

コンクリート充填鋼管柱部材のせん断実験

大阪市立大学大学院 学生会員 ○菅沼 哲
 大阪市立大学大学院 正会員 角掛 久雄

(株)竹中工務店 正会員 山田 佳博
 大阪市立大学大学院 正会員 大内 一

1. 研究背景と目的

コンクリート充填鋼管(Concrete Filled steel Tube, 以後 CFT と呼ぶ)は複合構造部材の一種であり, 従来の鋼管構造と比べて大きな変形性能と耐荷力を有している. 土木分野における CFT の設計基準^{1), 2)}では, せん断耐力は鋼部材のみで評価し, 充填コンクリートは無視している. そのため, 建築構造物と比べ部材断面が大きくなる土木構造物では, 断面に占めるコンクリートの割合が非常に大きくなることから, 鋼部材のみの耐力評価では不経済であるといえる. よって, 建築基準³⁾における制限幅厚比以上の大幅厚比において, せん断耐力にコンクリートの評価を含めた, 適切で経済的な設計式の提案を目的として研究してきた⁴⁾. しかし, 研究は梁部材を中心に行っており, 柱部材に対してはほとんど行っていなかった. そのため, 本研究では, CFT 柱部材の実挙動を実験によって検証し, 各部材の耐力を評価し, 既存の設計式との比較を行った.

2. 実験概要

本研究は, 角型 CFT 柱部材を対象とし, 軸力を載荷した状態での 3 点曲げ試験を行う(図-1 参照). 目的をせん断スパン比による破壊形式の傾向を確認することと, 耐力の評価をすることとして, 実験変数は, せん断スパン比, 幅厚比, および軸力比とし, 計 8 体実験を行った. 表-1 に供試体一覧を示す. また, 合わせて実験時の最大荷重と破壊形式を示す.

3. 実験結果

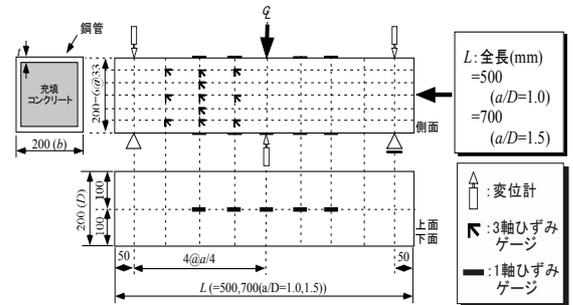
3.1 算定耐力

本研究で取り扱う耐力式は, 予備解析および既往の研究より, 鋼管のせん断耐力は土木学会式¹⁾: S_s を, コンクリートのせん断耐力は土木学会式(Deep Beam 式)²⁾: S_{cd1} と建築学会式³⁾: S_{cd2} を用い, 累加強度として評価する. 鋼管の耐力算定の際, 局部座屈による耐力低減は考慮していない. また, 曲げ耐力は等価応力ブロック法で全塑性モーメントとして算出している.

3.2 荷重-変位

図-2 に荷重-変位関係を示す. 図の縦軸に, 実験荷重を算定曲げ耐力で無次元化したものを, 横軸に部材回転角を設定し, 最大荷重後荷重の 5% 低下まで示す. ただし, 表-1 の破壊形式に合わせて曲げもしくはせん断耐力を適用している. なお, せん断耐力は $S_s + S_{cd1}$ とした. 図より, せん断スパン比 1.0 の供試体は, 最大荷重に達した後すぐに荷重が低下し, 脆性的な挙動を示している. 反対に, せん断スパン比 1.5 の供試体は靱性が確保され, 変形が進んでも荷重が低下せず, 最大荷重に達してからも緩やかな勾配を示す. これによって,

図-1 供試体概要及び計測項目



供試体名	幅厚比 (公称板厚) $b/t(t)$	せん断 スパン比 a/D	軸力比		最大 荷重 P_{max}	破壊 形式
			N/N_u			
T10-S10-N01	200 (1.0mm)	1.0	0.1		397.0	せん断
T10-S10-N02			0.2		370.0	
T10-S15-N01		1.5	0.1		694.5	曲げ
T10-S15-N02			0.2		732.0	
T32-S10-N01	62.5 (3.2mm)	1.0	0.1		253.0	せん断
T32-S10-N02			0.2		274.0	
T32-S15-N01		1.5	0.1		614.0	曲げ
T32-S15-N02			0.2		619.0	

表-1 供試体一覧

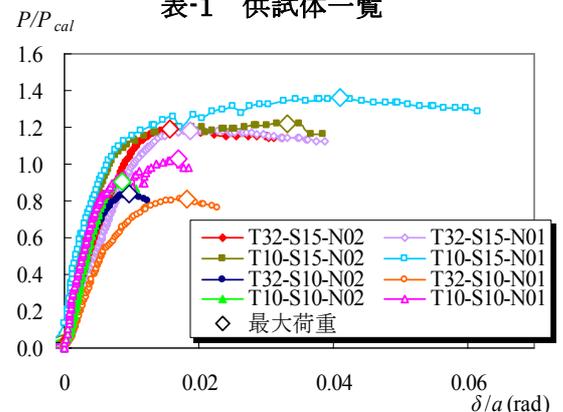


図-2 無次元化荷重-一回転角

キーワード: コンクリート充填鋼管 柱部材 せん断耐力 軸力比

連絡先: 〒558-8585 大阪市住吉区杉本 3-3-138 大阪市立大学大学院工学研究科都市系専攻 Tel/Fax: 06-6605-2723

せん断スパン比 1.0 の供試体はせん断破壊を、せん断スパン比 1.5 の供試体は曲げ破壊を生じたことが分かる。また、軸力比による違いを見ると、最大荷重に達する部材角が小さくなっていることが分かる。これは、軸力によって変形が抑制されることが影響していると考えられる。また、T10-S10-N01 の供試体の耐力がやや大きくなっているが、これは、せん断スパン内に発生した斜めひび割れが載荷点の下に潜り込み、反対のせん断スパンに抜けるような形で進行したためであると考えられる。以降は、せん断破壊した供試体の内、せん断スパン比 1.0 にのみ着目して示す。

3.3 各材料の負担せん断力と各算定耐力値の比較

各供試体の最大荷重時における鋼管ウェブのひずみより算定した鋼管の負担するせん断力 S_s と充填コンクリートの負担するせん断力 S_c を、それぞれの算定せん断耐力 S_{sd} , S_{cd1} , S_{cd2} で除した算定耐力比を図-3, 4 に示した。但し、充填コンクリートの負担せん断力 S_c は、累加強度を考慮して、全せん断力 S から鋼管の負担せん断力 S_s を引いたものとした。図-3 より、鋼管は幅厚比に関わらず、算定耐力が大きくなっていることがわかる。これは、耐力算定時は鋼管ウェブを全断面降伏として算定しているが、最大荷重時でもウェブ中央付近でしか降伏していなかったためである。その要因として、供試体は筒状の鋼管にコンクリートをつめた状態の CFT のコンクリート部に軸力を作用させ、直接的に鋼管に軸力を作用させなかったことによる影響と、コンクリートの破壊が部材としての破壊の支配的な要因であったことが考えられる。また、図-4 より、建築学会式は算定耐力が小さくなっているが、Deep Beam 式は 1.0~1.3 と近似した値を示していることが分かる。このことより、内部コンクリートのせん断耐力は土木学会式の Deep Beam 式が適当であるといえる。

3.4 各設計式の耐力比

図-5 に最大荷重と各設計式の累加耐力の比を示す。建築学会式においては、幅厚比によって 0.9~1.4 とばらつきがあるが、Deep Beam 式に関しては 0.8~1.0 とばらつきが少ない。これは、鋼管の算定耐力を過大評価していることから、1.0 を下回る結果になったと考えられる。

4. 結論

本研究では角型 CFT 柱部材を対象に、せん断スパン比、軸力比及び幅厚比を変数に鋼管・充填コンクリート、それぞれが負担するせん断力に着目し検証を行った。本研究によって得られた結果を以下に記す。

- (1)幅厚比・軸力比に関わらず、せん断スパン比 1.0 以下ではせん断破壊、1.5 以上では曲げ破壊を生じる。
- (2)軸力比が高くなると、最大荷重までの変形性能が低下する。
- (3)最大荷重時の鋼管ウェブは全断面降伏に達していない。
- (4)最大荷重時の内部コンクリートのせん断耐力評価は土木学会式の Deep Beam 式が近似した値を示した。

参考文献 1)土木学会編：複合構造物の性能照査指針(案)，土木学会，2002，2)土木学会編：コンクリート標準示方書 設計編，土木学会，2007。3)日本建築学会編：鉄筋コンクリート構造 計算基準・同解説—許容応力度設計法—，日本建築学会，1999，4)山田，角掛，大内：せん断スパン比の小さい CFT 梁部材のせん断耐荷力に関する解析的研究，第 64 回年次学術講演会講演概要集，土木学会，CS 部門，CS2-019，2009

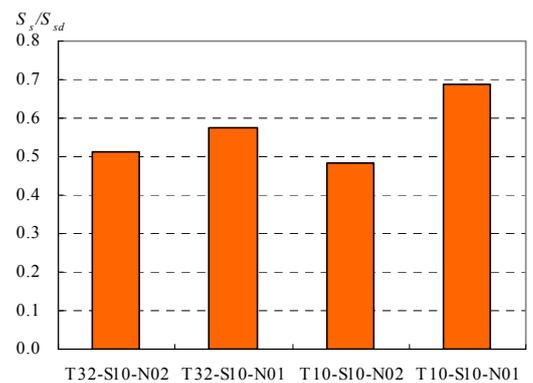


図-3 鋼管の負担せん断力比

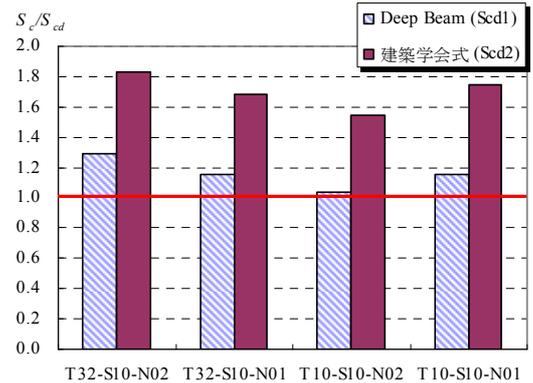


図-4 内部コンクリートの負担せん断力比

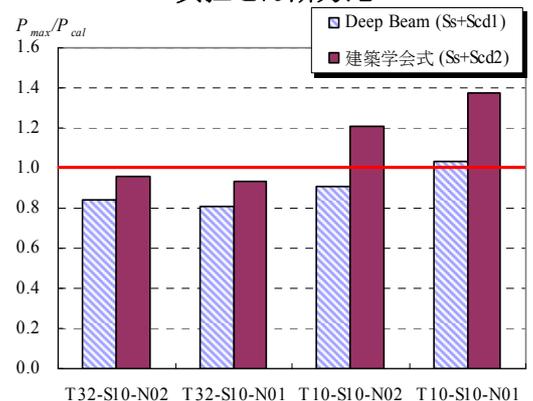


図-5 設計式の耐力比 (P_{max}/P_{cal})