

損傷後の大断面 R C 橋脚の 耐震補修・補強効果に関する実験的研究

岩田秀治¹・大滝 健²・家村浩和³

- ¹ 正会員 ジェイアール東海コンサルタンツ(株) <J R 東海より出向中> (〒460-0008 名古屋市中区栄 2-5-1)
- ² 正会員 博士(工学) (財)国土技術研究センター<東急建設(株)より出向中> (〒105-0001 東京都港区虎ノ門 2-8-10)
- ³ フェロー 工博 京都大学大学院 教授 工学研究科土木システム工学専攻 (〒606-8501 京都市左京区吉田本町)

震災後の復旧に関して実構造物大での実験的な検証例は少なく、特に、大断面の大型構造物での耐震補修・補強効果に関する実験例は少ない。本報告は、大地震により被害を受けた構造物を補修・補強により、復旧することを想定し、その損傷レベルに対する適切な補修・補強を施した場合の効果を実験的に把握することと、補強工法として最も多く適用されている鋼板巻き補強の大断面(断面寸法: 2.0m×2.0m, 鋼板厚: 12mm) 実構造物に対する効果の確認を目的とした実験成果である。結果は、大断面柱においても、鋼板巻き補強を行うことにより、せん断耐力が増加し、基部拘束を行わなくても鋼板のみの拘束効果により主鉄筋の座屈を抑えることができ、変形性能も確保できた。

key words : seismic design, large scale RC pier, retrofit, cyclic loading test

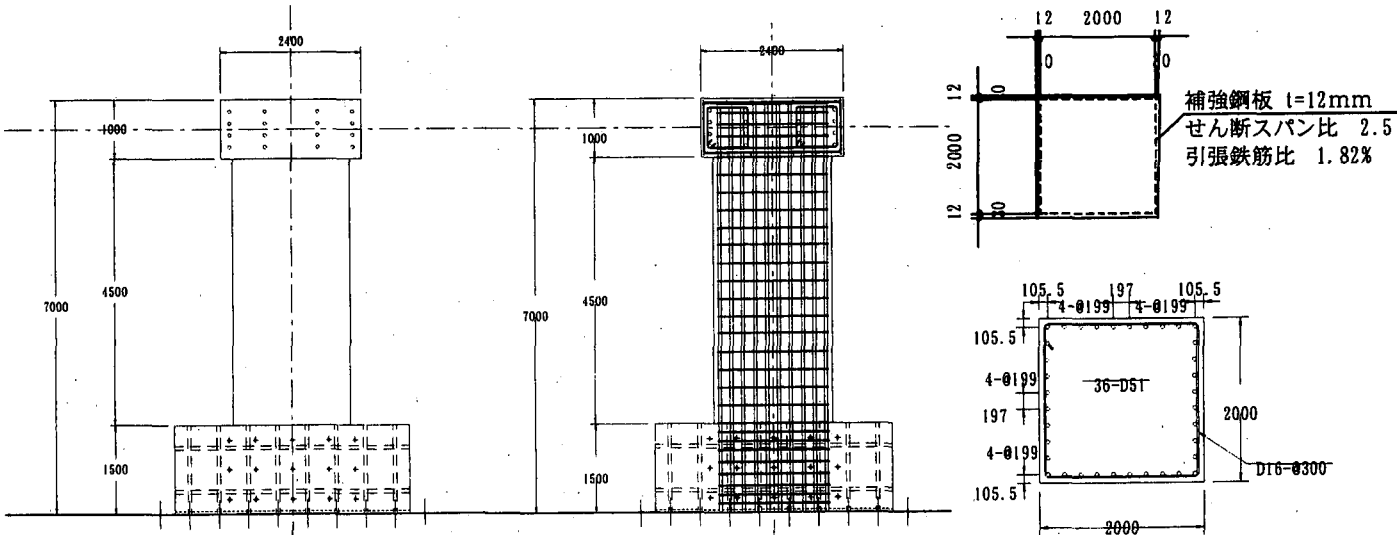
1. はじめに

被災した構造物の復旧に際し、如何に迅速で適切な早期復旧を行うべきかという課題に対し、構造物の損傷レベルにより、①再構築する、②一部の部材のみ取替える、③補修補強を行い復旧するなどの判断が必要となる。

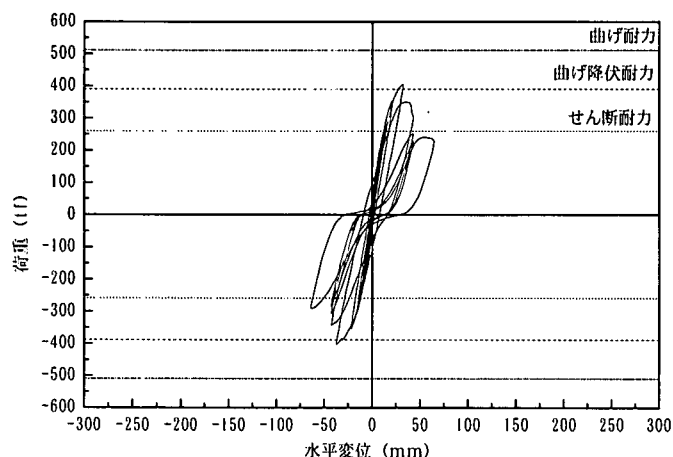
震前対策の耐震補強としては、阪神大震災後、多くの技術開発が進み体系化もなされたが^{1), 2)}、被害を受けた構造物については、メカニカルな検証例も少なく、目視

以外の損傷レベルの正確な評価法や、その損傷に対する的確な復旧判断法など、解明すべき事項も多い。特に、大断面の大型構造物での耐震補修・補強効果に関する研究は、コストの問題もあり、実験例は少ない^{3), 4)}。

本報告は、大地震により被害を受けた構造物に対し、補修補強を行い復旧することを想定し、その損傷レベルに対する適切な補修・補強を施し、その効果を実験的に把握することと、大断面の構造物における鋼板巻き補強



図一1 供試体の断面・配筋・鋼板巻き補強図



図－２ 無補強の載荷実験の荷重－変位曲線

効果の確認を目的としたものである。

鋼板巻き補強は、脆性的なせん断破壊から粘りのある曲げ破壊へと移行させる変形性能の向上や、主鉄筋の座屈を抑制する効果が、数多くの耐震実験によって確認されており、他の補強工法に比べ、安価で施工性も良いことから、鉄道高架橋の柱部材などを対象に効果的補強法として多く適用されている。しかし、大断面部材での適用に関しては、実験例もなく、鋼板の横方向の剛性が小さいために、せん断破壊や主鉄筋の座屈を防止することができない懸念もあり、その効果の解明が急務である。

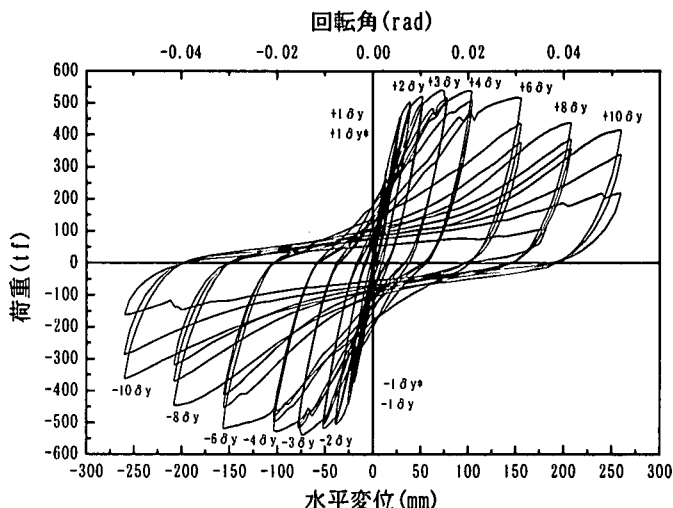
2. 供試体の諸元および補修補強方法

大断面の実構造物（RC橋脚）を想定した供試体の断面寸法は、2.0m×2.0mである（図－1）。

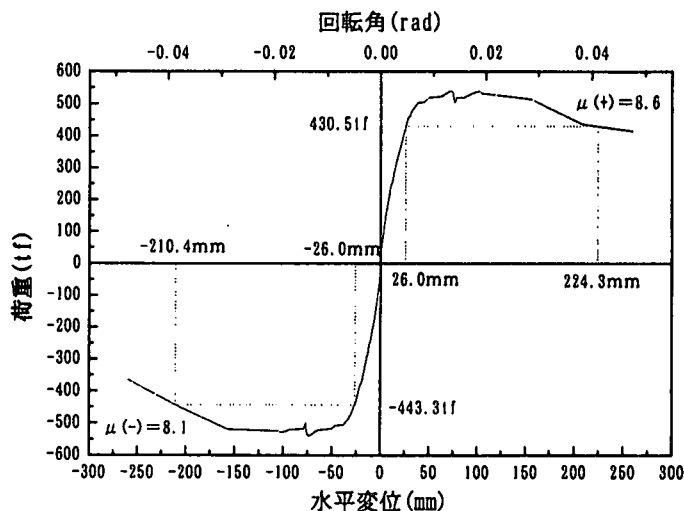
地震時の損傷を想定するため、無損傷の供試体に水平交番載荷を行い、降伏前にせん断破壊した状態を生じさせた。その後、補修・補強を行い、再度、水平交番載荷を行った。

無損傷の供試体の載荷実験結果は、計算上の降伏変位 $+1\delta y$ において主鉄筋が降伏する前にせん断ひび割れが進展し、最終的にはせん断破壊に至った（図－2）。せん断断面には、せん断ひび割れ（最大ひび割れ幅：約21mm）が発生した（写真－1）。

補修補強方法は、①曲げクラック部に、エポキシ樹脂（10リットル程度：供試体体積の約0.06%）による注入補修、②せん断クラック部に、エチレン－酢酸ビニール共重合体とセメントの配合による補修用ポリマーセメントスラリー型注入材（400リットル程度：供試体体積の約2.22%）による注入補修、③鋼板厚12mmの鋼板巻き補強を行い、鋼板と既存コンクリートとの空隙は30mmとし、その空隙には無収縮モルタルを充填した（写真－2）。



図－３ 鋼板巻き補強後の載荷の荷重－変位曲線



図－４ 荷重－変位曲線の包絡線

表－１ 鋼板巻き補強後の実験状況

	載荷サイクル	状 況
載荷前		補修・補強完了状態
載荷開始	$\pm 100\text{tf}$	柱基部と基礎部の境界に曲げひび割れが発生
↓	$+1\delta y$	柱部材降伏変位 $\delta y=26.0\text{mm}$
主筋降伏	$-1\delta y \times 1$	負載荷時引張側主鉄筋の降伏を確認
最大荷重	$\pm 3\delta y \times 1$	最大荷重
↓	$\pm 3\delta y \times 2$	荷重低下，鋼板はらみ増加
↓	$\pm 3\delta y \times 3$ 終了後	荷重低下が進行，鋼板はらみ急激に増加
↓	$+10\delta y \times 2$ 以降	主鉄筋破断（合計16本）
実験終了	$\pm 10\delta y \times 3$ 終了後	供試体の耐力低下により終了

3. 鋼板巻き補強の載荷実験結果

せん断破壊後に補修補強を施した供試体の載荷実験では、 $\pm 1\delta y$ 、 $\pm 2\delta y$ 、 $\dots \pm 8\delta y$ …と正負3回の載荷を行った。結果を図－3、4、表－1に示す。写真－3は鋼板のはらみ状況（載荷実験終了時）、写真－4、5は実験終了後の鋼板を撤去した状況である。せん断破壊した供試体に補修・補強を行うことにより、破壊形式

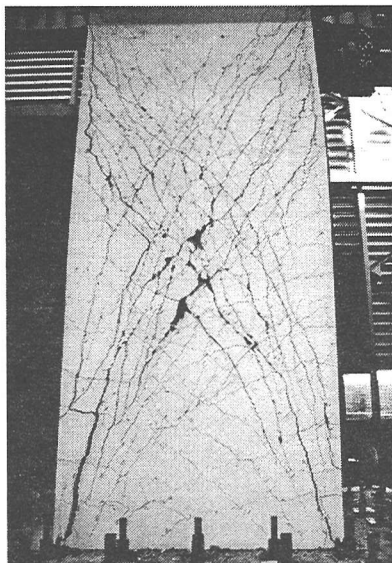


写真-1 せん断ひび割れ状況

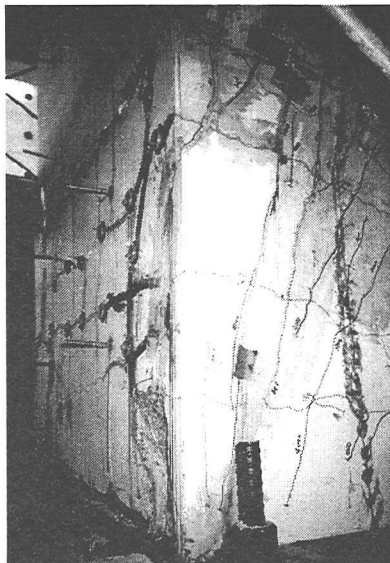


写真-2 補修状況

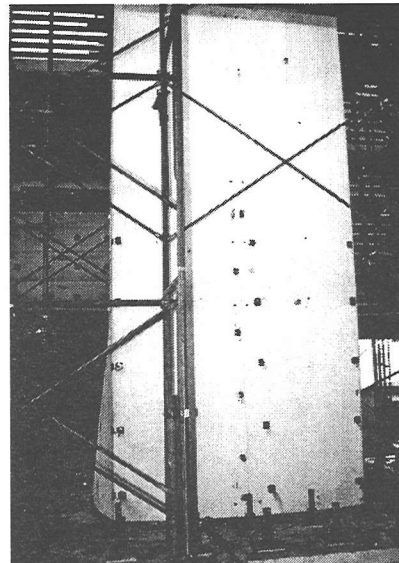


写真-3 鋼板のはらみ状況

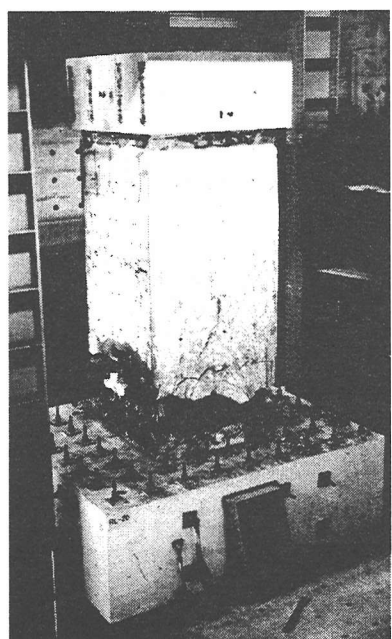


写真-4 実験終了時の状況

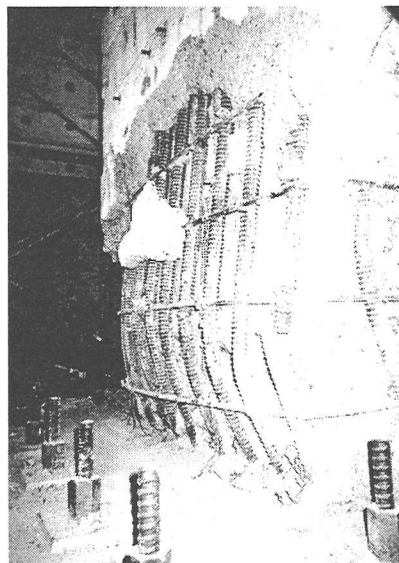


写真-5 主鉄筋の座屈状況

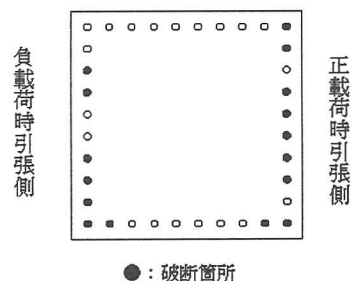


図-5 主鉄筋の破断箇所

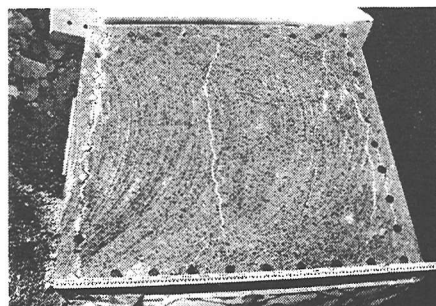


写真-6 供試体の断面状況

が曲げ破壊型に移行したことや、変形性能の向上と最大耐力の増加が確認できた。図-5、写真-5は主鉄筋の破断箇所を示し、写真-6は実験終了後に切断した供試体断面である。断面内の白い箇所は注入補修の状況を示し、注入材が断面内部まで十分に浸透していることが確認できる。

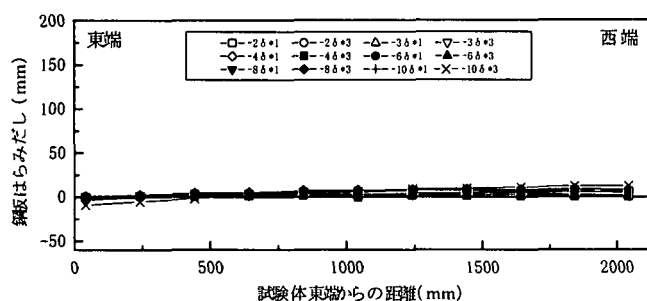
鋼板のはらみ量を図-6に示す。鋼板のはらみは、基部+200mm～500mmにおいて $4\delta y$ で急増しており、 $4\delta y$ で始まった主鉄筋の座屈が $6\delta y$ 以降において急激に進行したと考えられる。

4. まとめ

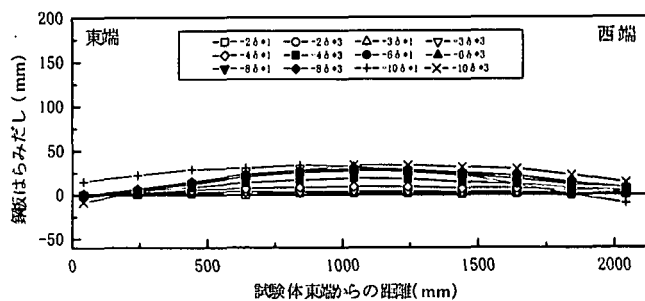
一度せん断破壊した大断面柱(2.0m×2.0m)を対象

に、エポキシ樹脂とポリマーセメント系モルタルを用いた補修および鋼板巻き補強(鋼板厚: $t=12\text{mm}$)による耐震補強を施した後に行った耐震実験により、以下の事項が確認できた。

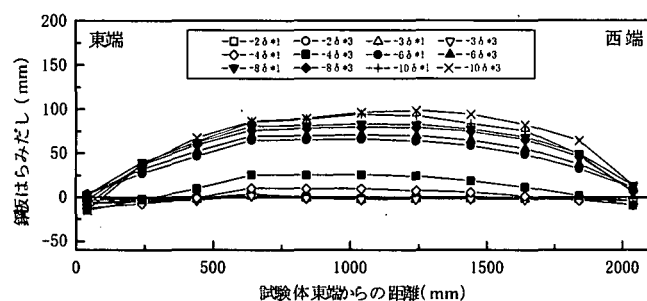
- ① 大断面柱においても、鋼板巻き補強を行うことによりせん断耐力が増加し、鋼板巻き(鋼板厚: $t=12\text{mm}$)のみの拘束効果により主鉄筋の座屈を抑えることができ、靱性率8程度の変形性能を確保できることが確認できた。
- ② 大断面の鋼板巻き補強工法において、鋼板の横方向の剛性が小さいことにより、基部拘束が懸念されていたが、一辺が2.0m程度の断面なら、鋼板のはらみ出しを抑制する基部拘束工は必要な



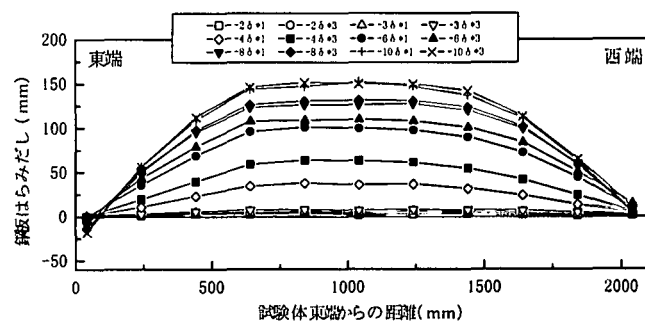
基部+2000mmの鋼板はらみ量



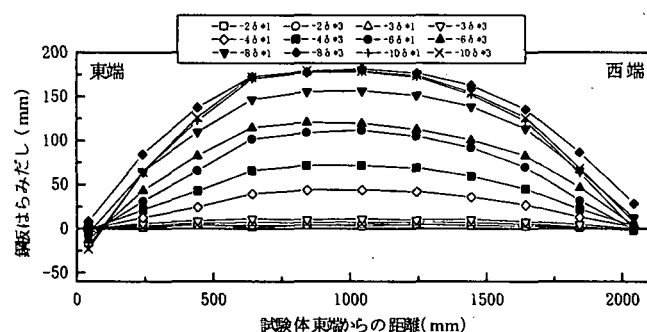
基部+1500mmの鋼板はらみ量



基部+1000mmの鋼板はらみ量



基部+500mmの鋼板はらみ量



基部+200mmの鋼板はらみ量

鋼板はらみ計測位置

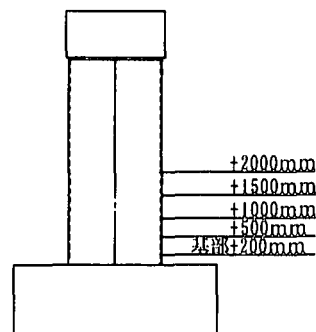


図-6 鋼板巻き補強の鋼板はらみ量

いと考えられる。

- ③ 本実験の損傷レベルであると、復旧には再構築の必要はなく、補修・補強により震災前以上の耐力が確保でき、復旧後の使用開始にあたっての安全性は確保できる。

また、載荷実験と同時に衝撃振動試験を行い、構造物の損傷に伴う振動数の低下率（剛性低下）と構造物の荷重－変位の関係を、定量的に把握しようと試みている。本供試体に加え、断面寸法1.0m×1.0mと断面寸法0.5m×0.5mの柱部材（鋼板補強無し）についても行ったが、損傷による振動数の低下は確認しているものの定量的には把握しきれていない。

今後は、衝撃振動試験などの非破壊試験により、メカニカルに損傷レベルを定量的に判別する手法の高度化や、クラックへの樹脂注入を省略した鋼板巻き補強（鋼板と既存コンクリートとの空隙に充填する無収縮モルタルの

み）などの緊急復旧に即した効果的な補修・補強工法の実用化を目指したい。

【参考文献】

- 1) 既存鉄道コンクリート高架橋柱等の耐震補強設計・施工指針 鋼板巻立て補強編, (財)鉄道総合技術研究所, 1999.7
- 2) コンクリート構造物の震災復旧・耐震補強技術と事例, (社)日本コンクリート工学協会, pp368, 1998.8
- 3) 鉄筋コンクリート橋脚の耐震性に及ぼす寸法効果の影響に関する共同研究報告書, 建設省土木研究所・日本道路公団・首都高速道路公団・阪神高速道路公団, 1999.10
- 4) Takeshi OHTAKI: An Experimental Study on Scale Effects in Shear Failure of Reinforced Concrete Columns, 12th World Conference on Earthquake Engineering 2000, 2186/6/A, 2000.1