

断面修復材の耐久性の評価に関する研究 (2)

——ポリマーセメントモルタルの物性の違いが耐久性に与える影響——

Evaluation of Durability of Repair Material (2)

—— Influence of quality of polymer cement mortar on durability ——

榎 島 修*・魚 本 健 人*

Osamu MAKISHIMA and Taketo UOMOTO

1. はじめに

劣化したコンクリート構造物を補修する場合、補修工法の選定には力学的性質が主要な要求性能となっており、耐久性に関わる要求性能が明確になっていない。このため、予定供用期間やライフサイクルコストを考慮した補修工法の選定が不確かとなっている。そのため、補修材料の耐久性の評価や、耐久性に影響する各種要因を明確にし、耐久性設計を確立することが望まれている¹⁾。

そこで、本研究では、断面修復工法を対象としてその耐久性を評価することとした。評価の対象には、断面修復工法として用いられる材料の中でも付着性や寸法安定性が高く、適切な弾性係数を有するとされ²⁾、現在では断面修復工法の主要な材料となっているポリマーセメントモルタルを用い、その耐久性について実験的な評価を行った。これらの評価は、施工条件や養生条件によって変化するポリマーセメントモルタルの物性が耐久性に及ぼす影響を把握することを目的として行ったものである。

2. 実験概要

2.1 要因と水準

表1に本件で検討した実験の要因と水準を、表2に検討材料の概要を示す。検討材料は、市販のポリマーセメントモルタル6種類と比較として設定した水セメント比35%の普通モルタルである。ポリマーセメントモルタルは、ポリマーの主成分およびポリマー形態の異なる材料を選定した。また、普通モルタルは、検討対象としたポリマーセメントモルタルと同様のワーカビリティが確保できる水セメント比を設定した。

なお、ポリマーセメントモルタルのワーカビリティは、施工が可能な範囲で3水準設定し、単位水量によって調整した。また、普通モルタルについては、高性能AE減水剤の添加量によって調整した。施工条件として、吹付けと打込みを設定し、吹付けによる施工では、吹付け距離3水準と吹付け方向3水準設定した。養生条件は、封緘養生と気中養生の2条件とした。

表1 実験要因と水準

要因	水準
検討材料	ポリマーセメントモルタル6種(補修材A~F) 普通モルタル1種(W/C=35%)
配合条件	目標モルタルフロー3水準(160mm, 175mm, 190mm) ポリマーセメントモルタルは、単位水量によって調整した
施工条件	吹付け・打込み
吹付け条件	吹付け距離(ノズルと型枠面との距離)3水準 (近:5~10cm, 中間:15~20cm, 遠:25~30cm) 吹付け方向3水準(下方向, 横方向, 上方向)
養生条件	封緘養生/気中養生

表2 検討材料の概要

	ポリマー主成分	ポリマー形態
補修材A	SBR系	エマルジョン型
補修材B	ベオバ系	再乳化型
補修材C	アクリル系	エマルジョン型
補修材D	アクリル系	再乳化型
補修材E	酢酸ビニルベオバアクリル系	再乳化型
補修材F	SBR系	エマルジョン型

表3 試験項目および試験方法

試験項目	試験方法
耐久性試験	促進中性化試験 フェノールフタレインアルコール水溶液による無発色深さの測定による ・養生条件: CO ₂ 濃度5%, 温度40°C, 湿度50% ・供試体寸法: 100×100×50mm
	塩水浸漬試験 JCI-SC5硬化コンクリート中に含まれる全塩分の簡易分析方法による ・塩水浸漬条件: NaCl 3%水溶液, 温度40°C ・供試体寸法: 100×100×50mm
物性試験	圧縮強度密度試験 JISA1108コンクリートの圧縮強度試験方法による 供試体寸法50×50×50mm
	細孔容積試験 水銀圧入式ポロシメータによる 供試体寸法: 50×50×50mm

中養生の2条件とした。

2.2 試験項目および試験方法

表3に評価の対象とした試験項目および試験方法を示す。耐久性試験として促進中性化試験と塩水浸漬試験を実施した。なお、補修材料の物性を把握する目的で圧縮強度

*東京大学生産技術研究所 都市基盤安全工学国際研究センター

研究速報

試験, 密度試験, 細孔容積試験を実施した。

促進中性化試験は, 炭酸ガス濃度5% 温度40°C 湿度50%の環境に28日間存置した試験体で評価した。塩水浸漬試験では, NaCl濃度3%, 水温40°Cによる環境で28日間浸漬した試験体で評価した。

また, 吹付けによる供試体の作成は, 小型の吹付け機を用い, 500×500×50mmの木製型枠内に吹付け成型した。今回の実験では, 吹付けの方向を, 下方向を標準とした。

また, 打込みは, 練り上がり時に試験体採取することを基本とした。なお, 打込みによる試験体は, 吹付けと同様の型枠に打込み, 促進中性化試験, 塩水浸漬試験を行った。なお, 耐久性の評価を行った試験体は, 切断によって100×100×50mmとした。また, 圧縮強度, 密度測定試験体は, 切断によって50×50×50mmの寸法として実施している。

3. 結果および考察

3.1 密度および総細孔容積

図1にすべての試料の密度と総細孔容積の関係を示す。対象とした補修材料は, 密度では1.91~2.24 t/m³の範囲にあり, 総細孔容積では0.12~0.23 ml/mlの範囲であった。このことから, 今回選定した補修材A~Fは, 密度や総細孔容積の特性値において, 比較的多様な材料が選定できているものと考えられる。

なお, いずれの補修材料も, 密度と総細孔容積には相関がみられ, 密度が高いほど総細孔容積が少ない傾向が認められた。ただし, その程度は, 各材料ごとに差異が認められた。

3.2 圧縮強度

図2に封かん養生による供試体の密度と圧縮強度の関係を示す。また, 図3に各材料ごとに換算した密度の平均値からの変化率(以降密度の変化率と称す)と各材料ごとに換算した圧縮強度の平均値からの変化率(以降圧縮強度比と称す)の関係を示す。いずれの材料も密度が高いほど圧縮強度が高くなる傾向が見られた。また, 密度の変化率と圧縮強度比には相関がみられ, 材料にかかわらず密度の変化の程度が圧縮強度の変化の程度に与える影響はほぼ同等であることがわかる。

また, 密度の変化は, 空隙量の変化であると考えますと空隙量の変化率として換算することができるため, 図4に示すように空隙量の変化率と圧縮強度比の関係として表した。このように, 両者の関係から, 空隙量が1%増すと圧縮強度が約5%低下する関係にあることが確認された。この関係は, コンクリートにおける空気量の変化が圧縮強度に与える影響とほぼ同等である。

図5に同一条件で試験体を作製し, 異なる養生条件での総細孔容積と圧縮強度の関係を示す。

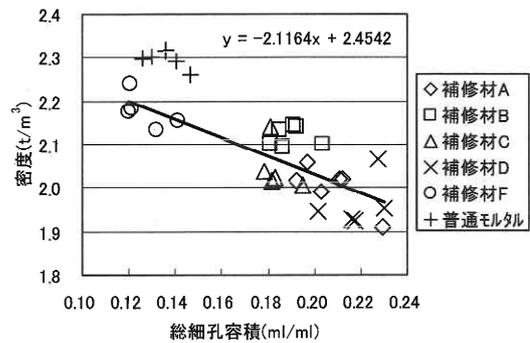


図1 総細孔容積と密度の関係

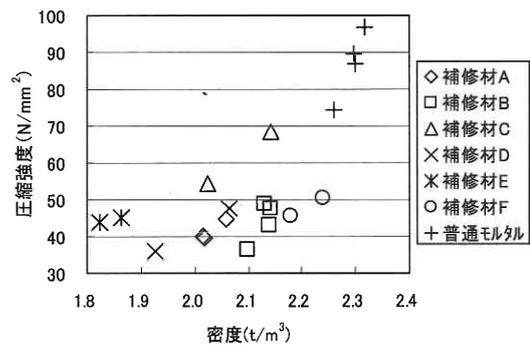


図2 密度と圧縮強度の関係

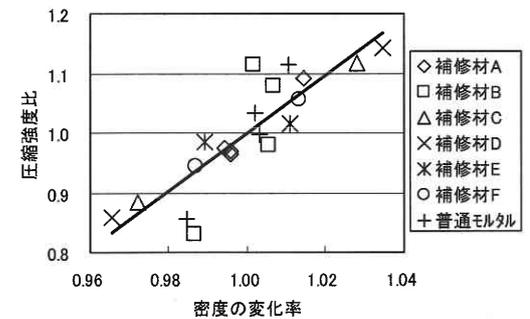


図3 密度の変化率と圧縮強度比の関係

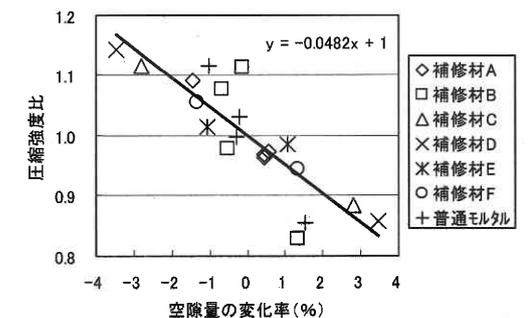


図4 空隙量の変化率と圧縮強度比の関係

また、図6に単位水量の異なる場合の総細孔容積と圧縮強度の関係を示す。いずれの材料も総細孔容積が多いほど圧縮強度が低くなる傾向が見られた。総細孔容積は、封緘養生と気中養生による養生の差によって0.012~0.028 ml/ml程度の差が生じており、施工性の確保できる範囲で変動する単位水量によって0.002~0.014 ml/mlの差があることが確認された。このことは、ポリマーセメントモルタルの総細孔容積に与える影響は、施工性確保のために生じる単位水量の変動に比べて養生条件の違いの影響が若干大きい傾向にあるものと考えられる。

これらの結果から、今回対象とした材料の範囲では、密度が高く総細孔容積の少ないポリマーセメントモルタルは、高い圧縮強度が得られることが確認され、施工条件や養生条件によって変化する密度や総細孔容積が圧縮強度に影響を与えることが確認された。

3.3 中性化の進行

図7に密度と中性化深さの関係を示す。密度と中性化深さの関係には相関はみられず、密度が中性化に与える影響は確認できなかった。ただし、各材料ごとにみると密度が大きいものほど中性化深さが小さくなる傾向が見られる。

図8に同一条件で試験体を作製し、異なる養生条件での総細孔容積と中性化深さの関係を示す。また、図9に単位水量の異なる場合の総細孔容積と中性化深さの関係を示す。いずれの場合も、総細孔容積と中性化深さには相関がみられ、総細孔容積が少ないほど中性化深さが小さくなる傾向が見られた。この傾向は、養生条件の違いによる場合も単位水量の違いによる場合も同様であることが確認された。その傾向は、総細孔容積が0.1 ml/ml増加すると中性化深さが約5~7 mm増加する関係にある。

また、図9より、ポリマーセメントモルタルの中性化深さは、同等の総細孔容積の普通モルタルに比べて小さいという結果であった。このことは、ポリマーセメントモルタル中に形成されたポリマーフィルムの形成が炭酸ガスの侵入に対する遮蔽効果が期待できたためと考えられる。

3.4 塩化物イオンの浸透

図10に密度と塩化物イオン量の関係を示す。密度と塩化物イオン量の関係には相関はみられず、密度が塩化物イオン量に与える影響は確認できなかった。ただし、各材料ごとにみると密度が大きいものほど塩化物イオン量が少なくなる傾向が見られる。

図11に同一条件で試験体を作製し、異なる養生条件での総細孔容積と塩化物イオン量の関係を示す。また、図12に単位水量の異なる場合の総細孔容積と塩化物イオン量の関係を示す。総細孔容積と塩化物イオン量には明確な相関はみられず、密度が塩化物イオン量に与える影響は確認できなかった。

これらの結果から、同一の補修材料の場合、総細孔容積が減少する施工条件および養生条件を採用することは、塩

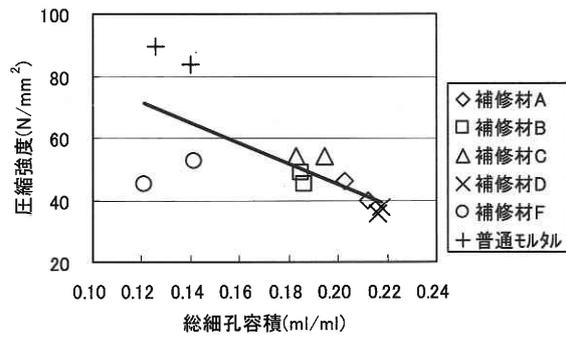


図5 総細孔容積と圧縮強度の関係 養生条件の差異

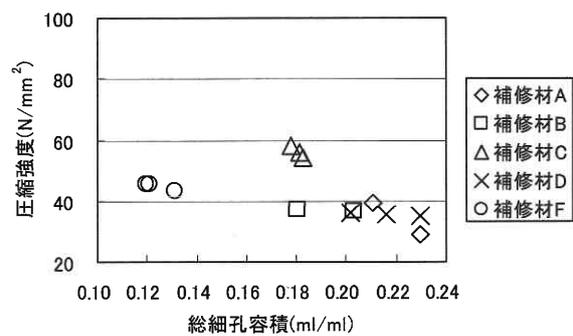


図6 総細孔容積と圧縮強度の関係 単位水量の差異

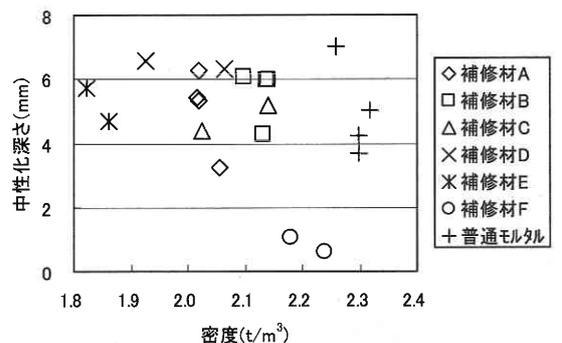


図7 密度と中性化深さの関係

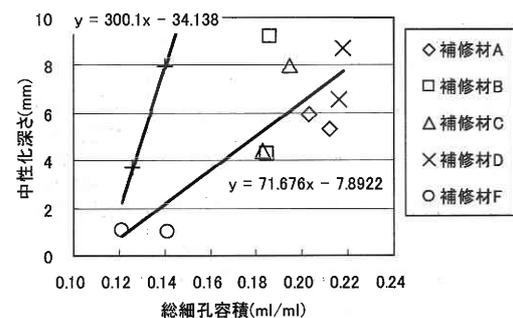


図8 総細孔容積と中性化深さの関係 養生条件の差異

研 究 速 報

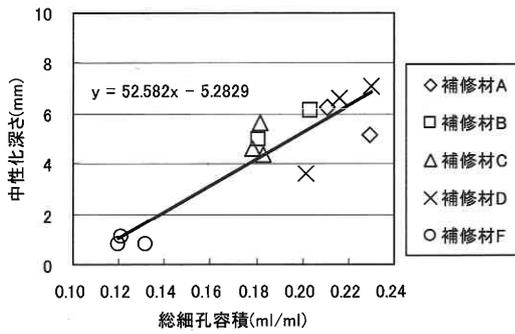


図9 総細孔容積と中性化深さの関係 単位水量の差異

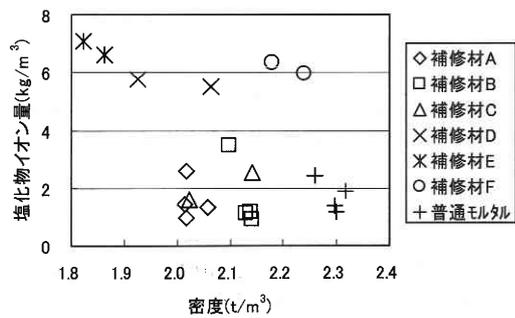


図10 密度と塩化物イオン量の関係

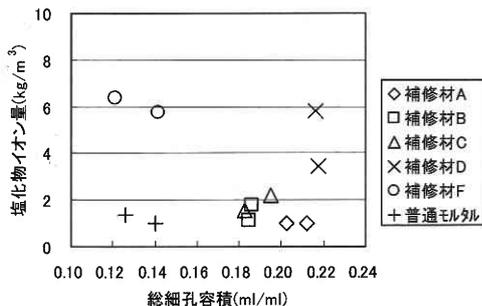


図11 総細孔容積と塩化物イオン量の関係 養生条件の差異

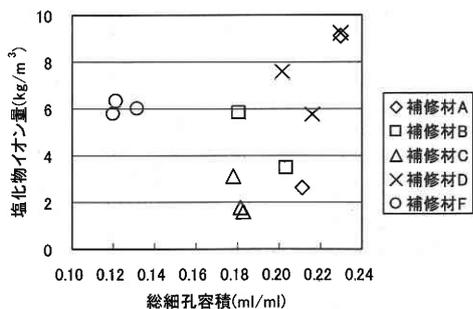


図12 総細孔容積と塩化物イオン量の関係 単位水量の差異

化物イオンの浸透抑制に効果があるといえる。

4. ま と め

本検討で得られた結果を以下にまとめる。

- (1) ポリマーセメントモルタルは、密度と圧縮強度に相関関係が見られ、空隙量と圧縮強度の関係に換算すると空隙量1%の増加は圧縮強度約5%の低下の関係にある。
- (2) ポリマーセメントモルタルは、総細孔容積と圧縮強度に相関関係が見られ、総細孔容積が増加すると圧縮強度が低下する関係にある。
- (3) 密度と中性化深さには明確な相関がみられない。総細孔容積と中性化深さには相関がみられ、総細孔容積が0.1 ml/ml増加すると中性化深さが6 mm程度増加する関係にある。また、ポリマーセメントモルタルは、同等の細孔容積を有する普通モルタルに比べて中性化深さが小さい。
- (4) 密度と塩化物イオン量には、明確な相関がみられない。ただし、各材料ごとにみると密度が大きいほど塩化物イオン量が少なくなる傾向がみられる。総細孔容積と塩化物イオン量には、明確な相関がみられない。
- (5) 同一のポリマーセメントモルタルの場合、総じて密度が大きく総細孔容積が少なくなる施工条件および養生条件を採用することは、中性化の進行や塩化物イオンの浸透の抑制に有効であると考えられる。

謝 辞

本研究にて御指導頂きました東京大学生産技術研究所岸助教授、同加藤佳孝講師および研究室の皆様へ感謝致します。また、実験の実施にあたっては、芝浦工業大学4年生谷口広樹氏に御協力頂きましたことを感謝致します。

(2004年3月11日受理)

参 考 文 献

- 1) コンクリート構造物のリハビリテーション研究委員会報告書、日本コンクリート工学協会、1998.10
- 2) 鉄筋腐食・防食および補修に関する研究の現状と今後の動向(その2)ーコンクリート委員会腐食防食小委員会報告一、2000.12
- 3) 槇島 修, 魚本健人: 吹付け施工による断面修復材の耐久性に関する研究, 日本コンクリート工学年次大会論文報告集, 2003.7
- 4) 槇島 修, 魚本健人: 吹付け施工した断面修復材の品質変動に関する研究, 土木学会第58回年次学術講演会講演概要集, 2003.9
- 5) 鉄筋腐食によって損傷を受けたコンクリート構造物の補修技術ー技術の現状一, 日本コンクリート工学協会, 1989.1
- 6) コンクリート・ライブラリー第64号フライアッシュを混和したコンクリートの中性化と発錆に関する長期研究, 土木学会フライアッシュ研究小委員会, 1988.3