

PS I - 17 電力施設に適用する各種方式の免震装置の基本特性について

東京電力 正員 鈴木 英世・桑原 洋
 榊奥村組 正員 竹内 幹雄・高橋 一成

1. まえがき

筆者らは、電力施設の地震時の信頼性向上を目指し、免震システムの検討を行っている。本文は、一般電力施設に適用する免震装置の方式を選択するための、基礎資料を得ることを目的とした研究のうち、地震応答解析の結果について報告するものである。

2. 解析モデル

構造物は1次の固有周期が0.25秒の1質点モデルとし、その基礎部に水平方向1自由度の免震装置を設置するものとした(図-1参照)。想定した免震装置は、復元バネとダンパーを並列に組み合わせたもので、ダンパーは弾塑性系・摩擦系・粘性系の3方式とした(図-2参照)。応答は線形加速度法により直接積分で求めた。また、免震システムに入力されるエネルギー量を下記式で求めた。

$$\sum_1 \int_0^t m_1 \ddot{x}_1 \dot{x}_1 dt + \sum_2 \int_0^t c_1 \dot{y}_1 \dot{y}_1 dt + \sum_3 \int_0^t k_1 y_1 \dot{y}_1 dt + \int_0^t Q(x_1, t) \dot{x}_1 dt = - \sum_4 \int_0^t m_1 \ddot{z}_1 dt$$

E_1 E_2
 E_3 E_4 IE

E_1 ; 運動エネルギー E_2 ; 復元バネ吸収エネルギー
 E_3 ; 復元バネ弾性エネルギー E_4 ; ダンパー吸収エネルギー
 IE; 入力エネルギー

3. 地震応答解析の条件と結果

入力地震波には、実地震波の振幅特性を目標応答スペクトルに合うように補正した模擬地震波を用いた。目標応答スペクトルは、道路橋示方書第1種、第2・3種、第4種地盤のスペクトルを包絡するように設定した(図-3参照)。用いた実地震波と最大加速度は図-4に示すとおり、1種が宮城県沖地震開北橋(TR)、2・3種がElCentro波(NS)、4種が日向灘沖地震細島(EW)である。

(1) 弾塑性系

図-5に q_y をパラメータとした応答結果を示す。同図のエネルギー吸収率は、ダンパー吸収エネルギーを入力エネルギーで無次元化(E_4/IE)したもので、ダンパーのエネルギー吸収効果を明瞭に表現できる。加速度は $q_y=0.03 \sim 0.05$ で最小となり、変位は $q_y=0.03$ より大きい範囲ではほぼ一定であるが、それより小さい範囲で急激に増大している。いずれの入力地震波においても吸収率を最大にする q_y が存在し、1種地盤で $q_y=0.03$ 、2・3種で $q_y=0.05$ 、4種で $q_y=0.07$ 程度である。

(2) 摩擦系

図-6に μ をパラメータとした応答結果を示す。加速度は $\mu=0.04 \sim 0.08$ で最小になる。変位については μ を小さくするほど増大するが、

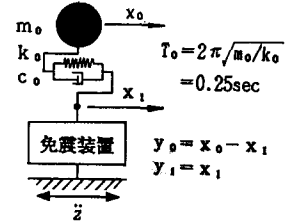
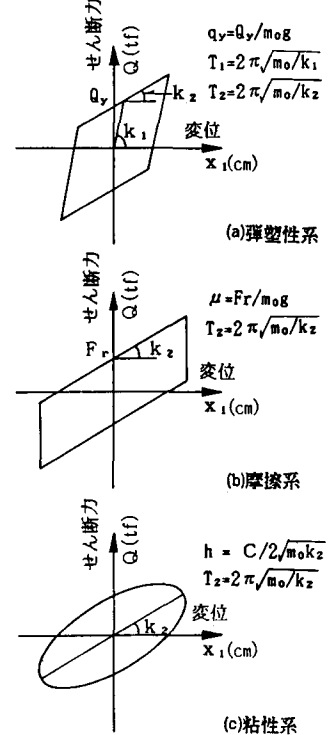


図-1 解析対象モデル



Q_y : 降伏せん断力
 q_y : 降伏変位
 k_1, k_2 : 復元バネ係数
 F_r : 摩擦力
 μ : 摩擦係数
 C : 粘性係数
 h : 減衰定数

図-2 各免震装置の復元力特性

特に $\mu=0.04$ 程度を境に急激に増大することがわかる。エネルギー吸収率は、 $\mu=0.02\sim0.06$ 程度で最大値に達する。

(3) 粘性系

図-7に h をパラメータとした応答結果を示す。加速度は、 $h=0.1\sim0.2$ 以上になるとほぼ一定の応答を示す。変位は h が大きくなるにつれ減少する。エネルギー吸収率は h が大きくなる程大きくなるが、 $h=0.3$ 以上では大きな増大はない。また入力地震波に関係なく、各減衰定数で一定になる。

4. まとめ

免震装置の特性値をパラメータに
応答計算を行い、各種免震方式において
応答加速度・変位を最小にする
特性値が、いずれの入力地震波にお
いても存在することが判り、また免
震システムへの入力エネルギーに着
目することでこの特性値の確認がで
きた。本研究を通じて、免震装置の
開発において目標となる諸定数を得
ることができたので、これらの結果
を受け、新しい免震装置の開発に展
開させる予定である。

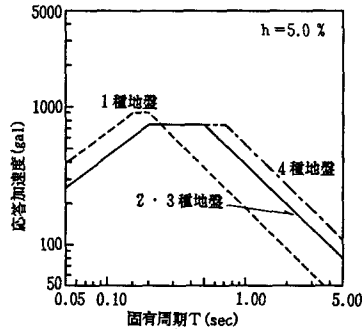


図-3 加速度応答スペクトル

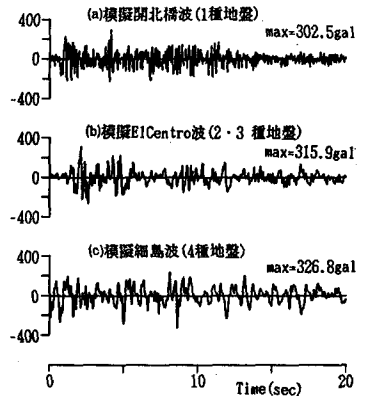


図-4 入力地震波加速度波形

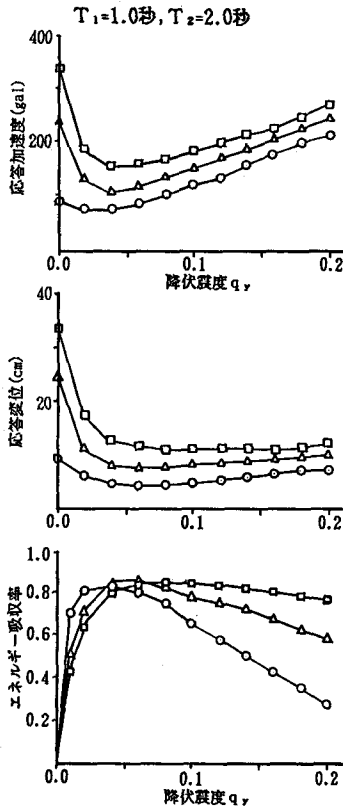


図-5 弾塑性系応答結果

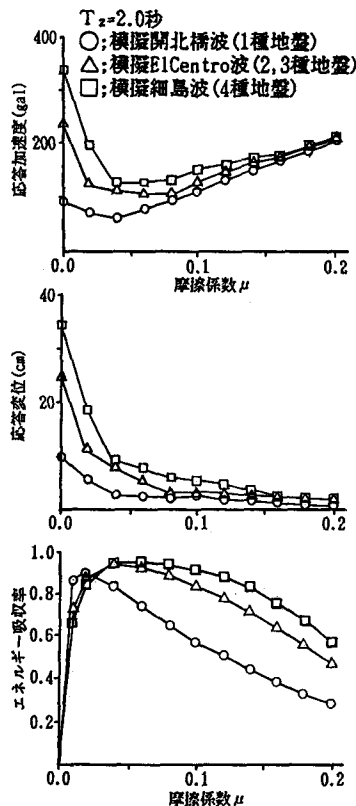


図-6 摩擦系応答結果

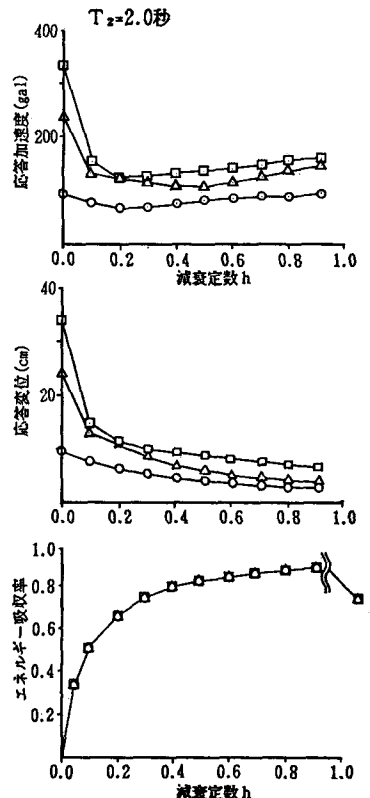


図-7 粘性系応答結果