

V-538

鉄筋補強された無収縮不飽和ポリエステルレジンモルタルの力学特性

NTTアクセス網研究所 ○正会員 小林 康雄
同 上 丸山 孝志

1. はじめに

これまで構造部材としてレジン材料を用いる際、レジン材料単体の強度により曲げ部材の設計を行うことが通常であり、強度不足が生じた場合は部材厚の増加により対処していた。この場合、部材厚の増加は寸法効果の影響が大きくなり、コスト的に不利な要因となっている。これは強度向上対策の中で最も一般的と考えられる鉄筋補強が、従来のレジン材料特有の硬化収縮により構造断面に内部引張り応力が発生し、強度的に逆効果を生み、有効な補強手段にならなかったためであった。

今回NTTでは、これまで開発を行ってきた小断面シールド工法用覆工材であるレジンモルタルが無収縮材料であることに着目し、強度向上を図る上での問題を克服できるものと考え、鉄筋をレジンモルタル内に埋込み、曲げ引張り強度試験を行った。その結果、強度向上が確認できたためここに報告する。

2. 無収縮レジンモルタルの特性

レジンモルタル組成を表-1に、経時的寸法変化率特性を図-1に示す。不飽和ポリエステル樹脂内には、樹脂との相溶性に優れたポリ酢酸ビニル樹脂が低収縮付与剤として配合されている。そのため、図に示すとおり本レジンモルタルは、硬化時に約-0.1%（収縮側）となるものの、その後硬化発熱により、最高+0.4%（膨張側）にまで達し、24時間後には+0.15%（膨張側）程度に収束する材料である。

3. 実験内容

表-2に示した鉄筋埋込みパターンでのレジンモルタル供試体（6×6×24cm）を作製し、材令7日（養生条件：20℃）における曲げ引張り強度試験（JIS A 1184）を実施した。なお、それぞれの供試体における鉄筋比を表-2に示す。

4. 実験結果と考察

(1) ひび割れ発生荷重について

各供試体における荷重-変位曲線を図-2へ、ひび割れ発生荷重を表-3に示す。この結果、鉄筋比に比例してひび割れ発生荷重が向上していることが明らかとなった。この強度向上効果を考察すると、式-1のとおり鉄筋コンクリートと同様に供試体断面の断面二次モーメントを換算係数を用いて増加させる手法を用いることが可能と考えられる。この手法を用いた場合の、各供試体期待ひび割れ発生荷重を表-3に示す。この表のとお

表-1 レジンモルタル組成

骨材		結合材	硬化促進剤	分離防止剤	硬化剤	シラン処理剤（砂の表面処理）		
砂	炭酸カルシウム	不飽和ポリエステル樹脂	砂分散剤	超微粒子状無水シリカ	MEKPO	ジハロゲン化シリラン	水	アルコール

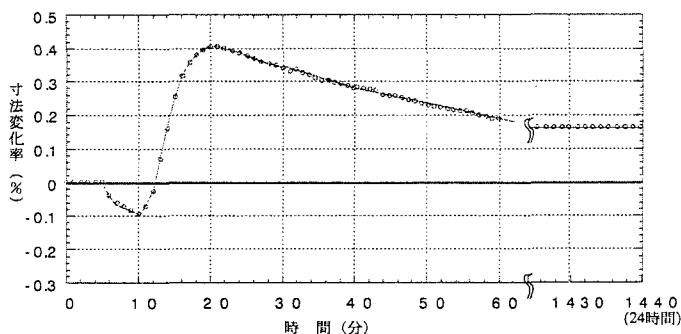


図-1 経時的レジンモルタル寸法変化率特性

表-2 供試体パターン

No.	鉄筋設置形態	鉄筋本数	鉄筋比
①		無筋	0%
②		上下に各1本	1.57%
③		上下に各2本	3.14%
④		上下に各3本	4.71%

鉄筋種類：丸鋼φ6mm 供試体数：n=6本

キーワード：無収縮レジンモルタル、鉄筋補強、ケミカルプレストレス、靱性、

連絡先：〒305 茨城県つくば市花畑1-7-1 TEL(0298)52-2555 FAX(0298)52-2593

り、期待した荷重よりも大きな荷重でひび割れが発生している。この期待値以上の強度向上効果については図-3に示すメカニズムであると想定される。これは従来の収縮性レジン材料の鉄筋埋込みによる強度低下と逆のメカニズムであり、レジンの膨張によって鉄筋に引張応力が発生し、その反力としてレジンモルタルに圧縮応力が先行的に発生しているケミカルプレストレスによる効果と考察できる。

（2）靱性について

レジン材料単体のひび割れ発

生時における破壊性状は脆性破壊であり、構造物として用いる場合靱性向上対策が必要となる。その対策として鉄筋による補強が考えられているが、前述のとおりレジン材料の硬化収縮による内部応力から、ひび割れ耐力が低下するため効果的な対策でなかった。今回の無収縮レジンモルタルに鉄筋を埋込んだ供試体で、靱性を評価した場合、図-2のとおりひび割れ耐力の向上に加え、ひび割れ発生後もある程度の荷重に耐えることができ、靱性が確保できることが確認された。

5. 結論

- （1）無収縮性レジンモルタルに鉄筋を埋込んだ場合、埋込んだ鉄筋による断面性能向上に見合う以上の強度向上が得られた。
- （2）補強効果は鉄筋埋込みによる断面性能向上分以外にプラスαがあったが、これは鉄筋の存在によりレジン材料引張り側に内部圧縮応力が発生するケミカルプレストレスの効果と想定される。
- （3）無収縮レジンモルタルへの鉄筋埋込み補強は、ひび割れ発生後の靱性確保対策としても効果的であることが明確となった。

6. おわりに

これまでの収縮性レジン材料を用いた土木分野での用途は、硬化時の収縮特性により鉄筋埋込みによる補強効果は得られず、大型構造物の主部材としての適用はなかった。しかし今回の実験結果より、無収縮レジン材料に鉄筋を埋込むことで強度向上が可能となることが明らかとなったため、梁構造物としての適用等、レジン材料のマーケットが今後さらに拡大されるものと考えられる。

参考文献：【1】山崎竹博，補強された不飽和ポリエステルレジンコンクリートの力学特性に関する研究，九州産業大学工学部研究報告 第19号

【2】コンクリート工用樹脂委員会，レジンコンクリート構造設計計算指針について，「材料」第34巻 第384号

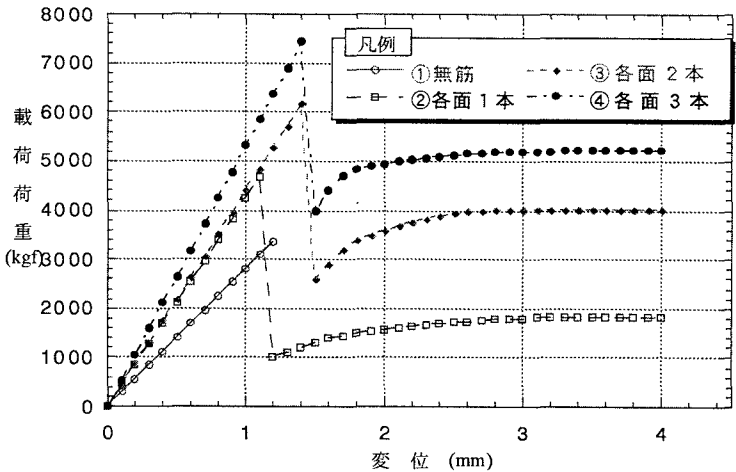


図-2 鉄筋補強したレジンモルタルの荷重-変位曲線

表-3 各供試体のひび割れ発生荷重

No.	鉄筋比	ひび割れ発生荷重 (kgf)	
		実験値	期待値
①	0%	3380	—
②	1.57%	4673	4563
③	3.14%	6162	5780
④	4.71%	7434	6963

◆供試体断面性能の算出式

$$I = I_{\text{resin}} + n \times I_{\text{steel}}$$

$$\text{換算係数 } n = \frac{E_{\text{steel}}}{E_{\text{resin}}} = \frac{2.1 \times 10^6}{1.38 \times 10^5} = 15.2$$

式-1 供試体断面性能向上算出式

強度向上=鉄筋埋込による断面性能向上分+ケミカルプレストレス

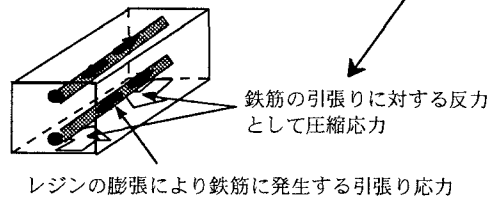


図-3 鉄筋補強のメカニズム