

I-A243

鋼製門形ラーメン橋脚の部材変形性能の設定に関する1手法

住友重機械工業(株) 正会員 池田 茂 (株)横河技術情報 広兼 徹
 宮地鐵工所(株) 正会員 興 守 川崎重工業(株) 正会員 石毛 立也
 松尾橋梁(株) 黒川 達雄

1. はじめに

兵庫県南部地震後、鋼製橋脚の耐震性向上のためのさまざまな研究が多く機関などで実施されてきた。その成果のほとんどは、単柱を対象にしたものであるが、今後の設計技術の上で貴重な資料となるものである。

他方、実際の鋼製橋脚の大半がラーメン構造であることから、設計実務における骨組部材の変形性能の設定法は興味深い。しかし、ラーメン構造ではその形状、断面などあまりに多くのパラメータを含むことから、直接の実験からその変形性能を知ることは極めて困難となる。

筆者らは建設省土木研究所、首都高速道路公団、(社)日本橋梁建設協会などの共同研究を通じて単柱における実験成果としての変形性能²⁾および門形ラーメン供試体の繰返し載荷実験の成果を得ることができたことから、単柱と骨組部材の変形性能の関係について単純な換算式を提案することによって比較した。

2. 骨組部材の変形性能

単柱では、非常に多くの実験結果からその変形性能を水平力-変位(P-δ)関係として知ることができる。

一方、設計実務で利用される動的応答解析では、硬化型バイリニアモデルなど負勾配とならない曲げモーメント-曲率(M-φ)、曲げモーメント-回転角(M-θ)などの構造特性を用いることが安定して解を得る上で望ましいことから¹⁾、ここでは、単柱におけるM-φからP-δを積分計算し、その比を用いた換算式を提案する。

単柱の弾塑性での変位は曲率、たわみ角からの積分関係にあることから、図-1に示すように弾性変位分と塑性変位分に分解することが可能である。ここで、M-φ関係を図-2(a)のような硬化形バイリニアモデルとして定義することによって、単柱における柱頂部の塑性変位と弾性変位はそれぞれ(1)、(2)式のように表される。

$$\delta_{em} = \frac{1}{3} h^2 \phi_{em} = \frac{Ph^3}{3EI} \dots (1) \quad \delta_{pm} = \left(\frac{1}{2} - \frac{1}{6} \frac{\alpha}{1+\alpha} \right) \frac{\alpha}{1+\alpha} h^2 \phi_{pm} \dots (2)$$

したがって、柱頂部の塑性変位と弾性変位の比は(3)式のように計算できる。

$$\frac{\delta_{pm}}{\delta_{em}} = \frac{\left(\frac{1}{2} - \frac{1}{6} \frac{\alpha}{1+\alpha} \right) \frac{\alpha}{1+\alpha} h^2 \phi_{pm}}{\frac{1}{3} h^2 \phi_{em}} = 3 \left(\frac{1}{2} - \frac{1}{6} \frac{\alpha}{1+\alpha} \right) \frac{\alpha}{1+\alpha} \frac{\phi_{pm}}{\phi_{em}} \dots (3)$$

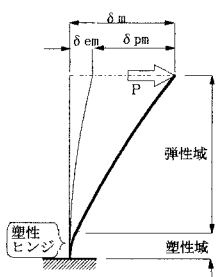


図-1 弾性変位分と塑性変位分の分解

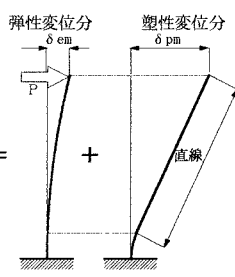


図-2(a) M-φ関係図

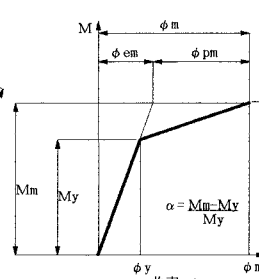


図-2(b) P-δ関係図

この関係式を用いて、補剛板の幅厚比などがほぼ等価である断面を有する単柱供試体における実験結果のP-δ(図-3)²⁾から共同研究の門形ラーメン供試体の脚柱部材のM-φ(表-1)を設定した。

3. 門形ラーメン供試体の履歴図における比較

門形ラーメン(図-4)の頂部に変位制御による繰返し載荷をした解析結果と実験結果の変位-荷重関係を図-5に示す。また、柱部材基部と隅角直下部における部材のM-φ関係を図-6(a), (b)に示す。ここで、降伏荷重、降伏変位は、 $P_y=55.79 \text{ tf}$ 、 $\delta_y=23.86 \text{ mm}$ として無次元化表示している。

4. 動的応答解析例

図-7(a), (b)にラーメン供試体の面内方向に地震波を入力した動的応答解析結果を示す。なお、入力地震波は供試体の縮尺を1/3.5とし、タイプIIの2種地盤を想定した。但し、図-7(b)の時間軸は実寸換算し示す。

キーワード：鋼製橋脚、変形性能、非線形骨組解析、M-φ関係、P-δ関係

連絡先：〒141-8686 東京都品川区北品川 5-9-11 住友重機械工業(株) 鉄構機器事業本部技術部

TEL:03-5488-8170 FAX:03-5488-8147 E-mail:sgr_ikeda@shi.co.jp

5. あとがき

単柱における実験結果をきわめて単純に数学的変換する方法を提案し、骨組部材のM- ϕ パイリニアモデルとして定義することによって、門形ラーメンへの適用を試みた。その精度は最大耐力付近で数%程度であった。ここでは、設計実務の骨組構造モデルの部材に対してM- ϕ 関係を与える1手法を示したが、同様な断面を有する単柱の変形性能から門形ラーメンの変形性能を骨組構造モデルによって解析評価できることが分かった。また、許容できる曲率などの変形性能やそれを用いた設計法は今後の課題として興味のあるところである。

なお、本論文は(社)日本橋梁建設協会の鋼製橋脚・耐震・動解・設計WGの活動成果である。また、多くの助言などをいただいた建設省土木研究所・橋梁研究室をはじめ共同研究の方々に深く感謝いたします。

【参考文献】

- 1) 高久達将、池田茂、岡本隆、松田宏、能登有恩、川井豊：鋼製橋脚のハイブリッド実験と非線形動的応答解析の比較；鋼製橋脚の非線形数値解析と耐震設計に関する論文集、pp301～306、1997.5
- 2) 田嶋仁志、半野久光、池田茂、奥守：矩形鋼製橋脚の変形性能に関する載荷実験；構造工学論文集 Vol.44A, pp1251～1258、1998.3
- 3) 建設省土木研究所、首都高速道路公団、阪神高速道路公団、名古屋高速道路公団、(社)鋼材倶楽部、(社)日本橋梁建設協会：道路橋橋脚の地震時限界状態設計法に関する共同研究報告書(I～VII)；1998

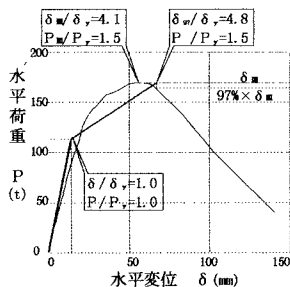


図-3 同等な補剛断面の実験²⁾による単柱の骨格曲線

表-1 部材のM- ϕ 関係への換算

	α	0.500
縦軸	P_m	$1.500 \cdot P_y$
	M_m	$1.500 \cdot M_y$
単柱	δ_m	$4.800 \cdot \delta_y$
	$P-\delta$	$1.500 \cdot \delta_y$
	δ_{pm}	$3.300 \cdot \delta_y$
	δ_{pm}/δ_{em}	2.200
横軸	Φ_{pm}/Φ_{em}	4.950
	部材	
M- ϕ	Φ_{em}	$1.500 \cdot \Phi_y$
	Φ_{pm}	$7.425 \cdot \Phi_y$
	Φ_m	$8.925 \cdot \Phi_y$

記:各記号は図-2(a), (b)に示す。

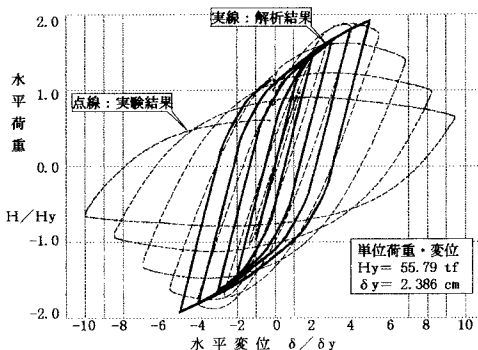


図-5 門形ラーメンの荷重-変位関係履歴図

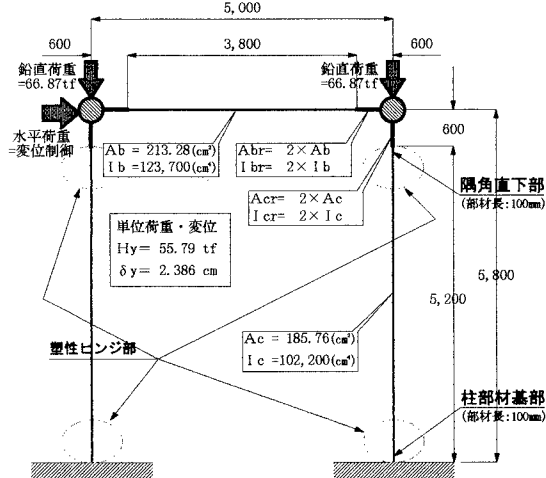


図-4 門形ラーメン橋脚の構造モデル

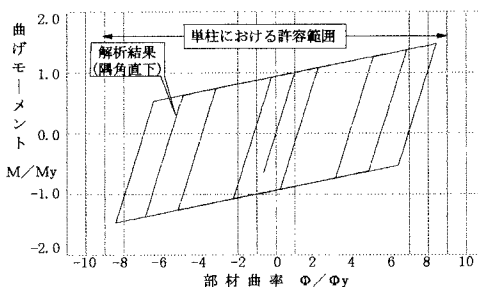


図-6(a) 柱部材隅角直下の曲げモーメント-曲率関係履歴図

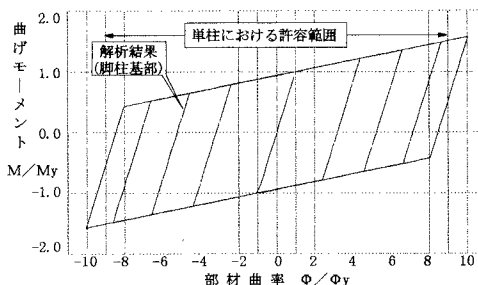


図-6(a) 柱部材基部の曲げモーメント-曲率関係履歴図

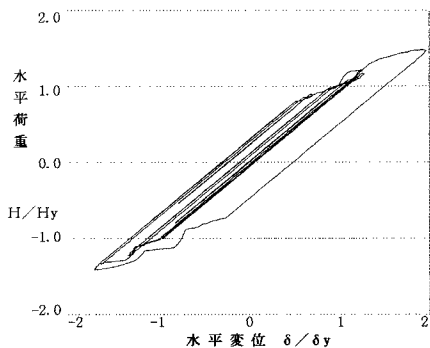


図-7(a) 地震応答 荷重-変位 履歴図

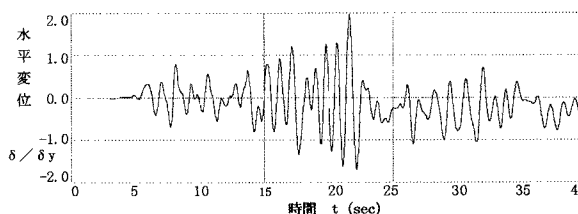


図-7(b) 地震応答変位