

V-26

角形断面の鉄筋コンクリート充填鋼管構造の曲げ耐力に関する実験的研究

八戸工業大学 学生会員○ 毛利栄一郎
 八戸工業大学 フェロー会員 塩井 幸武
 八戸工業大学 正会員 長谷川 明

1. はじめに

三陸はるか沖地震（1994年12月）、兵庫県南部地震（1995年1月）では多くの鉄筋コンクリート（RC）橋脚で曲げせん断破壊による倒壊、または、大きな残留変形が見られ、多大な人命、財産を失った。我々はこのような破壊を生じないような、力学特性に優れた土木構造物部材としてコンクリート充填鋼管（CFT）、鉄筋コンクリート充填鋼管（RCFT）に注目した。本論文では、角形鋼管を用いた CFT、RCFT 構造の曲げ耐力について述べる。

2. 試験概要

試験概要を図-1に示す。試験体寸法を図-2に示す。試験体は表-1に示すとおり、鋼管の厚さ別に分けた18種類とした。使用材料は鋼管にSS400、主鉄筋（ $\phi 6\text{mm}$ ）にSR235、帯鉄筋（ $\phi 3\text{mm}$ ）に鋼線（SWRM6TM）を使用した。試験は図-1に示す要領で、荷重制御方式で載荷、載荷速度 6kN/sec 、載荷ピッチ 100kN とし、歪みが塑性域に入った後は3回の繰り返し載荷とした。各荷重の上限と無荷重時には30秒の荷重保持時間を設けた。測定項目は鋼管表面の歪み24点、充填コンクリートの歪み4点、試験体中央部の変位である。試験の終了条件は試験体の耐力が80%を下回るか、変位が 75mm 以上になったときとした。

3. 試験結果

(1)最大曲げモーメント

図-3に鋼管の厚さ 6mm 試験体の曲げモーメントー曲率曲線を示す。最大曲げモーメントは表-1に示す。

中空角型鋼管試験体と比較して CFT、RCFT 試験体は最大曲げモーメント、変形性能とも優れた挙動を示している。低強度コンクリートと高強度コンクリートを充填した CFT 試験体で比較すると最大曲げモーメントには差はなかった。これは、コンクリートの引張強度が圧縮強度に比べ $1/10 \sim 1/20$ と小さいことから、最大曲げモーメントは鋼管の引張強度に左右されるためと考えられる。

鋼管の厚さ別に比較すると、肉厚が厚くなるにつれて、最大曲げモーメントは大きくなるが、中空鋼管との比は小さくなる。これは、鋼管の厚い試験体では充填コンクリートの圧縮耐力が、鋼管の圧縮耐力との比較で相対的に小さくなることと鋼管とコンクリートの剥離による座屈抑制効果の減少などによるためと考えられる。

配筋状況で比較すると、二重配筋の試験体が最も高く、無筋の試験体と比べ、高い変形性能が期待できる。

(2)靱性率

曲げ試験体の靱性率は表-1に示す。靱性率は最大荷重時の変位を、初期降伏時の変位で除したものとした。変

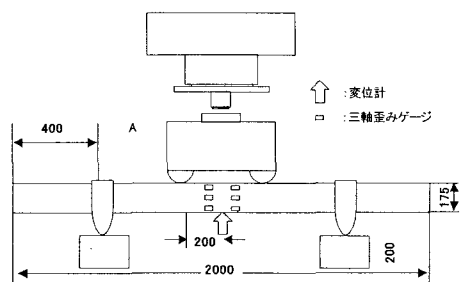


図-1 試験概要

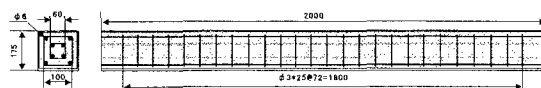


図-2 試験体寸法

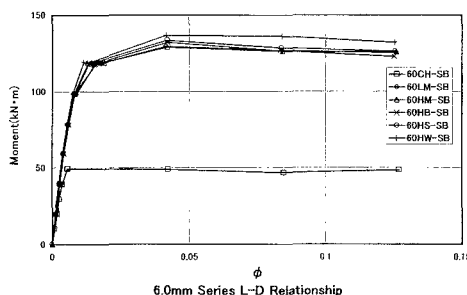


図-3 6.0mm 角形鋼管試験体の M-φ 曲線

位は梁中央の撓み量である。

中空角型鋼管試験体に比べ、CFT、RCFT 試験体は高い靱性を示した。鋼管の厚さ別で比較すると、平均値で 4.5mm 鋼管試験体が高く、次いで 3.2mm となった。これは、厚い鋼管では、圧縮側の充填コンクリートが鋼管の局部座屈より先に圧縮破壊されるために低い靱性となる。一方、鋼管が薄いと、圧縮側で充填コンクリートが局部座屈を抑制する間に引張側の鋼管の伸びで終局状態を迎えるためと考えられる。配筋状況別で比較すると、二重配筋試験体の靱性が高く、次いで大径帯鉄筋となった。これは、引張側鉄筋が小径帯鉄筋より下縁にあることから、充填コンクリートの初期ひび割れを遅らせる効果があるためである。しかし、大径帯鉄筋試験体、小径帯鉄筋試験体の靱性に明確な差が見られないのは鋼管を巻立てることにより鋼材断面が大きくなり、RCFT 部材全体の引張強度が高くなったためである。コンクリート強度ごとでは、低強度コンクリートが高い靱性を示した。これは、圧縮せん断試験体と同様に、高強度コンクリートの弾性係数が高いために小さな変位で最大耐力を迎えるためと考えられる。

(3)断面のひずみ分布

図-4 は 60HW-SB 試験体の梁中央部における断面水平方向のひずみ分布である。CFT、RCFT 試験体ではコンクリートの圧縮耐力の付加により、中立軸の圧縮側への移動が確認できる。また、引張側の充填コンクリートは早い段階でひび割れなどの破壊の傾向が見られた。

(4)破壊状況

図-5 に CFT の内部破壊状況を示す。図-6 に RCFT の内部破壊状況を示す。CFT 試験体の充填コンクリートが載荷点で破断している(図-5)のに対し、RCFT 試験体ではひび割れが確認できるが、破断まで至っていない(図-6)。このことから曲げ部材において鉄筋を入れる事により、弾性領域での初期の段階でのひび割れ、塑性領域での破断を抑制するので高い強度、靱性を期待できる。

4. まとめ

- (1) CFT、RCFT 試験体ではコンクリートの引張強度が小さく、鋼管自体の強度に左右されるため、充填コンクリートの違いによる強度、靱性の差はあまり見られなかった。
- (2) 配筋では、二重帯鉄筋、大径帯鉄筋を入れ、試験体の下縁を補強することで、初期ひび割れを遅らせる効果があり、高い靱性を期待できる。
- (3) CFT 試験体では、載荷点で破断するが、RCFT 試験体で破断を防ぎ、高い強度と靱性を期待できる。

以上から、RCFT 構造は耐震性の高い土木構造物として広く活用できることが判明した。

表-1 試験結果

試験体名	鋼管厚さ (mm)	充填状況	最大曲げモーメント (KN・m)	靱性率 $\delta r / \delta y$	鋼管との最大曲げ モーメントの比
30H-SB	3.2	中空	21.71	1.08	-
30L-SB	3.2	低強度コンクリート	64.93	5.09	2.99
30M-SB	3.2	高強度コンクリート	61.67	2.50	2.84
30B-SB	3.2	大径帯鉄筋	75.21	5.53	3.46
30S-SB	3.2	小径帯鉄筋	68.72	3.05	3.17
30W-SB	3.2	二重帯鉄筋	75.29	5.38	3.47
45H-SB	4.5	中空	42.66	1.37	-
45L-SB	4.5	低強度コンクリート	106.23	5.42	2.49
45M-SB	4.5	高強度コンクリート	109.12	5.64	2.56
45B-SB	4.5	大径帯鉄筋	108.39	5.90	2.54
45S-SB	4.5	小径帯鉄筋	113.04	5.64	2.65
45W-SB	4.5	二重帯鉄筋	116.06	5.86	2.72
60H-SB	6.0	中空	56.87	2.16	-
60L-SB	6.0	低強度コンクリート	129.56	5.16	2.28
60M-SB	6.0	高強度コンクリート	129.00	5.04	2.27
60B-SB	6.0	大径帯鉄筋	132.26	5.11	2.33
60S-SB	6.0	小径帯鉄筋	133.64	5.21	2.35
60W-SB	6.0	二重帯鉄筋	137.14	5.22	2.41

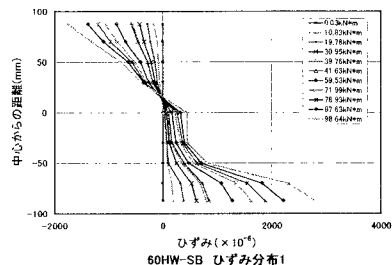


図-4 梁中央断面のひずみ分布

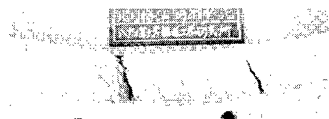


図-5 CFT の内部破壊状況

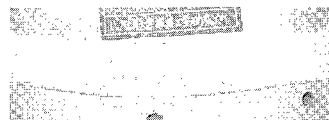


図-6 RCFT の内部破壊状況