

コンクリート充填 2 重円形鋼管(CFDT)柱の耐荷力とじん性に関する研究

(株)総合技術コンサルタント ○正会員 俵谷 保男*
 大阪工業大学大学院 学生員 寺村 篤**
 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. その結果, CFDT 柱は, 自重の軽減を図ることができ, 施工面においても, 工期短縮および省力化が可能となる. これらのことから CFDT 柱は, 山岳部における高橋脚に適した構造形式であると考えられる. しかし, 道路橋示方書(V 耐震設計編)・同解説¹⁾(以下, 道示)に基づいて CFDT 柱のじん性を評価する際, 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-ひずみ関係式が規定されていない. また, 鋼構造物設計指針 PART B 合成構造物²⁾で規定されているコンクリート強度は 24MPa 以上としており, 16MPa 程度の低強度コンクリートにおける拘束効果を評価した道示での応力-ひずみ関係式を用いることは妥当でないと考えられる. そこで, 本研究では, まず CFDT 柱において拘束効果を受けるコンクリートの応力-ひずみ関係式を提案し, 次に, この提案式を用いて CFDT 橋脚モデルを対象に弾塑性解析を行う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 軸圧縮載荷実験の結果³⁾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, および関係式をトリリニア型で示している. 実験では明確なコンクリートの最大強度を評価することができなかった. この理由として, 鋼管のひずみ硬化の影響が考えられる. したがって, 終局強度は, 鋼管のひずみ硬化開始時のひずみに対応する応力と定義することにした. さらに, 終局強度後の応力の上昇を評価するために終局勾配を定義している. なお, コンクリートは, 鋼管によって囲まれているため, 応力上昇域は, 鋼材が座屈するまでとする. 実験では, ひずみが 40000 ~ 60000 μ に至ると鋼管に局部座屈がみられた.

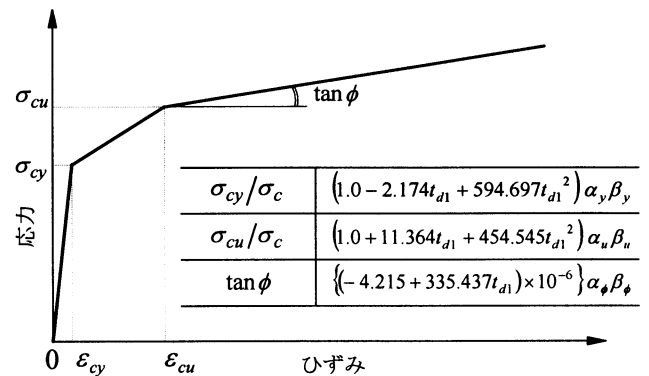


図 1 コンクリートの応力-ひずみ関係モデル

$$\sigma = \begin{cases} \frac{\sigma_{cy}}{\varepsilon_{cy}} \varepsilon & [0 \leq \varepsilon \leq \varepsilon_{cy}] \\ \sigma_{cy} + \frac{(\sigma_{cu} - \sigma_{cy})}{\varepsilon_{cu} - \varepsilon_{cy}} (\varepsilon - \varepsilon_{cy}) & [\varepsilon_{cy} \leq \varepsilon \leq \varepsilon_{cu}] \\ \sigma_{cu} + \sigma_c \tan \phi (\varepsilon - \varepsilon_{cu}) & [\varepsilon_{cu} \leq \varepsilon] \end{cases} \quad (1)$$

ただし, 載荷実験より鋼材はSS400, コンクリートは強度 37MPa の材料を用いるものとする. また, 適用範囲は, $0.02 \leq t_{d1} \leq 0.03, 0.02 \leq t_{d2} \leq 0.03, 0.02 \leq w_{fc} \leq 0.03$ とする.

ここに, D_1 : 外側鋼管直径 (mm), t_1 : 外側鋼管厚 (mm), D_{i1} : 外側鋼管内径 (mm), D_2 : 内側鋼管直径 (mm), t_2 : 内側鋼管厚 (mm), w_f : 充填幅比, t_{d1} : 外側鋼管径厚比パラメータ ($=t_1/D_1$), t_{d2} : 内側鋼管径厚比パラメータ ($=2.11t_2/D_1$), σ : 拘束を受けるコンクリートの応力 (MPa)
 ε : ひずみ, σ_c : コンクリートのシリンダー強度 (MPa), σ_{cy} , σ_{cu} : コンクリートの降伏強度, 終局強度 (MPa), $\tan \phi$: 終局勾配
 ε_{cy} : コンクリートの降伏強度時のひずみ ($=2000 \mu$) $\alpha_y = (1.131 + 3.378t_{d2} + 30.281t_{d2}^2)/1.47$ $\beta_u = (1.382 - 0.143w_{fc} + 0.161w_{fc}^2)/1.75$
 ε_{cu} : コンクリートの終局強度時のひずみ ($=11429 \mu$) $\alpha_u = (1.380 - 1.355t_{d2} + 112.703t_{d2}^2)/1.75$ $\beta_\phi = (0.442e^{1.321w_{fc}})/6.76$
 $\alpha_y, \alpha_u, \alpha_\phi$: 内鋼管厚減少による低減係数 $\alpha_\phi = (-2.763 + 144.780t_{d2})/6.76$ $\eta = (D_{i1} - D_2)/2$
 $\beta_y, \beta_u, \beta_\phi$: 内鋼管径減少による低減係数 $\beta_y = (1.531 - 0.824w_{fc} + 0.393w_{fc}^2)/1.47$ $w_{fc} = D_{i1}/2\eta$

key words CFDT, 自重軽減, 拘束効果, じん性, 耐荷力

* 〒101-0048 東京都千代田区神田司町 2-7 TEL 03-3291-5005 FAX 03-3291-5019

** 〒535-8585 大阪市旭区大宮 5-16-1 TEL 06-6952-3131 FAX 06-6957-2131

3. じん性の評価

橋脚の解析対象モデルを図2に示す。また、断面諸元は表1の解析パラメータに示している。解析は、基本データに対して外側鋼管厚、内側鋼管厚および内側鋼管径の3つのパラメータを変化させたものについて行う。解析方法は、道示で示されている手法を用いて行う。ただし、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。なお、地震動は、タイプⅡ(内陸直下型地震)を用いることにする。

4. 計算結果とまとめ

図3は、各パラメータを変化させたCFDT柱の水平荷重-変位関係を示したものである。また、それらの値は、表1の解析結果に示している。図4は、じん性率と各パラメータの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、内側鋼管厚の増加は、他のパラメータ変化に比べてじん性率の向上に大きく寄与する。次に、CFDT柱では、鋼管を2重に配置するためCFT柱に比べて水平耐力が増加することが予想される。しかし、外側鋼管に比べて鋼材断面積の小さな内側鋼管を適切に配置することにより、水平耐力の増加率を小さくすることができる。以上のことを考慮すれば、CFDT柱は、基礎構造を大型化する必要がなくなるので高橋脚に適しているといえる。

今後の課題としては、載荷実験をさらにに行い、提案式の適用範囲を広げる必要がある。

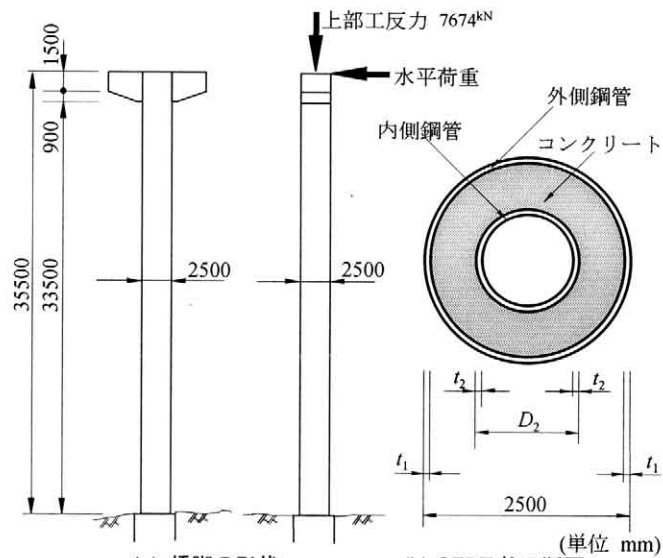


図2 解析対象モデル形状および断面

表1 解析パラメータおよび解析結果

解析パラメータ					解析結果			
外側鋼管		内側鋼管			地震時 保有水平 耐力 P_o (kN)	変位		じん性 率 μ $= \delta_y / \delta_u$
厚さ t_1 (mm)	降伏点 強度 σ_{y1} (MPa)	直径 D_2 (mm)	厚さ t_2 (mm)	降伏点 強度 σ_{y2} (MPa)		降伏時 δ_y (mm)	終局時 δ_u (mm)	
50	215	1200	35	235	2552.11	481.89	6640.49	13.78
55	215	1200	35	235	2727.08	478.20	6580.83	13.76
60	215	1200	35	235	2896.43	475.32	6534.69	13.75
50	215	1200	40	235	2598.87	485.73	6777.88	13.95
50	215	1200	45	235	2619.76	484.74	6752.38	13.93
50	215	1200	50	215	2664.81	488.23	6867.20	14.07
50	215	1200	55	215	2710.44	491.80	6975.89	14.18
50	215	900	35	235	2400.58	478.77	6530.05	13.64
50	215	700	35	235	2329.90	474.14	6460.28	13.63

下線：基本データ 太字：主要パラメータ

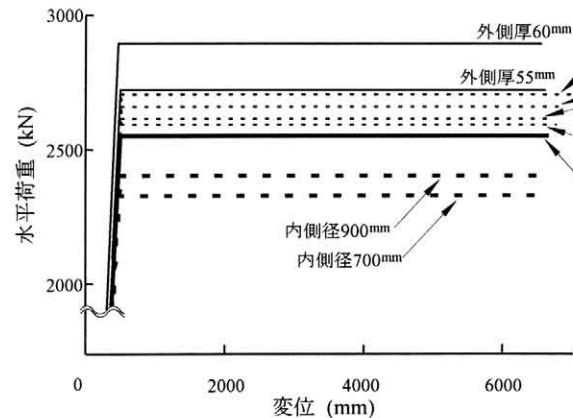


図3 水平荷重-変位関係

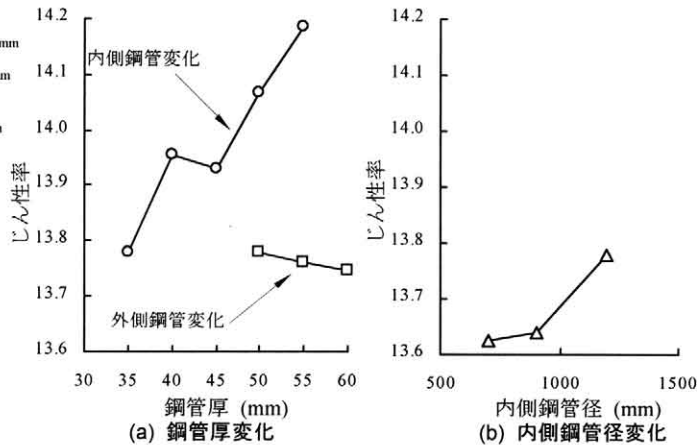


図4 じん性率と各パラメータの関係

参考文献

1) 日本道路協会：道路橋示方書Ⅴ(耐震設計編)・同解説，丸善，1996年12月
2) 土木学会：鋼構造物設計指針 Part B 合成構造物，丸善，1997年10月
3) Y.Tawaratani, A.Kurita: Stress-Strain Relationship for Concrete in Concrete-Filled Double Steel Tubular Columns, Proceedings of 5th Korea-Japan Joint Seminar on Steel Bridges (in printing)