

電源開発(株) 正員 有 賀 義 明

電源開発(株) 正員 堀 正 幸

1 まえがき

土地利用が高度に進んだ我が国では、地下空間有効利用の必要性が、将来、次第に高まるものと想定される。当社^{1),2)}の下郷発電所では、池原発電所・沼原発電所と同様に、原子力発電所の地下立地に関する研究の一環として、大規模地下構造物の耐震設計法の確立を目的として、検討の際に必要な不可欠となる基礎的データを得るために地震観測を実施している。これまでの研究の中で、大規模地下構造物の地震時安定性を評価するための動的解析プログラムを新たに開発し、下郷発電所における地震動シミュレーション解析に適用してみたので、本報告では、シミュレーション解析結果と地震観測記録との比較検討例を紹介する。

2 下郷発電所における地震観測³⁾

下郷発電所は、福島県西南部、阿賀野川上流部(東経 $139^{\circ}55'$ 、北緯 $37^{\circ}26'$)に位置する純揚水式発電所(最大出力100万KW、建設中)である。発電所は、地山被り約100mの地下に掘削され、長さ171m、幅22m、高さ45mの大規模地下空洞を形成している。発電所周辺の地質は、主として閃緑岩と大戸層細粒砂岩により構成され、地震計は図-1のように11ヶ所〔1ヶ所あたり3成分:地下発長軸方向(X-X)、地下発短軸方向(Y-Y)、鉛直方向(Z-Z)〕、計33台設置されている。

3 シミュレーション解析

● 解析コード: 解析に先立ち、地盤-構造物連成系の動的問題に適用し得る非線形動的解析プログラム“DANON”(Dynamic Analysis Program considering Non-linearities of Rock Materials)を開発した。DANONは、有限要素法に基づき、直接積分法(線形加速度法)により時刻歴応答解析を行う解析コードであり、①非線形解析ができる。②粘性境界を設定できる。③多入力解析ができる。④Joint要素が使える、等の特徴を有している。

● 解析モデル: 解析に用いた2次元有限要素モデルを図-2に示す。地盤は、表層1分類・大戸層細粒砂岩2分類・閃緑岩の4区分とし、その物性値は表-1の通りとした。境界条件は、側方・下方とも粘性境界を設定した。地盤の非線形性については、歪レベルが微小と考えられたので考慮せず線形解析とした。

● 入力地震動: 下郷発電所の地表部(S-11位置)において、1983年5月24日発生した地震(マグニチュード5.8、震央距離200km)の際に記録された地下発短軸方向の加速度波(図-3参照)を一次元波動伝搬解析コード“SHAKE”により解析モデル下端位置まで引き戻し、粘性境界下端での入射波を算出して、2次元有限要素モデルへの入力として用いた。

● 解析結果: 1983年5月24日にS-11位置(地表部)で記録された加速度時刻歴を図-3に、S-10位置(地表-地下発中間部)・S-1位置(地下発周辺岩盤内部)で記録された加速度時刻歴を図-4に示す。また、シミュレーション解析により得られたS-10位置(節点344)・S-1位置(節点179)における加速度時刻歴を図-5に示す。さらに、S-11位置・S-10位置・S-1位置における加速度応答スペクトル(減衰2%)について、観測値と計算値の比較した結果を図-6に示す。

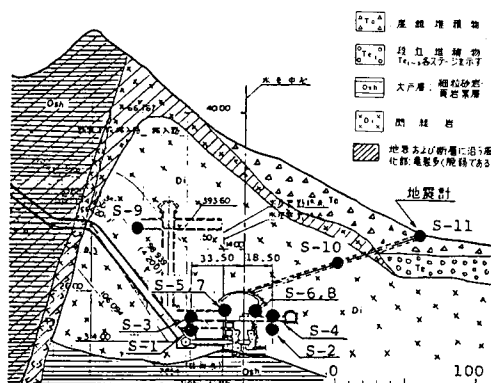


図-1 下郷発電所地震計設置位置

発電所建設時に実施した地質調査・岩盤試験のデータをもと

に解析モデルを設定しシミュレーション解析を行った結果、加速度時刻歴の最大振幅については、S-10位置における観測値と計算値の比は〔観測値／計算値〕=1.07であり、S-1位置では〔観測値／計算値〕=1.06であり、それぞれ良い対応を示した。周波数特性については、5~10Hzの領域に関しては観測値と計算値との間に傾向の差異が認められたが、その他の領域ではピークの出現位置・スペクトル形状ともに観測値と計算値とは比較的良好一致した。

4 あとがき

今回の解析により、新規に開発した非線形動的解析プログラム“DANON”の有効性および下郷発電所における地震事象の再現性について有益な資料を得ることができた。こうした解析では、地盤のモデル化・物性値の評価が特に重要な要素となるが、今後は、若干のパラメータスタディを行なう一方、沼原発電所について解析も試みる予定である。

なお、解析プログラム“DANON”の開発に当っては、(株)開発計算センターの紀村禎昭氏の協力を得ました。記して謝意を表します。

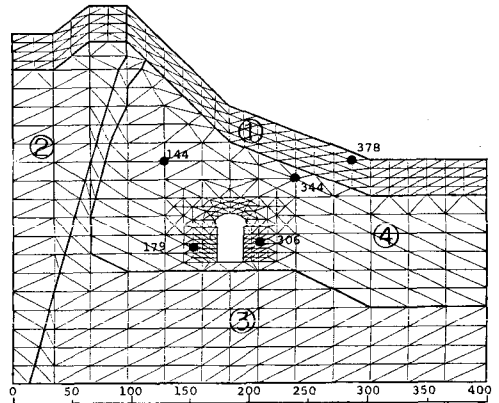


図-2 2次元有限要素モデル

表-1 地盤物性値

地層No	地盤種類名称	ρ (g/cm^3)	Gd (ton/cm^2)	ν_d	h (%)	備考 Vs(m/s)
1	表層	2.2	22	0.3	5	1000
2	大戸層細粒砂岩(山側)	2.6	140	0.3	2	2300
3	大戸層細粒砂岩(谷側)	2.7	165	0.3	2	2450
4	閃緑岩	2.8	200	0.35	1	2600

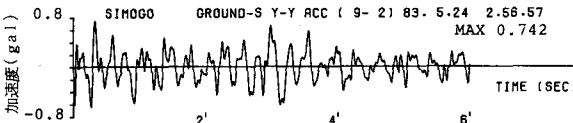


図-3 一次元波動伝搬解析時の入力地震動
(1983年5月24日 S-11位置で記録された加速度時刻歴)

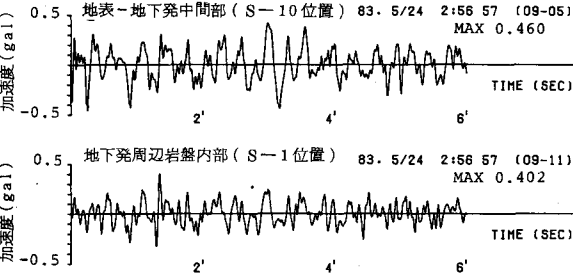


図-4 観測された加速度時刻歴

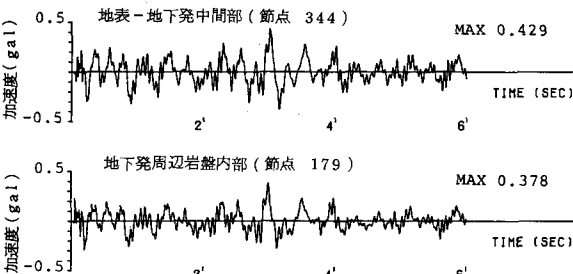


図-5 計算より得られた加速度時刻歴

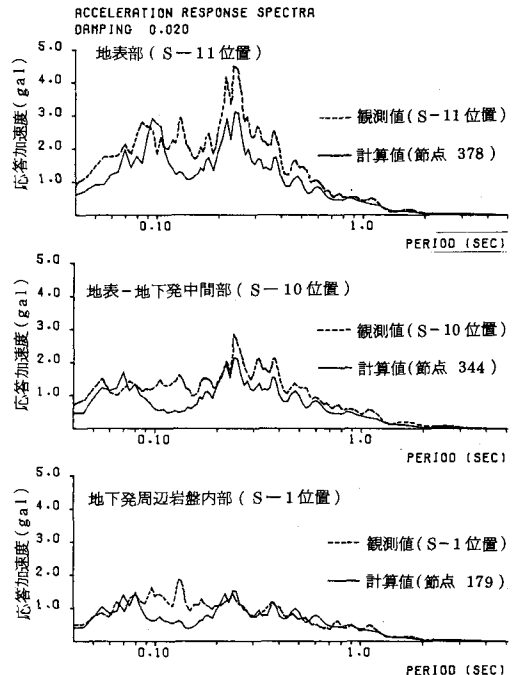


図-6 観測値と計算値の比較
(絶対加速度応答スペクトル:減衰2%)

- 〔参考文献〕 1) 有賀, 堀, 市川: 沼原地震記録による地下地震動特性-応答スペクトル形状-, 土木学会第28回年講演概要集, I-419, 1983.9月
2) 有賀, 堀, 市川: 地下洞の地震時挙動観測例-その3-第17回地震工学研究発表会講演概要集, P123~126, 1983.7月
3) 有賀, 堀: 地下空洞における地震観測(下郷地下発電所), 土木学会第39回年講演概要集, I-400, 1984.9月