

ラーメン高架橋柱の地震時挙動におよぼす中間帯鉄筋の影響

(財) 鉄道総合技術研究所 正会員 ○田所 敏弥 正会員 豊岡 亮洋 正会員 岡本 大
正会員 徳永 光宏 正会員 谷村 幸裕

1. はじめに

地震時の構造物の安全性は、一般的に構造物全体系が崩壊しない性能と定義される。ラーメン高架橋柱の崩壊は、地震波の位相特性や配筋等に影響されることが考えられる。地震波の位相特性、つまり载荷履歴の影響について、応答変位の振幅を指標とすることで概ね評価できる可能性が示されている¹⁾。また、配筋の影響については、中間帯鉄筋を配置することによって最大変位が増加する可能性が示唆されている²⁾。ただし、既往の研究²⁾は、曲げせん断耐力比 1.2 と曲げ降伏後のせん断破壊を対象とした静的実験であるため、ここでは、曲げせん断耐力比 3.8 の曲げ破壊型の供試体による振動台実験を行い、中間帯鉄筋の影響について検討した。

2. 実験概要

実験は、中間帯鉄筋の有無のみ異なる同一諸元の RC 柱 (S1, S2) を振動台により加振することによって行った。供試体形状、振動台装置を図 1, 図 2 に、供試体諸元および材料試験値を表 1 に示す。また、実験に用いた基準となる加振波を図 3 に示す。図 3 に示す加振波は、断層面からの距離が離れている地点を想定し、継続時間が長く、応答変位が正負均等になる、いわゆる両振りの傾向を示す。材料試験値、および軸力については、実施の都合等により若干異なる。加振は、S1, S2 とともに本震相当の大きな加速度の加振を行った後、余震を想定し、小さな加速度の加振を行った。加振は、図 3 に示す加振波を振幅調整したものを繰り返し行った。

3. 中間帯鉄筋を有する供試体の実験結果

ここでは、中間帯鉄筋を有する S2 の実験結果を示す。S1 については、文献 1 参照。加振履歴およびおもな加振の応答加速度－変位関係を鉄道構造物等設計標準 (耐震設計)³⁾ にしたがって算定した Y 点 (降伏), M 点 (最大), N 点 (降伏荷重を保持する最大変位) からなる骨格曲線とともに表 2 および図 4 に示す。加振 1 は、最大応答変位を 100mm 程度に抑える予定であったが、160mm まで応答した。そのため、帯鉄筋の一部がわずかに降伏したが、ひずみレベル、損傷状況から、鉄筋の座屈は生じていないものと考えられる。その後、余震を想定し、小さな加速度から徐々に加速度レベルを増加させた。そして、加振 7 で、大外の帯鉄筋が降伏ひずみを超過し、それ以降、残留ひずみの増加が顕著になった。このとき一部の鉄筋の座屈が生じたと考えられる。さらに、加振 12 で、中間帯鉄筋が降伏ひずみを超過し、残留変位が 179mm に達したため、実験を終えた。

表 1 供試体諸元および材料試験結果

No.	断面形状 (mm)	f'_c	軸方向鉄筋				帯鉄筋				σ'_N
			f_y	ε_y	本数-径	p_s	f_y	ε_y	径-ctc(mm)	p_w	
S1	400×400	29.4	332	1675	12-D22	2.9	362	1884	1組 D13-75	0.85	2.1
S2	400×400	31.9	362	1950	12-D22	2.9	379	2183	2組 D10-85	0.84	1.9

f'_c : コンクリートの圧縮強度 (N/mm²), f_y : 鉄筋の降伏強度 (N/mm²), ε_y : 鉄筋の降伏ひずみ (μ),
 p_s : 軸方向鉄筋比 (%), p_w : 帯鉄筋比 (%), σ'_N : 軸圧縮応力 (N/mm²)

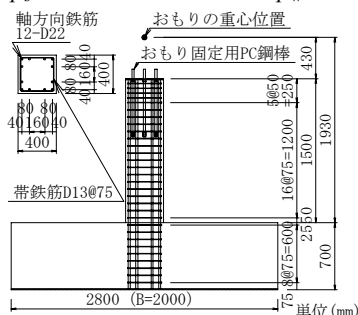


図 1 供試体形状 (S1)

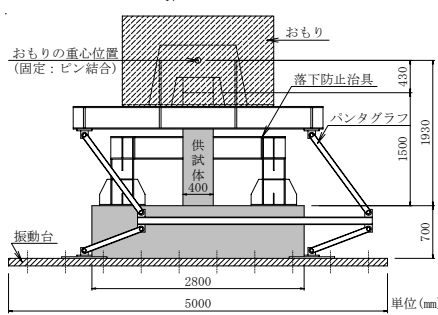


図 2 振動台装置 (S1)

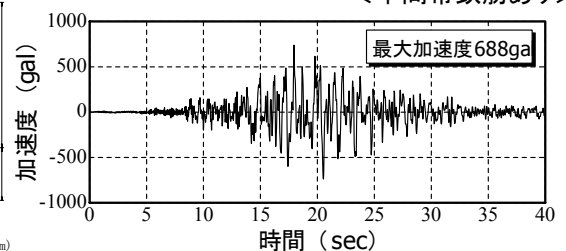


図 3 加振波の時刻歴波形

キーワード: RC 柱, 損傷, 崩壊, 中間帯鉄筋, 地震波, 振動台実験

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

表 2 実験結果一覧 (S2)

No.	入 力		応 答					記 事
	加振 番号	最大加速度 (gal)	最大加速度 (gal)	最小変位 (mm)	最大変位 (mm)	振幅 (mm)	残留変位 (mm)	
S2	1	1023	535	-160	151	311	-12	帯鉄筋がわずかに降伏ひずみに達した
	2	51	61	-16	-2	14	-12	これ以降,余震相当の加振,徐々に加速度増加
	3	123	202	-29	6	35	-12	
	4	282	357	-54	25	79	-20	
	5	340	380	-65	28	93	-24	
	6	449	419	-83	44	127	-28	
	7	549	435	-103	59	162	-35	大外の帯鉄筋が降伏ひずみを大きく超過
	8	554	436	-112	55	167	-44	これ以降, 残留変位増加
	9	525	427	-114	41	155	-52	
	10	584	440	-136	46	182	-66	
	11	628	454	-170	37	207	-97	
	12	669	421	-243	0	243	-179	中間帯鉄筋が降伏ひずみを大きく超過 (終了)

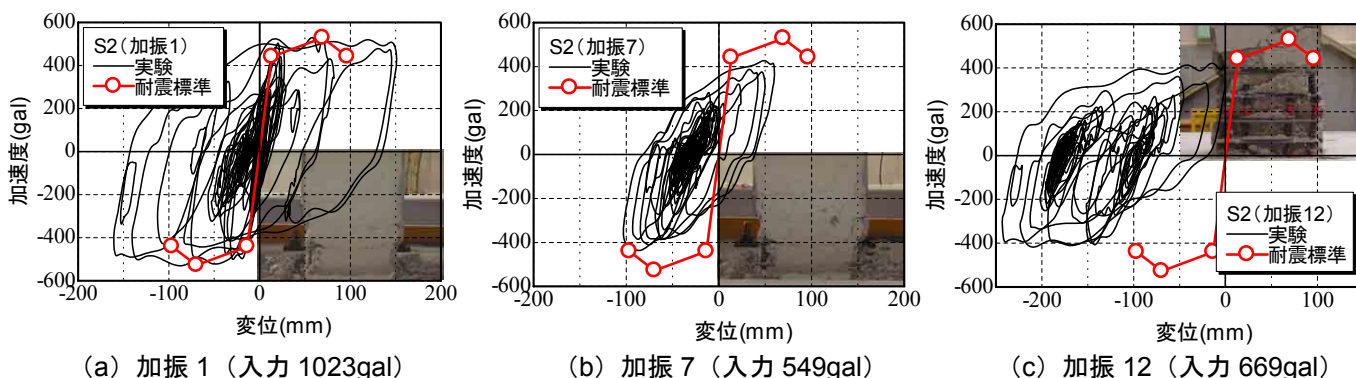
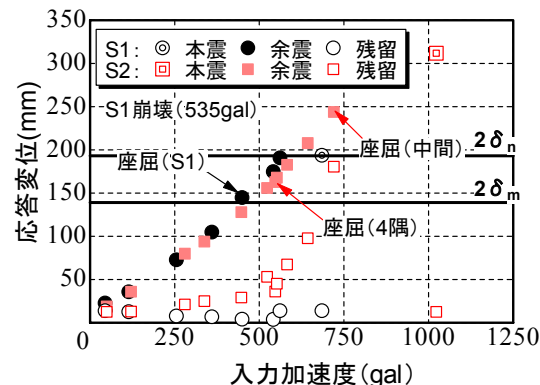


図 4 応答加速度－変位関係および損傷状況 (S2)

4. RC 柱の崩壊におよぼす中間帯鉄筋の影響

既往の研究¹⁾にしたがって, 加振波の最大加速度と応答変位の振幅との関係を図 5 に示す。図 5 より, 加振加速度の増加にしたがい, 応答変位の振幅が増加することがわかる。中間帯鉄筋のない S1 においては, 鉄筋の座屈を意味する M 点の 2 倍の変位である $2\delta_m$ に振幅が達したとき, 座屈に起因する帯鉄筋の降伏が確認された。

一方, 中間帯鉄筋を有する S2 においては, 振幅が同レベルに達したとき, 大外の帯鉄筋が降伏に至ったが, 中間帯鉄筋は降伏ひずみに達しておらず, 中間帯鉄筋に囲まれた鉄筋は座屈していないと考えられる。そのため, S1 が崩壊に至った 535gal の加振に対しても崩壊には至らず, 振幅が N 点の 2 倍である $2\delta_n$ を大きく超えた 243mm に達したとき, 中間帯鉄筋のひずみが降伏ひずみを大きく超えたことから, 中間帯鉄筋に囲まれた鉄筋が座屈し, 残留変位が急増したと考えられる。



5. まとめ

本研究の範囲において, 両振りの载荷履歴をとまなう地震波に対しては, 中間帯鉄筋の配置によって, 変形性能が向上する可能性が考えられる。今後, 中間帯鉄筋の影響を力学的に示すことによって, RC 柱の精度よい地震時挙動の再現が可能になるとともに, 効果的な RC 柱の配筋法の提案ができるものと考えられる。

参考文献

- 1) 田所敏弥, 田中浩一, 谷村幸裕, 黒川浩嗣, 服部尚道, 室野剛隆: 鉄筋コンクリート柱の崩壊に関する限界の評価法, 土木学会論文集 E, Vol.64 No.2, 298-313, 2008.4
- 2) 梅村恒, 市之瀬敏勝, 松澤敦行: 载荷履歴と中子筋の有無が RC 部材の復元特性に及ぼす影響, コンクリート工学年次論文報告集, Vol.25, No.2, 2003.6
- 3) 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), 丸善, 1999.10