

V-403 ビニロン繊維ネットで補強したポリマーセメントモルタル板の基礎的物性

阿南工業高等専門学校 正会員 堀井克章

1. はじめに

近年の産業界では新素材に対する関心が高く、コンクリート分野でもセメント系硬化体の品質改善を目的として、繊維材料、高分子材料、微粒子材料などの各種素材を利用する研究が盛んに行われている。

本研究は、力学的および機能的に優れたセメント系複合板の開発研究の一端であり、セメント系硬化体の補強材としてビニロン繊維ネットおよびセメント系マトリックスの改質材としてアクリル系ポリマーディスページョンを用いたモルタル板の基礎的物性に関する資料を得るために、ネット積層数やポリマーセメント比を変化させ、繊維の付着試験とモルタル板の引張試験、曲げ試験および収縮試験を行ったものである。ビニロン繊維は、強度、耐久性、弾性係数、耐熱性、親水性、経済性などの面で比較的良好な性能を有しており、セメント系硬化体の有効な補強材となり得るものと思われるが、これに関する研究例は非常に少ない。

2. 実験概要

本実験の要因と水準を表-1に示す。

材料として、ビニロン繊維（比重1.30、直径14 μ m、引張強度 200kgf/mm²、弾性係数 5000kgf/mm²、伸度6.0%）を集束して（素線数1000本）アクリル系接着剤（重量混入率20~30%）でメッシュ間隔7.5 $\times$ 7.5mmの格子状に結合したネット（柔軟性あり）、普通ポルトランドセメント、けい砂（比重2.63、FM1.24）、アクリル系ポリマーディスページョン（固形分重量50%）、鉱物系消泡剤、ポリマー系粘度調整型減水剤および水道水を用いた。配合では、空気量1%およびJロートでの流下時間20secを目値とし、砂セメント比一定(1.0)で、ポリマーセメント比(0, 10, 20%)に応じて水セメント比を変化させた(37.5, 40, 45%)。

供試体の形状を図-1に示す。引張・曲げ・収縮試験用供試体は、平板用型枠内にネットを張力を与えた状態で積層し、アイリッヒ型モルタルミキサで練り混ぜたモルタルを流し込んで翌日脱型し、材令7日で所定寸法に切断して作製した。また、付着試験用供試体は、繊維束埋め込み長さ15mmとなるように一部切断したネットを用い、積層数1層で前者と同様に作製した。供試体は、材令7日まで湿潤養生（温度20℃）し、以後試験材令28日まで乾燥養生（温度20℃、相対湿度50%）した。

付着試験（引抜き法）、引張試験（直接引張り法）および曲げ試験（中央集中載荷法）は、変位制御法（載荷速度3mm/min）で行い、作動トランス型変位計、線ひずみゲージ（30mm）などを用いて荷重変形曲線を描き、ひびわれ発生時の応力やひずみ、靱性係数（平均応力）、強度などを求め、ひびわれ発生状況を調べた。また、収縮試験では、コンパレータを用いて乾燥養生期間中の供試体の長さ変化率を測り、重量変化率を調べた。なお、付着強度は、繊維束断面を矩形断面（平均幅1.48mm、平均厚0.22mm）と仮定して算出した。

3. 実験結果と考察

繊維の付着試験結果を表-1に示す。この表では、ポリマーセメント比の増加に伴って繊維の付着強度が増加している。これは、ポリマーの使用による単位水量の低減、ポリマーフィルム形成などによるものと思われ、ポリマーの使用が繊維とマトリックスとの付着性改善に非常に有効であるといえる。

モルタル板の引張試験における応力ひずみ曲線を図-2および曲げ試験におけ

表-1 実験の要因と水準

要 因	水 準
ポリマーセメント比 : P/(C+P), %	0, 10, 20
ネット積層数: N, 層 (総繊維混入率, %)	0, 5, 10 (0, 2.1, 4.2)
試 験	繊維の付着試験, モルタル板の引張 ・曲げ・収縮試験

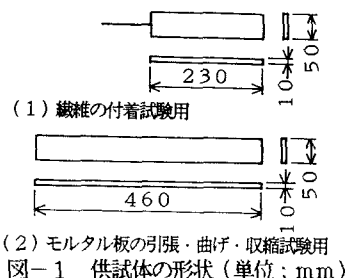


図-1 供試体の形状（単位：mm）

表-2 繊維の付着試験結果

種 類 P/(C+P)-N	付着強度 kgf/cm ²
00-01	9.3
10-01	12.8
20-01	20.6

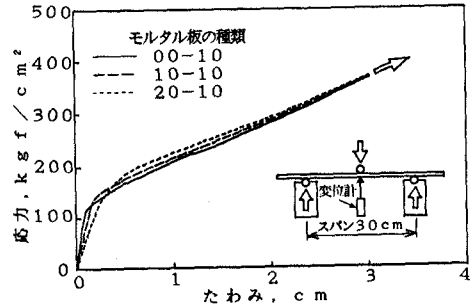
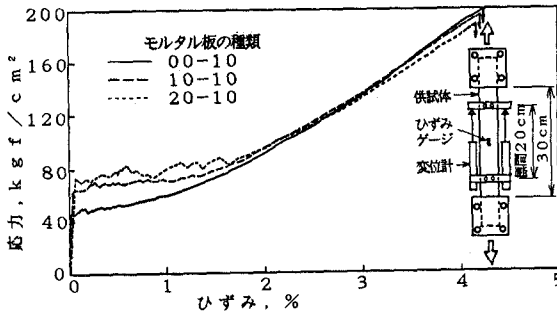


図-2 モルタル板の引張試験における応力ひずみ曲線の例 図-3 モルタル板の曲げ試験における応力たわみ曲線の例

表-3 モルタル板の引張・曲げ・収縮試験結果

種 類	引 張					曲 げ			収 縮	
	ひびわれ 発生応力 kgf/cm ²	ひびわれ 発生ひずみ ×10 ⁻³	強 度 kgf/cm ²	靱性係数 (ひずみ3%) kgf/cm ²	ひびわれ数 (間隔20cm) 本	ひびわれ 発生応力 kgf/cm ²	靱性係数 (変形3cm) kgf/cm ²	ひびわれ数 (ひずみ30cm) 本	重量減少率 %	長さ減少率 (基準34cm) %
00-00	45.1	144	45.1	0.1	1.0	172.5	2.9	1.0	4.53	0.161
00-05	37.2	160	82.6	45.5	15.6	123.8	150.5	28.0	4.73	0.182
00-10	42.1	236	183.6	82.2	33.8	120.5	239.3	37.3	5.55	0.151
10-00	77.7	486	77.7	0.7	1.0	209.8	8.4	1.0	6.50	0.181
10-05	69.5	504	92.7	65.2	4.0	131.2	152.4	5.2	7.29	0.151
10-10	71.2	610	179.8	86.4	21.0	132.3	200.5	15.7	7.11	0.148
20-00	80.6	572	80.6	0.8	1.0	209.9	8.5	1.0	5.39	0.209
20-05	74.7	602	89.7	61.8	3.2	140.7	162.9	10.5	5.79	0.190
20-10	74.0	786	180.9	85.8	18.8	138.7	229.3	21.5	6.49	0.205

る応力たわみ曲線を図-3に示す。これらの図では、ポリマーセメント比の増加に伴って初期の曲線の傾きが小さくなり、その傾きが急変するひびわれ発生時の応力が大きくなっており、ひびわれ抵抗性の改善にポリマーが有効であるといえる。また、ネットの使用で、引張りや曲げに対して高い靱性を有するモルタル板の製造が可能であるといえる。なお、引張りの応力ひずみ曲線は、ひびわれ発生までのネットとモルタルマトリックスとが一体となって荷重を受けもつ領域、応力がほぼ一定でひずみのみが増加するひびわれが多発する領域およびひびわれ発生完了後の繊維のみで荷重を受けもつ領域の3つに大別できるが、モルタル板破断時の強度やひずみなどは繊維材質より算出した値に比べてかなり小さく、補強機構の解明には今後の検討が必要であるといえる。また、曲げの応力たわみ曲線では、ポリマーセメント比が異なっても大差のない形状となるが、これは、ポリマーの使用に伴う引張強度の増加と圧縮強度の減少などによるものと思われる。

モルタル板の引張・曲げ・収縮試験結果を表-2に示す。この表では、ネット積層数の増加に伴って引張強度、引張靱性係数および曲げ靱性係数が増大し、ポリマーセメント比の増加に伴って引張りにおけるひびわれ発生時の応力やひずみが増加しており、靱性や強度の改善にはネットの利用およびひびわれ抵抗性の改善にはポリマーの使用が有効であるといえる。また、引張りや曲げにおけるひびわれ数は、ネット積層数の増加に伴って増加しており、ひびわれ分散性の改善にはネットの利用が有効であるといえる。一方、ポリマーの使用によってひびわれ数が減少しているが、これは、モルタルマトリックスの伸び能力などによるものと思われる。また、乾燥養生に伴う長さや重量の変化率とネット積層数やポリマーセメント比との間には明瞭な傾向はみられないが、これらの変化率がかなり大きいことから実用の際には注意を要すると考えられる。なお、ネットの積層によるひびわれ発生応力の改善効果がみられないが、これは、ネットの弾性係数、モルタルの充てん性などによるものと思われる。

4. むすび

本研究では、モルタル板の引張りや曲げにおける強度や靱性の改善にはビニロン繊維ネットの利用およびひびわれ抵抗性の改善にはアクリル系ポリマーディスパーションの使用が有効であることが判明した。

最後に、本実験を行うに際してご協力をいただいた前東京大学小林一輔教授、前芝浦工業大学卒研生山本敏君、㈱クラレおよび恒和化学工業㈱に心より感謝致します。