

リニューアル対応外装診断・改修技術の開発 - その3 乾式外装システムの性能検証 -

新田 泰士* 関根 秀弥**
田原 良二***

要 旨

前報(その1~2)¹⁾²⁾では、開発概要³⁾および考案した2タイプの工法(れんがパネル工法⁴⁾とフレーム工法⁵⁾)の基本性能を確認した結果について報告した。

本報では、(1)表面材としてアルミパネルを使用した場合のフレーム工法について実大模擬供試体を用いて行った断熱性能確認実験結果と、(2)実建物を用いて行った二重壁間の差圧測定結果、(3)外壁パネルの汚れの観察結果について報告する。

実験、測定、観察の結果、以下のことが明らかになった。

- (1)断熱性能確認実験では、二重壁工法は断熱材がなくても断熱性能は向上する。シールなしでもシールありと同等の断熱性能がある。二重壁工法は湿式工法と比べて断熱性能が最大50%程度向上する。ことが確認された。
- (2)二重壁間の差圧測定では、実建物においても外部と二重内部がほぼ等圧であることが確認され、これよりパネルにかかる風圧力が低減され、耐風圧性能が向上することが明らかになった。
- (3)外壁パネルの汚れ観察結果では、雨水による汚れの洗浄効果と、水切り形状による汚れ防止効果が確認できた。

1. はじめに

鉄筋コンクリート造または鉄骨鉄筋コンクリート造建築物の外壁仕上げは、コンクリート躯体面にタイル張りまたは吹付け塗装が一般的な仕様となっている。これらの仕上げ材(下地調整材も含む)は、湿式材料で躯体に直接接着する湿式工法で施工されており、その品質は、施工者の技量や気象条件などに大きく左右される。また、ひびわれなどの躯体コンクリートの不具合が直接仕上げに影響を与えるため、躯体の劣化、外壁からの漏水などが、耐久性・安全性を確保する上で大きな障害となっている。

本研究は、施工性、メンテナンス性および更新対応性などの向上を目的として考案した、コンクリート造建築物の外壁を二重壁とし、目地をノンシールタイプとした乾式外装工法を対象として行った断熱性能確認実験、二重壁間の差圧測定および外壁パネルの汚れ観察について報告をするものである。

2. 断熱性能確認実験

2.1 実験概要

(1) 目的

二重壁工法の断熱性能を確保するには、一般に空気層を密閉状態にする。本実験では、目地シールなしで空気層を

開放した本工法と目地シールで空気層を密閉した工法の通過熱流量を比較することにより、本工法の断熱性能を確認する。

(2) 実験場所

五洋建設技術研究所(栃木県西那須野町)の敷地内

(3) 計測期間

夏期:平成11年9月8日(水)~23日(木)

冬期:平成12年1月12日(水)~17日(月)

(4) 実験方法

実験は、実大規模の模擬供試体を用いて行った。写真-1に模擬供試体の状況を示す。

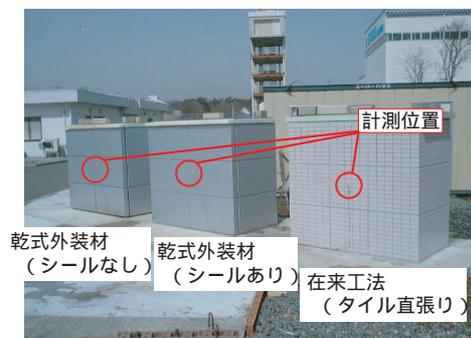


写真-1 模擬供試体

* 技術研究所 ** 建築設計部 *** 建築企画部

図 - 1 に供試体の概要図を、図 - 2 に各壁体の構成をそれぞれ示す。

断熱性能の評価は、各供試体内部の温度を小型エアコンにより一定条件に保ち、壁コンクリートの内外表面温度差を計測することにより、各供試体の通過熱流量(空調熱負荷量)を求める方法にて行った。

なお、評価は、上記計測期間のうち、最も熱負荷が大きい3日間のデータを用いて行った。

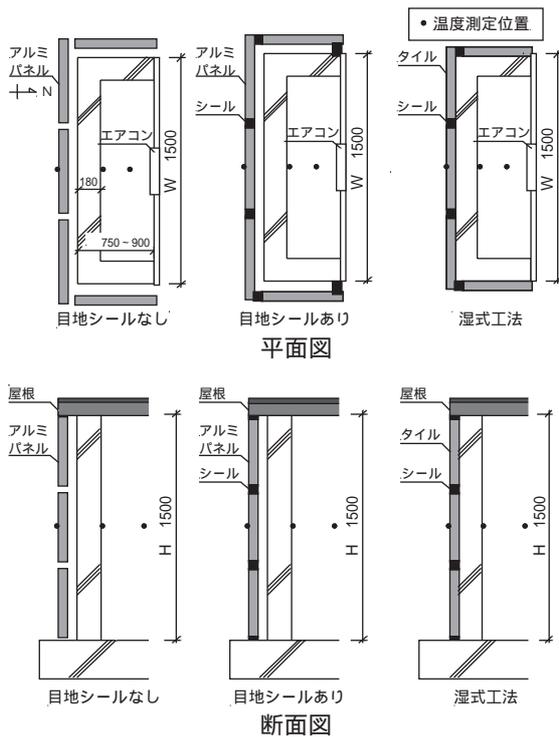


図 - 1 供試体概要図

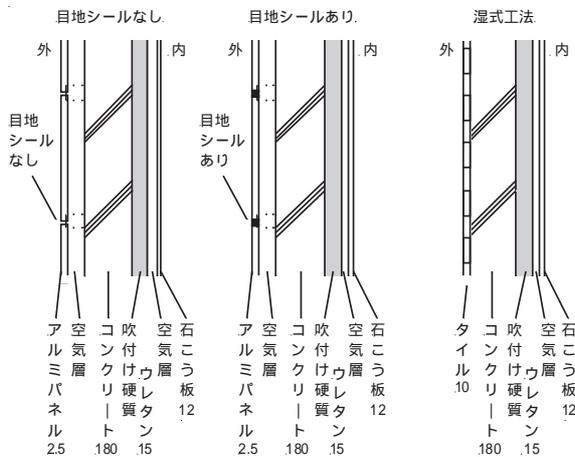


図 - 2 壁体構成図

2.2 実験結果

(1) 外気温と供試体内部温度

夏期および冬期における外気温、各供試体の内部温度を図 - 3 に示す。

夏期における外気温の平均値は25.5 (最大32.8、最小20.4)で、供試体内部の平均温度は24.4 (最大26.7、最小22.3)で、各供試体間の内部温度差は0.1以内であった。

また、冬期については同様に、外気温の平均値は6.0 (最高10.8、最低0.7) 供試体内部の平均温度は27.8 (最高30.3、最低23.6)で、各供試体間の内部温度差は1.6以内であった。

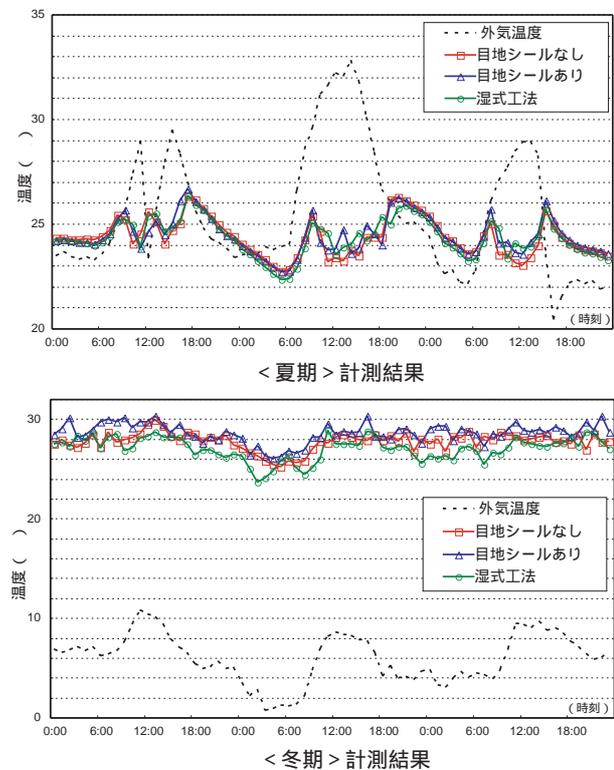


図 - 3 各試験体内部温度および外気温の変化

(2) 各供試体の通過熱流量

壁面の通過熱流量の算定は、一般に用いられる下記の算定式を用いた。

$$\text{通過熱流量 } Q = \lambda / d \cdot T \text{ (W/m}^2\text{)}$$

ここで、 λ : 熱伝導率 (W/m)

$\lambda = 1.40$ (コンクリートの場合)

d : 材料厚さ (m)

$d = 0.18$ (コンクリートの壁厚)

T : コンクリート表面温度差 (K)

1時間当たりの通過熱流量を図-4に示す。

評価対象の3日間の通過熱流量を累積したところ、乾式工法の壁体通過熱流量は、湿式工法のそれに比べて、夏期で約54%、冬期で約36%低減できることが確認できた。さらに、二重壁工法は断熱材がなくても断熱性能は向上し、シールなしでもシールありと同等の断熱性能があることが確認できた。

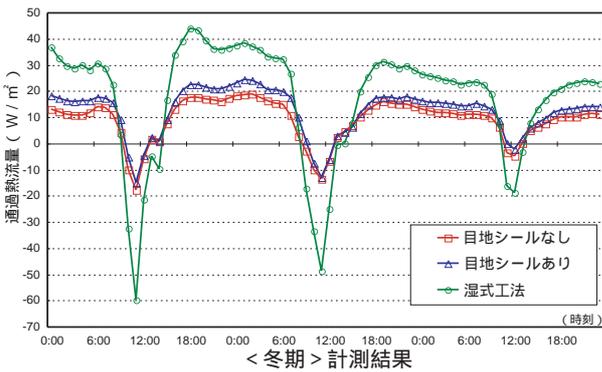
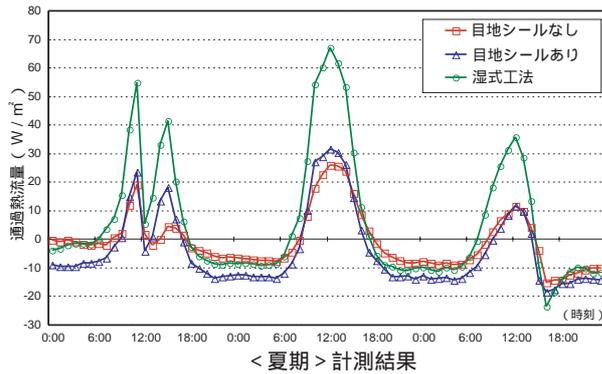


図-4 各試験体1時間当たりの通過熱流量 (W/m²)

2.3 考察

表面材にアルミパネルを用いたノンシール型の乾式外壁工法の断熱性能を、その通過熱流量によって評価した。その結果、以下のことが確認できた。

- 二重壁工法は断熱材がなくても断熱性能は向上する。
- シールなしでもシールありと同等の断熱性能がある。
- 二重壁工法は湿式工法と比べて断熱性能が最大50%程度向上する。

3. 差圧測定

3.1 測定概要

(1) 目的

昨年度実施した実大性能試験において、パネル外部面の外気圧とパネル背面の通気層の気圧が等しくなる等圧効果

を確認した。²⁾⁵⁾今年度は、既存建物の外壁面を本工法アルミパネル仕様で覆った二重壁についてパネル外部面の外気圧とパネル背面の通気層の気圧を測定することにより、実際の建物における等圧効果と室内試験である実大性能試験の結果を比較する。

(2) 建物概要

測定場所：五洋建設(株)旧技術研究所

所在地：東京都品川区東大井

規模：鉄筋コンクリート造5階建て、高さ20m

本工法適用面積：約300m²(開口部を除く)

(3) 測定期間

夏期：平成11年8月30日(月)～9月2日(木)

冬期：平成11年12月6日(月)～12月9日(木)

(4) 測定方法

図-5に測定システム図を、写真-2に測定状況をそれぞれ示す。

パネル外部面の気圧差とパネル背面の通気層の気圧の差を測定するため、差圧計に接続した測定用ビニールパイプをパネル内外にそれぞれ設置した。パネル外部面には、測定用ビニールパイプの他端をパネル表面中央部に固定した。パネル背面の通気層には測定用ビニールパイプの一端を縦額縁から挿入し、パネルの中央部分に設置した。これらによりパネル内外の差圧を測定した。

測定時間は10分間としサンプリング間隔を1/10秒とした(サンプリング個数：6000個)。

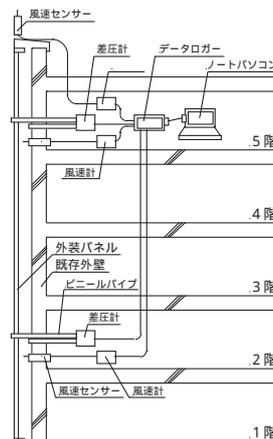


図-5 測定システム図

写真-2 差圧測定状況

3.2 測定結果

図-6に測定結果を示す。パネル内外の差圧は最大20Pa程度で、外気圧の変動に伴うパネル内外の差圧の変動も見られるが、階数の違いによる圧力差は微小である。

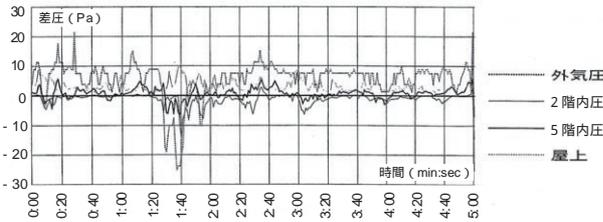


図 - 6 差圧測定結果

3.3 考察

昨年度実施した室内試験である実大性能試験²⁾⁵⁾の結果と同様に、本工法はパネルの目地を乾式工法(シールなし)とすることにより、二重壁間にはほぼ等圧になっている。その結果、パネル外面とパネル背面の通気層の気圧が等しくなる等圧効果により、パネルにかかる風圧力が低減され、耐風圧性能が増し安全性が向上すると考えられる。

4. 外壁パネルの汚れ調査

4.1 調査概要

(1) 目的

既存建物の外壁面を本工法アルミパネルで覆った外壁パネルの汚れについて観察を行い、時間の経過による美観の変化を確認する。

(2) 観察項目

シールの有無による汚れの程度

シール有無の効果を評価するために改修対象壁面のパネルの半分をシールあり、残り半分をシールなしとし、汚れを比較した。

開口廻りの水切り形状による汚れの程度

開口廻りの水切り形状による評価のために、壁面に2タイプの水切り材を施工し、汚れを比較した。

パネル溝の汚れの程度

パネルの水平目地部に設けた排水用の溝に、時間の経過、降雨の影響等によりどの程度ほこり、付着物が溜まるかを確認した。

図 - 7 に汚れ調査計画図を、図 - 8 に水切りタイプ図をまた写真 - 3 にAタイプの水切りを、写真 - 4 にBタイプの水切りをそれぞれ示す。

(3) 建物概要

測定場所：五洋建設(株)旧技術研究所

所在地：東京都品川区東大井

規模：鉄筋コンクリート造5階建て、高さ20m

外装面積：約300m²(開口部を除く)

外装仕様：アルミパネル電解着色(シルバー)

(4) 調査期間

第1回：改修直後

第2回：改修後3ヶ月経過

第3回：改修後6ヶ月経過

第4回：改修後1年経過

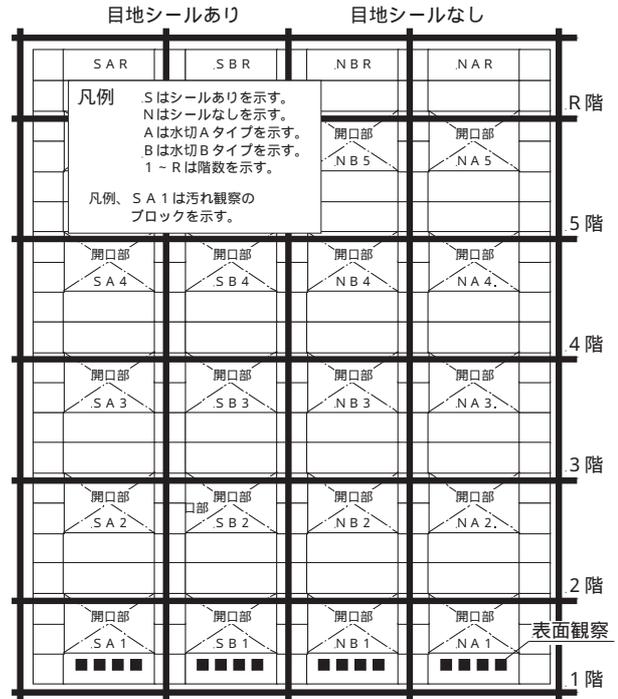


図 - 7 汚れ調査計画図

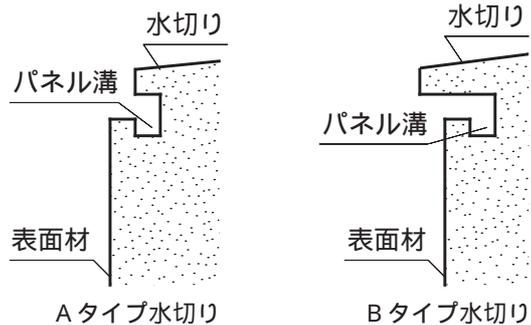


図 - 8 水切りタイプ図

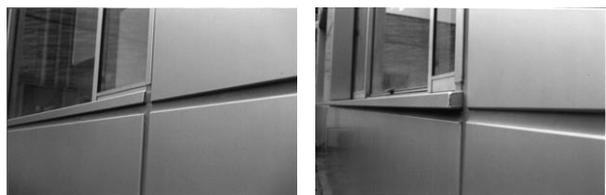


写真 - 3 Aタイプ水切り

写真 - 4 Bタイプ水切り

(5) 調査方法

パネル表面の汚れ

・外観観察

壁面汚れの状態について建物から約70m離れた同一場所から目視・双眼鏡観察するとともに望遠レンズを用い写真撮影を行った。

写真は、撮影ブロックを設定して記録した。図-7の汚れ調査計画図上のNAR等の記号はこの撮影ブロックを示す。例えばNARは、目地シールなし、水切り形状Aタイプ、屋上部分のことである。

・表面観察

パネル表面を塩ビシートで部分養生し、調査期日に順次剥がし、養生なし部分と比較観察した。(調査期間の3回目～の調査で観察)

測定場所は1階窓下のパネル4ヵ所とし、シールの有無と水切りタイプ(A・B)の組み合わせとした。シート養生は、パネル1枚に200×200のシート4枚とした。

・表面光沢度測定

ポータブル型光沢計で光沢度を測定した。測定場所は、1階と5階の各窓下パネルの1ヵ所とした。

溝の汚れ観察

水切り下パネル上端の溝内の汚れ状態をファイバースコープで観察し、写真撮影を行った。観察場所は、1階と5階のシール無し部分の水切りタイプ(A・B)各1ヵ所とした。

4.2 調査結果

(1) 外観観察

表-1に観察結果を、写真-5に観察状況をそれぞれ示す。

外部観察では、3ヶ月後に一部雨筋状の汚れが発生したが、6ヶ月後には消えていた。その他は特に認められなかった。

(2) 表面観察

表-2に観察結果を、写真-6に観察状況をそれぞれ示す。

シールの有無による比較では、改修後それほど年月が経過していないこともあり顕著な差は認められなかった。

水切り形状では、Bタイプ(水切りがパネル表面より出ている)がAタイプ(水切りがパネル表面より引込んでいる)より汚れが少ない結果となった。

(3) 表面光沢度測定

表-3に測定結果を、写真-7に測定状況を示す。

表面光沢度は初期の値からほとんど低下していない。

表-1 外観観察結果

調査期日	汚れ状況
改修直後	認められない。
3ヶ月経過後	NARブロック(シールなし、A水切り、屋上部:図-8参照)の外観右端で笠木とパネルの取合い目地より、縦に1本筋状の汚れが認められる。他は認められない。
6ヶ月経過後	認められない。 NARブロックの汚れは雨水等で洗浄されたと考えられる。

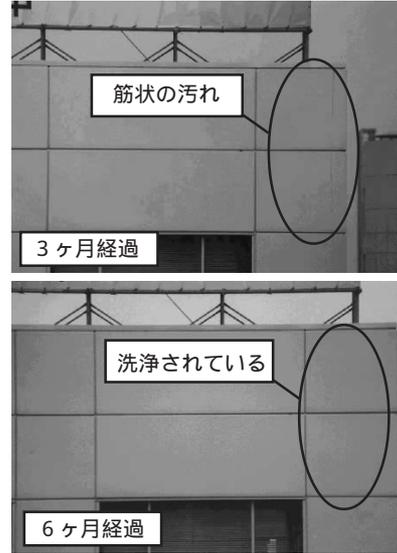


写真-5 外観観察状況

表-2 表面観察結果

調査期日	汚れ状況			
	SA1	SB1	NB1	NA1
改修直後	ほとんどない	ほとんどない	ほとんどない	ほとんどない
3ヶ月経過後	ほとんどない	ほとんどない	ほとんどない	ほとんどない
6ヶ月経過後	ほとんどない (観る角度により 軽微な雨筋状の付 着物が見られる)	ほとんどない	ほとんどない	やや目立つ (軽微な雨筋状 の付着物が見ら れる)



写真-6 表面観察状況

(4) 溝の汚れ観察

表-4に観察結果を、写真-8に溝の汚れ状況を示す。場所により砂塵、赤土状の汚れが少し見られた。

4.3 考察

外観観察では汚れはほとんど認められない。3ヶ月後の観察で、一部雨筋状の汚れが発生した部位があったが、6ヶ月後の観察では消えていた。これは雨水による洗浄効果によるところが大きいと思われる。

表 - 3 光沢度測定結果

調査期日	測定結果(5階)					測定結果(1階)				
	SA5	SB5	NB5	NA5	平均	SA1	SB1	NB1	NA1	平均
改修直後	22	21	23	22	22	23	23	23	20	22
3ヶ月経過後	20	20	21	20	20	20	21	20	19	20
6ヶ月経過後	21	20	22	20	21	20	22	20	19	20



写真 - 7 光沢度測定状況

水切り形状ではBタイプ(水切りがパネル表面より出ている)がAタイプ(水切りがパネル表面より引込んでいる)より汚れが少ない。これは水切りの形状による遮蔽効果の影響が大きいと思われる。

今後は、施工実験を行った建物(五洋建設(株)旧技術研究所)において、汚れの調査を継続するとともに、本工法の表面材交換時の施工性、解体撤去時の施工性および解体材のリサイクル性について実験、検証を行う予定である。

6. まとめ

乾式外壁仕上げ工法の性能確認を目的として実施した実験、測定、調査により以下のことが確認できた。

(1) 断熱性能確認実験

二重壁工法は断熱材がなくても断熱性能は向上する。

二重壁工法はシールなしでもシールありと同等の断熱性能がある。

二重壁工法は湿式工法と比べて断熱性能が最大50%程度向上する。

(2) 差圧測定

本工法の二重壁間は、パネルの目地を乾式工法(シールなし)とすることによりほぼ等圧になっている。

の結果は、室内実験および実建物の測定の両方で確認された。

等圧効果により、パネルにかかる風圧力が低減され、耐風圧性能が増し安全性が向上する。

(3) 外壁パネルの汚れ調査

改修後6ヶ月の時点では外観観察での汚れはほとんど認められない。

表 - 4 溝の汚れ観察結果

調査期日	汚れ状況			
	NB5	NA5	NB1	NA1
改修直後	なし	砂塵が少々	赤土色の汚れ少々	なし
3ヶ月経過後	なし	砂塵が少々	赤土色の汚れ少々	なし
6ヶ月経過後	なし	砂塵が少々	赤土色の汚れ少々	砂塵が少々

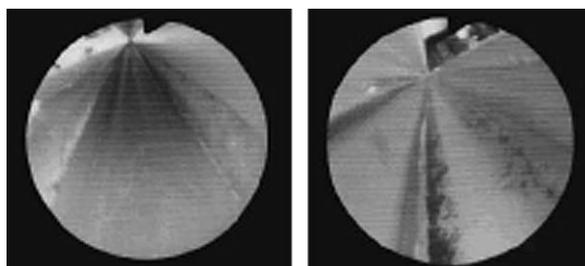


写真 - 8 溝の汚れ状況

水切りの形状が外壁面の汚れ防止に及ぼす効果が大きいたことが明らかになった。

なお、本研究は通商産業省「生活価値創造住宅開発プロジェクト」における「リニューアル対応外装診断・改修技術の開発」の平成11年度研究成果の一部である。

参考文献

- 1) 新田泰士・田原良二・岡田圭司・山浦一郎: リニューアル対応外装診断・改修技術の開発 - その1 開発のねらいとシステムの概要 -、五洋建設技術年報、Vol.28、pp.131 ~ 136、1998.
- 2) 新田泰士・田原良二・関根秀弥・横山直樹: リニューアル対応外装診断・改修技術の開発 - その2 乾式外装システムの設計と実証実験 -、五洋建設技術年報、Vol.29、pp.211 ~ 216、1999.
- 3) 田原良二・山浦一郎・新田泰士・岡田圭司: 乾式外壁仕上げ工法の開発 その1 開発のねらいとその概要) 日本建築学会大会学術講演梗概集(九州) pp.145 ~ 146、1998.
- 4) 新田泰士・山浦一郎・田原良二・岡田圭司: 乾式外壁仕上げ工法の開発 その2 れんがパネル工法の概要と試行) 日本建築学会大会学術講演梗概集(九州) pp.147 ~ 148、1998.
- 5) 新田泰士・田原良二・横山直樹: 乾式外壁仕上げ工法の開発(その3 フレーム工法の性能確認) 日本建築学会大会学術講演梗概集(中国) pp.993 ~ 994、1999.