

V-537

炭素短繊維を用いたレジンモルタルの高強度化

NTTアクセス網研究所○正会員 細川 智弘
同 上 正会員 大竹 昌志

1. はじめに

レジンモルタルをシールドトンネル等の覆工の構造部材として利用する場合、一般的にレジンモルタル単体の持つ強度特性等に依存して設計条件を設定している。このため、さらに高強度化を要求される適用下においては、部材厚の増加により対応しているが、これはレジン材料特有の部材寸法が大きくなると強度が低下する”寸法効果”の影響を受けること、及びコスト・工期の大幅なアップにつながるなど問題点が多い。このため、NTTでは、レジン強度特性の向上を図る対策として、炭素短繊維に着目して、曲げ引張り強度・流動性・靱性について基礎実験を行い考察したのでここに報告する。

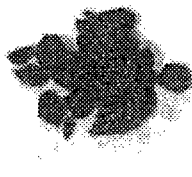
2. 使用材料の選定

レジンモルタルは、これまでNTTにおいて実績のある現場打設ライニング材の配合を用いた。なお、配合を、表-1に示す。また、炭素短繊維については、市中品のうち繊維形状・弾性係数・引張り強度等の異なる2つのタイプについて選定した。Aタイプ・Bタイプの材料特性を表-2に示す。

表-1 レジンモルタル配合表

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)	レジン単体曲げ引張り強度(6×6×24供試体)
砂	炭酸カルシウム不飽和ポリエステル樹脂	有機酸塩	有機酸塩	超微粒子状無水シリカ	MEKPO ジメチルジメタシラン 水 アルコール	320(kgf/cm ²)

表-2 炭素短繊維材料特性

炭素繊維種類	A タイプ (綿状の繊維)	B タイプ (線状の束タイプの繊維)
形 状		
弾 性 係 数 (kg/mm ²)	3000~5000	18000
引 張 り 強 度 (kgf/mm ²)	50~60	200

3. 実験内容

表-3に示す通り、Aタイプは繊維長3mm、6mm、10mmで混入率を0.1~1.0%の範囲で変化させ、Bタイプは繊維長6mmについて混入率0.3~1.2%の範囲で変化させて、供試体(6×6×24cm)を作製し、材令7日(養生温度20℃)における曲げ引張り強度試験(JIS A1184)を実施した。(混入率は体積比で算出)なお、Aタイプについては、供試体作製可能な混入率で実験を行った。なお、実験では、強制ミキサーを使用して材料混練を行った。

4. 実験結果と考察

(1) 強度向上効果について

図-1に強度向上率についての実験結果を示す。

・ Aタイプについて

全ての繊維長について、混入率によって曲げ引張り強度のピークが確認されることから、繊維長ごとに最適混入率の存在が明らかとなった。また、繊維長3mm・混入率0.5%においては、レジン単体に比べて約22%も強度向上しており、繊維長、混入率により強度特性が大きく影響を受けることが解る。この大幅な強度向上効果を得られた理由としては、炭素繊維とレジンとの高い付着力及び、炭素

表-3 供試体試験パターン表 ○・・・供試体作製

混入率		0.1 %	0.3 %	0.5 %	1.0 %	1.2 %
繊維長						
A タイプ	3mm	——	○	○	○	供 試 体 作 製 不 可
	6mm	○	○	○	供 試 体 作 製 不 可	供 試 体 作 製 不 可
	10mm	○	○	○	供 試 体 作 製 不 可	供 試 体 作 製 不 可
B タイプ	6mm	——	○	○	○	○

キーワード：レジンモルタル、炭素短繊維、曲げ引張り強度、解凝

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

短繊維が1本1本に解繊して、マトリックス内に分散したことにより発生する繊維表面積の増加が大きな要因と考えられる。

・Bタイプについて

混入率による、強度の差異もなく、強度向上効果もほとんど確認出来なかった。この原因としては、図-2に示す通り線状の小さな束が、マトリックス内に解繊せず、供試体破壊時、繊維が破断することなく繊維の束の中で引き抜けていることが原因と考えられる。しかし、材料特性はAタイプに比べて高いことから、樹脂と反応して繊維の解繊が促進される表面処理（樹脂と反応する含酸素系官能基の付着等）を行い、付着表面積を増加させれば、強度向上が図れるものと考えられる。

(2)流動性について

流動性は、フロー試験（図-3参照）を実施して評価した。試験結果を表-4に示す。

・Aタイプ

繊維長6mm・混入率0.1%の場合8分41秒の最速値を示したが、強度向上効果は得られておらず、最も強度向上効果が得られた繊維長3mm・混入率0.5%混入時は測定不可のため、流動性付加剤の添加等が必要と考えられる。

・Bタイプ

線状の小さな束のまま分散することから、材料混練性・流動性ともにAタイプよりも確保できるものの、強度特性向上を図る上で、ある程度の解繊性の確保が必要である。

(3)靱性効果について

本実験において、曲げ引張り強度の大幅な向上は得られたが、炭素繊維自体が脆性材料であるためか、Aタイプ・Bタイプの供試体ともに脆性破壊しており、靱性効果が無いことが確認された。

5. 結論・今後の課題

(1)強度向上効果について

Aタイプにおいて強度向上が得られたが、Bタイプでは効果が確認出来なかった。しかし、材料特性ではAタイプに比べてBタイプの方が高いことから、繊維の解繊性改善が必要である。

(2)流動性について

強度向上効果のあるAタイプでは、流動性付加剤添加等の対策による流動性の確保が必要である。

(3)靱性効果について

炭素短繊維を使用して、この効果を得ることは困難であり、他の対策によりこの課題を解決していくこととする。

6. まとめ

レジンモルタルに最適な条件で炭素短繊維を混入することにより、約22%程度の強度向上効果を得ることができることが解った。しかし、他の必要条件である流動性・靱性が課題となるが、流動性付加剤の添加や、他の特性を有する繊維の選定などにより、強度向上・流動性・靱性を確保できる炭素短繊維混入レジンモルタルの実現を図ることとする。本技術は、新たな用途への展開も可能と考えられるため、早期の技術確立を目指していく予定である。

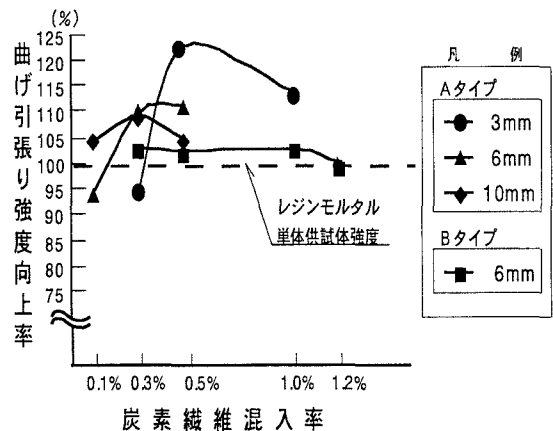


図-1 炭素繊維別強度向上率

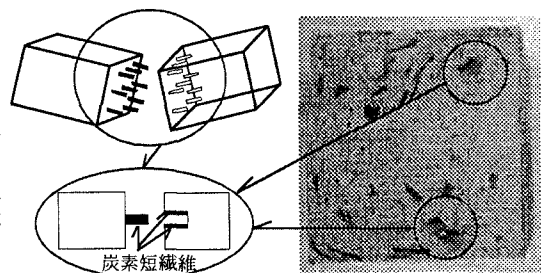


図-2 Bタイプ炭素繊維引き抜け状況

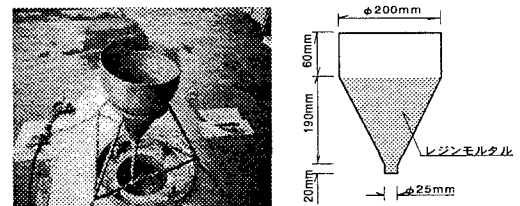


図-3 フロー試験状況

表-4 フロー試験結果表

炭素繊維種類 \ 混入率		0.1%	0.3%	0.5%	1.0%	1.2%
Aタイプ	3mm	—	35分00秒	測定不可	測定不可	—
	6mm	8分41秒	測定不可	測定不可	—	—
	10mm	11分53秒	測定不可	測定不可	—	—
Bタイプ	6mm	—	2分45秒	3分05秒	5分20秒	11分02秒

※測定不可は60分以上の値を示す