

東京電機大学理工学部 正会員 井浦雅司*
 三菱重工工業横浜製作所 正会員 熊谷洋司**
 三井共同建設コンサルタント 正会員 小牧 理***

1. はじめに

平成8年12月に発行された「道路橋示方書・同解説（V耐震設計編）」〔1〕において、鋼製橋脚の地震時保有水平耐力と許容塑性率の算定が規定されている。しかしながら、コンクリートを充填しない鋼製橋脚については、調査研究が行われている段階であることから、塑性率の算定式などの具体的な評価式は与えられておらず、設計法の確立が急がれている。

「道路橋示方書・同解説（V耐震設計編）」においては、耐震設計法として震度法・地震時保有水平耐力法・動的解析・免震設計法が述べられている。ここでは、主に地震時保有水平耐力法による円形鋼製橋脚の設計法について考察する。地震時保有水平耐力法においては、Newmarkのエネルギー一定則を基に、許容塑性率を用いて設計水平震度を等価水平震度に低減している。その際、構造物の構成則としては完全弾塑性を仮定しており、その仮定をもとに弾塑性系と弾性系における最大応答変位と復元力の比が塑性率だけの関数として表される。

ここでは、著者ら〔2〕が行った円形鋼製橋脚の繰返し実験結果をもとに、コンクリート橋脚に用いられている地震時保有水平耐力法の算定式を、円形鋼製橋脚の設計に直接用いることの妥当性について考察する。まず、円形鋼製橋脚に関する塑性率の評価方法について検討する。次に、Newmarkのエネルギー一定則が成立すると仮定し、弾塑性系の許容変位と弾性系における水平変位の関係を調べ、従来用いられている関係式の妥当性について検討する。

2. 円形鋼製橋脚の塑性率

鋼製橋脚における塑性率の定義はこれまでもいろいろ

と提案されている。「道路橋示方書・同解説（V耐震設計編）」においては、許容変位として、タイプ1とタイプ2とで区別して定義している。ここでは、図-1に示すように、上記のタイプ1に相当する最大荷重 P_m に相当する変位を許容変位 δ_m とし、これを降伏変位 δ_y で除した値を塑性率 μ と定義することにする。

文献〔3〕では、本報告と異なる定義の塑性率と無次元径厚比との間に良好な関係があることが示されている。一方、本報告で用いる塑性率と無次元径厚比との関係を求めるとそれ程良好な関係は得られない。図-2は無次元径厚比の代わりに降伏荷重で無次元化した最高荷重 P_{ave} （最高荷重と最小荷重の平均）を用いた時の塑性率との関係を示している。これより、本報告で用いる塑性率は、図-2より近似的に算定できるものと思われる。なお、最大荷重の評価については文献〔2〕を参照されたい。

3. エネルギー一定則

従来の地震時保有水平耐力法においては、Newmarkのエネルギー一定則のもとに、対象構造物の材料特性を完全弾塑性と仮定して、弾塑性系と弾性系との応答関係を求めている。文献〔2〕などの実験結果を見ると、円筒シェルは1質点系構造物と見なせるものの、完全弾塑性材料とは見なし難い。ここでは、既往の実験結果〔2〕における荷重変位履歴曲線より求められる骨格曲線をもとに、Newmarkのエネルギー一定則が成立すると仮定し、弾塑性系の許容変位と弾性系における水平変位の関係を調べる。弾塑性応答水平変位として図-1における許容変位 δ_m を用いると、エネルギー一定則より弾性系の応答水平変位 δ_e は簡単に計算できる。求められた許容変位 δ_m と弾性系の応答水平変位 δ_e 。

Key Words: Cylindrical shell, Ductility, Design method

* 埼玉県比企郡鳩山町石坂 東京電機大学理工学部建設工学科 Tel. 0492-96-2911

** 横浜市中区錦町12 三菱重工工業横浜製作所 Tel. 045-629-1386

*** 東京都新宿区高田馬場1-4-15 Tel. 03-3205-0231

を用いて、縦軸に δ_m/δ_e をとり横軸に塑性率 μ をとった結果を図-3 に示す。材料が完全弾塑性と仮定した時には以下の関係式が成立する ([4])。

$$\frac{\delta_m}{\delta_e} = \frac{\mu}{\sqrt{2\mu-1}} \quad (1)$$

一方、図-3 より、 δ_m/δ_e と μ との関係は以下の式で与えられるような線形と仮定したほうが妥当であることがわかる。

$$\frac{\delta_m}{\delta_e} = 0.07\mu + 0.93 \quad (2)$$

すなわち、式(2)は既往の実験結果より求められた円形鋼製橋脚の関係式であり材料を完全弾塑性と仮定して得られる式(1)とはかなり異なることがわかる。

4. 保有水平耐力法による設計法

文献[2]において、円筒シェル形状・材料定数等が既知であると、最高荷重が推定できる算定式が提案されている。最高荷重が求められると、本報告で提案した方法より塑性率が計算される。次に、その塑性率を用いて弾性系の復元力 P_e は次の式で与えられる。

$$P_e = \frac{\mu}{0.07\mu + 0.93} P_y \quad (3)$$

P_m と P_e との比は以上の結果を基に計算することは可能であるが、従来のように塑性率 μ のみの関数で表わすことは出来ない。そこで、ここでは簡単のために構造物の応答が図-1 の A 点と B 点とを直線で近似できるものと仮定する。この時、 P_m/P_e は塑性率のみの関数で次式のように与えられる。

$$\frac{P_m}{P_e} = \frac{\mu - (0.07\mu + 0.93)^2}{(\mu - 1)(0.07\mu + 0.93)} \quad (4)$$

等価水平震度 K_{he} と設計水平震度 K_{hc} との関係を $K_{he}/K_{hc} = P_m/P_e$ とおけば、鋼製円筒橋脚の地震時保有水平耐力法における等価水平震度が本報告で提案した手法により計算される。

5. おわりに

本報告では既往の実験結果を基に、Newmark のエネルギー一定則が成立すると仮定し、円形鋼製橋脚の地震時保有水平耐力法による設計算定式を提案した。今後、他の実験結果も参考とし、より広いタイプの鋼製橋脚に対する設計算定式を検討していく。

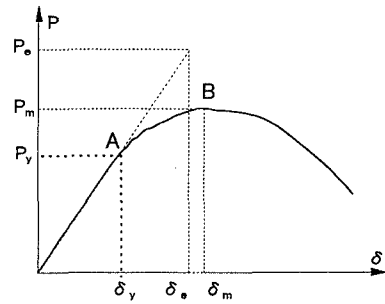


図-1 塑性率

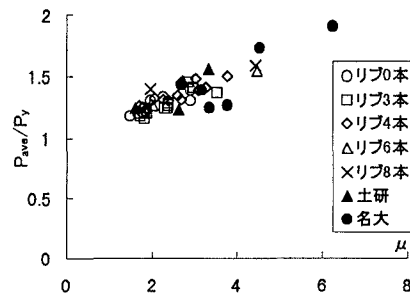


図-2 塑性率と無次元最高荷重

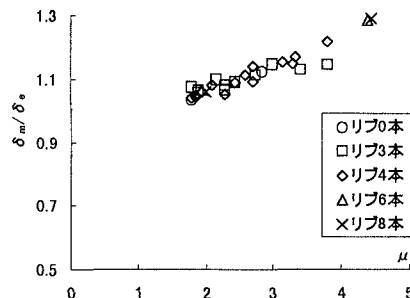


図-3 δ_m/δ_e と塑性率

6. 参考文献

- [1] 日本道路協会：道路橋示方書・同解説 (V 耐震設計編)，平成8年12月。
- [2] 井浦・熊谷・小牧：土木学会論文集，No. 556/I-38，pp. 107-118，1997。
- [3] 上仙 靖，他：土木学会第51回年次学術講演会，平成8年9月。
- [4] 土岐憲三：構造物の耐震解析，技報堂出版，1985年6月。