

ポリマーセメント系塗膜防水材料の材料分離を考慮した 造膜シミュレーションによる物性予測

徳島大学 学生会員 中森正基 徳島大学 正会員 塚越雅幸
徳島大学 正会員 上田隆雄 東京工業大学 非会員 田中享二

1. はじめに

ポリマーセメント系塗膜防水層は、造膜過程において、材料分離が生じる可能性がある。一般的に、材料の微細構造と物性とは密接な関係にあるため、万が一、防水層が不均質に施工された場合、引張強度や耐下地ひび割れ性能など、防水層に必要な所定の物性の低下が懸念される。本研究では、実験および、造膜モデルを用いてこれらの関係を明らかとし、ポリマーセメント系塗膜防水層の物性予測の可能性について検討を行った。

2. ポリマーセメント系塗膜防水層の力学的性能と耐下地ひび割れ性能評価試験

試験には普通ポルトランドセメント(密度 3.15g/cm^3)と、エチレン酢酸ビニル共重合体(密度 1g/cm^3)を使用した。引張試験用に、表 1 に示すように、ポリマーセメント比 (以下 P/C) と、水紛体比 (以下 W/B) をパラメータとし、 $20\pm 2^\circ\text{C}$ 、 $60\pm 6\%\text{R.H.}$ の試験室内にて、塗膜厚さ 1.0mm のシート状の防水層を作製し、28 日間養生後、ここから、ダンベル状 1 号型に試験体を切り出した。試験は、JIS K 6251 に準拠し、 20°C の試験室内にて、引張速度 50mm/min で行った。試験結果を図 1 に示す。P/C に比例して引張応力と伸び率が高くなる傾向を示すが、P/C=200%の場合では、伸び率は大きくなったものの、引張強度は低下した。また、同一の P/C であっても W/B=150%と水分量が多い場合、強度の大幅な低下が見られた。

次いで、耐下地ひび割れ性能評価をゼロスパンテンション試験により行った。試験体は、 $20\pm 2^\circ\text{C}$ 、 $60\pm 6\%\text{R.H.}$ の試験室内にて、造膜後の塗膜厚さが 2.0mm になるよう、プライマーを塗ったスレート板に塗布し、28 日間養生した。試験は 20°C の試験室内にて、図 2 に示すように、中央にひび割れのある下地スレート板を 50mm/min の速度で上下に引っ張る事で、ひび割れ直上部の防水層に伸長を与えた。試験は、この部分の防水層が破断に至るまで、もしくは下地ひび割れ幅が 5.0mm となるまで行い、その間、下地ひび割れ幅と防水層の亀裂進展深さをクラックスケールにより測定した。

試験結果の一部を図 3 に示す。P/C の低い割合で作製された試験体ほどスレート板の耐下地ひび割れ性能が低くなる傾向を示した。また、同一の P/C であっても、W/B=150%の試験体では耐下地ひび割れ性能の低下が見られた。これは、P/C の低い割合で作製された試験体と同様な破壊挙動を示しており、養生過程において比重の重いセメントが下地面付近に沈降し、セメント特有の脆性的な破壊が生じたためであると考えられる。

3. EPMA によるポリマーセメント系塗膜防水層の断面観察

防水層の断面方向に対して、EPMA による面分析を行った。測定の対象元素は、セメント硬化体の構成成分と考えられるカルシウム(Ca)と、ポリマーの構成成分である炭素(C)とし、ビームサイズ(分解能) $4\mu\text{m}$ で測定した。Ca、C の測定結果を重ねると、測定範囲内に両元素が混在している領域が見られた。そこで、Ca 部分、

表1 防水層の割合表

W/B %		70							
P/C %		25		50		75		200	
W kg/m^3		607		563		535		475	
B kg/m^3	P	867	173	804	268	764	327	679	453
	C		694		536		436		226
W/B %		70		100		150			
P/C %		100							
W kg/m^3		515		603		695			
B kg/m^3	P	736	368	603	302	463	232		
	C		368		302		232		

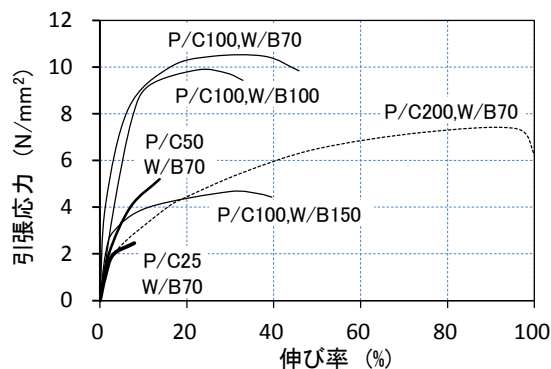


図1 防水層の引張試験結果

C部分、混在部分の3値化処理をした結果を図4に示す(シミュレーション結果と併記)。

4. ポリマーセメント系塗膜防水層の微細構造予測シミュレーション結果と耐下地ひび割れ性能との関係

セメントの水和反応やポリマーの造膜など、ポリマーセメント系塗膜防水層の造膜過程において主要と思われる要因について考慮し、図5に示すような過程のもと微細構造予測シミュレーションプログラムを作成した。シミュレーション予測結果をEPMA観察結果と合わせて図4に示す。予測結果は、EPMA観察によるポリマーとセメントの分布割合を概ね再現するものであった。

耐下地ひび割れ性能の低かったW/B=150%の試験体において、EPMA観察及び予測結果ともに、防水層下部付近のセメント成分の割合が高くなっており、養生期間中における材料分離によるものと思われる材料の不均質性が認められた。ここで、耐下地ひび割れ性能は、ひび割れの生じる下地面付近における材料の物性、すなわち構造に強く依存するものと思われる。そこで、全測定結果の、下地面より0.4mmの範囲のP/Cを調べると、耐下地ひび割れ性能と良好な相関関係にあった。

5. 結果

ポリマーセメント系塗膜防水層は調合によって材料分離が生じる可能性があり、このような材料の不均質性は伸び率や耐下地ひび割れ性能の低下につながる。ポリマーセメント系塗膜防水層の物性を予測するには、微細構造の把握が不可欠であるが、造膜後の微細構造を、調合条件のみから予測することは難しい。今回作成したシミュレーションモデルは、ポリマーセメント系塗膜防水層の材料分離の影響を概ね再現した微細構造予測が可能であり、今後この材料の構造と物性を検討する上で有用であると考えられる。

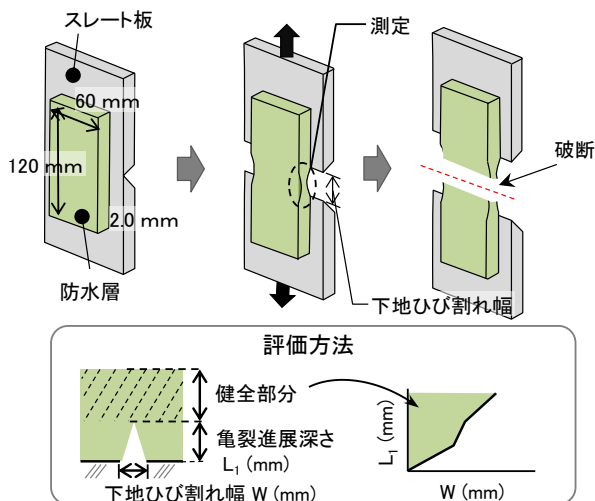


図2 ゼロスパンテンション試験の概要

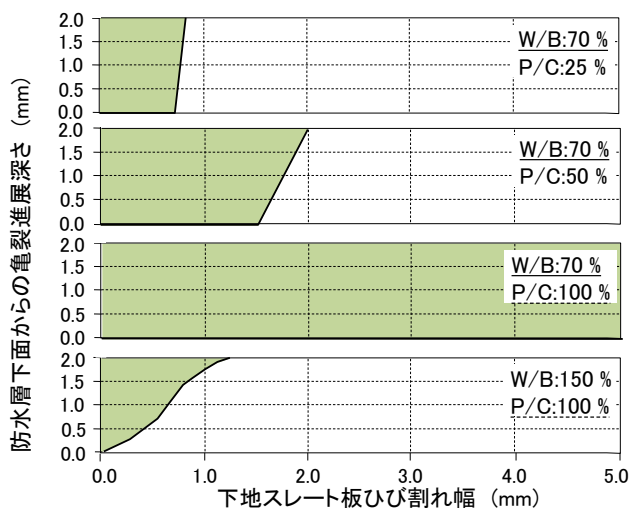


図3 ゼロスパンテンション試験結果

W/B (%)	70	70	100	150				
P/C (%)	50	100	100	100				
暴露面	EPMA	予測	EPMA	予測	EPMA	予測	EPMA	予測
硬化後のP/C (%) (型枠面から0.4mm)	51.35	49.6	70.07	78.66	75.08	86.49	47.05	44.67
防水層破断時の下地 スレート板ひび割れ幅 (mm)	2	5 <	5 <	1.25				

■ : セメント硬化体 □ : 混在部 □ : ポリマー

図4 EPMAによる微細構造観察結果およびシミュレーションによる微細構造予測結果の比較

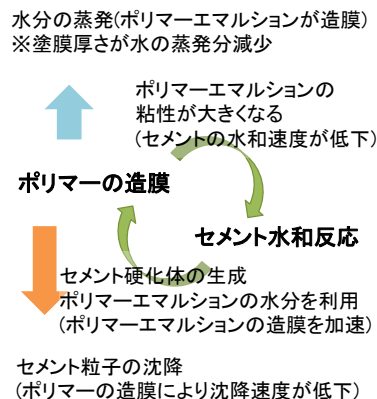


図5 ポリマーセメントの造膜の概念図