

PVA 繊維補強高じん性セメントボード

¹株式会社クラレ ²正会員 ○滝沢 清 ^{1,2} 人見 祥徳 ^{1,2} 岩崎 嘉宏 ^{1,2} 馬屋原 光郎 ¹、浜田 敏裕 ^{1,2}

1. はじめに

2005 年の EU におけるアスベスト全面禁止と軌を一にして世界的に抄造系セメントボードのノンアス化が進んでいる。アスベスト代替繊維としてはパルプと PVA 繊維が主流となりつつある¹⁾。昨今繊維補強によるセメント材料の高じん性化が世界的に注目されている。抄造セメントボードはその製法の制約から補強繊維を多量に添加することが困難であり、そのため高じん性化も困難であった。我々は PVA 繊維の最適化によって高強度であり、且つマイクロクラッキング（図 - 1 参照）により高じん性を示す抄造セメントボードを商業的に製造する可能性を得たのでその概要を報告する。

2. 使用材料

2.1 セメント及びその他の水硬性材料、抄造助剤

普通ポルトランドセメント、炭酸カルシウム（ブレン値 4200）、シリカフュームを水硬性材料として用いた。炭酸カルシウムは乾燥収縮ひび割れ抑制効果の他、じん性向上に効果が認められる。シリカフュームは抄造浴スラリーの粘度調整効果とボードの強度増進効果が認められる。抄造助剤として針葉樹由来のパルプ（叩解度は CSF=100）及びセピオライトを使用した。又凝集沈殿剤としてアニオン系高分子を使用した。パルプはセメント粒子を担持する機能を担い PVA 繊維系ノンアス抄造において必須材料である¹⁾。セピオライトはスラリーの増粘作用がある。材料配合を表 - 1 に示した。

2.2 補強繊維

PVA 繊維は表 - 2 に示すものを用いた。通常ノンアス抄造においては直径 14 μ で長さ 6mm、引張強度 1850MPa の繊維が用いられるが、その場合の最大可能混入率は 2 重量%であり大きなじん性は期待できない。今回使用した REC-7 は直径を太くしてアスペクト比を下げた混入率の増大を可能にし、且つ破断モードを pull out モードを卓越させたものである。

表 - 1 材料配合比率（重量%）

材料	セメント	炭酸カルシウム	シリカフューム	セピオライト	パルプ	PVA 繊維
重量%	50~80	10~30	2~10	0.5~2.0	3~4	3.0

表 - 2 PVA 繊維の材料特性

銘柄	直径	長さ	引張強度	引張弾性率
REC-7	26 μ	6 mm	1700 MPa	3.7 GPa



図 - 1 マイクロクラッキング（曲げ破壊後）

3. 試験方法および結果

3.1 抄造ボードの製造方法

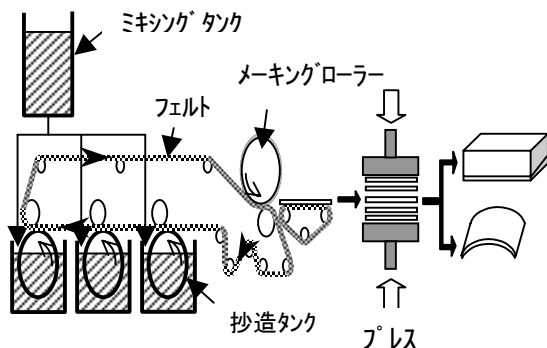


図 - 2 抄造（ハチェック）工程

図 - 2 に模式的に示すハチェック法により製造した。表 - 1 の材料をミキシングタンクに固形分 20% 以下で調整し、次いで 10% 以下に希釈して抄造タンクに供給する。同タンク中ではスクリーンローラーが回転しスラリーから固形分を漉し取り直ちにフェルトに転写される。途中適宜脱水されながらメーキングローラーへ転写積層され、所定の厚みでワイヤーが跳ね出しシートが取り出される。シートは加圧プレスで脱水される。約 1 日の蒸気養生（50℃）の後 2 週間ビニールシートに包んで室温で養生をおこなった。ハチェック方式においては投入材料配合比率をボード中に定量的に再現させるための濾水のコントロールが重要である。上記配合においては極めて良好な再現が達成されていた。

キーワード：PVA 繊維、高じん性、セメントボード、中性化、凍結融解

連絡先：〒103-8254 東京都中央区日本橋 3-1-6 株式会社クラレ 産資開発部 03-3277-3152 Fax 03-3277-3292

3.2 曲げ試験（曲げ強度、曲げタフネス、曲げ弾性率） JIS A 1408「建築用ボード類の曲げおよび衝撃試験方法」に準じ、全スパン 250mmの3点曲げ試験を採用した。載荷速度は5mm/min、装置は万能試験機を使用した。同時に曲げ弾性率と曲げタフネス（最大荷重時と1/10 スパン時）も測定した。試料は厚さ7mmで、気乾時（水分率7%）と吸水時（同14%）を使用した。試料の縦方向とは図-1の抄造方向に相当し繊維が配向する方向である。結果を表-3に示す。

3.3 引張試験（引張強度、伸度） 幅4cm、長さ30cm、厚さ7mmの平板を使用し、インストロンを用い、全スパン20cmで速度0.5mm/minで伸長した。結果を表-4に示す。

3.4 圧縮試験 厚さ7mmの板から1辺3.5mm、高さ7mmの角柱を切り出し、JIS K 6811「熱硬化性プラスチック一般試験法」に準じて測定した。結果を表-5に示す。

3.5 促進中性化試験 炭酸ガス濃度5%、環境温度20℃、相対湿度60%の条件で、30日間、60日間暴露し中性化（材料を粉砕しpHを測定）と曲げ物性を評価した。結果を表-6に示す。

3.6 耐凍結融解性 ASTM C 666 のA法により、水中・水中の-20℃～10℃の繰り返しを300回までおこなった。試験による外観変化、質量変化、厚さ変化と試験後の曲げ物性を評価した。結果を表-7に示す。

表-3 曲げ性能

項目		測定方向	
		縦方向	横方向
曲げ強さ (MPa)	気乾時	38.5	24.6
	吸水時	29.3	18.5
曲げ弾性率 (GPa)	気乾時	15.0	15.8
	吸水時	14.9	14.7
曲げタフネス (MPa)	最大荷重時	30.4	17.9
	吸水時	24.9	15.8
	1/10 スパン時	24.2	7.0
	吸水時	26.1	10.1

表-4 引張性能

項目		測定方向	
		縦方向	横方向
引張強度 (MPa)	気乾時	14.5	11.2
	吸水時	12.6	7.5
引張伸度 (%)	気乾時	0.8	0.25
	吸水時	3.7	0.30

表-5 圧縮強度

項目	測定値
圧縮強度 (MPa)	88.5

表-6 中性化試験にともなう曲げ性能（縦方向）の変化及び中性化進行度

中性化処理条件	縦方向				横方向				pH
	曲げ強度	曲げ弾性係数	最大荷重時タフネス	1/10 スパン時タフネス	曲げ強度	曲げ弾性係数	最大荷重時タフネス	1/10 スパン時タフネス	
	(MPa)	(GPa)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(GPa)	(MPa)	(MPa)	
無処理	38.5	15.0	30.4	24.2	24.6	15.8	17.9	7.0	12.4
30日	44.5	21.4	36.4	31.5	24.8	12.4	18.0	8.3	12.3
60日	39.7	17.4	32.4	30.0	25.3	16.7	20.3	10.7	12.3

表-7 凍結融解試験による諸変化（曲げは気乾時、縦方向にて）

項目	外観観察	質量変化率 吸水時 (%)	厚さ変化率 (%)	曲げ強度 保持率 (%)	曲げ弾性係数 保持率 (%)	曲げタフネス保持率 (%)	
						最大荷重時	1/10 スパン時
無処理	-	-	-	100	100	100	100
300サイクル後	変化僅少	+3.7	+0.2	94.3	95.9	95.7	102.4

4. 考察：高じん性ボードは高い曲げ強度、引張強度、圧縮強度を有し、多数のマイクロクラッキングの発生により優れた曲げじん性、高い引張伸度を有す。これは Hatschek 特有の工程によるプレス後の低水・バインダー比（30%未満）と、最適に設計された高強度のPVA繊維の2次元配向に因るものと考えられる。他方、繊維配向方向とそれに直交する方向とでは、強度に差が認められ、後者は前者の60%から75%を示す。吸水時の強度は気乾時のその75%から85%である。中性化促進テストでは30日処理で曲げ強度と弾性率の増加が観測され中性化によるMatrixの硬化が疑われるものの、pH測定値とフェノールフタレイン処理からは中性化は観測されなかった。中性化促進処理によってじん性の低下は無かった。圧縮強度が高い値を持つことから中性化が極めて進行しにくい材料であると考えられる²⁾。さらにセメントや繊維質が密に充填されているため凍結に伴うストレスを能く吸収し、この種のボードとしては極めて高い耐凍結融解性を有す³⁾⁴⁾。300サイクル後に曲げ強度が6%程度低下したのは測定時の吸水率が無処理に比べ2%増加したことが原因の一つである。

5. まとめ：PVA繊維を用いた抄造高じん性セメントボードは際立った高強度、高じん性を有し、中性化、凍結融解に対しても優れた抵抗性を示した。厚さ数mm（5～10mm）の薄板にこのような性能が具備されていることから、例えば埋設型枠として使用することにより構造体の耐力増進および高耐久性化が期待できる。

参考文献

1. Coutts, R.S.P.(1992) From Forest To Factory To Fabrication. In RIREM FRC 92. (eds. R.N.Swamy)
2. 馬場明生他、セメント系押出成形部材を用いた打込型枠工法の提案、JCI 年次論文集、Vol. 17, No.2, pp.125～129
3. Venta, G.J.(2001) Freeze-Thaw Performance of Glass and Cellulosic Fiber Reinforced Cementitious Board, Proceedings of CONSEC 3
4. Shao, Y. and Jiang, (2001) L. Freeze-Thaw Resistance of High Performance Fiber Reinforced Concrete, Proceedings of CONSEC 3