

円形断面鋼製橋脚のダクティリティに関する解析的研究

愛知工業大学 学生員 森下益臣
愛知工業大学 正会員 鈴木森晶
愛知工業大学 正会員 青木徹彦

1. はじめに

橋脚の耐震性能を向上させる方法として、橋脚自体に優れた強度と変形能（ダクティリティ）をことが挙げられる。円形断面鋼製橋脚は矩形断面と比較して曲げ剛性、座屈強度が大きいなど構造上の理由により細長比の大きい長柱にも多く用いられる。しかし、長柱に関するは実験・解析データは短柱に比べて少ないことから、耐震設計をするには十分な情報があるとは言えない。そこで、本研究ではデータを補間すべく細長比の大きい円形断面鋼製橋脚について弾塑性有限変位解析を行った。

2. 解析方法

2.1 対象とした橋脚モデル

解析の対象とした橋脚モデルを図-1 に示す。補剛・無補剛の円形断面鋼製橋脚を想定し、自由端に一定軸荷重Pと漸増水平荷重Hを受ける片持柱である。本研究では細長比、径厚比、補剛材が強度と変形能に及ぼす影響に着目し、汎用構造解析プログラム MARC を用いて変位制御により解析した。解析に用いた材料パラメータは建設省土木研究所で行われた実験¹⁾の No.8 と呼ばれる供試体の値を用い表-1 に示す。また、表中の径厚比パラメータ R_t 、細長比パラメータ $\bar{\lambda}$ は次のような式で定義した。

$$R_t = \sqrt{3(1-\nu^2)} \frac{\sigma_y}{E} \frac{D}{2t} \quad (1)$$

$$\bar{\lambda} = \frac{2h}{r} \frac{1}{\pi} \sqrt{\frac{\sigma_y}{E}} \quad (2)$$

ここで、 σ_y :降伏応力、E:ヤング率、 ν :ポアソン比、D:直径、t:板厚、h:柱長さ、r:断面2次半径である。

実構造物に用いられている細長比パラメータ $\bar{\lambda}=0.1\sim 0.8$ のうち長柱の部類に入る $\bar{\lambda}=0.6, 0.7, 0.8$ について鋼種、軸力を一定にし解析を行った。文献2)より径厚比パラメータ $R_t=0.055$ で高い変形能が得られることが報告されていることから本研究では $R_t=0.055, 0.073, 0.110$ とした。補剛材は幅を鋼管半径の1/6、板厚を母材板厚と等しくして本数を4, 6, 8本とした。

解析は断面の対称性から1/2についてのみ行い、使用した要素は8節点薄肉線形シェル要素、局部座屈が発生すると思われる橋脚基部付近は分割数を増やした。構成則は移動硬化則を使用し、鋼管の初期不正である初期たわみと残留応力は考慮しない。

3. 解析結果と考察

3.1 径厚比パラメータの影響

(1) 無補剛断面

図-2 に細長比パラメータ $\bar{\lambda}$ を一定 ($\bar{\lambda}=0.6$) とし、各径厚比パラメータ R_t における無補剛断面の水平荷重-水平変位曲線を示す。各径厚比における強度・変形能を相対的に評価するため、縦軸、横軸ともそれぞれ降伏時

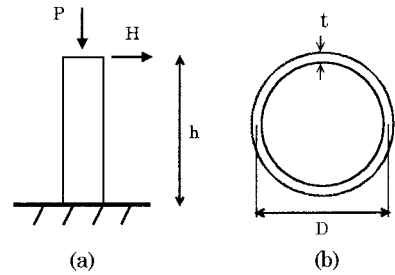


図-1 橋脚モデル

表-1 解析パラメータ

鋼種	SS400			
ヤング率 E (kgf/mm ²)	21020.4			
降伏応力 σ_y (kgf/mm ²)	29.55			
ポアソン比 ν	0.3			
径厚比パラメータ R_t	0.055	0.073	0.110	
細長比パラメータ $\bar{\lambda}$	0.6	0.7	0.8	
軸力比 P/P _y	0.15			
補剛材本数	0	4	6	8

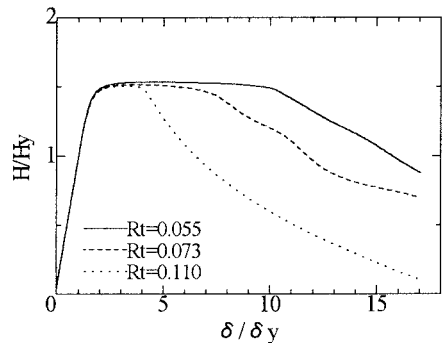


図-2 無補剛断面, $\bar{\lambda}=0.6$

の荷重、変位で無次元化している。 $R_t=0.110$ では最大荷重点直後の強度劣化が大きい。これは主に局部座屈発生による $P-\delta$ 効果によるものと考えられる。 $R_t=0.055$ では最大荷重点後も高い強度を維持し、ダクティリティが高いといえる。

(2)補剛断面

図-3に図-2と同様なパラメータの補剛断面についての解析結果を示す。断面を補剛することによって各径厚比パラメータ R_t において急激な強度劣化は無くなる。 $R_t=0.055$ では特にダクティリティが優れている。

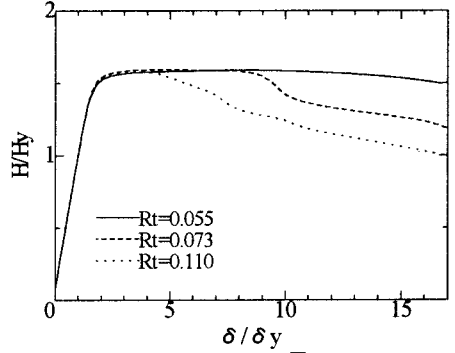


図-3 補剛断面, $\bar{\lambda} = 0.6$

3.2 細長比パラメータの影響

3.1の解析結果より径厚比パラメータ $R_t=0.055$ の時にダクティリティが優れていることから $R_t=0.055$ の場合に細長比が強度と変形能に及ぼす影響について調べる。

(1)無補剛断面

図-4に細長比パラメータ $\bar{\lambda}$ を変化させた無補剛断面の水平荷重-水平変位曲線を示す。どの $\bar{\lambda}$ でも $6\delta_y$ 以上の高いダクティリティを示している。これは、径厚比パラメータ $R_t=0.055$ によるもので、長柱にも効果があるといえる。しかし、水平変位が $7\delta_y$ を越えたあたりから $\bar{\lambda}=0.7, 0.8$ は強度劣化が大きい。

(2)補剛断面

図-5に図-4と同様なパラメータの補剛断面について示す。補剛断面とすることで $\bar{\lambda}=0.8$ でも大きな強度劣化が見られず、高いダクティリティを示した。

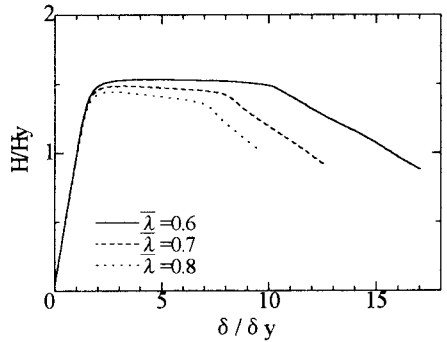


図-4 無補剛断面, $R_t=0.055$

3.3 補剛材本数による影響

図-6に径厚比パラメータを $R_t=0.055$ および細長比パラメータを $\bar{\lambda}=0.6$ と一定にした場合の各補剛材本数による水平荷重-水平変位曲線を示す。補剛材によって耐荷力の向上が見られ、また終局時の強度劣化を抑えている。しかし、補剛材本数による強度と変形能の差はあまり見られない。

4. まとめ

本研究では、長柱と呼ばれる細長比パラメータ $\bar{\lambda}$ ($\bar{\lambda}=0.6, 0.7, 0.8$)、高いダクティリティが得られる径厚比パラメータ $R_t=0.055$ 、および補剛材本数を解析パラメータとして円形鋼管長柱を有限変位解析を行い、次の結論が得られた。

1. 径厚比パラメータ $R_t=0.055$ の場合は、長柱にも高いダクティリティを示し、有効である。
2. 補剛断面にすることにより $R_t=0.055$ で $\bar{\lambda}=0.6 \sim 0.8$ の長柱でも十分なダクティリティが得られる。
3. 補剛材本数によるダクティリティの差および耐荷力の差はあまりない。

<参考文献>

- 1) 建設省土木研究所：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), p. 37, 1997年4月。
- 2) 葛漢彬, 高聖彬, 宇佐美勉, 松村寿男：鋼製パイプ断面橋脚の繰返し弾塑性挙動に関する数値解析的研究, 土木学会論文集, No. 577/I-41, pp. 181-190, 1997. 10月。

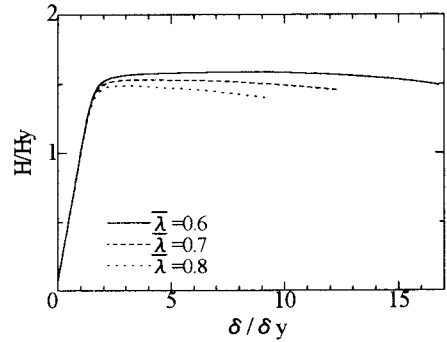


図-5 補剛断面, $R_t=0.055$

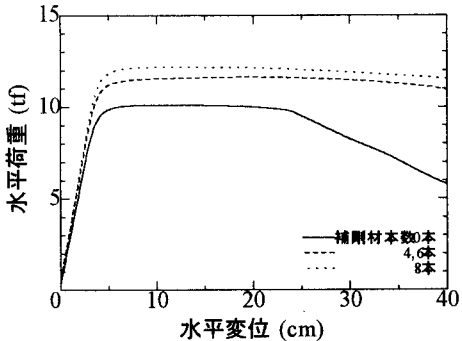


図-6 補剛材本数による影響