

I-844

鋼製ラーメン橋脚の第一段階地震応答について

大阪大学大学院 学生員○宇井 崇 大阪大学大学院 文 明洙
建設技術研究所 正 員 黄 元燮 大阪大学工学部 正 員 西村宣男

1. はじめに 鋼製ラーメン橋脚の耐震設計法の基礎データを作成するためには、巨大地震力を受ける場合の塑性変形挙動を明らかにして、構造の強度と変形能に関する必要条件、あるいは損傷を受けた後にも機能を発揮できるための許容変形量等に関する情報を検討・整理する必要がある。塑性変形挙動を含む比較的複雑な現象を解析し、その結果より一般性のある結論を導くためには、解析対象の構造モデルを適切に選ぶ必要がある。そこで鋼製橋脚門形ラーメンの柱間隔と柱高さの組合せを実績調査¹⁾を基に適切に定め、道路橋示方書に準拠して断面設計を行い、標準的な5つのモデルを決定した。この橋脚モデルを対象として最大加速度を200ガルに調整した強震記録に対する応答計算を行って、解析モデルの標準的な地震応答特性について検討を加えた。

2. 鋼製橋脚門形ラーメンの設計 (1) 設計条件 設計条件は表-1に示すとおりである。なお、設計に際しては以下の仮定を設けた。①柱・はり部材はそれぞれ等断面とし、隅角部のみ板厚を変化させる。②考慮した荷重組み合わせによる最大応力度が許容応力度の90～100%になるように断面を決定するものとする。③隅角部の有効断面には縦補剛材を含めないものとする。④面内荷重のみを考え、面内強度についてのみ照査を行うものとする。

(2) 基本モデルの諸元 基本モデルの一般形状は図-1に示す左右対称な門形ラーメンであり、その諸元は表-2に示すとおりである。

(3) 基本モデルの力学的特徴 表-3に各モデルの断面決定荷重組合せをまとめた。モデル4, 5は地震荷重で断面が決まっており、それ以外のモデルに比較して大きな地震応答が生じると考えられる。

3. 地震応答解析 (1) 強震記録と応答解析の方法 解析に用いた地震加速度記録はエルセントロ、タフト、八戸、東北の代表的な強震記録のNS成分およびEW成分である。ただし解析に当たっては、各記録の最大加速度がすべて200ガルになるように振幅調整を行った。これらのうち八戸と東北の強震記録は比較的長周期の成分が卓越しているのが特徴である。地震応答計算は平面骨組の弾性微小変位解析プログラムにNewmarkの β 法を適用して行った。

(2) 基本モデルの応答特性 上記の基本橋脚モデルと強震記録の各組合せに対して、弾性地震応答解析を行った。その結果得られた柱基部での最大応力を図-2に示す。この図より以下のことがいえる。①死活荷重で断面が決まっているモデル1～3は、地震荷重で断面が決まっているモデル4, 5に比較してその応答値は小さいものとなっている。②ただし、固有周期の比較的長いモデル1の場合、長周期成分の卓越した八戸、東北の地震記録に対

表-1 設計条件

形 式	1層1径間鋼製ラーメン橋脚
上 部 構 造	形式: 3径間連続箱桁橋 (2主桁, 可動支承) スパン割: 60m+60m+60m 幅員: 13.0m
設 計 荷 重	死荷重(D), 活荷重(L), 風荷重(W) 地震荷重(EQ), 温度変化(T)
設 計 震 度	$k_h = 0.25$
温 度 変 化	$t = \pm 35^\circ\text{C}$
適用示方書	道路橋示方書 阪神高速道路公園構造物設計指針

表-2 基本モデル橋脚の諸元

モデル	橋脚幅 l(m)	橋脚高 h(m)	桁間隔 b(m)	剛比 k	固有周期 T(sec)
1	20.0	20.0	7.2	1.02	0.750
2	20.0	10.0	7.2	2.04	0.298
3	30.0	10.0	7.2	3.85	0.320
4	15.0	15.0	7.2	1.04	0.586
5	15.0	20.0	7.2	0.96	0.834

表-3 断面決定荷重組合せ

モデル	はり	柱	隅角部
1	D+L	D+L	D+L
2	D+L	D+L	D+L
3	D+L	D+L	D+L
4	D+L	D+EQ	D+L+W
5	D+L	D+EQ	D+EQ

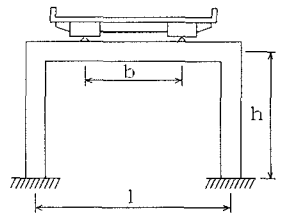


図-1 門形ラーメン橋脚

してはモデル4，5と同程度の大きな応答を示している。③最大加速度が200ガル程度の地震であっても，モデルによっては降伏応力に達するような大きな応答が生じる場合がある。

次に，このような応答特性を支配するパラメータはどのようなものであるかを，図-1の門形ラーメンで考えてみる。いま，図-3のように設計荷重状態および地震時の荷重状態を簡略化して考える。設計応力度は許容応力度の90～100%であるから降伏応力度 σ_y は近似的に以下のように表すことができる。

$$\sigma_y \cong \frac{Mn}{W} = \frac{(1+\kappa) a (l-a) D n}{2 l (k+2) W} \quad : D+L$$

$$\frac{Mn}{W\alpha} = \frac{\{\mu D h l (k+2) (3k+1) + a (l-a) (6k+1) D\} n}{2 l (6k+1) (k+2)} \quad : D+EQ$$

ここに，M：設計モーメント，W：断面定数，n：安全率， α ：割増し係数， μ ：設計震度，k：剛比，D：死荷重，L：活荷重，EQ：地震荷重， $\kappa = L/D$ である。地震時に柱基部に作用する応答応力 σ_e は

$$\sigma_e = \frac{M_{res}}{W} = \frac{\mu^* D h l (k+2) (3k+1) + a (l-a) (6k+1) D}{2 l (6k+1) (k+2) W}$$

ここに， M_{res} ：応答曲げモーメント， μ^* ：応答に基づく震度である。以上より

$$\sigma_e / \sigma_y \cong \frac{1}{(1+\kappa) n} + \frac{4}{(1+\kappa) n} \cdot \frac{\mu^* h l (k+2) (3k+1)}{(l^2 - b^2) (6k+1)} \quad : D+L$$

$$\frac{\mu^* h l (k+2) (3k+1) + a (l-a) (6k+1)}{\mu h l (k+2) (3k+1) + a (l-a) (6k+1)} \cdot \frac{n}{\alpha} \quad : D+EQ$$

となる。いま，点線部をPとおいてPと (σ_e / σ_y) との関係を図示すると図-4のようになる。これより応答特性の全体的な傾向はこのパラメータによって表されるものと考えられる。

4. まとめ ①鋼製ラーメン橋脚の地震応答特性は，その形状あるいは入力地震動等によって大きく異なり，最大加速度200ガル程度の地震で断面が塑性化する橋脚もある。②そのようなラーメン橋脚の地震応答特性の全体的な傾向は上記のパラメータによりある程度推測することができる。

参考文献 1) 中井他：鋼製ラーメン橋脚の実績調査（上），橋梁と基礎，Vol.16, No.6, 1982

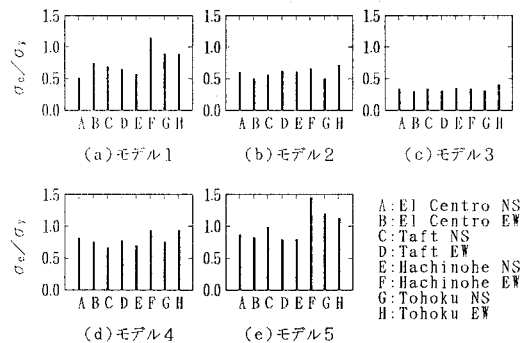


図-2 柱基部の最大応答応力

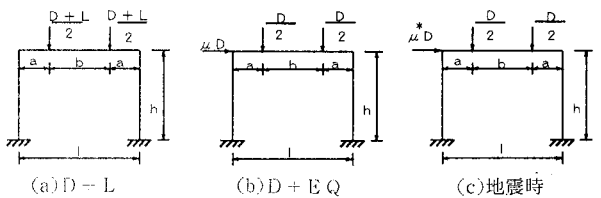


図-3 荷重載荷状態の簡略化

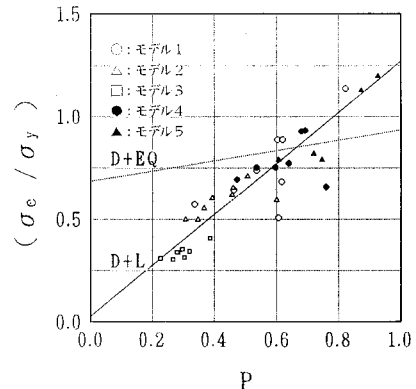


図-4 パラメータPと (σ_e / σ_y) の関係