

石材の補修に関する施工環境別物性調査

大成建設 ○永井 香織

1. はじめに

石材は、天然材料であるため、微細なひび割れや欠けなどが起こる場合がある。そのような軽微な補修には、コンクリートのひび割れ補修工法で使用するエポキシ樹脂などの注入工法や有機系の成形用補修材による欠けの修復が用いられている。このような補修工法は、屋外作業で行われるため、建物の立地や天候により、様々な作業環境状況が考えられる。特に、ひび割れ補修時の施工前の清掃方法や、雨後何時間経過すれば、施工に影響はないのか、などの施工条件は、補修する上で重要な課題である。

しかし、施工環境の違いによる補修工法の状況について、調査した事例はないのが現状である。

本報告は、屋外での補修作業を前提に、補修時の雨による影響や汚れの影響を受けた場合の施工前準備の違いによる物性調査を行った結果についてまとめたものである。

2. 模擬環境の条件

2.1 ひび割れ補修

1) 降雨による影響

降雨を模擬した環境条件は、雨後 3～12 時間経過後までを設定した。降雨状況は、24 時間水に浸漬することで模擬した。表 1 に想定した雨後の条件と模擬環境条件を示す。

表 1 降雨後を想定した環境条件

	降雨想定状況	模擬環境
a	雨後 3 時間後	24 時間水浸漬後取り出し 3 時間室内静置
b	雨後 6 時間後	24 時間水浸漬後取り出し 6 時間室内静置
c	雨後 12 時間後	24 時間水浸漬後取り出し 12 時間室内静置

2) 汚れによる影響

外壁は、粉塵などの影響により常時汚れが付着する。ひび割れ発生後に汚れが付着した場合、そのままの状況で補修作業を行うと接着力に影響することが考えられる。

また、施工前清掃としては、ウエスによる拭き取りやエアブローを用いた清掃が挙げられる。

本試験では、汚れによる影響を確認する施工前清掃状況として、ウエスによる拭き取りとエアブローを用いた清掃の 2 種類を実施した。

ウエスによる拭き取りは、ひび割れ内部まで清掃することは困難であるが、現地で可能な清掃方法の一つとしてエアブローと比較した。汚れは、ローム土と水の混合液で模擬した。

表 2 粉塵による汚れの模擬環境

	粉塵の想定	模擬環境	清掃状況
①	粉塵量低濃度	ローム土：水＝1：20	拭き取り
②	粉塵量低濃度	ローム土：水＝1：20	エアブロー
③	粉塵量高濃度	ローム土：水＝1：2	拭き取り
④	粉塵量高濃度	ローム土：水＝1：2	エアブロー

2.2 成形用補修材

有機系の成形用補修材を使用する場合は、ひび割れ注入工法と異なり、接着面が露出されている。そのため、環境条件は、雨後 3 時間経過のみとした。接着面の清掃は、ウエス拭き取りおよびエアブローの 2 方法について比較を行った。

Physical properties investigation according to construction environment concerning repair of stone

Kaori NAGAI

3. 試験方法

3.1 試験体

試験体は、一般的に外壁に使用される石材である花崗岩を使用した。試験体寸法と数量を表3に、使用材料である補修材料および注入剤を表4に示す。

ひび割れ補修は、予め石材を中央で破断させ、厚さ0.5mmのテフロンを用いて端部に固定し、約0.5mmのひび割れを模擬した試験体を作製し、用いた。

表3 試験体寸法と数量

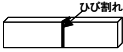
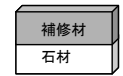
試験項目	試験体寸法 (mm)	数量	試験体形状
ひび割れ補修	50×25×300	3体	
成形用補修材	100×25×50 (補修材)	各3体	
	100×25×50 (石材)		

表4 使用材料

使用材料	種類	配合
成形用補修材A	2液ポリエステル樹脂系	主剤：硬化剤＝100：4(密度1.2)
成形用補修材B	2液ポリエステル樹脂系	主剤：硬化剤＝100：4(密度1.1)
ひび割れ注入材料	2液エポキシ樹脂系	主剤：硬化剤＝2：1

3.2 試験方法

3.2.1 ひび割れ補修

1) 降雨による影響

試験の流れを図1に示す。試験は、表1に示す各模擬環境条件で試験体を準備し、エポキシ樹脂注入を行った。降雨後の静置状況を写真1に示す。

その後所定の硬化期間（3日間）後、インストロン万能試験機を用いて、引張試験を実施した。比較として、気乾状態で保持した試験体も同様に引張試験を行った。

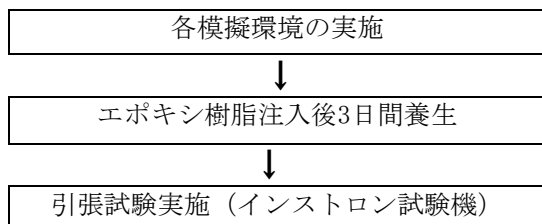


図1 降雨による影響の試験の流れ



写真1 降雨後の静置状況

2) 汚れによる影響

試験の流れを図2に示す。試験は、表1に示すa雨後3時間を基準とした。試験体を写真2のように外壁と同様に垂直に立て、ひび割れ部から、注射器を用いて模擬した汚れを注入した。その後、20℃60%RH恒温恒湿室で2時間静置し、所定の清掃を実施した後、降雨による影響の試験と同様にエポキシ樹脂を注入し引張試験を実施した。エアブローによる清掃状況を写真3に示す。

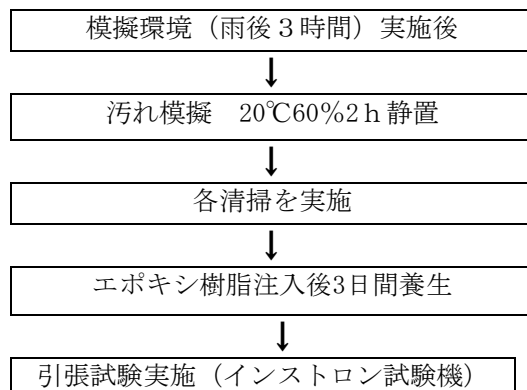


図2 汚れによる影響の試験の流れ



写真2 汚れの注入状況



写真3 エアブローによる清掃状況

3.2.2 成形用補修材

試験の流れを図3に示す。試験は、表1に示すa雨後3時間を想定した。各模擬環境の状況を予め準備した後、接着面の清掃を行い、補修材を成形し接着した。比較として気乾状態の試験体についても同様に補修材で成形した。その後降雨による影響と同様に引張試験を実施した。

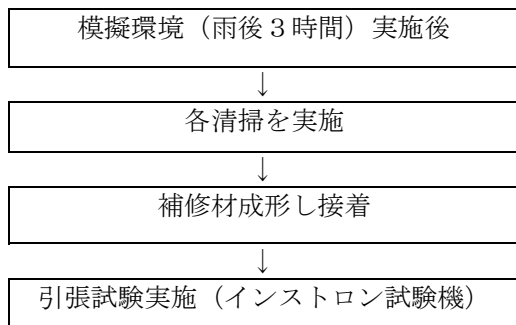


図3 成形用補修材の試験の流れ

4. 試験結果および考察

4.1 ひび割れ補修

1) 降雨による影響

引張試験実施状況を写真4に、降雨による影響の各試験結果を図4に示す。雨後3時間を想定した試験では、ウエスによる拭き取りやエアブローによる清掃とも接着界面での破断が1試験体ずつ確認された。

雨後6、12時間を想定した試験では、接着界面での破断は認められなかった。応力的には各経過時間とも大きな相違はないが、接着面での破断が生じていることから、施工は、雨後6時間以上あけることが良いと思われる。

なお、清掃方法として検討したウエスによる拭き取りおよびエアブローによる清掃については、降雨による影響では大きな相違は認められなかった。



写真4 引張試験実施状況
(降雨による影響)

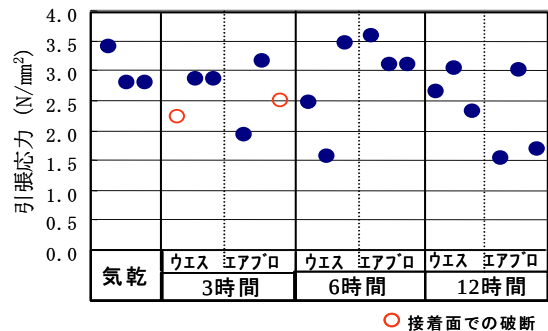


図4 降雨による影響の試験結果

2) 汚れによる影響

汚れの付着状況を確認するため、降雨の影響試験などとは異なる試験体を用いて同様の手順で汚れの注入を行った。

石材の断面を確認した結果を写真5に示す。



高濃度（拭き取り）



低濃度（拭き取り）



高濃度（エアブロー）



低濃度（エアブロー）

写真5 汚れの模擬状況

高濃度では、エアブローの効果が認められた。一方、低濃度は拭き取りとエアブローには大きな違いはないことが確認された。

写真3の状況から、実際の建物では、低濃度の汚れが一般的であると思われる。低濃度の汚れであれば、本試験結果から、エアブローによる清掃を行えば、汚れによる影響は少ないことが確認された。

汚れによる影響における各清掃方法別引張試験結果を図5に示す。

汚れによる影響の確認では、引張試験で母材破断をすることで汚れの影響が少ないと推定できる。

本試験結果では、高濃度の場合、接着界面での破断が多く見られた。低濃度の場合には、ほとんどが母材破断であり、汚れによる影響は認められなかった。

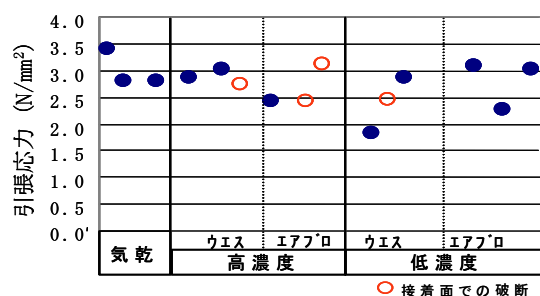


図5 汚れによる影響の引張試験結果

4.2 成形用補修材

成形用補修材の施工における各清掃方法による引張試験状況を写真6に、引張結果を図6に示す。

補修材 A と B では、総合的に補修材 A が引張応力で高い値を示した。接着面の清掃の違いによる差は大きな相違は認められず、気乾状態とほぼ同程度の範囲であることがわかった。

また、本試験では、雨後3時間経過後に実施した試験であったが、気乾状態とほぼ同程度であることから、補修材の施工は雨後3時間以上経過すれば、引張応力に差は生じてないことが確認された。



写真6 引張試験状況
(成形補修材)

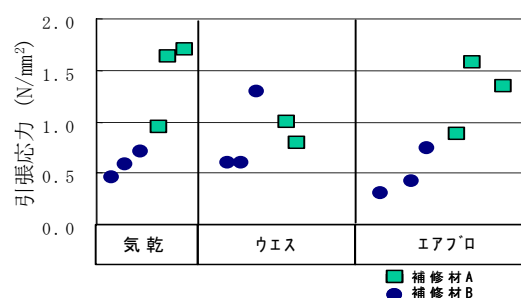


図6 成形補修材の引張試験結果

5. まとめ

本調査は、外部で行う補修工事などで必ず問題となる天候や自然な汚れなどを模擬し、補修効果が得られる作業環境を見出す実験を行った。

降雨や汚れを模擬した施工環境の違いによる補修材の引張試験を行った結果を以下に示す。

- 1) ひび割れ補修を実施するときの降雨による影響は、雨後6時間以上経過すれば、接着面による破断は認められず、気乾状態と同程度の強度が得られた。
- 2) 汚れによる影響を考慮した清掃方法は、エアブローが効果的で接着に与える影響が少ない。
- 3) 成形補修材の施工は、雨後3時間経過すれば、気乾状態と同程度の接着性が得られた。また、成形補修する接着面の清掃は、ウエス拭きでもエアブローによる清掃でも同程度の効果が得られた。

謝辞

本調査は、大成建設㈱東京支店高瀬所長、麻生課長の協力を得て実施した。ここに感謝の意を示す。