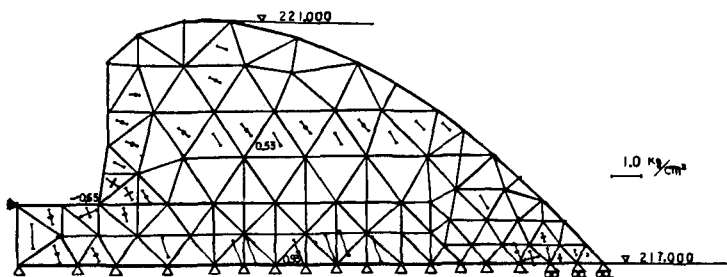


圖-3 地震時満水時

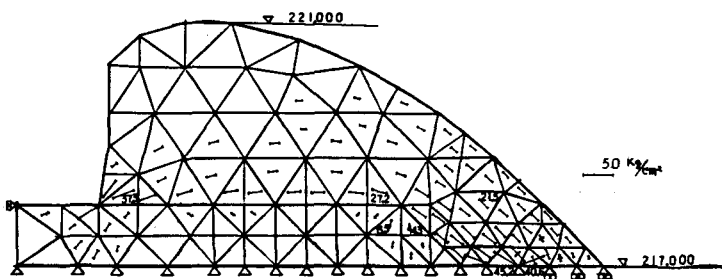
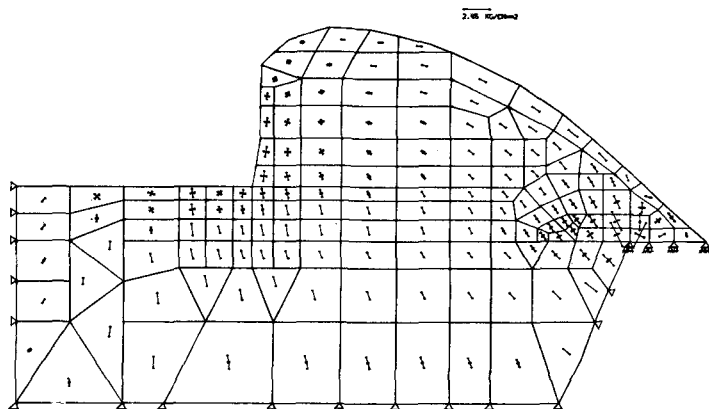


圖-4 常時空虛時(10℃)



圖一五 地震時滿水時

のと考えられる。圧縮応力はマスコンクリートから張コンクリートへスムーズに伝達されており、マスコンクリートと張コンクリートの交点付近および下部水平部に比較的大きな応力が作用している。

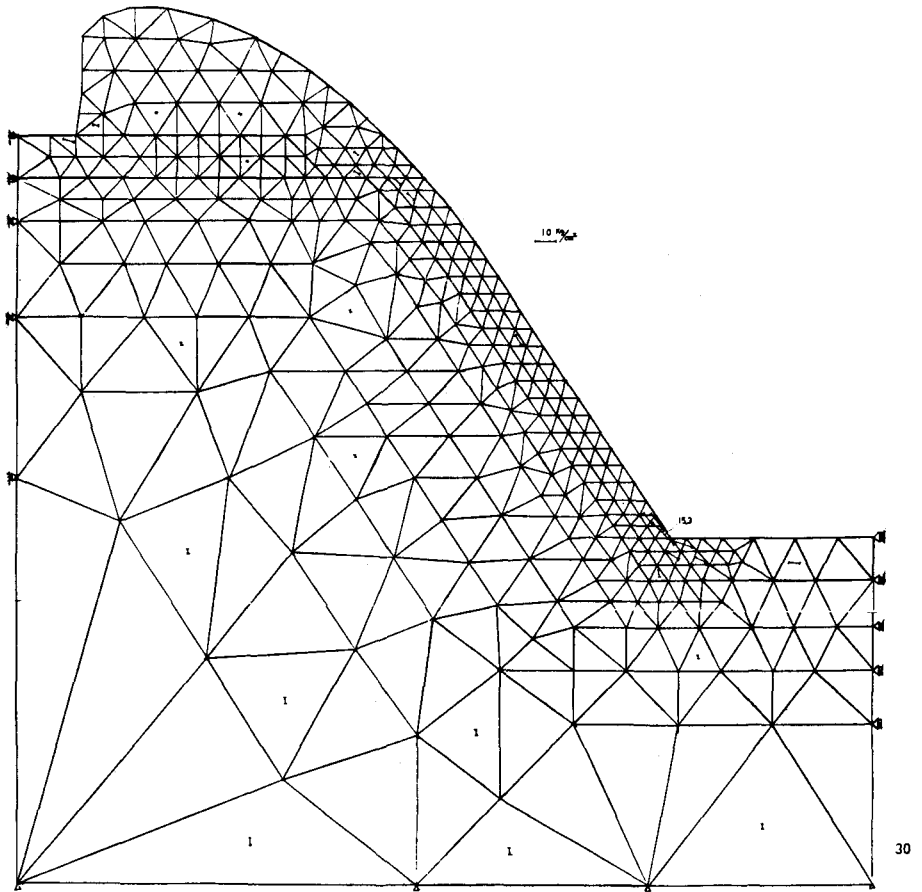


図-6 地震時満水時

2) 常時空虚時 (図-7 参照)

この応力解析には新旧コンクリートの温度差 10°C を考慮した解析で底版温度応力が顕著に現われ、新旧コンクリート境界付近に 20 Kg/cm^2 前後の応力がみられ、マスコンクリートと張コンクリートの交点付近では、マスコンクリートから張コンクリートへ応力がスムーズに流れており、張コンクリートには、 $20\sim 25\text{ Kg/cm}^2$ の応力を示している。また、張コンクリートの下部付近に 60 Kg/cm^2 前後の大きな圧縮応力が集中している。

5. 考 察

- (1) 常時空虚時の検討 (温度差 10°C) で $\text{EL } 217\text{ m}$ の検討結果では、下流端 (ローラー支承部) において、引張力が発生しているが、 $\text{EL } 200.5\text{ m}$ までの越流部全体の解析では、引張応力が発生していない。このことは境界条件のとり方によるものと思われ、今回の解析例のような構造系の場合、マスコンクリートと張コンクリートの交点付近には、大きな応力が作用しないことが明らかになった。
- (2) 解析において越流部底版部の隅角部に応力集中がみられる。この応力を緩和させるため曲線またはハンチを設けるなど構造物全体の施工に反映したい。
- (3) 温度応力以外の解析においては、自重によって生じる応力が支配的で応力は小さく大差ない値を示しており、特に問題とならない。また、温度応力によって生ずる圧縮応力、引張応力に対しても、鉄筋等

で十方対処出来るものと思われる。

おわりに、本解析に当り多大な御協力戴いた電力中央研究所土木構造研究室の皆様に紙上を借りて、お礼申し上げます。

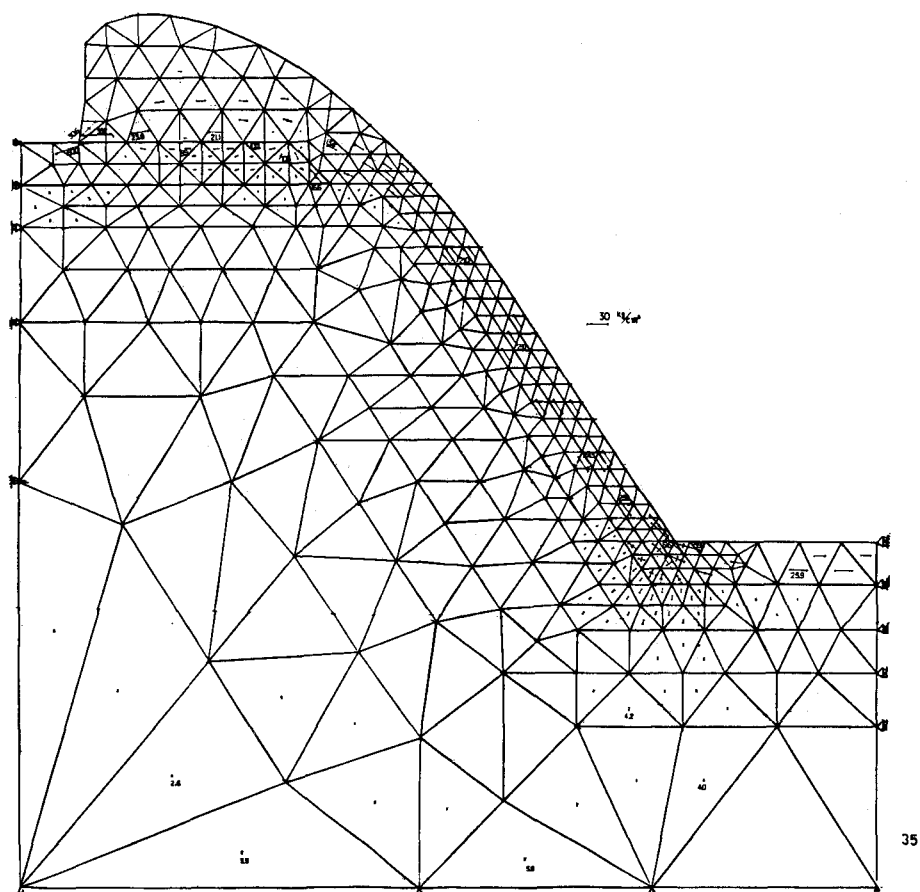


図-7 常時空虚時 (+10℃, 圧縮応力)

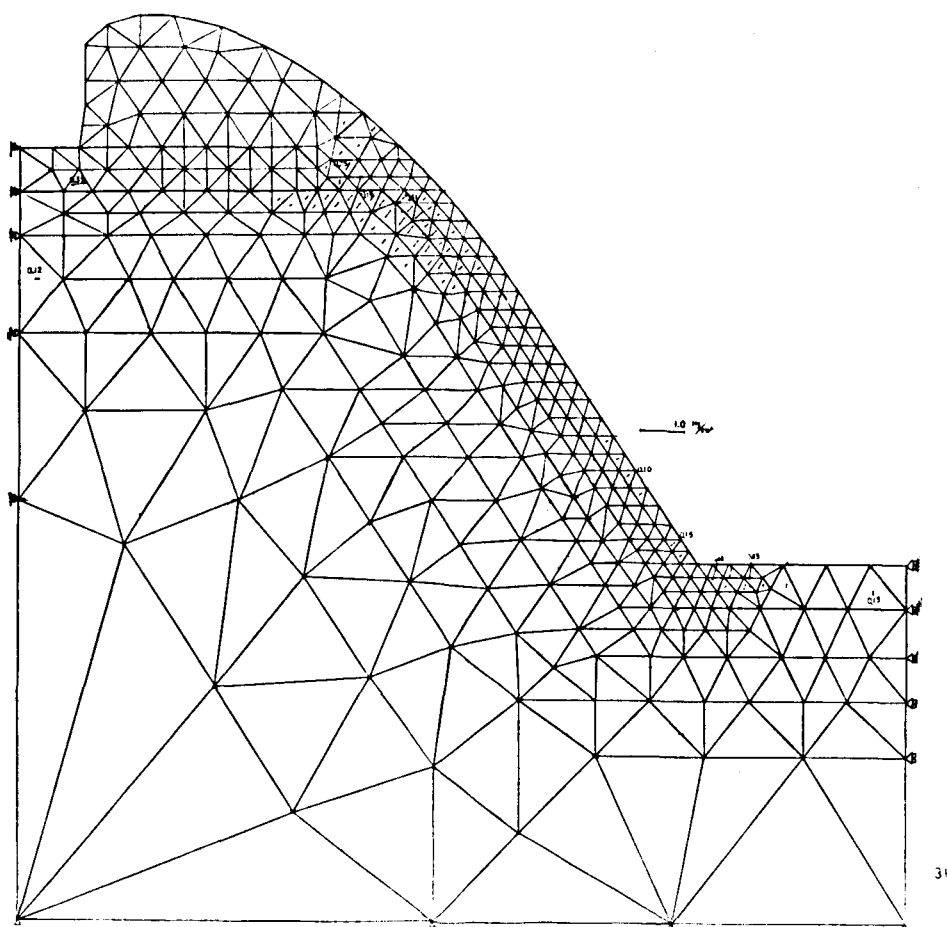


図-8 地震時満水時（引張応力）

〔参 考 文 献〕

1. 有限要素法による構造解析プログラム（コンピューターによる構造工学講座 I - 1 - B）三本木茂夫
吉村信敏 共著
2. マトリックス構造解析の基礎理論 J. S. シェムニスキー著
3. The Finite Element Method in Structural and Continuum Mechanics O. C. Zienkiewicz
4. 応用有限要素法 川井忠彦著