

第1部門 中空式二重鋼管・コンクリート合成深はりの曲げせん断特性

神戸市立高専専攻科 学生員 清水優, 神戸市立高専 正会員 上中宏二郎

1. はじめに

中空式二重鋼管・コンクリート合成部材(CFDT)とは、径の異なる二つの鋼管を同心円上に配置して、両の間にみにコンクリートを充填した構造である。このような構造形式により、従来のコンクリート充填鋼管部材¹⁾(以下、CFTと称する)と比較して軽量となる利点を有する。著者らは今日まで、の中心圧縮特性ならびに曲げ特性に関する系統的な検討を行ってきた^{2,4)}。そこで、本研究では、既報³⁾にさらに4体のCFDT深はり供試体を加え、主に D_i/D_o がCFDTのせん断特性に与える影響について実験的に検討することを目的とする。

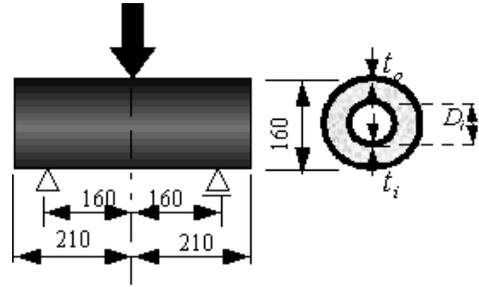
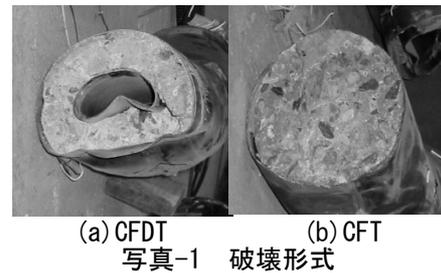


図-1 荷重方法

2. 実験方法

外鋼管径 $D_o = 160\text{mm}$ 、軸方向長さ $H = 420\text{mm}$ を一定とし、変数である内鋼管径 D_i は、0(CFT), 37.5, 75.0および112.5mm(表-1参照)の4種類、鋼管厚 t_i, t_o は1.0mm, 1.6mmおよび2.3mmの3種類の組合せで、合計12体の供試体を使用した。荷重方法は図-1に示すように、供試体中心に左右対称の荷重を与え、等しいせん断力を作用させるものとした。測定項目は、内鋼管ならびに外鋼管にそれぞれ、10箇所、2軸ひずみゲージを貼付した。さらにスパン中央には変位計を設置した。



(a) CFDT (b) CFT
写真-1 破壊形式

3. 実験結果と考察

(1)破壊形式 CFDTおよびCFTの破壊形式を写真-1に示す。CFT供試体の破壊形式は荷重点下部付近で鋼管が破断し、その後ウェブコンクリートがせん断破壊するものであった。一方、CFDTにおいてはウェブコンクリートの圧縮破壊が起こった。 D_i/D_o の大きいものは、荷重初期からウェブコンクリートの圧縮破壊が顕著でありその後、鋼管が降伏に至った。

(2)変形特性 図-2に荷重-鉛直変位曲線を示す。 $D_i/D_o < 0.47$ 程度までなら、せん断変形性能の著しい低下は見られない。しかしながら $D_i/D_o = 0.70$ の供試体では、他の供試体と比較して極端な強度低下が見られる。これは部材厚が薄いために荷重初期においてコンクリートが圧縮破壊し、断面剛性が低下することによるものと考えられる。

(3)終局強度 図-3はせん断強度比と D_i/D_o 、および、曲

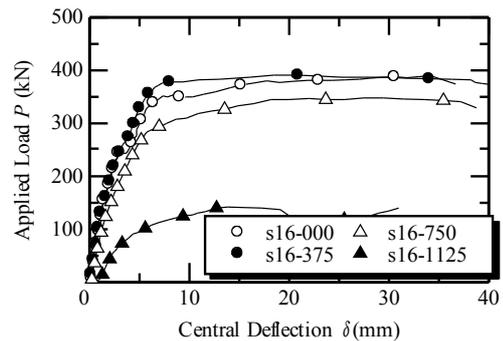


図-2 荷重-鉛直変位曲線

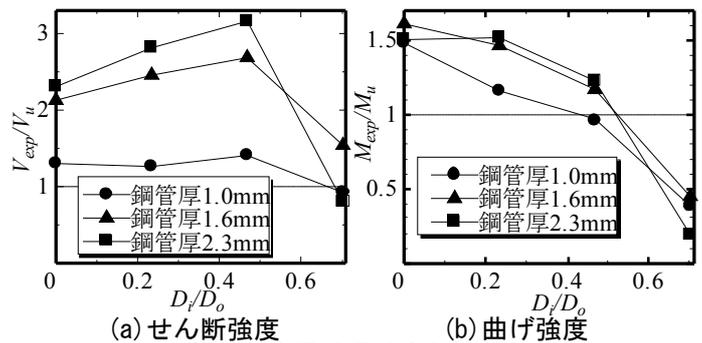


図-3 内径外径比と強度比

げ強度比と (D_i/D_o) の関係を示したものである。ここで V_u は式(1)によって算定した⁶⁾。

$$V_u = \frac{0.24 f_c'^{2/3} (1 + (100 p_w)^{1/2}) (1 + 3.33 r/d) b_w d}{(1 + (a/d)^2)} \quad (1)$$

ここで、 f_c' : コンクリート強度(MPa), b_w : ウェブ幅, d : 有効高さ, r : 荷重幅(=100mm), a : せん断スパン長, $p_w =$

$A_s/b_w d$ である。また、 M_u は鋼管とコンクリートの応力状態を全塑性と仮定し、コンクリートの引張強度を無視した純曲げ強度であり、次式の通りである。

$$M_u = \frac{2k f_c'}{3} (R_o^3 \cos^3 \alpha_o - R_i^3 \cos^3 \alpha_i) + 4 f_{sy} (R_o^2 t_o \cos \alpha_o + R_i^2 t_i \cos \alpha_i) \quad (2)$$

図-3(a)より、実験値は算定強度を用いて、一致あるいは安全側であることが確認された。また、 $D_i/D_o \leq 0.47$ では、内鋼管がせん断補強筋として働いていることが窺え、 V_{exp}/V_u は上昇する傾向にある。図-3(b)でも実験値は算定強度と比較して安全側に評価されているが、 $D_i/D_o = 0.70$ となるとコンクリート断面積が減少する影響が大きく、 M_{exp}/M_u は著しく低下している。これは、部材厚が薄いために載荷初期においてコンクリートが圧縮破壊を起こし、断面剛性が著しく低下したためであると考えられる。

(4) 応力状態 内外鋼管に貼付したひずみゲージから、弾塑性状態の平面応力状態における Prandtl-Reuss の構成則を用いて二軸応力状態を求めた。図-4は外鋼管曲げ引張側の二軸応力の関係である。ここで破線は Von Mises の降伏曲線を示している。同図より $D_i/D_o = 0.70$ のみが載荷初期から圧縮側へと流動していることがわかる。これは部材厚が薄いために、上下方向に圧縮力を受けるリングのようになっているためであると考えられる。

4. まとめ

- (1) 曲げせん断力を作用させることによる破壊の形式は、CFT 供試体では鋼管の曲げ引張破壊であり、内径・外径比が大きくなるに従ってウェブコンクリートが圧縮破壊するモードへと変化した。
- (2) $D_i/D_o \leq 0.47$ の変形性能は CFT でのそれとほぼ同等であった。一方、 $D_i/D_o = 0.70$ では、断面剛性の低下により、著しく低下した。
- (3) せん断強度は、二羽の式を用いて概ね一致あるいは安全側に評価できることがわかった。
- (4) 実験曲げ強度と純曲げ強度(M_u)を比較したところ、 $D_i/D_o \leq 0.47$ では概ね一致、あるいは安全側に評価できることがわかった。一方、 $D_i/D_o = 0.7$ では、上記(1)の理由により、算定強度を大幅に下回った。
- (5) 外鋼管引張側の応力状態は $D_i/D_o \leq 0.47$ では、従来の CFT とほぼ同様であった。また $D_i/D_o = 0.70$ では、載荷初期から圧縮側に流動していた。これは上下方向に圧縮力を受けるリングのように挙動しているため

表 - 1 実験結果と算定強度

No.	Tag	D_i/D_o	実験値			算定強度	
			P_{exp} (kN)	V_{exp} (kN)	M_{exp} (kNm)	V_u (kN)	M_u (kNm)
1	S10-000	0.00	213.6	106.8	17.1	82.0	11.5
2	S10-375	0.23	197.0	98.5	15.8	78.0	13.6
3	S10-750	0.47	175.4	87.7	14.0	62.3	14.6
4	S10-1125	0.70	80.4	40.2	6.4	43.5	16.6
5	S16-000	0.00	390.0	195.0	31.2	91.6	19.4
6	S16-375	0.23	391.0	195.5	31.3	79.6	21.3
7	S16-750	0.47	347.9	174.0	27.8	64.8	23.8
8	S16-1125	0.70	142.1	71.1	11.4	46.2	25.2
9	S23-000	0.00	464.5	232.3	37.2	100.7	24.7
10	S23-375	0.23	497.8	248.9	39.8	88.5	26.2
11	S23-750	0.47	460.6	230.3	36.8	72.8	30.0
12	S23-1125	0.70	84.3	42.1	6.7	52.7	34.7

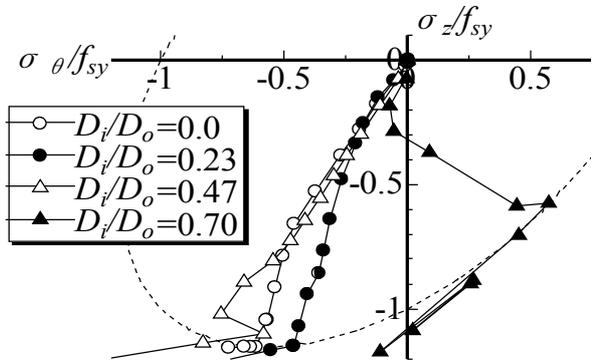


図-4 外鋼管曲げ引張側の応力状態(圧縮を正)

と考えられる。

参考文献

- 1) 日本建築学会：コンクリート充填鋼管構造設計施工指針，1997
- 2) 上中宏二郎，鬼頭宏明，園田惠一郎：二重鋼管合成短柱の圧縮特性に関する実験的研究，鋼構造論文集，日本鋼構造協会，Vol.14, No. 53, pp. 67-75, 2007.
- 3) 上中宏二郎，鬼頭宏明，後藤亮太：中空式二重鋼管・コンクリート合成部材の曲げ特性，コンクリート工学論文集，日本コンクリート工学協会，Vol. 17, No. 3, pp. 45-53, 2006.
- 4) Uenaka, K., Kitoh, H. and Sonoda, K.: Concrete Filled Double Skin Tubular Members subjected to Bending, *Steel and Composite Structures*, Techno-Press, Vol. 8, No. 4, pp. 297-312, 2008.
- 5) 上中宏二郎，清水優，鬼頭宏明：二重鋼管・コンクリート合成深はりの曲げせん断実験，コンクリート工学年次論文集，日本コンクリート工学協会，Vol. 30, No. 3, pp. 1321-1326, 2008
- 6) 二羽淳一郎：FEM 解析に基づくディーブームのせん断耐荷力評価式，第2回RC構造のせん断に問題に対する解析的研究に関するコロキウム論文集，日本コンクリート工学協会，pp. 119-128, 1983.