

高密度RC柱の途中継手構造に関する実験的検討

JR 東日本 正会員 ○渡辺 勉
JR 東日本 正会員 鈴木 裕隆
JR 東日本 正会員 渡部 太一郎

1. はじめに 都市部に鉄道高架橋等を構築する場合、既設構造物や営業線路に近接した狭隘な箇所での施工となる場合がある。従来このような箇所には、鋼あるいはCFT構造が多く用いられてきたが、コスト低減の観点から一般構造用鋼管を用いた高密度RC柱の開発も進められている¹⁾。高密度RC柱とは、型枠とせん断補強鋼材兼用の鋼管内に、コンクリートと軸方向鉄筋(鉄筋比20%程度)を配置した構造である。本構造を高さの大きな橋脚に適用する場合、施工性の観点から鋼管及び鉄筋に継手構造を設け、分割して施工する必要がある。橋脚に作用する曲げモーメントは一般に上部になるにつれて小さくなるため、本研究では、径の異なる2本の鋼管をソケット方式により接合する構造を想定している。ソケット方式として理由としては、接合部及び部材の鋼材及び鉄筋の加工度が小さく、可搬性、経済性に優れていること、建込み時の施工誤差を接合部で吸収できるため施工性にも優れていることなどが挙げられる。本論文では、部材途中に継手構造を有する高密度RC柱について、その耐荷機構を検討するために載荷試験を実施したのでその結果について報告する。

2. 実験概要 図-1に実験に用いた試験体の概要を、表-1に材料諸元をそれぞれ示す。同図に示すように、フーチング以下の下部構造を省略した梁試験体を製作し、両端単純支持とした曲げ載荷試験を行った。

今回の実験では、鋼管の差込長 $L=1.5D_1$ 、せん断スパン $a=1570\text{mm}$ 、太径鋼管(以下、太径) $D_1/t_1=55.6$ 、 a/d_1 (d は有効高さ) $=5.0$ 、細径鋼管(以下、細径) $D_2/t_2=21.1$ 、 $a/d_2=6.6$ した。

ソケット方式の継手構造部において、鉄筋の継手構造部への定着長が不十分であると、ソケットの端部である A-A 断面及び C-C 断面において、鉄筋が有効に機能せず、鉄筋を含めた断面耐力を見込めなくなると考えられる。そこで今回は A-A 断面に着目し、鉄筋の定着長が断面耐力に与える影響を検討するために、試験パラメータとして、太径の鉄筋の継手構造部への定着長 ($l_f=0\text{mm}$ 、 $130(10\phi)\text{mm}$ 、 $260(20\phi)\text{mm}$) を設定した。また、鉄筋の定着長は1段配筋と多段配筋では異なることが想定されるため、現象を単純化するため、今回は1段配筋としている。そのため、鉄筋比は7.4と従来の高密度RC柱よりは少なくなっている。一方、C-C断面における鉄筋定着長 l_2 は鋼管の差込長 $L_s=535\text{mm}$ (24 ϕ) とし、かつ細径では破壊しないように鉄筋は太径より多く配置した。鋼管及び鉄筋のひずみの計測は A-A 断面に対して行った。

さらに、継手構造部では破壊及び大きな損傷を生じないようにするため、継手構造部の外側にさらに鋼板厚30mmの鋼管を配置し、柱鋼管との隙間はモルタルで充填した補強構造を設けた。これにより、A-A断面に対して1.5倍の安全率(設計曲げモーメント/設計曲げ耐力)を確保した。

3. 実験結果 図-2に各ケースの荷重変位曲線を示す。図中の「剥離」とは、継手構造部の充填モルタルと太径側及び細径側の鋼管との間に剥離が生じた状態である。「0度」、「45度」とは載荷方向に対する角度を表す。各ケースとも継手構造部の端部に、細径側、太径側の順に剥離が生じ、そのあと、A-A断面(図-1参照)における0度位置の鋼管が降伏、45度位置の鋼管が降伏して、最大荷重に至る挙動を示した。ケース1及び2については載荷試験機の制約から図-2に示す変位で載荷を終了したが、ケース3については鋼管が破断し終局に至った。また、各ケースで最大荷重を比較するとケース2が最も大きく、鉄筋定着長が大きいほど、耐力が向上することがわかる。どこまで定着させることが必要であるかについては今後の検討課題とする。

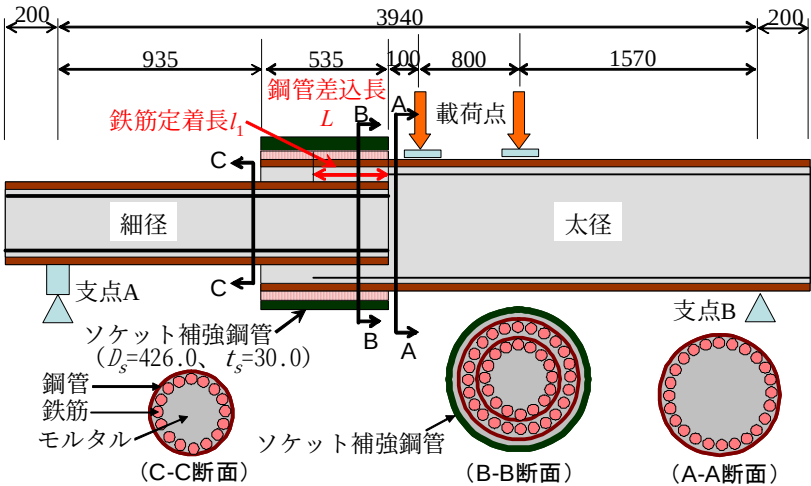


図-1 継手構造を有する高密度RC柱の梁試験体の概要

表-1 材料諸元

(a)太径

ケース	鋼管				鉄筋			
	長さ L_1 (mm)	外径 D_1 (mm)	厚さ t_1 (mm)	降伏 強度 f_{syk1} (N/mm ²)	径 本数	定着長 l_f (mm)	鉄筋 比	降伏 強度 f_{ryk1} (N/mm ²)
1	3205	355.6	6.4	303	D13	130(10 ϕ)	7.4	375
2					52 本	260(20 ϕ)		
3						0		

(b)細径

ケース	鋼管				鉄筋			
	長さ L_2 (mm)	外径 D_2 (mm)	厚さ t_2 (mm)	降伏 強度 f_{syk2} (N/mm ²)	径 本数 (2段)	定着長 L_2 (mm)	鉄筋 比	降伏 強度 f_{ryk2} (N/mm ²)
1	1670	267.4	12.7	420	D22	535	34.7	380
2					①24 ②18本			
3								

(c)ソケット補強鋼管

	長さ L_s (mm)	外径 D_s (mm)	厚さ t_s (mm)	強度 f_{syks} (N/mm ²)
全ケース 共通	535	426	30	345以上 (公称値)

(d)モルタル強度

ケース	モルタル 強度 f_{ck} (N/mm ²)
1	30.9
2	32.8
3	34.7

キーワード：柱、ソケット式継手、定着長、曲げ載荷試験

連絡先：〒151-8512 東京都渋谷区代々木二丁目2番6号 東日本旅客鉄道(株)東京工事事務所 工事管理室 TEL03-3379-4353

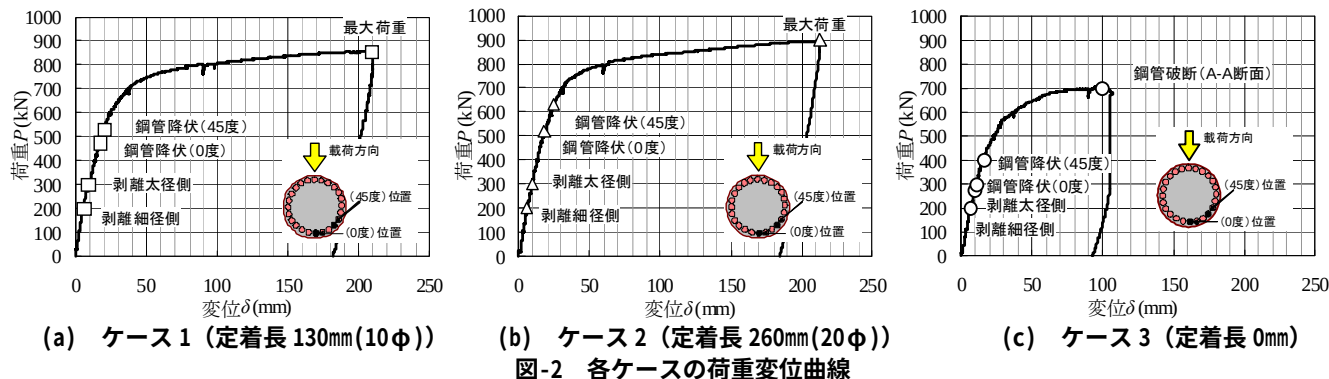


図-2 各ケースの荷重変位曲線

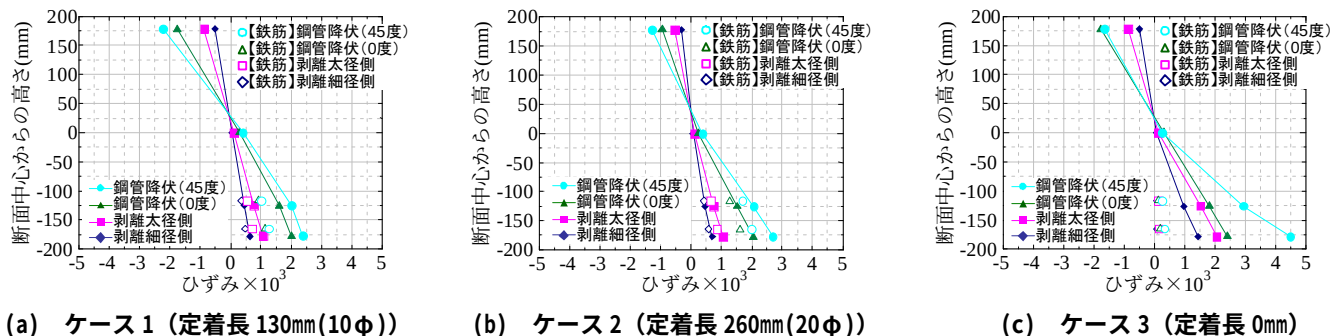


図-3 各ケースの A-A 断面における鋼管及び鉄筋のひずみ分布

図-3 に各ケースの A-A 断面におけるひずみ分布を示す。なお、白抜きの凡例は鉄筋のひずみを示している。ケース 1 については、剥離が生じる程度の荷重であれば、鋼管のひずみを結んだ直線状に鉄筋のひずみも重なっており、当該断面において平面保持が成り立ち、鉄筋と鋼管が一体として挙動していることがわかる。荷重の増加とともに、その関係が崩れ、降伏時においては、鋼管のひずみに比べて鉄筋のひずみが小さくなっており、鉄筋が耐荷機構に有効に寄与していないと考えられる。ケース 2 については、ケース 1 に比べて 0 度位置の鋼管が降伏する程度の荷重までは、平面保持が成り立っていることがわかる。ケース 3 については、鉄筋のひずみがほとんど発生せず、ソケット端部の断面においては、鋼管のみの耐荷機構となっていると考えられる。

表-2 実験値と計算値の比較

ケース	My(0 度) (kN・m)		My(45 度) (kN・m)		Mu (kN・m)	
	実験値	計算値	実験値	計算値	実験値	計算値
1 (定着長 10φ)	477	486	532	585	857	680
2 (定着長 20φ)	518	486	630	585	902	680
3 (定着なし)	271	486	300	585	700	680
		240*		280*		345*

*鋼管内の鉄筋を考慮せずに算出した値

表-2 に降伏荷重 M_y 及び終局荷重 M_u の実験値と設計標準²⁾に従い算定した計算値の比較を示す。鋼管は同じ鋼材量の鉄筋として算定している。ケース 2 については、鋼管降伏時及び終局時ともに実験値が計算値を上回る結果となった。ケース 1 については、45 度位置の鋼管降伏時において実験値が計算値を下回っていた。これは、図-3 に示したひずみ分布図からもわかるように、平面保持が成り立たなくなり、鉄筋が耐荷機構に十分に寄与していないためであると考えられる。一方、ケース 3 においては、実験値が計算値を下回る結果となっていることがわかる。これは、図-3 に示したひずみ分布図からもわかるように、載荷初期の段階から平面保持が成立しておらず、鉄筋が耐荷機構に寄与していないためであると考えられる。表-2 には鋼管内の鉄筋を考慮せずに算出した計算値をあわせて示したが、ケース 3 についてはその計算値とほぼ同程度の実験値となった。

4. まとめ 高密度 RC 柱の部材途中の継手構造に関する実験的な検討を行った結果、今回の実験条件（鋼管の差込長 $L=1.5D_1$ 、せん断スパン $a=1570\text{mm}$ 、太径鋼管 $D_1/t_1=55.6$ 、 a/d_1 (d は有効高さ) $=5.0$ 、細径鋼管 $D_2/t_2=21.1$ 、 $a/d_2=6.6$) 下では以下のことが判明した。

- (1) 曲げ載荷試験を実施した結果、継手構造部の端部に、細径側、太径側の順に剥離が生じ、そのあと、0 度位置の鋼管が降伏、45 度位置の鋼管が降伏して、最大荷重に至る挙動を示した。鉄筋の定着の無いケースについては鋼管が破断して終局に至った。
- (2) 継手構造部への鉄筋の定着が不十分であると、耐力を確保できないことがわかった。本実験の限られた条件であるが、高密度 RC 柱の部材途中の継手構造部における鉄筋の定着長は 10φ では不十分であり、20φ 以上とすることが適切であると考えられる。
- (3) 継手構造部への鉄筋定着長を 20φ 程度確保すれば、平面保持が成立し鋼管と鉄筋が一体となった耐荷機構となることがわかった。

今後は、鋼管内の鉄筋が多段配筋となった場合の耐荷機構への影響等を検討する必要があるとともに、本構造の架設方法等の施工性や実構造物に適用する際の経済性の検討等を行っていきたいと考えている。

参考文献

- 1) 例えば、竹市他：高密度に軸方向鉄筋を配置した RC 柱の接合部に関する実験的検討，pp.163-168，コンクリート工学年次論文集，2010
- 2) 鉄道総合技術研究所：鉄道構造物等設計標準・同解説—コンクリート構造物—，丸善，2004