

[1220] 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

河合研至*1・田澤栄一*2・米倉亜州夫*3・児島武男*4

1. はじめに

筆者らは、ゴム系軟化材を混入したアクリル系樹脂を結合材として使用し、シリカフェームをフィラーとして用いたレジンコンクリートの力学的特性について検討を行い、弾性係数が低く、高い伸縮性を有するレジンコンクリートが得られることを確認した[1]。この高追随性を活かし、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修正材料としての適用性を検討するため、室内試験による力学的特性等の把握と並行して、現場施工実験を実施した。

本報では、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、3箇所で行った施工実験ならびに施工後の経過状況について報告する。

2. レジンモルタルの材料特性

2.1 使用材料

レジンにはゴム系軟化材を混入したアクリル樹脂（比重:1.08）を使用し、フィラーにはシリカフェーム（比重:2.20, 比表面積:200,000cm²/g）を使用した。また、レジンモルタル作製に当たっては細骨材として珪砂（比重:2.64, 3・4・5・6号珪砂を等量混合）を使用した。なお、比較材料として市販のエポキシ樹脂モルタルを使用した。エポキシ樹脂モルタルにおいてはフィラーとして石粉、細骨材として除塩した海砂を使用している。

2.2 配合

表-1 レジンペースト及びレジンモルタル, エポキシ樹脂モルタルの配合

使用したレジンペーストならびにレジンモルタル, エポキシ樹脂モルタルの配合を表-1に示す。表-1で明らか

	重量比			容積百分率			記号
	レジン	フィラー	細骨材	レジン	フィラー	細骨材	
レジンペースト	2.0	1.0	—	80.3	19.7	—	RP
レジンモルタル	1.4	1.0	1.0	60.8	21.4	17.8	RM1
	1.4	1.0	2.0	51.7	18.1	30.2	RM2
	1.2	1.0	1.0	57.1	23.4	19.5	RM3
エポキシ樹脂モルタル	3.5	1.0	19	29.9	3.4	66.8	EM

かなように、本実験で使用したレジンモルタルの樹脂含有率はエポキシ樹脂モルタルと比較して非常に高くなっているが、ここでの配合は後述する施工性から決定している。

2.3 練混ぜ方法及び養生方法

練混ぜにはハンドミキサを使用し、図-1に示す方法で練混ぜを行った。また、

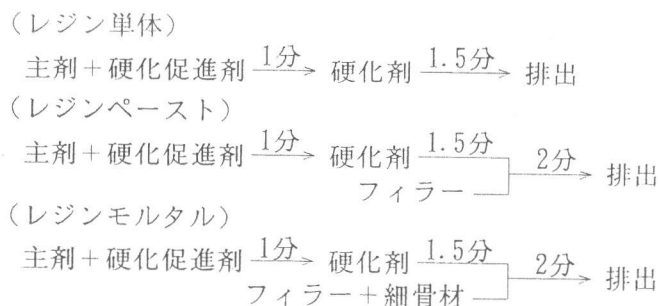


図-1 練混ぜ方法

*1 広島大学助手 工学部第四類（建設系），工博（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)化成製品事業部

供試体は材齢1日で脱型後、20℃、50%RHの環境に保存した。

2.4 力学的特性

φ5×10cm円柱供試体を用いて行った材齢28日における圧縮強度、弾性係数ならびにポアソン比の試験結果を表-2に示す。なお、ポアソン比は応力比が1/3に

表-2 レジンモルタル及びエポキシ樹脂モルタルの力学的特性

		圧縮強度 (kgf/cm ²)	弾性係数 (×10 ³ kgf/cm ²)	ポアソン比
レジンモルタル	RM1	294	1.77	0.45
	RM2	272	3.50	0.55
	RM3	283	2.53	0.51
エポキシ樹脂 モルタル	EM	651	91.9	0.32

おける値を示している。圧縮強度はセメントモルタルよりも低いものの200kgf/cm²以上に達しており、目地材・補修材として十分な強度を有している。また、弾性係数がセメントモルタルと比較して2桁、エポキシ樹脂モルタルと比較しても1桁以上小さいことが、本実験で使用したレジンモルタルの特徴である。写真-1にRM1の圧縮試験状況を示すが、非常に圧縮性に優れていることは一目瞭然であるが、それとともに復元性の高いことがよくわかる。ただし、写真-1 (d)に示した供試体は、写真-1 (c)の段階で破壊している。

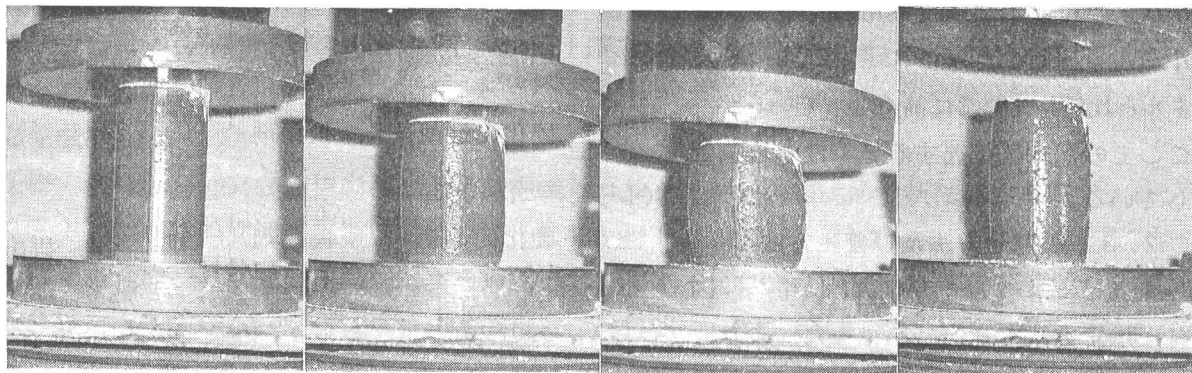
2.5 舗装用試験結果

舗装用材料としての適性を試験するため、材齢28日を経た供試体について、(社)日本道路協会「舗装試験法便覧」に記された試験方法に準じて、ラベリング試験、ホイールトラッキング

表-3 舗装用試験結果

		ラベリング 摩耗量(cm ²)	動的安定度 (回/mm)	すべり 抵抗値
レジンモルタル	RM1	0.126	∞	51
	RM2	0.173	∞	43
	RM3	0.155	∞	40
エポキシ樹脂 モルタル	EM	0.75	∞	20

試験ならびにすべり抵抗試験を実施した。なお、すべり抵抗試験には振子式スキッドレジスタンススタを用いた。試験結果を表-3に示す。ただし、エポキシ樹脂モルタルのラベリング試験結果及びホイールトラッキング試験結果はカタログ値である。通常のアスファルト舗装におけるすべり抵抗値が60~70であることを考えると、本実験で使用したレジンモルタルにおいては若干劣っているが、供試体がモルタルでありアスファルト舗装に比較して骨材量が少なくなっていることが原因と思われる。また、ラベリング試験結果においては優れた耐摩耗性を示しており、ホイールトラッキング試験結果と合わせて考えたとき、本実験で使用したレジンモルタルは道路用補修材料または目地材として適した材料であると判断できる。



(a)試験開始時

(b)応力比50%時

(c)破壊時

(d)破壊後5分経過時

写真-1 圧縮試験状況

3. 現場施工実験

3.1 施工箇所

施工実験は3現場12箇所にて実施した。現場の状況ならびに実験内容を表-4に示す。施工実験Iとして大学構内において予備実験を実施し、その結果を踏まえて一般道路における補修実験として、施工実験IIならびに施工実験IIIを実施した。

3.2 使用材料、配合及び施工方法

使用材料は施工厚によりレジペースト、レジモルタル、レジコンクリートを使い分けた。施工実験Iにおいては、これまでの室内実験[1]を基に配合を決定した。レジモルタルの配合を樹脂:フィラー:細骨材=1.2:1:1(重量比)、レジコンクリートの配合を樹脂:フィラー:細骨材:粗骨材=1.2:1:3:5(重量比)とし、練混ぜはレジモルタルにおいてはハンドミキサ、レジコンクリートにおいてはコンクリートミキサを用いて実験室にて行い、出来上がったレジモルタルまたはレジコンクリートを施工現場まで運搬した。なお、使用した樹脂ならびにフィラーは2.1と同じであるが、細骨材として風化花崗岩系山砂(比重:2.56, 粗粒率:2.88)、粗骨材として流紋岩質碎石(比重:2.56, 最大寸法:10mm)を使用している。

施工実験II及び施工実験IIIにおいては、施工実験Iで使用したレジモルタルの粘性が高かったことから、練混ぜが容易に行えること、ひび割れへの流し込みが容易に行えること、ならびに段差修正における端部での母材へのすり付けが容易に行えることを考慮し、配合を2.2で示したように決定した。また、使用材料はいずれも2.1と同じであり、細骨材の品質によりレジモルタルの特性に変化が生じないように、細骨材は施工実験Iで使用した風化花崗岩系山砂から珪砂に変更した。レジペースト及びレジモルタルの練り混ぜにはハンドミキサを使用し、1回の打設量はいずれの場合も2.5ℓと定め、必要なフィラーまたはフィラー+細骨材をあらかじめ計量し袋詰めとしたものを用いた。レジコンクリートの作製はミキサによりレジコンクリートを作製するのではなく、レジモルタルを打設後モルタル内に粗骨材を充填する形により行った。その際に使用した粗骨材は流紋岩質碎石である。

施工は、施工部分の粉塵等を取り除いた後、ゴムへらを用いてレジペーストを母材に馴染ませ(施工実験Iでは行っていない)、その後必要量のレジペーストまたはレジモルタルを打設した。表面仕上げは施工実験Iではプラスチック製コテ、施工実験II及び施工実験IIIではゴムへらにより行っている。練り混ぜ開始から表面仕上げ終了までの所要時間はおよそ30分~1時間、硬化までを考慮した交通規制時間はおよそ3~5時間である。

表-4 現場施工実験内容

	施工実験I	施工実験II	施工実験III
施工箇所	広島大学西条キャンパス(東広島市)内道路 (1箇所)	東広島市内の県道 (3箇所)	広島県内の国道橋梁部 (8箇所)
交通量	数10台/時間(昼間) 主に乗用車・バイク	数1000台/時間(昼間) 主に乗用車・トラック	数100台/時間(昼間) 主に乗用車
施工日 天候・路面温度	1993年8月3日 晴れ, 40°C	1993年10月6日 くもり, 18~24°C	1993年10月27日 晴れ, 14~28°C
交通規制時間	14:00~17:30	9:00~13:00, 13:10 ~15:20, 15:30~17:30	9:30~13:30(4箇所) 13:30~17:30(4箇所)
補修内容	マンホール周辺の段差 修正及びひび割れ補修	マンホール周辺の段差 修正及びひび割れ補修	橋梁接合部の段差修正 及びわだち掘れ補修

3.3 施工内容及び施工後の経過状況

(1) 施工実験Ⅰ

施工箇所は若干傾斜のある道路に埋め込まれたマンホール部で、浅いところで約1mm、深いところで約20mm程度の段差修正となった。そこで、浅いところではレジンペースト、深いところは2分割をし、半分をレジンモルタル、残りの半分をレジンコンクリートにて補修した。また、レジンペーストによる補修箇所では、一部、硬化前に豊浦標準砂を充填した。

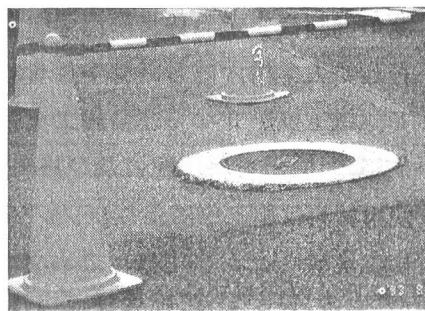
施工後数時間程度でレジンコンクリートとマンホールの境界部に硬化収縮によると思われるひび割れが生じた。そのため、ひび割れ部については、翌日にレジン単体を注入し、注入後に上部から豊浦標準砂を充填した。注入後においては、その部分から再びひび割れを生じることにはなかった。その他の部分に関しては、良好な仕上がり状態であったが、施工後約1ヶ月でアスファルト部分とレジンモルタルまたはレジンコンクリートの境界部分に若干の表層ひび割れが入るとともに、境界部付近の薄いレジン部分が剥離した。大学構内であり交通量は多くないことから、ひび割れは昼夜間の温度差に伴う、補修材と母材の線膨張率の差によって生じたものと考えられる。ただし、レジンペーストで補修を行った箇所ならびにレジンペーストを打設後標準砂を充填した箇所については、施工後3ヶ月を経過した時点で異常は見られず、施工厚を薄くし、レジンモルタルの場合には打設後の細骨材の充填等により樹脂含有率を低く抑える必要性のあることがわかった。施工前、施工後ならびに施工後2ヶ月経過時の現場の状況の代表的な写真を写真-2に示す。

(2) 施工実験Ⅱ

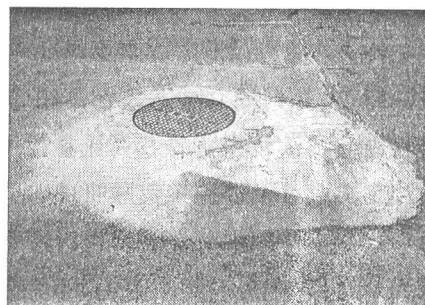
施工実験Ⅰの結果より、レジンモルタルやレジンコンクリートにおいてはマンホールとの接着部分の付着が十分に確保できなかったことから、本実験ならびに次の施工実験Ⅲでは3.2で述べたように、打設前にマンホールとの接着部分にレジンペーストを塗布することとした。

施工実験Ⅱは3箇所からなりマンホール周辺の段差修正が主である。ただし、1箇所のみはマンホール両端のアスファルトがひび割れによって剥落してしまっており（写真-3(a)参照）、この部分にはレジンコンクリートを打設した。その他の段差修正には全てレジンモルタルRM1を使用した。また、舗装厚が5cmと比較的薄く、しかも路盤が良くないことから、車線中央に道路に沿ってひび割れが入っている箇所があり、マンホールまで達しているひび割れに関してはその部分にレジンペーストにて注入を行った。

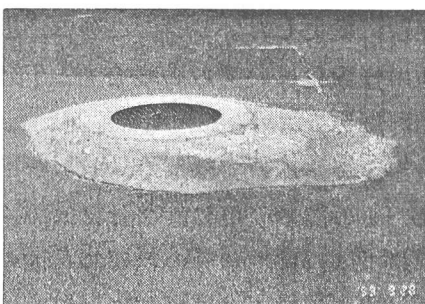
補修後の状況は良好であり、マンホールとレジンモルタルの境界部におけるひび割れも観察されなかった。ただし、マンホール周辺部においてひび割れの補修を行っていない箇所からのひび



(a) 施工前



(b) 施工後



(c) 施工後2ヶ月

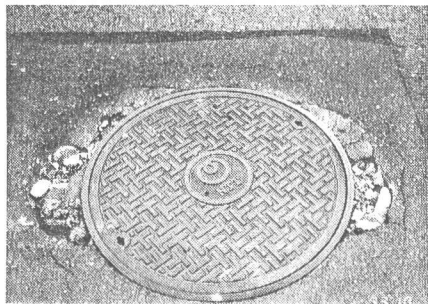
写真-2 施工実験Ⅰの状況

割れが進展し、そのひび割れによってレジンモルタルにひび割れを生じている箇所が、施工数日後より2、3箇所見られた。しかし全般に関しては、舗装厚が薄く路盤が良くない状態で比較的多くの大型車両が走行することと考え合わせるとき、輪荷重によるアスファルトの変形に対して良い追随性を示しているために、外部からの荷重に起因するひび割れが生じなかったものと考えられる。施工前、施工後ならびに施工後2ヶ月経過時の現場の状況の代表的な写真を写真-3に示す。

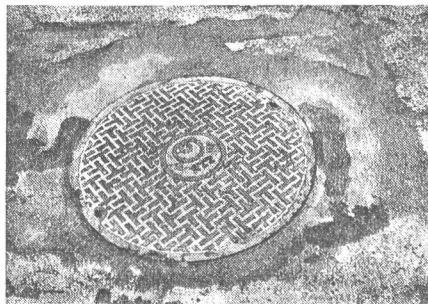
(3) 施工実験Ⅲ

施工実験Ⅱより、本研究で使用したレジンモルタルの補修材料としての有効性ならびに実用性が確認されたが、表-1に示される配合からも明らかなように、RM1における樹脂含有率が非常に高いため、施工が容易でありしかも樹脂含有率を出来るだけ下げる目的から、本実験ではレジンまたは細骨材の配合比率を変化させたレジンモルタルを使用し実験を行った。

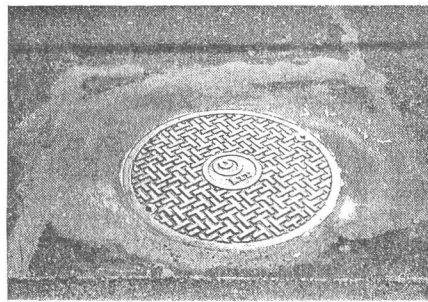
施工実験Ⅲの補修箇所は、橋梁両端部の段差修正ならびに橋梁内2箇所の接合部のわだち掘れ修正で、片側車線4箇所ずつである。橋梁内接合部のわだち掘れはいずれも深さ2～3mm未満であり、レジンペーストまたはレジン単体を使用して行い、比較のため一部エポキシ単体による補修も行った。レジンペーストまたはレジン単体による補修部においては、打設後硬化直前に細骨材



(a) 施工前

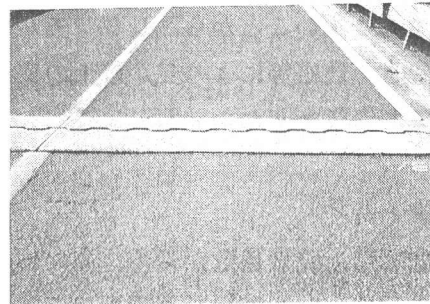


(b) 施工後

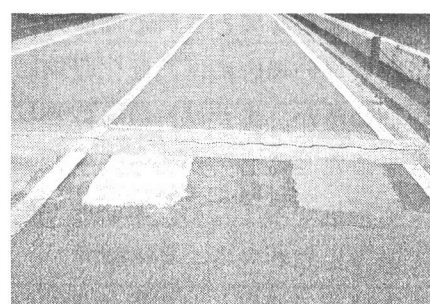


(c) 施工後2ヶ月

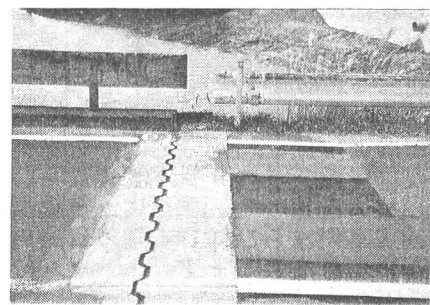
写真-4 施工実験Ⅲの状況



(a) 施工前



(b) 施工後



(c) 施工後2ヶ月

写真-3 施工実験Ⅱの状況

を上面から散布した。橋梁両端部の段差修正に関しては、段差が1cm未満であったためモルタルを使用した。なお、ここでは比較実験としてレジンモルタルRM1、RM2及びRM3、ならびにエポキシ樹脂モルタル、アスファルトコンクリートを用いている。

橋梁内接合部のわだち掘れ補修においては、いずれも補修厚が薄いため、ひび割れ等も見られず良好な仕上がりとなっている。ただし、樹脂量が多いために表面が滑らかすぎる感があり、すべり抵抗性を考えたとき、打設後の細骨材等の散布を充分に行い適度な粗度を有する表面とする必要があると思われた。

橋梁端部の段差修正においては、1cm近くの段差修正となった箇所では、レジンモルタル(RM1)と端部コンクリートの境界部に施工後約1週間でひび割れを生じた。このひび割れは経過日数とともに大きくなり、またエポキシ樹脂モルタルを使用した箇所においても約2ヶ月を経過した時点でひび割れが生じた。レジンモルタルにおけるひび割れは硬化収縮によるものと思われるが、後にエポキシ樹脂モルタルを使用した箇所においてもひび割れを生じていることから、昼夜の気温差による影響あるいは外部荷重の影響も多少関与しているものと思われる。ただし、施工実験Ⅱの結果で得られたように、レジンモルタルにおいても施工厚を薄く抑えることが出来ればひび割れは生じにくいことから、レジンモルタルやレジンコンクリートによる打設においても、打設後の細骨材の散布等により見かけ上の樹脂含有量を減少させ、収縮に対する抵抗を良くすることが必要であることがわかった。

4. まとめ

本研究では、弾性係数が低く、高い伸縮性を有するレジンモルタルを段差修正材料またはひび割れ補修材料として使用した現場施工実験を行った。その結果、以下のことがわかった。

- (1) 本研究で使用したレジンモルタルは、目地材、ひび割れ補修材または段差修正材料等、母材との追随性が必要とされる箇所の充填材として有効である。
- (2) 施工厚が厚い場合には、硬化収縮によるひび割れが入りやすいため、配合を検討して骨材濃度を高めるか、または打設後に骨材を充填する(ポストパック)などして、収縮に対する抵抗性を持たせる必要がある。また、打設後の骨材の充填は、昼夜の気温差等による伸縮に対しても抵抗が増すため、本研究で使用したレジンモルタルの品質改善方法として効果的な方法であると思われる。

なお、本研究で使用した樹脂は収縮能力の点で温度依存性を有し、低温特性に関して改善を必要とすることが考えられるため、現在室内実験においてその点について検討するとともに、感温性が鈍く低温時の追随性を向上させるための樹脂としての開発を行っており、その特性についても評価中である。

謝辞 実験の実施に当たっては、広島大学大学院生宮崎毅君及び学部生小竹森浩君に多大なる協力を得た。また、ラベリング試験ならびにホイールトラッキング試験に関しては、大成ロテック(株)のご協力を頂いた。さらに、現場施工実験においては、(株)NTTテレコムエンジニアリング中国、広島県ならびに日本舗道(株)の関係各位に現場のご提供等のお世話を頂いた。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