

富士車輛（株） 正会員 ○松本 聡 関西大学大学院 学生員 山本優也
香川大学工学部 正会員 白木 渡 関西大学工学部 正会員 堂垣正博

1. はじめに

兵庫県南部地震後に改訂された現行道路橋示方書・耐震設計編では、鋼製橋脚の地震時保有水平耐力の照査が規準化された。しかし、実験データの不足より、鉄筋コンクリート橋脚の規定が鋼製橋脚にそのまま準用されている。また、これまで多くの研究者が指摘している許容応力度設計法の問題点も依然としてそのままである。新しい知見に基づいて示方書が改訂されたが、現行道路橋示方書にはいまだに多くの課題が山積している。

本研究では、橋脚の地震時保有水平耐力照査法に注目し、許容応力度設計法、あるいは、荷重係数設計法で設計された橋脚の安全性評価を試み、現行道路橋示方書の問題点を検討する。また、荷重係数設計法の有効性について述べる。

2. 解析手法

本研究では、都市部の高速道路高架橋の橋脚として使用実績の多い鋼製ラーメン橋脚を対象とする。支間長40m相当の連続高架橋を支える橋脚において、その柱とはりの断面は図-1に示すように無補剛の箱形断面からなる。また、上部構造の箱桁は固定支承で支持され、支間間を10.8mとする。過去の使用実績に従い、橋脚の全高 H を10mと20mの2種類、橋脚の全幅 W を20mと30mの2種類とし、これらの組合せすなわち4種類のモデルを対象とする。また、橋脚の鋼種は

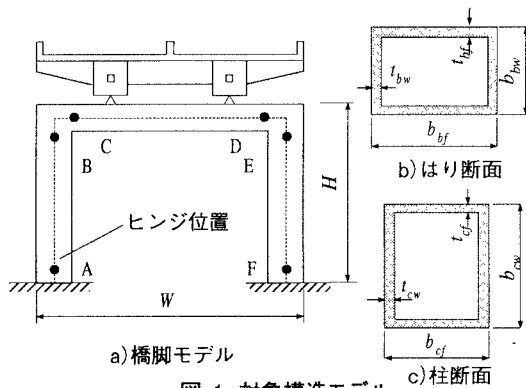


図-1 対象構造モデル

SM490Yである。柱

とはりの断面において、その板厚を許容応力度設計法あるいは荷重係数設計法で決定する。その際、応力の照査に、許容応力度設計法では、

橋示方書・共通編に従って、

$$\begin{aligned}\sigma_D + \sigma_L &\leq 1.0\sigma_a \\ \sigma_D + \sigma_L + \sigma_T &\leq 1.15\sigma_a \\ \sigma_D + \sigma_E &\leq 1.5\sigma_a\end{aligned}\quad (1)$$

を、また荷重係数設計法では、信頼性指標を $\beta_T=4.0$ として算出された $\gamma_D=1.05$, $\gamma_L=0.25$, $\gamma_T=0.27$, $\gamma_E=2.56$ を用い

$$\gamma_D \cdot \sigma_D + \gamma_L \cdot \sigma_L + \gamma_T \cdot \sigma_T + \gamma_E \cdot \sigma_E \leq \sigma_Y \quad (2)$$

とする。ここに σ_D , σ_L , σ_T , σ_E はそれぞれ死荷重、活荷重、温度荷重、地震荷重の設計値を作用させた場合に照査断面に生じる応力、 ϕ は荷重組合せの割増係数、 σ_a は許容応力度、 σ_Y は降伏点応力である。

また、許容応力度設計法で設計されたモデルを、図-2に示すように、ヒンジ位置を橋脚基部および隅角部にさらに近づけるとともに、上部工反力の作用位置にヒンジを設け、同様の解析を行う。

モデル諸元および両設計法で決定された板厚を表-1に示す。

表-1 モデル諸元と板厚

No.	1		2		3		4	
	A	B	A	B	A	B	A	B
設計法	A		A		A		A	
H	10,000		10,000		20,000		20,000	
W	20,000		30,000		20,000		30,000	
b_{bf}, b_{cf}	2,000		2,000		2,000		2,000	
b_{bw}	1,670		2,500		2,670		2,500	
b_{cw}	1,500		2,000		2,000		2,500	
t_{bf}, t_{bw}	24.5	22.7	31.7	21.8	20.2	33.1	26.2	26.4
t_{cf}, t_{cw}	31.6	27.4	43.3	27.9	20.3	33.1	29.3	28.2

A: 許容応力度設計法
B: 荷重係数設計法

本研究では、解析の簡便さと設計への実用性を勘案し、塑性ヒンジ法で強度を推定する。上部工の慣性力作用位置に漸増の水平力を作用させ、部材断面に塑性ヒンジが形成される順序を明らかにするとともに、同位置における水平力と水平変位の関係を求める。

3. 数値解析結果とその考察

上部工の慣性力作用位置での水平力と水平変位の関係を許容応力度設計法と荷重係数設計法によって求めると、図-3と図-4を得る。図中、縦軸と横軸はそれぞれ水平力 $H(\text{MN})$ 、水平変位 $\delta(\text{m})$ である。また、骨組モデルの概略図と塑性ヒンジの形成位置も図示した。許容応力度設計法によって設計されたラーメン橋脚の水平力と水平変位の関係（図-3）によれば、保有水平耐力と水平変位が橋脚の形状によって大きく異なることがわかる。間口の広いラーメン橋脚では、保有水平耐力は大きいものの変形性能はあまり望めない。逆に、正方形に近いラーメン橋脚の場合、保有水平耐力は小さいが、変形性能に優れている。

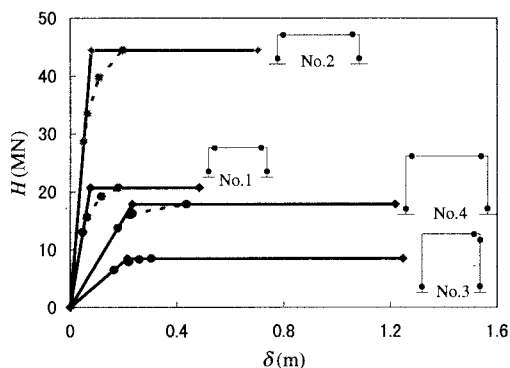


図-3 許容応力度設計されたモデルの水平力と水平変位の関係

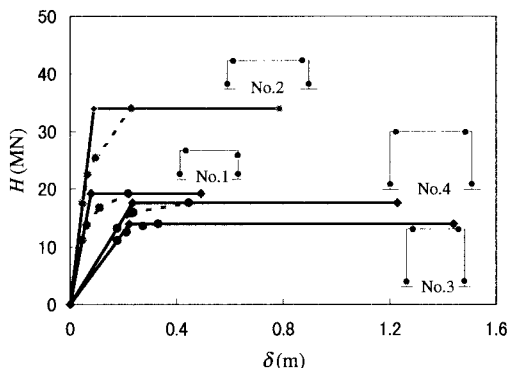


図-4 荷重係数設計されたモデルの水平力と水平変位の関係

つぎに、図-3と図-4から明らかのように、荷重係数設計されたラーメン橋脚の場合には、保有水平耐力のばらつきが少ない。すなわち、荷重係数設計法は、経済性と安全性の両点から、より優れた設計法であると考えられる。

表-2から明らかのように、ヒンジ位置を修正したモデルの保有水平耐力は、許容応力度設計されたモデルよりも1割程度小さな値となり、危険側に設計されていることがわかる。また、モデルによっては、上部工反力の作用位置に塑性ヒンジが形成される。それゆえ、現行道路橋示方書で規定されたヒンジ位置とは異なり、示方書は崩壊メカニズムを正確に表していない。以上の点から、現行の鉄筋コンクリート橋脚に対する塑性ヒンジ法を鋼製橋脚に準用するには、塑性ヒンジの形成位置など、さらに詳細な検討が必要である。

4. あとがき

本研究では、門形ラーメン橋脚の地震時保有水平耐力に注目して、その形状による安全性の相違を明らかにした。数値解析の結果、荷重係数設計法で設計されたラーメン橋脚は、許容応力度設計に比べ、耐震安全性の変動が少ないことがわかった。すなわち、荷重係数設計法の有用性を示した。また、道路橋示方書・耐震設計編における鉄筋コンクリート橋脚に対する塑性ヒンジの規定を鋼製ラーメン橋脚に準用したところ、塑性ヒンジ位置の規定に検討の余地のあることがわかった。

参考文献

- 1) 日本道路協会編：道路橋示方書・Ⅰ共通編，Ⅱ鋼橋編，Ⅴ耐震設計編，丸善，1995-12.
- 2) 中井 博・河井章好・吉川 紀・北田俊行・酒造敏広：橋梁と基礎，Vol.82，No.6，pp.35-40，1982-6.
- 3) 日本道路協会編：道路橋の耐震設計に関する資料，丸善，1998-3.

表-2 保有水平耐力と崩壊メカニズム

No.	モデル	保有水平耐力(MN)	崩壊メカニズム
1	A	20.755	F→A→D→C
	C	18.652	F→A→D→G
2	A	44.443	F→A→D→C
	C	41.704	F→A→D→C
3	A	8.447	F→A→D→E
	C	7.953	F→A→D→G
4	A	17.881	F→A→D→C
	C	16.880	F→A→D→G

A：許容応力度設計法で設計したモデル
C：ヒンジ位置の修正を行ったモデル