

鉄筋コンクリート充填鋼管構造の力学的特性に関する 実験的研究——その1

王 海軍*, 長谷川 明**, 塩井 幸武***

Experimental Study on Mechanical Characteristics of Reinforced Concrete Filled Steel Tubular Columns Subjected to Compression

Haijun WANG*, Akira HASEGAWA** and Yukitake SHIOI***

Abstract

This paper describes experimental study on the static mechanical characteristics of reinforced Concrete filled steel tubular structures. Reinforced Concrete filled steel tubular structures has higher strength, rigidity, ductility, and toughness than Concrete filled steel tubular structures. Strengthened by reinforcing bar, filled concrete can enhance not only strength, but also the characteristics of strain and rigidity. Compositing rib at the inner surface of steel tube can strength adhesion between steel tube and filled concrete, enhance composite effect and the ratio of yield strength to ultimate strength of structure. Steel tube can work together filled concrete until ultimate state.

Keywords: reinforced concrete filled steel tubular columns, mechanical characteristics, axial compression, composite effect

1. ま え が き

コンクリート充填鋼管柱は、鋼管の局部座屈を充填コンクリートで抑制し、鋼管自身の有している高い性能を発揮することができ、一方で充填されたコンクリートは鋼管によって強い横拘束を受けてコンクリート強度、じん性および剛性が大幅に改善できることが明らかにされている¹⁾。このため、断面を小さくしなければならない構造物の部材、建築構造物などに使用されている²⁾。このコンクリート充填鋼管柱は、このように力学的に優れているだけではなく、コン

クリート型枠が不必要であることから、省力化、工期短縮など優れた施工性も有している³⁾⁻⁶⁾。

さて、阪神・淡路大震災で多くの鉄筋コンクリート橋脚や柱などが大きな被害を受け、その多くがせん断力による破壊であった。このため、震災後、補強措置として、鉄筋コンクリート橋脚・柱の側面を鋼板で巻き、注入材で固めた一種の鉄筋コンクリート充填鋼板構造とする耐震補強が実施された¹⁾。一方、今後の大型構造物や長大構造物の建設と過密化した都市空間の有効利用を考えると、さらに断面の小さな部材の設計を可能とする構造が必要とされる。そこで、鉄筋コンクリートを鋼管に充填させた鉄筋コンクリート充填鋼管柱を検討の対象とした。充填コンクリートに鉄筋が挿入されることによって、中心部のコンクリートのせん断力に対する有効的な力学的挙動が期待され、鋼とコンクリート

平成 11 年 10 月 15 日受理

* 大学院工学研究科土木工学専攻博士後期課程・3 年

** 土木工学科・教授

*** 構造工学研究所・教授

の複合効果が改善されると考えられる。その結果、コンクリート充填鋼管柱に比較して、耐荷力、剛性、変形性能、およびじん性が改善されることが考えられる。

さらに、リブを有する鋼管を使用すると鋼とコンクリートの一体化が促進され、終局時まで両者が一体となって挙動する合成効果が向上し、優れた力学的特性を発揮できると考えられる。

本研究では、リブ無し鋼管とリブ有り鋼管を使用して、コンクリートと鉄筋コンクリートを充填させた試験体で圧縮耐荷力実験を行い、それぞれの力学的性状を調査した。圧縮耐荷力試験としたのは通常のせん断試験は阪神・淡路大震災に見られたようなせん断破壊を再現されないことから、最も近い圧縮せん断破壊で試験体の力学性状を検証することとしたためである。ここでは、その実験概要、実験結果および得られた結果について述べる。

2. 実験概要

2.1 試験体

試験体は、図-1に示す無筋コンクリートと3種類の配筋の鉄筋コンクリートを使用し、3グループの試験体を作製した。リブ有り鋼管のみ(SH1-SH2)及びリブ有り鋼管に鉄筋コンクリートを充填させた試験体10体(SHグループ)、リブ無し鋼管のみ(SN1-SN2)及びリブ

無し鋼管に鉄筋コンクリートを充填させた試験体10体(SNグループ)、及びコンクリートのみと鉄筋コンクリートのみの試験体12体(CNグループ)、合計32試験体(直径:200mm,高さ:400mm)である。鋼管の材料はSTK400であり、リブ断面は、ほぼ台形で鋼管取り付け側が7mm,上側が3mm,高さは4mmであり、取り付けピッチは40mmである。鉄筋はSD295,コンクリートの28日強度 σ_c は27.4 N/mm²であった。

2.2 実験装置及び荷重方法

実験は写真-1に示す2,940 kN 荷重装置を使用した。荷重方法は鋼管と充填コンクリート両者一体に軸方向に圧縮力を加えて、荷重制御方式によって荷重した。SHグループとSNグループの試験体に対しては、荷重荷重速度を5.88 kN/sec, 荷重段階を294,588,882 kNとし、1,764 kN から各荷重段階の荷重を3回繰り返した。CNグループの試験体に対しては、荷重荷重速度を2.94 kN/sec, 荷重段階を196,392,588 kNとし、588 kN から各荷重段階の荷重を3回繰り返した。各荷重上限と無荷重時に30秒間停止する荷重保持時間を設けた。なお、試験体の変位が大きくなる場合は、最大変位を50 mm 程度として実験を終了させた。

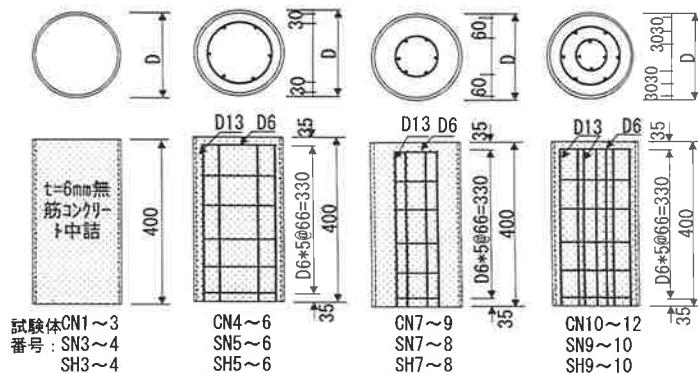


図-1 試験体の配筋詳細図

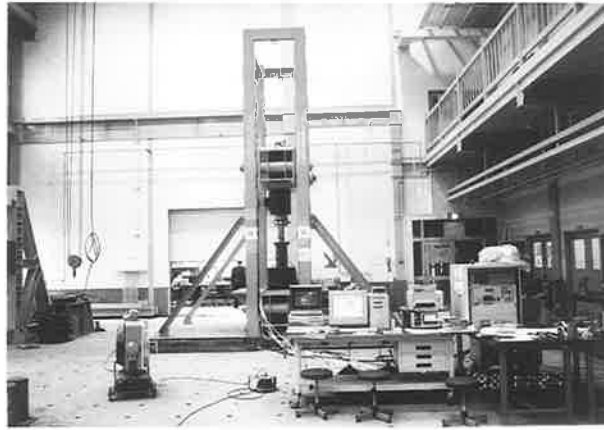


写真-1 実験装置

2.3 計測

計測項目については、鉛直荷重、上端部周囲の鉛直変位4点、中詰めコンクリートの中心ひずみ1点、および鋼管側面のひずみ12点である。また3軸塑性ひずみゲージを鋼管側面に4点貼り付けた。計測センサーの取り付け位置を図-2に示す。

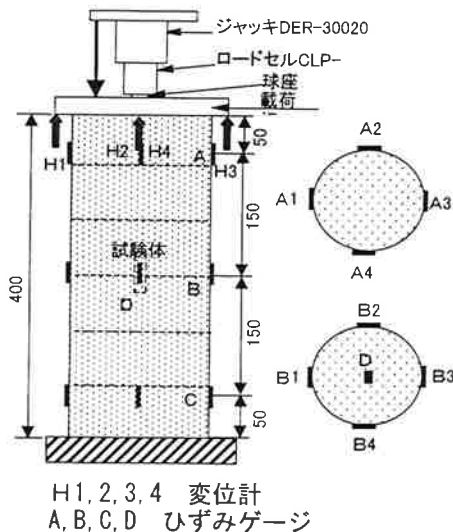


図-2 ひずみゲージと変位計

3. 実験結果と考察

ここでは、実験結果を示し、充填された鉄筋コンクリート、リブ無しとリブ有りの鋼管の力学的挙動について、破壊形態、最大荷重と合成効果、ひずみ及び剛性の順に考察する。

3.1 試験体の破壊形態

SH グループの試験体の試験後状況を写真-2に示す。鋼管のみの試験体は下部で提灯座屈し、破壊した。他の試験体は試験機最大載荷力 2,940 KN で壊れなかった。また、この鋼管を開いて充填コンクリートの状況を調べたが、異状は見られなかった。

SN グループの試験体の試験後状況を写真-3に示す。鋼管のみの試験体は、上部・下部で座屈し、下部では提灯座屈が発生した。写真-3bは、コンクリートのみの充填試験体 SN3, SN4 の鋼管を開いた破壊状況である。この試験体は上部と下部の鋼管の対称面で座屈した。鋼管が座屈した位置のコンクリートには微細な亀裂が集中し、上部から下部へ約 100 mm の微細な亀裂帯が見られた。この亀裂帯は試験体の軸方向から約 45 度傾いていた。また、鋼管とコンクリートの表面には横縞模様が付いていた。他の試験体は壊れなかったが、鋼管とコンクリート

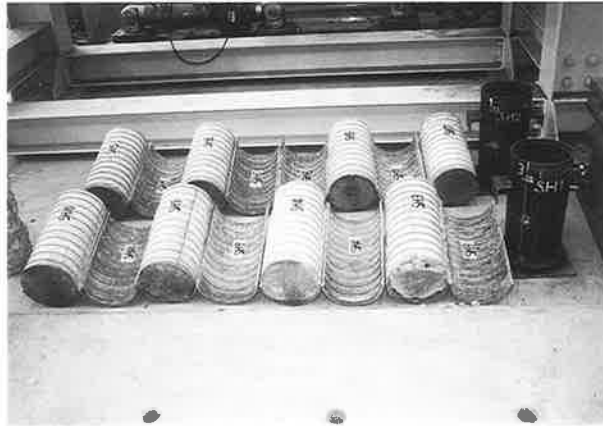


写真-2 SH グループ試験体の試験後状況



写真-3a SN グループ試験体の試験後状況



写真-3b 充填コンクリートの破壊状況



写真-4 CN グループ試験体の破壊状況

の表面には横縞模様が付いていた。

CN グループの試験体は、写真-4 に示すようにすべての試験体が破壊した。コンクリートのみの試験体は45度の斜断面に沿って圧縮せん断破壊した。2重配筋の試験体はかぶりコンクリートがはげ落ち、耐荷力が徐々に下がる要因となった。かぶり30mmと60mmの試験体はかぶりコンクリートがはげ落ち、このかぶりコンクリートの破壊が急激な耐荷力の低下を引き起こし、破壊した。かぶり30mmの試験体では、鉄筋に拘束されたコンクリートは45度の斜断面に沿って破壊した。他の試験体には破壊した斜断面が見られなかった。試験体の帯鉄筋と帯鉄筋の間の軸方向主鉄筋が座屈し、一部の帯鉄筋が破断した。

3.2 降伏荷重

実験から得られた荷重変位曲線の変曲点から降伏荷重を求め、SN グループとSH グループの降伏荷重 P_y を表-1 に示した。3.3.2 で得られる極限荷重の実験値 P_u と比べると、約70%～74%である。また、リブ有り鋼管試験体の P_y/P_u 値はリブ無し鋼管試験体より大きいことが分かった。これはリブによって複合構造の使用限界状態を高めることができると考えられる。

3.3 極限荷重

3.3.1 単純累加強度による計算値

単純累加方法では、鋼、鉄筋及びコンクリートの耐力が単に発揮できると仮定する。すなわち、軸方向圧縮力を受ける鉄筋コンクリート充填鋼管の最大耐荷力は次式で与えられる。

$$N_u = A_{sy}f_{sy} + A_c f'_c + A_s f_s \quad (1)$$

ここに、 A_{sy} 、 A_c 、 A_s ：鋼管部の断面積、コンクリートの断面積、軸方向鉄筋の断面積
 f_{sy} 、 f'_c 、 f_s ：鋼管の降伏点強度、コンクリートの圧縮強度、鉄筋の降伏強度

本論文では、コンクリートのみ、あるいは鉄筋、鋼管のみの最大荷重から求められた最大応力を使用して単純累加方法(1)で各試験体の最大荷重の計算値を求めた。ここで、 f'_c 、 f_s はそれぞれ 33.2 N/mm^2 及び 337.6 N/mm^2 であった。SN グループとSH グループの f_{sy} はそれぞれ 337.6 N/mm^2 、 513.5 N/mm^2 であった。

3.3.2 極限荷重の実験値

CN グループ試験体の極限荷重の実験値と計算値を表-2 に示し、実験値と計算値の比を複合効果として計算した。それによると、CN グループの平均値は1.04である。すなわち、軸方向圧縮力を受ける鉄筋コンクリート柱に対しては、

表-1 SN グループと SH グループの降伏荷重

リブ無し鋼管の試験体 (SN グループ)				リブを有する鋼管の試験体 (SH グループ)			
試験体番号	降伏荷重 Py (tf)	最大荷重 Pu (tf)	Py/Pu	試験体番号	降伏荷重 Py (tf)	最大荷重 Pu (tf)	Py/Pu
SN1	85.1	130.4	0.65	SH1	144.8	189.7	0.76
SN2	87.6	143.7	0.61	SH2	145.1	193.7	0.75
SN3	205.7	294.5	0.70	SH3	270.2	321.2	0.84
SN4	200.1	294.2	0.68	SH4	269.9	342.8	0.79
SN5	200.5	310.2	0.65	SH5	266.1	362.1	0.73
SN6	210.4	327.6	0.64	SH6	270.4	374.9	0.72
SN7	255.6	341.9	0.75	SH7	275.6	382.9	0.72
SN8	249.9	315.4	0.79	SH8	278.8	372.7	0.75
SN9	280.3	349.1	0.80	SH9	280.8	415.0	0.68
SN10	275.6	370.4	0.74	SH10	280.2	417.6	0.67
Py/Pu の平均値			0.70	Py/Pu の平均値			0.74

表-2 CN グループの最大荷重と複合効果

コンクリートのみ			鉄筋コンクリート試験体					複合効果
試験体番号	最大荷重 (kN)	平均荷重 A (kN)	試験体番号	最大荷重 (kN)	平均荷重 EC (kN)	累加強度法 の計算値	平均値 D1	EC/D1
CN1	857.5	935.6	CN4	1,246.6	1,268.4	1,224.1	1,224.1	1.04
CN2	975.4		CN5	1,261.3		1,224.1		
CN3	973.9		CN6	1,297.5		1,224.1		
			CN7	1,365.1	1,270.6	1,224.1	1,224.1	1.04
			CN8	1,176.0		1,224.1		
			CN9	1,053.5		1,224.1		
			CN10	1,255.5	1,556.7	1,512.6	1,512.6	1.03
			CN11	1,572.9		1,512.6		
			CN12	1,540.6		1,512.6		

* CN9, 10 は載荷時に偏心載荷があったため平均値の計算から除外されている

単純累加方法が適用できることを示している。

SN グループと SH グループ試験体の極限荷重の実験値と計算値を表-3 に示し、実験値と計算値の比を合成効果として計算した。試験機最大載荷力の 2,940 KN で破壊しなかった試験体

については、荷重変位曲線をワイブル曲線と近似させて最大荷重を求めた⁷⁾。

$$P = P_{\max} [1 - \exp(-(s/d_s)^m)] \quad (2)$$

ここで、

表-3 SN グループと SH グループの最大荷重と合成効果

リブ無し鋼管のみ			コンクリート充填鋼管					合成効果
試験体番号	最大荷重 (kN)	平均荷重 (kN) B1	試験体番号	最大荷重 (kN)	平均荷重 (kN) EN	累加強度法 の計算値	平均値 D2	EN/D2
SN1	1,277.8	1,342.9	SN3	2,885.9	2,884.4	2,309.8	2,309.8	1.25
SN2	1,408.0		SN4	2,883.0		2,309.8		
			SN5	3,040.0	3,125.2 *	2,555.0	2,555.0	1.22
			SN6	3,210.5		2,555.0		
			SN7	3,350.6	3,220.8 *	2,555.0	2,555.0	1.26
			SN8	3,090.9		2,555.0		
			SN9	3,421.2	3,525.6 *	2,800.1	2,800.1	1.26
			SN10	3,629.9		2,800.1		
リブを有する鋼管のみ			コンクリート充填鋼管					合成効果
試験体番号	最大荷重 (kN)	平均荷重 (kN) B2	試験体番号	最大荷重 (kN) EH	平均荷重 (kN)	累加強度法 の計算値	平均値 D3	EC/D3
SH1	1,859.5	1,878.7	SH3	3,147.8	3,253.6 *	2,686.1	2,676.9	1.22
SH2	1,898.0		SH4	3,359.4		2,667.7		
			SH5	3,548.6	3,611.3 *	3,034.6	3,034.6	1.19
			SH6	3,674.0		3,034.6		
			SH7	3,752.4	3,702.4 *	3,034.6	3,034.6	1.22
			SH8	3,652.5		3,034.6		
			SH9	4,067.0	4,079.7 *	3,493.6	3,484.3	1.17
			SH10	4,092.5		3,475.1		

* weibull 分布で求めた最大荷重である

 P : 試験体の荷重 P_{\max} : 試験体の極限荷重 s : 試験体の変位 d_s : 基準変位 m : 変位指数

この方法は (2) 式に実験値 (P, s) をあてはめ、最小 2 乗法によって、回帰係数 P_{\max} 及び d_s を決定するものである。 $s = d_s$ の時、 $P = 0.632 P_{\max}$ となることから、 d_s はほぼ降伏荷重に対応する変位と言える。なお、この際の m として 1 を採用した。

図-3 に破壊した SN1-SN4 と SH1-SH2 の

6 試験体の実験曲線とそれらの実験値から (2) 式で計算されたワイブル分布曲線を示す。両者はほぼ一致しており、最大荷重の誤差は 4.0 ~ 8.2% である。そのため、最大荷重を測定できなかった試験体について、測定データから、ワイブル分布で最大荷重を求めることは一定の信頼性があると考えられる。

鋼管とコンクリートが単体として抵抗する最大荷重に対し、充填鋼管の場合には鋼材とコンクリートの相互作用によって最大荷重が増大すると考えられる。この最大荷重は、鋼材の耐荷力増加によるものと、鉄筋コンクリートあるい

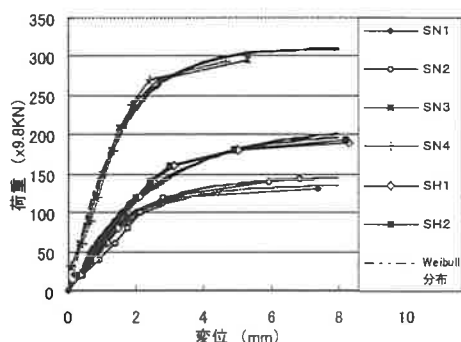


図-3 実験曲線とワイブル曲線

はコンクリートの耐荷力増加によるものが加わって発生できると考える。そこで、鋼材の荷重増大率 α_s と、コンクリートの荷重増大率 α_c を使って、試験体の最大耐荷力は(3)式のように表現されるものと考えた。なお、ここでは、軸方向圧縮力は試験体の断面の図心に作用する、鋼管、鉄筋およびコンクリートは同時に終局状態に到達するとそれぞれ仮定する。

$$P_{\max} = \alpha_s P_s + \alpha_c P_c \quad (3)$$

ここに、

α_s : 鋼材の荷重増大率

P_s : 鋼材のみの最大荷重

α_c : コンクリートの荷重増大率

P_c : コンクリートのみの最大荷重

(1) $\alpha_s = \alpha_c$ と考えるとき

まず、計算を簡略化するため、 $\alpha_s = \alpha_c$ として考えると、式(3)は

$$P_{\max} = \alpha(P_s + P_c) \quad (4)$$

となる。

ここで、 P_s を鋼管のみの最大荷重、 P_c をCNグループ試験体の最大荷重として、計算された荷重増大率 α を合成効果として計算したものが表-3である。

表-3の上段はリブなし鋼管試験体SNグループの最大荷重の実験値と、計算された荷重増大率 α を計算したものである。SNグループ

の合成効果の平均値は1.25であり、コンクリートを取り巻くように鋼管を使用することが高い合成効果を生起させていることが示された。これは、充填コンクリートにより鋼管の座屈が防止されていることと、圧縮されるコンクリートが鋼管により軸直角方向に拘束されていることによるものと考えられる。

表-3の下段は、リブ有り鋼管試験体SHグループの最大荷重の実験値と、計算された荷重増大率 α を計算したものである。合成効果の平均値は1.20であり、上段のリブなし試験体の合成効果より小さな値となっている。しかし、これはリブ有り鋼管のみの試験体の最大荷重 P_s が大きいことに影響されていると考えている。

リブを有する鋼管試験体(SHグループ)の合成効果とリブなし鋼管試験体(SNグループ)の合成効果と比較すると、表-4のように計算された。リブ有り鋼管試験体については、使用した鋼管の直径がリブ無し鋼管と異なるため、最大荷重の実験値を断面積で換算修正している。最大荷重は約1.29倍となった。これはリブによって鋼管の局部座屈が抑制され、鋼管の強度が高まったためと考えられる。

(2) $\alpha_s \neq \alpha_c$ と考えるとき

鋼管のみの試験体SN1,2とコンクリート充填鋼管SN3,4の鋼管外面中央部のひずみ状況を図-4に示す。鋼管のみの試験体SN1,SN2は全体が降伏段階に入って、局部座屈で破壊した。最大荷重時に発生した鋼管のひずみは約0.014である。コンクリート充填鋼管試験体SN3,SN4の最大荷重時の鋼管ひずみも約0.014であり、鋼管のみの試験体とほぼ一致している。そのため、両者の試験体の鋼管が最大荷重時に負担している荷重は、ほぼ同一と考え、 $\alpha_s \approx 1$ と仮定すると、式(3)は

$$P_{\max} = P_s + \alpha_c P_c \quad (5)$$

となる。

この考え方に従って、コンクリートあるいは鉄筋コンクリート充填鋼管柱の最大荷重から求

表-4 リブの効果

リブ無し鋼管の試験体(SN グループ)			リブを有する鋼管の試験体(SH グループ)			リブの効果
試験体番号	最大荷重 (KN)	平均荷重 (KN) B1	試験体番号	最大荷重 (KN)	平均荷重 (KN) B2	B2/B1
SN1	1,278	1,342.9	SH1	2,011.0	2,031.8	1.51
SN2	1,408		SH2	2,052.7		
SN3	2,886	2,884.4	SH3	3,404.3	3,518.8	1.22
SN4	2,883		SH4	3,633.2		
SN5	3,040	3,125.2	SH5	3,838.5	3,906.0	1.25
SN6	3,210		SH6	3,973.5		
SN7	3,351	3,220.8	SH7	4,058.2	4,004.2	1.24
SN8	3,091		SH8	3,950.1		
SN9	3,421	3,525.6	SH9	4,398.5	4,412.2	1.25
SN10	3,630		SH10	4,426.0		

リブ有り鋼管試験体については、使用した鋼管の直径がリブ無し鋼管と異なるため、最大荷重の実験値を直径比で換算修正している。

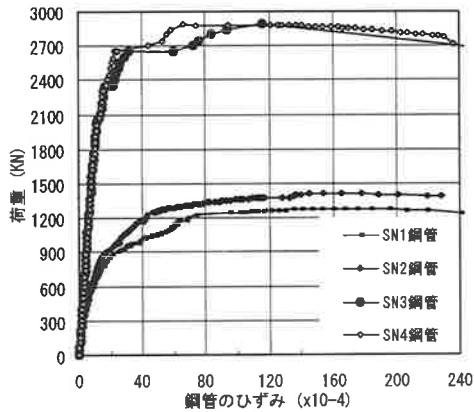


図-4 単独鋼管と充填鋼管のひずみ

められた α_c を表-5に示す。リブなし鋼管SNグループの平均値は1.63であり、リブを有する鋼管SHグループの平均値は1.68である。充填されたコンクリートが単体コンクリートより約1.6倍以上の圧縮強度を発揮していることが示されている。また、リブなし鋼管試験体に比べ、リブを有する鋼管試験体の値が大きいことが示されており、リブを付けることによって、充填

コンクリートはさらに高い強度を発揮させることができることが示されている。

3.4 試験体のひずみ状況

(1) 充填コンクリートのひずみ状況

図-5にコンクリート充填試験体SN4の鋼管中央部側面と充填コンクリート中央部、およびコンクリートのみ試験体CN2の中央部のひずみ状況を示す。SN4の鋼管中央部側面と充填コンクリート中央部のひずみを比較すると、最大荷重まで両者は、ほぼ同じ曲線を示し、最大荷重時のひずみは約0.014である。その後、鋼管の降伏に伴って、鋼管の直径は急激に増大し、充填コンクリートの横拘束効果が低下し、充填コンクリートの耐荷力は急激に下がる。これをコンクリートのみ試験体CN2の荷重ひずみ曲線と比べると、充填コンクリートの最大ひずみはコンクリートのみ試験体の最大ひずみより約7倍となって、高い変形性能があることが示された。また、最大荷重を越えた後、鋼管と内部コンクリートのひずみ大きく異なる分岐の現象を

表-5 拘束されたコンクリートの強度の増強

鋼管	充填状況	Pmax	Ps+Pr	Pc	Pmax-Ps-Pr	α_c
リブ無し	コンクリート	2,884.4	1,342.6	973.4	1,541.8	1.58
	かぶり 3 cm	3,125.2	1,605.3	973.4	1,520.0	1.56
	かぶり 6 cm	3,221.3	1,605.3	973.4	1,616.0	1.66
	二重配筋	3,526.0	1,874.1	973.4	1,651.9	1.70
平均値						1.63
リブ有り	コンクリート	3,253.6	1,878.7	826.7	1,374.9	1.66
	かぶり 3 cm	3,611.3	2,257.7	826.7	1,353.6	1.64
	かぶり 6 cm	3,702.4	2,257.7	826.7	1,444.7	1.75
	二重配筋	4,079.7	2,695.8	826.7	1,384.0	1.67
平均値						1.68

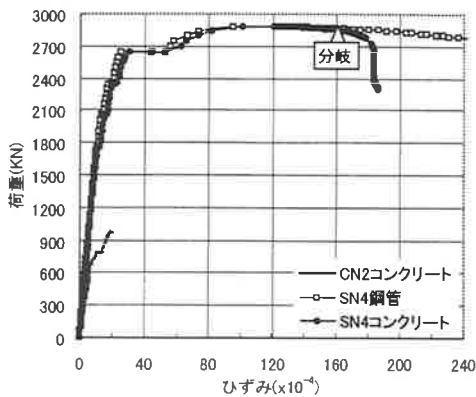


図-5 充填コンクリートのひずみ及び分岐現象

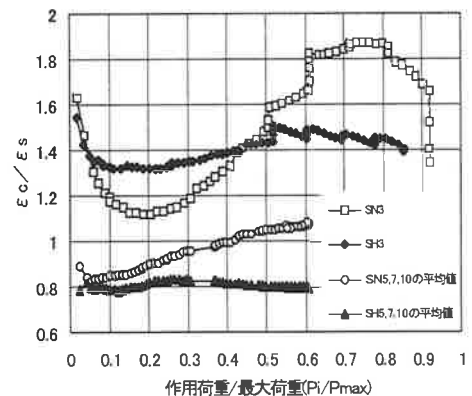


図-6 中心コンクリートのひずみと外側鋼管のひずみの比較

示した。このとき、鋼管は局部座屈が発生したものと考えられる。

(2) ひずみ状況におけるリブと鉄筋の効果

リブと鉄筋の効果を調べるため、図-6 に荷重変化に伴う充填コンクリートと鋼管のひずみの比を描いた。横軸は作用荷重と最大荷重の比で、縦軸は充填コンクリート中央部のひずみと同一断面位置における鋼管のひずみの比である。

リブ無し鋼管試験体 SN グループに対しては、ひずみの比 (ϵ_c/ϵ_s) が荷重の増大に伴って増大している。しかし、リブ有り鋼管試験体に対しては、その比 (ϵ_c/ϵ_s) が荷重の増大に伴っ

て変わっていない。これは、リブなし鋼管では荷重増大に伴って中央部のコンクリートひずみが増大してしまうのに対し、リブ付き鋼管では鋼管とコンクリートの一体化が良好であり、両者が一体となって荷重に抵抗していると考えられる。

コンクリートのみの充填鋼管試験体の場合には、コンクリート中央部のひずみが鋼管側面のひずみより大きい。しかし、鉄筋コンクリート充填鋼管試験体では、中心部のコンクリートのひずみは外側の鋼管のひずみより小さい。このようなひずみの低下は、鉄筋の効果と考えられ

る。表-6 に、リブと鉄筋の効果をまとめた。

3.5 試験体の剛性

図-7 は各試験体の荷重変位曲線の包絡線である。包絡線の直線部分の勾配を試験体の剛性と定義すると、試験体グループによって剛性が異なっていることが示されている。剛性は鋼管のみの試験体、鉄筋コンクリートの試験体、リブ無し鋼管の試験体、およびリブ有り鋼管試験体の順に増大している。試験体の荷重変位曲線の包絡線から求めた剛性を表-7 に示す。同一グループの剛性は、二重配筋試験体が一番大きく、かぶり 3 cm の試験体はかぶり 6 cm の試験体より大きい。このことから配筋が試験体の剛性に影響を与えていると考えられる。

4. 結 論

本研究は、鉄筋コンクリート充填鋼管と、充填鋼管におけるリブの効果について実験的に研究したものである。本研究において得られた結論をまとめると、以下の通りである。

(1) 鋼管にコンクリートあるいは鉄筋コンクリートを充填すると、合成効果により高い耐

荷力が得られる。リブ有り鋼管を使った充填鋼管は、リブ無し鋼管を使った充填鋼管よりさらに高い耐荷力が得られる。

(2) 鋼管とコンクリートの合成効果は拘束された充填コンクリートによって得られたと考えられる。

(3) 充填コンクリートに鉄筋を入れることによって、中心部のコンクリートに拘束効果を高めることができ、充填コンクリートに発生するひずみを鋼管よりも低下させる効果があると考えられる。また、配筋が試験体の剛性に影響を与える。

(4) リブ有り鋼管試験体の P_y/P_u 値はリブ無し鋼管試験体より大きく、リブにより複合構造の使用限界状態を高めることができる。

(5) リブ有り鋼管試験体に対しては、充填コンクリート中央部のひずみと同一断面位置における鋼管のひずみの比 ($\varepsilon_c/\varepsilon_s$) が荷重の増大に伴ってほぼ変わっていない。これはリブ有り鋼管とコンクリートの一体化が進み、終局時まで両者によって荷重に抵抗しているからであると考えられる。

(6) 鋼管により拘束された充填コンクリー

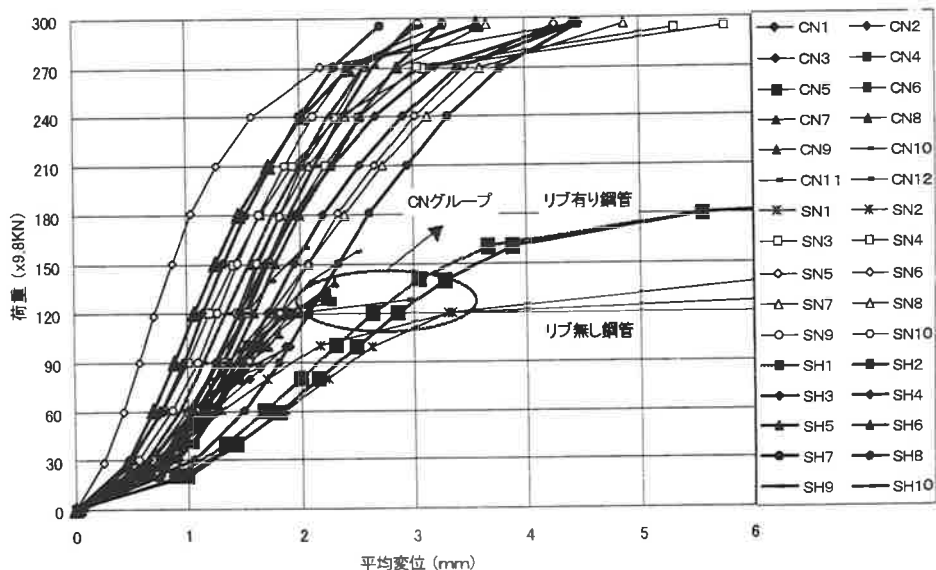


図-7 荷重変位曲線の包絡線

表-7 試験体の剛性 (kN/mm)

充填状況	コンクリート試験体			リブ無し鋼管試験体			リブ有り鋼管試験体		
	試験体	剛性	平均	試験体	剛性	平均	試験体	剛性	平均
鋼管のみ				SN1	496.0	478.3	SH1	604.1	569.0
				SN2	460.7		SH2	534.0	
コンクリート	CN1	653.8	639.3			1,247.0			1,202.2
	CN2	650.9		SN3	1,262.9		SH3	1,243.5	
	CN3	613.1		SN4	1,231.0		SH4	1,160.9	
かぶり 3 cm	CN4	826.8	830.8			1,394.4			1,352.5
	CN5	832.4		SN5	1,802.9		SH5	1,446.4	
	CN6	833.3		SN6	985.9		SH6	1,258.6	
かぶり 6 cm	CN7	767.5	766.4			1,290.8			1,247.1
	CN8	767.1		SN7	86.66 *		SH7	1,451.7	
	CN9	764.5		SN8	1,290.8		SH8	1,042.6	
二重鉄筋	CN10	915.9	914.8			1,384.3			1,327.2
	CN11	925.0		SN9	1,405.3		SH9	1,327.3	
	CN12	903.6		SN10	1,363.2		SH10	1,327.0	

* SN7の変位の計測に異常があったため、平均の計算から除外した

トは、コンクリートのみの試験体に比べ大きな耐荷力、変形性能を有している。なお、最大荷重を越えた後、鋼管と充填コンクリートのひずみ大きく異なる分岐の現象が示された。

本研究によって、充填鋼管における鉄筋およびリブつき鋼管の役割の一部が解明できたと考えている。しかし、本実験では、一部試験体が載荷試験の最大荷重を越える耐荷力を有していたため、終局までの力学的挙動を調査できなかった。このため、試験体の寸法を変えて、さらに実験を行い、変形性能、靱性などに関する研究成果を得たいと考えている。また、曲げなどの他の力学的条件に対しどのような挙動を示すか検討しなければならないと考えている。

参考文献

- 1) 日本鋼構造協会, 土木分野におけるコンクリート充填鋼管構造の現状と今後の課題, 1998.9.
- 2) JSSC 特集: 第4の構造“CFT”, Japan Society of Steel Construction, No. 28, 1998.
- 3) 塩井幸武: RC橋脚のせん断補強と靱性確保のための配筋に関する研究, 平成7年度—9年度科学研究費補助金研究成果報告書, 1998.3.
- 4) 村田清満, 安原真人, 渡辺忠朋, 木下雅敬: コンクリート充填円形鋼管柱の耐荷力と変形性能の評価, 構造工学論文集, Vol. 44A, 土木学会, PP. 1555-1564, 1998.3.
- 5) 大谷悟司, 佐藤重一, 川島一彦, 庄司 学, PC鋼棒及びPC鋼より線を帯筋に使用したコンクリート柱の横拘束効果に関する研究, 構造工学論文集, Vol. 44A, 土木学会, PP. 1325-1332, 1998.3.
- 6) 中井 博, 北田俊行, 吉川 紀, 村上脩二, 桜本洋一, 曲げとねじりを受けるコンクリート充填円形断面鋼管の実験的研究, 土木学会論文集

- No. 612/I-46, PP. 85-97, 1999.1. 結果の整理方法, 基礎工, Vol. 10, NO. 9, PP. 21-30, 1982.
- 7) 宇都一馬, 冬木 衛, 桜井 学: 杭の載荷試験