

水溶性ポリマーを用いた軽量ポリマーモルタルに関する研究

日大生産工（学部）○山本 泰介
日大生産工 越川 茂雄

1. はじめに

近年、水溶性ポリマーの出現により、これを用いた高曲げ強度ポリマーセメントモルタルの製造が可能となった。^{1) 2)} そこで、この高曲げ強度ポリマーセメントモルタルは曲げ力が作用するボックスカルバートやマンホール部材等のコンクリート製品への応用が有効であることが提案されている。³⁾

本研究は、水溶性ポリマーの応用に関する研究の一環として、水溶性ポリマーを用いたセメントモルタルの接着性によるダレ抑制および Non ブリーディングによる均一性に着目し、主に小型船舶に用いられる補剛材として配置した多重の全網にモルタルを充てんした薄板のフェロセメント部材⁴⁾ への応用を目的とし、水溶性ポリマーを用いた軽量ポリマーモルタルの諸性質についておよびこのモルタルを用いたフェロセメントにより製造した 2006 年土木学会全国コンクリートカヌー競漕大会用コンクリートカヌーの船体強度について実験検討したものである。

2. 使用材料

(1) 水溶性ポリマー：主成分をポリ（メタ）アクリル酸エステルとした表－1 の物性値のものである。

(2) セメント：T社製の早強ポルトランドセメント（密度：3.14g/cm³、比表面積：4520cm²/g）である。

(3) 軽量化材：T社製の粒度が1.2mm以下で標準容積が0.08（kg/l）の真珠岩粉体である。

(4) 引張補強材：M社製の高強度ビニロン繊維網目シート（質量170g/m²、引張強さ2600N以上/50mm）を中心にし、上下にT社製の

高密度ポリエチレン園芸用ネット（比重0.95、引張強さ300N/1本）の三枚重ねとして、厚さ約1cmフェロセメント薄板のほぼ中央に補強した。

3. 軽量モルタルに関する実験検討

軽量モルタルの配合は、以下の条件を考慮し、表－2 に示す実験項目について実験検討した。

- 条件 ①単位容積重量1.5kg/l 以下
②壁面塗布してもダレない
③材料分離が小さい
④長さ4m コンクリートカヌー船体の縦強度より求まる圧縮強度3.1N/mm²以上

表－1 用いた水溶性ポリマーの物性

比重 (20℃)	pH (20℃)	粒度 (mPa・s,20℃)	固形分 (%)
1.05	8.0	60	50.0

3-1 実験項目および試験方法

軽量モルタルおよびフェロセメント板の実験項目および試験方法は表－２の通りである。

表－２ 実験項目および試験方法

		実験項目	試験方法
軽 量 モ ル タ ル	フレッシュ時	流動性(フロー)	JIS R 5201(セメントの物理試験方法)
		単位容積重量	JIS A 1116(質量方法)
		材料分離	JIS A 1123(ブリーディング試験)
	硬化後	圧縮強度	JIS A 1108(φ5×10cm)
		曲げ強度	JIS A 1106(4×4×16cm、2等分点載荷法)
		引張強度	JIS A 1113(φ5×10cm、割裂法)
		ヤング係数	ワイヤーストレインゲージ法
フェロセメント板		曲げモーメント	スパン30cmの2点分点載荷曲げ試験 (幅10×長さ40×厚み2cm板)

4. 実験結果および考察

4-1 配合に関する実験検討

軽量ポリマーモルタルの配合は、3. で述べた4つの条件を満足するよう繰返し実験を行い検討した結果、表－３の通りとした。すなわち、配合は、水セメント比を32.3%とし、ダレおよび材料分離抑制に用いた水溶性ポリマー(P)はC×11.0%および軽量化に用いた真珠岩粉体(S)は5.0%vol/m³としたものである。

表－３ 軽量ポリマーモルタルの配合

W/C (%)	P (C×%)	真珠岩粉体(S) %vol/m ³	単位量(kg/m ³)			
			C	W	P	S
32.30	11.00	5.0	657	140	145	41

決定した表－３の配合モルタルのフレッシュ時の性状および硬化後の性質は以下の通りである。

4-2 フレッシュ時の性状

表－４にフロー値と単位容積重量をJISモルタルの場合と比較示した。この結果によれば、

流動性はフロー値201mmでJISモルタル(W/C=50%)の約1.1倍と良効であることが認められた。次に、単位容積重量は、1.37kg/lとJISモルタルの約1/1.5倍と軽量であった。また、ブリーディングは認められず、水溶性ポリマーによる材料分離抑制効果が認められた。

表－４ 配合モルタルのフレッシュ時の性状および硬化後の性質

試験項目	試験結果	
	軽量モルタル	JISモルタル
フロー値(mm)	201	184
単位容積質量(kg/l)	1.37	2.15
ブリーディング(mm ³ /mm ²)	0	2.08

4-3 硬化後の性質

(1) 強度試験結果

表－５に材齢7日の水中養生および気中養生の各種強度試験結果を示す。この結果によれば、

表－５ 各種強度試験結果

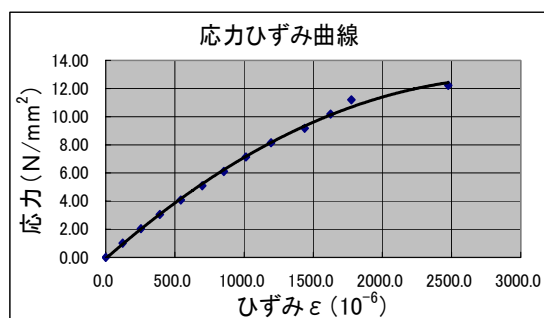
(材齢 7 日)

	強度 (N/mm ²)	
	水中養生	気中養生
圧縮強度	14.3 (1.00)	17.3
引張強度	2.4 (0.16)	1.7
曲げ強度	4.8 (0.33)	4.9

圧縮強度 f'_m は 14.3N/mm^2 (水中養生) で、後述する船体の縦強度に必要な圧縮強度 3.1N/mm^2 の約 4.5 倍と十分な品質であった。

(2) ヤング係数

軽量モルタルの応力－ひずみ曲線の一例は図－１の通りであって、この曲線の圧縮強度の 1/3 点によるヤング係数は平均 $7.49 \times 10^3 \text{ N/mm}^2$ であった。



図－１ 応力－ひずみ曲線

4-4 船体強度について

船体設計⁵⁾の際の船体強度は、一般的には、

- ①縦強度：船体を上下にそらせようとする縦方向の力
- ②横強度：船体を横に押しつぶそうとする横方向の力
- ③局部強度：船体の一部だけに働く局部の力
- ④ねじれ強度
- ⑤その他、波力等に対する強度等について検討する。

このうち、縦強度が船全体の強度の目安とな

るもので最も重要とされている。

以上のことから本研究における船体強度の検討は縦強度について次の様に行った。すなわち、船殻設計で船体の縦強度の計算に用いる最大曲げモーメント M_m ⁵⁾ を、式－１により求める。

$$M_m = \frac{W \cdot L}{C} \quad \text{---(1)}$$

$$= 261 \text{ N} \cdot \text{m}$$

ここに、W：満載時の排水量

$$= 1960\text{N} \text{ (2 人乗り)}$$

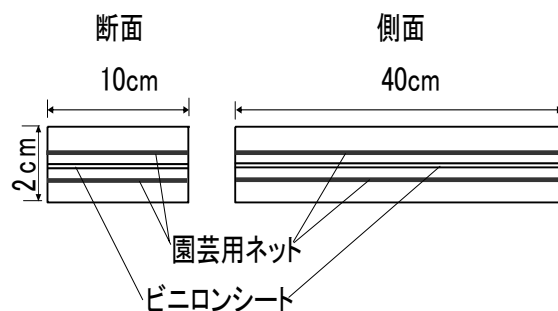
L：コンクリートカヌーの長さ

$$= 4 \text{ m}$$

C：係数（一般的に）

$$= 30 \text{ とする}$$

次に、図－２に示す船体強度用試験体は製造したコンクリートカヌーの船体と同じ構造のフェロセメントの薄板で、この曲げ試験を行った。



図－２ 船体断面構造図

フェロセメント試験体の曲げ試験の結果、曲げモーメント $M_t = 270\text{N} \cdot \text{m}$ と M_m に対し、十分な船体強度が認められた。なお、ひび割れモーメントと最大モーメントは同じで、この時のたわみはほとんど生じなかった。

さらに、約 4 cm まで強制的に変形させても切断しなかった。また、軽量モルタルの圧縮強度は 15N/mm^2 で、 M_m による圧縮強度

3.5N/mm²の約4倍であった。写真－1、2に試験時および試験後の供試体状況を示す。



写真－1 曲げ試験状況



写真－2 ひび割れ状況

5. まとめ

本研究の主な成果は以下の通りである。

(1) 水溶性ポリマーと真珠岩粉体を用いたモルタルは単位容積質量が 1.37g/cm³と軽量であった。

(2) 軽量モルタルの流動性は良好でフェロセメント板の製造に適したものであった。

(3) Non ブリーディングで材料分離は認められず、高い均一性を示した。

(4) 船体に充てんした軽量モルタルのダレは

なかった。

(5) 圧縮強度は 15N/mm² (材齢 7 日) と必要強度 (3.1N/mm²) の 4 倍以上であった。

(6) 軽量モルタルと補剛材のフェロセメント板の曲げ試験による船体強度は、長さ 4 m のカヌーの縦方向に作用する曲げモーメント Mm (261 N・m) に比して、十分であった。

(7) 製造したカヌーの重量は約 50kg で大会参加 3 3 艇中、最軽量クラスであった。

参考文献

- 1) 林志翔・長塩靖祐・鶴澤正美、高強度ポリマーセメントモルタルの強度発現性に及ぼす材料および養生条件の影響、コンクリート工学年次論文、Vol.27、No.1、(2005)、pp.1165-1170
- 2) 林志翔、高曲げ強さを持つポリマーセメントモルタルの研究、日本材料学会、材料第 54 巻第 9 号、(2005)、pp.958-964
- 3) 福澤公夫・林志翔・猿木浩二、高強度ポリマーセメントモルタル製マンホールの構造性能、コンクリート工学年次論文集、(2005)、Vol.27、No.2
- 4) 村田二郎・岩崎訓明、各種コンクリートの特性と施工、土木施工法講座 22 巻コンクリート施工法、山海堂、1978
- 5) 日本財団図書館 (電子図書館) 船殻設計、第 2 章・船体強度

謝辞

本研究の遂行にあたり、太平洋セメント株式会社、中央運輸興業株式会社、佐川急便株式会社、田口建設、株式会社内山アドバンス、株式会社内山製作所、三友エンジニアリング株式会社および多くの先輩方のご協力を賜った。ここに記して感謝の意を表します。最後に、本研究の卒業研究生 坂本雄一君、廣田春輝君および太田健介君等に感謝申し上げます。