

免震装置を有する中層ラーメンの地震応答解析

岩手大学 正会員 宮 本 裕 正会員 岩 崎 正 二
 岩手大学 ○荻野目太志 金 英 達
 南洋理工大学 馬 国 偉

1. まえがき

従来の中低層建物は、上部構造の比較的高い強度と比較的低い変形能によって地震エネルギーを吸収する方法を取っている。そのため変位は小さいが、建物に入る加速度は大きくなってしまふ。これに対し免震建物は、上部構造と地盤との間に設置された免震装置の変形能に依存して地震エネルギーを遮断するため、応答加速度・せん断力を大きく低減する事が出来る。

本研究の目的は、基礎に免震装置を用い、更に地震時の過大な応答変位を抑制するため弾塑性変形を示す変位制限装置を加えた中層ラーメンの地震応答解析を行い、これらの免震要素の力学特性や構造物のモデル化の違い、地震波の違い等が応答性状に及ぼす影響を明らかにすることである。

2. 解析理論

今回の解析では、構造物を図-1の様にモデル化している。これを各質点ごとに力の釣り合いを考えマトリックスの形で示せば式(1)のようになる。

$$[M]\{\ddot{x}\} + [C]\{\dot{x}\} + [K]\{x\} = -\{m\}a_g + \{f_d\} + \{f_r\} \quad (1)$$

この方程式は従来の振動方程式を変形したもので、本研究においては、従来の振動方程式を静止状態の方程式と呼んでおり、これに対し式(1)の方程式を滑り状態の方程式と呼んでいる。ここで、式中の $\{f_d\}$ 、 $\{f_r\}$ の項は、それぞれ基礎摩擦力(図-2)と変位制限装置の反力(図-3)を表わしており、ともに基礎部分のみに影響する項である。

応答解析を行う際、構造物の基礎部分にかかる応力が基礎摩擦力と変位制限装置の反力の和よりも大きい場合は、滑り状態の方程式により計算を行い、

反対に小さい場合には免震装置は滑動しないため基礎部分は固定されているものとみなし、静止状態の方程式により計算を行う。

また、 f_d 、 f_r を式で表わすと次のようになる。

$$f_d = -\text{sign}(\dot{x}_0) \mu \sum_{i=1}^n m_i g \quad (2)$$

$$-f_r = \bar{K}x_0 + \bar{P} \quad (3)$$

式(2)において μ は摩擦係数である。また式(3)において $\bar{K}$ 、 $\bar{P}$ は弾性係数 $\bar{K}_1$ 、型

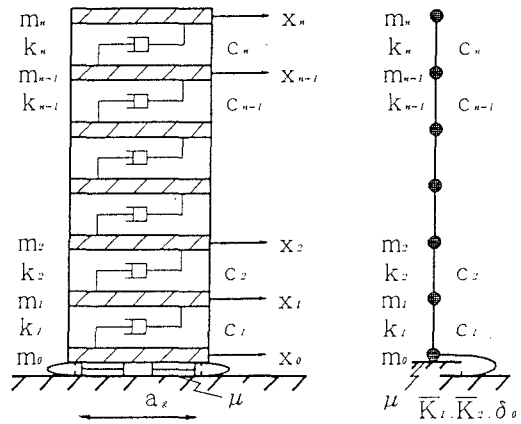


図-1 N層免震構造物のモデル化

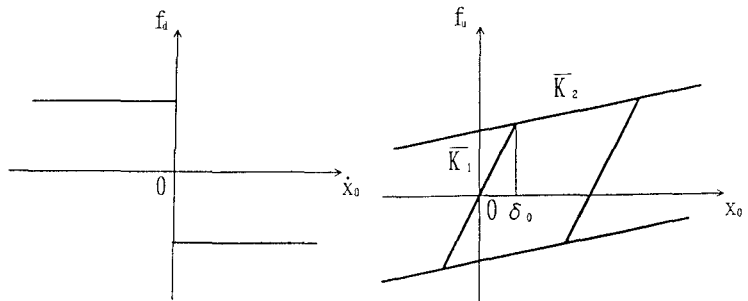


図-2 免震装置の速度・摩擦係関係 図-3 変位制限装置の変位・反力関係

性状態における弾性係数 $\bar{K}_1$ 、降伏点 δ_0 により表わされ、振動状態によってその値は変化する。

3. 解析データ

今回の解析に使用した構造物の剛性および質量データは表-1に示す通りである。入力地震波としては兵庫県南部地震(N S成分)と三陸はるか沖地震(N S成分)を使用した(図-4、図-5)。また変位制限装置のパラメータは、参考文献1)の実験結果から、弾性係数 $\bar{K}_1=3040.8$ (KN/m)、弾性係数 $\bar{K}_2=1185.7$ (KN/m)、

降伏点 $\delta_0=3.954$ (cm)の値を採用している。また、変位制限装置の強度の違いが、解析結果にどのような影響を与えるかを見るため、強度を2倍にして計算した。

4. 解析結果と考察

図6、図7は、変位制限装置の強度の違いによる基礎部分の応答変位をそれぞれの入力地震波について比較したものである。どちらのグラフにおいても、地震震波が弱まった後の応答変位は変位制限装置の影響により、0に近い値に収束している事が分かる。また強度の違いによる影響はそれ程見られない。次に図8、図9は、免震装置の摩擦係数 $\mu=0.10$ 、 0.20 とした場合の基礎せん断力の応答曲線を比較したグラフである。いずれのグラフもある一定の数値でカットされている。これは基礎せん断力が基礎

表-1 剛性・質量データ

n	k_n (KN/m)	$m_n(\times 10^3\text{Kg})$
0		300.0
1	1.434E+07	338.0
2	1.434E+07	542.0
3	1.434E+07	542.0
4	1.434E+07	542.0
5	1.434E+07	542.0
6	1.434E+07	482.0

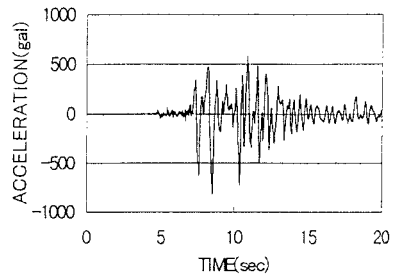


図-4 兵庫県南部地震波

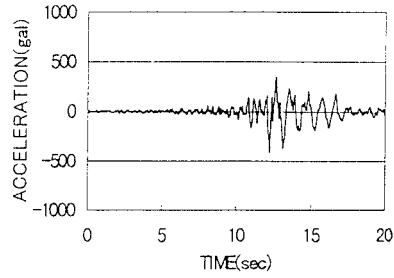


図-5 三陸はるか沖地震波

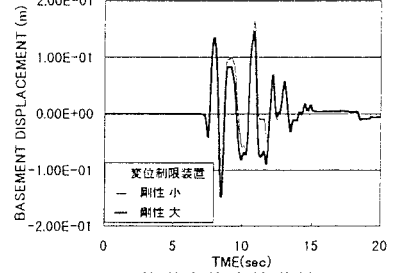


図-6 基礎変位応答曲線

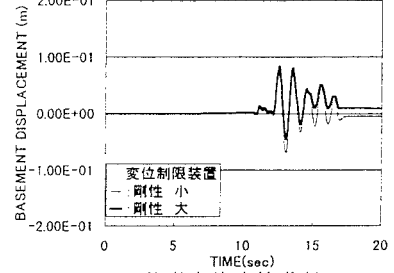


図-7 基礎変位応答曲線

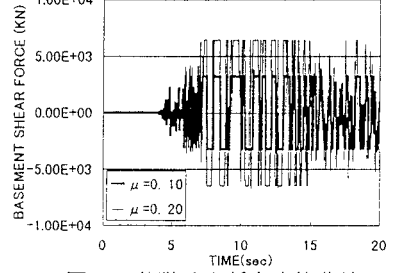


図-8 基礎せん断力応答曲線

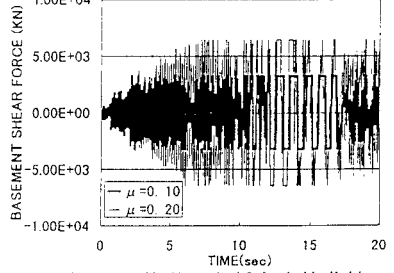


図-9 基礎せん断力応答曲線

摩擦係数 $\mu=0.10$ 、 0.20 とした場合の基礎せん断力の応答曲線を比較したグラフである。いずれのグラフもある一定の数値でカットされている。これは基礎せん断力が基礎

5. あとがき

以上の解析結果から、免震装置や変位制限装置が地震時に非常に有効であるということが分かる。特に、変位制限装置においては、今回結果には示していないが、この装置が無い場合、応答変位が大きくなりすぎ免震装置全体としての機能が果たせないことが確認されており、ある程度の強度を有していれば、十分に効果を発揮することが確認できた。

参考文献) Ma Guowei: Basic Theories of Vibration-Isolation and It's Application in Mechinery and Architecture Structure. Master thesis of Xi'an Jiaotong University, 1992.