

交番载荷試験における繰返し回数が RC 柱の耐力低下に及ぼす影響

東海旅客鉄道(株) 正会員 ○元木澤知紀 正会員 稲熊 弘

1. はじめに

RC 部材の挙動を把握する交番载荷試験では、繰返し载荷 10 回¹⁾を基本に実施されてきたが、3 回行えば、荷重低下も安定するという知見から、今日では繰返し载荷 3 回の载荷試験が主体に行われている。一方、被災した RC 部材の補修効果に関する交番载荷試験では、低サイクル疲労による主鉄筋の破断を懸念して、繰返し载荷 1 回、あるいは降伏変位の偶数倍に変位を飛ばした载荷方法が行われているケースが多数である。

繰返し回数の違いが RC 部材の挙動に及ぼす影響としては、ポストピーク（耐力低下領域）に現れることがわかっている。また、ポストピークの繰返し载荷による耐力低下については、引張鉄筋比、軸力比が影響を与えることが報告されている²⁾。

本研究では、接合部を模擬した鉄道 RC ラーメン高架橋柱の交番载荷試験を実施し、繰返し回数が RC 柱の耐力低下に及ぼす影響について確認したので、以下のその結果を報告する。

表 1 試験体の材料特性値

	コンクリート		軸方向鉄筋(D16)			帯鉄筋(Φ4)		
	fc	Ec	fsy	fsu	Es	fsy	fsu	Es
	N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²
TC2	28.8	28.8	379	554	187	534	589	206
TC5								

2. 試験概要

(1) 試験体の諸元

試験体は、高架橋の柱上端部をモデル化した同一試験体 2 体である。試験体の材料特性値を表 1 に、試験体の配筋図を図 1 に示す。

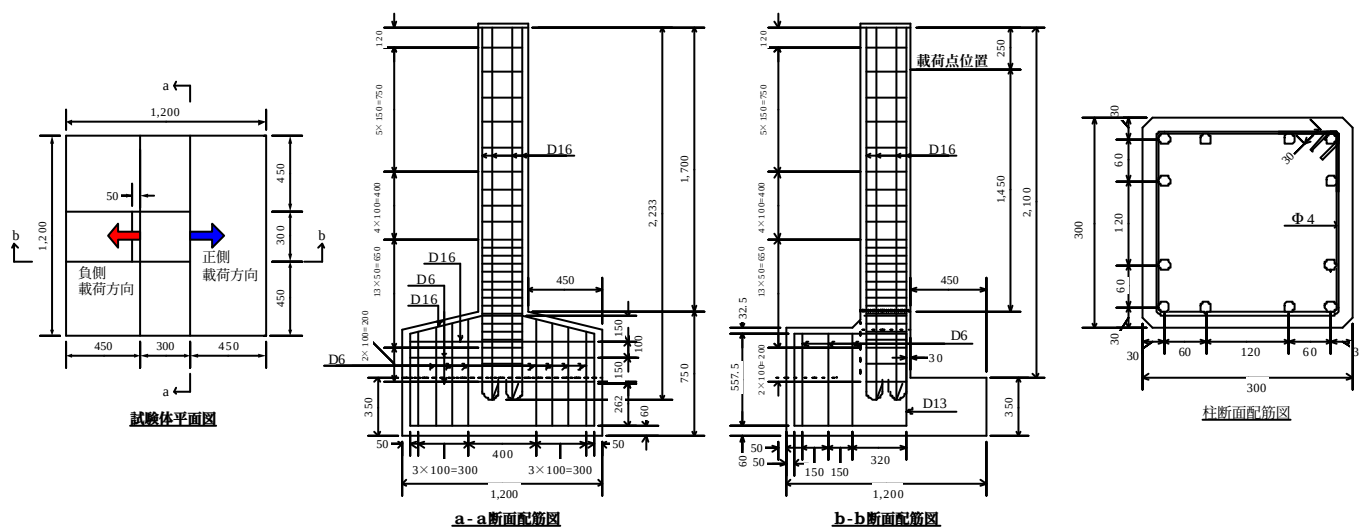


図 1 試験体 (TC2, TC5) の配筋図

(2) 载荷方法

载荷方法は、両試験体とも共通で、計算降伏荷重の 75% の予備载荷と降伏変位 ($\pm 1 \delta_y$, $\pm 2 \delta_y$, $\pm 3 \delta_y \dots$) の橋軸直角方向を対象とした交番载荷とした。繰返し载荷回数は、1 体 (TC2) は正負 3 回ずつ、もう 1 体 (TC5) は正負 1 回ずつとした。载荷終了は、ポストピークにおける降伏荷重の 50% を下回った時点とした。

降伏変位の設定は、柱基部の最外縁の主鉄筋に貼り付けたひずみゲージの測定値が、鉄筋の引張試験により求めた降伏ひずみ ($2,030 \mu$) に達した時点の変位とした。

正負交番载荷中の軸力は、両試験体ともに一定軸力 294kN を载荷した。なお、TC5 については、各载荷ステップにおける負側载荷後の水平荷重ゼロ時において、422 kN まで一時的に軸力を増载荷させた。

キーワード：RC ラーメン高架橋，交番载荷試験，繰返し回数，ポストピーク，変形性能

〒485-0801 愛知県小牧市大山 1545 番 33 TEL (0568)47-5374 FAX(0568)47-5364

3. 試験結果と考察

(1) 荷重－変位関係

荷重と変位の履歴結果を表 2 に、荷重－変位履歴曲線を図 2 に示す。

TC2 の降伏変位は 13mm、降伏荷重は 79.2kN であった。 $-2\delta y$ で最大荷重 94.8kN に到達し、 $-5\delta y$ の 1 回目の載荷時において、かぶりコンクリートの剥落と同時に降伏荷重を下回り、 $-6\delta y$ の 1 回目で帯鉄筋が破断し、降伏荷重の 50% まで急激に載荷荷重が低下した。

TC5 の降伏変位は 13mm、降伏荷重は 80.1kN であった。 $-2\delta y$ で最大荷重 96.7kN に到達し、 $-6\delta y$ において降伏荷重を下回った。 $-7\delta y$ 載荷後の軸力増載荷時において、軸力保持不能となった。

(2) 繰返し回数による影響

TC2 の各繰返し回数時の包絡線と TC5 の包絡線の比較を図 3 に、試験体の損傷状況を図 4～8 に示す。

最大荷重はほぼ同等で、最大荷重時の損傷状況は、繰返し回数の多い TC2 に若干ひび割れ本数が多く見られる程度である。

また、TC2 の各繰返し回数の包絡線と TC5 の包絡線では、ポストピークにおける降伏荷重に至る前の $\pm 4\delta y$ までは、載荷荷重の低下の差は除々に進行しているものの、顕著な差は見られていない。

一方、 $-5\delta y$ の載荷から大きな差が生じており、TC5 はかぶりコンクリートの剥落はないが、TC2 ではかぶり剥落とともに大きな載荷荷重の低下が生じている。これは、繰返し回数によるひび割れ進展度から、繰返し回数の多い TC2 では早い段階でかぶりが剥落し、同時に帯鉄筋のフックが外れたことにより、載荷荷重が大きく低下したものと考えられる。

なお、TC2 ($-6\delta y$) と TC5 ($-7\delta y$) の終局における損傷状況は、概ね同一であり、主鉄筋の座屈長も、ほぼ同一で接合部側が約 27cm、横梁内側が約 32cm であった。

4. まとめ

以上より、本試験のケースでは、繰返し回数の違いは、ひび割れ進展度に影響を与えており、耐力低下の観点では、ポストピークにおける圧縮側コンクリートの圧壊進度に大きく影響を与えている。よって、繰返し回数の違いは、RC 柱の変形性能に大きく影響を及ぼすものと考えられ、交番載荷試験の実施及び評価を行ううえでは、この点に留意する必要があるものと考えられる。

表 2 荷重と変位の履歴結果

		正側載荷				負側載荷		
		変位 (mm)	TC2 荷重 (kN)	TC5 荷重 (kN)	変位 (mm)	TC2 荷重 (kN)	TC5 荷重 (kN)	
載荷 ステップ								
0		7	58.8	59.0	-6	-50.2	-50.7	
1	+1	13	79.2	80.1	-13	-82.9	-81.6	
	+2	13	76.5		-13	-83.3		
	+3	13	75.2		-13	-80.4		
2	+1	26	93.4	94.6	-26	-94.8	-96.7	
	+2	26	90.5		-26	-94.4		
	+3	26	90.0		-26	-94.0		
3	+1	39	86.4	92.9	-39	-90.6	-94.6	
	+2	39	89.9		-39	-91.4		
	+3	39	87.9		-39	-90.4		
4	+1	52	82.1	88.9	-52	-88.4	-92.2	
	+2	52	86.8		-52	-87.1		
	+3	52	84.8		-52	-85.5		
5	+1	65	80.4	85.1	-65	-78.7	-89.7	
	+2	65	81.5		-65	-66.6		
	+3	65	75.8		-65	-54.8		
6	+1	78	64.1	82.9	-78	-39.1	-78.5	
	+2	79	29.4					
	+3							
7	+1	92		72.8	-91		-48.4	

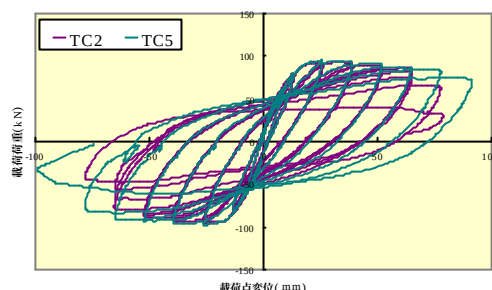


図 2 荷重－変位履歴曲線の比較

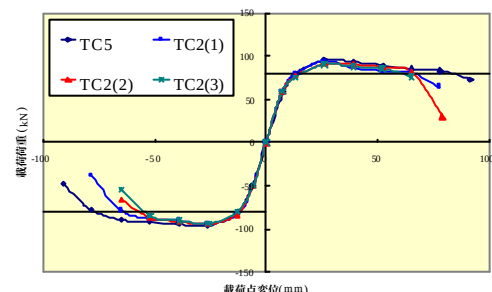


図 3 包絡線の比較



図 4 TC2[$-2\delta y$ (-3)]

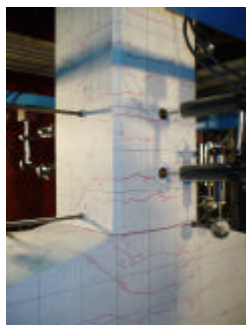


図 5 TC5[$-2\delta y$]

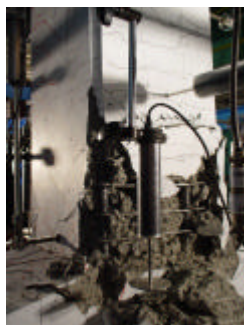


図 6 TC2[$-5\delta y$ (-3)]



図 7 TC5[$-5\delta y$]



図 8 TC5[$-7\delta y$]

【参考文献】

- たとえば、石橋忠良・吉野伸一：鉄筋コンクリート橋脚の地震時変形能力に関する研究，土木学会論文集，No.390/V-8，57-66，1988-2
- 瀧口将志・渡辺忠朋・谷村幸裕：RC 部材の繰返し載荷による曲げ耐力低下に関する実験的研究，土木学会第 56 回年次学術講演会，V-371，742-743，2002-10