

大幅厚比角形コンクリート充填鋼管のせん断耐荷力に関する解析的研究

日本工営（株） 正会員 ○脇坂 和征
 大阪市立大学大学院 正会員 角掛 久雄
 大阪工業大学 フェロー 園田恵一郎
 大阪市立大学大学院 正会員 小林 治俊

1. はじめに

コンクリート充填鋼管 (CFT) は、変形能力と耐荷力に優れた部材であり、近年土木構造物に数多く採用されている。しかし、土木分野における既往の CFT に関する研究ではせん断力に関する研究はほとんどなされていない。そのため、土木分野における CFT 構造物の設計基準¹⁾では安全側の立場からせん断力に関しては鋼管のみが負担することとし、充填コンクリートの効果は一切考慮していない。一方、建築分野では CFT に関する研究²⁾が進んでおり、せん断に関する研究もなされている。しかし、幅厚比が 100 以下のものがほとんどで、実際の土木構造物を考えるにはより大きい幅厚比を扱う必要がある。よって、著者らはこれまでに大幅厚比の角形 CFT 部材を対象としたせん断耐荷力に関する実験的研究³⁾を行っており、結果として鋼管はせん断力に対し最大時においても 60 % 程度しか負担していないことが確認された。しかし、充填コンクリートの応力状態および鋼管と充填コンクリートの合成作用に関しては不明な点が多い、よって本研究では汎用ソフト MARC を用い 3 次元弾塑性有限要素解析を行い、実験結果と比較することにより、せん断耐荷力機構の検討を行うこととした。

2. 解析の概要

本解析では、表-1 に示すようにせん断スパン比 0.75, 1.0, 2.0 の 3 ケース、幅厚比 250, 200 の 2 ケースで計 6 ケースの载荷条件について、3 次元弾塑性有限要素解析を行うものとする。また、それぞれの载荷条件について、構造系は 2 軸対称となっているため、図-1 に示すような 4 分の 1 モデルを用い、対称面において面垂直方向の変位を拘束 (Fix1, Fix2) することにより、対称条件を満たしている。

鋼管およびコンクリートの一軸応力下での応力-ひずみ関係を図-2 に材料定数は表-2, 3 に示す。また、降伏条件は鋼、コンクリートとも

表-1 载荷条件

	せん断 スパン比	幅厚比	鋼管板厚 (mm)
S0.75-T0.8	0.75	250	0.8
S0.75-T1.0	1.0	200	1.0
S1.0-T0.8	0.75	250	0.8
S1.0-T1.0	1.0	200	1.0
S2.0-T0.8	0.75	250	0.8
S2.0-T1.0	1.0	200	1.0

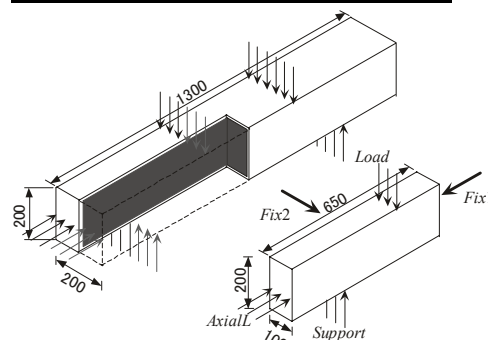


図-1 解析モデル

表-2 鋼材の材料定数

板厚 (mm)	E_s (N/mm ²)	E'_s (N/mm ²)	σ_{sy} (N/mm ²)
0.8	1.86×10^5	0.0	200.7
1.0	1.86×10^5	0.0	198.0

表-3 コンクリートの材料定数

E_c (N/mm ²)	E'_{c1} (N/mm ²)	σ_{cy1} (N/mm ²)	σ_{cy2} (N/mm ²)	σ_{cr} (N/mm ²)
1.84×10^4	1.20×10^4	6.29	12.02	1.1
E'_{c2} (N/mm ²)	E'_{c4} (N/mm ²)	σ_{cy3} (N/mm ²)	σ_{cu} (N/mm ²)	E_{sof} (N/mm ²)
7.73×10^3	1.87×10^3	16.51	18.02	9.3

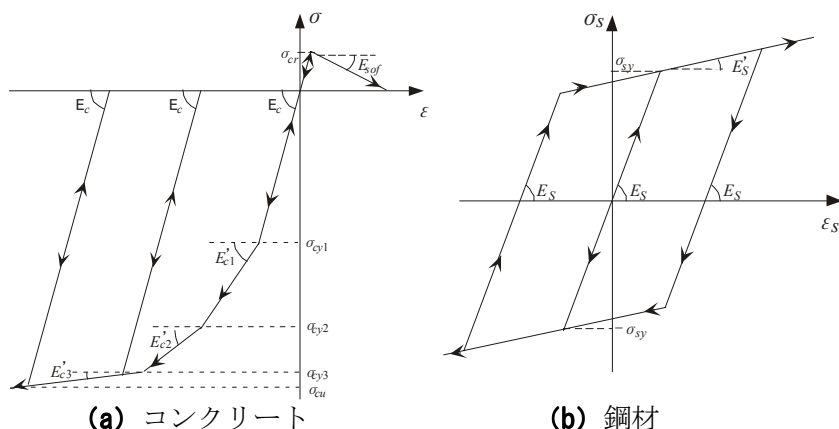


図-2 鋼材、コンクリートの応力-ひずみ関係

キーワード コンクリート充填鋼管、大幅厚比、弾塑性解析、せん断耐荷力

連絡先 〒558-8585 大阪府大阪市住吉区杉本3-3-138 TEL 06-6605-2723

に von Mises の条件を用いている．なお，コンクリートの引張側の応力状態に関してはひび割れ応力 σ_{cr} を設定しているものとしないうちで解析することで，ひび割れの影響の検討をしている．鋼管とコンクリートの接触条件には鋼とコンクリートを完全剛結させて一体としたものと，鋼，コンクリートを剛結させず，接触面においてすべりを考慮したもの2通りの条件で取り扱っている．また，接触面にはクーロン摩擦モデルによる摩擦力を定義している．表-4に本解析で行った5ケースの解析条件を示す．

3. 解析結果

解析結果と実験結果の比較において幅厚比による違いがあまり見られないため板厚 1.0mm(幅厚比 200)の結果のみを示す．図-3には鋼管が負担するせん断力の比率 R_s について実験結果と各ケースにおける解析結果を併せて示す．なお，CFT断面に作用するせん断力 S を横軸としている．また，図中の●印は解析におけるひび割れ発生時を表している．この結果より，各せん断スパン比において鋼管とコンクリートを剛結させ，ひび割れの定義を行った CASE 2 が実験値と最も類似した傾向を示していることが分かる．ひび割れを定義せず鋼管とコンクリートを剛結とした CASE 1 の場合は荷重初期時を除いて鋼管の負担率 R_s は小さな値を示し実験結果に対し 1/2 以下の値となる．鋼管とコンクリートの接触部にすべりを考慮した CASE 3～5 は，摩擦係数が大きくなるに従い鋼管の負担率 R_s が小さくなっていることが分かる．つまり，鋼管とコンクリートの合成が高くなるほど鋼管のせん断力負担率が小さくなること分かる．しかし，実験結果と比較すると荷重初期時を除いて2倍程度の大きさとなっている．これより，境界面では摩擦力以上のせん断力の伝達が十分になされ，鋼管とコンクリートはほぼ一体として変形していたと推測される．また，CASE 1 と CASE 2 の比較をみるとひび割れの発生の影響で鋼管の負担率 R_s は急激に増加したと考えられる．この急激に増加する傾向は実験結果にも見られ，実験においてもひび割れの発生もしくはそれと類似した応力状態となっていたものと考えられる．以上より，コンクリートはひび割れ発生後も鋼管との合成作用によりせん断力を負担していると推測される．

4. まとめ

本研究により得られた結果を以下に示す．

- ・ 境界面では摩擦力以上のせん断力の伝達が十分になされ，鋼管とコンクリートは一体として変形していたと推測される．
- ・ コンクリートはひび割れ発生後も鋼管との合成作用によりせん断力を負担していると推測される．

参考文献：1)土木学会編：鋼構造物設計指針 PART-B 合成構造物，土木学会，1997． 2)日本建築学会編：コンクリート充填鋼管構造設計施工指針，日本建築学会，1997． 3)脇坂ら：大幅厚比を有する角形コンクリート充填鋼管(CFT)のせん断耐力，土木学会第56回年次学術講演会講演概要集，CS，pp.152-153，2001．

表-4 解析ケース

	接触条件	摩擦係数	ひび割れ
CASE 1	剛結	-	無し
CASE 2	剛結	-	有り
CASE 3	すべりを考慮	0.0	有り
CASE 4	すべりを考慮	0.5	有り
CASE 5	すべりを考慮	1.0	有り

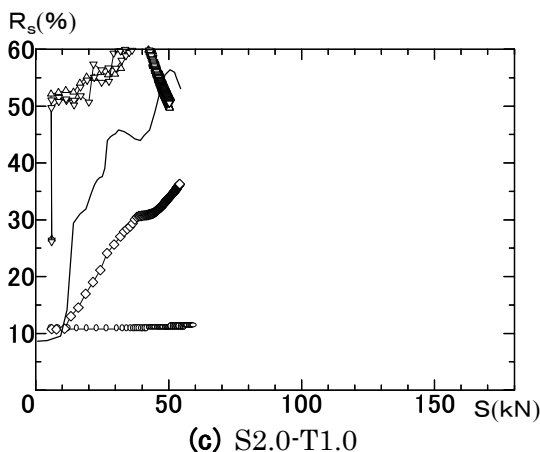
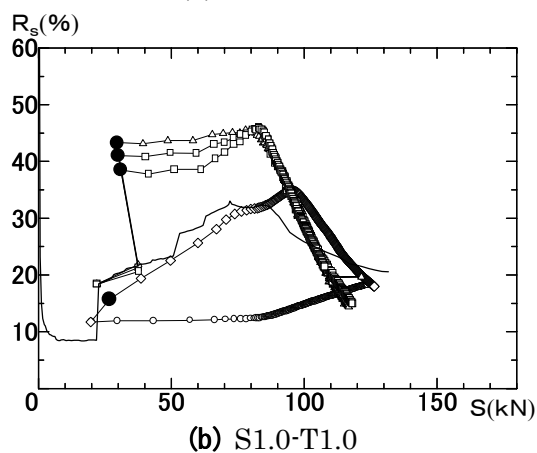
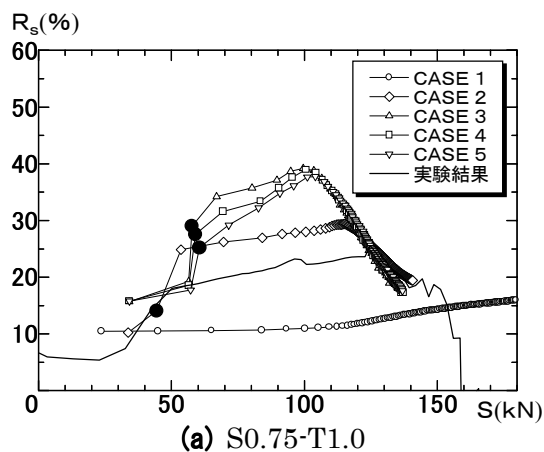


図-3 鋼管のせん断力分担率