

I - B 126

二層ラーメン構造物の地震時破壊モードの研究

関西電力（株） 仲津直之\*，副田悦生\*，玉井秀喜\*  
（株）構造計画研究所 渡辺一彦\*\*

1. はじめに

兵庫県南部地震において観測された地震波により、二層ラーメン構造物を対象モデルとして、地震時破壊モードに関わる種々の要因の影響を検討した。

検討に於いては対象モデルを立体フレームでモデル化を行い、橋軸方向、橋軸直角方向、鉛直方向の三成分の地震動を同時入力するなど、より実現に近い条件を設定した上で、三次元動的非線形解析による数値シミュレーションを実施し比較検討を行った。

2. 検討内容

図-1に示すような二層ラーメン<sup>1)</sup>のMODEL-1を設定した。また比較検討のために一層ラーメンのMODEL-2も同様に設定し両者に対して動的非線形解析を行った。以下に解析モデルの概要を示す。

- ・柱／上層／中間梁／基礎梁の曲げ耐力は、道路橋示方書Ⅴ耐震編（平成8年）に則して算定した。また柱は地震時の軸力変動を考慮した曲げ耐力評価を行った。常時荷重時の柱の曲げ耐力 $M$ は $M=21.9\text{ tf}\cdot\text{m}\sim 23.3\text{ tf}\cdot\text{m}$ を設定した。
- ・柱のせん断耐力 $Q_u$ （帯筋 $\phi 300$ の箇所）は $Q_u=59.7\text{ tf}$ を設定した。
- ・地盤／杭の影響は、道路橋示方書Ⅳ下部構造編に示される手法により地盤／杭基礎を等価な水平／鉛直／回転バネに評価し、それらを3次元フレームモデルの杭頭位置に設けた。
- ・動的非線形解析はMODEL-1、MODEL-2それぞれについて地盤／杭を評価したバネを設けたケースと、設けないケースの合計4ケースについて行った。
- ・動的非線形解析はニューマーク $\beta$ 法による直接積分法（使用プログラム：RESP-T）により行った。

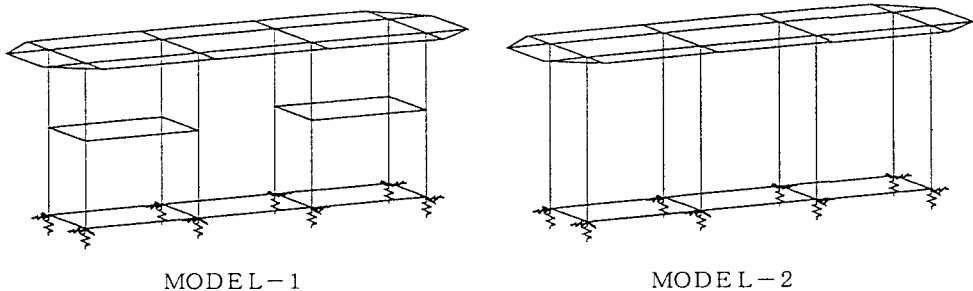


図-1 解析モデル

3. 解析結果

二層ラーメンのMODEL-1と、一層ラーメンのMODEL-2の動的非線形解析結果は、以下の傾向が見られた。

<地盤／杭を評価しないケース>

MODEL-1は、MODEL-2に比べ表-1に示すように全般的に柱のせん断塑性率が大いだが、一層ラーメンであるMODEL-2の柱のせん断塑性率も最大で6.1となり両MODELとも、せん断破壊先行型の破壊モードと見なせる結果となった。

キーワード：三次元動的非線形解析，地震応答解析，地震時破壊モード，ラーメン構造物

\* 〒661-0974 兵庫県尼崎市若王寺 3-11-20 TEL 06-491-0221 FAX 06-498-7662

\*\* 〒164-0012 東京都中野区本町 4-38-13 TEL 03-3382-6776 FAX 03-3380-9871

#### ＜地盤／杭を評価したケース＞

- ・MODEL-1は橋軸方向に対して約45°の斜め方向に大きく変形し、そのときに柱がせん断耐力に達し、大きな塑性変形が生じている。一方、MODEL-2は橋軸方向に対して約20°の斜め方向に大きく変形しているが、そのときに柱のせん断は最大になるが、MODEL-1に比較して柱の塑性変形は小さい。
- ・地盤ばねを考慮することにより、表-2の柱のせん断塑性率が示すようにMODEL-1では、柱に大きなせん断塑性率が見られる一方、MODEL-2ではMODEL-1に比較して柱のせん断塑性率が最大で1/8程度まで低下している。地震時破壊モードについては、二層ラーメン構造であるMODEL-1がせん断破壊型を示す一方で中間梁のない一層ラーメン構造であるMODEL-2が曲げ破壊型と見なすことが出来る。

表-1 柱のせん断塑性率（地盤／杭を無視）

| 解析モデル   | 位置  | せん断塑性率 |
|---------|-----|--------|
| MODEL-1 | 上層柱 | 2.5    |
|         | 下層柱 | 9.3    |
| MODEL-2 | 柱上部 | 3.3    |
|         | 柱下部 | 6.1    |

表-2 柱のせん断塑性率（地盤／杭を評価）

| 解析ケース   | 位置  | せん断塑性率 |
|---------|-----|--------|
| MODEL-1 | 上層柱 | 12.3   |
|         | 下層柱 | 22.8   |
| MODEL-2 | 柱上部 | 降伏せず   |
|         | 柱下部 | 2.8    |

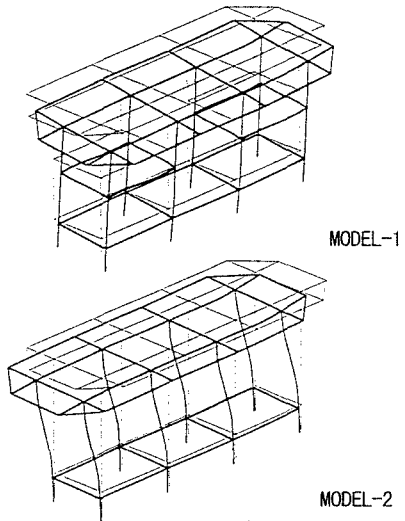


図-2 変形図

#### 4. 考察

今回の検討では、地盤／杭の影響の考慮に関わらず、MODEL-1は下層の柱の方が先にせん断耐力に達し、せん断に関する塑性化の度合いも大きく、下層の柱が先に破壊に達したと見なせる結果となった。しかしMODEL-1において各柱にねじれモーメントが発生しており、上層の柱ほど大きい値となっていた。この、ねじれモーメントによって発生する柱のせん断応力度 $\tau_t$ は、柱のせん断耐力時の平均せん断応力度 $\tau_u$ の約40%に当たり、ねじれの影響を考慮すると上層の柱が先にせん断耐力に達する可能性も十分に有り得る。

このように、ねじれが見られる構造物については、ねじれの影響を考慮して地震時破壊モードを検討する必要がある<sup>2)</sup>と言える。

#### 5. おわりに

二層ラーメン構造物について、兵庫県南部地震で観測された地震波を用いた三次元非線形動的解析を行い、対象構造物の地震時破壊モードと考えられる、柱のせん断破壊先行型と見なせる結果が得られた。具体的には二層ラーメンのMODEL-1では、せん断降伏先行型を示す一方、一層ラーメンのMODEL-2では、曲げ降伏先行型となる解析結果を得た。

解析にあたっては地盤／杭の評価を行うことが最も解析結果に影響し、動的解析を行う際は地盤／杭等を考慮することが重要で、その評価を十分な検討の上で行う必要があると言える。また、本研究対象であるラーメン構造物のように、地震時にねじれが生じる構造物は、曲げ耐力／せん断耐力評価に於いて、ねじれにより発生する応力の影響は無視することは出来ず、構造物の地震時の安全性を検討していく上で、ねじれの影響は考慮すべき重要な項目の1つであると言える。

#### 参考文献

- 1) 阪神・淡路大震災調査報告編集委員会：阪神・淡路大震災調査報告（土木構造物の被害），1996
- 2) 日本建築学会編：多次元入力地震動と構造物の応答，1998