

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

大阪市立大学大学院工学研究科 学生員○山田 佳博
 大阪市立大学大学院工学研究科 正会員 角掛 久雄
 大阪市立大学大学院工学研究科 正会員 大内 一

1. はじめに

コンクリート充填鋼管（以下CFTと呼ぶ）のせん断耐荷力は、現行基準では建築分野において内部コンクリートと外郭鋼管の累加強度で評価しているのに対し、土木分野においては外郭鋼管の負担分のみで評価している。これは、CFT部材のせん断耐荷力機構に関する研究が少なく、安全側で評価していることによる。著者らはCFT部材の経済的かつ合理的な設計法を提案する事を目的に、建築基準における制限幅厚比以上の大幅厚比とせん断スパン比をパラメータにした実験を行ってきた¹⁾²⁾。しかし、限られた試験体数であり、せん断耐力評価式提案に向けて十分なデータを得るには至っていない。そこで、本研究では、3次元非線形有限要素解析プログラムを用いた数値実験を行い、さらに検討を行った。

2. 解析概要

本解析は、文献 1),2)と同様に有限要素法非線形解析ソフトFINALを用いて行った。図-1に示すCANTILEVER型の角形（断面 $200 \times 200 \text{ mm}$ ）CFT部材を解析モデルとした。解析パラメータとなる鋼管厚、せん断スパン比は表-1に示す。解析手法は、部材自由端端部（解析モデル右端）全節点y正方向に強制変位を与えた。強制変位の限界値 δ は、 $\delta/a=1/40$ を基準としている。コンクリート、鋼管の材料定数は複合構造物の性能照査指針（案）³⁾に基づき表-2のように決定した。コンクリートは等価1軸ひずみに基づく直交異方性モデルを用いる。応力-ひずみ関係については、表-2の材料定数に準じて圧縮側の上昇域および最大強度後の下り勾配のモデル化には修正Ahmadモデルを、引張側のひび割れ発生後はtension cut-offを適用した。鋼管の応力-ひずみ関係は完全弾塑性型とし、von Misesの降伏条件式を降伏関数とする関連流動則によっている。また、鋼管とコンクリートの間には接合要素を挿入し、文献 3)を参考にした比較的拘束応力が低い場合の付着特性を与えた。なお本解析において、鋼管の座屈は考慮していない。

3. 解析結果

(1) 破壊型式

破壊型式に関して、代表して鋼管厚 $t=1.0(\text{mm})$ のせん断スパン比 $a/d=2.0, 1.5, 0.5$ の結果について最大荷重時の内部コンクリートひび割れ状況（図-3）と外郭鋼管の面内方向せん断応力分布図（図-4）をコンター図で示す。図中、紙面奥が部材固定端側、紙面手前が部材自由端側である。 $a/d=2.0$ の場合に、内部コンクリートに曲げによるひび割れが

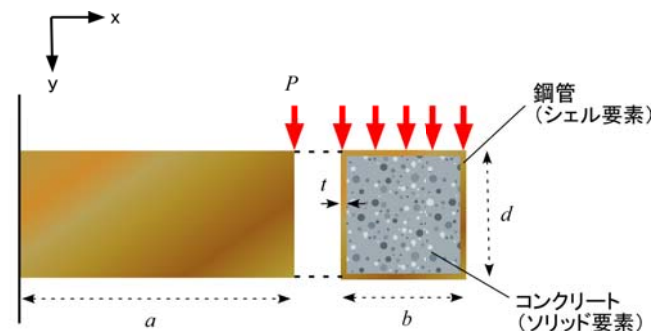


図-1 解析モデル

表-1 解析パラメータ（単位:mm）

t	1.0, 1.6, 3.2
a	100, 200, 300, 400

表-2 材料特性

コンクリートの材料特性			鋼材の材料特性	
圧縮強度 σ_c (MPa)	引張強度 σ_t (MPa)	弾性係数 E_c (GPa)	降伏強度 σ_{sy} (MPa)	弾性係数 E_s (GPa)
24	1.9	25	235	200

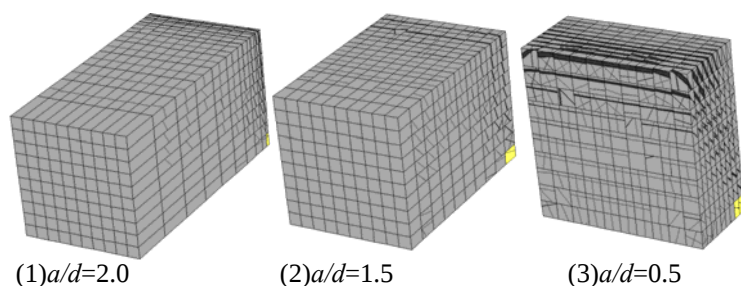


図-3 ひび割れ状況

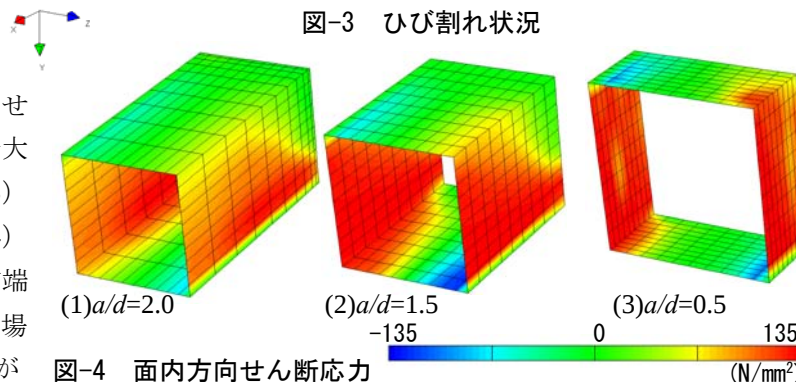


図-4 面内方向せん断応力

キーワード 角型 CFT, せん断耐力, 大幅厚比, せん断スパン比

連絡先 〒558-8585 大阪市住吉区杉本 3-3-138 大阪市立大学工学研究科 TEL 06-6605-2723

表-3 算定耐力および解析結果一覧(単位:kN)

		鋼管		コンクリート			累加強度			解析値	耐力比		
t	a/d	V_s	V_{cd}	V_{dd1}	V_{dd2}	$P_{su}=V_s+V_{cd}$	$P_{su1}=V_s+V_{dd1}$	$P_{su2}=V_s+V_{dd2}$	P_{max}	P_{max}/P_{su}	P_{max}/P_{su1}	P_{max}/P_{su2}	
1.0	2.0	54.3	18.3	31.8	18.6	72.6	86.1	72.9	60.7	0.84	0.71	0.83	
	1.5	54.3	18.3	48.9	28.6	72.6	103.2	82.9	81.6	1.12	0.79	0.98	
	1.0	54.3	18.3	79.4	46.5	72.6	133.7	100.8	98.8	1.36	0.74	0.98	
	0.5	54.3	18.3	127.1	74.5	72.6	181.4	128.7	123.1	1.70	0.68	0.96	
1.6	2.0	86.8	21.4	35.3	20.7	75.7	122.1	107.5	90.5	1.20	0.74	0.84	
	1.5	86.8	21.4	54.3	31.8	75.7	141.1	118.6	120.9	1.60	0.86	1.02	
	1.0	86.8	21.4	88.2	51.6	75.7	175.0	138.5	131.9	1.74	0.75	0.95	
	0.5	86.8	21.4	141.1	82.6	75.7	227.9	169.5	167.1	2.21	0.73	0.99	
3.2	2.0	173.7	27.0	42.2	24.7	81.3	215.8	198.4	159.8	1.97	0.74	0.81	
	1.5	173.7	27.0	64.9	38.0	81.3	238.5	211.7	204.2	2.51	0.86	0.96	
	1.0	173.7	27.0	105.4	61.7	81.3	279.1	235.4	242.6	2.98	0.87	1.03	
	0.5	173.7	27.0	168.7	98.8	81.3	342.3	272.5	278.0	3.42	0.81	1.02	

確認でき、曲げ破壊であると判断できる。 $a/d=1.5$ になると、曲げの性状に加えて、内部コンクリートの斜め方向のひび割れ、鋼管 web の降伏が顕著に現れ始め、曲げ破壊からせん断破壊へ移行する遷移段階であると推測できる。 $a/d=0.5$ では、早い段階で鋼管 web のほぼ全域が塑性化し、内部コンクリートのひび割れ状況からも、せん断の影響が支配的であり、せん断破壊であると判断できる。 $a/d=1.0$ についても同様の傾向が確認された。つまり、 $a/d \geq 2.0$ で曲げ破壊、 $a/d=1.5$ 付近で遷移段階、 $a/d \leq 1.0$ でせん断破壊する結果となった。

(2) せん断耐力

せん断耐力に対する検討を行うため解析時最大荷重と算定値との比較を行い、表-3 に一覧を示した。算定値は鋼管 web とコンクリートの累加強度で示す。鋼管はせん断破壊型の場合、web がほぼ全降伏していることから、せん断強度に web の面積を乗じて算出した (V_s)。コンクリートについては、コンクリート標準示方書⁴⁾に準ずることとし、せん断補強のない棒部材の設計せん断耐力 V_{cd} と設計せん断圧縮破壊耐力 V_{dd} を適用した。ここで、RC部材との付着特性の違いからダウエル効果があり期待できないと考えられ、 V_{dd} では係数 β_p の引張鉄筋比 p_v を考慮した場合 V_{dd1} と無視($p_v=0$)とした場合 V_{dd2} の 2 通りの値を比較している。ただし、解析において寸法効果の影響は関係ないので、全ての算定において係数 $\beta_d=1.0$ としている。また、拘束効果による強度増加は考慮していない。それぞれの算定耐力に対する解析値の比率を図-5 に示す。図より、引張鉄筋を無視した場合が幅厚比に関係なく近似した値を示し、せん断スパン比の小さい CFT 部材のせん断耐力として評価できると考えられる。

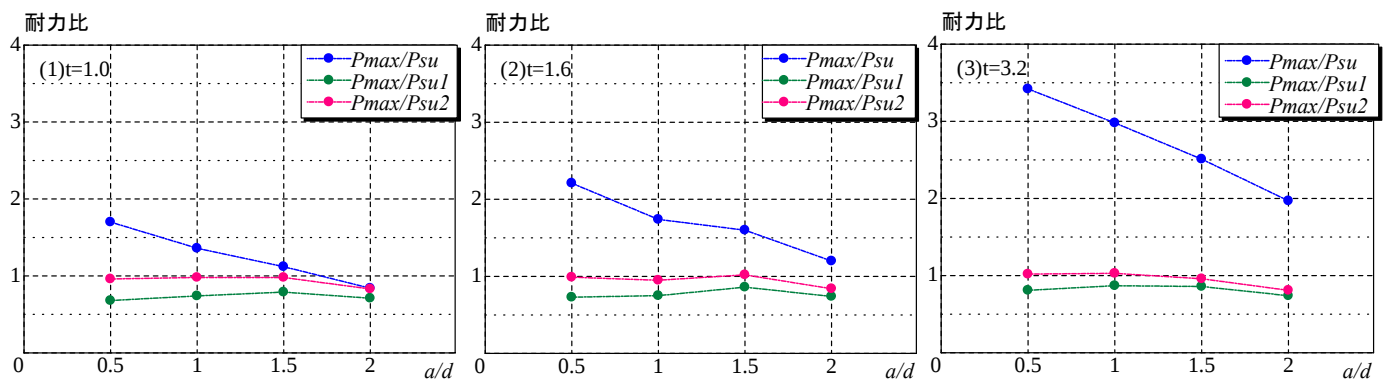


図-5 鋼管厚別の耐力比

4. まとめ

本解析結果において、 $a/d \leq 1.5$ の範囲にある CFT 梁部材のせん断耐力は、内部コンクリートのせん断耐力負担分と鋼管 web の面内せん断強度との累加で評価できると考えられる。

参考文献

- 1) 小林, 角掛, 大内: 大幅厚比角形コンクリート充填鋼管部材の力学性状に関する研究, コンクリート工学年次論文集, pp.1369-1374, 2007
- 2) 山田, 角掛, 大内: 任意方向荷重を受ける角形 CFT 部材の破壊性状に関する解析的研究, 土木学会第 63 回年次学術講演会講演概要集, CS 部門, pp.83-84, 2008
- 3) 金洸演, 米澤健次, 野口博: 鋼とコンクリートからなる合成構造の付着特性に関する実験的研究, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 構造 II, pp.1631-1632, 1994
- 4) 土木学会: 複合構造物の性能照査指針(案), pp.25-32, 2001
- 5) 土木学会: コンクリート標準示方書[設計編], pp.132-136, 2007