

空中に露出せる鋼水槽の地震に対する応答

東大教授 久保慶三郎
秋田県 橋本恵夫
日本工営K.K 林勝三郎
" " 松山孝弘
" " 和田勝義

1. は し が き

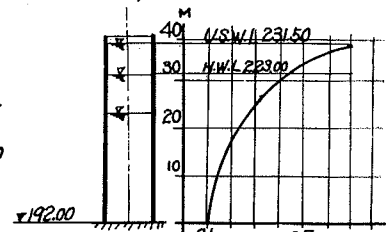
発電用の調圧水槽として空中に露出せる直径10m高さ41mの鋼製の調圧水槽の設計の機会を得、従来の震度法による静的検討の他にIBM7090を用いて動的検討を行なった。検討は実際の地震記録をインプットとして与え、地震時に於ける構造物の挙動をとらえ、より合理的な耐震設計の確立をめざした。しかし解析結果をより妥当なものとする為、今後解決しなければならぬ問題も残された。以下では動的検討の全過程及び解析の途上にて遭遇した諸問題について述べる。

2. 構造物の諸特性及び応答計算

水槽は発電用の調圧水槽の爲、水槽内水位は種々の状態をとり得る。即ち建設時の空座状態、その後の満水或はサージング状態等である。当然の事ながら各水位状態に応じ構造物の振動特性、地震時発生応力、転倒に対する安全性等に相異がある。

(i) 固有周期について

本調圧水槽は極めて剛性に富み、後述した結果からも明らかな如く、支配的な振動の周期は一次の周期のみとなっている。各水位の変化に応じた一次の周期はFig-1に示す如くなる。



(ii) 応答計算について

計算に際して用いた仮定は次のようになる。

- (a) 振動源はEL CENTRO NS 1940 V 18 地震加速度記録を209.26倍したものを用了。(以下単にEL CENTROと呼ぶ)
- (b) 減衰定数を5%とした。
- (c) 構造物を5質点の力学系に置換した。
- (d) 振動は弾性範囲内の曲げ振動のみを考慮した。

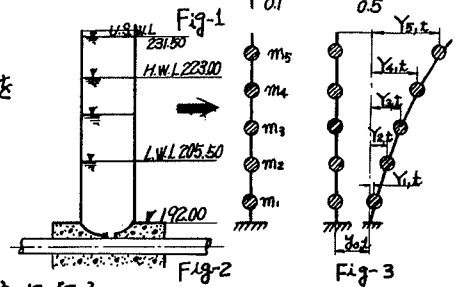


Fig-3を参照し運動方程式を作成すると次のようになる。

$$Y_{i,t} = -\sum_{j=1}^5 \alpha_{ij} \{ m_j (\ddot{Y}_{j,t} + \ddot{y}_{0,t}) + c_j \dot{Y}_{j,t} \}$$

$i = 1, 2, 3, 4, 5$

$$c_j/m_j = \text{Constant とする。}$$

$Y_{ix,t}$: t時刻に於けるi質の相対変位。

$\dot{Y}_{ix,t}$: $dY_{ix,t}/dt$ 。

$\ddot{Y}_{ix,t}$: $d^2Y_{ix,t}/dt^2$ 。

$\ddot{y}_{0,t}$: 地震加速度。

m_j : j質の質量。

c_j : 減衰の程度を示す定数。

α_{ij} : j質に単位荷重を載荷した場合のi質の変量。

上式をRUNGE-KUTTA-GILLにてIBM7090を用い数値積分

を行なった。その結果得られた変位応答、転倒モーメント

、基部せん断力応答をU.S.W.L時について示すとFig-7~Fig-11の如くなる。

(iii) 静的計算結果との比較

動的計算によって得られた諸値の内、最大応力発生時の応力分布と静的検討によって得ら

いた応力分布を比較すると Fig-4 の如くなる。全般的に動的検討の結果が大きくなっている。

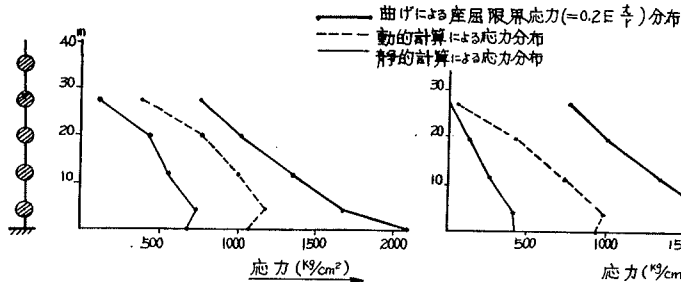


Fig-4 水位が U.S.W.L 231.50 の時

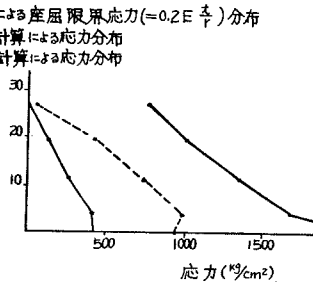


Fig-5 水位が H.W.L 223.00 の時

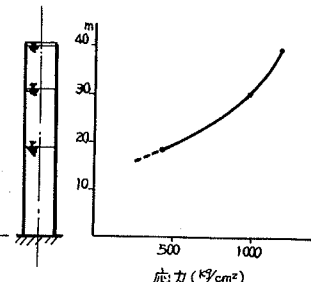


Fig-6 水位変化に応じた最大発生応力

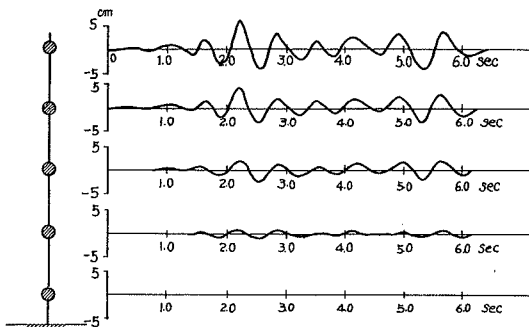


Fig-7 変位応答図

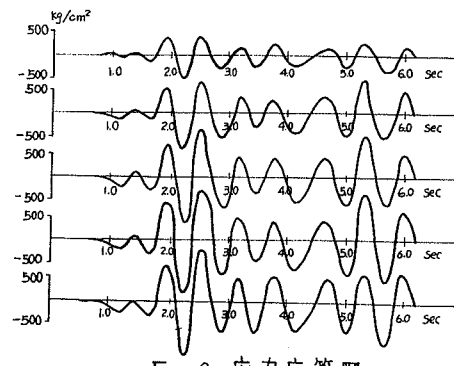


Fig-8 応力応答図

3 お す び

EL CENTRO の卓越周期(≒0.3秒)に水槽の固有周期が接近している。即ち振動学的には、本水槽に対し厳しい振動源であると云える。

解析結果より構造物の安全性を検討する場合、いかなるパターンの地震をインプットとして採用するかは最も重要な問題である。

その他この動的検討の結果を評価する場合、次のような事項が問題になる。

- (1) 減衰係数の正確な値の推定
- (2) 基礎地盤の影響をいかに取り入れるか。
- (3) 傾斜系への置換の場合の特に水槽上部の水の取扱い方。

- (4) 極く短時間内の荷重という意味での地震時に於ける発生応力及び転倒モーメントに対する基礎の安全率の考え方。

今回本調圧水槽に関する安定性の検討の一環として行った減衰機構に関する実験報告は次回に行う予定である。

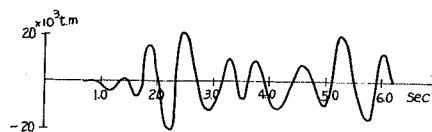


Fig-9 基部転倒モーメント応答図

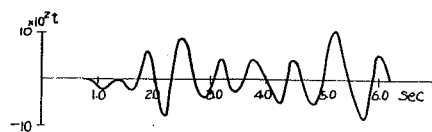


Fig-10 基部せん断力応答図

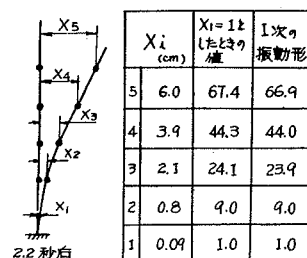


Fig-11 最大応力発生時の変位分布