

武蔵工業大学 学生員 青戸 拓起 正会員 吉川 弘道  
(株)間組 正会員 松原 勝巳 正会員 浦野 和彦

## 1. はじめに

柱部材の耐震設計を行う際、耐力(鉄筋比)、変形能、応答推定が重要なポイントとなる。本研究は、非線形動的応答解析を用いて、耐力と変形能の2つの面から、鉄筋コンクリート単柱橋脚の動的耐震性能の評価方法と応答推定法を検討するものである。

## 2. 解析方法

### 2.1 地震動

El-Centro 1940 NS, JMA-KOBE 1995 NS, 道示 V(平成2年)にある保有水平耐力照査用波形のⅠ種地盤用(照査波形-1), Ⅱ種地盤用(照査波形-2)の4波を、地震動特性としてその周期特性のみを考慮したため、最大加速度を 500gal に統一して用いた。図-1にこれらの減衰定数 5%に対する加速度応答スペクトルを示す。

### 2.2 解析モデル

実際の道路橋橋脚を用い、その鉄筋量を基準とし、軸方向筋量のみを変えたものを 5 つ ( $p=1.2\% \sim 2.4\%$ ) 設定した。これを 1 質点水平方向 1 自由度系モデルにし、要素は曲げ剛性のみを考慮した Tri-Linear 型骨格曲線を持つ非線形梁要素とした。つまり、本解析においてせん断破壊は起きないものとし、純曲げ破壊のみを扱った。また、地盤特性は考慮していない。

### 2.3 数値計算法

Newmark- $\beta$  法 ( $\beta=1/4$ ) とし、積分刻みは 0.02sec とした。減衰は初期弾性時で 2% の瞬間剛性比例型、履歴特性は武田モデルを与えた。

## 3. 計算結果

柱頭における応答値を整理する。図-2に鉄筋量と最大応答水平震度、図-3に鉄筋量と最大応答変位との比を示す。地震動により多少応答傾向は異なるが、鉄筋比の増加に従い応答値は上昇傾向である。また、平滑スペクトルを持つ照査波形による応答で

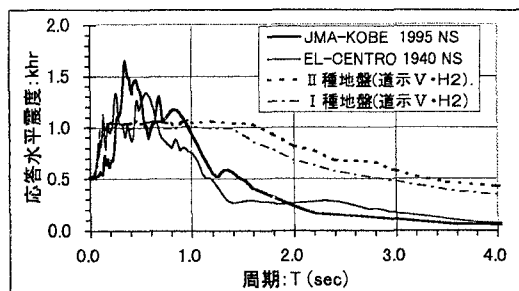


図-1 加速度応答スペクトル

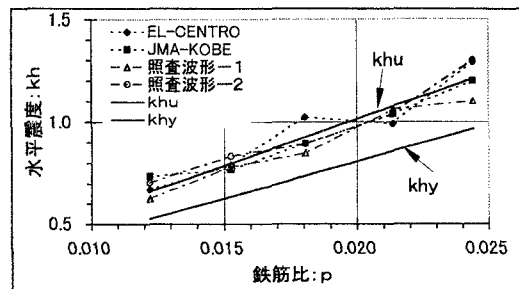


図-2 鉄筋量と最大応答水平震度

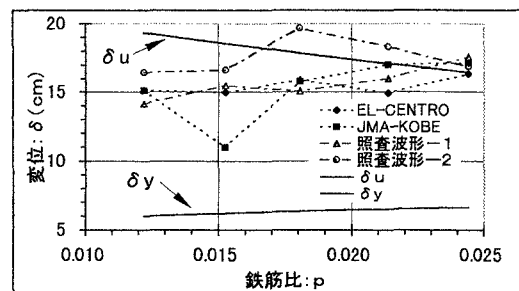


図-3 鉄筋量と最大応答変位

も、山谷の激しいスペクトルを持つ地震による応答でも、最大応答値は同程度の揺れ具合を持っている。

次に、図-2の最大応答水平震度と終局震度との比をとり図-4に、図-3の最大応答変位と終局変位との比をとり図-5に示す。つまり、破壊判定基準をこれらの比が1とするものである。すると、図-4と図-5に若干応答傾向の差がみれる。

図-4ではほぼ横ばいか右下がり傾向のものも

キーワード：耐力、変形、破壊基準、耐震性評価、エネルギー一定則

連絡先：〒158 東京都世田谷区玉堤 1-28-1 tel.03-3703-3111 (ext.3240)

ある。一方、図-5では右上がり傾向であり、すなわち、鉄筋量増による耐力向上が耐震性向上にならないこともあるといえる。

#### 4. 考察

図-4の傾向はほぼ横ばいか右下がり、つまり橋脚の水平耐力の向上にともなうその耐震性の向上はあまりみられないか、地震動によっては向上することもあることがいえる。また、最大加速度が同一の地震動を入力したにもかかわらず、応答傾向に差があるのは、地震動の周期特性が影響しているためだと思われる。一方、図-5の傾向は右上がり、つまり橋脚の水平耐力の向上とともにその耐震性が低下する、高強度低耐震型と解釈できる。破壊基準の設定により、また、地震動の種類によっても動的耐震性能の評価が変わってしまうことがいえる。

表-1より最大応答震度と最大応答変位の発生時刻をみると、ほとんどの場合最大応答震度発生後、最大応答変位が生じている。これは、最大慣性力を受け大振幅により大きな劣化を生じるため、構造物の周期が長周期化し、最大慣性力を受けなくとも最大応答変位が生じるものと考えられる。

また、よく用いられるエネルギー一定則による弾塑性応答推定は、短周期構造物や地震動によっては危険側の推定値を与える事がある<sup>1)</sup>。図-6からも推定値と非常に誤差があるものもある。これは元々Bi-Linear型のモデルに適用されるものであり、Tri-linear型のモデルの場合構造物周期をどのように取り入れるかが問題となる。エネルギー一定則の適用限界と適用法<sup>2) 3)</sup>を明確にしていく必要がある。

表-1 最大応答値(震度、変位)発生時刻(sec)

El-Centro 1940 NS

| 鉄筋比 | 0.012 | 0.015 | 0.018 | 0.021 | 0.024 |
|-----|-------|-------|-------|-------|-------|
| 震度  | 2.20  | 2.16  | 2.14  | 2.60  | 2.14  |
| 変位  | 2.82  | 2.28  | 2.64  | 2.24  | 2.46  |

JMA-KOBE 1940 NS

| 震度 | 33.58 | 33.92 | 33.58 | 35.96 | 35.46 |
|----|-------|-------|-------|-------|-------|
| 変位 | 33.70 | 38.62 | 33.98 | 36.04 | 36.74 |

#### 《参考文献》

- 1) 島崎・和田：鉄筋コンクリート構造の地震時水平変位，日本建築学会構造系論文報告集第444号・1993.2.
- 2) 日本建築防災協会：既存鉄筋コンクリート造建築物の耐震診断基準・同解説，pp.93-119
- 3) 梅村 魁：鉄筋コンクリート建物の動的耐震設計法・続中層編，技報堂，pp.281-364

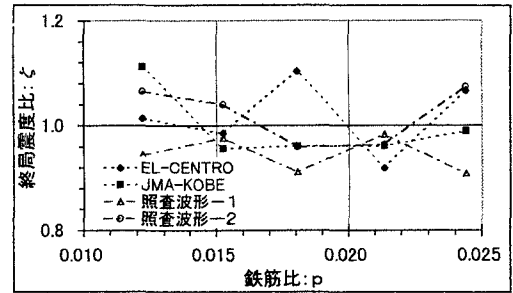


図-4 鉄筋比と終局震度比

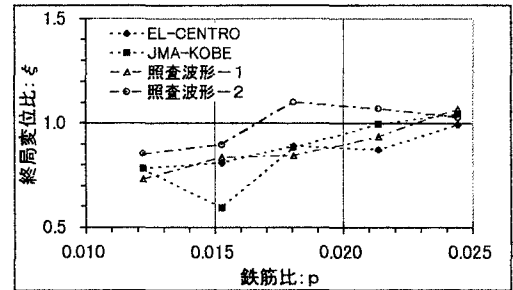


図-5 鉄筋比と終局変位比

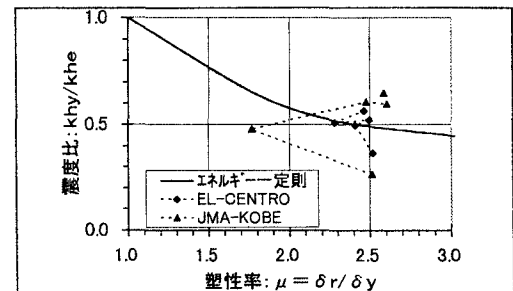


図-6 エネルギー一定則と地震動

#### 5. まとめ

- ・破壊判定基準(耐力基準、変位基準)，地震動により、動的耐震性能の評価が異なる場合がある。
- ・耐力の向上は必ずしも耐震性向上とならない。
- ・エネルギー一定則(簡易的応答推定法)の適用限界、適用方法の明確化と、鉄筋コンクリート構造物の特徴であるTri-Linear特性への適用方法。

最後に、株式会社 間組技術研究所の松原氏、浦野氏、島崎氏をはじめ、多くの方に貴重な助言を頂き、ここに感謝の意を表します。