

(株)鴻池組 正会員 佐野祐一 (株)鴻池組 正会員 河西 寛
(財)鉄道総合技術研究所 正会員 松本信之 住友金属工業(株) 正会員 阿部幸夫

1. はじめに

経済的で耐震性に優れた新しい高架橋として「CFT柱と軌道支持梁による鉄道ラーメン高架橋」の開発を行っているが、その中で柱梁接合部は大きな断面力が作用する箇所でありCFTとRCとの異種部材接合であるため、力の伝達性に優れ、また、耐震性能にも優れた構造とする必要がある。このため図1に示すような梁に埋め込んだCFT鋼管に定着プレートを取付け、これを介して梁主筋を連結する構造を考案して交番載荷試験を行った¹⁾。その結果、CFT柱が塑性化しても柱梁接合部には大きな損傷が生じないことが確認されたが、ここでは設計に必要なCFTの耐震性能の評価法を得ることを目的として2次元FEM解析および骨組解析を用いた検討を行った。

2. 解析条件

2次元 FEM 解析および骨組解析はそれぞれ解析コード WCOMD および TDAP を用い、自重解析の後、柱頂部に漸増強制変位を静的に載荷する条件で行った。解析に用いた部材寸法および境界条件は図2に示す耐荷性能確認実験¹⁾に一致させ、それぞれ図3および図4に示すようにモデル化した。表1に試験体の部材寸法と材料特性を、表2に骨組モデルの曲げ非線形特性を示す。なお、2次元 FEM 解析においては定着プレートがないケースも実施し、定着プレートがあるケースと比較することにより定着プレートの影響を検討した。

3. 解析結果

(1) 2次元 FEM 解析

図5に本解析より得られた曲げモーメント・変形角関係を実験結果と比較して示す。ここでは曲げモーメントおよび変形角の中心を接合部中心とし、変形角には、柱、梁および接合部の変形を含んでいる。定着プレートのある場合の解析結果は載荷実験の4 δ_y （柱降伏変位の4倍）のサイクルまでの最大値包絡を概ね表現していることがわかる。また、定着プレートがないケースと比較すると、柱降伏以降において定着プレートがあるケースはやや小さな変形角となっている。

最大耐力時（4 δ_y ）における柱の曲率分布を実験結果と比較したものを図6に示す。解析より得られた曲率分布は載荷実験より得られた曲率分布と概ね一致していることがわかる。また、定着プレートがない場合と比較すると、定着プレートがあるケースは定着プレート位置近傍において小さい曲率に抑えられている。

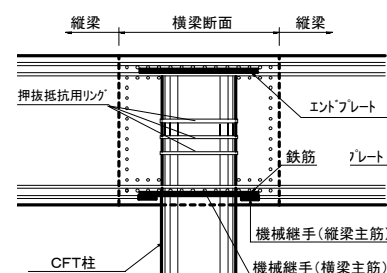


図1 定着プレート方式の接合構造

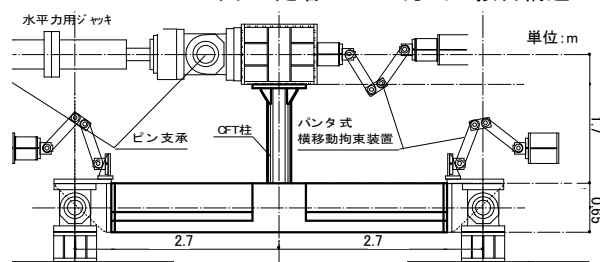


図2 耐荷性能確認実験用載荷装置¹⁾

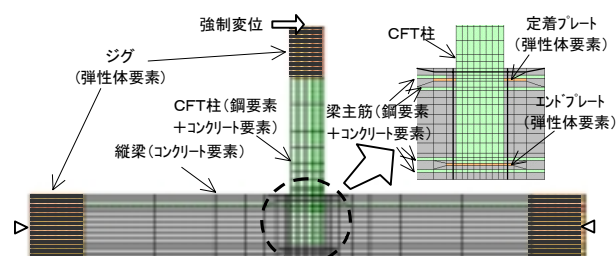


図3 2次元FEMモデル

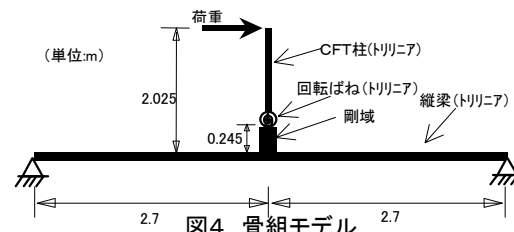


図4 骨組モデル

表1 試験体部材の寸法と材料強度¹⁾

	外寸法(mm)	鋼材寸法
柱	$\phi 318.5$	鋼管 $t=6.9$
梁	$B_1=1150$ $H=650$ $B_2=750$	<上段>主鉄筋 D16 $\times$ 12 <下段>主鉄筋 D16 $\times$ 16
接合部	柱埋込深さ 570(=1.79D)	定着プレート $t=16$
コンクリート	圧縮強度	鋼材
柱充填	59.8N/mm ²	柱鋼管
梁	39.6N/mm ²	主鉄筋
		降伏点
		引張強度
		459N/mm ²
		593N/mm ²
		379N/mm ²
		550N/mm ²

表2 骨組モデルの曲げ非線形特性

	CFT柱	縦梁(正)	縦梁(負)	回転ばね
曲げモーメント(kN・m)				
ひびわれ	—	315	389	—
降伏	321	445	698	321
最大	437	542	800	457
終局	393	—	—	411
曲率(1/m)				
ひびわれ	—	4.40×10^{-4}	5.43×10^{-4}	—
降伏	1.44×10^{-2}	3.49×10^{-3}	3.89×10^{-3}	1.33×10^{-3}
最大	1.57×10^{-1}	7.87×10^{-2}	5.65×10^{-2}	1.43×10^{-2}
終局	2.99×10^{-1}	—	—	1.43×10^{-2}

キーワード：CFT、柱・梁接合部、定着プレート、2次元 FEM 解析、骨組解析

連絡先：大阪市中央区北久宝寺町 3 - 6 - 1 Tel：06-6244-3617 Fax：06-6244-3676

図7に柱端部曲げモーメント - 柱拔出し角関係を定着プレートがあるケースと定着プレートがないケースを比較して示す。定着プレートがある場合の拔出し角は、同じ曲げモーメントで比較すると、定着プレートがない場合に比べてやや小さい値となっており、最大耐力時において2割程度の違いとなっている。以上より、定着プレートがある場合の解析結果と実験結果とを比較したところ、解析結果は載荷実験で得られた最大耐力点付近までの最大値包絡をほぼ定量的に表現していると判断できる。定着プレートのある場合は定着プレートがない場合に比べて柱の拔出し角や接合部の変形角が小さくなる傾向があることが判明した。

(2) 柱拔出し角の算定方法

設計標準²⁾においては柱埋込み方式の接合部に関する柱拔出し角の算定方法として、柱埋込み部の曲率分布を柱埋込み先端部で0となる逆三角形分布と仮定する方法が提案されている。しかし、この仮定は今回の耐荷性能確認実験で得られた埋め込み部分の曲率分布とは異なっていること、定着プレート方式では定着プレートの影響により柱の拔出し角が小さくなることを鑑み、定着プレート方式接合部における柱拔出し角を以下の式により算定することと提案する。本提案式は算出される柱拔出し角が耐荷性能確認実験¹⁾における計測結果より得られた拔出し角をよく近似するように定式化したものである。次節に述べる骨組解析においては、本提案式により得られた柱降伏時および最大耐力時における柱拔出し角を回転ばねの非線形特性に用いた。

$$\theta_1 = 1/2 \cdot \varphi_{\max} \cdot l_0$$

ここに、 θ_1 は柱抜け出し角、 $\varphi_{\max}$ は柱基部における曲率、 l_0 は柱外径の0.6倍 (= 0.6D) をそれぞれ表す。

(3) 骨組解析結果

本解析より得られた接合部中心における曲げモーメントと変形角との関係を実験結果と比較したものを図8に示す。骨組解析結果は載荷実験の最大値包絡を概ね表現していることがわかる。よって、接合部を剛域とし、柱拔出しを表す回転ばねを挿入した骨組みモデルによる解析結果が、耐荷性能確認実験¹⁾の曲げモーメントと変形角との関係を概ね表現することより、設計においてこの解析手法を適用することが適当であると判断できる。

謝辞

本検討を行うにあたり埼玉大学町田篤彦教授、長岡技術科学大学丸山久一教授、東京大学館石和雄助教授よりご指導を頂きました。ここに深甚に謝意を表します

参考文献

- 1) 佐野祐一，河西 寛，藤井 睦，松本信之，「定着プレート方式のCFT柱とRC梁との接合部の耐荷性能」，コンクリート工学年次論文集，Vol.22，2000年6月．
- 2) 鉄道総合技術研究所，鉄道構造物等設計標準・同解説 耐震設計，pp167-175，1999年10月．

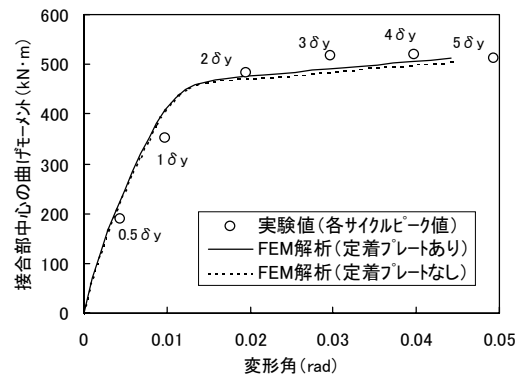


図5 曲げモーメント・変形角関係

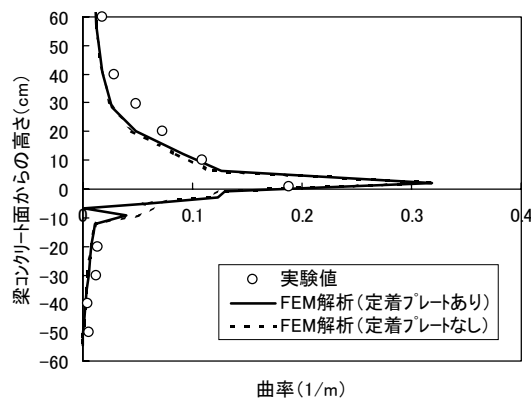


図6 柱の曲率分布(4δy)

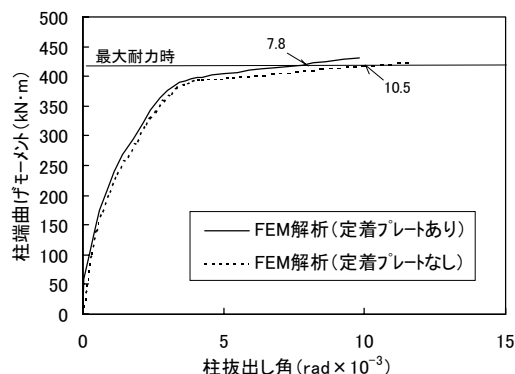


図7 曲げモーメント・柱拔出し角関係

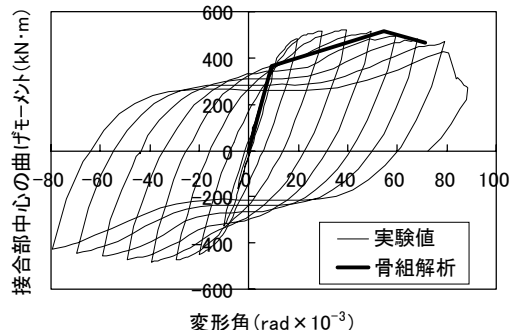


図8 曲げモーメント・変形角関係