

コンクリート充填2重円形鋼管(CFDT)柱の耐震性状に関する研究

オリエンタル建設(株) ○正会員 寺村 篤*
 大阪工業大学大学院 学生員 山根 章**
 大阪工業大学工学部 正会員 栗田 章光**

1. はじめに

コンクリート充填2重円形鋼管柱(以下,CFDT柱)は,CFT柱において,充填コンクリート部分にさらに内側鋼管を配置して中空状態にした形式の柱である.CFDT柱は,CFT柱に比べて,自重の軽減,耐荷力の向上および省スペース化を図ることができる.したがってCFDT柱は,山岳部における高橋脚および都市部における断面の小さい橋脚に適した構造形式であると考えられる.わが国の道路橋における耐震設計は,道路橋示方書(耐震設計編)・同解説¹⁾(以下,道示)により行われている.CFDT柱は,道示に規定されている「コンクリートを充填した鋼製橋脚」として設計してよいと考えられるが,その構造形式に当てはまるかどうかは議論の分かれるところで,様々な解決すべき問題が含まれている.その一つが充填コンクリートの材料構成則である.CFDT柱の耐震性能を評価する際,2重に配置された鋼管によって拘束を受けるコンクリートの応力-ひずみ関係式は,道示には規定されていない.そこで,本研究では,拘束を受けるコンクリートの応力-ひずみ関係式を,既往の実験結果から提案し,つぎに,この提案式を用いてCFDT橋脚モデルを対象に,道示における,地震時保有水平耐力法(以下,保耐力法)に基づき試設計を行い,その耐震性能を評価することを目的としている.本文では,その解析結果を報告する.

2. CFDT柱におけるコンクリートの応力-ひずみ関係

図-1および式(1)は,CFDT柱の1軸圧縮荷重実験の結果から回帰分析によって得られた外側鋼管厚,内側鋼管厚および内側鋼管直径の変化による拘束効果を考慮したコンクリートの応力-ひずみ関係モデルおよび関係式を,2区間に分けた形で示している.また,コンクリートのシリンダー強度に対する応力度の比を応力比 k ,降伏強度発揮後の強度上昇率を直線の傾き E で表している.降伏強度時のひずみは実験結果による平均値から 8100μ ,終局強度時ひずみは 50000μ とした.道示では,鋼材の終局ひずみを 50000μ としていることから,充填コンクリートの終局強度は,ひずみが 50000μ に達する時に生じる応力とした.これは,充填コンクリートが鋼管に覆われているため,終局強度が鋼管の挙動に依存すると考えるからである.

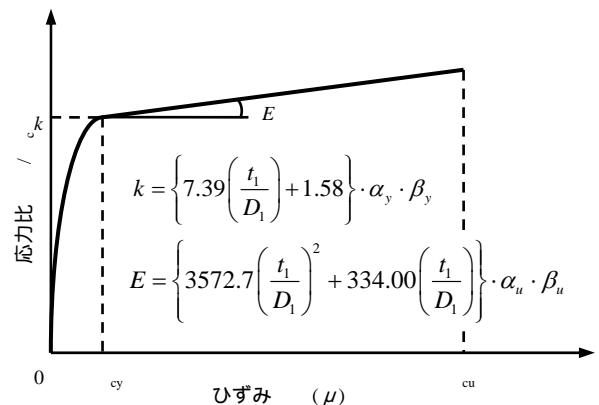


図-1 コンクリートの応力-ひずみ関係モデル

$$\frac{\sigma}{\sigma_c} = \begin{cases} k \cdot \frac{\varepsilon}{\varepsilon_{cy}} \cdot \left(2 - \frac{\varepsilon}{\varepsilon_{cy}}\right) & (0 \leq \varepsilon \leq \varepsilon_{cy}) \\ E \cdot \varepsilon + (k - E \cdot \varepsilon_{cy}) & (\varepsilon_{cy} \leq \varepsilon \leq \varepsilon_{cu}) \end{cases} \quad \text{--- (1)}$$

$$\alpha_y = \frac{3.55 \left(\frac{t_2}{D_2}\right) + 1.42}{1.71}, \beta_y = \frac{0.37w_{fc} + 0.97}{1.69}, \alpha_u = \frac{-474.49 \left(\frac{t_2}{D_2}\right) + 224.30 \left(\frac{t_2}{D_2}\right) + 2.28}{13.26}, \beta_u = \frac{1.05w_{fc} + 8.69}{10.81}, \eta = \frac{D_{i1} - D_2}{2}, w_{fc} = \frac{D_{i1}}{2\eta}$$

ここに, D_1 :外側鋼管外径(mm), t_1 :外側鋼管厚(mm), D_{i1} :外側鋼管内径(mm), D_2 :内側鋼管外径(mm), t_2 :内側鋼管厚(mm), w_{fc} :充填幅比, ε :ひずみ, σ :拘束を受けるコンクリートの応力(N/mm²), σ_c :コンクリートのシリンダー強度(N/mm²), ε_{cy} :コンクリートの降伏強度時のひずみ(=8100 μ), ε_{cu} :コンクリートの終局強度時のひずみ(=50000 μ)
 α_y, α_u :内側鋼管厚変化による低減係数, β_y, β_u :内側鋼管径変化による低減係数

Keywords: CFDT, 拘束効果, 自重軽減, 耐震性状

* 〒530-0012 大阪府大阪市北区芝田 2-6-23 全日空ビル TEL:06(6372)0381 FAX:06(6957)0270

** 〒535-8585 大阪府大阪市旭区大宮 5-16-1 TEL:06(6954)4141 FAX:06(6957)2131

3. 解析条件と解析モデル

橋脚の解析対象モデルを図-2 および図-3 に示す。モデルは、既存の RC 柱 (2.5m×5.0m の長方形断面) を参考とした。また、断面諸元は表-1 の解析パラメータとして示す。解析は、CFDT 柱の外側鋼管厚および内側鋼管径のパラメータをそれぞれ変化させたものについて行い、橋軸直角方向、タイプ の地震動に対して検討した。解析方法は、道示で示されている手法を用いて行い、拘束効果を考慮したコンクリートの応力-ひずみ関係は、式(1)で示した提案式を用いる。

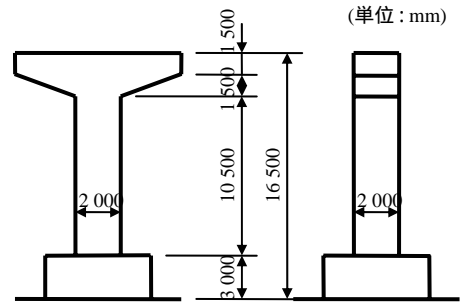


図-2 橋脚の形状

4. 計算結果とまとめ

図-4 および図-5 は、それぞれ、外側鋼管厚変化および内側鋼管径変化と残留変位の関係を示したものである。また、それらの値は、表-1 に示している。図-6 は、各パラメータにおける CFDT 柱の水平耐力-変位関係(P -関係)を示したものである。これらのことにより、以下のことがわかった。まず、外側鋼管厚および内側鋼管径を増加させることにより、耐力は上昇する。

それに伴い、保有耐力 P_a は上昇し、残留変位は減少していく傾向を示した。つぎに、内側鋼管径変化による耐力および残留変位の増減率は、外側鋼管厚変化による増減率に比べて小さいことから、内側鋼管径を変化させることにより、効果的に自重の軽減を図ることができる。最後に、既存の RC 柱 (2.5m×5.0m の長方形断面) に比べ、今回用いた CFDT 柱は、断面

積が約 60% 低減できており、さらに、十分な耐震性能を満足していることから、山岳部や都市部の、厳しい条件に適した構造形式であるといえる。

今後の課題としては、適切なコンクリート充填高さを考慮して解析を行うことにより、さらに経済性の向上を図れるものと思われる。また、円形断面だけでなく、矩形断面についても耐震性の評価を行う必要がある。

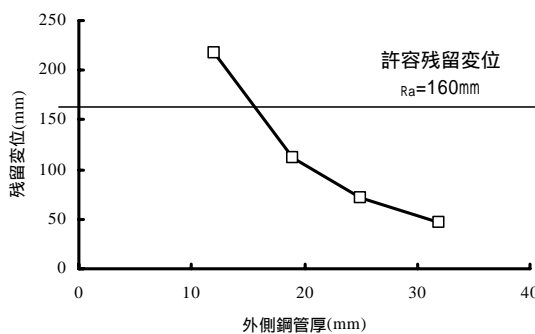


図-4 外側鋼管厚と残留変位の関係

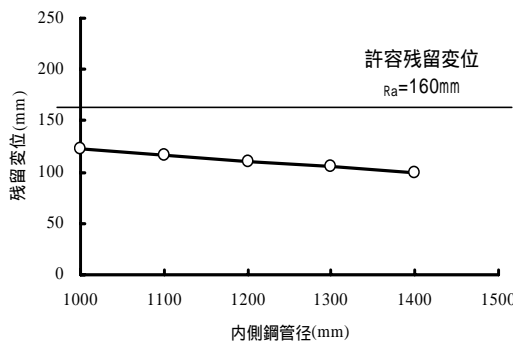


図-5 内側鋼管径と残留変位の関係

参考文献

- 1) 日本道路協会：道路橋示方書（耐震設計編）・同解説，丸善，1996年12月
- 2) Y.Tawaratani, A.Kurita：Stress-Strain Relationship for Concrete in Concrete-Filled Double Steel Tubular Columns, Proceedings of 5th Korea-Japan Seminar on Steel Bridges

表-1 解析パラメータおよび解析結果

外側鋼管		内側鋼管		地震力 $k_{he} \cdot W$ (kN)	保有耐力 P_a (kN)	残留変位 R (mm)	許容残留変位 R_a (mm)
厚さ t_1 (mm)	直径 D_2 (mm)	厚さ t_2 (mm)	直径 D_1 (mm)				
12	1000	6	19	962	1144	217	160
19				963	1531	112	
25				961	1849	72	
32				961	2202	46	
19	1100	959	1483	117			
	1200	949	1505	111			
	1300	939	1528	105			
	1400	928	1558	99			

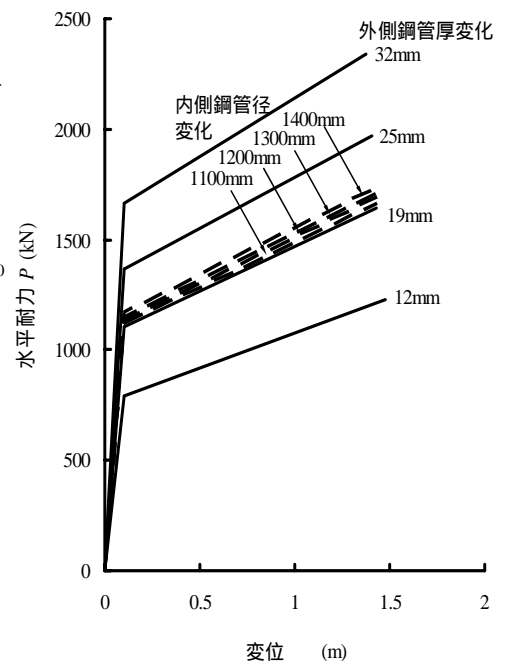


図-6 P -関係