

東横学園女子短期大学 2 号館教室棟の耐震補強設計・施工 — 圧着タイプによる TSK アルミブレース耐震補強工法 —

渡邊 高朗*1・檜山 裕二郎*2・南 伊三男*3・徳留 卓*4

1. はじめに

建物の耐震性能を向上させるためには、耐力壁の増設や鉄骨などのブレースを設置する方法、既存建物の外周に RC・PC 造のフレームを増設し水平変形が大きくなってでも建物の耐力を向上させる各種工法がある。既存建物の工事に際しては、建物の継続使用や、室内のレイアウト、工事作業で発生する騒音、敷地条件による制約（植栽などの外溝や狭小地のため架設重機が利用できず、部材の搬入・揚重が困難。）など、施工するうえでの対応すべき課題が多数存在している。そのため既存建物の耐震補強を進めるためには「建物を使用したまま」あるいは「使用できない期間を最小限」に留め、さらに建物の周辺状況に影響されにくい技術が求められていた。

これらの課題を解決する目的で、TSK アルミブレース耐震補強工法を開発した。この背景には、国土交通省のアルミ合金構造関連告示が H14 年 5 月公布・施行、H15 年 5 月アルミニウム建築構造設計規準の整備により、アルミ合金が鋼材と同様の扱いで使用することが可能になったこともあげられる。

また、圧着接合におけるアルミベースプレートと目地モルタル材の摩擦性状に関する基本性能を、実験により確認・検証し、摩擦接合の設計仕様を設けた。

2. 工法・技術概要

「TSK アルミブレース耐震補強工法」は、アルミ合金製ブレースを既存鉄筋コンクリート造建築物に外付けする手法を採用している。このアルミブレースを取り付けることによって構面の面内せん断剛性と耐力が上昇し、耐震性能を向上させる。また、補強が必要な建物にアルミ合金製枠を介して外付けするタイプと、枠を用いずベースプレートに PC 鋼棒で直接圧着し外付けするタイプの 2 とおりがある。

圧着タイプの概要を、写真-1に、圧着の概要を図-1に示す。

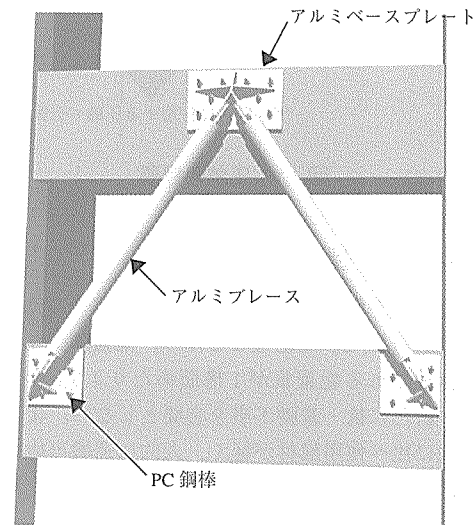
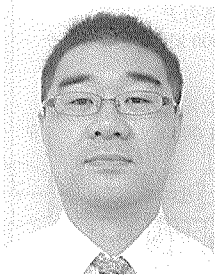


写真-1 圧着タイプの概要

「TSK アルミブレース耐震補強工法」は、日本建築防災協会（以下「同協会」）などの各基・規準類に準拠し、また、建築基準法と同法に関する国土交通省告示に基づき設計される。これまでのブレースによる補強は、鉄骨やコンクリートによるものが一般的で、同協会のブレースによる技術評価も鉄骨やコンクリートによる工法が主流であった。今回のアルミブレースによる補強は、他材質では初めての同協会の技術評価の取得となる。とくに本報の工事に採用したアルミ合金を躯体に圧着する工法は、本開発で初めて実現された工法であり、圧着面のアルミの表面処理方法により、圧着面の摩擦係数を 0.45 から 0.70 として設計することができる。



*1 Takaaki WATANABE
東急建設(株) 建築技術部



*2 Yujiro HIYAMA
(株) 住軽日軽エンジニアリング
設計技術部



*3 Isao MINAMI
(株) 建研 東京支店 第一設計部



*4 Takashi TOKUDOME
(株) 建研 東京支店 技術部

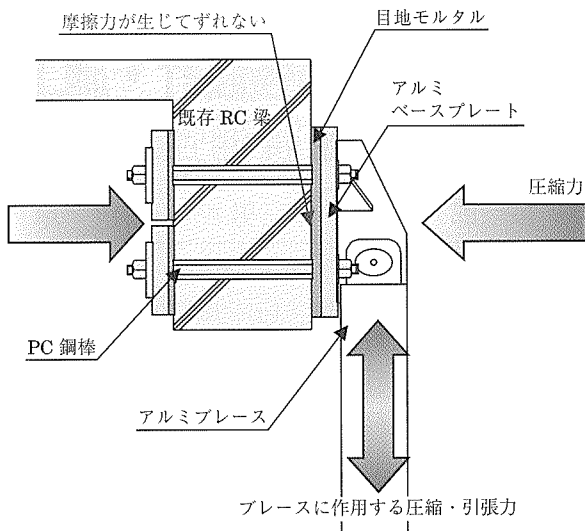


図-1 圧着の概要

3. 特長

- ① 使用部材が軽量 [鋼材 = 7.85 (アルミ = 2.7) に比べ比重が約 1/3] であることから、補強により既存建物に付加される総重量が 1 構面あたり 1.0 t 以下と少なく、新たに杭・基礎工事を必要としない。また、在来工法に比べ使用部材が軽く、人的に運搬可能で、大型重機が不要なため狭い敷地・狭い搬入道路でも施工が可能となる。
- ② 既存建物を外部から補強する工法のため、建物を使用しながらの施工が可能であり、学校などでは仮校舎の準備が不要となる (一時期室内を使用する場合は、休日をも有効に活用)。工場生産による部材を現地で設置するため高品質で現場作業の工程が少なく工期の短縮と、産廃の軽減が図れる。
- ③ アルミ合金は高耐久・耐食性に優れ、腐食・塩害に強く、メンテナンスフリーで美観を永く維持することが可能であり、とくに海岸地域で塩害のおそれ強い地域では十分な性能を発揮し、メンテナンスも軽減されるため、ライフサイクルコストを低く抑えられる。
- ④ アルミブレースは構造用アルミ合金の A7003-T5 を標準材として用いており、鋼材に匹敵する強度を保證している。ブレース断面は径 150 ~ 310 mm まで用意されており、標準的な構面の大きさ (スパン 5.0 m, 階高 3.5 m の場合) は、1 構面あたりの耐力は約 150 ~ 200 t である (圧着タイプの場合)。
- ⑤ アルミ合金材は、リサイクル・リユースに適した材料で、環境に配慮したエコ素材である。

4. 実験概要

本実験は、アルミ合金 (以下、アルミ) と無収縮モルタルの摩擦実験を行い、圧着力によるせん断伝達に必要な摩擦性状を把握することを目的として行った。変動要因として、圧着力、アルミ摩擦面の仕様、無収縮モルタルの種類

の 3 種類とし、アルミ摩擦面は、圧延素地、グリットブラスト Rz = 100 μ (Rz: 十点平均粗さ JIS B0601_1994)、直径 20 mm 深さ 5 mm のデンブルを 30 mm ピッチで千鳥状に設けた状態の 3 タイプ、および表面の被膜処理無し、クロム塩酸系クロメート処理 (塗布量 50 ~ 200 mg/m²) の 2 タイプを設けた。

無収縮モルタルは、普通型と低発熱型の 2 タイプとした。以上より、表-1 に示す 5 体について実験と検討を行った。

表-1 試験体一覧

No	物理状態 被膜処理	無収縮モルタル			載荷履歴
		種類	圧縮強度 (N/mm ²)	ヤング率 (kN/mm ²)	
1	素地-無	普通型	64.0	25.0	A
2	素地-無	低発熱型	51.4	22.7	B
3	素地-Cr 2	低発熱型	54.8	23.5	B
4	Rz100-Cr 2	低発熱型	56.5	24.2	B
5	デンブル-Cr 2	低発熱型	61.1	24.6	B

図-2 に載荷計画を示す。試験体は、RC 部 (800 × 800 × 350 mm) 上面に、無収縮モルタル層 (250 × 250 × 20 mm)、アルミ耐圧板 (250 × 250 × 40 mm) の順で構成され、圧着力は、垂直方向 1 000 kN 串形ジャッキを用いて一定に制御しながら作用させた。せん断 (摩擦) 力は、水平方向の 1 000 kN 串形ジャッキを用いて作用させながら行った。

図-3 に載荷履歴計画を示す (縦軸: せん断力、横軸: 圧着力)。載荷履歴は、圧着力を 75 ~ 675 kN まで順次 (正方向 3 回、負方向 2 回) 載荷する A と、圧着力 675 kN のみで (正方向 3 回、負方向 2 回) 載荷する B の 2 種類で、すべり量 ± 2 mm を目安の正負交番載荷を行った。摩擦実験状況を写真-2 で、実験後の状況を写真-3 で示す。

実験結果の内容を考察した結果、摩擦面の物理的状態と表面処理方法の組合せに、目地モルタルの低発熱型セメント系無収縮モルタルを使用することによって、設計摩擦係

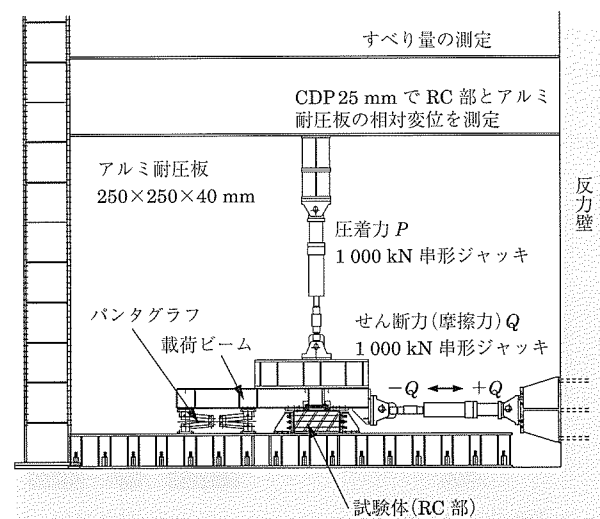


図-2 載荷計画

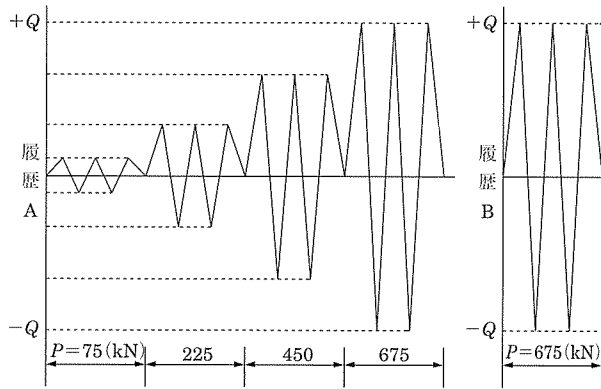


図-3 荷履歴計画

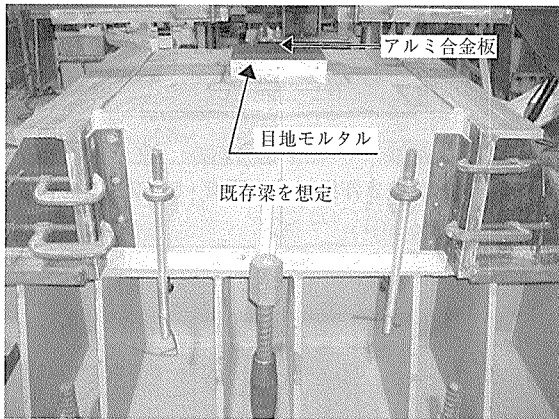


写真-2 摩擦実験の状況

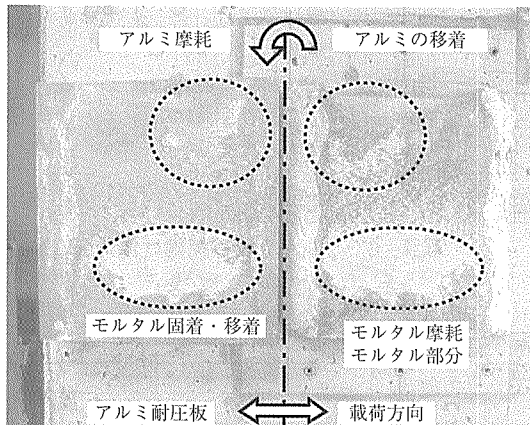
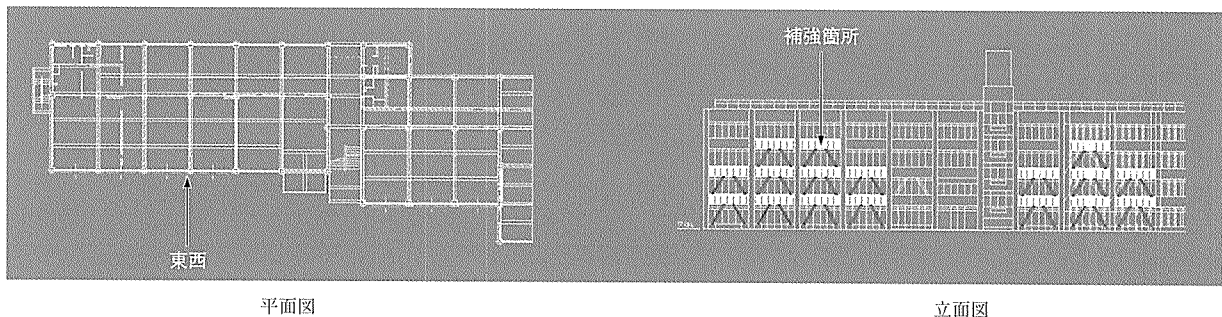


写真-3 実験後の状況 (No.3)



平面図

立面図

図-4 耐震補強位置

数 μ を試験体 NO2 = 0.45, NO3 = 0.5, NO4・5 = 0.7 に設定できることが分かった。

5. 建物概要

図-4 に耐震補強位置を示す。建物概要は以下に示すとおりである。

- ・工事名称：東横学園女子短期大学2号館教室棟耐震補強工事
- ・工事場所：東京都世田谷区等々力8-9-13
- ・発注者：学校法人 五島育英会
- ・設計者：東急建設株式会社
- ・施工者：東急建設株式会社
- ・P C 工事：株式会社建研
- ・アルミ工事：株式会社住軽日軽エンジニアリング
- ・工期：平成19年6月1日～同年9月19日
- ・既存建物
 - 構造種別：鉄筋コンクリート造
 - 規模：地上4階
 - 延床面積：4 644.2 m²
 - 基礎形式：場所打ちコンクリート杭基礎
- ・補強方法
 - 東西側：TSK アルミプレースー圧着タイプ
 - 17 構面設置
- ・補強計画

本既存建物は、昭和54年3月に竣工した校舎であり、平面形状は65.85 × 15.0 mで途中4.0 m程雁行しているが整形な建物で、補強部分のスパンは5.85 mで階高は1階が3.60 mで2・3階は3.50 mある。図-4 に平面形状と補強位置を示す。

診断結果によると、Y(南北)方向は全階、X(東西)方向の4階においては目標としている構造耐震判定指標「Is値」が0.7を満足しており「安全」と判断されたが、X(東西)方向の1～3階は「Is値」を満足しておらず「耐震性に疑問あり」と判断される結果になった。X(東西)方向の耐震性が不足している理由としては、Y方向に比べ耐震壁が少なく、全体的に強度が不足しているためと考えられる。Y方向は、教室境壁など無開口の耐震壁が均等に配置されているが、X(東西)方向は、建物長手方向のため外壁側面が多く、教室および廊下の窓が連続的に配置されており、耐震壁の少ない架構となっている。

本建物の補強設計は、X(東西)方向の1～3階の強度

不足を補うため、強度抵抗型の補強を採用した。補強方法の選定条件は、耐久性、居住性（採光、使い勝手、メンテナンスなど）、施工性（短工期）、敷地条件（敷地が狭い、植栽の移動ができない）より、アルミニウム製ブレースの特徴を十分発揮できる外付補強方法に決定した。

補強設計の結果、X（東西）方向の構造耐震指標「Is 値」は 0.71 ～ 0.94 と 0.7 を上回り、「安全」という結果になり改善できた。

6. 施工概要

使用材料を表 - 2 に示す。目地モルタル強度は、PC 鋼棒緊張時に圧縮強度 30 N/mm² 以上確保する設計とした。

表 - 2 使用材料の部位と材質

	仕様部位	材 質
アルミニウム合金	ブレース (240 φ t = 16.5) ・ フォークエンド	A7003 - T5
	ピン	A6061 - T 6
	アルミベースプレート ・ その他のプレート類	A5083 - 0
PC 鋼棒		SEFR 930 / 1080 (B 種号) 36 φ

全体工程を表 - 3 に示し、施工手順とその内容について下記に示す。

〔施工手順〕

1. 外部足場
2. 墨出し・鉄筋探査
3. 計測

1 ～ 3 の工事は、教室を使用しながら施工ができるが、作業中に発生する音に注意を払った。

4. コア抜き

鉄筋探査結果を踏まえ、既存 RC 梁の鉄筋を避けて貫通孔を設けた。(写真 - 4)

5. はつり出し・目荒し

ベースプレート設置部分のみとし、4・5の作業は学校の休日を利用して行った。

6. 耐圧板（ベースプレート）取付け

本工事から学校の夏季休暇中の作業になる。

7. アルミブレース材取付け

ブレース材の重量は約 100 kg 前後なので人力運搬が可能。建て方は電動ホイストで行った。(写真 - 5・6)

8. 型枠組立て・PC 鋼棒セット

9. 目地モルタル打設

10. PC 鋼棒緊張

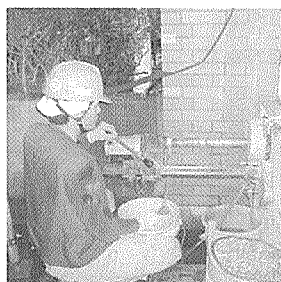


写真 - 4 コア抜き作業



写真 - 5 ブレース運搬

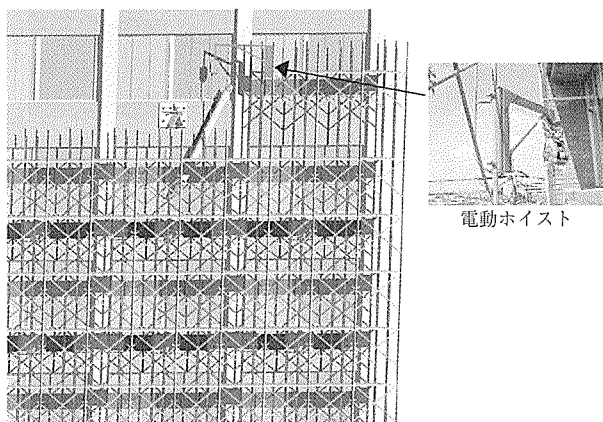


写真 - 6 ブレース材の荷揚げ作業

表 - 3 全体工程表

施工年	平成 19 年				
	6 月	7 月	8 月	9 月	
工 期	6 月 1 日 ~ 9 月 19 日				
外部足場	■				
鉄筋探査	■				
コア抜き		■			
はつり出し・目荒し			■		
ベースプレート取付け				■	
ブレース材取付け				■	
型枠組立て・PC 鋼棒セット				■	
目地モルタル打設				■	
PC 鋼棒緊張作業				■	
グラウト注入				■	
塗装・化粧パネル設置				■	
足場解体					■
生産設計	■				
アルミ部材の製作	■	■	■	■	■

ベースプレートと外壁の隙間にモルタルを打設，所定の強度発現確認後，室内側から PC 鋼棒を油圧ジャッキで緊張した（写真 - 7・8）。

11. グラウト注入

12. 塗装・化粧パネル設置

本工事は意匠的にアルミ化粧パネルの設置方法が採用された（写真 - 9）。

13. 足場解体

14. 竣工：外観・内観（写真 - 10・11）

本工事は工期は約3ヵ月半（6月1日～9月19日）であったが，主体工事の始まる前2ヵ月間は，学校を使用しながら授業に支障がないような外部作業とアルミ部材に必要な計測・生産設計・製作を行い，室内に影響があるコア抜き作業などは，学校が休日の日に行う工夫をした。主体工事であるアルミベースプレート・プレース材取付けから PC 鋼棒セット・目地モルタル施工・緊張・グラウトを行い，仕上げ工事の塗装・化粧パネルの設置までを学校の夏季休暇（8月4日～9月19日）1ヵ月半の短い工期で耐震補強工事を終了することができた。



写真 - 10 完成外観



写真 - 11 完成内観



写真 - 7 圧着接合状況



写真 - 8 PC 鋼棒緊張作業



写真 - 9 パネル設置

7. おわりに

本工事は H19 年 9 月に竣工した。耐震補強工事の需要がますます増大するなか，軽量・耐久性・工期・環境に対し今までにない新たな可能性をもつ素材の工法として，今後の耐震化率向上の一助になれば幸いです。

本建物の設計・施工にあたり多大な理解とご協力を賜った関係者の方々に感謝の意を表します。

【2008 年 5 月 20 日受付】