

報告 収縮特性を改善した高追随性レジンモルタルの現場施工事例

宮崎 毅^{*1}・田澤 榮一^{*2}・米倉 亜州夫^{*3}・児島 武男^{*4}

要旨：ゴム系軟化剤を添加したアクリル系樹脂を用いて、アスファルト路面の段差補修等の現場施工実験を行った。特に収縮特性を小さくするために樹脂含有率を下げることや、炭素繊維やビニロン繊維等のメッシュ筋を埋設することを行った。その際両者の場合とも経過は良好であるが、温度依存性の存在と埋設補強繊維の配置方法が問題点として上げられ、今後の改善及び考察が必要であると思われる。

キーワード：レジンモルタル、高追随性、硬化収縮、温度依存性

1. はじめに

これまでに筆者らは、ゴム系軟化剤を混入したアクリル系樹脂を使用し、シリカフュームをフィラーとして使用したレジンコンクリートについて検討を行い[1]、その低い弾性係数と高い伸縮性を生かした、目地材やひび割れ補修材または段差修正材としての検討を行ってきた[2]。その結果、硬化収縮や昼夜または寒暖の温度変化に伴う収縮が比較的大きく、これがひび割れ発生の要因となっていることが問題となった。そこで特に収縮特性を改善したレジンモルタルについて、舗装コンクリートの目地材やひび割れ補修材または段差補修材としての適合性を室内実験による力学的諸特性の把握と並行して、現場施工実験を行い検討した。

本報告では、現場施工実験に使用したレジンモルタルの材料特性について概説するとともに、2箇所にて行った現場施工実験ならびに施工後の経過について報告する。

2. 材料特性

2.1. 使用材料

主剤にはゴム系軟化剤を混入したアクリル系樹脂(比重:1.08)、フィラーにはシリカフューム(比重:2.20、比表面積:200,000cm²/g)、細骨材には珪砂(比重:2.64、3・4・5・6号珪砂を等量混合)を使用した。また、ひび割れ抵抗性を付与する目的より、埋設補強材としてポリエステルクロス、ビニロンメッシュ並びにCFRPメッシュを使用した。その諸元を表1に示す。

表 1 使用した埋設補強材の諸元

繊維の種類	メッシュ間隔(mm)	繊維の引張強度	繊維の弾性係数
CFRP メッシュ	10	372(縦),355(横)(kgf/mm ²)	22.4,23.8(tonf/mm ²)
ビニロンメッシュ	10	22.7(縦),21.5(斜)(kg/本)	
ポリエステルクロス	1.67	4.3~6.0(g/d)	1.1~2.0(tonf/mm ²)

*1 広島大学大学院 工学研究科構造工学専攻(正会員)

*2 広島大学教授 工学部第四類(建設系)、工博(正会員)

*3 広島大学教授 工学部第四類(建設系)、工博(正会員)

*4 日立化成工業(株)化成品事業部

2.2. 配合

本報告において使用したレジンモルタルの配合を表 2 に示す。施工性より配合を決定したために、樹脂含有率が高くなっている。樹脂含有率が低い配合はレジンモルタル練り混ぜ後、打設路面において細骨材のポ

ストミックスを行った場合の値である。また、ポリエステルクロス、CFRP メッシュ及びビニロンメッシュを埋設する場合は、これらのメッシュとレジンモルタルの付着を考慮し RM1 を使用した。

2.3. 練り混ぜ方法及び養生方法

練り混ぜにはハンドミキサーを用い、図 1 に示す方法で練り混ぜを行った。供試体は、材齢 1 日で脱型し、20℃、50%RH の環境にて養生した。

2.4. 力学的特性

φ5×10cm の円柱供試体または 4×4×16cm の角柱供試体を用いて行った材齢 28 日における圧縮強度、弾性係数、ポアソン比ならびに曲げ強度の試験結果を表 3 に示す。ただし、CFRP、ビニロンメッシュは角柱供試体の底面から 1cm の所に配置し、RM1 を打設している。いずれの配合においても圧縮強度では 200kgf/cm² 以上、曲げ強度で 100kgf/cm² 以上の値を示しており、目地材・補修材として十分な強度を保持している。RM2 の弾性係数は RM1 と比較すると大きくなっているが、セメントコンクリート等と比べると、十分小さい値である。

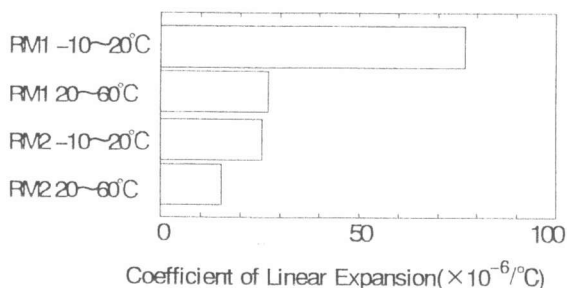


図 3 レジンモルタルの線膨張率

表 2 使用したレジンモルタルの配合

記号	重量比			容積百分率		
	樹脂	フィラー	細骨材	樹脂	フィラー	細骨材
RM1	1.4	1	1	60.8	21.4	17.8
RM2	1.4	1	4.5	37.2	13.2	49.6

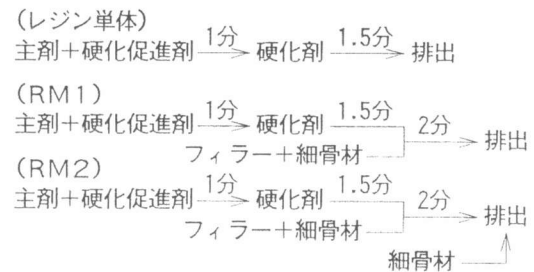


図 1 練り混ぜ方法

表 3 レジンモルタルの力学的特性

配合	圧縮強度 (kgf/cm ²)	弾性係数 (×10 ³ kgf/cm ²)	ポアソン比	曲げ強度 (kgf/cm ²)	たわみ (mm)
RM1	294	1.8	0.45	127	16.5
RM2	214	6.3	0.40	122	4.4
CFRP*	---	---	---	220	14.3
ビニロン*	---	---	---	154	13.4

*RM1 のレジンモルタルを使用

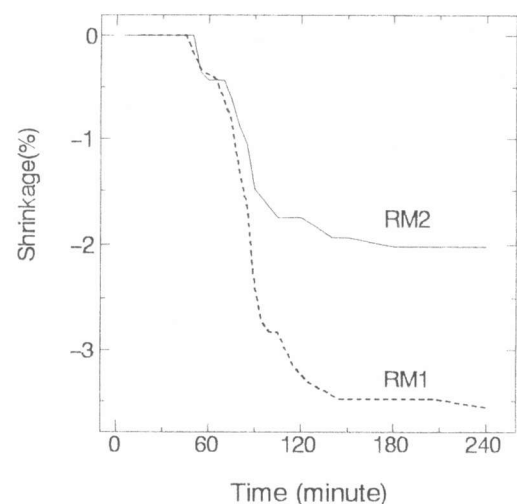


図 2 レジンモルタルの硬化収縮率

2.5. 収縮特性

今回の報告においては前報にて問題となった硬化収縮について、骨材をポストミックスし樹脂含有率を下げることによって改善を目指した。使用した配合についての硬化収縮率試験の結果を図 2 に示す。樹脂含有率の低下に伴って、収縮量が低減している。図 3 に示す線膨張率の測定結果では改善は認められるものの、値自体はセメントコンクリートと比べると依然大きなものとなっている。ただし、ここでの線膨張率とは、図の左側に示した温度範囲における平均的な線膨張率である。

3. 現場予備施工実験

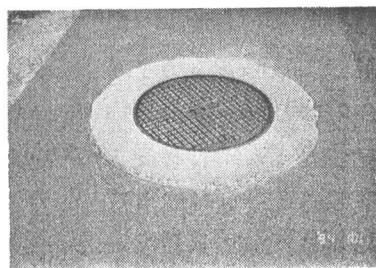
現場施工実験に先立ち広島大学構内において、本報告で使用する配合についての予備施工実験を行った。施工箇所は若干傾斜のあるマンホール段差部で約 5~20mm の段差となっていた。そこでマンホールの周囲を 4 分割し、RM1、RM2、CFRP メッシュ、ポリエステルクロスを使用し、施工を行った。

施工後 2 カ月経過時に RM1 を打設した部分にクラックが発生した。施工現場が大学構内であり交通量が多くないこと、ひび割れ発生時期が気温の低下時期と一致していること、並びに図 3 より低温時における RM1 の線膨張率が非常に大きいことより、温度差による引張応力によるものであると考えられる。またポリエステルクロスは目の空気が小さく、クロスで RM1 が分断される形になったことより、以降の現場施工実験ではビニロンメッシュを用いることにした。施工前、施工後並びに施工後 3 カ月経過時の現場の状況を写真 1 に示す。

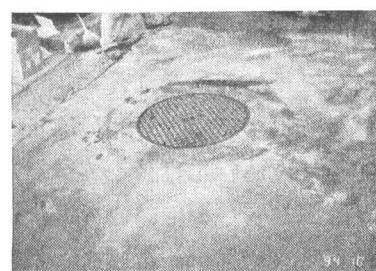
4. 現場施工実験

4.1. 施工箇所

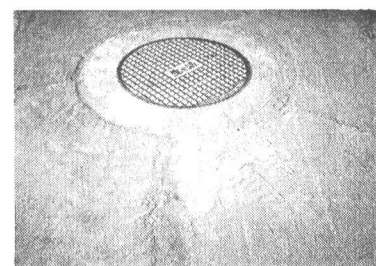
施工現場は広島市内の道路の 6 工区 7 箇所で交通量は約 50~200 台/時と多くはないが、倉庫密集地であるために通行車両のほとんどが大型重量車で路面の痛みやすい場所である。現場の状況ならびに施工内容を表 4 に示す。補修内容の相違は施工厚の差によって決定し、施工厚が厚い場合には硬化収縮によるひび割れを防ぐために、CFRP またはビニロンメッシュを使用した。メッシュで補強を行う場合には、メッシュとレジンモルタルの



(A) 施工前



(B) 施工後



(C) 施工後 3 ヶ月

写真 1 構内現場施工予備実験の状況

表 4 現場施工実験内容

施工場所	補修内容	補修方法	気温	路面温度	交通規制時間
1 工区	マンホール周辺の段差修正	CFRP, RM2	16.0℃	13.0℃(日影)	120min
2 工区	マンホール周辺の段差修正	CFRP, RM2	18.0℃	15.0℃(日影) 22.0℃(日向)	75min
3-1 工区	アスファルト欠損部の段差修正	CFRP	18.2℃	29.0℃(日向)	165min
3-2 工区	マンホール周辺の段差修正	ビニロン	18.2℃	29.0℃(日向)	(165min)
4 工区	アスファルト欠損部の段差修正 及びひび割れ補修	ペースト RM1	19.5℃	30.0℃(日向)	140min
5 工区	アスファルト欠損部の段差修正	ビニロン	21.5℃	32.0℃(日向)	120min
6 工区	アスファルト欠損部の段差修正	RM2	21.7℃	35.0℃(日向)	70min

付着状態を考慮し RM1 を使用することにした。また練り混ぜにはハンドミキサーを使用し、レジンモルタルの練り混ぜは RM1 の配合で 2.5ℓ となるようにフィラーと細骨材を予め計量、空練りし袋詰めしたものを用意し使用した。

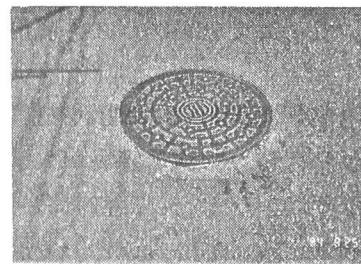
施工は補修部分の粉塵などを取り除いた後、メッシュを用いる場合は補修部分の形状に合わせてメッシュの加工を行い、レジン単体をゴムへらを用いて母材に馴染ませた後、レジンモルタルを打設した。RM2 の場合は、RM1 を練り混ぜ補修箇所へ排出した後、珪砂を加え手練りを行って練り混ぜとした。またメッシュは RM1 を 2 層で打設し、メッシュを挟み込むようにして打設を行った。表面仕上げはゴムへらを用いて行ったが、端部(すりつけ部)の仕上げが困難であると判断される場合には、端部にレジン単体を打設した。その後レジンモルタル、レジン単体の上に滑り抵抗性向上の目的から珪砂を散布した。

4.2. 施工内容及び施工後の経過状況

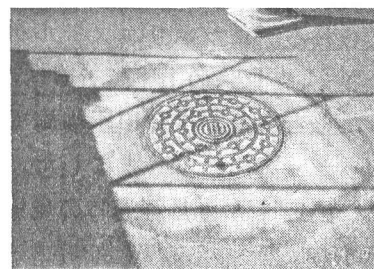
施工内容及び補修内容の代表的な例として、2、5、6 工区の施工内容及び施工後の経過状況について報告を行う。

(1) 2 工区

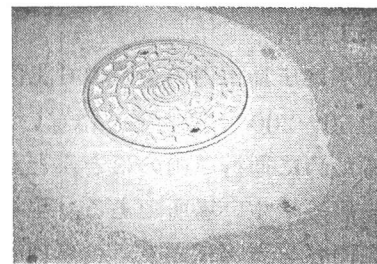
施工箇所はマンホール周辺の段差修正であり車両進入側の 1/3 周は、アスファルトがひび割れ欠損し段差も大きくなっている。そのため 1/3 周部分は施工厚が大きくなり硬化収縮によるひび割れ



(A) 施工前



(B) 施工後

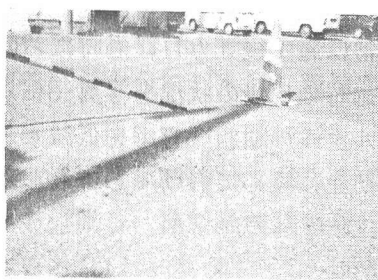


(C) 施工後 3 ヶ月

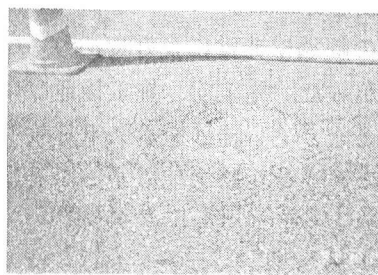
写真 2 2 工区の状況

が懸念されるために、アスファルト欠損部に CFRP を配して RM1 を打設し、残り 2/3 周に RM2 を打設した。

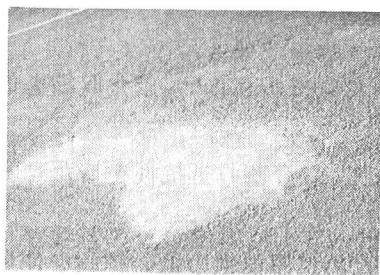
施工後 1 週間経過時にマンホールとレジンモルタルとの境界部に 0.1mm 程度のクラックが発生したが表面的なひび割れであり問題はないと考えられる。また施工後 2 週間経過時に CFRP 打設側に 0.2mm 程度のクラックが発生した。ここはアスファルト欠損部だけが深くなっており、すり付け長全体にわたって CFRP を配置することが困難であったために、深くなっている部分にのみ CFRP を配置してある所である。クラックは CFRP が配置されているところと配置されていないところの境界部分で施工厚さの急変する部分の表面に生じた。施工厚が異なるために荷重作用時のたわみ量に差が生じることによって、レジンモルタル表面に引張力が生じ CFRP が配置されていない為、ひび割れが発生したものと考えられる。また同様の補修内容、補修方法であった 1 工区については施工後 3 カ月経過時においてもひび割れなどの異常は見られなかった。施工前、



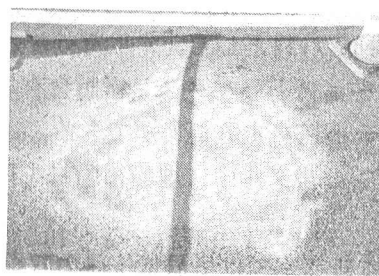
(A) 施工前



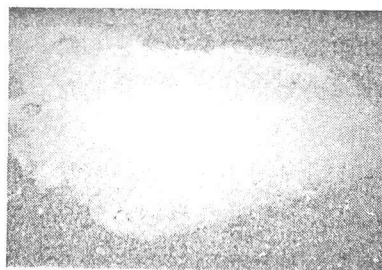
(A) 施工前



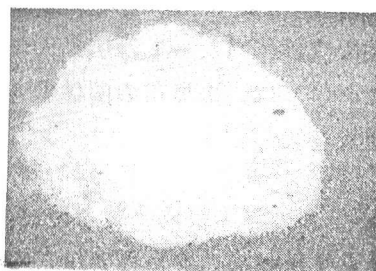
(B) 施工後



(B) 施工後



(C) 施工後 3 ヲ月



(C) 施工後 3 ヲ月

写真 3 5 工区の状況

写真 4 6 工区の状況

施工後並びに施工後3カ月経過時の現場の状況を写真2に示す。

(2) 5工区

この工区は長さ約90cm、幅約30cmにわたってアスファルトが深さ約1cm程度欠損し段差となっている所であり、アスファルト部分にひび割れも発生している場所であった。この補修箇所においては、アスファルト部分のひび割れが進展する恐れがあることより、アスファルト欠損部全体にわたってビニロンメッシュを配置し、RM1を打設することによって補修を行った。

施工後の経過は非常に良好で施工前に存在したひび割れも、レジンモルタル表面には全く観察されず、施工後3ヵ月経過時においてもひび割れ等の異常は認められなかった。施工前、施工後並びに施工後3カ月経過時の現場の状況を写真4に示す。

(3) 6工区

施工箇所はアスファルトが深さ約5cmのスリ鉢状に陥没、円形状にクラックが発生し段差となっているところである。この工区においてはRM1を打設後珪砂をポストミックスしRM2とする方法で打設を行った。

施工後の経過は非常に良好であり、ひび割れなどの異常は施工後3カ月経過時においても全く見られなかった。施工前、施工後並びに施工後3カ月経過時の現場の状況を写真3に示す。

以上のことから、珪砂をポストミックスしてレジンモルタルの樹脂含有率を低減することや、各種繊維のメッシュ筋を配置することは、ひび割れ発生防止に極めて有効であると言える。

5. まとめ

本報告においては弾性係数が低く、高い追随性を有するレジンコンクリートの収縮特性を改善し、現場施工実験を行った結果、次のような結論が得られた。

- (1) 本研究で使用したレジンモルタルは道路の段差修正などを目的とし、追随性が必要とされる道路補修材料として非常に有効である。
- (2) 骨材をポストミックスし樹脂含有率を低下させたレジンモルタルは、硬化収縮を低減し線膨張率を小さくすることができる。
- (3) レジンモルタル中に埋設補強材を用いることによって、ひび割れ抵抗性を持たせることが出来る。

なお、本研究室では気温低下時の収縮特性を改善するために感温性の低い樹脂を使用し、硬化時において膨張を示すレジンモルタルの開発を行い、室内実験を行ってその諸特性について検討を行っている。

謝辞 実験の実施に当たっては広島大学工学部河合研至助手にご助力を頂きました。また、現場施工実験においては、広島市の関係者各位に現場のご提供等のお世話を頂きました。ここに記して深甚の謝意を表します。

参考文献

- 1) 河合研至・田澤栄一・児島武男・橋本聖三・西青木光則：伸縮性を有するレジンコンクリートの力学的特性. 土木学会第48回年次学術講演会講演概要集 第5部、pp.58-59、1993.9
- 2) 河合研至・田澤栄一・米倉亜州夫・児島武男：高追随性を有するレジンモルタルを用いた現場施工事例. コンクリート工学年次論文報告集 第16巻第1号、pp.1311-1316、1994