

# 免震レトロフィットに適用する柱仮受け工法の開発

## Development of the Temporary Supporting Method for Seismic Isolation Retrofit

舟木秀尊\* 岸本 剛\* 山上 聡\* 床 圭司\*\*

### 要 旨

免震レトロフィット工事に適用する既開発の柱仮受け工法<sup>1)</sup>（増し打ち方式）を発展させ、工事が終わった後に撤去できる脱着式の仮受け部材として、PC 鋼棒で鋼製の治具を柱躯体に圧着し、そこに鉛直ジャッキを設置する工法（乾式方式）を考案した。そこで、今回は鉄筋コンクリート柱と鋼製治具の荷重伝達を模擬した構造実験により、PC 鋼棒で圧着接合された脱着式の鋼製治具が、柱切断時の荷重を仮受けする部材として使用できることを確認した。

キーワード：免震レトロフィット、中間階免震、仮受け、PC 鋼棒、圧着接合

### 1. まえがき

既存建物を免震建物に変更する場合、柱や耐震壁などの鉛直部材を切断し、免震装置を設置する。一般には、ジャッキ等の仮設支持部材を柱周辺に設置して、柱にかかる荷重を仮受けした後、柱の免震装置設置箇所を切断・除去し、免震装置を設置・固定して仮設支持部材を取り外すという手順になる。

免震レトロフィット工事において、工事の範囲を免震階のみにすることにより、上層階・下層階とも居ながらの施工が可能となる。今回、既開発の工法<sup>1)</sup>を発展させ、工事が終わった後に撤去できる仮受けとして、PC 鋼棒で鋼製の治具を柱躯体に圧着し、そこに鉛直ジャッキを設置する工法を考案した。本報では、工法の概要と構造実験の結果について報告する。

### 2. 工法の概要

免震レトロフィット工事は、免震装置を設置する位置の違いにより、図-1に示すような中間階免震と基礎下免震に分けられる。開発した工法は、中間階免震の工事を対象とした仮受け工法である。鋼製治具による仮受けのイメージを図-2に示す。本工法では、既存柱の切断にあたって、切断箇所の上部和下部に鋼製治具を取り付け、その間に鉛直ジャッキを設置する。鋼製治具の役割は、PC 鋼棒の緊張力を柱躯体へ伝達すると同時に、鉛直ジャッキの反力を支えることである。鋼製治具は、PC 鋼棒の緊張力によって柱躯体と圧着し一体化される。鋼製治具は縦使いと横使いがあり、PC 鋼棒を通すための貫通孔を有する。したがって、縦使いと横使いを組み

合わせて使用することで、免震装置を載せるための増し打ち部と既存柱との間に生ずる段差に対応できる。横使いでは、PC 鋼棒を既存柱の側面に配置するため、既存柱の躯体に新たに貫通孔を設ける必要はない。仮受け時の柱荷重は、柱躯体と鋼製治具との接合面の摩擦力によって伝達される。柱の鋼製治具は、免震装置を設置してジャッキダウンが完了した後、取り外して次の柱仮受け工事に転用することができる。

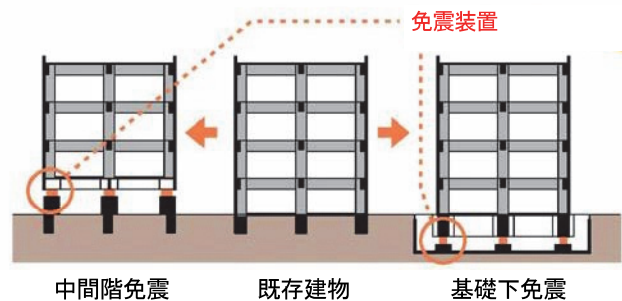


図-1 中間階免震と基礎下免震

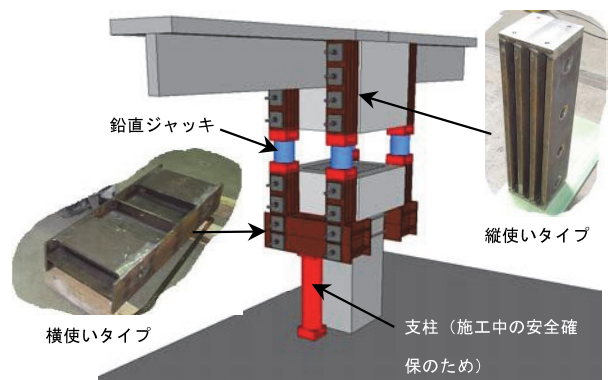


図-2 鋼製治具による仮受けのイメージ

\*技術研究所 \*\*東日本支社建築設計部

### 3. 仮受け形式の検討

#### 3.1 実験概要

仮受けに使用する鋼製治具の組み合わせを検討するために予備実験を行った。実験対象とした仮受け形式を図-3に示す。系列Ⅰは、増し打ち柱を PC 鋼棒で圧着する既開発の方式（鋼製治具を用いない）であり、荷重支持性能について考案した乾式方式と比較するための試験体である。系列Ⅱは、増し打ち部を介して鋼製治具を圧着する方式、系列Ⅲは、既存柱に鋼製治具を直接圧着する方式である。系列Ⅱと系列Ⅲが開発対象であり、仮受け形式が荷重支持性能に与える影響を把握することを目的とした。また、柱躯体のコンクリート強度は、既存柱が 27 N/mm<sup>2</sup>、増し打ち部が 36 N/mm<sup>2</sup>である。試験体 9 体に対し、PC 鋼棒の緊張力や配置方向（1 方向、2 方向）等を因子として、全 26 ケースの載荷実験を行った。実験方法を図-4に示す。実際の工事状況を模擬するため、鋼製治具の鉛直ジャッキを設置する場所に支持板を配置した。鉛直荷重は既存柱の上面に載荷し、最大耐力が確認されるまで加力した。

#### 3.2 実験結果

試験一覧を表-1に、仮受け形式が最大耐力に与える影響を図-5に示す。3 種類の仮受け形式を比較した結果、PC 鋼棒による緊張力から得られる荷重支持性能は、既存柱に鋼製治具を直接圧着した形式（系列Ⅲ）が最も期待できることがわかった。系列Ⅲは、PC 鋼棒による緊張力の全てが摩擦に寄与する一方、増し打ち形式（系列Ⅰ）や増し打ち部を介する形式（系列Ⅱ）では、緊張力の一部が増し打ち部に流れてしまうために荷重支持性能が低くなると考えられる。また、鋼製治具を複数段に重ねて使用する際、同一方向に 2 段（No.7-4~6、8）とした方が、鋼製治具を重ねる部分の躯体に損傷が少なく、同じ緊張力から得られる最大耐力は大きくなった。したがって、予備実験の結果から、実際の工事に適用する鋼製治具の配置は 1 方向で重ねて使用するものとした。

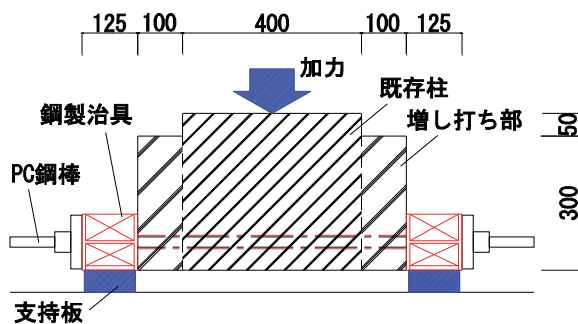


図-4 実験方法（系列Ⅱ）

表-1 試験一覧（予備実験）

系列	試験体	PC鋼棒配置方向	PC鋼棒本数	緊張力 (kN/本)	最大耐力 (kN)
Ⅰ	No.1	—	—	—	543
	No.2	長手(X)	2本×1方向	270	1180
	No.3	短手(Y)	2本×1方向	270	959
	No.4	X+Y	2本×2方向	270	1380
	No.9-4	X方向	2本×1方向	270	1061
Ⅱ	No.5-1	X方向	2本×1方向	150	375
	270			705	
	420			1023	
	No.5-4	—	—	—	496
	No.6-1	上段(Y) 下段(X)	2本×2方向	150	810
	270			1419	
	420			1749	
	No.9-1	X方向	2本×1方向	150	359
	270			667	
420	987				
Ⅲ	No.7-1	X方向	2本×1方向	150	561
	270			985	
	370			1210	
	420			1349	
	No.7-4	上段(X) 下段(X)	2段×2本×1方向 (同一方向2段)	150	1062
	270			1889	
	420			2539	
	No.7-8	—	—	150/420	1829
	No.8-1	上段(Y) 下段(X)	2本×2方向 (直交方向2段)	150	853
	270			1630	
	420			2366	

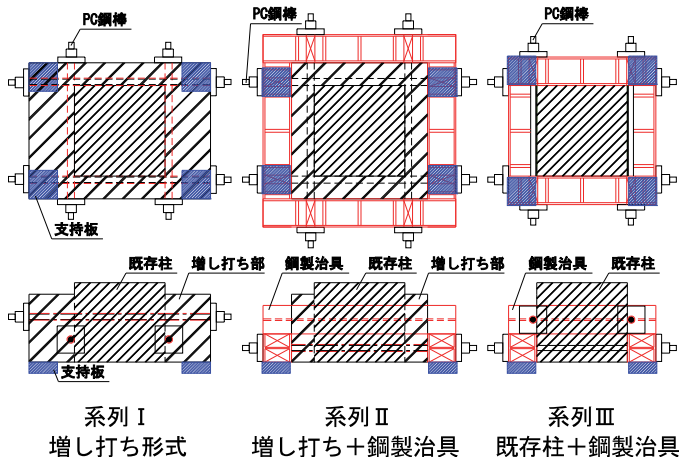


図-3 仮受け形式

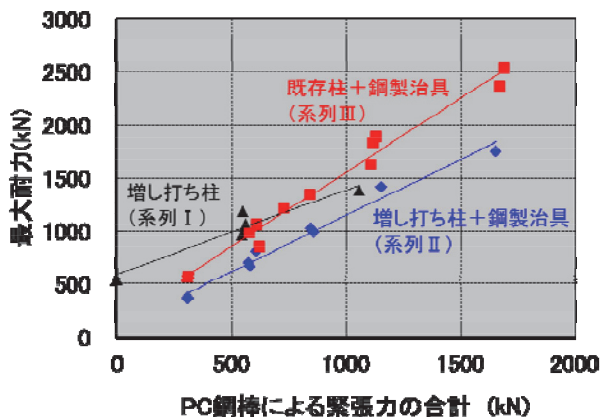


図-5 仮受け形式が最大耐力に与える影響

4. 荷重支持性能の確認

4.1 実験概要

鋼製治具を PC 鋼棒の緊張力で柱に圧着した仮受け部材の荷重支持性能を確認するため、実際に近い 1/2 モデルの試験体による載荷実験を行った。試験体の形状の一例を図-6に示す。実験因子は、①鋼製治具の段数 (PC 鋼棒の本数)、②鋼製治具の組み合わせ (縦使い、横使い)、③増し打ち部の有無、④躯体表面 (目荒し・傾斜・鋼板補強) 等とした。

4.2 荷重支持性能

試験一覧を表-2に、PC 鋼棒による緊張力と全て試験における最大耐力との関係を図-7に示す。様々な実験因子の影響を含んだ結果であるが、鋼製治具を用いた

仮受けの最大耐力は、PC 鋼棒による緊張力の合計値によって評価できることがわかった。鋼製治具の設置方法を写真-1に示す。柱切断箇所の上に設けられる増し打ち部と既存柱に段差が生じた場合、鋼製治具の設置方法によって荷重支持性能に問題がないことを確認することが目的である。この実験により、鋼製治具の設置は縦使いと横使いの組み合わせが可能であり、既存柱と増し打ち柱に段差が生じてでも適用できることがわかった。また、本実験より、PC 鋼棒の緊張力によって圧着された鋼製治具による仮受けは、免震レトロフィット工事における柱切断時の軸力を仮受けする部材として荷重を支持できる性能を有しており、その最大耐力は PC 鋼棒の緊張力によって得られる柱と鋼製治具との摩擦力によって評価できることを確認した。

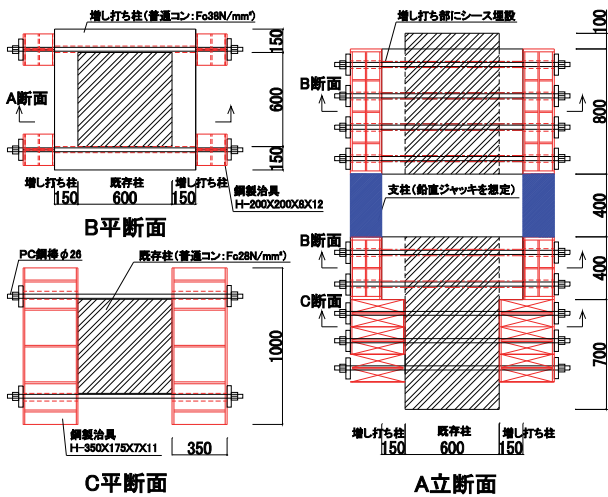


図-6 試験体の形状 (全体モデル No. 11)

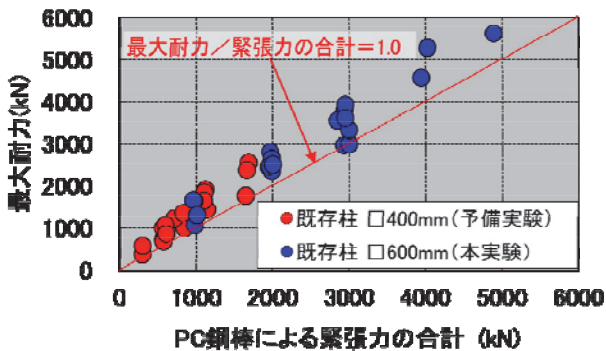


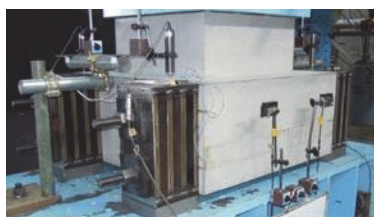
図-7 PC 鋼棒による緊張力と最大耐力の関係

表-2 試験一覧

試験体	因子	鋼製治具		PC鋼棒 (本)	緊張力 (kN/本)	合計緊張力 (kN)	最大耐力 (kN)	
		配置	段数					
既存柱と鋼製治具 (増し打ちなし)	No.1-1 治具段数	横使い	1段	2	500	991	1050	
	No.2-1 治具段数		2段	4	500	1954	2460	
	No.2-2 緊張力		2段	4	250	983	1629	
	No.1-2 圧着面に鉄板		3段	6	500	3000	2977	
	No.1-3 圧着面に鉄板		2段	4	500	1973	2800	
	No.3-1 治具段数		3段	6	500	2938	2947	
	No.3-2 緊張力		3段	6	167	972	1647	
	No.6-1 目荒し・支点間隔		3段	6	500	2944	3804	
	No.6-2 目荒し		3段	6	500	2853	3536	
	No.8-1 支点間隔		2段	4	500	1992	2634	
No.8-2 支点間隔	3段	6	500	2949	3915			
増し打ち柱と鋼製治具	No.4-1 治具段数	縦使い	2段	4	500	1960	2426	
	No.7-1 躯体に傾斜あり		2段	4	250	1019	1299	
	No.7-2 躯体に傾斜あり		2段	4	500	1992	2338	
	No.9-1 治具段数		3段	6	500	2998	3322	
	No.10-1 治具段数		4段	8	250	1966	2451	
	No.10-2 緊張力		4段	8	500	4027	5274	
既存柱および増し打ち柱と鋼製治具	No.4-2	縦使い	2段	4	250	2008	2495	
		横使い	1段	2	500			
	No.5	縦使いと横使いの段数	縦使い	2段	4	500	4893	5615
		横使い	3段	6	500			
	No.9-2	縦使い	2段	4	500	2951	3610	
		横使い	1段	2	500			
No.11 全体モデル	上部	縦使い	4段	8	500	3944	4561	
		縦使い	2段	4	500			
		横使い	3段	4	500	4953	-	



① 既存柱に鋼製治具を圧着



② 増し打ち部に鋼製治具を圧着



③ 既存柱と増し打ち部に鋼製治具を圧着

写真-1 鋼製治具の設置方法



### 4.3 圧着面が耐力に及ぼす影響

柱躯体と鋼製治具の圧着面に着目した試験体を写真-2に、緊張力の合計を同一とした場合の各因子（段数、目荒し、傾斜、鋼板）が最大耐力に及ぼす影響を図-8に示す。横使いの鋼製治具を重ねて使用する際の最大耐力は、横治具3段を100とした場合に横治具1段では64に低下する。これは躯体が支圧破壊したことが原因であり、その対策としてNo.1-2、3のように圧着面への鋼板の設置が有効である。躯体に目荒しを施した実験においては、鋼製治具との一体性に問題なく、最大耐力への影響は見られなかった。圧着面のすべり防止を期待して傾斜を設けた場合については、最大耐力の向上が見られず、効果がないことがわかった。

## 5. 施工方法

鋼製治具を用いた仮受けの計画は、既存柱が負担している設計用長期軸力に対して行う。今回の実験で得られた摩擦抵抗力に関する知見を踏まえ、PC鋼棒の径や本数を検討する。その際、安全率については、柱頭部ブラケット支保工の設計方法<sup>2)</sup>等に準じて行う。本工法の施工手順を図-9に示す。既存柱には、免震装置を設置するための増し打ち部を構築する。その際、PC鋼棒を通すためのシースを事前に配置する。増し打ち部のコンクリートが所定の強度に達した後、柱躯体に鋼製治具を圧着する。設計用長期軸力を目標に、鉛直ジャッキによるプレロードを行い、フェイルセーフ用の支柱を設けた後に既存柱を切断する。免震装置を設置した後、ジャッキダウンして柱に荷重を移行し、仮受けを撤去する。

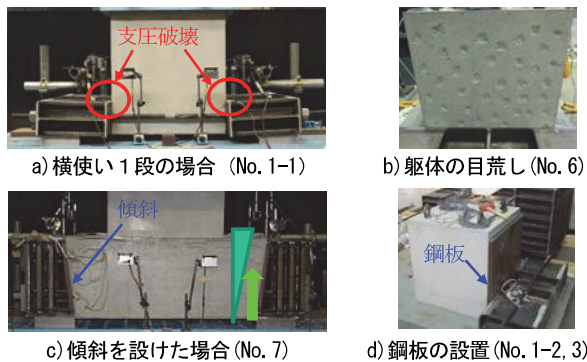


写真-2 圧着面に着目した試験体

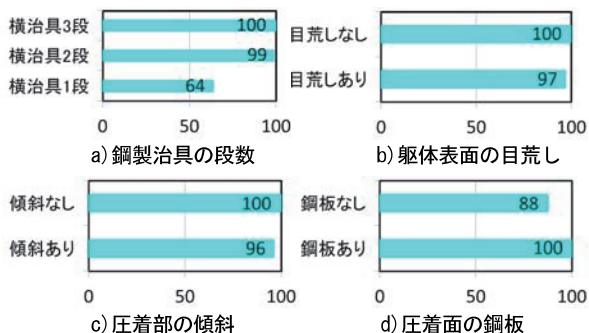


図-8 各因子の影響（基準試験体を100とする）

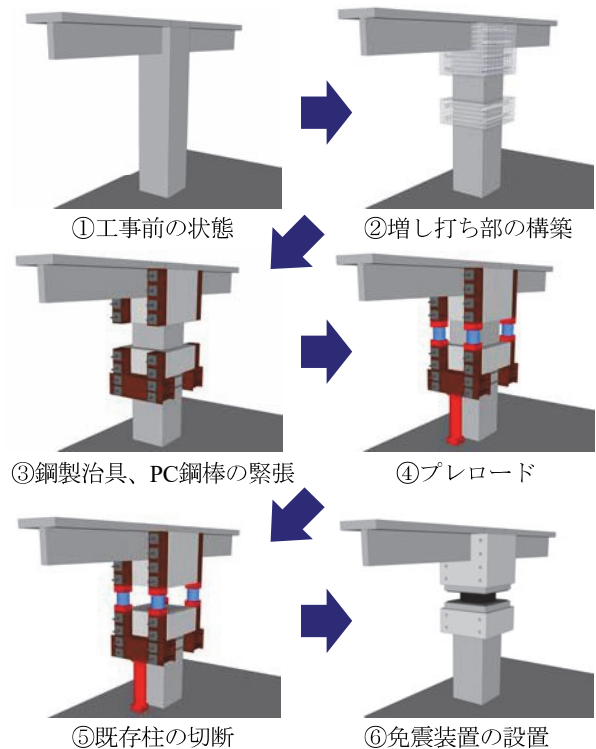


図-9 施工手順

## 6. まとめ

免震レトロフィット工事の柱仮受け部材に関する実験を行い、考案した施工方法が実建物へ適用できることを実証した。主な結果を以下に示す。

- i. 鉄筋コンクリート柱と鋼製治具の荷重伝達状況を模擬した構造実験により、圧着接合された鋼製ブラケットが、免震レトロフィット工事における柱切断時の荷重を支持できることを確認した
- ii. PC鋼棒で圧着接合する鋼製治具は、鉄筋コンクリート躯体の形状や荷重に応じて適切に組み合わせることで、その最大耐力はPC緊張力の総和と同等の荷重として評価できることを確認した

## 7. あとがき

免震レトロフィット工事は、その建物によって要求も様々である。これらの要求に応じていく中で、施工方法の充実を図り、新しい工法の開発を検討していきたい。

### 【参考文献】

- 1) 「免震レトロフィット工法の柱仮受け部材に関する実験的研究」、奥村組技術研究年報、2013
- 2) 「仮設 PC 鋼材設計・施工マニュアル」、高速道路調査会、1997.7