

圧着接合による耐震補強技術

移動可能な耐震補強工法

渡邊 高朗・阿部 菜穂美

従来のブレース材を用いた耐震補強は、柱と梁に囲まれた構面に鉄骨系の枠を設置し、これにブレースを取り付ける。本工法は、PC鋼棒の緊張による圧着で柱に専用の金物を固定しブレースを設置する。従来の枠付き工法に比較して施工が容易となり、脱着も可能となる。商業施設、工場、倉庫、事務所等では、耐震改修後数年を経て、売り場や、生産ライン、テナントの変更に応じて間仕切り壁も柔軟に変更したいという要望が寄せられている。これに応えるため、補強装置が脱着でき、室内の使い方に合わせて補強装置の移動を可能とする工法を開発した。

この圧着固定方法は、一般財団法人ベターリビングの技術評定を取得している。

一般評定 CBL RC005—10号「移動可能な圧着固定工法による躯体柱との接合部の設計施工法」平成24年12月28日

キーワード：耐震補強、圧着、摩擦接合、アルミニウム合金、移動、ブレース

1. はじめに

商業施設、工場、倉庫、事務所等では、耐震改修後数年を経て、売り場や、生産ライン、テナントの変更に応じて間仕切り壁も柔軟に変更したいという要望が寄せられている。従来型のブレースを用いた耐震補強は、柱と梁に囲まれた構面に鉄骨枠を設置後、ブレースを取り付ける。そのため、耐震改修後の補強ブレースを移動することは出来ない。

一方本工法は、PC鋼棒の緊張による圧着で柱に専用の金物を固定しブレースを設置する工法である（図-1参照）。その特徴は、従来の枠付き工法に比較して施工が容易となり、補強装置が脱着でき建物の使い方に合わせて補強装置の移動を可能とする工法である。筆者らは、「移動可能な耐震補強工法」と呼んでいる。本報では、本工法の開発過程について報告する。

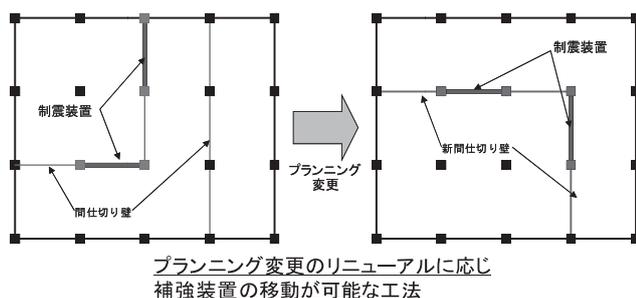


図-1 補強装置の移動

2. 工法の概要

(1) 適用建物

対象とする建物の構造形式は、RC造、SRC造、およびS造である。建物用途の制限はなく全般に適用可能である。特に本工法の効果が得られる対象は、商業施設、工場、倉庫、事務所である。

(2) 工法概要

図-2に、工法概要を示す。ブレースを柱に固定するため、専用のベースプレートをを用いる。ベースプレートは、PC鋼棒を緊張し柱に圧着固定される。柱

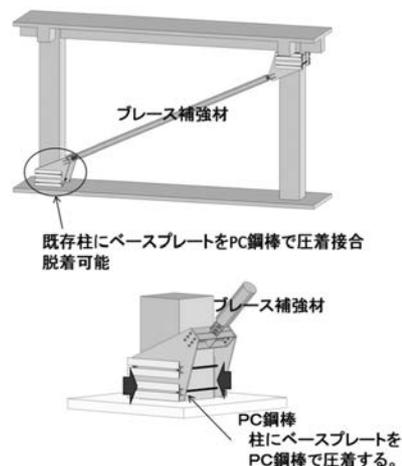


図-2 工法概要

に圧着固定されたベースプレートに、ブレース補強材を取り付ける。

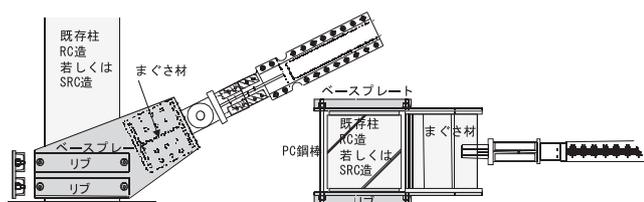
従来の工法では、柱や梁の構面にあと施工アンカーを打設し鉄骨枠を設置し、コンクリートを打設する必要があった。

これに対し本工法は、圧着を採用することで、これらの作業を無くし、施工を容易にするだけでなく、脱着を可能にすることで、耐震改修後の建物の使用上の要求に応えることが出来るようになった。

また、本工法では、ブレース材は、強度型および制振型何れも取り付け可能である。

(3) ベースプレート

図一3に、RC造およびSRC造の場合のベースプレートを示す。ベースプレートは、剛性を高めるためのリブと、ブレース材を固定するまぐさ材により構成されている。

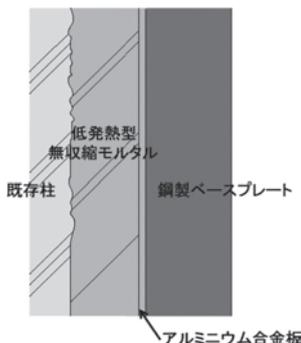


図一3 ベースプレート

PC鋼棒は、ベースプレートに設けられた孔を通して、柱の側面に設置される。柱に貫通はしない。

補強に必要な耐力を有したブレース材より大きな抵抗力を、PC鋼棒の緊張による圧着でベースプレートに備えさせるのである。圧着は、すなわちベースプレートと既存柱の摩擦抵抗力である。

図一4に、摩擦の構成を示す。図の左から、既存柱(コンクリート)、低発熱型無収縮モルタル、アルミニウム合金板、鋼製ベースプレートとなる。鋼製ベースプレートを直接既存柱のコンクリートに接触させない理由は、第一に既存柱のコンクリートの凹凸を無収縮モル



図一4 摩擦の構成

タルで平滑化し、圧着を均一に安定させることである。第二は、鋼材とコンクリートの摩擦力より、アルミニウム合金板を介する摩擦力(無収縮モルタル含む)が大きくなること、実験により判明しているからである。

より大きな摩擦力が得られることで、PC鋼棒の緊張力を小さくすることが出来る。それは、既存柱への負担を軽減し、またコストメリットを得る。

図一4によれば、摩擦面は以下の3ケースが考えられる。

CASE1: コンクリート(既存柱)と無収縮モルタルの摩擦

CASE2: 無収縮モルタルとアルミニウム合金の摩擦

CASE3: アルミニウム合金と鋼材(ベースプレート)

CASE1は、様々な研究機関により多くの実験と知見が得られている。今回の3ケースでは、CASE1が最も大きな摩擦力を得ることが出来る。

CASE2は、本開発の第一のポイントとなり、後述する実験により摩擦の性状を把握している。

CASE3は、本開発の第二のポイントとなり、やはり後述する実験により摩擦の性状を把握した。

尚、無収縮モルタルに低発熱型を採用しているが、これは強アルカリであるまだ固まらないモルタル(セメント成分)と両性金属であるアルミニウム合金の化学反応を抑制することが目的である。

S造建物では既存柱が鋼材であるから、無収縮モルタルは無くなり、鋼材(既存柱)―アルミニウム合金―鋼材(ベースプレート)の構成となる。これも、鋼材同士(既存柱とベースプレート)の摩擦力より、アルミニウム合金を介することで、大きな摩擦力を得られるためである。

3. 無収縮モルタルとアルミニウム合金の摩擦性状

(1) 実験概要

図一5に実験装置を、図一6に試験体詳細を示す。

試験体は、タテヨコ800mm角、高さ350mmの鉄筋コンクリートである。この試験体に、アルミニウム合金(材質A5083-O, 250×250×40mm)を無収縮モルタルを介して設置する。

圧着力は、垂直方向に設置した1000kN串型ジャッキにて作用させた。また、自動制御により圧着力が一定になるようにした。

せん断力(結果として摩擦力)は、水平方向に設置した1000kN串型ジャッキにて作用させた。

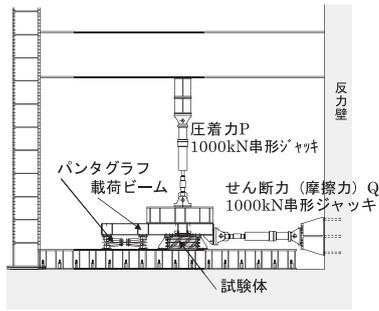


図-5 実験装置

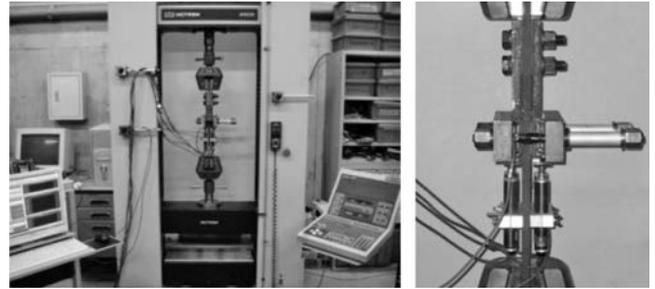


写真-1 実験装置

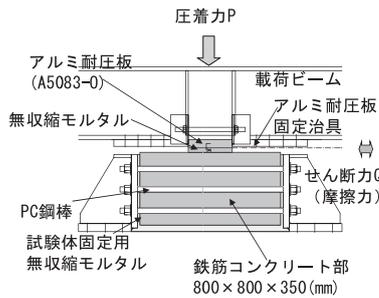


図-6 試験体詳細

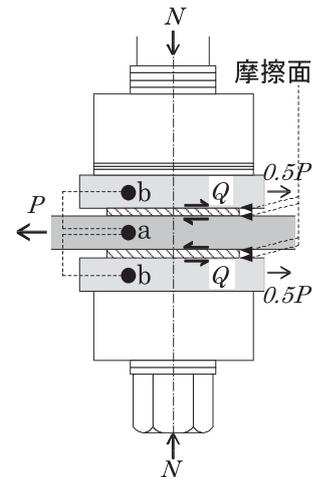


図-8 試験体詳細

せん断力の作用線を一定にするため、パンタグラフを配置した。

(2) 実験結果

図-7に、アルミ合金と無収縮モルタルの実験結果を示す。縦軸はせん断力（摩擦力）を、横軸はアルミニウム合金板の滑り量を示している。

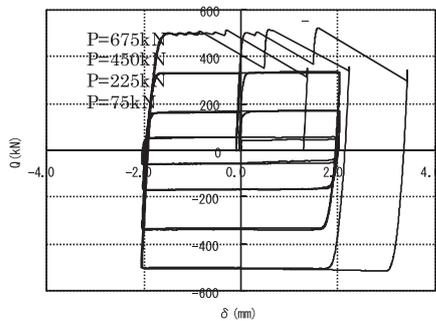


図-7 アルミとモルタル実験結果

圧着力 P は、675, 450, 225, 75 kN の 4 種類である。

何れの圧着力の場合も、最大静止摩擦力を迎えたあとは、摩擦力の増減はなく滑り量の増加だけのラウンドハウス型を示している。

最大静止摩擦力を圧着力で除した摩擦係数は、圧着力にかかわらず 0.8 を超えていた。

4. アルミニウム合金と鋼材の摩擦性状

(1) 実験概要

写真-1に実験装置を、図-8に試験体詳細を示す。

試験体は、母材（図-8中 a）および添板（図-8中 b）である鋼材間にフィラーであるアルミ（図斜線部）を挟み込み、試験部となるアルミと鋼材間の摩擦面を構成した。試験体は2面摩擦とし、高力ボルトが貫通する際のダボ抵抗を排するため PC 鋼棒 2 本の緊張による圧着形式で接合した。

圧着力は、面圧導入板を介して試験部に垂直に作用させた。

試験体全体に作用する引張力（載荷荷重）を P (kN)、これに伴い試験部に作用するせん断力（以降、摩擦力とする）を Q (kN)、試験部に垂直に作用する圧着力を N (kN)、およびせん断変位（すべり量。以降、せん断変位とする）を δ (mm) とした。試験は引張試験機を用い、1 mm/min の速度制御で、荷重を作用させた。単調載荷はせん断変位 4.5 mm までの載荷とした。繰り返し載荷は、その過程において、せん断変位 1.5 mm および 3.0 mm の時点で載荷荷重 0 kN まで除荷し再載荷することとした。

(2) 実験結果

図-9に、アルミ合金と鋼材の摩擦実験結果を示す。縦軸は摩擦力 Q を、横軸はせん断変位 δ (滑り量) を示す。

圧着力は、N = 7.5, 12.5, 27.5, 40.0 kN の 4 種類

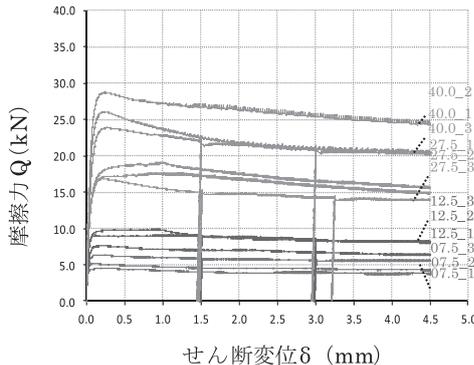


図-9 アルミと鋼材の実験結果

である。

いずれも明確な最大静止摩擦力を示さず、ラウンドハウス型の履歴性状を示した。また、繰り返し载荷の場合、除荷および再载荷の経路はほぼ線形で、再载荷の際には除荷前の摩擦力まで回復する傾向をみせた。このことより、摩擦力とせん断変位の関係に、繰り返し载荷の影響はないと考えられる。

最大静止摩擦力を圧着力で除した摩擦係数は、圧着力の種類によらず0.7を超える結果となった。

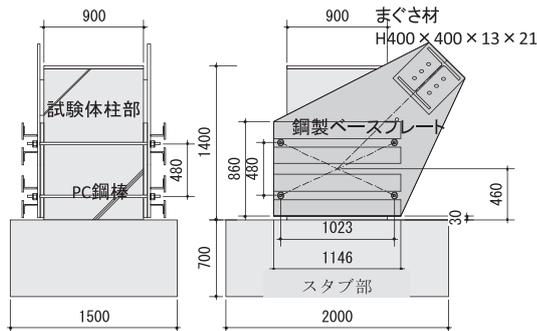
5. 実大接合部実験

(1) 実験概要

3および4章で述べた摩擦性状を活用し、既存柱とベースプレートの接合部実大実験を実施した。

図-10に試験体を、図-11に加力フレームを示す。

試験体柱部は、断面900×900mm、高さ1400mmとした。柱の高さ設定は、地震時の柱モーメント反曲点となる柱内法高さの半分を想定した。コンクリート圧縮強度は、31.3N/mm²である。ベースプレート（以下BP）は、SS400の鋼材製である。鋼材の摩擦面は、赤錆状態とした。摩擦面の構成は、柱コンクリート、無収縮モルタル、アルミ、BPである。無収縮モルタルは、プレミックスタイプの低発熱型とした。アルミ



PC鋼棒 23φ,B種1号(SBPR 930/1080)×4本
250kN/本×4本=1000kN 圧着力

図-10 試験体

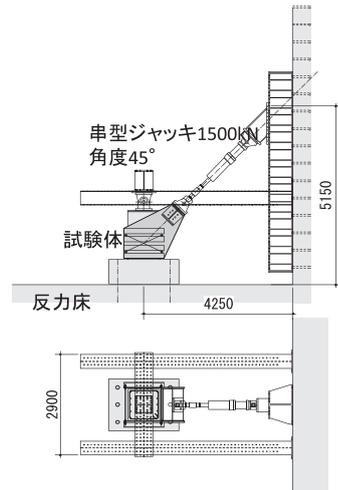


図-11 加力フレーム

は、両面ともグリットブラスト100μmRz処理し、さらにクロム酸塩系の皮膜処理(Cr50mg/m²以上)を施した。

PC鋼棒は、φ23mm、B種1号(SBPR/1080)を4本とした。緊張力は、250kN/本とし合計で1000kNとした。鋼材とアルミの摩擦係数を0.6とし、1000kNのプレースを想定した。安全率を1.2としプレース材軸力に乘じ、軸力最大想定を1200kNとした。この値と摩擦係数0.6より、必要な緊張力は1000kNとなる。

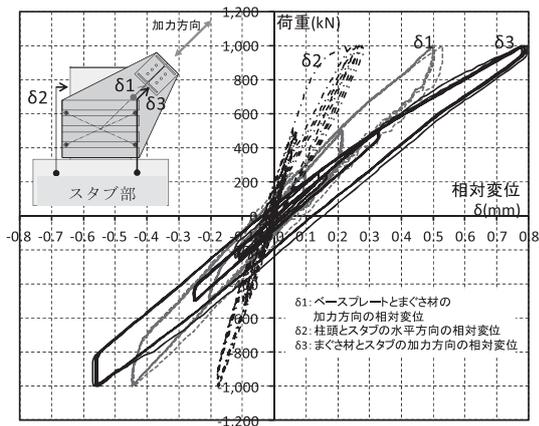
図-11に示す試験体BPのまぐさ材に45°方向に1500kN串型ジャッキを取り付けた。

载荷は、正負交番载荷とした。荷重制御を採用し、±250、±500、±1000kNを、それぞれ3回ずつ加力することとした。

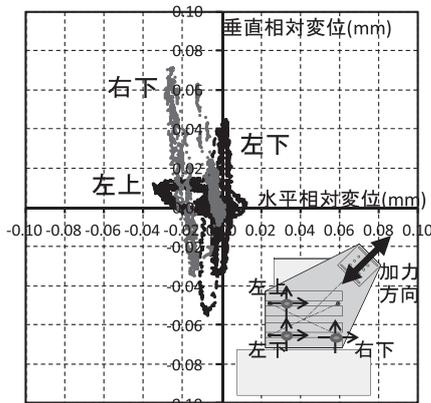
(2) 実験結果

図-12に、荷重と各部変位の関係を示す。図の縦軸は荷重を、横軸は以下に示す相対変位を示す。相対変位は、d1がBPとまぐさ材中央の相対変位(加力方向)、d2がスタブと柱頭(d1の測定点と同じ高さ)の相対変位、d3がスタブとまぐさ材中央の相対変位(加力方向)とした。d1、d2、d3ともに、線形の性状を示した。d1とd2の合計値が、概ねd3に近い値となっている。

図-13に、各部のすべり変位の関係を示す。摩擦すべり変位は柱躯体とBP間の相対変位とし、図中に示す通り左上、左下、右下の3カ所を測定している。図の縦軸は垂直方向の柱躯体とBP間の変位を、横軸は水平方向の柱躯体とBP間の変位を示す。3カ所の相対変位を見ると、絶対値の最大は水平方向で0.03mm程度、垂直方向で0.07mm程度と、極めて少ない値



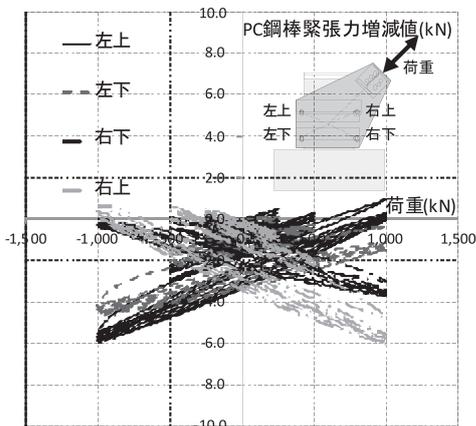
図一 12 荷重と変位の関係



図一 13 各部のすべり変位の関係

となった。

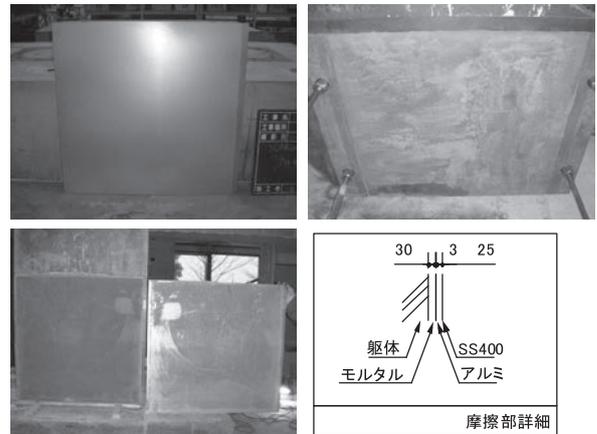
図一 14 に、PC 鋼棒緊張力の増減を示す。図の縦軸は PC 鋼棒緊張時を 0 とした緊張力の増減値を、横軸は荷重を示す。4 本の PC 鋼棒は、初期値として 250 kN/本の緊張力を与えた。緊張力は、最大で 6.0 kN の低減が認められた。これは、緊張時の 2.4% であり、極めて小さな値である。緊張力の増減は、各箇所ともに荷重に対し線形に挙動している。繰り返し荷重が作用することで緊張力は低減する傾向にあるが、荷重が 0 kN の時の低下は、最大で約 3 kN であり、初期緊張



図一 14 PC 鋼棒緊張力の増減

力 250 kN の 1.2% と極めて小さい値となった。

写真一 2 に、実験後の摩擦面を示す。BP、アルミ、モルタル面に、摩擦による顕著な摩耗や損傷はなかった。



写真一 2 実験後の摩擦面

6. おわりに

本開発では、摩擦接合を前提とした圧着技術の実用化が目的であった。そのため、素材の組み合わせごとに、摩擦性状を把握するための実験を行い明らかとしてきた。それらを設計標準化し、実大実験により性能の検証と設計方法の確認を行った。

本工法は耐震補強に活用できるだけでなく、建築物のジャッキアップなどへの応用活用が可能である。

今後とも、さらなる技術の向上に努め、普及していく所存である。

尚、この圧着固定方法は、一般財団法人ベターリビングの技術評定を取得した。

一般評定 CBL RC005—10 号「移動可能な圧着固定工法による躯体柱との接合部の設計施工法」平成 24 年 12 月 28 日

JCMIA

[筆者紹介]

渡邊 高朗 (わたなべ たかあき)
東急建設株式会社
建築本部 建築技術部



阿部 菜穂美 (あべ なおみ)
東急建設株式会社
建築本部 建築技術部

