

論文 コンクリート構造物表面層の不具合補修に関する研究

地濃茂雄*1・吉田 晃*2

要旨：型枠を取り外すまでは表面層がどのような状態にあるかは予測しにくい。それだけに不具合が発生した場合には、その対応処置に戸惑う。この問題の解決策として、周囲の健全なコンクリート表面の色調に合わせた違和のない補修を施すべきことを指摘し、その具現化への基礎的実験と基本構想から補修方法を開発した。すなわち、色見本板によってそれに符合する既調合の補修材料を選定し、不具合部に供する方法を提案し、その適用事例を提示した。

キーワード コンクリート表面、コンクリート表面層の不具合、補修方法、耐久性

1. まえがき

コンクリート構造物は長期にわたり安定・安全であるほかに、耐久性や美観を維持保全していく上で、コンクリートの表面および表層部は極めて重要な部位といえる。ひるがえって、コンクリート表面層の品質・性能の向上に関する仕上げの技術や合理的な対策を確立するためには、表面層に及ぼす内外的要因の究明および補修工法の開発は不可欠な要件の一つである。

この問題に対して筆者らは既に、表面層の諸性状を究明し^{1)・2)}、次いで構造物表面層の不具合および表層面の劣化事象を捉えたのち^{3)・4)・5)}、補修工法を開発し提示した^{6)・7)}。そして、構造物のライフサイクルに対応させた表面層の仕上げシステムを提案⁸⁾した。

本研究はこれに続く具現化への研究で、新築型枠取り外し時に見られる気泡、ジャンカ、色ムラなどの不具合に対して、その補修方法を色調の観点から検討したものである。

すなわち、まず不具合の実態と補修上の問題点を考察し、次いでコンクリート表面の色調に及ぼす材料・調合の影響を言及した。そして、それに基づき補修材料を検討し、適切な補修方法を提示した。また、その適用事例を示した。

2. 不具合の実態と補修上の問題点

建設現場で共通している点は、型枠を取り外すまでは表面がどのような状態にあるかは予測しにくい。それだけに不具合が発生した場合には、その対応処置に戸惑う。適切な補修を怠ると、表面の色調や防水仕上げの上で予期し得ない問題を引き起こす⁹⁾。

既報⁷⁾で明らかにしたが、表面層の不具合には、気泡、ジャンカ、色ムラ、コールドジョイント、砂シマ・アバタ、型枠の目違い、はらみ、エフロレッセンスのたれ、鉄筋の錆び汁、工事に付随したカケ、などが挙げられる。

色ムラやコールドジョイントなどの発生実態を調査した一例を写真-1に示し、その色調測定結果を表-1に示す。

表中の色測値 [L (明度指数), a および b (知覚色度指数)] は接触型色測色差計を用いて求めた。視覚判断の一指標となる明度や測定箇所①および②を基準として算出した色差 [($\Delta L^2 + \Delta a^2 + \Delta b^2$)^{1/2}] から、不具合発生に起因する色調に著しい違いが認められ、補修すべき不具合として認識される。

このように散在する不具合に対して、周囲の健全なコンクリート表面の色調に合わせて違和

*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)

感のない補修を施さねばならないが、同時に表面層の密実性や吸水性も同レベルにすることが肝要である。これは後に防水材料を施すことにより生じる濡れ色や斑痕模様を抑制・防止する上で重要である。

単にセメントペーストやモルタルなどを用いた不適切な表面補修では、表面が粗悪で醜いものとなり、コンクリートの持つ素材感・重圧感・耐久性などを喪失してしまう。

したがって、色調を考慮した上での適切な補修方法の開発の必要性が指摘される。

3. コンクリート表面の色調に及ぼす材料および調合の影響

3.1 実験の目的

健全なコンクリート表面のコンクリート本来の色調を把握するために、材料および調合の基本的な観点から実験検討することとした。

3.2 実験方法

健全なコンクリート表面は平滑で、表面層はモルタルで占められていることから、本実験ではコンクリートの調合に基づくモルタル部を試料とすることとした。

また、コンクリート表面の色調は測色値の明度(L値)が支配的であることから、以下、色調については明度を指標とすることとした。

材料および調合要因における因子と水準を表-2に示す。

明度の異なる普通セメントや明度の異なる細骨材を実験に供し、水セメント比や単位水量(スランプ8cm, 15cm, 21cm相当), さらには脱型時間を変化させた。

脱型直後、4×4×16cm供試体の質量を測定し、次いで打込み方向に対する一側面を測色面として接触型色測色差計により明度を測定した。測定後、直ちに他の3面をシールし、乾燥環境条件下(温度20℃・湿度60%RH)に放置した。そして、時間の経過ごとに供試体の質量と明度を測定した。

なお、質量から供試体の水分蒸発率(質量%)

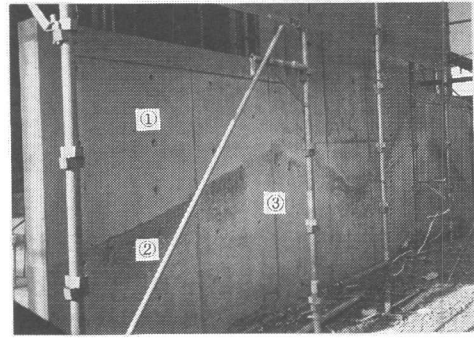


写真-1 不具合の一例 (色調の違い)

表-1 色調測定結果 (写真-1 対応)

| 箇所 | L | a | b | 色差* | 色差** |
|----|------|-------|------|------|------|
| ① | 57.1 | -1.34 | 7.70 | - | 19.7 |
| ② | 37.6 | -0.98 | 8.53 | 19.7 | - |
| ③ | 62.2 | -1.14 | 4.46 | 6.0 | 24.8 |

注) *: ①との色差 **: ②との色差

表-2 実験要因の因子と水準

| 因子 | 水準 |
|--------|----------------------------------|
| セメント | 明度 47.4 の普通セメント |
| | " 49.6 " |
| | " 50.8 " |
| | (比重 3.16) |
| 細骨材 | 明度 29.0 の川砂 (F.M 2.70 比重2.62) |
| | 明度 33.4 の山砂 (F.M 2.66 比重2.60) |
| | 明度 56.4 の砕砂 (F.M 2.48 比重2.56) |
| 粗骨材 | 碎石 (F.M 6.60 比重2.60) |
| 練混ぜ水 | 水道水 |
| W/C | 40 55 70 (%) |
| 単位水量 | 185 200 230 (Kg/m³) |
| 型枠 | 鋼製型枠 (4×4×16cm) |
| 脱型時間 | 2 7 (材齢・日) |
| 脱型後の環境 | 温度 20℃ 湿度 60% RH |

注) 明度はL値を示す

[(脱型直後の質量-明度測定時の質量) / 脱型直後の質量] を算出し、結果の検討に資することとした。

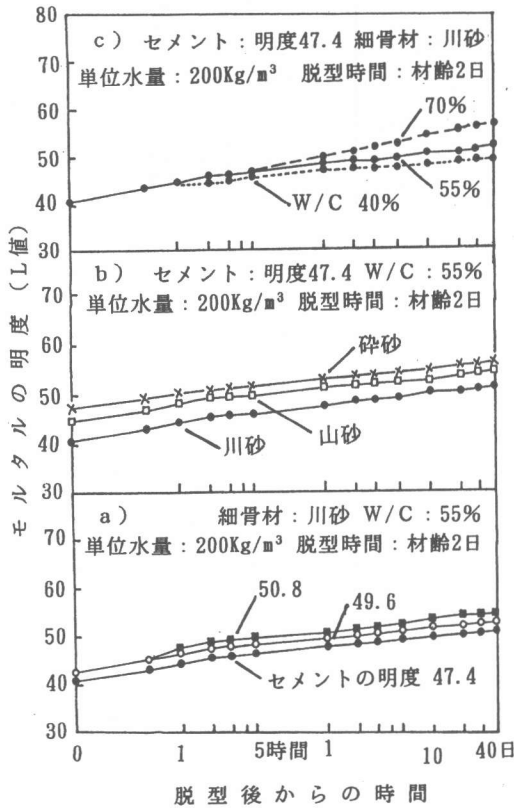


図-1 明度の経時変化

3.3 実験結果と検討

モルタル表面の明度の経時変化を図-1に示す。

概してセメントの明度が大きいものほど、わずかながらにモルタル表面の明度は大きく、その影響の傾向が図中a) から知れる。同様な傾向は図中b) の細骨材についてもいえる。

一方、水セメント比別の明度は図中c) のようである。時間の経過とともに、水セメント比の大きいものほど明度は大きくなる傾向が顕著である。

単位水量とモルタルの明度との関係を図-2に示す。

単位水量が大きいものほど明度は大きい。

いずれともこれらの傾向には、脱型後早期のうちに明度の変化が著しく、初期の乾燥の影響を受けた結果と考えられる。このことは、水分

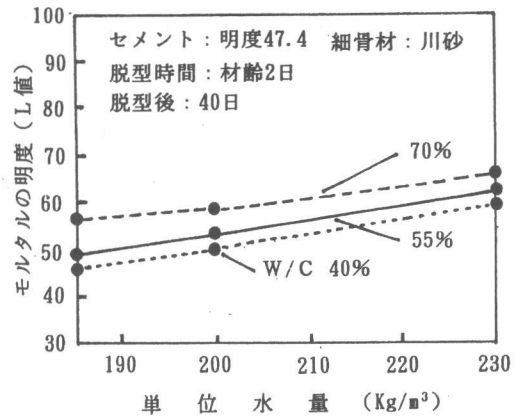


図-2 単位水量と明度との関係

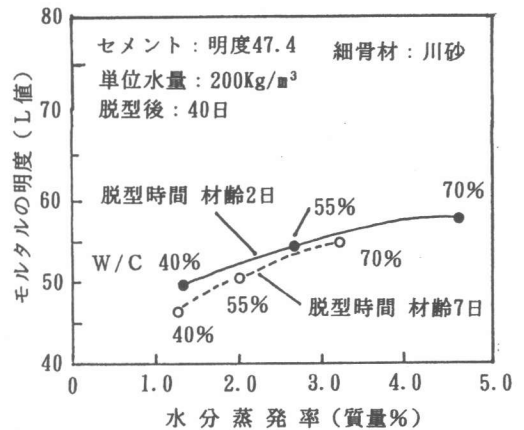


図-3 水分蒸発率と明度との関係

蒸発率とモルタルの明度との関係を整理した結果の図-3から考察できる。また同図によれば、水分蒸発率が同じでも、脱型の遅いものは明度が小さいことも伺える。

以上の実験結果から、一般的なコンクリート表面の明度(L値)は、材料・調合・乾燥などの影響を受け、50前後から70前後の値の範囲にあるものといえる。

4. 補修方法に関する検討

4.1 基本構想

前章において、コンクリート表面の色調は、コンクリートの材料・調合・乾燥などの影響を

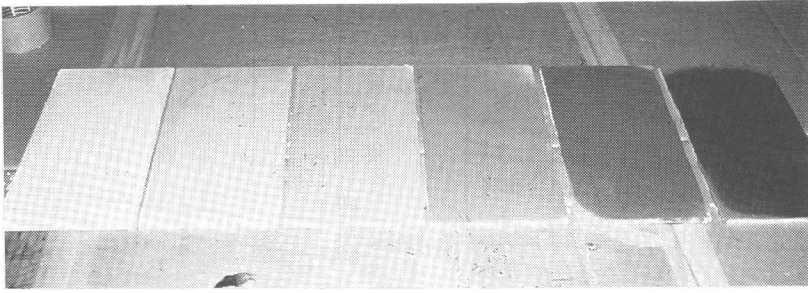


写真-2 ペーストを左官コテで塗布した直後の供試体
(左から、調合Aのものから調合Fのものまで)

受けて相違すること、また前々章においては、コールドジョイントなどによりコンクリート表面の色調は異なるものであることを明らかにした。

したがって、不具合箇所の補修においては、不具合周辺部の健全な部分の色調に合わせて違和感のないような表面補修仕上げが不可欠となる。

しかし、その具現化においては極めて難しい側面を有している。

とりわけ、不具合部に供される補修用モルタルやセメントペーストは、補修乾燥後の色調を推定しながら左官工の勘と経験のもとにその都度、材料を選定し調合されることから、視覚的な判断ミスが避けられず、補修後の色調は不均一となる場合が多い。

そこで、これを解決すべき補修方法の基本構想を検討した結果は以下のようなものである。

① 不具合周辺部の健全なコンクリート表面の色調に合致する幾つかの既調合袋詰め補修材料を開発する。

② 上記の補修材料を選定するためのプレート(以下、色見本板と呼ぶ)を開発する。

つまり、不具合周辺部の健全なコンクリート表面の色調に対応できる幾つかの色見本板(片手で持てる大きさのもの)を予め作製しておき、現場の不具合箇所において合致する色見本板の一つを選択し、それに符合する①の補修材料を不具合部に供する考えの基にある。

表-3 ペースト材料の混合割合

| 調合 | セメント | | 充てん材* | 練混ぜ水** |
|----|------|-----|-------|--------|
| | 白色 | 普通 | | |
| A | 100 | 0 | 10 | 33 |
| B | 95 | 5 | 10 | 33 |
| C | 90 | 10 | 10 | 33 |
| D | 75 | 25 | 10 | 33 |
| E | 50 | 50 | 10 | 33 |
| F | 0 | 100 | 10 | 33 |

注) *: 粒子分布 5~300 μ m 色 オフホワイト
成分 SiO₂ 65% Al₂O₃ 33%

** : 特殊アクリル樹脂系ポリマーディスパー
ジョン使用 ポリマーセメント比 5%

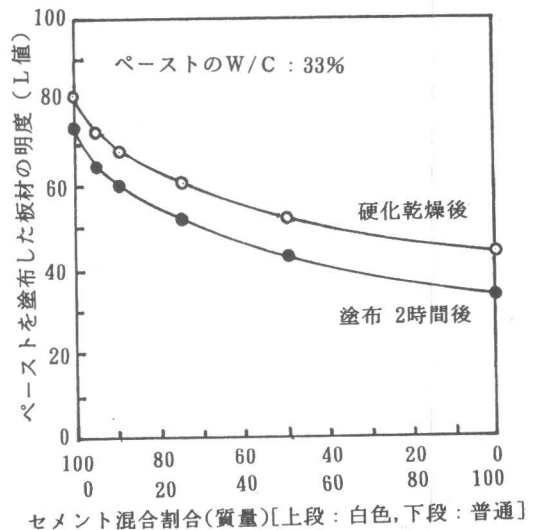


図-4 セメント混合割合と明度との関係

散在する不具合部に対しても、各々の健全な周辺部の色調に合った補修材料を供することで、健全化を図り、不具合箇所の痕跡を残さない補修が可能となる。

なお、これらの補修を施した後に、美観の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（防水材の塗布）を施すことになるが、最終工程での表面仕上げについては、既に開発研究を行い、その結果を公表⁹⁾した。また、欠損部分などに埋め戻す適切なモルタル補修用材料（表面下地となる補修材料）についても同様に開発し公表⁹⁾した。

本研究の基本構想が具現化できれば、比較的容易な、また確実に行える補修方法として位置付けられ、合理的で品質が一定、熟練左官職人が不要（後継者問題の解消）、作業手間の削減、現場作業環境の改善など、補修工法上の諸点に優位性が見出せるものといえる。

4.2 補修材料および色見本板の開発

前節の基本構想に基づき、補修材料および色見本板の作製について実験検討した。

コンクリート表面の種々の色調に対応することを想定し、白色セメントと普通セメントの混合割合を変化させた充てん材混入のポリマーセメントペーストについて実験した。

ポリマーセメントペーストの各種材料の混合割合を表-3に示す。

これに基づき練り混ぜた試料をスレート板に左官コテで塗布し、その供試体の明度を硬化乾燥により明度が一定値に収斂した時点まで測定した。

試料塗布直後の供試体の状況を写真-2に示し、明度の測定結果を図-4に示す。

明度が白色セメントと普通セメントの混合割合に支配され、定量的な結果が得られている。

これに基づけば、明度を異にする幾つかの色見本板を作製し、それに符合する既調合袋詰め補修材料は容易に製造することができる。

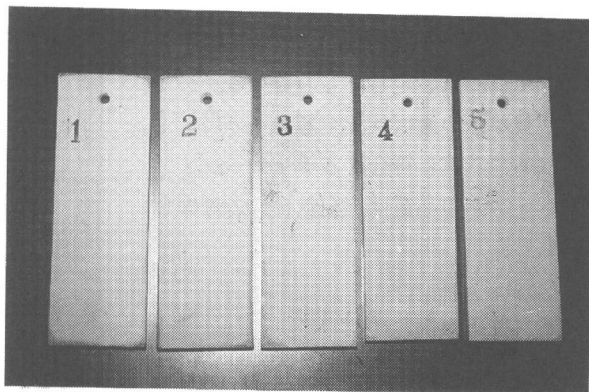


写真-3 5段階に設定した色見本板

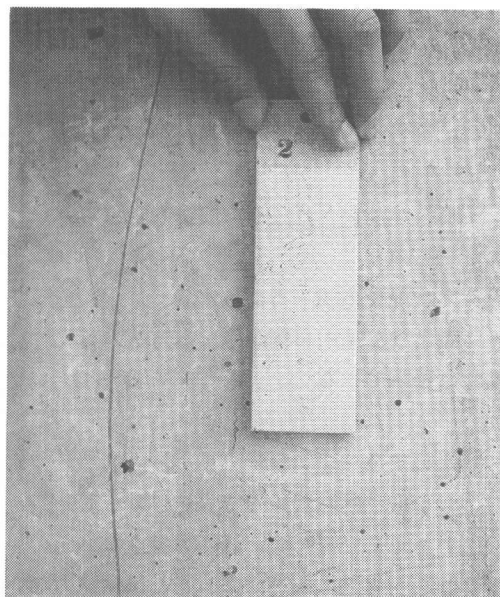


写真-4 色見本板の選択状況

そこでここでは、前々章で考察した一般的なコンクリート表面の明度（L値）の50前後から70前後の値の範囲を対象にして、この範囲で5段階の色見本板を作製した。

すなわち、色見本板は現場の作業性を考慮して、寸法は片手で持てる大きさのものとし、厚さ5mmの3×10cmのスレート板に所定のポリマーセメントペーストを左官コテで塗布し、硬化乾燥させたものとした。

5段階に設定した色見本板を写真-3に示す。記号1は明度75に、記号2は明度70、記号3は

明度65, 記号4は明度60, 記号5は明度50にそれぞれ設定したものである。

色見本板の選択状況を写真-4に示す。

なお, これに符合するポリマーセメントペーストの品質は, 文献8)で報告した。

5. 適用事例

型枠取り外し直後に見られた著しい色違いの不具合に対して, 本論で提案した補修方法に準じ補修を施した。

不具合周辺部の健全なコンクリート表面の色調を5つの色見本板を手掛かりにして, それに合う色見本板を選択し, それに符合する既調合の補修材料を供して補修した。

不具合が消去され, その痕跡も認められないものとなった。

その状況を写真-5に示す。

このような適用事例から, 本方法の有効性は確認できる。

6. むすび

型枠を取り外した段階で発見される表面層の不具合に対して, 周囲の健全なコンクリート表面の色調に合わせた違和感のない補修方法を開発するための実験研究を行なった。その結果, 色見本板と符合する既調合の補修材料を導入することの発想を具現化し, その有効性を明らかにした。

参考文献

- 1) 地濃茂雄・仕入豊和: コンクリート表層部その養生条件と細孔構造, セメント・コンクリート, No. 468, pp. 8-17, 1986. 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, 日本建築学会構造系論文報告集, No. 329, pp. 26-33, 1988. 10
- 3) 仕入豊和・地濃茂雄ほか: コンクリート壁面の汚れ, セメント・コンクリート, No. 461, pp. 22-33, 1985. 7

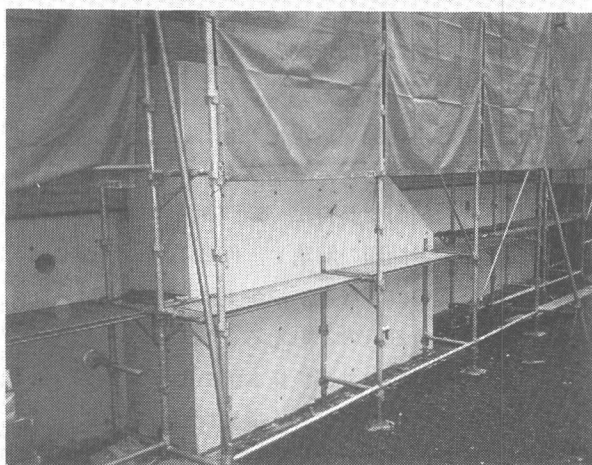
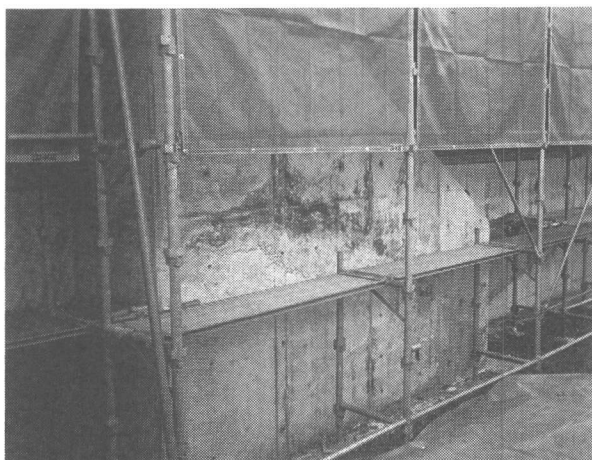


写真-5 上段は不具合補修前、下段は補修後

- 4) 仕入豊和・地濃茂雄: コンクリート表面の汚れとその対策, コンクリート工学, Vol. 24, No. 7, pp. 52-58, 1986. 7
- 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, VOL. 17, No. 1, pp. 285-288, 1995. 6
- 6) 地濃茂雄・吉田 晃: コンクリート表面の補修再生技術工法に関する検討, コンクリート工学年次論文報告集, VOL. 18, No. 1, pp. 1041-1046, 1996. 6
- 7) 地濃茂雄・吉田 晃: コンクリート表層部の劣化と補修に関する考察, コンクリート構造物の補修に関するシンポジウム論文報告集, pp. 23-30, 1996. 10
- 8) 地濃茂雄・吉田 晃: 打放しコンクリート表層面の維持保全に関する提案, コンクリート工学年次論文報告集, VOL. 19, No. 1, pp. 1069-1074, 1997. 6
- 9) 吉田 晃: 打放しコンクリート仕上げと変遷, PROOF, VOL. 12, No. 139, pp. 30-32, 1997. 12