

日本電信電話公社 茨城電気通信研究所 正員 ○岡田 武司

小中 庸夫

松浦 武利

1. まえがき

小断面シールドトンネルのライニング材料として、不飽和ポリエステル樹脂を結合材とするレジンモルタルの適用を検討してゐる。レジンモルタルは、セメントエンフリードと比較して早期強度特性に優れ、施工の高速化、自動化が可能であることが明らかとなつてゐる。⁽¹⁾この小断面シールド工法では、レジンモルタルを現場において成形するため、通常の特性以外に具備すべき材料特性がある。その一つとして、湧水のある地盤での施工において型枠へ水が流入する場合も想定され、ライニング打継目の水中接着強度が問題となり、種々の検討を行つた。水中接着強度は骨材(砂)のシラン処理により、著しく改善されることが明らかとなつてゐる。⁽²⁾本報告はレジンモルタルの各種要因が水中接着に及ぼす影響について、供試体を使用し検討したものである。

2. 実験方法

(1) 材料 レジンは、スチレンをモノマとするフタル酸系不飽和ポリエステル樹脂である。こゝでは、大型構造物の成形に適合させるため、通常のレジンモルタルより低収縮性が必要とされ、不飽和ポリエステル中に飽和ポリエステルを添加する方法で低収縮化をはかった材料を使用した。

硬化剤としてメチルエチルケトンパーオキシド(MEKP)、硬化促進剤としてオクテン酸コバルト(OC₆)、N,N'-ジメチルアニリン(DMA)を併用することにより、常温における早強化が可能となった。ゲル化時間の調整は、重合禁止剤であるP-ベンゾキノン(BQ)により行つた。さらに、骨材分離防止剤である超微粒子状無水シリカ(アエロジル)、消泡剤であるカルボン酸アミドを添加し、これらの水中接着に及ぼす影響も検討した。また、骨材である川砂の処理は、メタフリロキシ系シランカップリング剤により行つた。

(2) 供試体 供試体の成形方法は、前報と同様に、供試体の $\frac{1}{2}$ をまず水中打設し、1時間後に残りの $\frac{1}{2}$ を水中打設し接着する方法である。供試体形状は $6 \times 6 \times 24$ cm、 $4 \times 4 \times 16$ cmの2種類とした。

(3) 試験法 水中接着強度試験は、インストロン試験機を用い、3等分真曲げ方式により行つた。歪速度は、 6×6 供試体では 2 mm/min 、 4×4 供試体では 1 mm/min とした。但つ条件はJISA1184のポリエステルレジンエンフリードの曲げ強度試験方法に従つた。また強度は主に接着後24時間において評価した。

3. 結果

この早強性レジンモルタルを大気中において成形した場合、曲げ強度は 250 kg/cm^2 程度であり、接着面の有無にかかわらず同程度の強度をもつことを確認した。このことは、不飽和ポリエステル樹脂同士は、十分な接着強度をもつものと考えられる。しかし水中で打設・接着した場合には、水が接着界面に介在し、適切な接着条件の選択が不可欠であるものと考えられる。

水中接着強度に影響する要因としては、不飽和ポリエステル、低収縮付与剤、モノマ、骨材、添加剤系配合、接着温度など種々考えられるが、こゝでは、供試体形状、モノマ濃度、添加剤系配合、接着温度について検討し、

表1. 早強性レジンモルタルの配合

種 類	材 料	重量比
結合材	低収縮性不飽和ポリエステル樹脂	100
骨 材	川砂(粒径 3 mm 以下) 炭酸カルシウム	400
硬化剤	メチルエチルケトンパーオキシド ⁽³⁾	3~5
硬化促進剤	オクテン酸コバルト(6%) N,N'-ジメチルアニリン	1~2 0.3~0.5
禁止剤	P-ベンゾキノン	0.03~0.05
分離防止剤	超微粒子状無水シリカ	0.5~1
消泡剤	カルボン酸アミド	0~微量

以下に示すような傾向が認められた。

3.1 供試体形状

6×6供試体、4×4供試体の水中接着強度を比較した場合、硬化条件によつては、6×6供試体の強度が大くなる。この原因として、供試体形状(大きさ)による発熱温度ならびに水の排除性の違いが考えられる。形状が大型になることによつて強度が増大することは、実際のライニング打継目部分の方が供試体よりも高強度をもつことも考えられる。

3.2 モノマ濃度

ステレン量が多くなると水中接着強度は低下する傾向がある。しかし、本小断面シールド工法では、レジンモルタルと圧送する目的のため、600 poise 以下という比較的低粘度が要求され、ステレンは不飽和ポリエステル樹脂中で40%程度が適量と考えられる。

3.3 添加剤系配合

MEKP、OC₆、DMA、BQの中では、OC₆量の影響が顕著であり、図1に示すように、OC₆量とともに強度が大くなる。しかし、OC₆添加量が多い場合、低収縮付着剤の効果が低下するので、適量が存在すると考えられる。またゲル化時間に関しては直接的な影響はみられなかった。消泡剤を添加することによつて水中接着強度が向上する。これはモルタル中の気泡を低減し、界面への水の存在を低下するものと考えられる。

3.4 接着温度

同一配合では、モルタル温度が高いほど接着強度が低下する。しかし、高温におけるレジンモルタルの粘度低下を防止することによつて対処できる可能性がある。

4. 考察

これまで得られた結果では、水中接着強度に及ぼす各種要因の影響は複雑であり、交互作用がある。しかし、モルタル温度、モノマ濃度によつてモルタル粘度の低下することから水中接着に悪影響を及ぼす結果などから、接着を阻害する一つの大要因として樹脂中の水溶性低分子物(未反応原料等)の接着界面への付着が考えられる。また、OC₆は、水等⁽⁵⁾の不純物によつて錯体を形成し、硬化促進効果の低減することが知られているが、OC₆添加量に因する検討結果から、接着界面の反応速度は大まかに望ましいと推定される。

今後は、水中接着を阻害すると考えている水溶性低分子物の挙動を詳細に検討することにも、早強性レジンモルタルの最適組成を検討する。

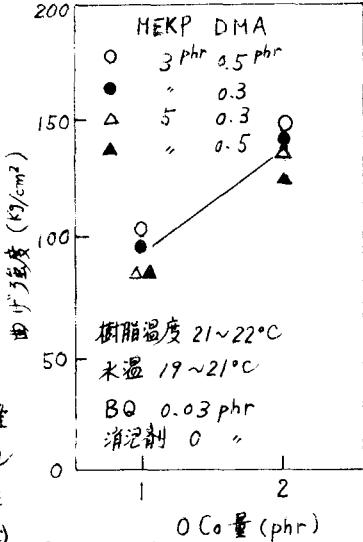


図1. 水中接着に対するOC₆量の影響

文献

(1) 山川、鈴木、山崎：第31回土木学会年次学術講演会(51年)Ⅲ-165ほか。
(2) 松浦：材料 23 251 p 660 (1974)
(3) 福山ほか：特開51-13392
(4) 町、山川、鈴木：第32回土木学会年次学術講演会(52年)Ⅲ-227
(5) 滝山：プラスチック材料講座 10 "ポリエステル樹脂" p. 88 (1971)