

低品質再生骨材コンクリート充填円形鋼管部材に関する基礎的研究

Fundamental Study on Low Quality Recycled Aggregate Concrete Filled Circular Steel Tubular Members

構造およびコンクリート工学研究分野 岡崎雄一

Abstrakt

近年の種々の環境問題に伴い、資源の有効利用に関心が向けられる中、解体時のコンクリート塊の再生骨材として再利用技術が求められている。そこで、低品質再生骨材コンクリートをコンクリート充填円形鋼管(CFT)の充填材として利用した時の力学特性を把握するために、中心圧縮試験および曲げ試験を行った。その結果、低品質再生骨材コンクリートを用いても、中心圧縮耐力および曲げ耐力ともに普通骨材と同様に、現行の CFT 指針で提案されている算定耐力でほぼ評価できた。

On various environmental issues of recent, interest is directed to the effective use of resources, technology to use again as recycled aggregate concrete demolition is required. And therefore, in order to determine the mechanical properties When a low quality reproduction aggregate concrete is used as filler of concrete filled steel tube, I was experimenting with bending and uniaxial compression. As a result, Even using a low-quality recycled aggregate concrete, I could be evaluated almost calculated tolerance proposed in CFT guidelines current, in the same manner as the ordinary aggregate in both the bending strength and compression strength center.

1. はじめに

建設工事による 2008 年度の建設廃棄物約 6380 万トンのうち、コンクリート塊は約 3130 万トン(49%)と大きな割合を占めている。現状において、97%程度が再利用されているが、そのほとんどが路盤材として用いられており、高度経済成長期に建設されたインフラ構造物の更新や補修・補強時期を迎え、大量の解体コンクリートが発生することが予想されることから、新たなコンクリート材料として利用する方法を提案することが望まれる。

コンクリート用再生骨材は 3 段階に JIS 規格化¹⁾されており、再生砕石を高度処理した再生骨材 H(高品質)は普通骨材と同等に扱えるため、主に、再生骨材 M(中品質)の利用について研究が多くなされている。再生骨材 L(低品質)については高度処理を必要としないため、製造に当たり CO₂ 削減など環境負荷は小さくなるが、普通骨材と比べて吸水率が非常に大きく、骨材製造時に多くの微粒分が発生することから、コンクリートに利用した場合に自己収縮が大きく、強度低下などの問題点を抱えている。そのため、コンクリート構造物用としてではなく、裏込めコンクリートや均しコンクリートなどの無筋コンクリートへの利用が行われている。

そこで、本研究では環境負荷の低減を考慮したコンクリート材料として低品質の再生骨材(再生骨材 L 相当もしくははそれ以下の低処理再生砕石)の有効利用方法を検

討することが、解体コンクリートのリサイクル方法の一助になると考え、研究例の少ない構造物への利用を目指し、コンクリート充填鋼管(以後 CFT)を対象に検討を行った。CFT においてはコンクリートを被覆および拘束している状態であるため収縮が低減され、鋼管への影響が小さいこともあり、中品質再生骨材を用いた CFT に関する研究²⁾は実施されており、普通コンクリートを用いた場合と同様に、耐力を算定することが可能であることが示されている。そのため、単体ではさらに収縮が大きいと考えられる低品質再生骨材を用いたコンクリートにおいても検討を行うため、中心圧縮強度と曲げ強度について試験を行った。実験は I 期と II 期に分けて行い、I 期では中心圧縮試験を、II 期では曲げ試験を行った。

2. 再生骨材コンクリートの基本性状

本研究に用いた再生骨材は解体コンクリートを路盤材用の骨材として加工した低品質再生骨材である。ただし、再生骨材における微粒分が収縮等に影響を与えることから、微粒分の有無をパラメーターとして検討することとし、水洗いして微粒分を除去したものを微粒分無しとして比較している。表-1, 2 に、今回用いた骨材の品質を JIS 規格の値と併せて示す。表より、粗骨材、細骨材ともに概ね低品質に分類することが出来る。また、粒度分布を図-1, 2 に示す。図の破線は再生骨材 L の

表-1 低品質再生粗骨材の品質

粗骨材	骨材種類	絶乾密度 [g/cm ³]	吸水率 [%]	微粒分量 [%]	実積率 [%]
実験値	再生骨材 微粒分有り	2.26	5.94	1.83	62.0
	再生骨材 微粒分無し	2.28	5.5	0.35	59.3
JIS規格	通常骨材	≥2.5	≤3.0	≤1.0	≥55
	再生H				
	再生M	≥2.3	≤5.0	≤1.5	
	再生L	-	≤7.0	≤2.0	-

表-2 低品質再生細骨材の品質

細骨材	骨材種類	絶乾密度 [g/cm ³]	吸水率 [%]	微粒分量 [%]	実積率 [%]
実験値	再生骨材 微粒分有り	2.00	11.8	13.64	66.4
	再生骨材 微粒分無し	2.16	7.7	0.87	66.5
JIS規格	通常骨材	≥2.5	≤3.5	≤5.0	≥53
	再生H			≤7.0	
	再生M	≥2.2	≤7.0	≤1.5	
	再生L	-	≤13.0	≤10.0	-

表-3 コンクリート配合表

使用骨材	W/C	s/a	W	C	S	G	Ad	AE	
	[%]	[%]	[kg/m ³]						
I 期	N58	58	41.7	188	325	717	1039	0.811	0.0389
	RE58					627	941		
	RN58					654	946		
II 期	N58	58	45	182	314	786	995	0.784	0.00627
	RE58	58	45	207	357	639	846	0.893	0.05358
	RE48	48	43	210	438	583	838	1.094	0.06563

標準粒度範囲¹⁾を示している。図より、粗骨材の粒径15mmで一部範囲外のもが見られるが、概ね一般的な骨材と同程度の粒径と言える。なお、骨材の最大寸法は20mmとなるようにふるい分けを行った。

コンクリートは、普通骨材コンクリートとも比較を行い、I期では微粒分の有無、水セメント比と細骨材率および単位水量をすべての骨材で一定とし、II期では微粒分有りのみとし W/C=48%を加え、強度を普通コンクリートと強度を揃え弾性係数のみに違いを持たせるように配合を行った。以後、骨材名称および供試体名称において普通骨材をN、再生骨材をRE、微粒分無しの再生骨材をRNとし、後の数字は水セメント比を表している。配合は表-3に示すように、I期では水セメント比と細骨材率および単位水量をすべての骨材において一定とし、II期では水セメント比を58%から48%に変化させ強度を普通コンクリートと強度を揃え弾性係数のみに違いを持たせるように配合を行った。材齢28日での材料特性を表-4に示す。圧縮強度をはじめ全てにおいて、I期では同一のW/Cであるが、普通骨材(N)コンクリートが最も高く、微粒分無しの再生骨材(RN)コンクリート、再生骨材(RE)コンクリートの順で低くなっており、微粒分の有無による影響が顕著にみられる。特に、再生骨材を普通骨材(N)と比較した場合、微粒分無し(RN)の場合

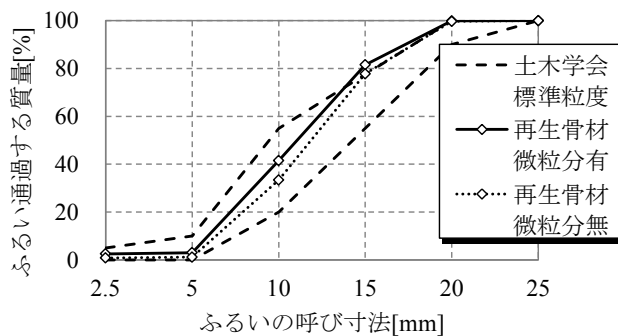


図-1 粗骨材の粒度分布

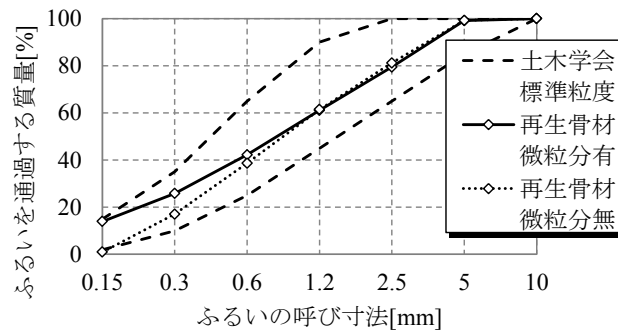


図-2 細骨材の粒度分布

表-4 コンクリート材料定数

供試体名称	材齢 [日]	圧縮強度 [N/mm ²]	弾性係数 [kN/mm ²]	引張強度 [N/mm ²]
I 期	N58	21.7	19.9	1.99
	RE58	16.7	11.8	1.46
	RN58	18.2	14.6	1.62
II 期	N58	19.8	18.8	1.98
	RE58	17.7	12.6	1.58
	RE48	23.7	13.8	1.82

表-5 鋼管材料定数

供試体名称	公称板厚 [mm]	実測板厚 [mm]	降伏強度 [N/mm ²]	引張強度 [N/mm ²]	弾性係数 [kN/mm ²]
I 期	T23	2.30	2.28	415	498
	T45	4.50	4.21	439	492
II 期	T23	2.30	2.16	376	435
	T45	4.50	4.28		

は全てにおいて約80%に対して微粒分がある(RE)の場合は強度比が約75%であるが、弾性係数比が61%と弾性係数への影響が特に大きくなった。また、II期では再生骨材において、RE48がRE58よりも圧縮強度が3割程度増加し、W/Cを低下させることで、所定のフレッシュ性を確保しつつ強度を増加できることを確認した。

3. 中心圧縮試験 (I 期)

3.1 試験概要

本研究においては、円形 CFT を対象とし、充填コンクリートは I 期の 3 種類(N58, RE58, RN58)とした。鋼管については鋼管の剛性が拘束効果に影響するため、径厚比を $D/t=36.7, 69.9$ の 2 種で比較することとした(対応する鋼管厚 $t=4.5, 2.3\text{mm}$)。ただし、鋼管はコンクリートの断面積を統一するため、外径 $D=165.2\text{mm}$ で鋼管厚 $t=4.5\text{mm}$ の STK400 の既成鋼管をベースに外径を削り、小さくすることで内径を統一した 2 種類の径厚比の鋼

表-6 中心圧縮試験用供試体一覧

供試体名称	構造	使用骨材		径厚比 D/t	寸法[mm]			
		種類	微粒分		鋼管厚 t	外径 D	内径 d	長さ L
CFT23-N58	CFT	普通	-	69.9	2.3	160.8	156.2	500
CFT23-RE58		再生	有					
CFT23-RN58		再生	無					
CFT45-N58		普通	-	36.7	4.5	165.2	156.2	
CFT45-RE58		再生	有					
CFT45-RN58		再生	無					
N58	コンクリート	普通	-	-	-	156.2	-	500
RE58		再生	有					
RN58		再生	無					
S-23	鋼管	-	-	69.9	2.3	160.8	156.2	500
S-45		-	-	36.7	4.5	165.2		

表-7 中心圧縮試験結果(C柱)

供試体名称	材齢 [日]	圧縮強度 [N/mm ²]	破壊時ひずみ [%]	弾性係数 [kN/mm ²]	ポアソン比
N58	252	21.0	0.328	17.07	0.176
RE58		16.0	0.414	9.86	0.155
RN58		17.3	0.430	11.78	0.153

表-8 中心圧縮試験結果(S)

供試体名称	公称板厚 (mm)	実測板厚 (mm)	降伏強度 (N/mm ²)	引張強度 (N/mm ²)	弾性係数 (kN/mm ²)
S-23	2.30	2.28	415	498	210
S-45	4.50	4.21	439	492	208

管を製作した。使用した鋼材の材料定数を表-5に示す。また、CFT柱との比較にコンクリート単体(C柱)および鋼管単体(S柱)の供試体でも実験を行った。表-6に供試体一覧を示し、载荷時の計測概要を図-3に示す。供試体の上下端に加圧板を設置し、上下加圧板の間隔を変位計で4箇所計測した。また、図-4のように、鋼管にひずみゲージを貼付し鋼管のひずみを計測した。

3.2 試験結果

3.2.1 コンクリート柱(C柱)

C柱の結果を表-7に示す。強度および剛性は表-4の材料試験と同様に普通骨材(N)の方が大きく、最大応力時のひずみは0.1%(1000 μ)程度再生骨材の方が大きくなった。なお、コンクリート柱の破壊形式は全て上面からの圧縮せん断破壊であった。また、各定数は材料試験と概ね同様の傾向が得られた。

3.2.2 鋼管柱(S柱)

S柱の結果を表-8に示す。S-23は下部で、S-45は上部で顕著なエレファント・バックリングが発生して破壊に至り、急激な荷重低下をした。なお、鋼管剛性の影響より、最大荷重時のひずみはt=4.5mmの方が大きくなったが、表-5の材料試験結果より強度は低くなった。

3.2.3 CFT柱

(1) 無次元化強度-ひずみ関係

破壊形式は充填コンクリートのせん断圧縮破壊とそれに伴う鋼管の局部座屈が生じることで破壊が生じた。なお、载荷時の観察において各供試体ともに最大耐力発揮以前に鋼管のふくらみを確認し、その後、最大耐力発揮以降に顕著な局部座屈が生じていた。CFT45-REに関

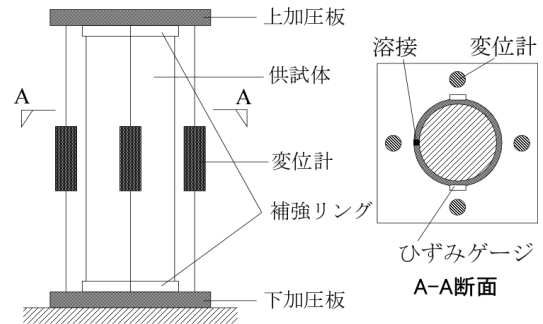


図-3 実験装置と供試体および変位計設置位置

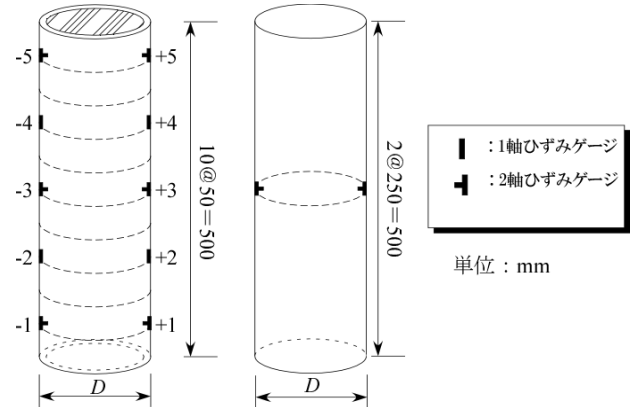


図-4 計測機器設置位置

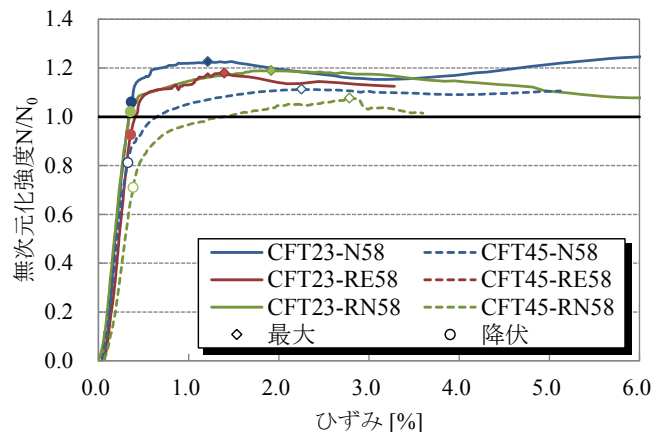


図-5 無次元化強度-ひずみ関係

しては、部材降伏はしているが、早期に偏心が生じ曲げ変形が卓越したため、载荷装置の制約の関係上、鋼管の局部座屈発生前に終了した。

図-5に無次元化強度-柱高中央の軸方向鋼管ひずみ関係を示す。なお、図の縦軸が実験値を拘束効果を無視した算定耐力で除した無次元化強度を、横軸が変位計から得られた変位を供試体長さで除した軸方向ひずみを表している。载荷は軸方向ひずみ6%(変位30mm)を最大とし、破壊形状や変形状態に応じて、6%未満でも終了した。図中の降伏はひずみ値より得られた降伏点を示す。図より、S柱の結果同様、t=2.3mmの鋼管を用いた方が最大荷重への到達は早く、また、C柱の結果同様、再生骨材を用いた方が最大荷重時のひずみは大きくなる傾向が得られた(曲げが卓越したCFT45-REを除く)が、微粒分有の再生骨材においては影響が小さくなった。降伏後の挙動については骨材の差異および鋼管厚による影

表-9 各種耐力比

供試体 名称	実験値					算定値					
	最大荷重	C柱	S柱	単純累加		C柱	S柱	単純累加		拘束効果考慮	
				荷重	耐力比			荷重	耐力比		
	N_{exp}	cN_{exp}	sN_{exp}	N'_{exp}	N_{exp}/N'_{exp}	cN_c	sN_c	N_0	N_{exp}/N_0	N_{cu1}	N_{exp}/N_{cu1}
kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN		kN		
CFT23-N58	1113	402	474	876	1.27	416	475	891	1.25	1019	1.09
CFT23-RE58	956	307	474	782	1.22	320	475	795	1.20	923	1.04
CFT23-RN58	999	331	474	805	1.24	349	475	824	1.21	952	1.05
CFT45-N58	1593	402	908	1310	1.22	416	996	1412	1.13	1681	0.95
CFT45-RE58	1283	307	908	1215	1.06	320	996	1316	0.97	1585	0.81
CFT45-RN58	1469	331	908	1239	1.19	349	996	1345	1.09	1614	0.91

表-10 CFT 柱の伸び剛性

供試体名称	算定値			実験値
	コンクリート	鋼管	CFT	CFT
	伸び剛性 kN(×10 ⁻³)	伸び剛性 kN(×10 ⁻³)	伸び剛性 kN(×10 ⁻³)	伸び剛性 kN(×10 ⁻³)
CFT23-N58	322	239	560	504
CFT23-RE58	196		434	384
CFT23-RN58	254		493	453
CFT45-N58	322	487	809	764
CFT45-RE58	196		682	634
CFT45-RN58	254		741	668

響はほとんど見られず、鋼管の降伏以降、緩やかに荷重増大し、最大耐力を迎えた後、鋼管の局部座屈が進展しながら、非常に緩やかな荷重低下を示した。CFT 指針³⁾より、幅厚比が大きいほど、最大耐力発揮以降の耐力減少の程度が大きくなること示されており、今回の実験でも、同様な傾向が得られた。また、CFT 柱の初期剛性を表-10 に示す。図より、全ての供試体で実験値が算定値よりも1割程度小さいが、骨材種類および径厚比による傾向の違いを確認することが出来た。

(2) 耐力比

実験で得られた中心圧縮強度 N_{exp} と算定強度 N_0 , N_{cu1} を示す。 N_0 は鋼とコンクリートの耐力を単純累加した値であり、 N_{cu1} は CFT 指針³⁾ で提案されている拘束効果を考慮した中心圧縮強度算定式であり、式(1)~(2)に示す。

$$N_{cu1} = cN_c + (1 + \xi) sN_c \tag{1}$$

$$cN_c = cA \cdot c\gamma_U \cdot c\sigma_B \tag{2a}$$

$$sN_c = sA \cdot s\sigma_y \tag{2b}$$

ここで、 $\xi=0.27$, cA : コンクリートの断面積, sA 鋼管の断面積, $c\gamma_U$: コンクリートの強度低減係数, $c\sigma_B$ コンクリートの圧縮強度, $s\sigma_y$: 鋼管の降伏強度を表す。

各種耐力および比率(最大荷重/耐力)を表-9 に示す。なお、耐力算定に用いた材料定数は、材料試験の値を用いた。また、曲げが卓越した CFT45-RE は参考値として示す。CFT 柱での最大荷重は C 柱と S 柱それぞれの単体での最大荷重および拘束効果を考慮しない耐力の累加耐力に比べて9%以上大きくなった。拘束効果を考慮した算定耐力と比較すると、鋼管厚 4.5mm の供試体は全て1以下となっており、径厚比が小さい方が、またコンクリートの弾性係数が小さい方が耐力比が小さくなる傾向が伺える。これは、鋼管とコンクリート

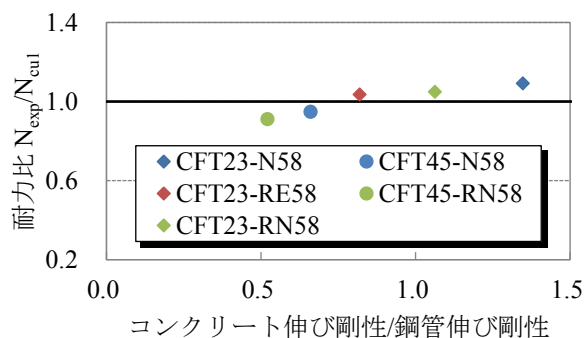


図-6 耐力比-伸び剛性比関係

の伸び剛性の差によるものだと考えられる。図-6 は、耐力比(N_{exp}/N_{cu1})とコンクリートと鋼管の伸び剛性比(コンクリートの伸び剛性/鋼管の伸び剛性)の関係を示しており、伸び剛性比が小さいほど、耐力比が小さい傾向が伺える。これは、伸び剛性比が小さくなるほど鋼管の軸力負担率が大きくなるためだと考えられる。図より、今回の実験では、伸び剛性比が0.75程度以下であると耐力比が1を下回っており、弾性係数の低すぎるコンクリートを使用することで、算定値 N_{cu1} よりも低くなる可能性があることが確認できた。しかしながら、耐力比(N_{exp}/N_0)に関しては、CFT45-RE を除いて全ての供試体で算定値を実験値が10%程度以上上回っており、低品質再生骨材においても、拘束効果による耐力上昇は確認できた。

4. 曲げ試験(Ⅱ期)

4.1 試験概要

曲げ試験も円形 CFT を対象とし、充填コンクリートはⅡ期の3種類(N58, RE58, RN48)とした。鋼管の実験変数および製作方法は第3章と同様である。また、CFT 柱との比較のために、鋼管単柱の供試体でも実施した。加えて、CFT45-RE58⁷⁾は端部拘束の有無による影響を見るため、供試体端部に20mmの空隙を設け、コンクリートに加圧板による拘束が作用しない供試体を作成した。

実験は、図-7 に示すように、供試体と治具をボルトで剛結合し供試体部に曲げモーメントのみが作用するように4点曲げ載荷を行った。実験中は荷重、変位、鋼管のひずみを計測した。変位の測定は支点部に2箇所と

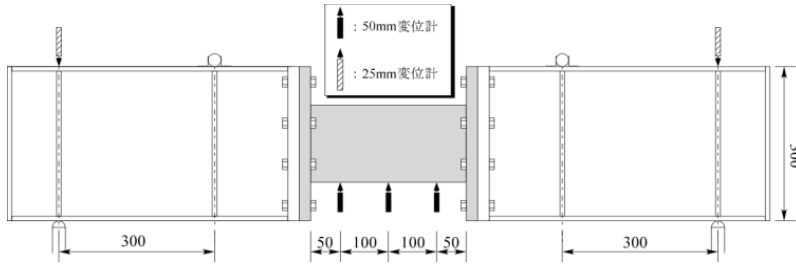


図-7 実験概要および変位計設置位置

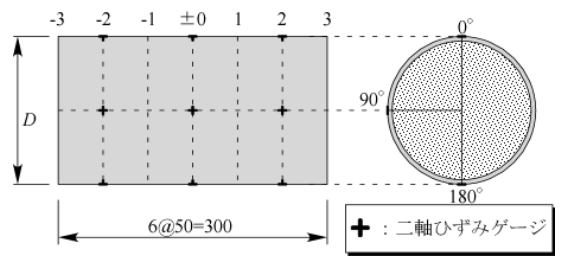


図-8 ひずみゲージ貼付位置

供試体に3箇所計5箇所設置し、鋼管のひずみは図-8に示すように上端から0°、90°、180°の位置に3箇所ずつ、計9箇所二軸ひずみゲージを設置し鋼管のひずみを測定した。表-11に供試体一覧を示す。なお、供試体数は各実験変数に対して1体ずつとした。

4.2 試験結果

(1) 無次元化強度-変位関係

CFTの破壊形式は、全ての供試体で鋼管が降伏後、圧縮域における座屈を確認した後、最大耐力を迎え引張域の鋼管の破断によって破壊し、終局を迎えた。なお、溶接熱の影響による破断は確認されなかった。

全供試体の無次元化強度-変位関係を図-9に示す。図中の縦軸は実験値を算定耐力で無次元化した値を、横軸の変位は供試体中央に設置した変位計から得られた相対変位を表す。図より、端部拘束の無いCFT45-RE58"は他の供試体と比較して降伏以降の耐力低下量が大きい。ゆえに、CFTとしての特徴を十分に発揮するにはコンクリートの端部を拘束させる必要があると考えられる。

(2) モーメント-曲率関係

モーメント-曲率関係を図-10に示す。図中の曲率は鋼管のひずみから算出した曲率であり、曲率算定方法を式(3)に示す。

$$\varphi = \frac{|\varepsilon_c| + |\varepsilon_t|}{D} \quad (3)$$

ここで ε_c : 0°(圧縮側)中央位置での鋼管ひずみ, ε_t : 180°(引張側)中央位置での鋼管ひずみを表す。図より、曲げ剛性に関して、CFT柱がS柱と比較して曲げ剛性および強度大きく向上していることが伺える。しかし、骨材種類による違いは見られず、鋼管厚による影響が顕著であることが伺える。このことから、CFT柱の曲げ挙動に関しても鋼管による寄与が大きく、再生骨材を使用しても明瞭な傾向の差はないことが確認できた。

(3) 耐力比

実験で得られた曲げ強度 M_{exp} と算定強度 M_u を示す。 M_u はCFT指針³⁾で提案されている鋼とコンクリートとの相互拘束効果を考慮した、全塑性状態における一般累加強度であり、式(4)~(5)に示す。

$$M_u = cM_u + sM_u \quad (4)$$

表-11 供試体一覧

供試体名称	構造	骨材種類	微粒分	水セメント比 W/C [%]	径厚比 D/t	鋼管厚 t [mm]	外径 D [mm]	内径 d [mm]	長さ L [mm]
CFT23-N58	CFT	普通	-	58	69.9	2.3	160.8	-	300
CFT23-RE58		再生	有						
CFT45-N58		普通	-						
CFT45-RE58		再生	有		36.7	4.5	165.2	156.2	
CFT45-RE58"		再生	有						
CFT45-RE48		再生	有						
S23	鋼管	-	-	-	69.9	2.3	160.8	-	-
S45		-	-	-	36.7	4.5	165.2	-	-

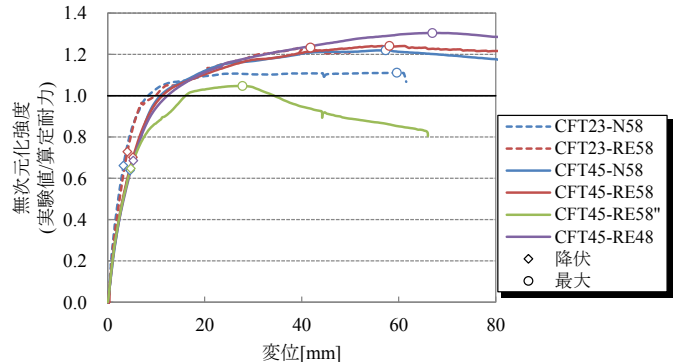


図-9 荷重-変位関係

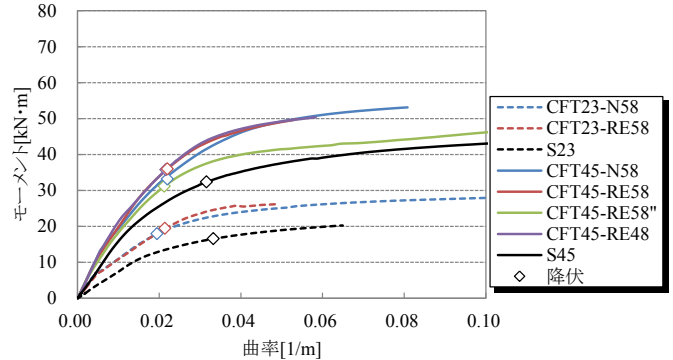


図-10 モーメント-曲率関係

$$cM_u = \frac{2}{3} r_1^3 \sin^3 \theta \cdot c\sigma_{CB} \quad (5a)$$

$$sM_u = 2r_2^2 t (\beta_1 - \beta_2) \sin \theta \cdot s\sigma_y \quad (5b)$$

ここで、 $c\sigma_{CB} = c r_U \cdot c\sigma_B + 0.78 \cdot \frac{2t}{D-2t} \cdot s\sigma_y$

$$r_1 = \frac{cD}{2}, \quad r_2 = \frac{D-t}{2}, \quad \theta = \cos^{-1}(1 - 2x_n / cD)$$

$$\beta_1 = 0.89, \quad \beta_2 = -1.08$$

D: 鋼管外径, t: 鋼管板厚, cD: コンクリート外径, r_U : コンクリートの強度低減係数, $c\sigma_B$: コンクリートのシリンダー強度, $s\sigma_y$: 鋼管の降伏強度, x_n : コンクリートの圧縮縁から中立軸までの距離を表す。なお、端部拘束

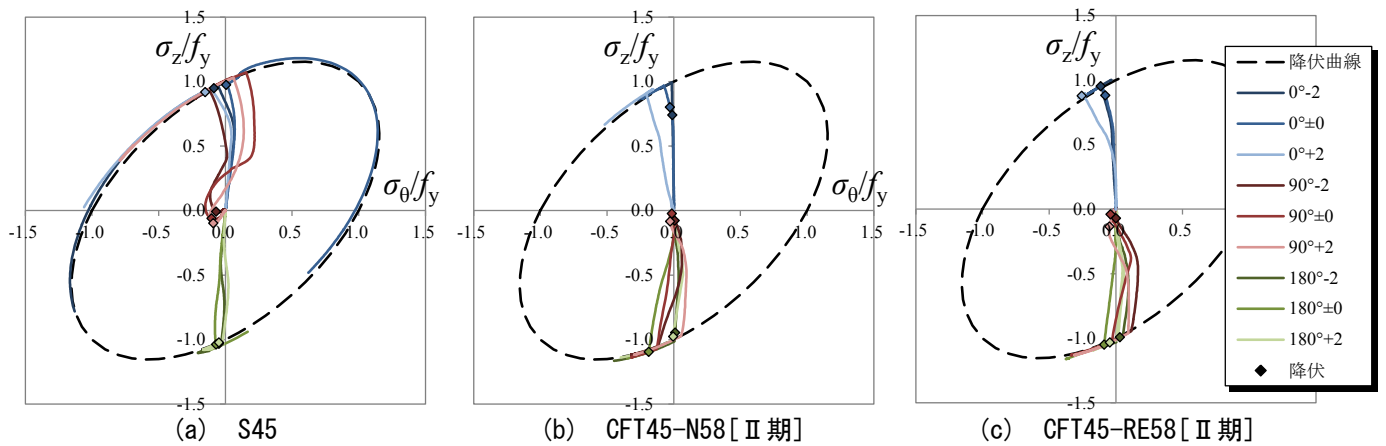


図-11 鋼管の二軸応力状態

表-12 耐力比

供試体名称	最大強度		
	算定 M_u kN·m	実験 M_{exp} kN·m	耐力比 M_{exp}/M_u
CFT23-N58	27.1	30.1	1.11
CFT23-R58	26.7	34.7	1.30
CFT45-N58	51.8	63.2	1.22
CFT45-R58	51.2	63.6	1.24
CFT45-R58"	48.0	50.3	1.05
CFT45-R48	52.1	67.9	1.30

の無い CFT45-R58" の曲げ耐力算定はコンクリートの拘束効果を考慮していない。

各種耐力および耐力比(実験耐力/算定耐力)を表-11に示す。なお、耐力算定に用いた材料定数は、材料試験の値を用いた。図および表より、CFT45-R58"を除き、算定値よりも10%以上大きい値を示し、骨材種類による傾向の差は見られない。このことから、低品質再生骨材においても供試体数は少ないが、低品質再生骨材でも普通骨材と同様の算定方法で評価できることが推定される。

(4) 鋼管の二軸応力状態

図-10に鋼管の0°, 90°, 180°位置での応力履歴を示す。図中の点線は平面応力状態における Von-Mises の降伏曲線である。弾塑性状態の応力-ひずみ関係は Prandtl-Reuss の構成則⁴⁾となり、

式(6)~(7)に示す。

$$\begin{pmatrix} d\sigma_z \\ d\sigma_\theta \end{pmatrix} = \left\{ \frac{E_s}{1-\nu^2} \begin{bmatrix} 1 & \nu \\ \nu & 1 \end{bmatrix} - \frac{1}{S} \begin{bmatrix} S_1^2 & S_1 S_2 \\ S_1 S_2 & S_2^2 \end{bmatrix} \right\} \begin{pmatrix} d\varepsilon_z \\ d\varepsilon_\theta \end{pmatrix} \quad (6)$$

$$S = (S_1 s_z + S_2 s_\theta) \quad (7a)$$

$$S_1 = \frac{E_s}{1-\nu^2} (s_z + \nu s_\theta) \quad (7b)$$

$$S_2 = \frac{E_s}{1-\nu^2} (s_\theta + \nu s_z) \quad (7c)$$

ここで、 s_z : 鋼管の軸方向偏差応力、 s_θ : 鋼管の周長方向偏差応力、 ν : 鋼管のポアソン比、 ε_z : 鋼管の軸方向ひずみ、 ε_θ : 鋼管の周長方向ひずみを表す。

なお、ここでは圧縮を正の値としている。また、図の判例は図-8の計測位置を示す。図より、0°および180°位置に関して、0°では圧縮側、180°では引張側へ軸方向応力のみが増加する一軸応力状態であり、降伏後は周長方向応力が増加する二軸応力状態へ移行している。周長方向応力は引張側へ増加しており、充填コンクリートの体積膨張の影響を受けていることが確認できる。90°位置では、S柱では軸方向応力が圧縮側へ増加しているのに対し、CFT柱では引張側へ増加していることが伺える。これはCFT柱の中立軸位置が鋼管降伏後に圧縮側へ移動するためだと考えられる。降伏後は0°と同様に周長方向応力が引張側へ増加している。なお、骨材種類および径厚比による傾向の違いは見られなかった。

4.3 結論

本研究は、低品質再生骨材の有効利用法の検討をするため、CFT柱に適用した場合の中心圧縮試験および曲げ試験を行い、CFT柱への影響について実験的に検討したものである。得られた結果を以下に示す。

- (1) CFT柱の中心圧縮載荷時の破壊形式は、充填コンクリートの圧縮せん断破壊に伴う座屈が生じることで破壊に至った。さらに、中心圧縮耐力も現行のCFT指針でほぼ評価できた、コンクリートと鋼管の伸び剛性の比が小さくなるほど拘束効果を考慮した算定式を下回る傾向が確認できた。
- (2) CFT柱の曲げ載荷時の破壊形式も、骨材の違いに関わらず、鋼管の降伏後圧縮域端部で局部座屈発生後、引張側鋼管の破断によって終局に至った。さらに、曲げ耐力も現行のCFT指針で評価できた。
- (3) 曲げ試験において、CFTとしての特徴を発揮するにはコンクリートの端部を拘束させる必要がある。

参考文献

- 1) 日本コンクリート工学協会再生骨材標準化委員会：再生骨材コンクリートの現状と将来展望，日本コンクリート工学協会，2006。
- 2) 藤本利昭，小松博，櫻田智之：再生骨材コンクリートの合成構造への適用に関わる研究，日本建築学会技術報告集，Vol.17，pp.183-186，2011。
- 3) 日本建築学会：コンクリート充填鋼管構造設計施工指針，2008。
- 4) 山田嘉昭：マトリックス法材料力学，培風館，pp.37-53，1980。

