

論文 打放しコンクリート表層面の維持保全に関する提案

地 濃 茂 雄 *¹ ・ 吉 田 晃 *²

要旨 素材表現の一つとして打放しコンクリートが建築物に多く用いられている。しかし問題は、期待されるような美観とその美しさを末長く保ち得られるかどうかにある。そこで、基本的な視点からコンクリート表層面の性状および表層面の劣化事象の実態を整理分析し、美観の確保とその持続性・耐久性に関わる保全対策の必要性を明らかにした。また、この結果を踏まえて、打放しコンクリート建物のライフサイクルに対応させたコンクリート表層面の仕上げシステムを提案し、その具現化の一例を提示した。

キーワード 打放しコンクリート、表層面、仕上げシステム、意匠性、耐久性

1. まえがき

魅力と不安の同居する材料として位置づけられている打放しコンクリートは、その技術の適否により美観と耐久性が支配されることが指摘され、とりわけ維持保全技術が要求されている[1]。

そこで筆者は、美観と耐久性の確保の観点から、コンクリート表層面に着目して、表層面の性状および表層面の劣化事象を考察し、打放しコンクリート建物のライフサイクルに対応させた打放しコンクリート表層面の仕上げシステムを提案したものである。

2. 表層面の性状および表層面の劣化事象に関する考察

筆者らは、これまでに内的要因に支配されるコンクリート表面層の性状やコンクリート壁面の汚れ等の劣化の実態を明らかにしてきた[2]~[6]。これらの結果を総合し、標題についての

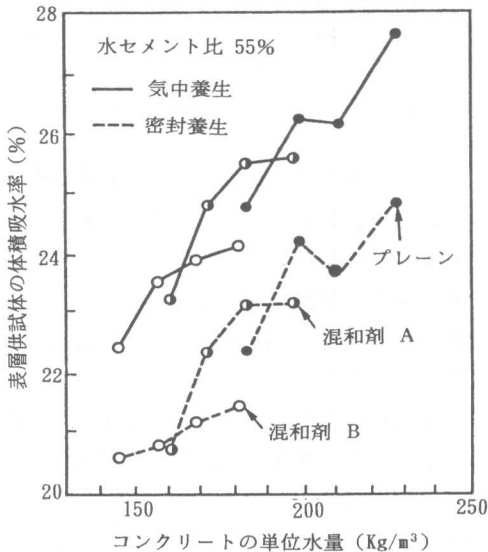


図-1 単位水量と表層供試体の吸水率

汚れ等の劣化の実態を明らかにしてきた[2]~[6]。これらの結果を総合し、標題についての

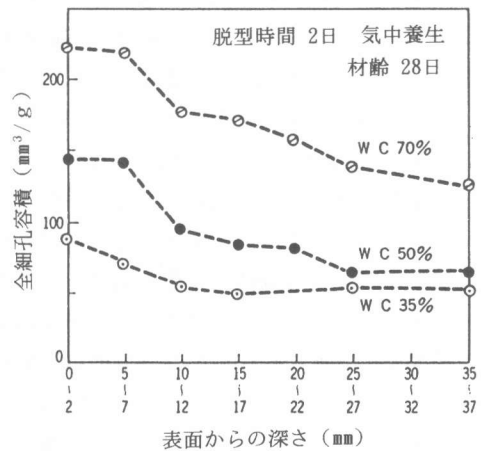


図-2 水セメント別全細孔容積

*1 新潟工科大学教授 工学部建築学科、工博（正会員）

*2 ニチエー吉田（株）取締役社長（正会員）

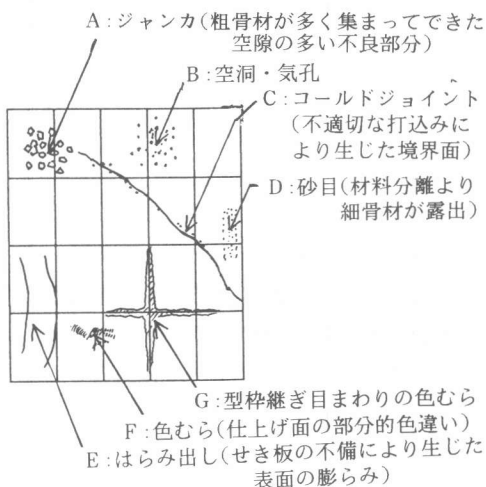


図-3 脱型直後の壁面不具合の形態

表-1 不具合の発生率(調査壁面数75)

不具合	A	B	C	D	E	F	G
(%)	9	100	11	47	8	15	100

注) 表中の記号は図-3に示す不具合に対応

視点から検討すると、次の諸点が考察される。

1) 表面層の密実性に及ぼす単位水量および養生条件の影響は極めて大きい。すなわち図-1に示す密実性の指標として捉えた体積吸水率は、単位水量および養生条件に支配されている[2]。また、図-2から伺えるように水セメント比や気中養生の影響は表面層ほど大きい[3]。

2) 壁面における脱型直後の不具合の形態は図

3-3のようで、その発生率の調査結果を示した表-1から、各種の不具合が抽出される。中でも、ジャンカやコールドジョイントは美観の低下を招き、また劣化が促進される部分となる[4]。

3) 降雨による壁面の明度変化を示した図-4によれば、濡れることにより明度が低下する傾向が見出せる。濡れ部分と濡れなし部分の明度の相違が美観上に影響を与える[5]。

4) 北面が他の面より、また水平部に堆積した汚染物質が雨水と共に流下するような部位は汚れが顕著である。これは塵埃や微生物の付着に起因している[6]。

5) エフロレッセンスは、ひび割れや脆弱部に浸透した雨水に誘発されたものが多く、美観を損ねる因子となる。特にその発生箇所は鉄筋の腐食、ひび割れ、表層剥離、脆弱な表層などに密接に関わっていることから表面層の損傷劣化部としての有力な目安となる[6]。

6) 一例として、改修請け負い工事の改修に至る経過年数別件数を図-5に示す。竣工後20~30年程度の時期に改修工事を行う傾向が見られる。一方、竣工数年後での補修もあるが、新築時の不具合が原因となったものが大半である。

以上のようなことから、打放しコンクリート建物の美観と耐久性を確保するための手段として、段階別の仕上げが不可欠であることが指摘される。

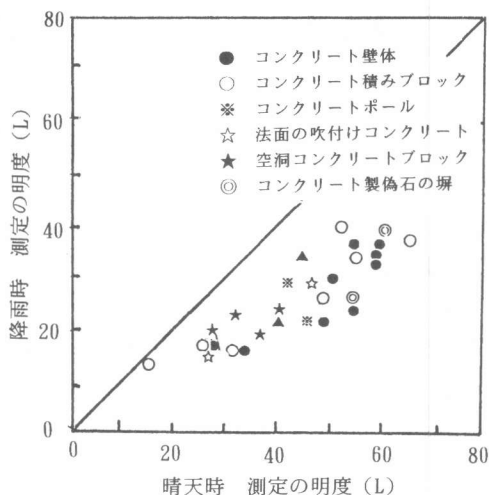


図-4 降雨濡れによる明度変化

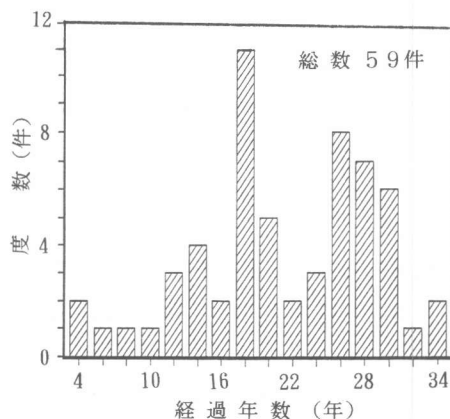


図-5 経過年数別改修工事件数

表-2 主要材料の品質・性能データの概要 [(1)~(9) は図-1、図-2に対応]

主要な材料	主な構成材料・性状等	主な品質・性能等
(1) 撥水剤	・シラン系化合物 ・比重 0.8	・JIS A 6910による吸水比(基材:モルタル板)標準状態で0.1 冷温繰り返し抵抗試験後で0.7
(2) 洗浄剤	・サビ汁対象 弱塩酸+リン酸 ・灰汁対象 苛性ソーダ	・サビ汁、灰汁の痕跡除去後のコンクリート肌に異常なし
(3) 消去材 (充填・色調調整)	・特殊アクリル樹脂系のポリマーディスパージョン ・普通ポルトランドセメント ・珪砂(f.m 2.69) ・白色ポルトランドセメント ・特殊顔料	○充填用(C:S=1:3 P/C=5% W/C=54%のモルタル) ・材齢28日 圧縮強度28N/mm ² 付着強度1.4N/mm ² ・材齢 5年 圧縮強度57N/mm ² 付着強度2.2N/mm ² ・中性化深さ 0mm (CO ₂ 濃度10%の促進試験 8週) " 0mm (室内暴露 5年後 プレーンモルタルでは7.2mm) 4×4×16cm供試体による塩化物の遮断性 一般のモルタルに比べ有為 ○色調調整用(コンクリート肌の色調に対応して調合 ポリマーセメントペースト) ・材齢28日 付着強度1.9N/mm ²
(4) 水系塗膜型防水材	・水系特殊アクリル樹脂系 ・粘度 2000cps ・pH 7~9	・透水性0.1ml (基材:モルタル板) ・材齢28日 付着強度1.9N/mm ²
(5) 耐候性防水材	・フッ素樹脂系 ・粘度 70cps ・pH 6~7 ・光沢(60°鏡面反射率) 80	・透水性1.1ml (基材:モルタル板) ・材齢28日 付着強度1.5N/mm ² ・促進耐候性 4000時間 異常なし 光沢保持率91% ・塩水噴霧 2000時間 異常なし 光沢保持率100% ・耐薬品性 5% H ₂ SO ₄ 異常なし ・屋外暴露による明度変化(基材:モルタル板) 暴露開始時の明度46 暴露2年後 47 汚れなし 未塗布 " 59 " 62 汚れ進行 ・濡れによる明度変化(基材:モルタル板) 暴露2年後の供試体に水滴を付着 水滴付着前の明度47 付着後 48 明度変化微小 未塗布 " 62 " 56 明度変化大 ・JIS A 6910による吸水率 24時間 0.0% ・中性化(4×4×16cmモルタル供試体に塗布) 室内暴露5年後の中性化深さ 0mm 未塗布のものでは7.2mm

修期に施すべき仕上げをSTEP2と呼ぶこととして分類している。以下、それらについて述べる。

3.1 STEP 1

フローチャートを図-7に示す。ここで意図した仕上げ技術は、脱型時点から耐久性向上のための表面仕上げまで、一貫性をもたせ、設計施工段階で予測不可能な表層面の現象や豆板(じゃんか)、コールドジョイント、色ムラなどの不具合の発生に対しても合理的に対応処置するものである。図中には、主な使用材料と作業内容を併記している。使用材料については、意匠性や耐久性から要求される性能を考慮して選定・開発したもので、後述する表-2に示す品質・性能データに対応するよう(数字)記号で表示している。なお、消去材など一般化していない用語も記載しているが、表現上、本論文ではそのように呼ぶこととした。

特に不具合部の処理においては、単にモルタルやペーストを施すことではなく、消去材により不具合部を完璧に消去する考えの基にある。すなわち、打放しコンクリート表層面に点在した不具合に対して、その各々に不具合箇所周辺の生地色に適合する材料を供し、不具合箇所の痕跡を残さない材料・工法により健全化し、打放しコンクリートの美観を確保するものである。

最終工程での表面仕上げでは、美観の長期的維持と耐久性の向上を狙いとして施される。

表-2に続く

主要な材料	主な構成材料・性状等	主な品質・性能等
(6) 耐候性防水材	<ul style="list-style-type: none"> ・アクリルシリコン樹脂系 ・粘度 560cps ・pH 6~7 ・光沢(60°鏡面反射率) 87 	<ul style="list-style-type: none"> ・透水性0.8ml (基材:モルタル板) ・材齢28日 付着強度1.8N/mm² ・促進耐候性 4000時間 異常なし 光沢保持率82% ・塩水噴霧 2000時間 異常なし 光沢保持率100% ・耐薬品性 5%<chem>H2SO4</chem> 異常なし ・屋外暴露による明度変化 (基材:モルタル板) ・暴露開始時の明度66 暴露5年後 65汚れなし 未塗布 " 61 " 50汚れ進行 ・濡れによる明度変化 (基材:モルタル板) 暴露2年後の供試体に水滴を付着 水滴付着前の明度66 付着後 65 明度変化微小 未塗布 " 62 " 56 明度変化大 ・JIS A 6910による吸水率 24時間 0.0% ・中性化 (4×4×16cmモルタル供試体に塗布) 室内暴露5年後の中性化深さ 0mm 未塗布のものでは7.2mm
(7) 強化剤	<ul style="list-style-type: none"> ・珪フッ化物25%水溶液 	<ul style="list-style-type: none"> ・セメントペースト硬化体 (全細孔容積83mm³/g) に塗布含浸 塗布含浸後の全細孔容積77mm³/g ・4×4×16cmモルタル供試体に塗布含浸 塗布含浸により圧縮強度12%増大 ・中性化 (4×4×16cmモルタルに塗布含浸 CO₂濃度20%の促進試験 9日) 中性化深さ10.5mm 未塗布含浸のものでは13.5mm ・耐酸性 (4×4×16cmモルタルに塗布含浸 硫酸5%溶液中に浸漬 28日) 浸漬前に対する圧縮強度比 0.85 未塗布含浸のものでは0.66
(8) 充填材	<ul style="list-style-type: none"> ・特殊アクリル樹脂系のポリマーディスパージョン ・普通ポルトランドセメント ・珪砂(f.m 2.69) 	<ul style="list-style-type: none"> ・モルタル (C:S=1:3 P/C=5% W/C=54%) 材齢28日 圧縮強度28N/mm² 付着強度1.4N/mm² 材齢 5年 圧縮強度57N/mm² 付着強度2.2N/mm² 中性化・塩化物の遮断性は(3)の充填用に同じ
(9) 中性化抑制材	<ul style="list-style-type: none"> ・特殊アクリル樹脂系のポリマーディスパージョン ・普通ポルトランドセメント ・白色ポルトランドセメント ・珪砂(f.m 2.69) ・石粉 	<ul style="list-style-type: none"> ・ペースト JIS A 6916による付着強さ1.1N/mm² (20℃13週) JIS A 6910による伸長性 150% 強度1.5N/mm² 中性化 (4×4×16cmモルタルに塗布 CO₂濃度8%の促進試験 49日) 中性化深さ 0mm 未塗布のものでは9.6mm ・モルタル JIS A 6916による付着強さ1.7N/mm² (20℃13週) 中性化 (CO₂濃度8%の促進試験 49日) 中性化深さ3.5mm プレーンモルタルでは9.6mm

3.2 STEP 2

フローチャートを図-8に示す。築後の経年劣化の程度に応じて分別している。すなわち、劣化が軽度の場合には、汚染物の除去を主とした素地調整の上で表面仕上げを施し耐久性を付与する。これに対して、中度・重度の場合には珪フッ化物を主成分とした強化剤をコンクリートに塗布含浸して表層面の強化を図り、次いで劣化部を充填材により処理する。重度の場合は、さらに中性化抑制材を塗布したのちに、型枠模様を復元し、長期的維持と耐久性の向上の観点から最終工程での表面仕上げを施す。

3.3 主要材料

主要材料の品質・性能データの概要をとりまとめた結果を表-2に示す。

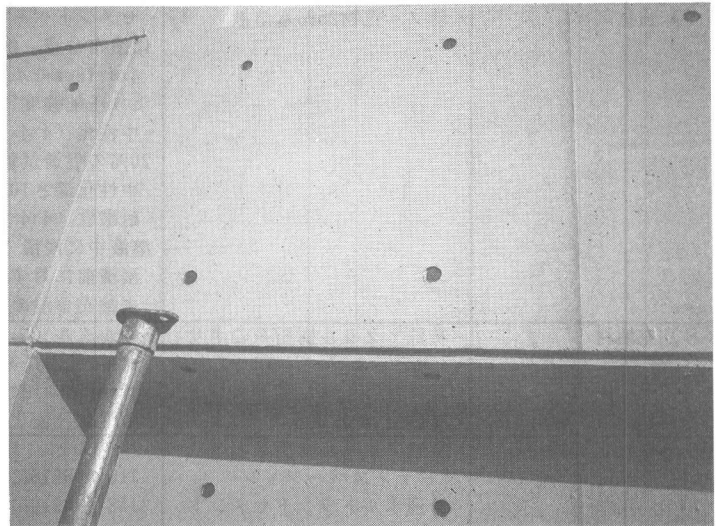
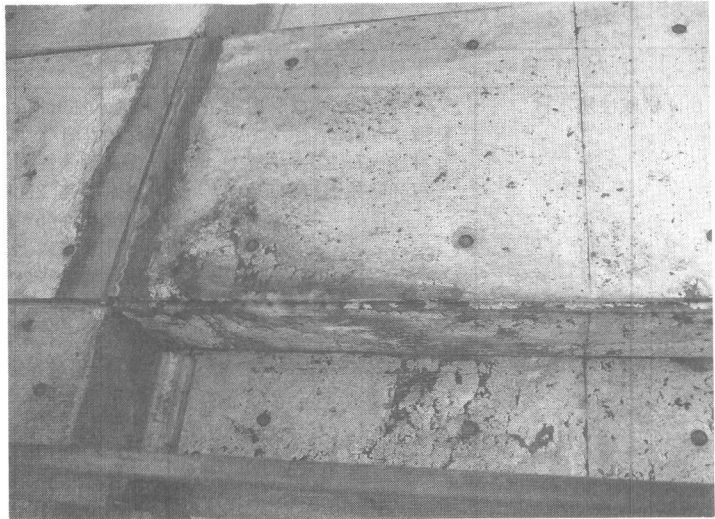
一部、既発表のデータも含まれているが、打放しコンクリートの美観の確保と維持保全の仕上げ技術に供するために選定・開発した材料である〔6〕。

3.4 具現化の一例

脱型直後の不具合に対して、本論で提案したSTEP1に基づく施工の一例を写真-1に示す。

不具合が消去され、その痕跡も認められない。打放しコンクリートの美観が確保されたものといえよう。

築後34年経過した劣化が著しい建物にSTEP2を対応し、その4年後の状況を既に報告した〔6〕。その後、追跡調査を実施しているが施工6年後の今日も健全な表層面を維持している。



4. むすび

写真-1 具現化の一例（上段：脱型直後、下段：仕上げ後）

美観の確保とその持続性・

耐久性に関わる保全対策の必要性を言及した。そして、打放しコンクリート建物のライフサイクルに対応させた表層面の仕上げシステムを提案し、その具現化の一例を提示した。

参考文献

- 〔1〕 安藤忠雄ほか：コンクリート打放しの魅力と将来の展望、日本建築学会建築雑誌 pp.16-23、1992.2
- 〔2〕 地濃茂雄ほか：コンクリート表層部モルタルの密実性に及ぼす単位水量の影響、日本建築学会論文報告集 第392号、pp.26-33、1988.10
- 〔3〕 地濃茂雄、仕入豊和：コンクリート表層部の細孔構造、セメント技術年報 38 pp.266-269、1984
- 〔4〕 地濃茂雄：打放しコンクリートの仕上がりど耐久性に関する研究、日本建築学会大会学術講演梗概集 pp.1508-1509、1992.8
- 〔5〕 地濃茂雄：降雨濡れによるコンクリート表面の色調変化、コンクリート工学年次論文報告集 第17巻 第1号、pp.285-288、1995
- 〔6〕 地濃茂雄、吉田晃：コンクリート表面の劣化事象と補修再生技術工法に関する研究、コンクリート工学年次論文報告集 第18巻 第1号、pp.1041-1046、1996