

外壁大型タイルの剥落防止工法

Tile Work for Prevention of Delamination

七澤 信也*	阿部 伸一*
Shinya Nanasawa	Shinichi Abe
稲木 茂*	小山 智弘*
Sigeru Inaki	Tomohiro Koyama
和田 高清**	
Takakiyo Wada	

要 約

本工事における外装タイルは厚さは25mmであり、通常の施工方法では将来的に剥離・剥落が懸念された。また、原設計ではコンクリート面をMCR工法による凹凸形状とし、出隅や上げ裏部分はステンレスなまし線により躯体とタイルを緊結することが提示されていた。そこで、外装タイルの施工に当り、施工の可否、躯体の施工精度管理、表面処理状況、タイル下地モルタル・タイル張りの材料・工法の選定、さらに上げ裏等のタイルの剥離による落下事故防止処置等を、モックアップによる現場試験で確認した。検討の結果、コンクリート面を高圧洗浄により目荒しを行い、また、出隅および上げ裏についてはステンレスなまし線によりタイル個々と躯体とを緊結する方法を採用した。

目 次

- § 1. はじめに
- § 2. 工事概要
- § 3. 外壁タイル施工上の検討項目
- § 4. 工程毎の検討
- § 5. 検査項目ならびに確認事項
- § 6. 終わりに

§ 1. はじめに

青山学院大学は2003年4月に、既存の『厚木』および『世田谷』キャンパスを『相模原』に統合し、東京『青山』および神奈川『相模原』の2キャンパス制としてスタートする。『相模原』キャンパスは文理融合型キャンパスとして、約160,000m²もの広大な土地を有し、人文・社会科学部および理工学部の学生と教員が同じ施設を利用する循環型社会に対応したエコキャンパス・教育施設となる。相模原キャンパスの全景を写真-1に示す。本工事は26棟に分割された施設のうち教室棟D、EおよびF棟の3棟に関わるものである。

本報告は、外壁大型タイルの施工に関して、施主よりタイルの落下事故等が起らないことが要望されたため、様々な検討を行ない実施に到った施工内容である。



写真-1 相模原キャンパスの全景

§ 2. 工事概要

工事名称：青山学院大学相模原キャンパス
(仮称) 第3工区新築工事

発注者：青山学院

設計者：株式会社 日建設計

工事場所：神奈川県相模原市淵野辺 5-977-3

工期：2001年7月24日～2003年1月31日

敷地面積：161,162m² (キャンパス全体)

外装仕上：大型タイル張り

* 横浜(支) 青山学院淵野辺(出)

** 技術研究所技術研究部建築技術研究課

§ 3. 外壁タイル施工上の検討項目

原設計では、コンクリート躯体表面を MCR 工法で凹凸形状とし、下地モルタル塗り（厚さ 30mm）の上にタイル張りを行う仕様であった。厚さ 30mm の下地モルタル塗りでは、施工の出来によりタイル張りの剥落事故原因になる可能性が懸念されるため、使用材料、施工方法および手順を十分に検討する必要がある。また、コンクリート打込み時に専用シートがコンクリートに巻き込まれて不良箇所を生じる危険性があること、ならびにプラスチック系の廃材が多量に発生すること等の短所を有することが確認された。このため、代替案として「サンダー掛け＋水洗い」および「高圧洗浄による目荒し」による躯体面の処理方法をモックアップ実験にて検討し、それらの施工性について評価することとした（表－1 参照）。

なお、その他の検討事項は以下のとおりである。

- ①躯体型枠用合板の検討
- ②剥離剤とセメントモルタルとの相性
- ③躯体の下地処理方法
- ④吸水調整剤の種類および塗付方法
- ⑤下地モルタル工法の検討
- ⑥ひび割れ誘発目地および伸縮調整目地間隔の検討
- ⑦剥落防止処置を含むタイル張り工法の検討
- ⑧各工程毎の検査

§ 4. 工程毎の検討

4-1 躯体型枠用合板の検討

タイル下地となる面には、普通合板を型枠として使用した。仮に塗装合板を使用した場合には、コンクリート表面を十分に目荒し出来れば接着性を確保できるものの、塗装合板による打上がり面は、普通合板に比べ平滑で硬い状態となる。そのため、サンダー掛けや高圧水洗等による目荒しが行い難くなると判断した。

4-2 剥離剤とセメントモルタルとの相性

タイルメーカーの社内試験結果から、躯体表面処理を吸水調整材塗布とし、張付けモルタルはポリマーセメントモルタルに決定した。理由は下記のとおりである。

- ①剥離剤を使用したコンクリート面は、水湿しのみではモルタルの接着性低下を生じることがある。特に、水洗いしない場合に顕著である。
- ②剥離剤を使用しても、コンクリート面に吸水調整材を塗布することで、良好な接着性を示す。
- ③ポリマーセメントモルタルを用いることによって、水湿し・吸水調整材塗布ともに良好な接着性を示す。張付けモルタルがポリマー未混入のセメントモルタルである場合においても、吸水調整材塗布により水湿しのみよりも良好な接着性を示す。

表－1 躯体面の処理方法の比較

工法名	サンダー掛け＋水洗い	高 圧 洗 浄	MCR 工 法
処置方法	型枠脱型後、下地モルタル塗り前に電動サンダーを使い、サンドペーパーでコンクリート表面を削って目荒しをする方法	専用ガンから高圧水を吐出し、コンクリート表面を削り、目荒しと洗浄とを同時に行う工法	型枠にエアークャップ（気泡緩衝材）を張付けて、コンクリートを打込み型枠取外しと同時にエアークャップを剥し、コンクリート表面に凸凹をつけ、その凹部にモルタルを入り込ませて投錨効果で剥落を防止する工法
使 用	サンドペーパー＃18程度を用い、型枠の目違いを含め処理する 処理速度は 7～10min/m ²	水圧 70N/mm ² 、吐出し 5ℓ/min 運行速度 3～5min/m ² 、壁との間隔距離 10cm 以内	
特 徴	①処理結果の良否を目視で確認できる ②熟練を要せず誰でもできる ③小回りがきくので、小面積や連続作業が難しい場合の処理に適している	①処理結果の良否を目視で確認できる ②目荒しと洗浄を同時に行える ③使用水量が少なく、清水で洗浄するため、特別な養生を必要としない	①投錨効果により、下地モルタルと躯体との浮きが減少する
留 意 点	①粉塵の発生量が多く、飛散防止養生が必要となる ②振動やモーターの発熱があり、作業員に負荷が加わる ③コンクリート表面に付着した削り粉を、入念に水洗いし、除去する必要がある	①専用の 4t トラックが駐車するスペースが必要となる ②専用ホースを足場上で引き回すので、小回りが出来ず、小面積の処理には適さない	①エアークャップは転用ができないため、廃材処理が増大する ②型枠へのエアークャップ取付手間や脱型時の剥し手間が発生する ③コンクリート打設時にシートを巻き込んでハツリ作業とモルタル補修が発生しやすい ④コールドジョイントや天端付近の側面のコンクリート表層が、剥れ易くなることがある

4-3 躯体の下地処理方法

(1) サンダー掛けの検討

当初、電動サンダーを使用し、コンクリート面および型枠の目違いを含めて目荒しを行い、ハイウオッシャー水圧 $3.9\text{N}/\text{mm}^2$ でブラシ併用による水洗い処理を行う工法を検討した。しかしながら、コンクリート脆弱部についてサンダー掛けでは十分な処置が出来ない可能性が懸念されたため、脆弱部を自動的に除去できる高圧洗浄工法を検討することにした。

(2) 高圧洗浄工法の検討

現場にモックアップを作製し、高圧洗浄工法で水圧の異なる2工法（目荒し工法：VE-1 ならびに JSS 工法：VE-2）の現場試験を行った。試験の条件として、 $2.5 \sim 3\text{min}/\text{m}^2$ で所要の目荒し面を得ることを目的とした。結果は下記のとおりである（表-2 参照）。

- ①目荒し工法は $50\text{N}/\text{mm}^2$ の水圧としたが、この水圧で十分な目荒し面を得るには、 $5\text{min}/\text{m}^2$ 程度とする必要があった。水圧を $70\text{N}/\text{mm}^2$ に上げることで、条件を満足することが判明した（写真-2 参照）。
- ②JSS 工法では $2.5\text{min}/\text{m}^2$ で良好な目荒し状況得ることができた。ただし、入り隅部およびサッシ廻りの処理が十分に出来ないため、現実的ではないと判断した。
- ③以上の結果により、水圧 $70\text{N}/\text{mm}^2$ による目荒し工法を採用することにした（写真-3、4 および 5 参照）。



写真-2 目荒し工法の現場試験状況

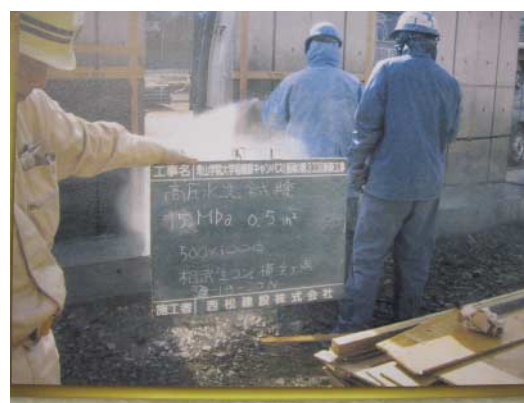


写真-3 JSS 工法の現場試験状況

4-4 吸水調整材の種類および塗付方法

躯体面の吸水調整材は、エチレン酢酸ビニル系エマルション5倍液の刷毛塗りとして、現場にて実際の施工面に塗布し、モルタルの付着試験により問題がないことを確認した。

4-5 下地モルタル工法の検討

施工材料および手順等の検討した結果、躯体の下地処理後サンドモルタルを下地モルタルとする工法を採用した。また、施工前には現場試験で付着性に問題がないことを確認した（表-3 および写真-6 参照）。



写真-4 実躯体における高圧洗浄試験状況

表-2 高圧洗浄工法の試験条件

工 法	VE-1	VE-2
	目荒し工法	JSS 工法
噴射圧力	$70\text{N}/\text{mm}^2$	$150\text{N}/\text{mm}^2$
噴射時間	$2.5\text{min}/\text{m}^2$	$3.0\text{min}/\text{m}^2$
ノズル距離	コンクリート面との距離 10cm	コンクリート面との距離 5cm
ノズル形状	扇形ノズル	回転揺動式多穴ノズル
噴射水量	$30\ell/\text{min} \cdot \text{m}^2$	$5\ell/\text{min} \cdot \text{m}^2$
反 動 力	1.6N ハンドガン/台	0.46N ハンドガン/台
作業半径	ポンプと噴射面の距離 100m 以内	ポンプと噴射面の距離 100m 以内



写真-5 高圧洗浄完了状況

4-6 ひび割れ誘発目地および伸縮調整目地間隔の検討

外装タイルの剥離および剥落を防止する上で、コンクリートの乾燥収縮ならびに温度変化による伸縮をタイル張りの接着面に可能な限り伝えないように施工できるかが課題となった。そこで、躯体のひび割れ誘発目地位置とタイル張りの伸縮調整目地の割付けについては、以下のように設定した。

- ①タイル割付図により躯体時に水平および垂直方向に伸縮目地位置を躯体工事前に決定した。壁厚が500mmを超える部分については、温度応力解析を行い、温度ひび割れの発生確率を検討し、最もひび割れが発生しやすい箇所にひび割れ誘発目地を設置した。一般的な外壁に関しては、開口部ならびにスパン等から設置位置を決めた。
- ②タイル張り面の伸縮調整目地に関しては、下地モルタル塗り部分にも目地を貫通させて、目地が躯体面に到達するようにした。

4-7 剥落防止処置を含むタイル張り工法の検討

(1) 柱コーナー部の納まりの検討

原設計では、タイル1枚毎にステンレスダボによる固定が示されていた。しかしながら、この方法では施工手間がかかり過ぎる等の工程上の問題が懸念された。そこで、以下に示すような工期に影響を及ぼさない範囲での剥落防止策3案について検討した。

- ①タイルにステンレス線を取付、張付けモルタルの中にステンレス線を埋め込む工法

【問題点】：コーナータイルは平タイルより先行して施工するため、張付けモルタルを広く塗り込むと、平面の張付けモルタルがドライアウトし平タイルが張れない。

- ② ①に平タイルを同時に張付ける方法

【問題点】：同時施工では、コーナータイルが振動機の振動によりずれてしまい固定が出来ない。

- ③下地モルタル施工後、垂直方向にステンレスピン6φを打ち込み、そのピンにステンレス線を巻き付け、コーナータイルに取り付けてあるステンレス線を縛り付け張付ける工法

これらの検討結果から、③の工法は施工上の問題がないと判断し、本作業に採用した（図-1、写真-7および写真-8参照）。

(2) 梁下の揚げ裏タイル張りの施工方法

柱タイル張り検討の結果により、梁下等の揚げ裏部分のタイル張りについてもステンレスピン+ステンレス線にタイルを縛り付ける工法とした（図-2、写真-9および写真-10参照）。



写真-6 モルタル塗り接着試験状況

表-3 下地モルタル塗りの手順と材料

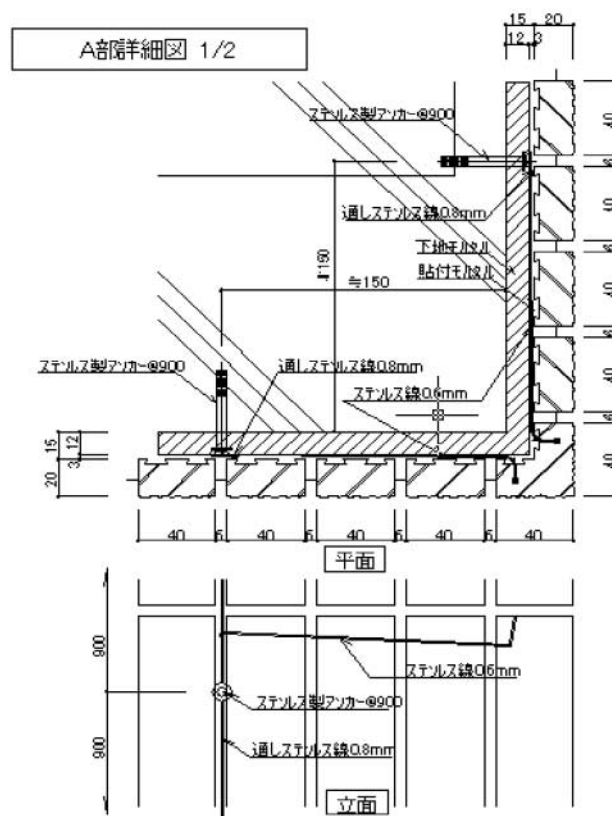
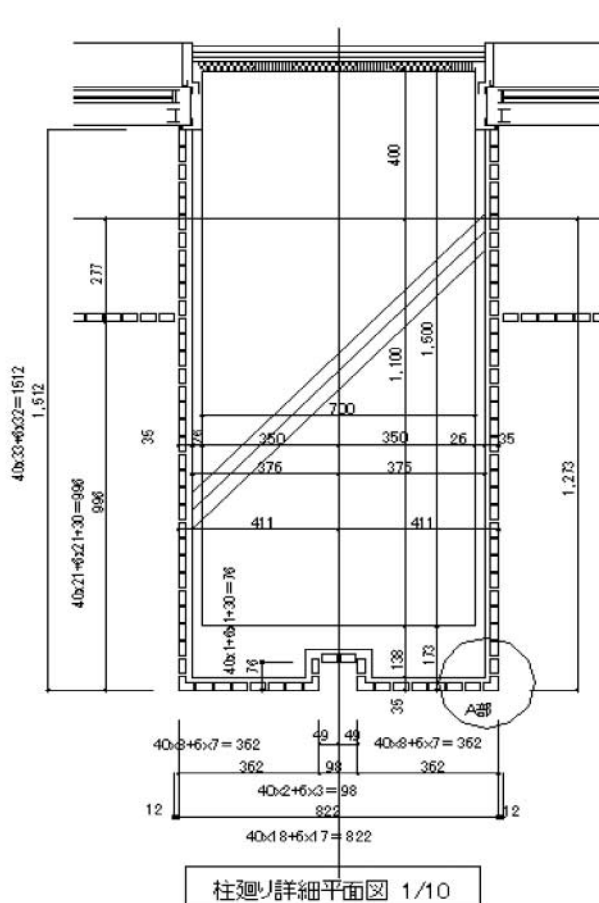
作業手順	使用材料	備考
高圧洗浄処理	70N/mm ² に上げ扇形ノズル	
吸水調整材塗布	富士川シーレックス5倍以上塗布 (1時間以上48時間以内)	
下地モルタル	フジサンドⅡ+シーレックス5倍液	コテ圧が十分にかかり、ドライアウトが起きづらい。塗厚10mm以上は、一度に塗らないこと。



写真-7 柱コーナー部の施工状況



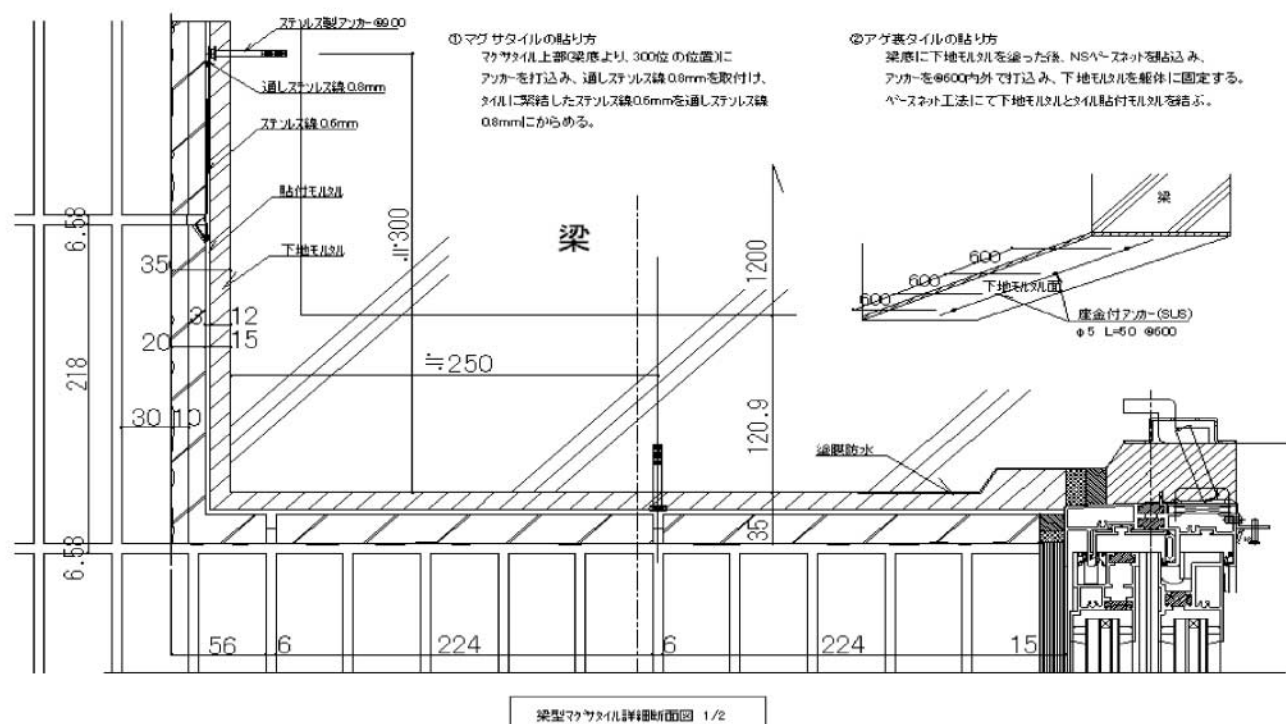
写真-8 柱コーナー部の施工状況



①出隅タイルの貼り方

両サイドに下地角より、150位あけてアンカーを打込み
通しステンレス線0.8mmを取付け、タイルに緊結したステン
ス線0.6mmを通しステンレス線0.8mmにからめる。

図-1 柱コーナー部分の納まり



①マサタイルの貼り方

マサタイル上部梁底より、300位の位置に
アンカーを打込み、通しステンレス線0.8mmを取付け、
タイルに緊結したステンレス線0.6mmを通しステンレス
線0.8mmにからめる。

②アゲ裏タイルの貼り方

梁底に下地モルタルを塗った後、NSベースネットを貼込み、
アンカーを600mm以内で打込み、下地モルタルを躯体に固定する。
ベースネット工法にて下地モルタルとタイル貼付モルタルを結ぶ。

図-2 梁下の揚げ裏タイル張りの納まり



写真-9 梁部分の施工状況



写真-10 梁出隅タイル施工状況

§ 5. 検査項目ならびに確認事項

本施工における、検査項目ならびに確認事項を表-4に示す。

表-4 検査項目ならびに確認事項

検 査 項 目	確 認 事 項
型枠建て込み精度	・ $\pm 10\text{mm}$
吸水調整材と型枠剥離材との相性	・ 高圧洗浄により完全除去
下地処理	・ 高圧洗浄 ・ $70\text{N}/\text{mm}^2$ ・ $3\text{min}/\text{m}^2$
吸水調整	・ 吸水調整 5倍希釈液（エチレン酢ビ系） ・ 富士川シーレックス ・ 希釈液をローラーにて1回
下地モルタル (種類) (工法) (塗厚)	・ フジサンドⅡ1回につき3～5mm ・ サンドモルタル工法 ・ 0～20mm 躯体精度による ・ 「富士川シーレックス 5倍希釈液で練り混ぜ」
養生期間	①塗厚 10mm 以下の場合 下塗り → 7日 → 上塗り → 7～14日タイル張り ②塗厚 10mm 以上 下塗り → 7日 → 中塗り → 7日上塗り → 7日～14日タイル張り
伸縮目地間隔	・ 3～4m とし誘発目地と一致させる ・ 下地から縁を切る
管理・検査（下地モルタル）	・ テストハンマーによる検査（全面） ・ 引張り試験各棟各面1ヶ所以上… $0.6\text{N}/\text{mm}^2$ 以上合格
タイル張り工法（吸水調整）	・ 密着張り工法（ビブラート工法） ・ 水湿し
タイル裏足への充填	・ 充填率 75% 以上 ・ 2枚/日，張付け開始後 30分
施工時期の養生方法 (夏期) (冬期)	・ 強い直射日光時はシート張り養生 ・ 作業翌日散水養生 ・ 該当無し（昼間の比較的气温の高い時間 16:00 頃に作業を切り上げる）
上げ裏タイル張り	・ SUS アンカー+SUS なまし線にタイル裏接着
張付けモルタル	・ ポリマーセメントモルタル（圧着セメント：太平洋マテリアル）

§ 6. 終わりに

厚さ 25mm 大型タイルの外装タイル張りに関して、剥離防止工法を検討した。その結果、いくつかの新しい工法を試み、さらに工期内に完了することが出来た。

謝辞：他工区 JV の関係者各位ならびに設計監理・工事管理者である(株)日建設計のご担当者より、多くのご示唆、ご教授を頂いた。ここに記して深く感謝の意を表す。