

角形コンクリート充填鋼管部材の耐荷力特性におよぼす幅厚比の影響

大阪市立大学大学院 学生員 小林靖典

大林組（研究当時：大阪市立大学大学院） 正会員 宇渡康正

大阪市立大学大学院工学研究科 正会員 角掛久雄，鬼頭宏明，小林治俊

1. はじめに

コンクリート充填鋼管（CFT）構造は耐荷力・靱性に優れており，土木・建築構造物に広く用いられてきた．それに伴い研究も活発に行われているが，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い．それは幅 10～20cm 程度の既製の鋼管を利用して供試体を作成していることや，鋼製橋脚にコンクリートを充填するという形式で供試体を作成しているものが大半を占めているためである．土木構造物は建築構造物に比べて相対的に軸力比が小さくなり，断面寸法が大きくなることを考えれば，幅厚比や径厚比が大きな CFT 部材を利用することがより経済的かつ合理的であると考えられ，そのため，著者らの一部は建築基準[1]における幅厚比もしくは径厚比の制限値より大きなものを対象として実験[2,3]を行っている．しかし，実験[2]では制限幅厚比（72:SS400 相当）を大きく越える 200 以上の幅厚比の角形 CFT 部材に対してのみ実験を行っており，制限幅厚比以下の幅厚比の供試体の耐荷力特性および変形状に關する検討をしていない．そこで，本研究では種々な幅厚比に着目して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い耐荷力の検討を行った．

2. 実験概要

本実験に用いた供試体は，断面 200×200mm，長さ 400 あるいは 800mm の角形 CFT 部材である．鋼管内部にはリブなど一切配置しない基本形状とした．また，鋼管端部を増厚し，左右加圧板は溶接により供試体と一体化させた．載荷方式は逆対称 4 点曲げ載荷であり，載荷治具をボルト接合した供試体は図-1 のようにせん断力が一定となるように設置する．載荷方法は一方向単純漸増載荷とし，供試体の最大荷重値を得るまで載荷を行った．また，図に示すように供試体全体の変形状況を検討するため供試体支持点および載荷点に変位計を設置し，ひずみゲージは供試体中央，中央から左右へ L/4(L：400 あるいは 800mm)離れた計 3 本のライン上に設置している．実験変数は幅厚比を対象としていることから 2 種類のせん断スパン比(a/d)についてそれぞれ制限幅厚比以下の 62.5(t=3.2)と制限幅厚比以上の 125(t=1.6)と 200(t=1.0)の 3 種類の幅厚比に関して実験を行った．それぞれの供試体の耐力は，現行基準を参照して算定した図設計実験概要(単位：mm)せん断耐力については，土木分野では CFT 部材のせん断耐力は鋼管のみが受け持つとしており，ここでは文献[4] に

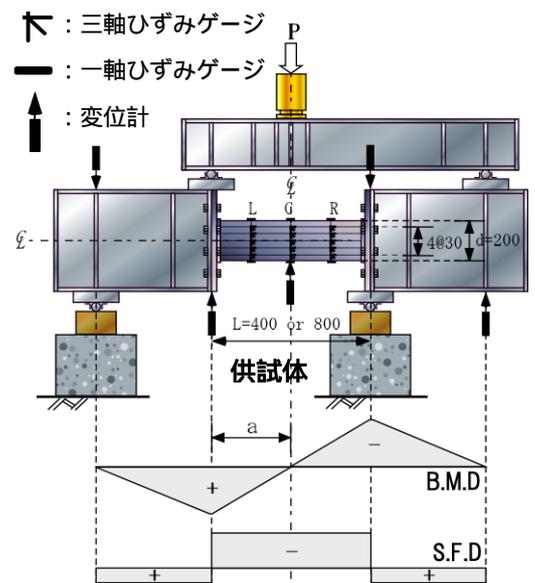


表-1 供試体概要ならびに設計耐力

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		設計せん断耐力								設計曲げ耐力	
	公称板厚	実測板厚	鋼管幅	幅厚比	供試体全長	せん断スパン比	降伏強度	引張強度	弾性係数	圧縮強度	弾性係数	P <sub>ss</sub>	P <sub>su</sub>	文献[4]				文献[5]				P <sub>sm</sub>	P <sub>src</sub>
														標準RC(棒)部材		ディーブーム		合成柱		合成柱			
	t <sub>0</sub>	t <sub>s</sub>	B	B/t <sub>s</sub>	L	a/d	σ <sub>sy</sub>	σ <sub>st</sub>	E <sub>s</sub>	σ <sub>c</sub>	E <sub>c</sub>	P <sub>sd</sub>	P <sub>sd</sub>	P <sub>cd</sub>									
T32-S1	3.2	3.10	65	400	1	181.6	307.4	195.1	25.8	25.4	200.8	209.8	68.0	323.6	391.5	275.4	77.3	352.7	640.8	567.3			
T32-S2	3.2	3.10	65	800	2	181.6	307.4	195.1	26.4	25.3	281.1	293.7	95.9	453.0	548.9	155.2	245.2	400.4	383.2	343.0			
T16-S1	1.6	1.57	127	400	1	215.9	335.3	199.5	25.4	25.4	96.3	128.5	54.0	195.8	249.8	219.1	66.8	285.9	293.1	378.2			
T16-S2	1.6	1.57	127	800	2	215.9	335.3	199.5	26.2	25.4	134.8	179.8	76.4	274.1	350.5	124.3	176.1	300.4	175.6	228.7			
T10-S1	1.0	0.95	210	400	1	209.8	320.7	195.1	18.9	22.6	48.8	76.3	41.5	115.7	157.2	160.4	55.2	215.6	151.7	233.3			
T10-S2	1.0	0.95	210	800	2	209.8	320.7	195.1	25.7	25.4	68.3	106.8	64.3	162.0	226.3	104.5	126.0	230.5	97.7	144.8			

キーワード：CFT，せん断耐力，幅厚比，せん断スパン比

〒558-8585 大阪市住吉区杉本町 3-3-138

大阪市立大学大学院工学研究科都市系専攻

TEL：06-6605-2723

準拠し，ここでは，コンクリートを考慮した耐力も算定するため，文献[5]を用いて RC 換算して算出した．設計曲げ耐力については，文献[1,4]を用いて算出した．表-1 には供試体の諸元および算定した耐力値を荷重換算したものを示す．

3. 実験結果

実験後の破壊状況はせん断スパン比 1 と 2 の供試体で大きな差異が認められた．せん断スパン比 1 の供試体では，充填コンクリート中央付近で斜めひび割れが発生し，鋼管に座屈は生じていない．供試体 T32-S1 ならびに T16-S2 がそれに相当する．なお，供試体 T10-S1 に関しては，ひび割れが一切生じていなかった．せん断スパン比 2 の供試体では，上下フランジの圧縮側に局部座屈が発生し，かつ充填コンクリートに

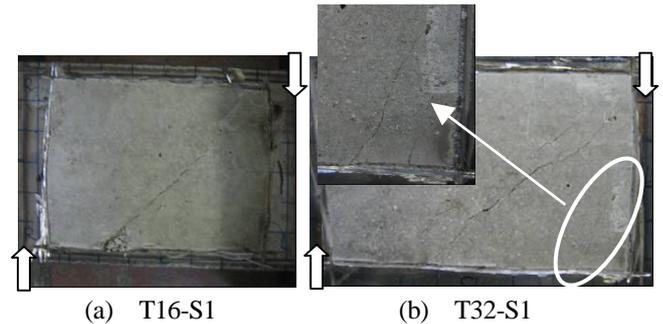


図-2 実験後の充填コンクリート状況

曲げひび割れが生じており，せん断スパン比 2 の全供試体がそれに相当する．どちらのせん断スパン比においても幅厚比の違いによる影響はひび割れの分散性程度であり，せん断スパン比 1 と 2 において幅厚比の大きさによらず，それぞれせん断破壊型および曲げ破壊型の性状を示す結果となった．例としてせん断スパン比 1 の写真を図-2 に示す．

表-2 に，作用断面力と算定耐力比を示す．せん断破壊型供試体については，コンクリートに斜めひび割れが生じた時（せん断破壊時と定義）での各部材のせん断力とそれぞれの算定値との比較を，また，曲げ破壊型供試体については，最大荷重でのせん断耐力比較を示した．さらに，部材の最大荷重との耐力比較も併せて示している．紙面の都合により，ここではせん断破壊型供試体についてのみ考察する．表より，せん断破壊時の鋼管が負担する割合は 40% ~ 30%程度で推移しており，残りを充填コンクリートで抵抗していることを考えると幅厚比の大きさに関わらずせん断耐力に及ぼす影響が大きいことがわかる．また，鋼管が受け持つせん断力と，文献[4]の耐力比  $P_s/P_{sU}$  が 1.17 ~ 1.07 と近似しており，幅厚比の大きさに関わらず近似した値となっている．充填コンクリートが受け持つせん断力とディープビームの耐力比  $P_c/P_{cdd}$  も 1.25 ~ 1.15 と同様に近い結果となった．そのため，せん断耐力評価には充填コンクリートも考慮した設計を取り入れる必要があると考えられる．そこで文献[4]による鋼管耐力と文献[5]によるディープビームとしてのコンクリート耐力の累加強度とも比較してみた．その結果，せん断破壊型供試体については，せん断累加強度による耐力比が幅厚比に関係なく 1.3 程度とほぼ一定になり，せん断耐力をある程度評価できているものと考えられる．

表-2 各部材の耐力比

供試体	幅厚比	破壊形式	実験結果						鋼管のせん断耐力比				充填コンクリートのせん断耐力比		部材の耐力比		
			最大荷重	せん断破壊時又は最大荷重時の割合				文献[4]		文献[5]		文献[5]		文献[4]+[5] せん断累加強度	文献[4] 曲げ強度	文献[1]	
				鋼管		充填コンクリート		局部座屈	局部座屈無視	標準RC	ディープビーム	標準RC	ディープビーム				
				$P_U$	$P_s$	$P_c$	$P_{cs}$	$P_{csU}$	$P_s/P_{sd}$	$P_s/P_{sdd}$	$P_c/P_{cd}$	$P_c/P_{cdd}$	$P_U/(P_{sU}+P_{cdd})$				$P_U/P_{sm}$
kN	kN	%	kN	%	$P_s/P_{ss}$	$P_s/P_{sU}$	$P_s/P_{sd}$	$P_s/P_{sdd}$	$P_c/P_{cd}$	$P_c/P_{cdd}$	$P_U/(P_{sU}+P_{cdd})$	$P_U/P_{sm}$	$P_U/P_{src}$				
T32-S1	65	せん断	661.8	245.5	41.5	345.5	58.5	1.22	1.17	3.61	3.18	1.65	1.25	1.36	1.03	1.17	
T32-S2	65	曲げ	500.5	252.0	50.3	248.5	49.7	0.90	0.86	2.63	1.03	0.85	1.60	1.11	1.31	1.46	
T16-S1	127	せん断	450.5	142.1	36.0	252.6	64.0	1.48	1.11	2.63	2.13	1.97	1.15	1.30	1.54	1.19	
T16-S2	127	曲げ	302.3	110.0	36.4	192.2	63.6	0.82	0.61	1.44	0.62	1.07	1.55	0.99	1.72	1.32	
T10-S1	210	せん断	315.0	81.9	29.1	199.1	70.9	1.68	1.07	1.97	1.48	2.61	1.24	1.33	2.08	1.35	
T10-S2	210	曲げ	190.0	48.3	25.4	141.7	74.6	0.71	0.45	0.75	0.46	1.33	1.36	0.90	1.94	1.31	

4. まとめ

- 幅厚比の違いに関わらず，一部の供試体を除いたせん断スパン比 1 の供試体は充填コンクリートに斜めひび割れを伴うせん断破壊型を示し，また，せん断スパン比 2 の供試体は充填コンクリートに曲げひび割れおよび鋼管フランジに局部座屈を伴う曲げ破壊型の結果となった．
- 種々の幅厚比の供試体を用いて実験を行った結果，せん断破壊型供試体に限定すれば，そのせん断耐力は鋼管ウェブと充填コンクリートとの累加強度を適用すれば耐力評価が可能であるという結果になった．

参考文献：[1]日本建築学会：鉄骨鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説，2001；[2]角掛ら：大幅厚比を有するコンクリート充填鋼管部材のせん断耐力に関する基礎的研究，応用力学論文集，Vol.5，pp.377-384，2002；[3] 鬼頭ら：大径厚比コンクリート充填円形鋼管短柱の圧縮特性，土木学会論文集，No. 759，pp. 25-36，2004；[4]土木学会：鋼構造物設計指針，1997；[5]土木学会：コンクリート標準示方書[構造性能照査編]，2002