

T形柱梁接合部の耐力に柱梁の構造諸元が与える影響の検討

東日本旅客鉄道株式会社 構造技術センター 正会員 ○国井 道浩
東日本旅客鉄道株式会社 構造技術センター 正会員 木野 淳一

1. はじめに

鉄道 RC ラーメン高架橋の設計において、柱梁接合部（以下、接合部）は剛域として扱われ、柱軸方向鉄筋の定着長の確保、ハンチの設置といった構造細目はあるものの、土木関連の基準では、具体的な照査方法は規定されていないのが現状である。近年、プレキャスト部材の採用や駅部改良工事では梁高さを縮小する事例もあることから接合部における構造計画の自由度と照査方法の確立が望まれる。今回、接合部における基本的な耐荷性能を確認するため、FEM 解析により接合部先行破壊となった T 形試験体の載荷試験結果を再現し、コンクリート強度と梁高さに着目した検討を実施した。

2. 検討の方法

(1) 試験体及び載荷試験概要

試験体概要を図-1に示す。試験体は、鉄道 RC ラーメン高架橋の接合部を反転させた T 形である。柱及び梁の断面寸法は同一で 500mm×500mm、柱の軸方向鉄筋は D19(SD490)、帯鉄筋は D19(SD390)、梁の軸方向鉄筋は D29(SD390)、帯鉄筋は D13(SD345)である。水平荷重を柱頭部に載荷し、柱軸方向鉄筋が降伏ひずみに達した時の変位を基準に、その整数倍の変位で正負 1 回繰返し載荷を行った。試験においては、接合部での先行破壊を確認している。

(2) 解析概要

FEM 解析は、ATENA3D ver.5.0 を使用した。解析モデルを図-2に示す。試験体のすべてを 3次元でモデル化し、各種材料試験結果を反映した。コンクリートは回転ひび割れモデル、鉄筋は完全弾塑性モデルとした。実験は交番載荷を実施しているが、解析は強制変位による一方向載荷とした。検討ケースを表-1に示す。No.1の実験再現ケースを基本にコンクリート強度と梁高さをパラメーターとした。No.2は、梁のコンクリート強度、No.3は、柱と梁コンクリートの強度を増加させた。No.4は、コンクリート強度を変えず梁高さを 1.5 倍とした。

3. 解析結果

(1) 載荷荷重－変位関係

実験と解析を比較した荷重－変位関係を図-3に示す。実験値の正側と負側で生じた荷重及び変位差に対し、解析が一方向載荷による違いは生じているものの、柱軸方向鉄筋の降伏荷重、最大荷重、荷重低下傾向に大きな相違はなかったため、この再現結果を基本にパラメーター解析を実施した。

パラメーター解析後の荷重－変位関係を図-4に示す。No.1（基準）と比較して、コンクリート強度を増加させた No.2、3 及び梁高さを 1.5 倍にした No.4 について、鉄筋降伏域程度までの剛性、最大耐力は大きくなる。柱・梁の

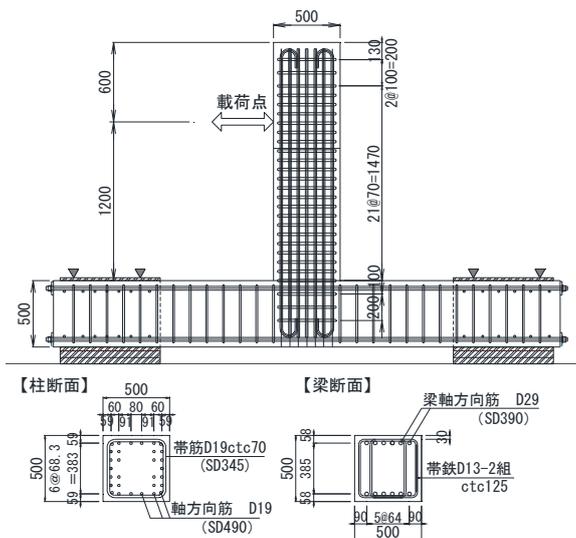


図-1 試験体概要

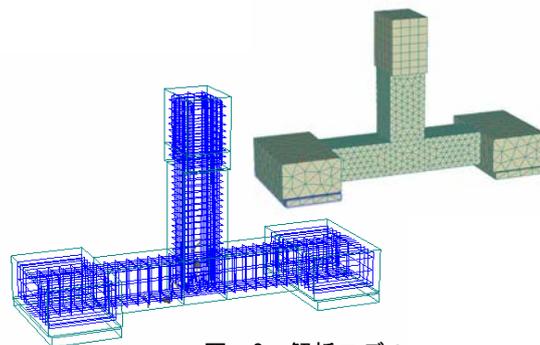


図-2 解析モデル

表-1 検討ケース

No.	曲げ耐力 (kN・m)		コンクリート圧縮強度 (N/mm ²)		梁高/梁幅	試験体条件
	柱	梁	柱	梁		
No.1	753	640	20	18	1.0	実験再現
No.2	753	656	20	40	1.0	梁:コンクリート強度増
No.3	814	656	40	40	1.0	柱・梁:コンクリート強度増
No.4	753	1048	20	18	1.5	梁高1.5倍

キーワード 柱梁接合部、接合部耐力、梁高
連絡先 〒163-0231 東京都新宿区西新宿二丁目6番1号 東日本旅客鉄道株式会社 構造技術センター TEL03-6851-0086

コンクリート強度を増加させた No.3 は、梁のみコンクリート強度を増加させた No.2 より最大耐力は若干大きくなる程度であった。コンクリート強度を増加させていない No.4 は、No.2, 3 ほど最大荷重は増加しないで荷重が低下した。これは接合部に損傷が生じたためである。全体の耐荷力としては、梁高を大きくしなくても、コンクリート強度を増加させることで耐力が向上することが分かる。

(2) コンター図 (最大主ひずみ)

接合部での損傷傾向を確認するため、最大主ひずみコンターを図-5 に示す。No.1 と比較して No.2, 3 は、いずれも接合部より柱基部のひずみが卓越している。ただし、No.3 は、荷重低下はなかったものの、接合部 (試験体下部) でのひずみも増加しており、梁のみコンクリート強度を増大した No.2 の方が接合部の損傷が小さい。No.4 は、最大荷重時に柱基部のひずみが増大した後、接合部のひずみも増加する。No.4 は、No.2, No.3 のように、ひずみが梁部に分散されず、接合部内に集中することで、接合部が損傷して荷重が低下したと考えられる。

(3) 接合部耐力の検討

接合部の耐力を表-2 に示す。建築基準の鉄筋コンクリート造建物の靱性保証型耐震設計指針¹⁾により、接合部水平せん断耐力を算定し、解析値と比較した。接合部先行破壊である No.1 は、解析値と実験値が概ね合っている。No.4 は、荷重低下時での解析値と実験値を比較すると概ね合ってくる。No.2 と No.3 は、計算値に対して半分程度のせん断力の発生である。柱部材の耐力を表-3 に示す。鉄道構造物等設計標準²⁾により曲げ耐力を算出した。No.2 から No.4 について、最大荷重は、柱曲げ耐力荷重以上であり、No.2 及び No.3 は、柱に損傷が集中したことで接合部内の発生せん断力が小さかったと考えられる。

4. まとめ

- ・接合部先行破壊の T 形試験体について、梁高を大きくしなくてもコンクリート強度増加による耐力向上効果は大きく、柱及び梁コンクリートの強度差により接合部の損傷を抑えられる。
- ・梁高を大きくして柱先行破壊設計としても、梁のコンクリート強度が小さいと柱損傷後に接合部も損傷することもある。
- ・接合部の損傷については、FEM 解析等で各荷重段階での接合部水平せん断力が抽出できれば、柱梁の耐力と比較しながら建築基準で評価できる可能性がある。

参考文献

- 1) 日本建築学会：鉄筋コンクリート造建物の靱性保証型耐震設計指針・同解説、1997.7
- 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、2004.4

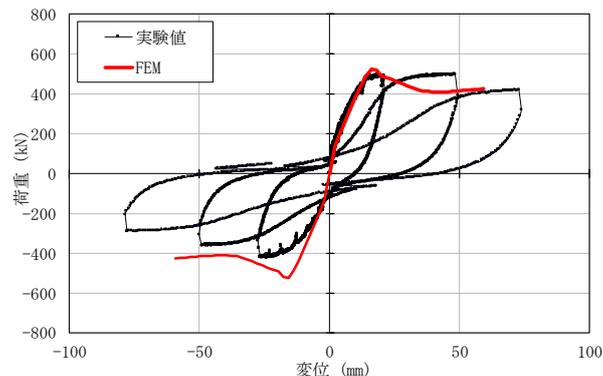


図-3 実験再現結果

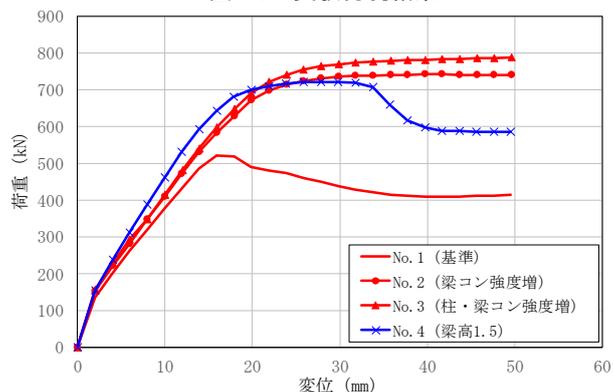


図-4 荷重-変位関係

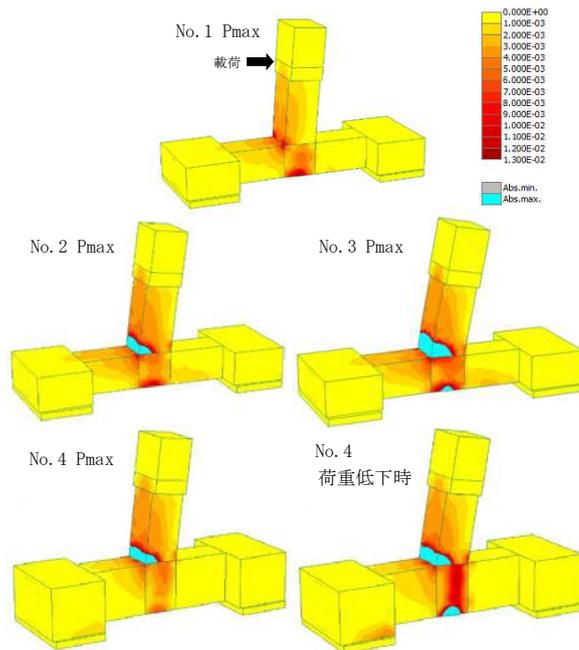


図-5 コンター図 (最大主ひずみ) 変形 5 倍

表-2 接合部耐力 (接合部水平せん断力)

No.	①FEM (kN)	②計算値(kN)	①/② (%)	载荷状態
No.1	928	900	103%	最大荷重時
No.2	840	1574	53%	最大を抽出
No.3	673	1574	43%	最大を抽出
No.4	1250	1350	93%	荷重低下時

表-3 柱曲げ耐力荷重

No.	①FEM (kN)	②計算値(kN)	①/② (%)	载荷状態
No.1	521	628	83%	最大荷重時
No.2	742	628	118%	
No.3	787	678	116%	
No.4	721	628	115%	