

## 柱の損傷と RC 門型試験体の耐荷性状に関する実験的検討

(公財) 鉄道総合技術研究所 正会員 ○宮本 祐輔, 渡辺 健

### 1. はじめに

ラーメン高架橋などの不静定構造物は、1つの部材が損傷しても、他の部材の寄与により、構造物としての耐荷力の保持が期待できる構造形式である。そこで、左右の柱の破壊モードが異なる門型試験体の実験を行い、部材の損傷が構造物の耐荷性状に及ぼす影響を把握することを目的に検討した。さらに、梁柱を接合する材齢の影響についても検討した。

### 2. 実験概要

RC 門型試験体の形状を図 1 に示す。鉄道の標準的なビームスラブ式 RC ラーメン高架橋の断面諸元<sup>1)</sup>を参考に、これを 1/2 とし、梁の長さと比較して柱の高さを低く設定した。表 1 に示す通り、左右の柱で、形状や鉄筋比は同一だが、軸力や片側荷重による支持条件が異なる諸元である。

試験体は梁と柱の接合時期が異なる 2 体を製作した。梁柱を一体施工とした試験体 A に対し、試験体 B は、プレキャスト梁および柱を別々に製作後、材齢 218 日に接合した。柱に設ける水平継目は、面粗し及び水湿しを施した。鉛直継目はプライマー（水分調整材）を塗布した。コンクリートの配合を表 2 に示す。梁柱は同一の配合であるが、プレキャスト梁は蒸気養生とした。荷重試験時の梁柱の材齢は約 350 日である。特に試験体 B では接合後の材齢は 139 日であり、収縮による不静定力が低減している。

荷重方法および荷重中の計測位置を図 1 に示す。右柱の上部に、変位制御にて、水平荷重を単調荷重させた。用いた荷重版の幅は 550mm である。なお、水平荷重では荷重に応じた軸力変動が柱に生じるが、ここでは実構造物相当の版上荷重の影響や比較的短い柱高さを考慮し、柱に一定の鉛直荷重を荷重した。

### 3. 実験結果および考察

#### (1) 柱の損傷状況および水平荷重－水平変位関係

図 2 に柱の損傷状況、図 4(a) に水平荷重－水平変位関係を示す。なお、水平変位は水平荷重点で計測した変位である。図 2 に示す通り、試験体の左右の柱の配筋は同一にも関わらず、鉛直荷重や水平荷重点の影響により、せん断破壊および曲げ破壊の破壊形態を呈した点に特徴がある。単調荷重ではあるものの、左柱がせん断破壊した後も荷重の低下が緩やかであったのは、曲げ破壊となった右柱が荷重を負担したことが寄与しているものと考えられる。

試験体 A では、変位の増加に伴って曲げおよび斜めひび割れが発生・進展し、荷重 1600kN 付近で右柱の軸方向鉄筋が降伏し、荷重 1800kN 付近で左柱の軸方向鉄筋が降伏した。その後、荷重が最大値 1998kN に達した時点（以下、ピークと称す）で、右柱下端部のコンクリートが圧壊するとともに、左柱の斜めひび割れが大きく開口した。右柱の曲げ破壊に対し、左柱では柱中間部の斜めひび割れが卓越して進展したとともに、図 4(b) に示すとおり、ピーク付近にて斜めひび割れ幅が急激に増加したことから、曲げ降伏後にせん断破壊したものと推測される。一方、試験体 B のピークは 1921kN であり、左右柱の破壊形

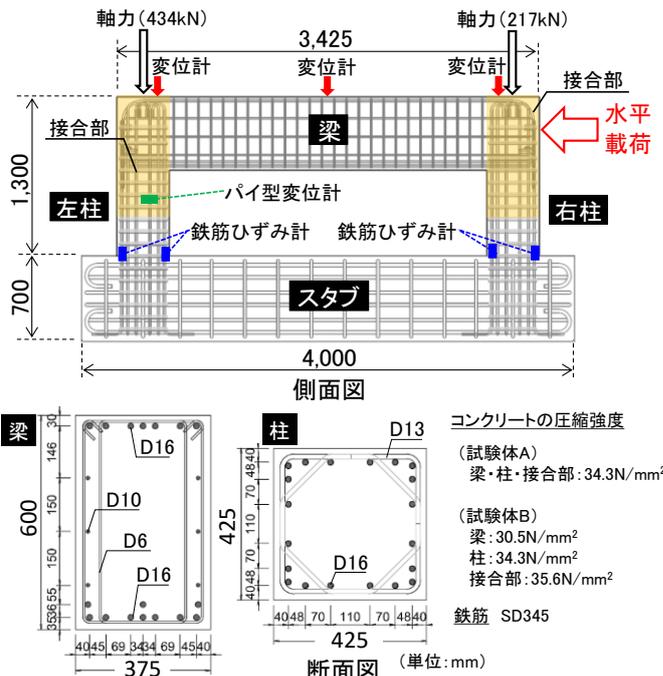


図 1 試験体の形状

表 1 試験体の諸元

	柱		梁
	左	右	
軸力 $N'$ (kN)	434	217	—
せん断スパン比 $a/d$	0.9	2.3	—
せん断引張鋼材比 $P_c$ (%)	0.73	0.96	—
せん断補強鉄筋比 $P_w$ (%)	1.20	0.17	—

表 2 コンクリートの配合

部材	結合材		粗骨材 最大寸法 (mm)	水セメント 比 (%)	細骨材 率 (%)	単位量 (kg/m <sup>3</sup> )				
	セメント	膨脹材				水	結合材	粗骨材	AE 減水材	
梁・柱	普通	無	20	52.5	44.9	171	326	799	1009	3.49
スタブ	普通	有	20	52.5	44.9	171	326	797	1008	3.49

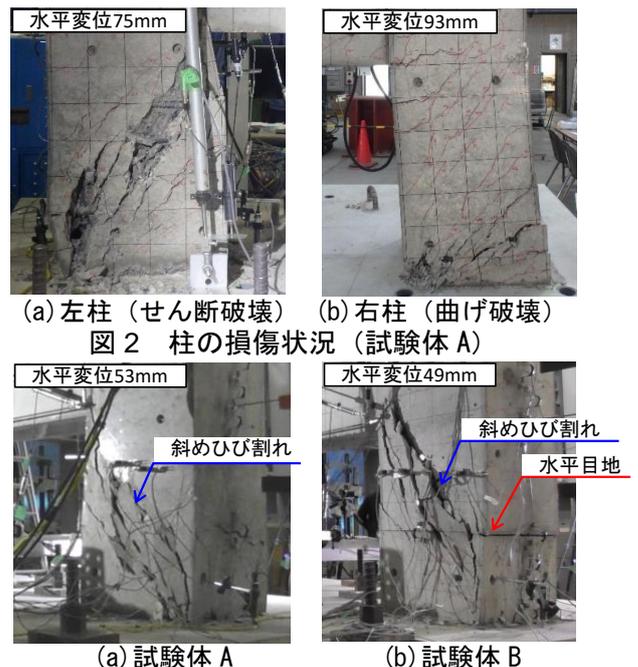


図 3 左柱での斜めひび割れの進展状況

キーワード RC 門型, 耐荷性状, 部材, 破壊形態

連絡先 〒185-8540 東京都国分寺市光町 2-8-38 (公財) 鉄道総合技術研究所 コンクリート構造 TEL:042-573-7281

態は試験体 A と同様の組合せであった。水平および鉛直目地での顕著な目きは確認されなかった。ただし、ピーク後、水平継目と接合部内側を結ぶ斜めひび割れが卓越して見られた状況 (図 3) を踏まえると、耐荷力やピーク時の水平変位が試験体 A に対してやや小さくなったことや、後に述べるピーク後の鉛直変位に影響していると考えられる。

(2) 柱の軸方向鉄筋のひずみ

図 4 (c) に、柱載荷側の軸方向鉄筋のひずみを示す。プレキャスト梁を接合した試験体 B では左右の柱が同時に降伏に至ったのに対し、試験体 A では、右柱が先に降伏した後に左柱が降伏した。これは、試験体 A では材齢 350 日程度に相当する梁の収縮による不静定力によって、柱外側には引張ひずみ、柱内側には圧縮ひずみが生じていたことが要因と考えられる。すなわち、不静定力によって曲げ降伏に至る荷重が変化することから、接合材齢が異なる梁を用いることで、これらの影響を緩和できることを示唆している。なお、この不静定力のピーク時の荷重や変位に対する影響について定量的検討は示していないが、(1) に示した通り、継目の存在による斜めひび割れの形態の影響が大きかったと考えられる。

図 4 (d) に、柱載荷反対側の軸方向鉄筋のひずみを示す。荷重初期は圧縮側に増加するが、水平変位 5mm 付近で引張側に变化した。これは柱のせん断変形が卓越したためである。その後、柱載荷側の軸方向鉄筋の降伏付近で、再度圧縮側に变化した。右柱ではピーク後も圧縮側に増加し続けていることから、左柱のせん断破壊後も、右柱が荷重を負担している様子が確認できる。

(3) 鉛直変位

図 4 (e) に、柱の鉛直変位を示す。柱長さが増加する方向を正で示す。柱の鉛直変位は、水平変位の増加に伴って正側へ変化するが、せん断破壊した左柱では、ピークを境に負側へ転じ、その後の減少が顕著であった。一方、曲げ破壊した右柱は、圧縮破壊が進行する水平変位 50~60mm 付近にて負側へ転じた。これは、図 4 (a) でも水平荷重の低下として表れており、右柱のコンクリートの圧縮破壊に伴う耐荷力の低下に起因した現象であったことが推察される。

図 4 (f) に柱および梁上面の鉛直変位 (スタブに対する相対変位) を示す。柱の破壊形態の差異によって、試験体梁上面の平面性が変化の様子が確認できる。構造物上の車両走行性の観点から、損傷が異なる部材で構成される構造系の性能について、走行面の保持といった構造系に求められた目的に応じた、変位など構造系の特徴量の検討が必要であると考えられる。

4. まとめ

- (1) 水平荷重によって柱がせん断破壊した後も、曲げ破壊となった柱の寄与により、ピーク後の急激な荷重低下はみられなかった。
- (2) 十分に養生期間を確保した梁を接合することで、柱が曲げ降伏耐力に至る荷重が増加した。
- (3) 柱の破壊形態の差異によって、梁上面の平面性に影響を及ぼすことを確認した。

参考文献

- 1) 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 照査例 RC ラーメン高架橋, 2005.3

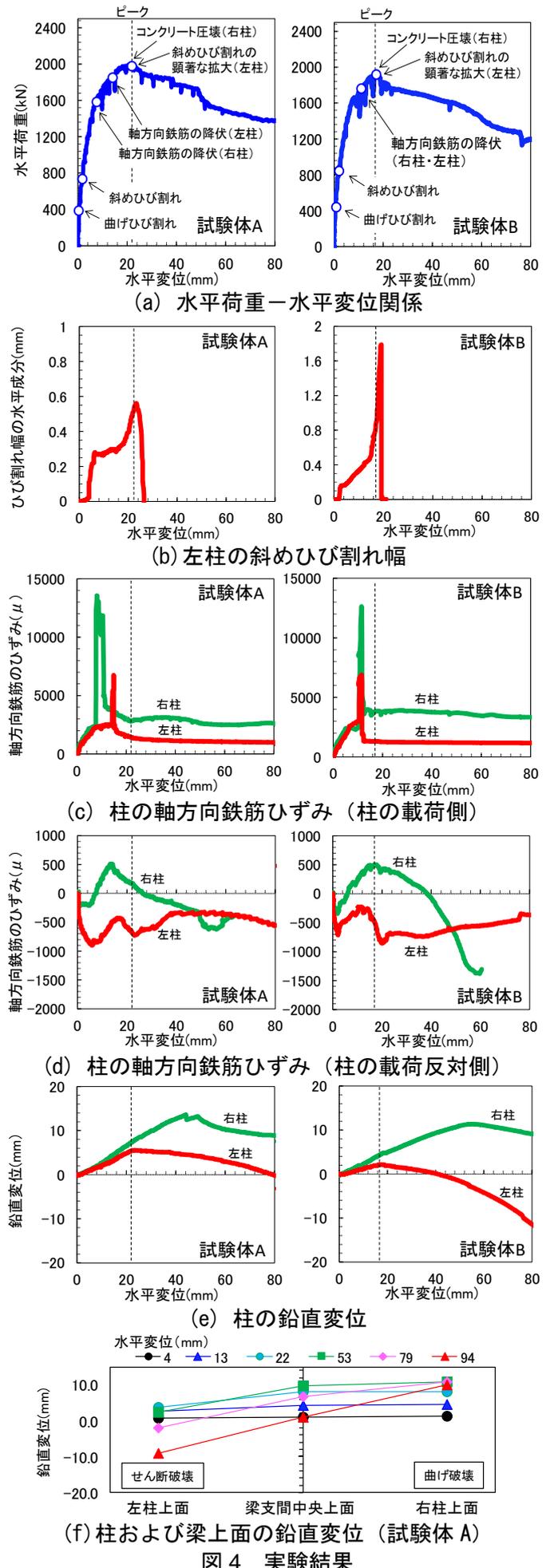


図 4 実験結果