

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

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）構造は，材軸方向に沿ってコンクリートを充填した合成部材であり，大きな耐荷力と高い靱性能を有する．CFT 部材に対しては幅厚比および径厚比が小さなものを対象とした研究が多く，かつ，角型 CFT 部材に関する既往の研究では，断面の軸方向から荷重を作用させたものがほとんどである．しかし，実際の構造物に作用する地震力の方向は不確定であり，荷重の断面に対する方向性が与える影響について考える必要があるため，著者らは建築基準における制限幅厚比前後の幅厚比，破壊性状の違いに着目したせん断スパン比および断面に対する載荷方向角度に関して図-1 のような曲げモーメントとせん断力が同時に作用するように逆対称 4 点曲げ載荷実験を行った¹⁾．しかし，既存の算定耐力と実験時の最大荷重はあまり近似していないうえ，実験結果に対して解析的検証が十分になされていない．そこで，本研究ではこの実験結果に対して，3 次元非線形有限要素解析を行い，破壊性状の検証を行った．

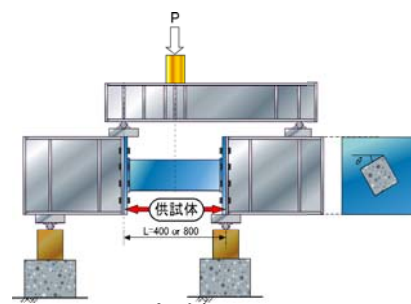
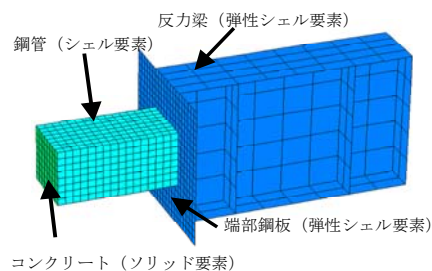


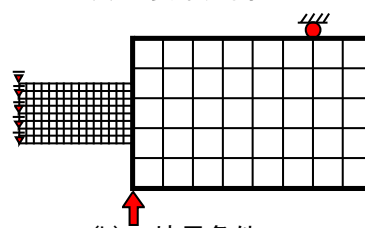
図-1 実験概要図

2. 解析概要

本解析で用いる供試体は実験に用いた断面 200×200 mm，長さ $L=400$ or 800 mm の角形 CFT 部材である．解析パラメータや材料定数など供試体概要を表-1 に示す．本解析には，有限要素法非線形解析ソフト FINAL を用い，逆対称性を考慮して，図-2 に示すような供試体と治具を含む 1/2 モデルを作成した．また，供試体中央面および実験時の載荷点の鉛直方向変位を拘束し，実験の支持点から荷重を載荷することで実験と同様のせん断力と曲げモーメントが作用する境界条件を設定した．なお，今回の解析では，鋼管の座屈は考慮していない．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-1 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-ひずみ関係はバイリニアでモデル化し，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．



(a) 要素分割



(b) 境界条件

図-2 解析モデル

3. 解析結果

(1) 荷重-変位関係

図-3 に実験および解析によって得られた荷重-変位関係を示す．荷重は図-1 の載荷荷重 P ，変位は 1/2 モデル供

表-1 供試体概要

供試体名	供試体諸元						鋼材の材料特性				コンクリートの材料特性	
	板厚	鋼管幅	幅厚比	供試体全長	せん断スパン比	荷重載荷角度	降伏強度	引張強度	弾性係数	ひずみ硬化係数	圧縮強度	弾性係数
	t_0	B	B/t_0	$L (=2a)$	a/d	$\theta (^{\circ})$	σ_{sy}	σ_{sB}	E_s	E_s'	σ_c	E_c
	(mm)	(mm)		(mm)			(MPa)	(MPa)	(GPa)	(GPa)	(MPa)	(GPa)
T16-S1-0	1.6	200	125	400	1	0	215.9	335.3	199.5	2.43	25.4	25.4
T16-S1-22.5				400	1	22.5	162.1	300.8	193.6	1.96	25.7	24.8
T16-S1-45				400	1	45	162.1	300.8	193.6	1.96	24.2	24.8
T16-S2-0				800	2	0	215.9	335.3	199.5	2.43	26.2	24.5
T16-S2-22.5				800	2	22.5	162.1	300.8	193.6	1.96	26.3	26.4
T16-S2-45				800	2	45	162.1	300.8	193.6	1.96	25.9	24.5

キーワード 角型 CFT，大幅厚比，せん断スパン比，任意方向，破壊性状

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

試体の相対変位を示す。なお、以下の結果は $\theta=0^\circ, 45^\circ$ のみ代表して示す。解析値と実験値で概ね類似した応答が得られた。

(2) 破壊状況

そこで、破壊進展状況を検討するため、図-4 にせん断スパン比 1 の鋼管の Mises 応力分布およびコンクリートのひび割れ状況を示す。また、せん断スパン比 2 に関しては、図-5 に鋼管の Mises 応力分布のみを示す。ただし、図-3 に示すように、それぞれの部材降伏前後となる各部材回転角(δ/a)①④ 1/200, ② 2/200, ③⑤ 3/200 における応答性状を示している。なお Mises 応力分布図における白色領域は塑性降伏域を、ひび割れ状況図における黄色領域は圧壊を意味する。

まず、T16-S1-0 の鋼管部において、1/200 の時は、曲げ引張側において塑性域が発生している。コンクリート部においては、曲げひび割れと斜めひび割れが発生している。2/200 では、鋼管における塑性域が右側端部と中央部斜め方向に広がり、3/200 では、より大きな塑性域へと発展している。コンクリート部においても同様に曲げと斜めひび割れが進展し、さらに右下に圧縮破壊が生じていた。次に T16-S1-45 を見ると、T16-S1-0 とは異なり、鋼管部においては 1/200 の時に曲げ引張側のみならず曲げ圧縮側でも塑性域が発生している。2/200 では、斜め方向にも大きな応力が発生しているが、さらに曲げ降伏領域が広がりを見せている。3/200 においては斜め方向にも塑性域が生じた。ひび割れを見ると、発生状況に T16-S1-0 との大きな違いは見られないが、2/200 時点で右下に圧壊が生じており、3/200 ではひび割れおよび圧壊ともに大きくなっている。T16-S1-45 の場合の圧壊発生は、曲げにより圧縮破壊は生じ、その後、曲げとせん断圧縮により圧壊領域が広がったと考えられる。せん断スパン比 2 の T16-S2-0 と T16-S2-45 とともに曲げの破壊性状を示している。ただし、T16-S2-45 の場合は 2/400 の時点で曲げ圧縮側も降伏しており、塑性域の広がりが大きい。6/400 では、類似した応力分布を示しており、部材降伏後、断面に対する載荷方向角度の影響は小さいと思われる。

4. まとめ

本解析により、せん断スパン比 2 のような曲げが卓越する場合、断面に対する載荷方向角度が破壊進展状況に与える影響は少ないが、せん断スパン比 1 のようなせん断が卓越する場合では、載荷方向角度により破壊進展状況、特に曲げ破壊性状に大きな影響を与えることがわかった。

参考文献

1) 角掛, 谷口, 大内: 任意方向荷重を受ける大幅厚比コンクリート充填鋼管部材の曲げせん断特性, コンクリート工学年次論文報告集, Vol.30, 印刷中

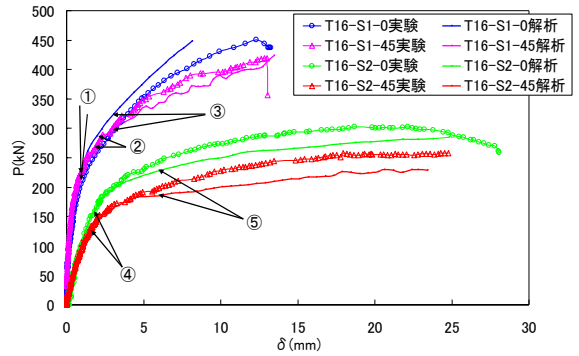


図-3 荷重-変位関係

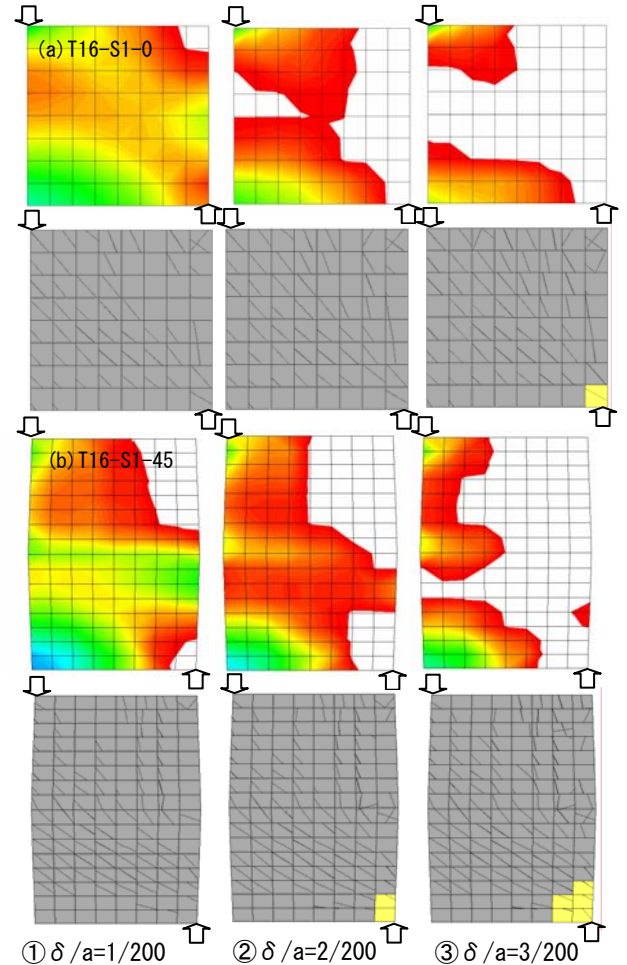


図-4 鋼管の Mises 応力分布及びコンクリートのひび割れ状況

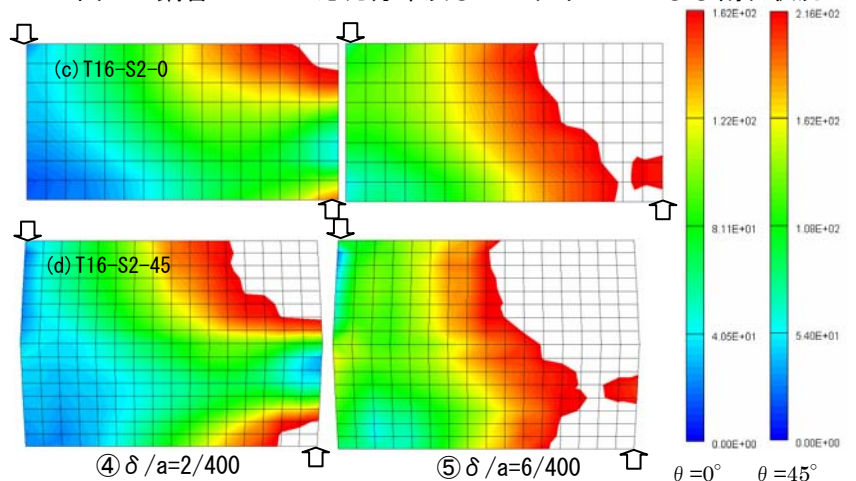


図-5 鋼管の Mises 応力分布及びコンクリートのひび割れ状況