

I - A96

鋼製・合成橋脚柱の塑性率，等価弾性耐荷力，および卓越応答周期に関する調査・研究

NKK・基盤技術研究所 正会員 中西克佳
 大阪市立大学工学部 正会員 北田俊行

大阪市立大学工学部 正会員 中井 博
 川田工業 正会員 栗田康弘

1. まえがき 本研究は，薄肉箱形断面を有する鋼製，および合成橋脚柱の耐震性に影響するパラメーターのうち，塑性率，等価弾性耐荷力，および卓越応答振動周期を抽出し，それらを用いて，ハイブリッド実験による地震応答シミュレーションを含めた種々な実験結果を整理・検討したものである。

2. 塑性率と等価弾性耐荷力とに関する数理的考察

道路橋示方書・同解説Ⅴ.耐震設計編¹⁾(以下，道示という)に示されているニューマークのエネルギー一定則は，簡単に説明すれば，式(1)に示すように，橋脚柱の水平荷重－水平変位曲線の弾塑性エネルギーを弾性エネルギーに等置して等価弾性耐荷力 H_e を求める手法である。なお，式(1)中の μ_u は，許容塑性率である。

$$H_e = \sqrt{1 + 2(\delta_u/\delta_y - 1)} \cdot H_{yp} = \sqrt{2\mu_u - 1} \cdot H_{yp} \quad (\text{ただし，安全率 } \alpha = 1.0 \text{ とした場合}) \quad (1)$$

以下には，この手法による鋼製，および合成橋脚柱の塑性率と H_e についての検討結果を示す。

まず，過去の実験結果から，鋼製，および合成橋脚柱において，地震時のエネルギーを吸収できる最終の限界状態は，それぞれ図-1，および図-2に示すように，終局限界状態，および水平変位が終局水平変位 δ_u を超え水平荷重が充填コンクリートを無視した鋼断面としての終局水平耐荷力 $H_{upc,id}=H_{pps}$ まで低下した点（以下，復旧可能限界状態という）であることがわかった。なお，以下では，参考のため，図-3に示すように，橋脚柱の1つの限界状態として提案されている水平変位が δ_u を超え水平荷重が終局耐荷力の95%まで低下した点²⁾（以下，95%終局限界状態という）についても，適用が可能である合成橋脚柱に対してのみ，整理・検討する。

つぎに，図-1中の等価終局限界状態，図-2中の等価復旧可能限界状態，および図-3中の95%終局限界状態のそれぞれにおける水平変位を δ_y で除したものを，終局限界状態における等価塑性率 μ_u^* ，復旧可能限界状態における等価塑性率 μ_{id}^* ，および95%終局限界状態における等価塑性率 μ_{95}^* と定義した。そして，式(2)，式(3)，および式(4)には，それぞれ μ_u^* ， μ_{id}^* ，および μ_{95}^* の算定式を示す。

$$\mu_u^* = \frac{\delta_u^*}{\delta_y} = 1 + \frac{\delta_u - \delta_y}{\delta_y} \frac{H_{up} + H_{yp}}{2H_{yp}} \quad (2)$$

$$\mu_{id}^* = \frac{\delta_{id}^*}{\delta_y} = 1 + \frac{H_{yp} - H_{pps}}{2H_{yp}} \frac{\delta_u - \delta_y}{\delta_y} + \frac{H_{up} + H_{pps}}{2H_{yp}} \frac{\delta_{id} - \delta_y}{\delta_y} \quad (3)$$

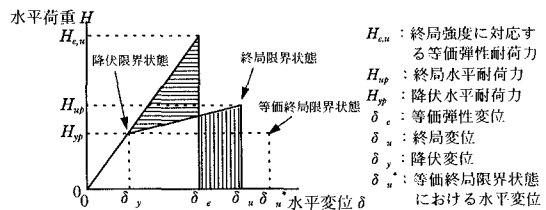


図-1 鋼製橋脚柱の水平荷重－水平変位関係

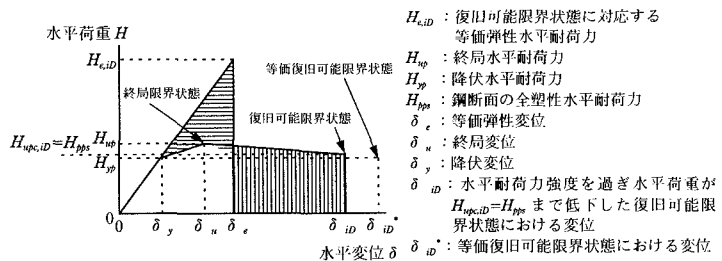


図-2 合成橋脚柱の水平荷重－水平変位関係（その1）

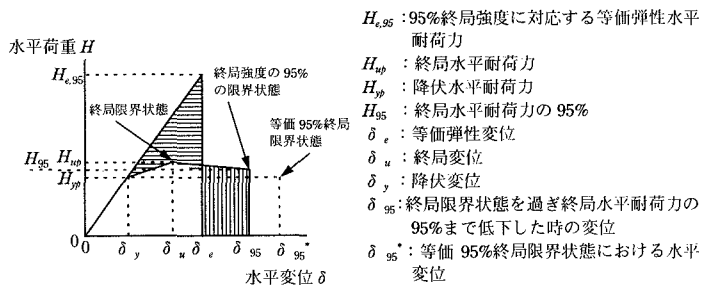


図-3 合成橋脚柱の水平荷重－水平変位関係（その2）

Key Words：鋼製橋脚柱，合成橋脚柱，塑性率，等価弾性耐荷力，卓越応答振動周期
 連絡先：大阪市住吉区杉本 3-3-138 Tel. & Fax.：(06)605-2765

$$\mu_{95}^* = \frac{\delta_{95}^*}{\delta_y} = 1 + \frac{H_{yp} - H_{95}}{2H_{yp}} \frac{\delta_u - \delta_y}{\delta_y} + \frac{H_{up} + H_{95}}{2H_{yp}} \frac{\delta_{95} - \delta_y}{\delta_y} \quad (4)$$

ここで、 μ_u^* 、 μ_{id}^* 、および μ_{95}^* の値を導き出す推定式があれば、 $\mu_a = \mu_u^*$ 、 $\mu_a = \mu_{id}^*$ 、および $\mu_a = \mu_{95}^*$ とおくことによって、橋脚柱の等価弾性耐荷力 H_e を容易に算出することができる。

また、鋼製橋脚柱の μ_u^* の値に最も影響を与えるパラメーターは、幅厚比パラメーター R で、ついで軸方向力比 P/N_{ps} であることが、過去の実験よりわかっている。そこで、 μ_u^* への影響の大小を考慮に入れたパラメーター $(1+P/N_{ps})^{0.5}R$ に、最小二乗法を適用して同定すれば、図-4に示すように、 μ_u^* は、次式で求められる。

$$\mu_u^* = 8.44 \{ (1+P/N_{ps})^{0.5}R \}^{-0.164} - 6.75 \quad (5)$$

（ただし、 $0.05 < P/N_{ps} \leq 0.3$ 、および $0.2 < R \leq 0.8$ ）

そして、合成橋脚柱の μ_{id}^* の値に最も影響を与えるパラメーターは、スタッドを設置しない場合、幅厚比パラメーター R であることが、過去の実験よりわかっている。そこで、図-5に示すように、 R と μ_{id}^* との関係に、最小二乗法を適用して同定すれば、 μ_{id}^* は、次式で求められる。

$$\mu_{id}^* = 2.40R^{-1.05} + 2.00 \quad (\text{ただし、} 0.3 < R \leq 0.8) \quad (6)$$

さらに、合成橋脚柱の μ_{95}^* の値に最も影響を与えるパラメーターは、スタッドを設置しない場合、幅厚比パラメーター R で、ついで軸方向力比 P/N_{ps} であることが、過去の実験よりわかっている。そこで、 μ_{95}^* への影響の大小を考慮に入れたパラメーター $(1+P/N_{ps})^{0.5}R$ に、最小二乗法を適用して同定すれば、図-6に示すように、 μ_{95}^* は、次式で求められる。

$$\mu_{95}^* = 1.18 \{ (1+P/N_{ps})^{0.5}R \}^{-1.2} + 1.62 \quad (7)$$

（ただし、 $0.05 < P/N_{ps} \leq 0.3$ 、および $0.25 < R \leq 0.8$ ）

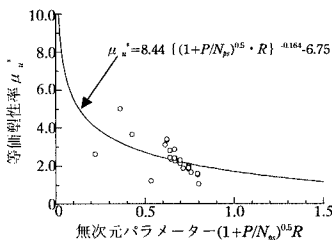


図-4 鋼製柱の実験供試体における $(1+P/N_{ps})^{0.5}R$ と μ_u^* の関係

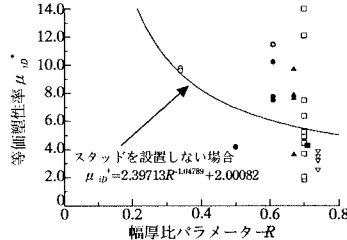


図-5 合成柱の実験供試体における R と μ_{id}^* の関係

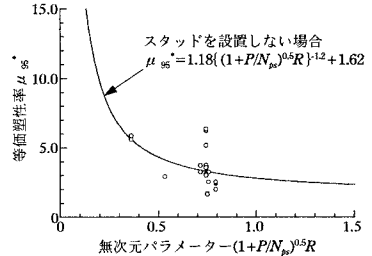


図-6 合成柱の実験供試体における $(1+P/N_{ps})^{0.5}R$ と μ_{95}^* の関係

3. 鋼製、および合成橋脚柱の卓越応答周期

図-7には、実験供試体の固有振動周期と卓越応答振動周期 T_r との関係を示す。この図によると、卓越応答振動周期 T_r は、断面の塑性化等により、弾性体として求めた固有振動周期より10%程度大きくなっている。しかし、両者は、ほぼ一致していることがわかる。すなわち、橋脚柱の地震時の振動応答周期は、橋脚柱の固有振動周期にほぼ等しいと言える。

4. まとめ

本研究で得られた主な成果をまとめると、それらは、以下のとおりである。

i) 鋼製、および合成橋脚柱において、地震エネルギー

が吸収できると考えられる限界状態は、それぞれ終局限界状態、および復旧可能限界状態である。そして、これらの限界状態における水平変位を推定するための回帰曲線を導いた。

ii) 橋脚柱の地震時の応答振動周期は、橋脚柱の固有振動周期にほぼ等しい。

参考文献

- (社)日本道路協会：道路橋示方書・同解説、Ⅱ.鋼橋編、およびⅤ.耐震設計編、丸善、1996年12月。
- (社)土木学会鋼構造委員会・鋼構造新技術小委員会：鋼橋の耐震設計指針案と耐震設計のための新技術、pp.188-222、1996年7月。

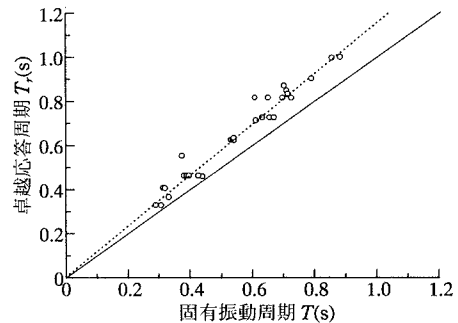


図-7 固有振動周期と卓越応答振動周期 T_r との関係