

高強度コンクリートと薄肉鋼管を用いた充填鋼管構造の鉄筋補強について

(株)長大 正会員 ○工藤 浩 八戸工業大学 正会員 長谷川 明
八戸工業大学 フェロー 塩井 幸武 八戸工業大学 学生会員 鈴木 拓也

1. 目的

薄い鋼管と高強度コンクリートを組み合わせた充填鋼管柱は、軸圧縮耐力に占めるコンファインドコンクリートの割合が高く、軸方向力は主にコンクリートが負担し、コンクリートに比べて高価な鋼管は主に横拘束力として引張力に抵抗することを期待した効率的な構造である。しかし、薄肉鋼管と高強度コンクリートの組合せは、充填コンクリートに脆性的なせん断破壊が生じた際に、拘束する鋼管の剛性、強度が小さく、構造物として脆性的な破壊を生じる危険性がある。また、大口径の鋼管を使用した場合には、鋼材強度比は低くならざるを得ない。本研究は、充填コンクリートのせん断補強として鉄筋を配置した RCFT(Reinforced Concrete Filled Tube)構造の圧縮試験結果を報告するものである。

表-1 試験体諸元

項目	φ150要素試験	
鋼管径	150	mm
鋼管厚	2.3	mm
鋼管降伏強度 σ_y	327.3	MPa
コンクリート強度 σ_{ck}	44.25	MPa
鉄筋	6-D6, spiral D3@30	
鉄筋比 A_s/A_c	1.2	%
鋼管強度比 $A_s\sigma_s/A_c\sigma_{ck}$	31	%

2. 試験概要

実験は球面軸受けを設けた圧縮試験で、中心圧縮力 300ton 試験機を使用して載荷した。実験は CFT 供試体、および、RCFT 試験体について実施した。供試体は鋼管強度、コンクリート強度の比率は、鋼管強度比 0.3 とした。諸元を表-1 に示す。

また、冷間成型された小径の鋼管は加工硬化の影響が強く現れる。このため、降伏点が明確なバイリニア型の応力ひずみ曲線を描き、実験データの整理が容易であることから、全数、焼き鈍しを実施した

3. 目視によるせん断補強鉄筋の役割に関する考察

載荷試験終了後、コンクリートを解体し、鉄筋のせん断破壊位置での変形状況をスケッチしたものを図 2 に示す。RC と RCFT で次のような違いが見られる。

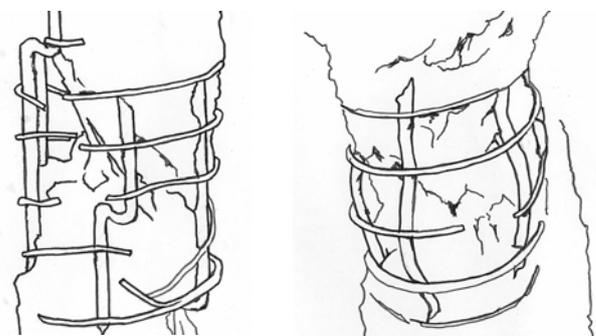
- ・ RC の軸方向鉄筋は、帯鉄筋を節としたモード形状を持って座屈するが、RCFT ではせん断変形位置以外の鉄筋に変形は認められない。このため、RCFT では、帯鉄筋に、軸方向鉄筋の座屈防止効果は期待されない。
- ・ RC では、帯鉄筋の破断は1箇所のみであるが、RCFT では、せん断部で軸方向鉄筋間隔が広がるために、この区間の全ての帯鉄筋が破断する。1ループあたりの破断位置はせん断変形が生じる2箇所である。
- ・ 鉄筋の変形形態から、RCFT では、せん断破断の上下ブロック内で軸方向鉄筋位置が固定されており、RC のようにかぶりコンクリートの剥離後、軸方向鉄筋が自由に変形するケースに比べて、軸方向鉄筋の Dowel 効果によるせん断変形の拘束、および、帯鉄筋の拘束効果は大きいと推測される

4. コンクリートと鋼管の 応力分担率の推定

要素試験から推定した鋼管の応力ひずみ関係から、コンクリートの軸圧縮力の分担率を求め、コンファインドコンクリートの一軸の軸力軸ひずみ関係を推定した結果を図 3(CFT)、図 4(RCFT)に示す。図中に



図 1 試験体終局形状



(1) RCFT (2) RC
図 2 終局時の鉄筋形状(スパイラル鉄筋)

キーワード RCFT, 充填鋼管, 薄肉鋼管, 高強度コンクリート

連絡先 〒305-0812 茨城県つくば市東平塚 730 TEL 029-855-3846

は対象供試体と同じ鉄筋補強を施したコンクリートおよび鋼管の要素試験結果を併せて示す。図4より、RCFT構造では、CFTの最大耐力後の脆性的な軟化が、抑えられていることが明らかである。また、軸力分担の推定から、このような充填鋼管の軟化性状を特徴付けているのはコンクリートの分担力であることが分かる。

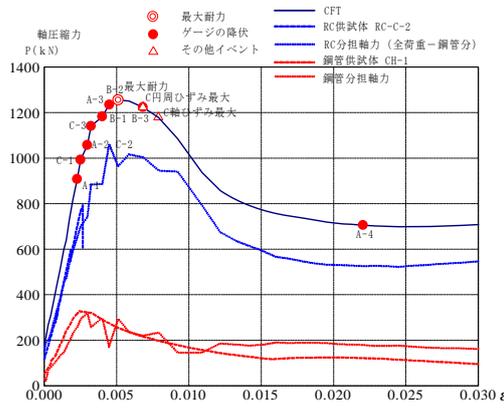


図3 CFTの軸力ひずみ曲線

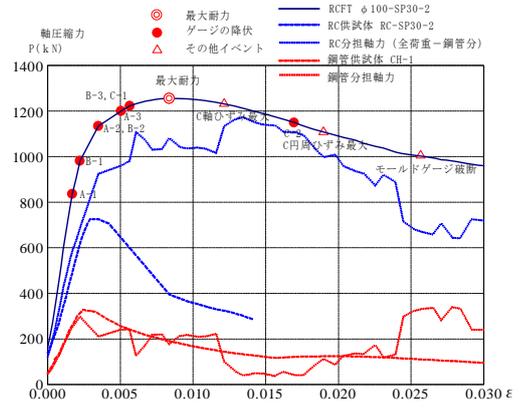


図4 RCFTスパイラル鉄筋補強φ100mm, 30mmピッチの軸力ひずみ曲線

5. 鉄筋補強による最大耐力について

薄肉鋼管と高強度コンクリートを組合わせたRCFT供試体とCFT供試体の、最大強度/累加強度の比率は、CFTで平均1.14程度であるのに対して、RCFTは1.09~1.18程度であり差は認められない。一方、図5中段に示す鋼材強度比 $\gamma=0.59$ の供試体では、CFTに比べて、RCFT供試体の最大強度は1重配筋で7~8%、2重配筋では17%上昇する。

この原因は、図5に示すように、鋼材の強度が高い供試体($\gamma=0.59\sim0.74$)では、CFTの強い非線形性が現れる荷重以降の強度低下が小さいか、鋼管のひずみ硬化の影響で強度が低下しない傾向を示すため、コンクリートのせん断破壊後の補強により、鋼管の降伏以降のコンファインドコンクリートの強度上昇が、直接、耐力の上昇につながったと考えられる。

5. 拘束に関する係数kの変化

最大耐力時の鋼管のコンファインド効果による、コンクリートの最大応力 σ_{cCB} を求める指標としてRichartらの静水圧実験で示された次式による2パラメーターモデルによる評価がよく利用される。

$$\sigma_{cCB} = \sigma_{cB} + k \cdot \sigma_r$$

σ_{cCB} : 側圧 σ_r を受けるコンクリートの軸方向強度
 σ_{cB} : コンクリートのシリンダー強度, k : 拘束係数
 σ_r : コンクリートに作用する側圧

鋼材強度比 $\gamma=0.32$ の供試体について、ひずみと拘束に関する係数kの変化を求めた結果を図6に示す。図より、最大耐力以降CFTのk値が急激に低下している。この間、鋼管の円周方向応力は低下しておらず、鋼管による拘束力は保たれている。このことは、薄肉鋼管を用いたCFTでは、充填コンクリートのせん断破壊による強度低下を、鋼管の拘束のみでは維持できないことを示している。一方、RCFTのk値は1.7%付近まで安定しており、鉄筋を加えることで、急激なせん断破壊による強度低下を抑制していることが推測される。最大耐力後も急激なk値の低下がなく、内部コンクリートの急激なせん断破壊は生じていないと推測される。

【参考文献】 魏華, 岩崎正二, 長谷川明, 塩井幸武, 宮本裕: 鉄筋コンクリート充填円形鋼管の力学的特性に関する実験的研究, 鋼構造年次論文報告集, Vol. 10, pp519-526, 2002. 11

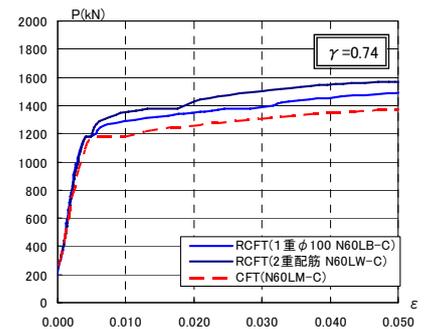
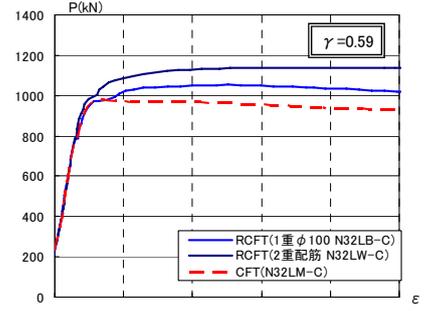
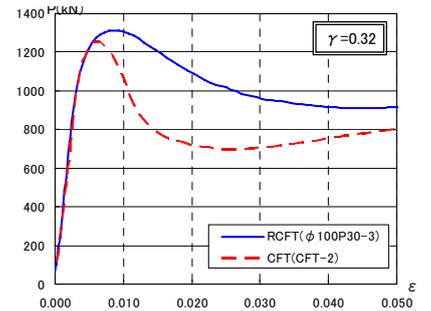


図5 鋼管強度比と鉄筋補強効果

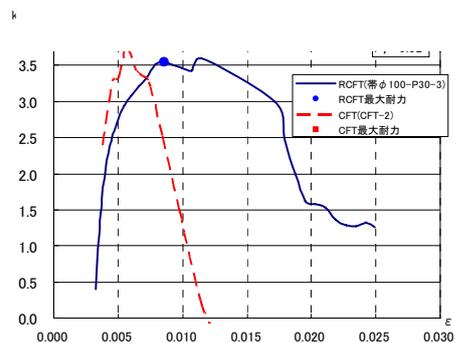


図6 拘束に関する係数k値の変化