

二重鋼管・コンクリート合成部材の曲げ特性

神戸市立高専 正会員 ○上中宏二郎

大阪市立大学大学院 正会員 鬼頭 宏明, 北海道大学 後藤 亮太

1. はじめに

二重鋼管・コンクリート合成部材（以下、CFDTとする）とは、直径が異なる二つの鋼管を同心円上に配置し、両鋼管の間にみにコンクリートを充填した構造形式である（図-1 参照）。このような構造形式により、従来の鋼管内全てにコンクリートを充填した鋼管・コンクリート充填鋼管部材（以下、CFTとする）<sup>1)</sup>と比較して軽量となる利点を有する。そこで、本研究では、既報<sup>2),3)</sup>に続いて、CFDTの曲げ特性の把握を目的とした4点曲げ载荷試験を行い、内径・外径比 ( $D_i/D_o$ ) が同特性に与える影響について実験的に検討した。

2. 実験方法

2.1 概要

供試体の断面形状を図-1に示す。供試体の長さ  $H$  と外鋼管径  $D_o$  は450mm, 160mmとそれぞれ固定している。鋼管厚は1.0, 1.6, 2.3mmの3種類としている。载荷方法は、左右対称に4点曲げ载荷する事により、供試体に一定の曲げモーメントを作用させた。なお、材料特性を表-1, 2にそれぞれ示す。

2.2 算定曲げ強度

まず、供試体の断面を形成する内外鋼管、ならびに充填コンクリートの終局状態における応力状態を図-2のとおりに仮定する。ここで、充填コンクリートは圧縮応力のみ考慮している。内鋼管径内に中立軸がある場合、曲げモーメント ( $M_u$ ) は式(1)の通りに表せる。

$$M_u = \frac{2kf_c'}{3} (R_o^3 \cos^3 \alpha_o - R_i^3 \cos^3 \alpha_i) + 4f_y (R_o^2 t_o \cos \alpha_o + R_i^2 t_i \cos \alpha_i) \quad (1)$$

ここで、 $f_{sy}$  : 鋼管用鋼材の降伏強度、 $f_c'$  : 充填コンクリートの圧縮強度、 $k$  : コンクリートの低減定数(=0.85)、 $R, R_i$  : 外鋼管の半径( $D_o/2$ )、および内鋼管の半径( $D_i/2$ )、 $t_o, t_i$  : 外鋼管厚および内鋼管厚、 $\alpha_i, \alpha_o$  : 内、外鋼管の中立軸と圧縮領域までの角度(ただし  $\sin \alpha_i = (R_o/R_i) \sin \alpha_o$ )をそれぞれ示す（図-2 参照）。

2.3 測定項目

鋼管のひずみは二軸ひずみゲージを内鋼管・外鋼管

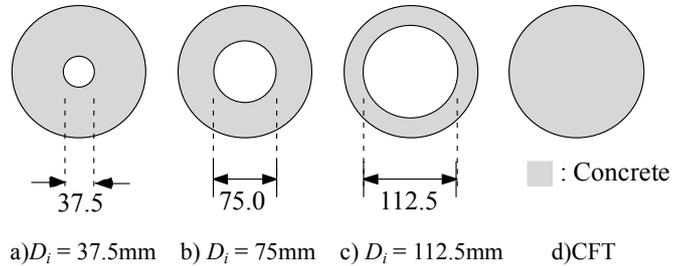


図-1 CFDT と CFT ( $D_o = 160\text{mm}$ )

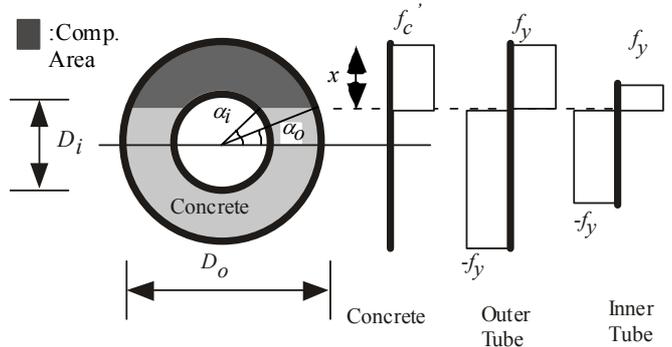


図-2 CFDTの断面と応力状態

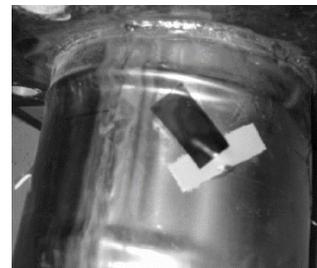


写真-1 曲げ圧縮側の外鋼管の局部座屈

計24箇所貼付し、鋼管の応力状態を測定した。さらに、変位計を供試体中央と中央から左右160mmの位置に設置し、変形特性を測定した。

3. 実験結果と考察

3.1 破壊形式

得られた破壊形式を写真-1に示す。破壊形式は外鋼管曲げ圧縮側の局部座屈、ならびに曲げ引張側の外鋼管の鋼管破断であった。また、内鋼管では、顕著な破壊は目視では確認できなかったものの、引張降伏していた。

3.2 曲げ強度

内径・外径比 ( $D_i/D_o$ ) と曲げ強度の関係を図-3に示

キーワード 二重鋼管・コンクリート合成部材, 内径・外径比, 拘束効果, 曲げ強度

連絡先 〒651-2194 神戸市西区学園東町 8-3 Phone & Fax: 078-795-3540

表-1 鋼管の材料特性

Thick.	$f_y$ (MPa)	$E_s$ (GPa)
1.0mm	286	250
1.6mm	320	179
2.3mm	320	179

表-2 コンクリートの材料特性

$f'_c$ (MPa)	$E_c$ (GPa)
24.7	24.2

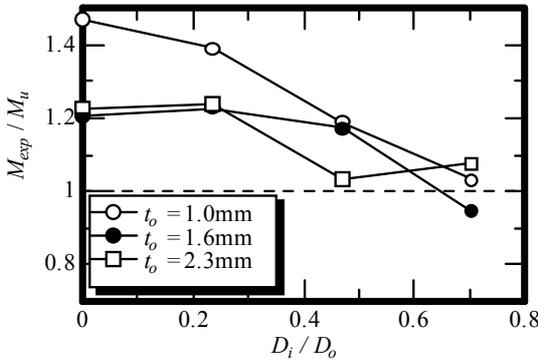


図-3 内径・外径比と算定曲げモーメント

す。同図より、曲げ強度は  $D_i / D_o$  が大きくなるに従って低下する傾向が見られ、コンクリートが全面積に充填された場合に比べて、拘束効果が低下していると考えられる。なお、拘束効果の定量的な評価は、後述の 3.4 を参照されたい。

### 3.3 曲げ圧縮側の応力状態

図-4、図-5 に外鋼管ならびに内鋼管の曲げ圧縮側の応力状態をそれぞれ示す。なお、 $x, y$  軸は降伏強度 ( $f_y$ ) で無次元化しており、圧縮応力を正の値として取り扱っている。図-4 より、上縁では曲げモーメントの作用により  $\sigma_z$  が圧縮に作用し、降伏に到達すると  $\sigma_\theta$  が引張方向に作用した。一方、内鋼管(図-5)では、内鋼管上縁の  $\sigma_z$  は応力が圧縮に作用し、降伏後  $\sigma_\theta$  は圧縮方向に移動した。これは、充填コンクリートの正のダイレイタンス効果によるものと考えられる。

### 3.4 拘束効果の定量的評価

図-6 に曲げ強度 ( $M_{exp}$ ) における外鋼管の拘束圧をコンクリート圧縮強度で無次元化したもの ( $\sigma_{30} / f'_c$ ) と  $D_i / D_o$  の関係を示す。同図より、 $D_i / D_o$  が大きくなると拘束効果は低下している傾向が分かる。これは、3.2 曲げ強度で示した関係 (図-3) を反映していた。

## 4. まとめ

本研究をまとめると以下の通りである。

1)破壊形式は、外鋼管の引張側の破断と圧縮側の局部座屈であった。2)曲げ強度は式(1)を用いて概ね良好に評価

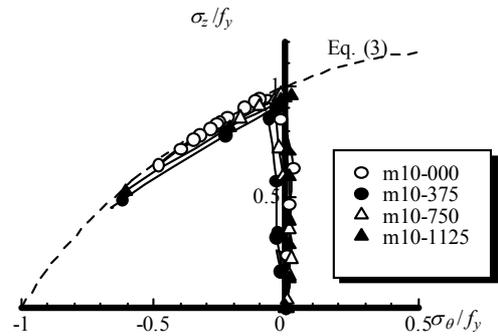


図-4 曲げ圧縮側の外鋼管の応力状態

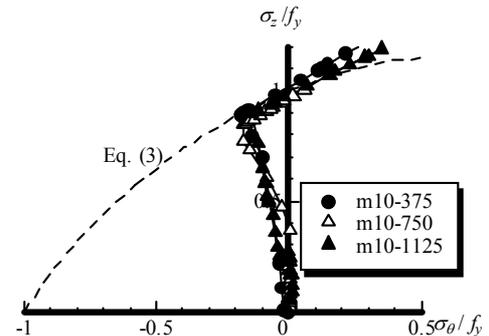


図-5 曲げ圧縮側の内鋼管の応力状態

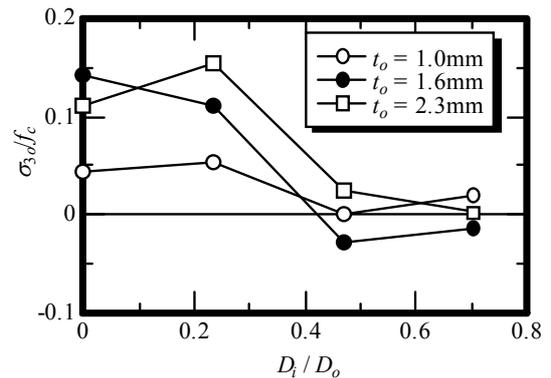


図-6 最大曲げ強度時の拘束圧と内径・外径比

できた。3) $D_i / D_o$  が大きくなると曲げ強度は低下した。4)ダイレイタンス効果により、圧縮側の外鋼管の周方向応力は引張側に、内鋼管は圧縮側に流動した。5) $D_i / D_o$  が大きくなると外鋼管の拘束圧が低下した。

### 謝辞

本研究をまとめるに当たり、大阪市立大学名誉教授・園田恵一郎先生に多大なご指導を賜りました。ここに記して感謝の意を表します。

### 参考文献

- 1) 日本建築学会：鉄骨鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説，2002。
- 2) 上中他：第 5 回複合構造の活用に関するシンポジウム講演論文集，土木学会，pp. 101-106，2003.3) 上中他：コンクリート工学年次論文報告集，日本コンクリート工学協会，Vol. 27, No. 2, pp. 1285-1290，2005