

論文

[1171] 連続繊維ネットとポリマー混和材を用いたモルタル板の諸性状

堀井克章^{*1}・河野 清^{*2}・佐々木啓次^{*3}

1. まえがき

コンクリートでは、繊維、微粒子、高分子などの各種素材を用いる研究が盛んであるとともに、耐久性や木製型枠などに関する環境問題、労働者や労働条件などに関する労働問題などの解決すべき問題も多い。

本研究は、コンクリート構造物の表層強化、機械化による省力施工、森林資源の保護などのために、セメント系複合板によって新しい永久埋設型枠や補修補強板を開発することを目的とした実験的検討である。実験では、モルタルの強化用連続繊維ネット2種と改質用ポリマーセメント混和材4種を取り上げ、ネットのアルカリ劣化試験、モルタルの強度促進試験、ネットやポリマーを使って作製した10mm厚のモルタル板の引張・曲げ・乾燥収縮・衝撃・透気試験、モルタル板を型枠に用いたRCはりの曲げ試験などを行い、ネットやポリマーの有効性を調査した。

2. 実験概要

2.1 使用材料と配合

ネットに関する実験報告[1]や経済性などを参考にして選定したネットは、2軸平面格子状の繊維ネットをエポキシ系結合材(約30重量%)で加圧含浸加工したガラス製(φ13μm×1600本、メッシュサイズ5.2mm)とビニロン製(φ14μm×1000本、同7.5mm)のもので、略号は各々GFとVFとした。また、ポリマーは、AE(アクリル酸エステル)系、EVA(エチレン酢酸ビニル)系、SBR(スチレンブタジエンゴム)系、SA(スチレンアクリル)系の4種のエマルジョンで、略号は順にA、V、R、Sとした。その他に、普通および早強ポルトランドセメント(略号O、H)、けい砂(比重2.60、FM1.21)、消泡剤(非イオン系界面活性剤)などを用いた。

モルタル板の配合を表-1に示す。ここで、ポリマー中の固形分量をPとし、空気量が約1%、JAロート流下時間(土木学会規準;PCグラウト試験方法)が約60秒、消泡剤量がP×1%、ネットの標準使用数は、ガラスが2枚、ビニロンが4枚(略号GF2、VF4)で、補強方向繊維量はともに約0.82%である。

表-1 モルタル板の配合

Type	Polymer	Cement	P/(P+C)	W/(C+P)	S/(C+P)	
I	N	O, H	0	0.55	1.0	
	A		AE	0.1		0.45
	V		EVA	0.1		0.50
	R		SBR	0.1		0.55
II	N	H	0	0.55	1.0	
	S		SA	0.1		0.31

2.2 供試体の作製

モルタルの練りまぜは、ホバート型ミキサ(主軸回転数57rpm)に全材料を一括投入し、120

*1 阿南工業高等専門学校講師 建設システム工学科、工修(正会員)
 *2 徳島大学教授 工学部建設工学科、工博(正会員)
 *3 徳島大学大学院 工学研究科建設工学専攻(学生会員)

秒かくはんして行った。モルタル板は、所要寸法の型枠内にネットを配し、モルタルを流し込みながら成形して材令1日で脱型し、材令7日までの20℃湿潤養生後、試験材令まで20℃乾燥養生（R.H.60%）した。なお、RCはりの型枠用モルタル板は、ブリージングがほぼ終了する打設から約3時間経過後、コンクリート本体との付着面処理用に砂岩砕砂（表乾比重2.58、吸水率2.46%、1.2~2.5および2.5~5.0mm）を手で散布した。また、40×40×160mmモルタル角柱で、前養生期間3時間、温度上昇期間3時間、65℃等温養生期間3時間、徐冷期間15時間の蒸気養生も行った。

RCはりは、材令14日のモルタル板を型枠底面とし、主鉄筋（2-D13、引張降伏強度356MPa）やスターラップ（D6-@10mm）を配してコンクリート本体を打設し、7日間の20℃湿潤養生の後、乾燥養生を7日行って載荷試験に供した。

2.3 試験方法

ネットのアルカリ劣化試験は、pH約13の水溶液（1ℓ中にNaOH10g+KOH14g）に浸漬させたネット試料（20×250mm）の両面両端をタブ（25×75mm）で補強し（G：1mm厚アルミ板+エポキシ系接着剤、V：2mm厚ゴム板+ゴム系接着剤）、載荷速度1mm/minで直接引張試験とした。

モルタル板の引張試験は、両面両端にアルカリ処理したアルミ板タブ（1×50×75mm）を接着した10×50×400mm供試体での載荷速度2mm/minの直接引張法（ひずみ測定区間200mm）、曲げ試験は、10×50×400mm供試体での載荷速度2mm/minの3等分点載荷法（支間300mmの中央たわみ測定）、乾燥収縮試験は、両側面にチップを接着した10×50×400mm供試体でのJIS A 1129に準じたコンタクトゲージ法（基長300mm）とした。また、衝撃試験では、10×50×200mm供試体に150mm支間中央に鋼球振子（540g）を衝突させ、ひびわれ発生時と残留たわみの急増する破壊時までの累積エネルギーを求め、透気試験では、10×100×100mm供試体の両面に内径50mmの円筒容器を装着して周囲をコーティングし、0.3MPa圧の窒素ガス透過量から透気係数を求めた。

なお、曲げ試験は10×200×1200mm供試体（支間900mm）、乾燥収縮試験は10×620×920mm供試体（基長30cm、チップ数24個）でも行い、モルタル角柱では強度試験（JIS R 5201）を行った。

RCはりの曲げ試験は、150×150×1200mm供試体による3等分点載荷法で、支間1080mm、有効高さ120mm、せん断スパン高さ比3、コンクリートの圧縮強度35MPaの曲げ引張破壊形態とした。

3. 実験結果および考察

3.1 ネットの耐アルカリ性

ネットのアルカリ水溶液浸漬前の引張荷重-ひずみ関係とネットの構成糸1本当りの引張耐力

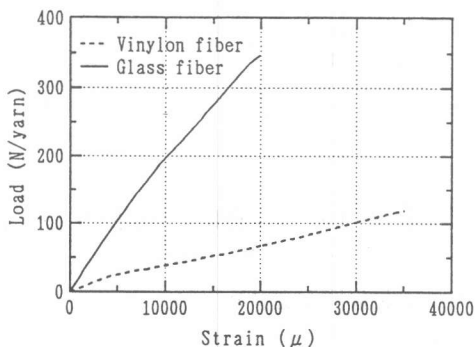


図-1 ネットの引張荷重-ひずみ関係

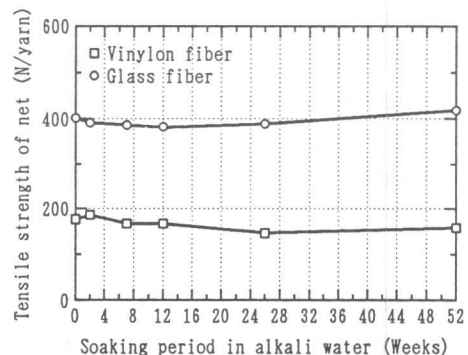


図-2 ネットの引張耐力の経時変化

の経時変化を各々図-1と図-2に示す。図-2からは、2種のネットにアルカリ劣化の傾向はみられない。通常のEガラスを用いた本実験でアルカリ劣化が起きないのは、エポキシ系結合材による繊維の保護効果によるものと思われるが、現在も浸漬期間を延長して調査中である。なお、図-1では、ネットやひずみゲージの寸法などの関係で破断点までの測定ができず、今後の検討が必要と思われる。

3.2 モルタルの強度促進

通常、ポリマーセメントモルタルは初期強度発現性が悪いため、その製品化は難しい。今までのポリマーの効能に加えて、湿潤下での造膜や圧縮強度の改善ができる新しいSA系ポリマーや普通および早強セメントを用い、蒸気養生したモルタルの圧縮および曲げ強度を図-3に示す。これより、モルタル板の製品化で障害となる高流動ポリマーセメントモルタルの初期強度発現に、SA系ポリマーと早強セメントの組合せが非常に有効で、蒸気養生との併用も効果があることがわかる。なお、早強セメントの使用でかなり高い脱型強度が得られ、蒸気養生では材令に伴う強度の伸びが小さいため、以後の実験で蒸気養生を採用しないこととした。

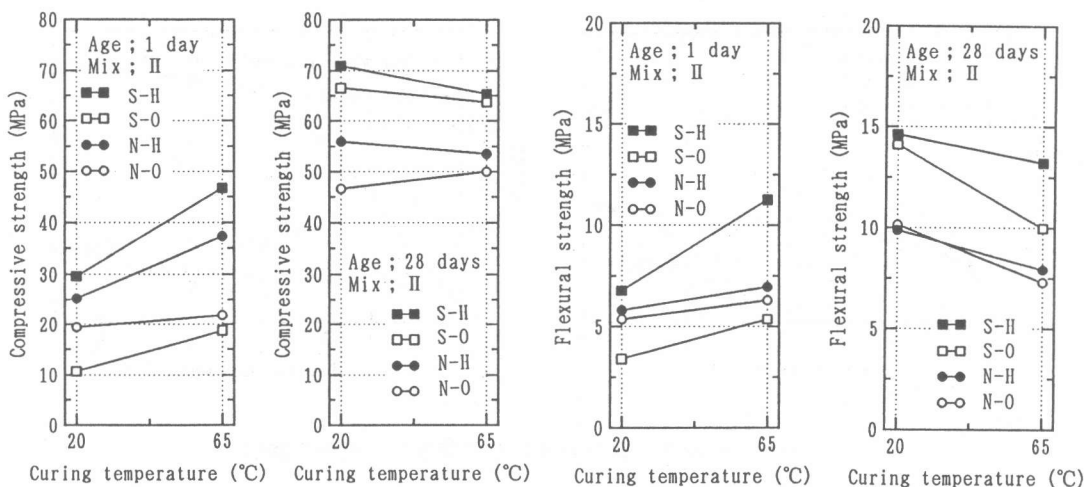


図-3 モルタル角柱の圧縮および曲げ強度

3.3 モルタル板の諸性状

モルタル板の引張応力-ひずみ関係と曲げ応力-たわみ関係を各々図-4と図-5に示す。引張では、ポリマーの使用で初期ひびわれ発生強度が約2倍に増大し、ひびわれ発生に対する抵抗性改善にSA系やAE系のアクリル系ポリマーが極めて有効といえる。また、ネットの使用で、通常は初期ひびわれ発生時に破断するモルタルが、その後も耐力が増大し、強度・靱性の改善にネットが優れた効果を発揮するといえる。曲げについても同様に、ひびわれ発生までのポリマーの効果とその後のネットの効果がみられるが、ひびわれ発生強度の改善効果はかなり小さい。これは、ポリマーによる圧縮強度発現性やネットの均等配置に問題があるものと思われる。また、ガラスネット2枚使用での曲げ剛性は、12mm厚合板の約2倍と非常に高いこともわかる。なお、ネットでは、ビニロンに比べ強度や剛性の高いガラスの方が、ひびわれ発生後の耐力改善に有用といえる。

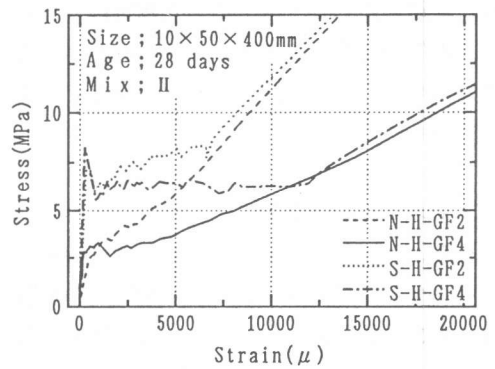
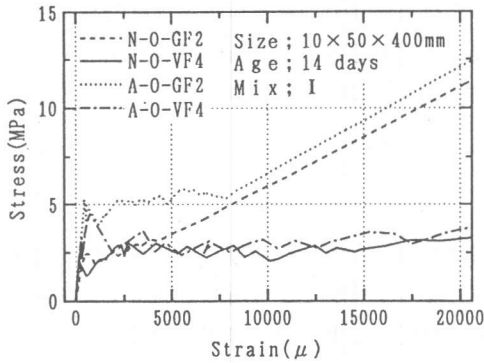


図-4 モルタル板の引張応力-ひずみ関係

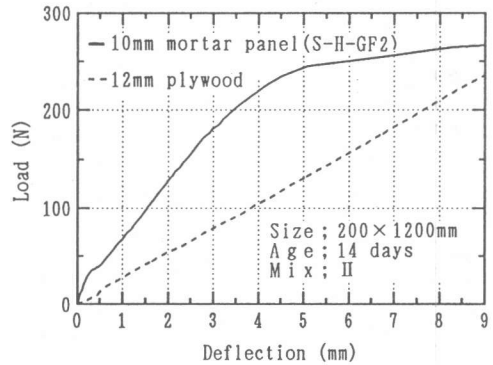
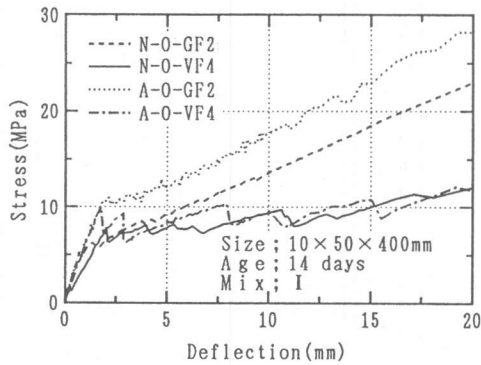


図-5 モルタル板の曲げ応力(荷重)-たわみ関係

モルタル板の乾燥収縮率、累積衝撃エネルギーおよび透気係数を各々図-6、図-7、図-8に示す。乾燥収縮率は、単位水量の多さなどから全体的に大きいですが、アクリル系ポリマーの使用でこれをかなり低減できることがわかる。これは、アクリル系ポリマーの減水効果が他のポリマーに比べて高く、ブリージングは抑制されるものの内部の蒸発可能な自由水量が減ることなどによるものと思われる。また、ビニロンネット使用の影響はほとんどみられないが、剛性の高いガラスでは乾燥収縮率を抑制する効果がみられ、乾燥による内部応力を生じることになるが、ポリマー使用ではひびわれはみられなかった。つぎに、耐衝撃性は、ネットの使用で大幅に向上し、ポリマーの利用でさらに高まる傾向がある。これらは、ポリマーフィルムやネットのエネルギー吸収能、ポリマーとネットとの付着効果などが関係しているものと思われる。さらに、気密性は、ポリマー使用で著しい改善効果がみられ、ネットの使用でも透気係数が小さくなる傾向がある。これは、ポリマーの造膜効果や減水効果、ネットによるブリージング抑制作用などによるものと思われる。

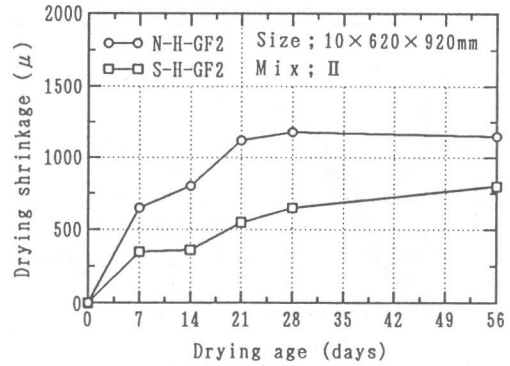
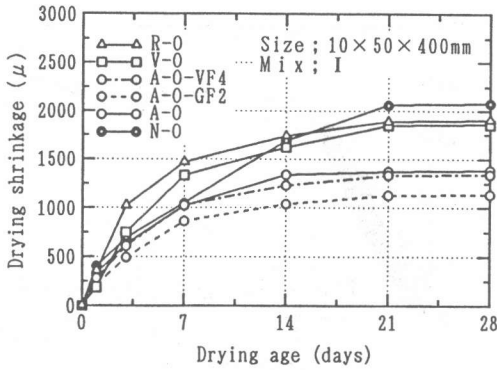


図-6 モルタル板の乾燥収縮率の経時変化

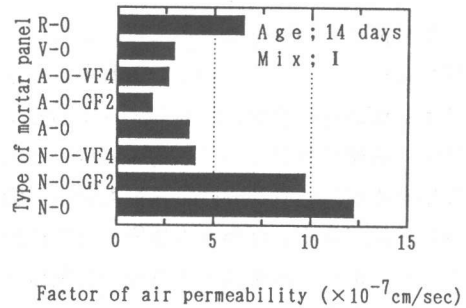
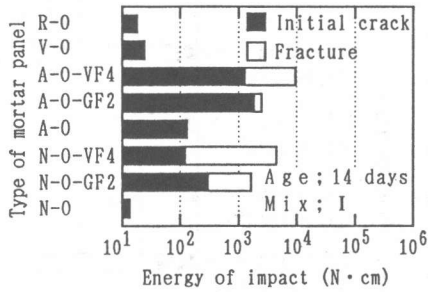


図-7 モルタル板の累積衝撃エネルギー

図-8 モルタル板の透気係数

3.4 RCはりの曲げ性状

主鉄筋ひずみが 500、1000、1500 μ で各々10回の繰返し後漸増载荷させたはりの曲げ荷重-たわみ関係を図-9と図-10、中央たわみが支間の 1/200と1/50でのモルタル板剝離長を図-11 に各々示す。図-9や図-10 より、ガラスネット4枚のモルタル板使用の曲げひびわれ発生荷重や曲げ耐力は、モルタル板無使用より 1tf程度大きくなる傾向がみられる。これは、ネットやポリマーのひびわれ抵抗性やネットの引張応力負担によるものと思われる。また、ひびわれ観察では、コンクリート本体のひびわれがモルタル板内で複数に分岐しており、モルタル板はRC部材表層での

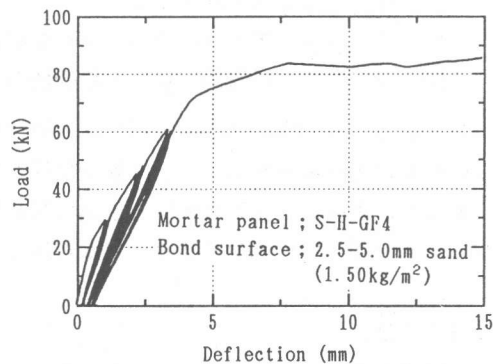
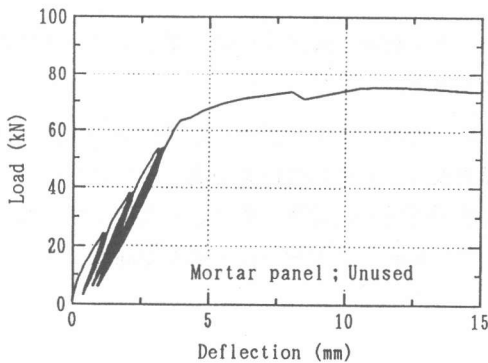


図-9 RCはりの曲げ荷重-たわみ関係 (その1)

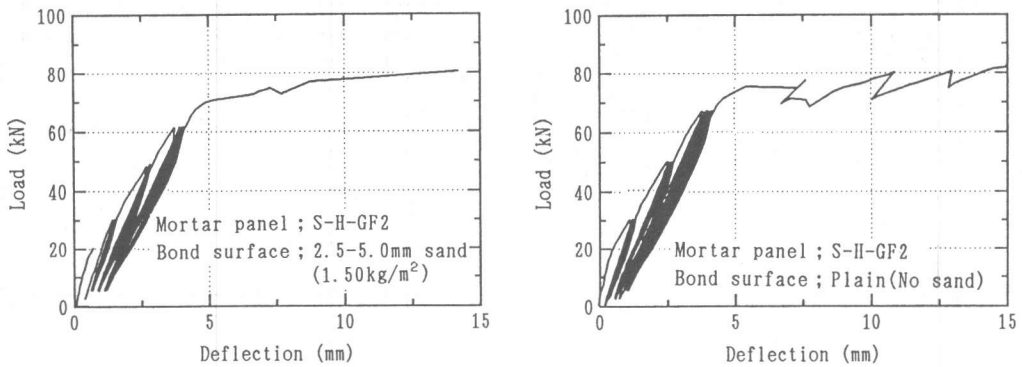


図-10 RCはりの曲げ荷重-たわみ関係 (その2)

ひびわれ幅の抑制に有効といえる。これは、ネットのひびわれ分散性によるものと思われる。つぎに、付着面では、無処理の板は、鉄筋ひずみ 1500μ での繰返し载荷中に剝離が生じ始めて鉄筋の降伏とともに剝離が顕著化するが、2.5~5mm砂付きのものは、繰返し载荷中の剝離は起きず、たわみの急増とともに剝離がみられ始める。また、砂を利用する場合、細砂より粗砂を用いて凹凸を大きくするのがよいと思われる。なお、鉄筋降伏域でネットの糸の破断が次々と生じ始めるが、その衝撃音やネット外層のモルタル薄片の剝落は、ネット2枚より4枚の方が小さくなる傾向がみられた。

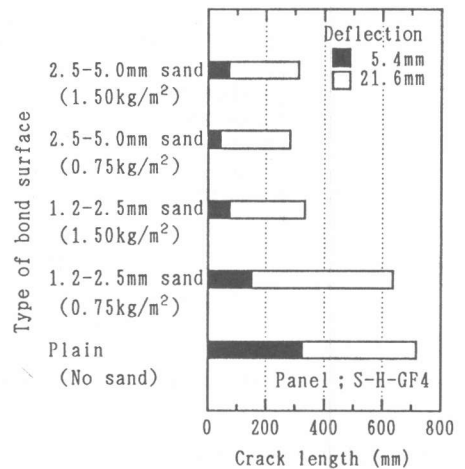


図-11 RCはりのモルタル板剝離長

4. まとめ

本実験範囲内で得られた結果を要約すると以下ようになる。

- (1) 結合材を使ったガラスやビニロンネットは、1年程度のアルカリ溶液浸漬で強度低下しない。
- (2) ポリマーセメントモルタルの初期強度発現には早強セメントが有効で、蒸気養生効果もある。
- (3) アクリル系ポリマーとガラスやビニロンネットを用いたモルタル板は、引張・曲げ・衝撃・乾燥収縮・気密性状が向上する。
- (4) ガラスネットとアクリル系ポリマーを用いたモルタル板は、RCはりの曲げ補強やひびわれ幅の抑制に貢献し、付着面は板への粗砂散布が有効である。

以上から、連続繊維ネットとポリマー混和材を用いた複合モルタル板は、経済性や施工性に検討の余地は多々あるものの、永久埋設型枠や補修補強板としての利用価値が高いといえる。

最後に、実験にご協力を戴いた徳島大学卒業生の森岡康秀・森藤直人両君、ご支援を賜った日本レジボン(株)・恒和化学工業(株)・村本建設(株)・旭コンクリート工業(株)各社に深く感謝致します。

【参考文献】

- [1] 堀井克章ほか：連続繊維ネットとセメント混和用ポリマーを用いたモルタル板の諸性状、土木学会年次学術講演会講演概要集、Vol. 47、No. 5、pp. 284-285、1992. 9