

(財)鉄道総合技術研究所 正会員 菊入 崇  
 同 上 正会員 棚村史郎  
 同 上 正会員 室野剛隆  
 同 上 正会員 西村昭彦

1. はじめに

2層のラーメン構造物の耐震検討を行うと、中層梁が先行して破壊するケースがある。中層梁が破壊すると、2層式構造だったものが1層式構造となることによって、断面力分布が大きく変化する。中層梁の先行破壊を防ぐには、一般に鋼板巻き等の補強が行われるが、構造物の使用条件等によっては補強が困難である場合もある。

そこで、本報告は、中層梁の先行破壊を許容した場合に、どのようにして構造系全体としての耐震性能を確保するかの検討を行ったものである。

2. 検討方法

構造物の耐震性能の評価のフローを図1に示す。静的解析では、線形骨組みモデルを用い、動的解析では、対象とする構造物が1次モードが卓越するような構造形式であることから、1自由度系に置換したモデルを用いた。また、検討対象とした想定地震は、兵庫県南部地震規模の地震<sup>1)</sup>とし、地盤の影響をより詳細に評価するために、表層地盤の動的応答解析を行って、得られた地表面の応答波形を構造物へ入力した。この結果、中層梁が先行破壊する場合は、それが荷重を分担しないようにして、再び図1のフローにより検討を行う。

3. 計算例

3.1 耐震評価

検討の対象とした構造物は、図2に示すような一般的な2層4径間のラーメン構造物で、フーチングは地中梁で結ばれている。

この構造物の耐震検討結果を表1に示すが、中層梁のせん断耐力が非常に低く、高架橋を構成する部材の中で最も早く破壊が発生することが分かる。

次に中層梁がせん断破壊し、その後は中層梁が荷重を分担しないものとして静的解析を行った結果を表2に示す。柱上下端に作用するモーメントは中層梁がある場合のほぼ2倍となり、曲げ耐力に達するときの震度が低下している。また、構造型式が変わることによって、構造物の等価固有周期も1.3倍程度伸びている。このモデルを用いて、耐震性能を照査する。

3.2 所要降伏震度スペクトルによる耐震性能の照査

耐震性能に対する安全性の検討は、設計じん性率が応答塑性率に対して、

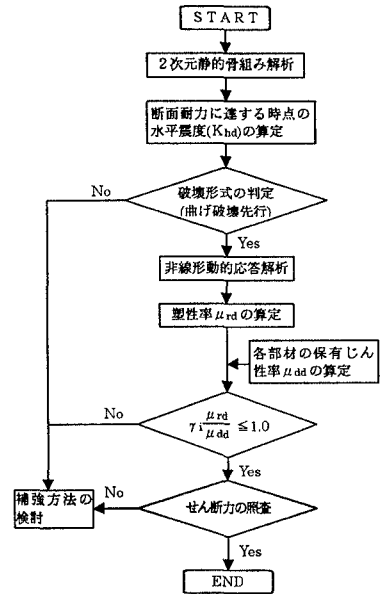


図1 検討フロー

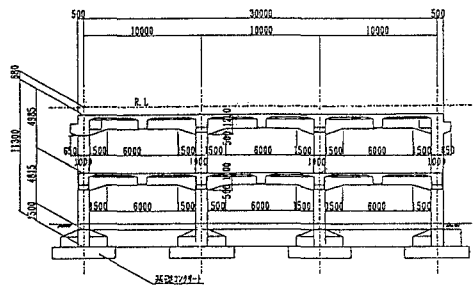


図2 検討対象構造物

キーワード：ラーメン構造物、耐震性能、耐震補強

連絡先：〒185 国分寺市光町2-8-38 Tel 0425-73-7262 Fax 0425-73-7248

$$\gamma_i \frac{\mu_r}{\mu_d} \leq 1.0 \quad \text{.....} \quad \text{①}$$

ここに、 $\gamma_i$ ：構造物係数（=1.0）

$\mu_{rd}$ ：応答塑性率

$\mu_{dd}$ ：設計じん性率

を満足することによって行う。

所要降伏震度スペクトル<sup>1)</sup>を用いて耐震性能の照査を行った結果を表3および図3に示す。

等価固有周期については、中層梁がせん断破壊しても実際にはある程度の剛性を持ち、中層梁を完全に無視した場合よりも短周期となることが考えられる。そこで、中層梁損傷後の構造物の等価固有周期を、中層梁が健全な場合と完全に無くなった場合の間にあると考え、幅を持たせて評価することにした。

その結果、①の値は1.0を大きく上回っており、所要の耐震性能を有していないことがわかる。また、柱の応答塑性率も、最大 $\mu=7.5$ と非常に大きな変形をしている。このことから、柱を補強して再度評価を行うこととした。

### 3. 補強方法の検討

#### 3.1 補強工法の設定

検討対象構造物は、中層梁の破壊を許容していることから、大きな残留変形を残すことは好ましくないと考えられるため、応答塑性率を5～6程度にする必要がある。そこで、柱の変形性能の向上だけでなく、耐力の向上も考えた補強が必要であるので、柱に鋼板巻き補強をするとともにアンカーによって定着させる工法を採用した。耐力を向上させる場合には、破壊順序を考慮して、柱を最初に降伏させることとし、柱の耐力の上限値を上層梁の耐力（表2より0.28）までとした。

#### 3.2 検討結果

所要降伏震度スペクトルを用いて、補強後の耐震性能の照査を行った結果を表4および図3に示す。この結果より、中層梁がせん断破壊しても、柱を補強することにより、塑性率を5～6程度以下に収めることができ、所要の耐震性能を有していることが確認できる。

### 4. おわりに

一般に耐力が不足している部材に対する補強方法として、

- ① 変形性能のみを向上させる、② 耐力と変形性能を向上させる、の2つの方法があるが、後者を考えるときは、本報告のように、全体系の中の構成要素の破壊順序を考慮して耐力補強の上限値を考えることが重要である。

### 参考文献

- 1) (財)鉄道総合技術研究所：新設構造物の当面の耐震設計に関する参考資料，平成8年3月

表1 現状での耐震性能

	上層梁	中層梁	地中梁	上層柱	下層柱
曲げ降伏	0.32	0.30	0.57	0.44	0.57
曲げ耐力	0.43	0.32	0.65	0.58	0.71
せん断耐力	1.53	0.14	1.65	0.34	0.32
じん性率	8.7		2.68		
等価固有周期	0.76				

表2 中層梁破壊時の耐震性能

	上層梁	地中梁	柱
曲げ降伏	0.28	0.41	0.22
曲げ耐力	0.42	0.63	0.33
せん断耐力	0.96	0.83	0.38
じん性率	8.6	3.6	3.9
等価固有周期	1.00		

表3 中層梁破壊時の耐震性能  
検討結果

等価固有周期(s)	0.76～1.00
じん性率(柱) $\mu_{dd}$	3.9
応答塑性率 $\mu_{rd}$	4.5～7.5
$\gamma_i \cdot \mu_{rd} / \mu_{dd}$	1.15～1.92

表4 補強後の耐震性能  
検討結果

等価固有周期(s)	0.76～1.00
じん性率(柱) $\mu_{dd}$	8以上
応答塑性率 $\mu_{rd}$	3.8～5.7
$\gamma_i \cdot \mu_{rd} / \mu_{dd}$	0.48～0.71

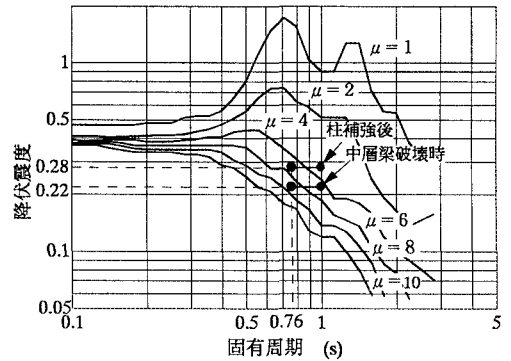


図3 所要降伏震度スペクトル