

# 鋼板とコンクリートの境界面の滑りを考慮した合成部材のねじり載荷試験と有限要素法解析

早稲田大学 学生会員 白 濟 鉉 ・ 廣瀬 健太郎  
 早稲田大学 フェロー 清宮 理

## 1. はじめに

今までの合成部材のねじり載荷試験では、鋼板とコンクリートの境界面を完全結合構造と見なして解析と試験を行った。しかし、実際境界面で滑りがある場合どのくらい影響があるかは明確になってない。そこで、鋼板とコンクリートの境界面における滑りを検討する為、図1に示すように鋼板とコンクリートの境界面の条件が異なる2種類の供試体を用いて純ねじりの静的載荷試験を行った。なお、汎用プログラムで材料非線型性を考慮した有限要素法解析を行い、試験結果との比較検討を行った。

## 2. 載荷試験

### 2.1 供試体

表1に供試体の種類を示す。ねじり載荷試験には、鋼板の厚さが異なるコンクリート充填鋼管柱の合成部材を鋼板とコンクリートが完全に付着するよう境界面にスタッドを設けた供試体2体と滑らせるよう境界面にテフロンを挿入した供試体2体、計4体を用いた。鋼板には材質 STK41 の一般構造用炭素鋼鋼管を用いた。鋼板の厚さは3.5mmと4.5mm、外径は139.8mmとした。また、使用するコンクリートの設計基準強度は300kgf/cm<sup>2</sup>とした。各供試体には、両端から150mmの範囲に載荷受けを付けて補強を行った。図2に供試体の一般構造を示す。

表1 供試体の種類

供試体名	鋼板の肉厚	境界面	境界面の補強
CH35-BS	3.5mm	完全滑り	グリース塗布の テフロン挿入
CH45-BS	4.5mm		
CH35-BF	3.5mm	完全付着	スタッドの設置
CH45-BF	4.5mm		

注：CH35-BF：円形合成部材，鋼板の厚さ3.5mm，Boundary Fixed  
 CH45-BS：円形合成部材，鋼板の厚さ4.5mm，Boundary Slide

### 2.2 載荷方法

ねじり載荷試験は、文献2)の研究において使われた載荷装置を用いて行った。また、ねじり率の測定も文献2)の研究と同様に行った。

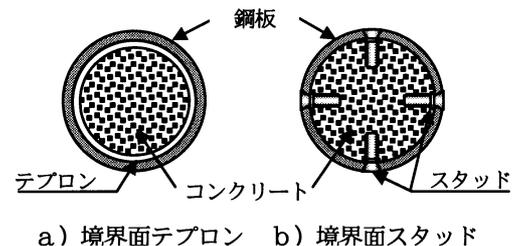


図1 鋼板とコンクリートの境界面

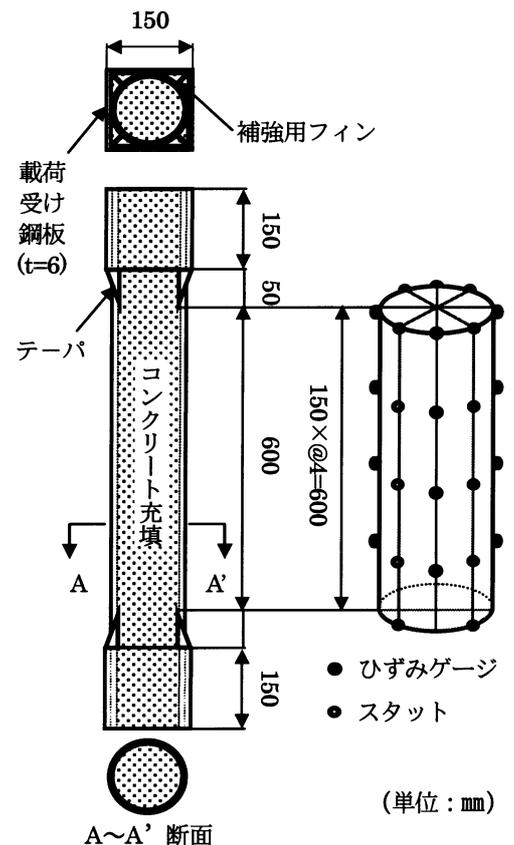


図2 供試体の基本構造

## 3. 有限要素法による解析

ねじりを受ける鋼管柱および合成柱部材を材料非線型を考慮した有限要素法で解析した。解析では汎用プログラムの SOLVIA を使用した。図3に解析モデルを示す。ただし、載荷試験に使用した供試体をモデルにしている為、解析結果や試験結果との照合に用いた部分は図に示す60cm部分である。要素モデルとしては、鋼部材には4節点 SHELL 要素，コンクリート部材には8節点 SOLID 要素を用いた。固定条件としては、部材に荷重が載荷される上端部は自由境界で、下端部は固定境界とした。コンクリートと鋼板の間には、すべりや相互の摩擦

キーワード：合成部材，ねじり，静的載荷試験，有限要素法，境界面，付着力

連絡先 〒169-8555 東京都新宿区大久保3-4-1 51号館 16F-01 TEL&FAX 03-5286-3852

及びスタッドを考慮するため、面の直角方向とせん断方向に接触状態や付着力を表現するバネ要素モデルを用いた。境界面にテブロンを挿入した部材では、面の直角方向に図4のような材料モデルだけを考慮し、せん断方向のばねは付けなかった。また、境界面にスタッドを設けた部材では、スタッドの材料モデルとして、図6のように線形性モデルで、バネ定数は無限大に設定した。その以外は面の直角方向には図4のモデルを、せん断方向には図5のモデルを用いた。

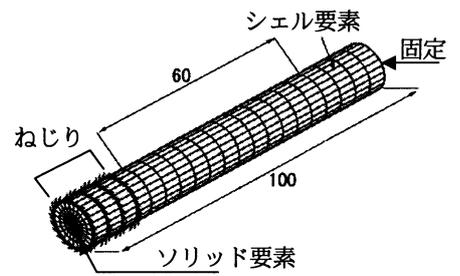


図3 解析モデル

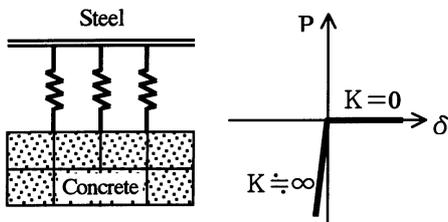


図4 面に直角方向の接触ばね

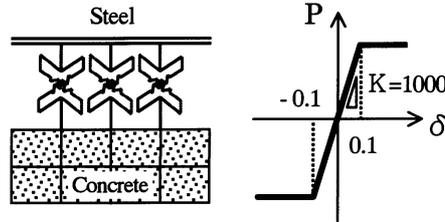


図5 せん断方向の接触ばね

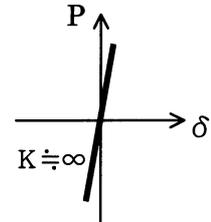


図6 スタッドの材料モデル

#### 4. 試験結果とその考察

板厚 4.5mm の場合の試験結果と有限要素法解析による解析結果から求めたねじりモーメントとねじり率の関係を図7に示す。また、表2には、各供試体におけるねじり剛度や降伏ねじりモーメントの比較値を示す。試験結果から、いずれの供試体も低荷重段階におけるねじり剛度( $GK=T/\theta$ )は、線形性を示している。しかし、コンクリートにひび割れが生じた後は曲線が少し折れ、ねじり率の増加は小さくなった。解析では、境界面にスタッドを用いた供試体 (CH-BF) モデルでは同じ現象が見られたが、境界面にテブロンを挿入した供試体 (CH-BS) モデルでのねじり剛度は降伏まで線形性を保っていた。また、試験値と解析値の初期ねじり剛度はやや大きい差があったもののその後の CH-BS 供試体においてねじり剛度は概ね一致していた。CH-BS でのねじり耐力は、試験値と解析値がよく一致している。ねじり耐力は、試験結果から CH-BS 供試体の試験値が CH-BF 供試体より逆に高くなっている。また、CH-BF の解析値も試験値より高くなっていた。

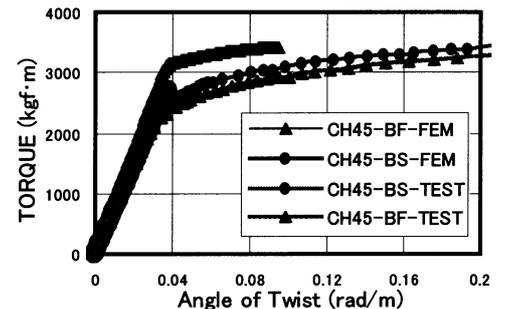


図7 試験結果と解析結果 (CH45)

表2 各供試体におけるねじり剛度と降伏ねじりモーメントの比較

供試体	ねじり剛度 (kgf・m <sup>2</sup> )		ねじり耐力 Ty (kgf・m)		試験結果／解析結果	
	試験結果	解析結果	試験結果	解析結果	ねじり剛度	ねじり耐力 Ty
CH35-BS	83670	57600	2192.0	1885.7	1.45	1.16
CH45-BS	95810	71300	2586.5	2630.2	1.34	0.98
CH35-BF	80364	109820	2099.0	2817.1	0.73	0.75
CH45-BF	84000	107130	2102.5	3041.4	0.78	0.69

#### 5. まとめ

文献2) から、合成部材において充填コンクリートにひび割れが生じると鋼板のみのねじり剛性となることがわかっている。ところが、載荷試験ではスタッドにより鋼板に不整形が生じたため断面力が低下し、全体的なねじり耐力の低下に結び付いたと考えられる。また、CH-BS の解析では、実際の部材での付着力がうまく再現できず、鋼板のみの解析と似ている結果となった。載荷試験での CH-BS 供試体では、境界面が滑らせるよう挿入したテブロンの影響は見られなく、かなりの拘束力があって、十分な合成効果が得られることがわかった。

#### 【参考文献】

- 1) 清宮 理・山田昌郎：鋼板・コンクリート合成部材の純ねじり特性，港湾技術研究所報告，第36巻第2号，1997年
- 2) 白濟鉉・清宮 理：鋼部材と合成部材のねじり載荷試験と設計法との比較，鋼構造年次論文報告集，第7巻，1999年