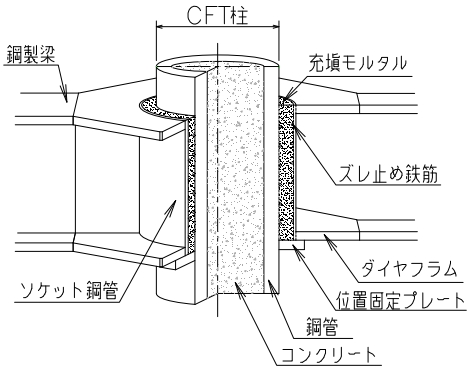
複合ラーメン高架橋の梁柱接合工法について

東日本旅客鉄道（株）東北工事事務所　正会員　○阿部　哲

１．はじめに

鉄道建設工事は、線路直上の高架化工事や線路上空の人工地盤工事など、施工が困難で用地や作業時間などの制約条件が多い。このような制約条件に対して、施工の安全性を確保した上で、工期短縮、コストダウンが可能な構造が求められている。既往の構造としては、CFT（コンクリート充填鋼管）柱と鋼製梁を用いた複合ラーメン高架橋がよく用いられている。しかし、梁のスパンが長くなった場合などに、CFT 柱では鋼管の部材厚が厚くなり、施工効率の低下やコストアップが生じる課題があった。

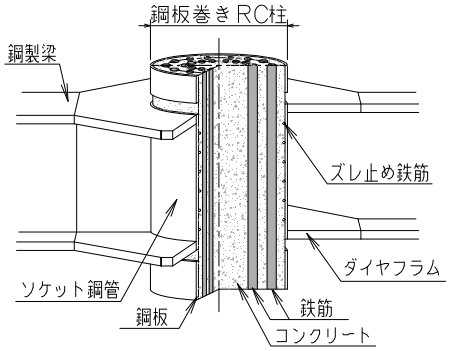
そこで、CFT 柱を鋼板巻き RC 柱に変更して、接合部の実験的検証および耐荷性状の検討を行なったので、得られた知見を報告する。



図－１　CFT 柱と鋼製梁の接合工法

２．接合工法の概要

CFT 柱と鋼製梁の接合工法を図－１に示す。既往の研究[1)]から接合部の主な耐荷機構は、CFT 柱とソケット鋼管の間に発生する支圧力の偶力と、ソケット鋼管と充填モルタルの間に発生する摩擦力の偶力により接合部に作用する曲げモーメントおよびせん断力に抵抗しているものと考えられており、この接合工法による施工実績も多い。今回の鋼板巻き RC 柱と鋼製梁との接合工法を図－２に示す。柱部材を CFT 柱から鋼板巻き RC 柱に変更し、曲げを鋼管内に配置した RC により負担させ、鋼管はせん断を負担することで、部材厚を薄くできる構造である。

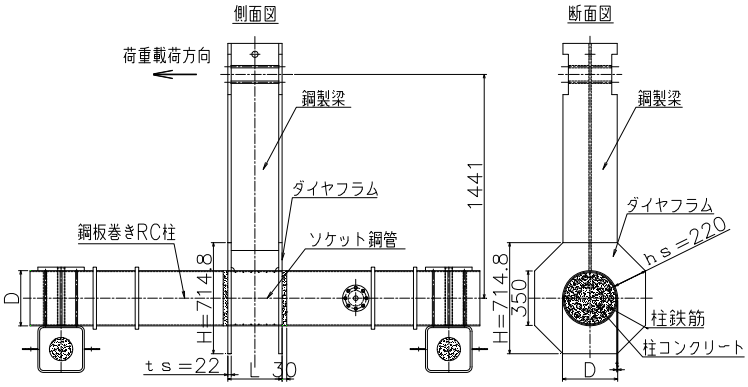


図－２　鋼板巻き RC 柱と鋼製梁の接合工法

３．試験内容

（１）試験概要

試験は、鋼製梁と鋼板巻き RC 柱の接合部の曲げ耐力を確認する目的で行った。試験では接合部の曲げ耐力を確認するため、鋼製梁および RC 柱の曲げ耐力が接合部の曲げ耐力より大きくなるように設定している。荷重は単調載荷とし、鋼製梁に載荷させ、荷重の増加に伴い、接合部の破壊性状を確認するものである。



図－３　試験体略図

（２）試験体

今回試験を実施した試験体を図－３示す。表－１に試験体の諸元を示す。既往の CFT 柱と梁接合部との研究の試験体と同様な形状とし、実物の約１／２の大きさとした。

表－１　試験体諸元

T-1	ソケット鋼管		柱鋼管		梁		ダイヤフラム		柱鉄筋		ズレ止め鉄筋	
寸法 (mm)	径	D= 355.6	径	d= 355.6	H350×350		外寸	H= 714.8	径	D32	径	φ6
	厚さ	t= 6.4	厚さ	t= 6.4	×16×22		高さ	hs= 220.0	本数	24	本数	5@50
	長さ	L= 350.0					厚さ	ts= 22.0				
材質	STK400		STK400		SM490A		SM400A		SD390		SR235	
降伏強度 (N/mm2)	358		358		フランジ	386	302		438			
					ウェブ	390						
柱コンクリート強度 (N/mm2)	50.8											

キーワード：複合ラーメン、梁柱接合工法、CFT、鋼板巻き RC

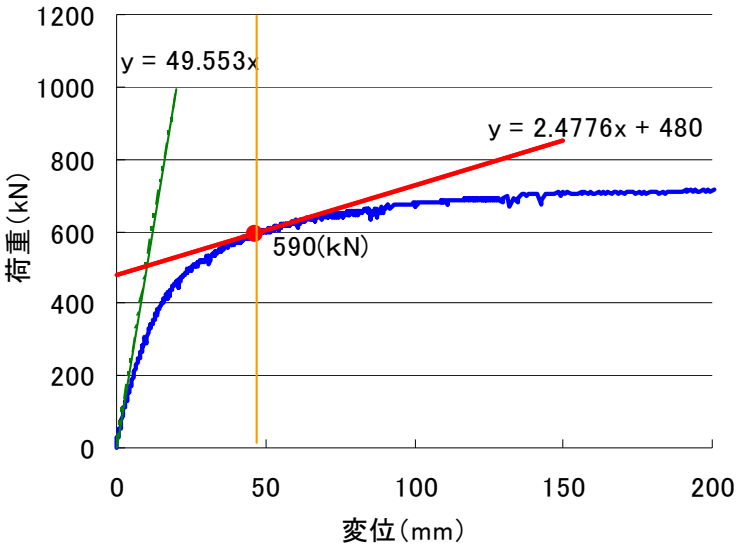
連絡先：〒980-8580　宮城県仙台市青葉区五橋 1-1-1　TEL：022-266-3713　FAX：022-268-6489

（３）測定項目

測定項目は、載荷点における荷重と変位、ならびにソケット鋼管、ダイヤフラム、接合部の鉄筋にひずみゲージを設置してひずみの計測を行った。

４．試験結果

図－４に荷重・変位曲線を示す。まず、P＝305kN、δ＝9.5mm においてソケット鋼管（引張側）が降伏した。ただし、外見は大きな変状は確認できない。荷重の増加とともに梁柱接合部（ソケット鋼管と鋼板の隙間）のコンクリートが圧壊し始め、ダイヤフラムの降伏（引張側）とともに、コンクリートの圧壊が進展した。その後、P＝658kN、δ＝87mm で鉄筋が降伏（引張側）し、ダイヤフラムの黒皮の剥がれが顕著になった。最終的に、P＝776kN、δ＝300mm 付近で鋼製梁と鋼板巻き RC 柱が競ったために試験を終了した。



図－４　荷重・変位曲線

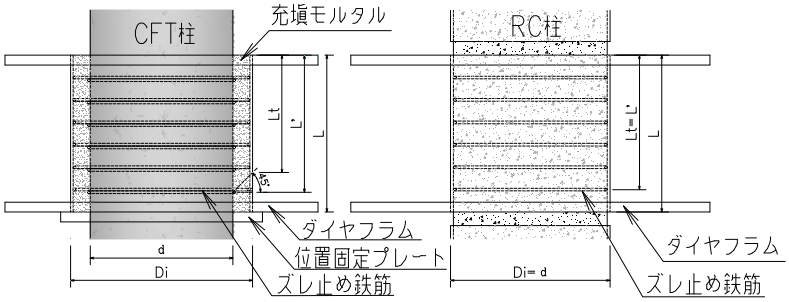
図－４からわかるように、荷重・変位曲線は明確な荷重ピークを示さず、変位が大きくなった状態でも荷重が低下傾向を示さない。従って、実験における最大荷重を終局強度とすることは設計上適切でないと考えられる。そこで、既往の研究から荷重・変位曲線の接線勾配が初期勾配の５％にまで低下した時点の荷重を終局強度として、載荷点における終局強度を 590kN とした。この値から、接合部における曲げ耐力の実験値は 850kN/m となる。既往の研究により設計値を算出すると、751kN/m となり、実験値は設計値の 1.13 倍となった。

ソケット接合部に作用する支圧力 P の計算式を式－1 に示す。

P ＝ Vs ＋ Vc ＋ Vp・・・式－１

Vs：ソケット鋼管が負担するせん断力
Vc：コンクリートが負担するせん断力
Vp：外ダイアフラムが負担するせん断力

この差は、接合部の付着力が影響しているものと考えられるため、Vc に着目した。図－５に接合部の付着力に寄与する長さを示す。CFT 柱の場合、ずれ止め鉄筋より 45°で立ち上げた線を破壊面と仮定して、接合部の付着力に寄与する長さを Lt としている。



図－５　接合部の付着長

一方、RC 柱では、CFT 柱とソケット鋼管の間にある充填モルタルが存在しない。そこで、付着力に寄与する長さ Lt をズレ止め鉄筋最下段の長さ L'と仮定することにした。つまり、ソケット鋼管内側の付着力に寄与する長さが CFT 柱より大きくなり、その影響によって設計値と実験値の差が生じたものと想定した。Lt＝L'として算定した値は、Mu=840 kN･m となり、実験値と近似する結果を得ることができた。

５．おわりに

今回の試験において、CFT 柱から鋼板巻き RC 柱に変更しても、既往の研究における接合部の計算式に接合部の付着長の影響を考慮すれば実験値を説明し得ることを確認できた。今後は、接合部のパラメータを変化させて追加試験をおこなうことにより、本考察の有効性を確認する。

参考文献

１）山田正人・林　篤・野澤伸一郎：コンクリート充填鋼管ソケット式柱梁 T 形接合部の耐力評価，土木学会論文集 No.759／I－67，293－308，2004.4