

論文 アクリル系樹脂混合モルタル目地によるタイルの剥落防止性の研究

堀 淳一*1・政田 翔大*1・河辺 伸二*2・竹蔦 優日*3

要旨: タイルの剥落低減に関して、アクリル系樹脂のガラス転移点の違い (T_g: -21°C, T_g: -60°C) と樹脂量および骨材比に着目し剥落抵抗性の実験を実施した。材料としての評価をゼロスパンテンション伸び量試験、吸水試験で実施し、目地材としての評価を押し込み載荷実験で実施した。その結果、押し込み載荷実験にて樹脂入り目地モルタルを用いた場合に、破壊モードが目地材の凝集破壊となり、剥落防止性が確認された。さらに、ひずみ測定にて目地材の柔軟性により浮いていないタイルへの影響を軽減できることを確認した。材料評価では、T_g-21°Cのアクリル系樹脂が、半値幅が広く、耐水性の良い目地材となることを確認した。

キーワード: 目地, アクリル樹脂, モルタル, タイル

1. はじめに

タイルは耐久性に優れた建築仕上げ材として多く用いられる。建築物の壁や床を保護する機能を持ち、美装性、メンテナンス性に優れた建築材料である。タイルはモルタルや有機系弾性接着剤で張り付けられ、目地部は目地モルタルで詰められる。

目地モルタルはタイル裏面への雨水の侵入を防ぎ、下地モルタルあるいは張付けモルタルの吸水膨張や乾燥収縮の挙動を抑える役割がある。また、目地モルタルが密実に充填されることで、タイル陶片浮きが発生した際に目地モルタルとタイルの連結効果によりタイル陶片の剥落を抑制する効果がある。

しかし、モルタル系目地材料は動きのある箇所ではひび割れが発生する可能性がある。そのような場合には下地の動きに対する追従性が高く、柔軟性の高い樹脂系目地材料を使用するのが良いと考える。

堀ら²⁾は樹脂混合モルタル目地によるタイルの剥落防止性の研究を行い、樹脂種類と樹脂量の違いによる剥落防止性の実験の評価を行った。その結果、アクリル系樹脂を使用したものは柔軟性を有し、樹脂量が多いほど最大変位時の残存荷重が大きくなり、タイルの剥落抵抗性がみられた。

そこで本研究では、使用する樹脂をアクリル系樹脂に絞り、樹脂の硬さの指標であるガラス転移点(T_g)の異なる樹脂と樹脂量の違い、セメントと骨材の比率による剥落防止性の評価を行う。

コンクリート平板にタイルを張り付け、目地部に実験材料を充填し、押し込み載荷実験により、目地材としての評価を行う。また、ゼロスパンテンション伸び量試験および吸水試験により、実験材料自体の評価を行う。

2. 実験材料

本研究で使用する実験材料を表-1に示す。樹脂種類、樹脂割合、骨材比、増粘剤の有無の組み合わせにより目地モルタルを検討する。仕様選定のため練り混ぜ時の初期フロー値および硬化時の割れ、へこみの有無を確認し、目地材として使用できないものを除いた24仕様とする。アクリル系樹脂は2種類使用する。以下、アクリル系樹脂(T_g: -21°C)を①、アクリル系樹脂(T_g: -60°C)を②と表記する。ブランクは樹脂を添加しない配合とする。

表-1 実験材料の組成と施工性評価

番号	供試体名	樹脂種類	樹脂割合 [%]	増粘剤	フロー値 [mm]	施工性評価	破壊モード
1	①-I-ブランク	—	0	有	158	○	界面
2	①-I-50	①	50	有	135	○	界面
3	①-I-75	①	75	有	182	△	凝集
4	①-I-100	①	100	有	201	×	凝集
5	①-II-ブランク	—	0	有	191	○	界面
6	①-II-75	①	75	有	168	△	凝集
7	①-II-100	①	100	有	193	○	凝集
8	①-II-125	①	125	有	209	×	凝集
9	①-III-ブランク	—	0	有	176	○	界面
10	①-III-75	①	75	有	201	△	界面
11	①-III-100	①	100	有	178	○	凝集
12	①-III-125	①	125	有	195	×	凝集
13	②-I-ブランク	—	0	無	181	○	界面
14	②-I-50	②	50	無	109	△	界面
15	②-I-75	②	75	無	158	○	凝集
16	②-I-100	②	100	無	—	×	凝集
17	②-II-ブランク	—	0	無	191	○	界面
18	②-II-75	②	75	無	137	○	界面
19	②-II-100	②	100	無	177	○	凝集
20	②-II-125	②	125	無	—	×	凝集
21	②-III-ブランク	—	0	無	161	△	界面
22	②-III-75	②	75	無	129	○	界面
23	②-III-100	②	100	無	140	○	界面
24	②-III-125	②	125	無	186	△	凝集

*1 菊水化学工業株式会社 (正会員)

*2 名古屋工業大学大学院 教授・工博 (正会員)

*3 名古屋工業大学 建築・デザイン工学科

骨材比は、質量比で白色セメント:珪砂=1:1, 1:2, 1:3 とする。以下、それぞれをⅠ, Ⅱ, Ⅲと表記する。Ⅰはポルトランドセメント(47), 珪砂(51), 添加剤(2)の割合, Ⅱはポルトランドセメント(31), 珪砂(68), 添加剤(1)の割合, Ⅲはポルトランドセメント(23), 珪砂(76), 添加剤(1)の割合である。()内の数値は配合割合を示す。樹脂割合はP/C(樹脂固形分/白色セメント)により求める。樹脂固形分は樹脂中に含まれる揮発分を除いた割合である。

3. 実験方法

3.1 押し込み荷重実験

3.1.1 押し込み荷重実験概要

供試体の断面詳細を図-1に示す。寸法 300×300mm×厚さ 60mm のコンクリート平板を基板とする。張付けモルタルがコンクリート平板と完全に接着した状態であると目地材による影響が評価しづらくなるため、本研究では図-1に示す A と B の 2 種類で実験を行う。

実験状況を写真-1, 写真-2に示す。小口タイル 6 枚を写真-1に示すように並べ、タイル張付けモルタルでタイルを張り、その後タイル間に目地モルタルを充填する。なお、上段中央タイル部のコンクリート平板と張付けモルタルの間に粘土鉱物を塗り、剥離しやすい状態とする。以下、A と表記する。粘土鉱物配合はベントナイト:水=1:3の質量比とし、写真-1の□で囲んだ部位に塗布する。

上段中央タイル以外の 5 枚の小口タイルを写真-2に示すように並べ、タイル張付けモルタルで張り付ける。裏面にタイル張付けモルタルを塗り、あらかじめモルタルを硬化させたタイルを上段中央に置き、目地モルタルを充填する。以下、B と表記する。

目地の幅は 10mm とし、タイル張付けモルタルを 7 日間養生した後、目地モルタルを充填し 28 日間養生した。

実験は、精密万能試験機(100kN)を使用し、荷重と変位で評価を行う。上段中央タイルに上方から面内方向へ試験力を加える。荷重速度は毎分 1mm で行い、タイル上部に 0.1kN の荷重が加わった時点を変位 0mm とし、変位が 8mm に達した時点で実験終了とする。なお、変位は試験機に内蔵された変位計の移動量で評価する。

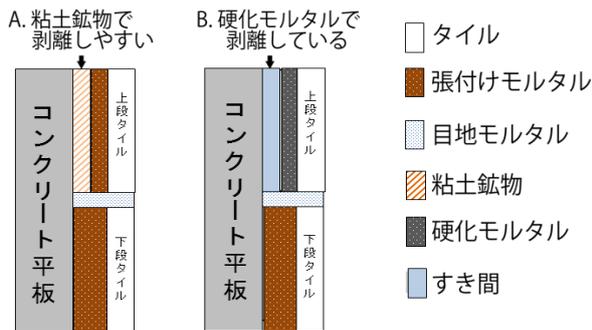


図-1 供試体の断面詳細

3.1.2 タイルのひずみ測定

ひずみゲージを写真-1に示すように上段中央タイル、下段中央タイルに 1 枚ずつ貼り付ける。押し込み荷重をスタートすると同時に測定を開始し、押し込み荷重が終了するまでひずみを測定する。

3.2 ゼロスパンテンション伸び量試験

JASS 8³⁾に準拠し、精密万能試験機(10kN)を使用して試験を行う。試験概要を図-2に示す。試験条件は JASS 8 の標準状態 (23°C) および JIS A 6021 引張性能試験⁴⁾に示す低温状態 (-20°C), 高温状態 (60°C) の合計 3 水準とする。目地材料が破断し始めた時点と 8 割破断した時点の伸び量を測定する。目地材料が 8 割破断した時点で試験終了とする。試験体はブランクを除いた 18 仕様とし、試験条件毎に n=3 で行う。

3.3 吸水試験

JIS A 6916⁵⁾に準拠して試験を行う。試験体は 24 仕様とし、n=3 で行う。試験概要を図-3に示す。試験開始 10 分後、30 分後、1 時間後、5 時間後、24 時間後の吸水量を測定する。

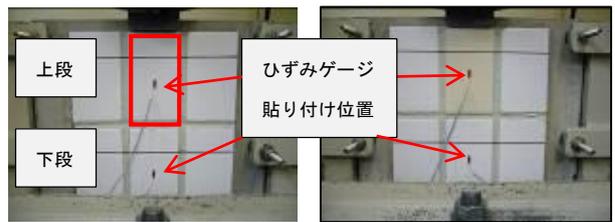


写真-1 押し込み荷重実験 A 写真-2 押し込み荷重実験 B

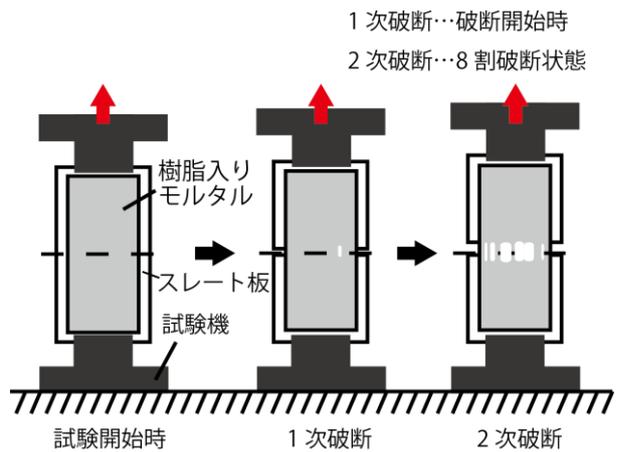


図-2 ゼロスパンテンション伸び量試験の概要

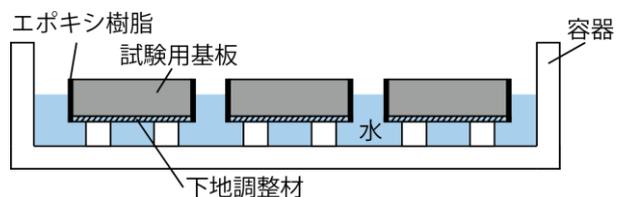


図-3 吸水試験の概要

4. 実験結果と考察

4.1 押し込み载荷実験

4.1.1 ブランク (樹脂無し目地モルタル)

破壊モードは、全て界面であった。A-②-III-ブランクの供試体は上部中央タイルが全て試験中に剥落した。試験状況を写真-3、写真-4に示す。

Aの実験結果を図-4に、Bの実験結果を図-5に、変位-荷重曲線の概要を図-6に示す。図中のデータは、n=3の平均に近い値を用いる。

荷重-変位曲線は、A、Bともに同様の挙動を示した。最大荷重後、急激に荷重が低下し、その後、目地材の保持力による残存荷重がみられた。

骨材比が高くなるほど、最大荷重が低下する傾向がみられた。これは、骨材比が高くなったことで、モルタル自体の強度が低下したためと考えられる。

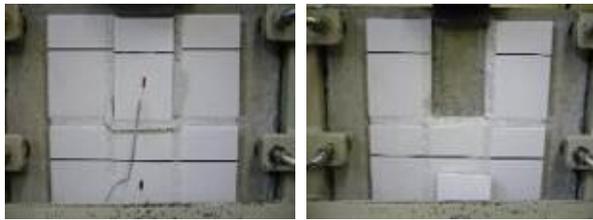


写真-3 剥落前の様子
A-②-III-ブランク
写真-4 剥落後の様子
A-②-III-ブランク

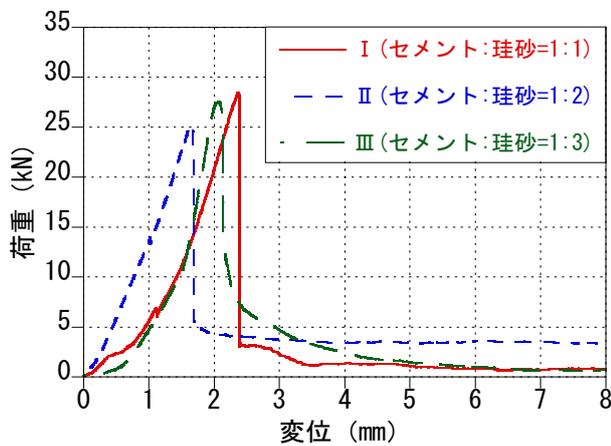


図-4 押し込み载荷実験 A-①-ブランク

4.1.2 樹脂入り目地モルタル

荷重-変位曲線の概要を図-7に、Aの実験結果を図-8と図-9に、Bの実験結果を図-10と図-11に示す。

Aの実験結果は、どちらの樹脂を用いた場合も張付けモルタルの破断後に荷重が再び上昇し、2次ピークが得られた。その後、荷重は下降する挙動を示した。これは上段中央タイル下の目地モルタルが载荷により圧縮し、かつ下段タイルとの反力によって荷重が上昇すると考えられる。2次ピーク後の荷重の下降は、タイルが面外方向に押し出された状態である。

Bの実験結果は、上段中央タイルが浮いているため、1次ピークはない。試験開始から変位の増加とともに荷重が上昇し、2次ピークが得られた後、タイルが面外方向に押し出され、荷重は下降する挙動を示した。

A、Bともに、樹脂割合が高くなるほど2次ピークまでの荷重上昇は緩やかになり変位は大きくなる。これは、樹脂割合が高いほど目地モルタルの柔軟性は高くなり、下段タイルからの反力を低減する。さらに、载荷による目地モルタルの変形量が増加したため、荷重上昇は緩やかになり変位は大きくなったと考えられる。

骨材比による影響は上述と同様な挙動を示し、樹脂入り目地モルタルは骨材比による違いはみられなかった。

施工性評価と破壊モードを表-1に示す。施工性評価は目地モルタルを目地部に一本目地で充填した際の浸離れ

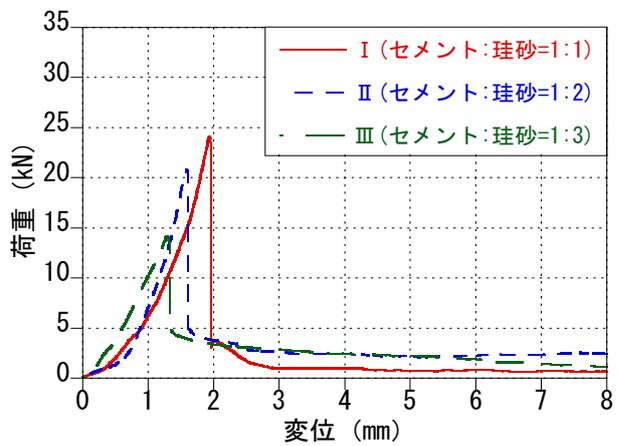


図-5 押し込み载荷実験 B-①-ブランク

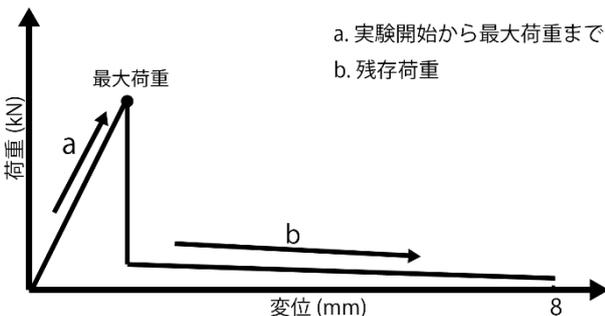


図-6 押し込み载荷実験の結果概要 ブランク

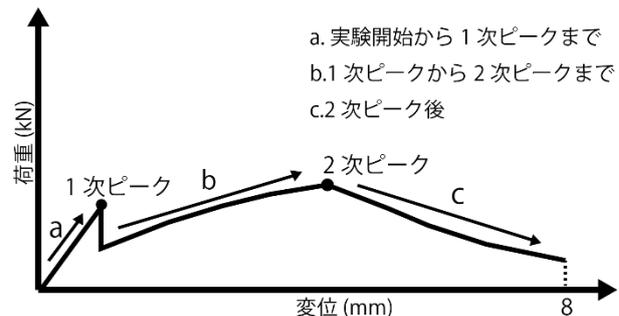


図-7 押し込み载荷実験の結果概要 樹脂入り目地モルタル

とだれで評価した。鏝離れは鏝にモルタル付着の有無、だれは充填した際のだれの有無を基準とし、2水準ともに無の場合を○、ともに有を×、一方のみ無を△とグレード分けした。破壊モードは上段中央タイルと接する目地モルタルと上段中央タイル間で破断した状態を界面と表し、目地モルタルの凝集破壊した状態を凝集と表した。

樹脂①はP/Cを100%以上にするこで、骨材比に関わらず破壊モードが凝集となり、樹脂②は骨材比が増えるごとに、P/Cが75%から25%ずつ増加し、破壊モードが凝集となる傾向であった。

施工性評価が良く、破壊モードが凝集破壊のものは、①-II-100、①-III-100、②-I-75、②-II-100であった。実験後の様子を写真-5、写真-6、写真-7、写真-8に示す。これらはタイルの剥落もなく剥落防止性がみられた。

4.1.3 ひずみと変位の関係

ブランクおよび樹脂入り目地モルタルのひずみと変位の関係は各々全ての試験体で同じ傾向が見られた。代表例を図-12と図-13に示す。

ブランクは上段タイル及び下段タイルに試験開始から圧縮側にひずみが発生し、張付けモルタルが基板から破断した時点でひずみが低下した。樹脂入り目地モルタルは試験開始から上段タイル、下段タイルともひずみが発生しなかった。ブランクは、硬い目地材であったため、上段タイルに加わった荷重が下段タイルに伝達したと考えられる。樹脂入り目地モルタルは、柔軟性を有しているため、上段タイルに加わった荷重が目地モルタルにより緩衝され、下段タイルに荷重が伝達しなかったと考えられる。このことにより、樹脂入り目地モルタルは、浮

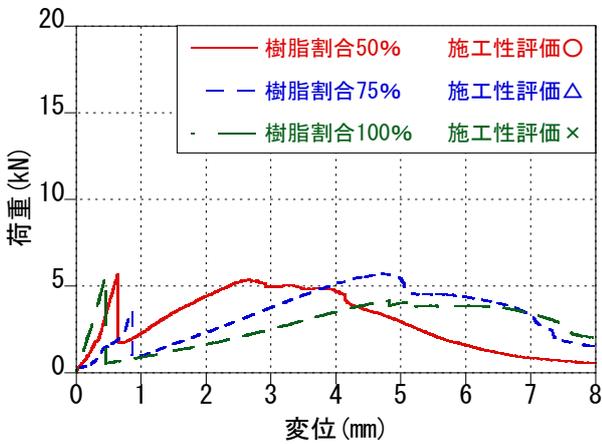


図-8 押し込み载荷実験 A-①-I

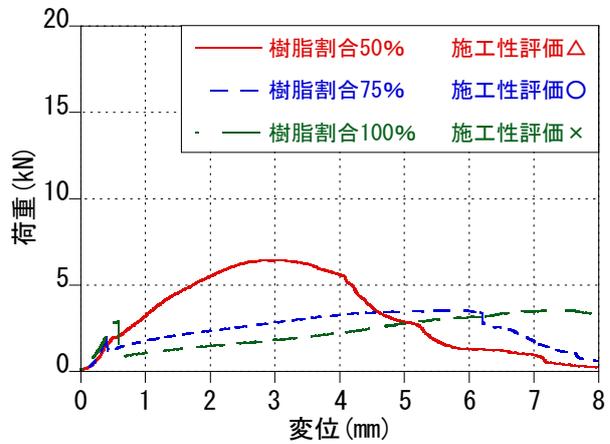


図-9 押し込み载荷実験 A-②-I

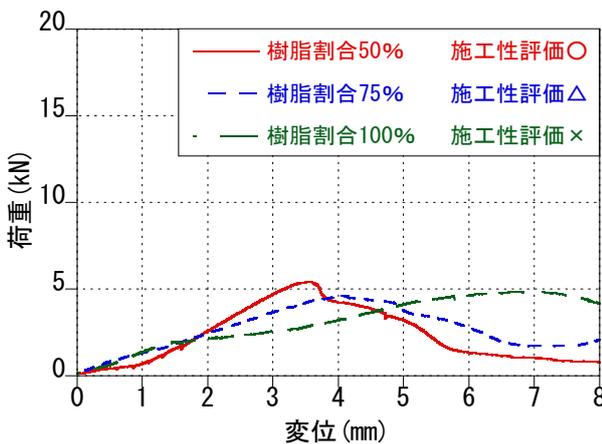


図-10 押し込み载荷実験 B-①-I

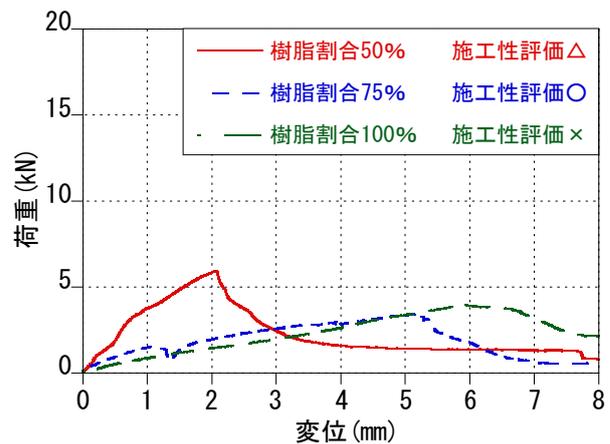


図-11 押し込み载荷実験 B-②-I



写真-5 実験後の様子
A-①-II-100



写真-6 実験後の様子
A-①-III-100



写真-7 実験後の様子
A-②-I-75



写真-8 実験後の様子
A-②-II-100

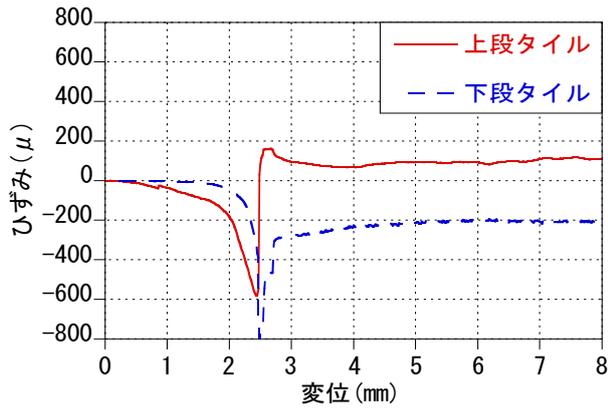


図-12 ひずみと変位の関係 A-②-I-ブランク

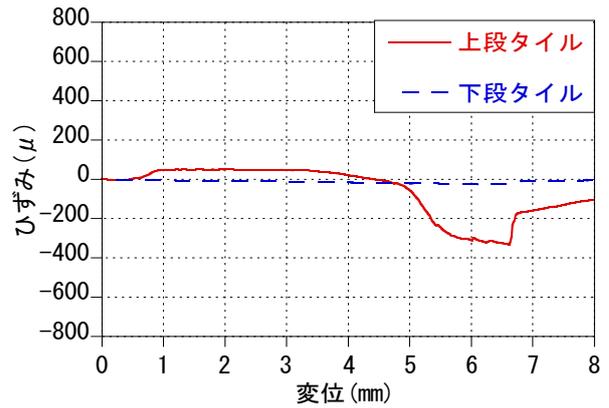


図-13 ひずみと変位の関係 A-②-I-75

いていないタイルへの影響を軽減できるため、浮きの拡大を低減することができる。

4.2 ゼロスパンテンション伸び量試験

荷重-伸び量曲線の概要を図-14に示す。半値幅とは最大荷重の半分の荷重の2点を結んだ幅のことである。半値幅が広いほど目地材の伸度は高くなる。

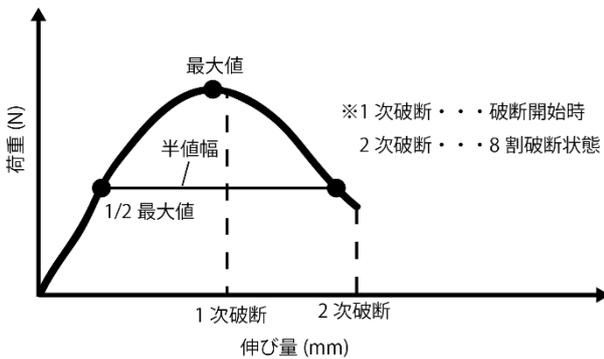


図-14 ゼロスパンテンション伸び量試験の結果概要

表-2 ゼロスパンテンション伸び量試験の結果(樹脂①)

樹脂	試験状態	骨材比	樹脂割合(%)	半値幅(mm)	最大荷重(N)	2次破断(mm)	
①	標準	I	50	1.28	131	1.56	
			75	2.56	110	2.70	
			100	3.74	92	3.56	
		II	75	1.52	105	1.66	
			100	2.46	94	2.38	
			125	2.86	78	2.34	
		III	75	1.46	162	1.86	
			100	1.46	96	1.50	
			125	2.12	73	1.74	
		低温	I	50	0.66	266	1.02
				75	1.32	278	1.78
				100	2.90	210	3.40
	II		75	1.18	229	1.72	
			100	1.54	311	2.14	
			125	1.78	234	2.34	
	III		75	0.64	439	1.46	
			100	0.78	252	1.30	
			125	1.24	272	1.70	
	高温		I	50	1.20	88	1.22
				75	1.84	66	1.40
				100	2.72	70	1.96
		II	75	1.38	77	1.22	
			100	1.56	52	2.08	
			125	1.98	64	0.98	
III		75	1.22	107	1.36		
		100	1.24	60	1.80		
		125	1.64	57	2.14		

試験結果を表-2と表-3に示す。樹脂①と樹脂②の代表例を図-15と図-16に示す。

樹脂①は樹脂②に比べ、最大荷重が高く、半値幅は広くなる傾向を示した。これは、樹脂①のガラス転移点が樹脂②に比べ高く、強靱な目地モルタルとなったためと考えられる。

樹脂②はガラス転移点が -60°C と非常に低い樹脂であるが、2次破断の伸び量が小さい結果となった。

樹脂割合の比較では、樹脂量が増加すると最大荷重は低下し、半値幅は広くなる傾向がみられた。I～IIIの同量樹脂割合を見比べると、最大荷重は同程度だが、半値幅は、狭くなる傾向がみられた。

試験条件の比較では、最大荷重が低温、標準、高温の順で高くなり、温度依存性がみられた。

以上より、樹脂①が目地材に有効である。

表-3 ゼロスパンテンション伸び量試験の結果(樹脂②)

樹脂	試験状態	骨材比	樹脂割合(%)	半値幅(mm)	最大荷重(N)	2次破断(mm)	
②	標準	I	50	0.54	126	0.72	
			75	0.98	85	0.94	
			100	1.52	62	2.02	
		II	75	0.66	86	0.72	
			100	0.90	69	0.72	
			125	1.38	61	1.86	
		III	75	0.52	92	0.60	
			100	0.62	79	0.64	
			125	0.98	73	0.80	
		低温	I	50	0.48	286	1.16
				75	0.72	237	1.02
				100	0.82	150	1.10
	II		75	0.58	227	0.88	
			100	0.74	160	0.98	
			125	0.90	140	1.16	
	III		75	0.34	197	0.60	
			100	0.52	114	0.68	
			125	0.82	164	1.16	
	高温		I	50	0.68	89	0.74
				75	1.38	60	1.74
				100	1.90	45	2.38
		II	75	0.82	61	1.16	
			100	1.56	59	1.96	
			125	1.56	41	2.04	
III		75	0.64	77	0.64		
		100	0.96	78	0.56		
		125	1.60	51	2.04		

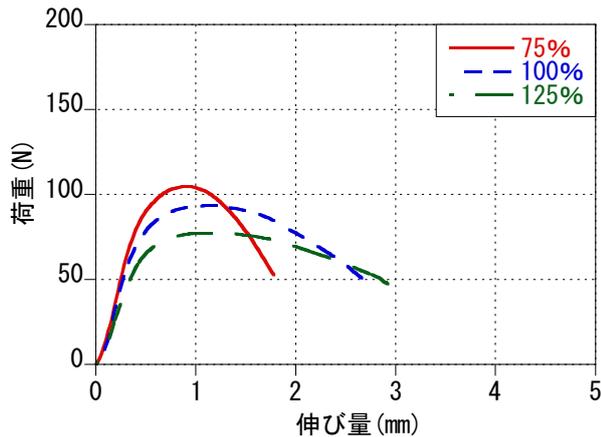


図-15 ゼロスパンテンション伸び量試験 標準①-II

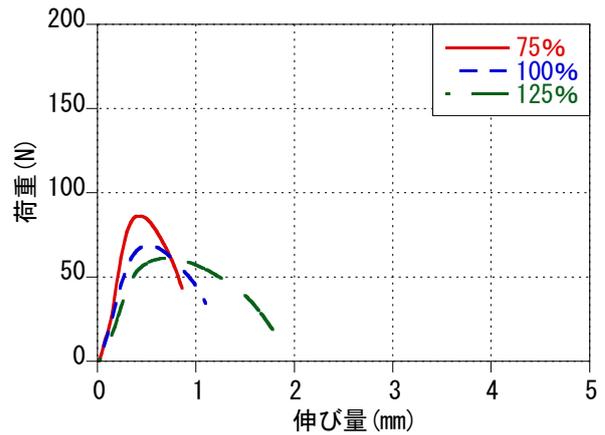


図-16 ゼロスパンテンション伸び量試験 標準②-II

4.3 吸水試験

試験結果を表-4に示す。樹脂入り目地モルタルはブランクに比べ吸水量が大幅に減少していた。樹脂入り目地モルタルは耐水性に優れていることが分かる。

樹脂①と樹脂②を比較すると、骨材比が同じ場合、樹脂①は吸水量が少なくなる傾向を示した。また、測定時間の24時間後の吸水量から10分後の吸水量を引いた値においても樹脂①は、樹脂②より吸水量が少なくなる傾向を示した。

以上より、初期吸水及び長期吸水に優れた樹脂①が目地材に有効である。特に①-IIは最も吸水量が小さく、耐水性が優れているため、目地材に有効である。

5. 結論

- 1) ブランク(樹脂無し目地モルタル)は、破壊モードが界面であり、上段中央タイルが剥落し、剥落防止性が低い。
- 2) 樹脂入り目地モルタルは破壊モードが目地材の凝集破壊又は一部界面破壊であり、試験後もタイルは剥落せず剥落防止性がみられた。
- 3) 樹脂①は骨材比に関わらずP/Cが100%以上、樹脂②は骨材比が増えるごとに、P/Cが75%から25%ずつ増加し、破壊モードが凝集となり、施工性評価も良好なものは、①-II-100、①-III-100、②-I-75、②-II-100であった。
- 4) 樹脂入りの目地モルタルは柔軟性を有しており、上段タイルに加わった荷重を下段タイルへ伝達することを低減でき、浮いていないタイルへの影響を軽減できるため、浮きの拡大を低減することができる。
- 5) 樹脂①は樹脂②に比べ、最大荷重が高く、半値幅は広がる傾向を示し、強靱なモルタルとなるため、目地材に有効である。
- 6) 樹脂①は樹脂②に比べ、吸水量が少なくなる傾向を示し、特に①-IIは耐水性に優れているため、目地材に有効である。

謝辞 名古屋工業大学伊藤洋介助教に謝意を表します。

表-4 吸水試験の結果

樹脂	骨材比	樹脂割合 (%)	吸水量(g)				
			10分	30分	1時間	24時間	24時間-10分
①	I	0	4.57	4.97	5.05	6.09	1.52
		50	0.16	0.23	0.27	0.81	0.66
		75	0.11	0.20	0.25	0.77	0.66
		100	0.15	0.20	0.21	0.73	0.58
	II	0	4.59	4.78	4.96	6.51	1.93
		75	0.19	0.20	0.25	0.50	0.31
		100	0.07	0.13	0.20	0.61	0.54
		125	0.09	0.15	0.18	0.42	0.34
	III	0	4.13	4.32	4.45	5.63	1.50
		75	0.27	0.40	0.37	0.90	0.62
		100	0.14	0.16	0.18	0.62	0.48
		125	0.11	0.13	0.14	0.60	0.49
②	I	0	4.30	4.52	4.68	6.04	1.74
		50	0.20	0.31	0.35	1.08	0.87
		75	0.13	0.25	0.28	0.90	0.77
		100	0.21	0.23	0.30	0.85	0.65
	II	0	3.68	3.86	3.94	5.06	1.38
		75	0.21	0.32	0.33	0.92	0.71
		100	0.22	0.27	0.31	0.96	0.74
		125	0.25	0.30	0.32	0.87	0.62
	III	0	3.82	3.97	4.02	5.32	1.51
		75	0.28	0.43	0.50	1.44	1.17
		100	0.28	0.37	0.38	1.12	0.84
		125	0.11	0.32	0.36	1.20	1.09

参考文献

- 1) 棚橋泰士, 堀淳一, 河辺伸二: 樹脂を混合したタイル目地によるタイルの剥落低減に関する研究, コンクリート工学年次論文集, vol.36, No.1, pp.580-585, 2014
- 2) 堀淳一, 棚橋泰士, 河辺伸二, 山森高大: 樹脂混合モルタル目地によるタイルの剥落防止性に関する研究, コンクリート工学年次論文集, vol.37, No.1, pp.577-582, 2015
- 3) JASS 8: 日本建築学会建築工事標準仕様書・同解説, 防水工事, M-101-2014, 防水用ポリエステル樹脂, 2014
- 4) JIS A 6021: 建築用塗膜防水材, 6.9 劣化処理後の引張性能試験, 2011
- 5) JIS A 6916: 建築用下地調整塗材, 7.14 吸水試験, 2014