

J R 九州

正会員 西川 佳祐

鉄道総合技術研究所

正会員 渡辺 忠朋

鉄道総合技術研究所

正会員 佐藤 勉

1. はじめに

兵庫県南部地震に

より、鉄筋コンクリートラーメン高架橋の柱部材に大きな被害が生じた。これらの復旧および耐震補強として、高架橋の柱部材外側に鋼板を巻く補強工法（以下、鋼板巻き補強という）が採用された。本検討では、ラーメン高架橋

の標準断面を模擬した柱部材と鋼板巻き補強を行った同柱部材および損傷を受けた後鋼板巻き補強を行った同柱部材の交番載荷試験を行い、耐力と変形性能について、検討を行った。

2. 実験の概要

試験体の諸元と形状寸法

を、表-1 および図-1 に示す。試験体は、1 層ラーメン高架橋柱部材の標準設計断面を実寸で模擬し、加力点高さは柱下端より3.0mとした。No. 1, 4は無補強の試験体で、No. 2, 3は、載荷前に厚さ6mmおよび9mmの鋼板で補強した試験体である。No. 1 R, 4 Rは、No. 1, 4のせん断破壊した供試体を補修して鋼板巻き補強を行い、再度載荷試験を実施した。

補強鋼板は、半割り形状に曲げ加工し、柱を囲んで仮固定し突き合わせ部を溶接して設置した。なお、鋼板は基礎コンクリート部に定着していない。

No. 1 R, 4 Rの補修・補強方法は、浮きコンクリートを除去し内部のひび割れ部にエポキシ樹脂を注入し、厚さ6mmの鋼板で補強し、無収縮モルタルを充填した。なお、軸方向鉄筋は、柱下端部で湾曲していたがそのまま使用した。また、No. 4 Rでは、樹脂注入後かぶりコンクリートを除去し、柱全長に帯鉄筋をD13-10cm間隔で配置した。使用鋼材の引張試験の結果を表-2 に示す。

載荷方法は、No. 4 は変動軸力下でそれ以外の試験体は一定軸力下で、変位制御による正負水平交番載荷とした。降伏変位および荷重は、正負両方向でそれぞれ柱の引張縁の軸方向鉄筋のひずみをモニターしながら載荷し、降伏に至る時点

の変位および荷重とした。なお、No. 1 R, 4 Rの降伏変位は、No. 1の降伏変位とした。加力サイクルは、無補強の試験体では $\pm 1 \delta y$, $\pm 2 \delta y$, $\pm 3 \delta y$ …とし、それ以外は $\pm 1 \delta y$, $\pm 2 \delta y$, $\pm 4 \delta y$, $\pm 6 \delta y$ …とし、各 δy ごとに3ループ繰り返すこととした。

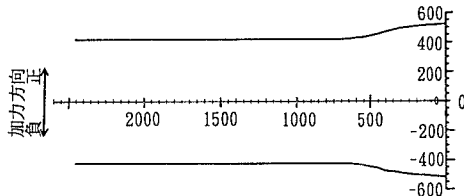


図-2 鋼板の最終はらみ状況

表-1 試験体の諸元

NO	軸力 (kN)	軸方向鉄筋 径-本数	柱帯鉄筋		鋼板 厚さ (mm)	コンクリート 圧縮強度 (N/mm ²)	コンクリート 弾性係数 (N/mm ²)	記 事
			径	ピッチ (cm)				
				下部	上部			
1	2.35	D32-20	φ9	15	30	—	33.15	27200
2	2.35	D32-20	φ9	15	30	6	35.70	28700
3	2.35	D32-20	φ9	15	30	9	35.99	29700
4	1.18±2×P	D32-20	φ9	15	30	—	37.36	27500
1R	2.35	1と同じ	φ9	15	30	6	1と同じ	1と同じ
4R	2.35	4と同じ	D13	10	10	6	4と同じ	4と同じ

表-2 使用鋼材の引張試験結果

鋼材の種類	降伏強度 (N/mm ²)	弾性係数 (N/mm ²)	記 事
D32	345.5	206000	1~4
φ9	356.5	192000	1~4, 1R
D13	365.4	181000	4R
PL6mm	378.7	208000	2
PL6mm	364.4	214000	1R, 4R
PL9mm	332.7	207000	3

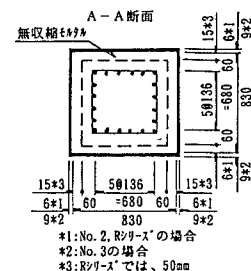
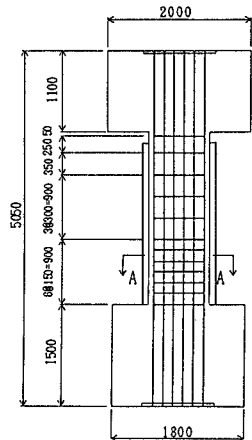


図-1 試験体の形状寸法

表-3 実験結果

NO	実験値		計算値 (曲げ)		変位の実験値		A	Pe
	P _y (kN)	P _{max} (kN)	P _{ycal} (kN)	P _{maxcal} (kN)	δ _y (mm)	δ _u (mm)		
1	792	852	671	822	21.0	43.6	1.0	1.0
2	794	947	703	867	12.9	135.0	3.9	2.5
3	795	1001	708	874	11.3	172.1	5.0	3.1
4	553 -858	641 -877	473 -725	622 -879	16.5 -19.0	39.9 -36.3	0.7 0.9	0.8 1.0
1R	862	1028	758	932	(21.2)	174.8	5.4	2.4
4R	886	1021	758	932	(21.3)	173.4	5.6	2.5

3. 実験結果および考察

(1)破壊状況 No. 1, 4は、せん断破壊した。それ以外の試験体は、終局変位(図-5参照)を超えた付近から軸方向鉄筋の破断を契機として耐力が急激に低下し、実験を終了した。鋼板にははらみが発生したものの、亀裂はみられなかった。柱下端部での鋼板のはらみは、大きいもので100mm程度であった。No. 2でののはらみ状況を図-2に示す。

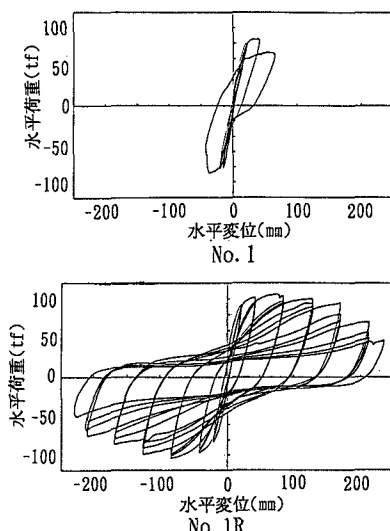


図-3 荷重-変位関係

(2)荷重-変位の関係 各試験体の荷重-変位履歴曲線の例および荷重-変位包絡線をそれぞれ図-3および図-4に示す。また、各試験体の降伏荷重(P_y)、最大荷重(P_{max})の実験値と計算値および降伏変位(δ_y)と終局変位(δ_u)の実験値を表-3に示す。なお、No. 4以外は、正負の値を平均して評価した。

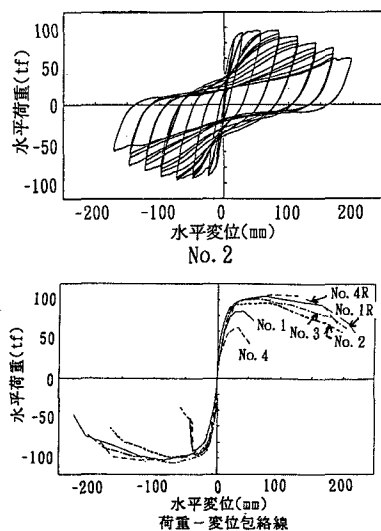


図-4 荷重-変位包絡線

図-4より、鋼板巻き補強した試験体は、無補強の試験体に比較して変形性能が大きく向上していることがわかる。また、損傷を受けた後鋼板巻き補強したNo. 1R, 4Rは、損傷を受けていない柱に鋼板巻き補強したNo. 2と比較して、荷重-変位関係に顕著な違いはみられなかった。

(3)鋼板巻き補強効果 エネルギー吸収能力の比較として、各試験体の荷重-変位包絡線の面積A(図-5参照)のNo. 1に対する比率 $A/A_{No.1}$ および補修・補強の効果の比較として、Newmarkのエネルギー一定則で換算した耐力 P_e のNo. 1に対する比率 $P_e/P_{eNo.1}$ もあわせて表-3に示す。また、荷重-変位履歴曲線において1ループで囲まれた部分を履歴吸収エネルギー(図-6参照)とし、各試験体のループごとに履歴吸収エネルギーを算出した。履歴吸収エネルギーと変位の関係を図-7に示す。

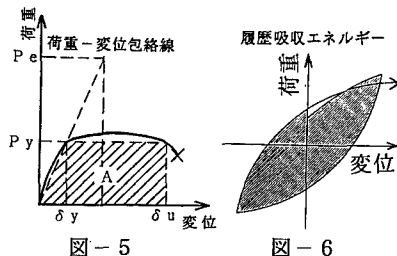


図-5

図-6

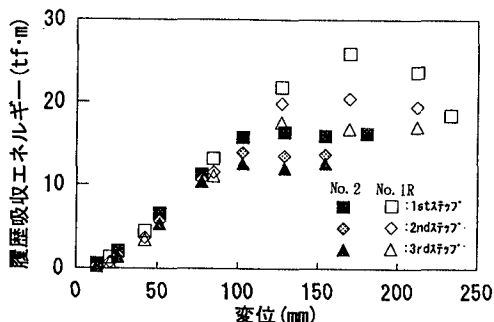


図-7 履歴吸収エネルギーの比較

表-3より、No. 1, 4に対してNo. 2, 3は、エネルギー吸収能力が大きくなっており、No. 1R, 4RもNo. 1に対して、エネルギー吸収能力が大きく向上する結果となった。補修・補強の効果においても、鋼板巻き補強が有効であることがわかる。また、図-7より、No. 2およびNo. 1Rとも変位が100mmを超えた付近から1stループに対して2nd, 3rdループの履歴吸収エネルギーが低下する傾向にあることがわかる。

4. まとめ ラーメン高架橋柱部材の標準断面に鋼板巻き補強を行った柱部材の交番載荷試験を行い耐力と変形性能について検討を行った結果、鋼板巻き補強により柱の変形性能が大きく向上すること、せん断破壊した柱に鋼板巻き補強した試験体は損傷していない柱に鋼板巻き補強した試験体とほぼ同程度の変形性能が得られるものと推定されることがわかった。

[参考文献]宮本、石橋、斎藤:既設橋脚の鋼板巻き補強方法に関する実験、構造物設計資料No. 89, 1987. 3