

ずれ止めを有するコンクリート充填二重鋼管部材の曲げ耐荷力

京都大学 学生会員 ○清水 優, 巽 郁仁
正会員 石川 敏之, 服部 篤史, 河野 広隆

1. はじめに

コンクリート充填鋼管 (CFT) 部材は鋼管の内部にコンクリートを充填した構造であり, 耐荷性, 耐震性に優れているため橋脚等に用いられている. さらに, CFT部材の軽量化を図った構造として, CFT部材の鋼管の中に径の小さい鋼管をもう一つ配置し, 両鋼管の間だけにコンクリートを充填したコンクリート充填二重鋼管 (CFDT) 部材の研究が行われている. これまでにCFDT部材の基礎力学特性や耐震性に関する研究が報告されてきた^{1), 2)}が, 鋼管-コンクリート界面のずれ止めの必要性や, ずれ止めが曲げ耐荷性状に及ぼす影響について検討した研究は少ない. 本研究では, 鋼管-コンクリート界面にずれ止めを設置したCFDT部材の曲げ載荷実験を行い, ずれ止めの有無および設置個所の違いが曲げ耐荷性状に与える影響を検討した.

2. 実験方法

表-1 に供試体の一覧を示す. 実験には, 外側の鋼管 (以下, 外鋼管) とコンクリート界面にずれ止めを設置した供試体, 内側の鋼管 (以下, 内鋼管) とコンクリート界面にずれ止めを設置した供試体, 両鋼管にずれ止めを設置した供試体, ずれ止めを設置していない供試体を用いた. ラベルに“s”のつく供試体には図-1(b)に示すように, せん断スパンのみにずれ止めを設置した. また, 外鋼管径 D_o と内鋼管径 D_i の比 (内外鋼管径比 D_i/D_o) が異なる 2 種類の CFDT 部材と CFT 部材を用いた. 載荷方法は図-2 に示すように対称 4 点曲げ載荷とし, 荷重に加え, 供試体端部で鋼管とコンクリートの相対変位をクリップゲージで測定した.

3. 結果と考察

3. 1 最大曲げモーメント

表-1 中に実験より得られた各供試体の最大曲げモーメント M_{max} を示す. CFT および $D_i/D_o=0.22$ の供試体 (以下, D22 とする) では, ずれ止めを設置した全ての供試体の最大曲げモーメントが, ずれ止めを設置していない n の供試体よりも高い値を示している. これは, ずれが抑制されることによって純曲げ区間の圧縮側コンクリートが 3 軸方向に拘束を受け, 見かけの圧縮強度が向上する, いわゆるコンファインド効果のためと考えられる. また, 内鋼管にずれ止めを設置した I および Is よりも, 外鋼管にずれ止めを設置した O および Os の方が最大曲げモーメントが大きいことから, 外鋼管にずれ止めを設置した方がコンファインド効果は大きい. 一方, $D_i/D_o=0.60$ の供試体 (以下, D60 とする) では CFT や D22 に比べて最大曲げモーメントの向上効果が小さい. これは圧縮側コンクリートの断面積が小さいため, コンファインド効果が小さかったと考えられる.

表-1 供試体一覧

断面	ラベル	$\frac{D_i}{D_o}$	算定値		
			実験値 M_{max} [kN·m]	M_{con} [kN·m]	M_u [kN·m]
	CFT-n	—	84.2	92.8	86.3
	CFT-O	—	100.9	96.6	90.1
	CFT-Os	—	95.6	92.8	86.3
	D22-n	0.22	91.8	96.4	89.5
	D22-O	0.22	101.8	100.2	93.4
	D22-Os	0.22	98.6	96.4	89.5
	D22-I	0.22	97.9	99.3	90.9
	D22-Is	0.22	93.5	96.4	89.5
	D22-OI	0.22	108.2	103.1	94.7
	D22-OIs	0.22	100.2	96.4	89.5
	D60-n	0.60	112.1	119.2	113.1
	D60-O	0.60	117.6	123.0	116.9
	D60-I	0.60	116.0	123.0	115.7
	D60-OI	0.60	119.0	125.6	119.5

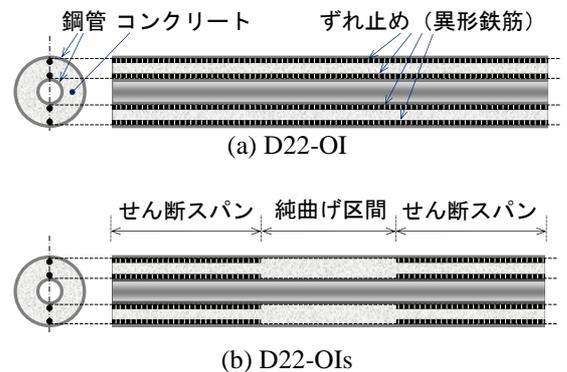


図-1 ずれ止めの設置例

キーワード コンクリート充填, 鋼管, CFDT, ずれ止め, 耐荷力, コンファインド効果

連絡先 〒615-8540 京都市西京区京都大学桂 C クラスタ 構造物マネジメント工学講座 TEL 075-383-3321

図-3にD22の外鋼管圧縮縁とコンクリートの相対変位(コンクリートが抜け出す方向を正)を示す. 図-3(a)より, D22-O および OI では最大曲げモーメント付近での外鋼管とコンクリートのずれが大幅に抑制されていることが確認できる. さらに, 図-3(b)より, せん断スパンのみにずれ止めを設置した D22-Os でも外鋼管圧縮縁とコンクリートのずれが抑制されており, 最大曲げモーメントは D22-O と同程度に向上している.

3. 2 最大曲げモーメントの算定

コンファインド効果を考慮したCFT部材の最大曲げモーメントの算定式²⁾をもとに, 内鋼管とコンクリートの中空断面を加味して, コンファインド効果を考慮したCFDT部材の最大曲げモーメント M_{con} の算定式を次式の通り導いた.

$$M_{con} = (\sigma'_c/12) \cdot (D_o^3 \cos^3 \alpha_o - D_i^3 \cos^3 \alpha_i) + \left[\frac{(\beta_1 + \beta_2)}{2} \right] \cdot f_{osy} D_o t_o \cos \alpha_o + f_{isy} D_i t_i \cos \alpha_i + \sum \sigma_s A_s y \quad (1)$$

ここに, $\sigma'_c = k_1 f'_c + 0.78 \cdot \{2t_o / (D_o - 2t_o)\} \cdot f_{osy}$, $k_1 = 0.85$, β_1 および β_2 はコンファインド効果による外鋼管圧縮側の応力低減係数および引張側の応力割増係数でありそれぞれ 0.89 および 1.08 である.

f_{osy} , f_{isy} はそれぞれ外鋼管および内鋼管の降伏強度, t_o , t_i はそれぞれ外鋼管および内鋼管の板厚, σ_s はずれ止めの正あるいは負の降伏強度 f_{sy} , A_s はずれ止めの断面積, y は中立軸から各ずれ止めの図心までの距離(下向きを正), α_o , α_i はそれぞれ外, 内鋼管の中立軸位置を示す角度であり, 図-4に示す最大曲げモーメント時の断面を仮定して導いた次式において $N_{con} = 0$ として得られる.

$$N_{con} = (\sigma'_c/8) \cdot \{D_o^2(\pi - 2\alpha_o - \sin 2\alpha_o) - D_i^2(\pi - 2\alpha_i - \sin 2\alpha_i)\} + f_{osy} D_o t_o \{(\pi/2) \cdot (\beta_1 - \beta_2) - \alpha_o(\beta_1 + \beta_2)\} - 2f_{isy} D_i t_i \alpha_i + \sum \sigma_s A_s \quad (2)$$

表-1中に各供試体の M_{con} および, 式(1)および(2)において $\sigma'_c = k_1 f'_c$, $\beta_1 = \beta_2 = 1$ として算出したコンファインド効果を考慮しない最大曲げモーメント M_u を示す. 最大曲げモーメントの向上効果が大きいCFT-O, OsおよびD22-O, Os, OI, OIsでは, コンファインド効果を考慮した算定式 M_{con} によって良好に評価できている. 一方, コンファインド効果の小さいCFT-n, D22-I, IsおよびD60の供試体では, コンファインド効果を考慮せずに算定した最大曲げモーメント M_u と精度良く一致している.

4. まとめ

CFDT部材の鋼管-コンクリート界面にずれ止めを設置することによって, 圧縮側コンクリートが3軸方向に拘束を受け, 最大曲げモーメントが向上した. 外鋼管にずれ止めを設置した場合に向上効果が大きく, せん断スパンのみの設置でも向上する. また内外鋼管径比が大きいD60では向上効果は小さい.

参考文献

- 1) 上中宏二郎, 鬼頭宏明: 二重鋼管・コンクリート合成部材の中心圧縮および曲げ特性に関する研究, 第8回複合・合成構造の活用に関するシンポジウム講演論文集, pp.(9)-1-8, 2009
- 2) 杉浦邦征, 林堂靖史, 橋本国太郎, 大島義信, 河野広隆: コンクリート充填中空式2重鋼管構造橋脚の耐震性に関する研究, 構造工学論文集, Vol.55A, pp.670-679, 2009.3
- 3) 日本建築学会: コンクリート充填鋼管構造設計施工指針, 2008

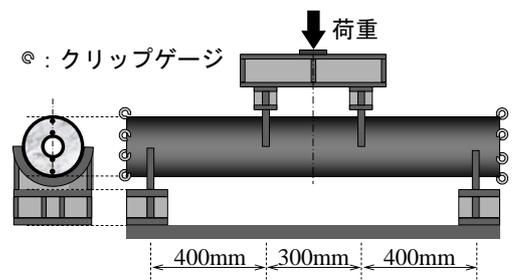
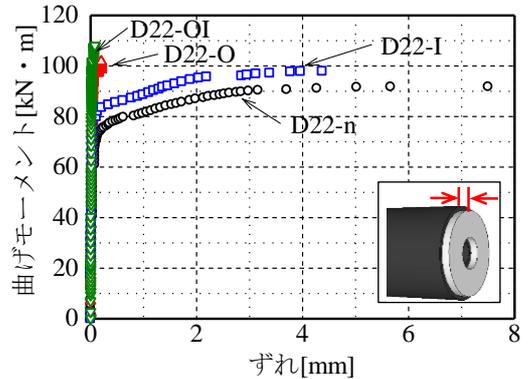
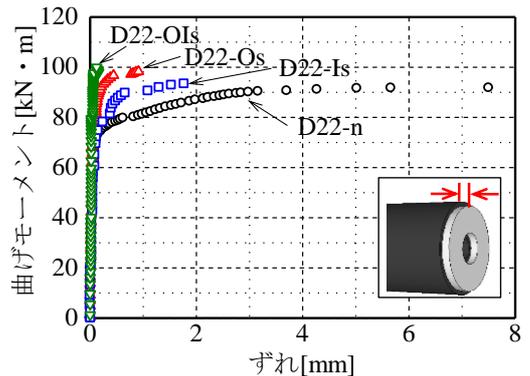


図-2 荷重方法



(a) D22-n, O, I および OI



(b) D22-n, Os, Is および OIs

図-3 鋼管とコンクリートのずれ

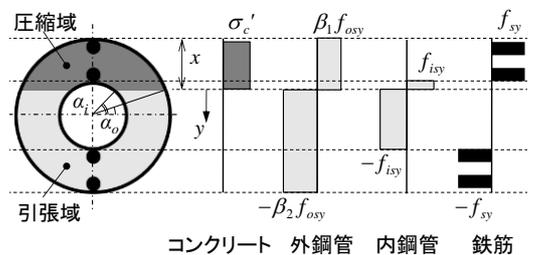


図-4 最大曲げモーメント時の断面の仮定