

## 止水型コンクリートひび割れ誘発目地材の付着性および止水性の評価

会員外 ○山科祐太\*<sup>1</sup>  
正会員 鈴木好幸\*<sup>2</sup>  
同 濱 幸雄\*<sup>3</sup>  
同 谷口 円\*<sup>4</sup>

## 1.材料施工-8. 防水材料・工法・工事

モルタル、コンクリート、ひび割れ誘発目地材、透水試験、引張試験

## 1.はじめに

コンクリート構造物には、コンクリートの特性上回避が困難な乾燥収縮や構造体の膨張収縮によりひび割れが発生し、ひび割れ部からの漏水や炭酸ガスの侵入が構造物の耐久性に悪影響を及ぼす。さらに寒冷地においては冬期施工となる場合が多く、コンクリート内部と表層の温度差が大きくなるため、ひび割れが発生するリスクがより高まる。また、実際の構造物では様々な要因の影響を受けるため、いつどこでひび割れが発生するかを予測するのは難しく、完全に防ぐのは極めて困難とされている。

そこでひび割れを完全に防ぐのではなく、その発生を制御するための方法としてひび割れ誘発目地の設置がある<sup>1)</sup>。特に近年は、施工が容易かつ、より効果的にひび割れを誘発できる止水型コンクリートひび割れ誘発目地材が開発され、これらはブチルゴムを主成分とした粘着ゴムを用いることで、人為的に発生させたひび割れに対し高い止水効果があると期待されている。現在では化粧目地一体型や、鉄筋固定埋め込み型等が国土交通省でNITES登録され、日本全土で使用されている。

本研究では止水型コンクリートひび割れ誘発目地材のコンクリートの変位に対する付着性および止水性の評価を目的として、止水型ひび割れ誘発目地材を用いて引張試験および透水試験を行う。

## 2. 実験計画

本実験で用いる各種目地材の概要を図1、構成を表1に示す。目地深さは各種類で異なり、A、S、Jタイプにはブチルゴムを主成分とした粘着ゴムが使用されている。また、Sタイプには発泡材に

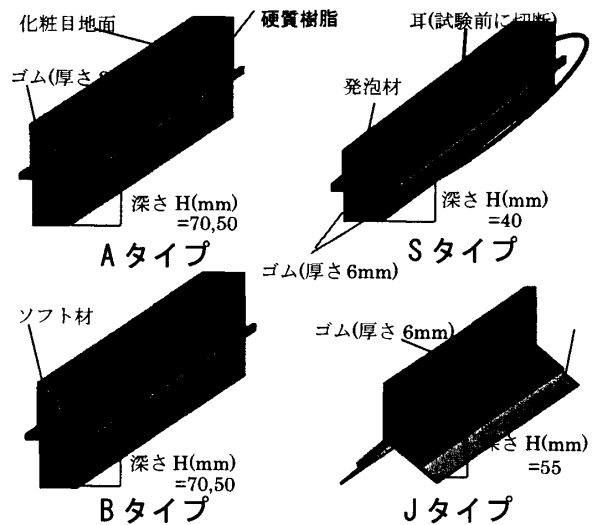


表1 各種目地材の構成

図1 各種目地材概要

目地材種類	目地深さ H(mm)	ゴム厚 さ(mm)	構成材料
Aタイプ	70	20	芯鉄板, 樹脂カバー付
	50		
Bタイプ	70	-	ソフト材, 樹脂カバー付
	50		
Sタイプ	40	6	発泡剤, 樹脂カバー付 V字金物
Jタイプ	55		

ゴムが薄く巻かれており、JタイプにはV字に折り曲げた金物を組み込んでいる。

引張試験用試験体を図2に示す。試験体には引張試験で引っ張るために、試験体をつかむための鉄筋を両側に埋め込んだ。なお鉄筋はD16の異型鉄筋とした。また、試験中の様子はビデオカメラで撮影し、映像による記録と実験データから粘着

表 2 実験計画

	試験方法	条件	試験を行う目地材					
			S	J	A70	A50	B70	B50
引張試験	5mm/minの速度でモルタルの両側を引張る	室温20°C, 相対湿度60%の試験室で行う	○	○	○	○	-	-
透水試験	①0.0005MPa, ②0.02MPa, ③0.2MPaの水圧を化粧目地面から10分間加える	①通常目地幅, ②拡張幅1, ③拡張幅2の3条件の目地幅について試験を行う	○	○	○	○	○	○

ゴムの破断点および伸び幅を判断した。また、粘着ゴムを使用していないBタイプは引張試験を行わなかった。

透水試験用試験体を図3に示す。目地幅を拡張した状態での止水性についても評価するため、目地幅を調整する拡張スペーサーを設置するための目地幅拡張用スペースを設けた。透水試験では目地材の付着による止水効果について検証する。目地幅は拡張させたものを含め3条件用意し、拡張幅は引張試験の結果をもとに設定した。

両試験体とも水セメント比 55%のモルタルとし、打設、脱型後は4週水中養生とした。実験計画を表2に示す。なお、本実験では粘着ゴムの付着性および止水性に重点をおいて評価するため、A, B, Sタイプの硬質樹脂のかえし部分(以下、「耳」と表現する)を切断した。

3. 実験結果および考察

3-1. コンクリートへの付着性について

引張試験結果から得られた各種目地材の粘着ゴムの伸張率を図4に示す。伸張率は(1)式により算出した。

$$\text{伸張率}(\%) = [\text{伸び幅}(\text{mm}) / \text{ゴム厚さ}(\text{mm})] \times 100 \quad (1)$$

伸び幅：ゴム付着破断時のゴムの伸び

表3に各種目地材の平均伸び幅および伸張率を示す。JIS A5758(建築シーリング材)において目地材には60%以上の伸張率が求められているが、S, Aタイプでは26~35%程度しかなかった。また、耳のわずかな切り残しがゴム破断後も写真1のように引張力に耐えながら広がっており、耳のモルタルへの噛み合いが予想以上に有効に働いていることがわかった。

また、A50およびA70のような目地深さの違いは、伸張性に大きな影響を与えないことがわかった。さらに、AタイプはS, Jタイプに比べ粘着ゴムの厚さが3倍以上あるのに対し、伸張率の増加は見られなかった。よって、粘着ゴムの厚さが伸張率の向上に与える影響は少ないといえる。一方、V字金物を用いたJタイプでは74%という高い伸張率が得られた。これは引張られた際に、写真2のように粘着ゴムだけでなくV字金物も同時に

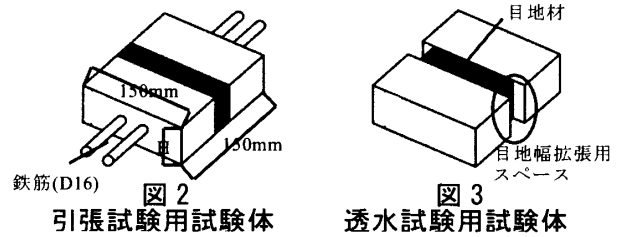


図2 引張試験用試験体

図3 透水試験用試験体

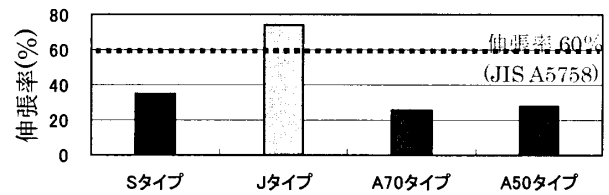


図4 各種目地材の伸張率

表3 各種目地材の平均伸び幅および伸張率

目地材種類	ブチルゴム初期幅(mm)	破断時の伸び幅(mm)	伸張率(%)
S	6	2.09 (S-2のみ)	35
J		4.43	74
A70	20	5.22	26
A50		5.50	28



写真1 耳の噛み合い



写真2 V字金物の広がり

広がることで、ゴムの早期破断を防ぐことができたためであると考えられる。

このことから、Jタイプのようにゴムと一緒に伸びることができる材料を組み合わせることで、目地材として求められている性能を確保できることがわかった。

また、引張試験後の断面をみると、Aタイプはモルタルの境界面からゴムが剥がれている(写真3)のに対し、Sタイプはモルタル側にもゴムが付着している(写真4)。この原因については、AタイプとSタイプの構造の違いによって起こる水分供給量の違いが考えられる。Aタイプでは目地幅全体に粘着ゴムを使用しているが、Sタイプでは粘

着ゴムの消費量を抑え、加工性を向上させるため、発泡材に粘着ゴムを巻く構造になっている。

図5のようにエステル結合をもつゴムには、水分子を加えることで分子が分解され（加水分解）劣化する性質がある<sup>2)</sup>。このとき、カルボキシル基をもつ分子ができるこのような分子中にカルボキシル基のある成分を含むものの例として AE 剤や AE 減水剤等があり、これらがセメント中の酸化カルシウムと反応することが知られている。このことから、加水分解によって劣化したゴムが、セメントと反応しやすくなったことによってゴムとコンクリートが付着することが考えられ、養生中のゴムへの水分供給量が多くなるほど加水分解が進行し、ゴムが付着しやすくなることが考えられる。

そこで、S タイプの発泡材が露出している側面を水に浸け1週間の吸水試験を行ったところ、図6のようにAタイプの側面よりも吸水していることが確認できた。このことから、Aタイプ試験体では、水中養生中に粘着ゴムの加水分解は試験体表面からの水分供給のみで進行したと考えられる。一方、Sタイプ試験体は、目地材先端部に発泡材が露出しており、この発泡材からより多くの水分が供給されたことが考えられる。このように、Sタイプは水中養生中に発泡材からより多くの水分供給ができたことで、粘着ゴム中に含まれているエステル結合を持つゴム分子の加水分解が進行し、写真5のようにモルタルに付着しやすくなったと考えられる。

しかし、本実験で用いた粘着ゴムにエステル結合をもつゴム分子が含まれているかは不明である。また、実際の建設現場でひび割れ誘発目地材が使用されるときは、このような水分が供給されるような状況にあるとは考えにくく、写真5のような強い付着は起こりにくく考えられる。

### 3-2. ひび割れ誘発目地材の止水性について

透水試験結果を表4に示す。拡張幅は引張試験の結果をもとに設定した。A,S,Jタイプの拡張幅0の試験体は漏水していなかった。特にJタイプについてはV字金物がゴムの破断を防いでいたため、どの拡張幅においても水漏れは起きず、その高い止水性を確認できた。このことから、Jタイプでは少なくともゴムが付着していれば漏水しないと思われる。

A,Sタイプの目地幅を拡張させたものでは、ゴムの伸張による止水よりも耳の噛み合いによる止

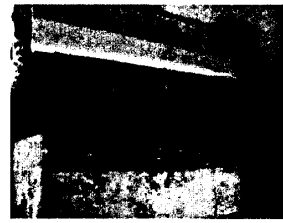


写真3

引張断面(A50タイプ)

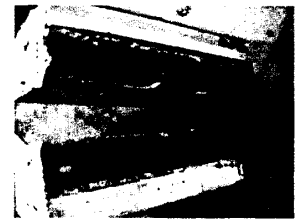


写真4

引張断面(Sタイプ)

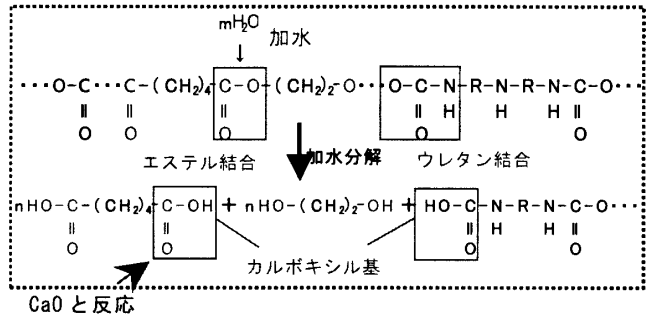


図5 ポリエステル系ウレタンゴムの加水分解

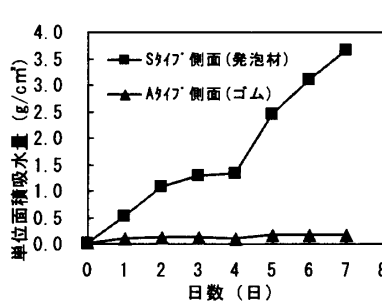


図6 吸水試験結果

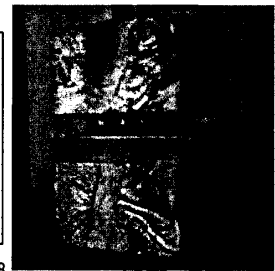


写真5

Sタイプの粘着

水効果が目立った。Sタイプの試験体は引張試験では2.09mmで粘着ゴムが破断しており、拡張幅2mmの試験体では粘着ゴムがほぼ破断した状態で試験を行ったことになるが、S-2-1の試験体は漏水が抑制されており、0.2Mpaにおける横漏れも目地幅拡張用スペースに充填したシーリングが圧力におされできた隙間によるものと考えられる。

また、引張試験において付着の弱さが見られたAタイプの試験体でも、A50タイプの拡張幅50%試験体において、漏水したものとしていないものがあり、漏水したものについても試験体の目地幅拡張用スペースの欠陥による横漏れであった。よって、これらは粘着ゴムによる止水ではなく、耳の噛み合いによる止水効果であると考えられる。また、粘着ゴムのないBタイプにおいてもB-50-2,B-70-1では漏水しておらず耳の止水に対する有効性が確認できた。これらから、耳の噛み合いによる高い止水効果を確認することができたが、その影響が大きいためゴム伸張時の止水性を明確にすることができなかった。

また、耳の著しい破損（写真 6）が漏水を起こしていたケースもあった。A50-1-1, A70-50%-2 は耳の一部が著しく欠損した部分から水が浸入し、粘着ゴムの部分的に破断した箇所から漏水していた。本実験では、長さ 130mm にカットした止水型コンクリートひび割れ誘発目地材を使用した。実際に現場で使用される場合には、数 m の長さで埋め込まれるため、目地材のどこかにこのような欠陥が生じる可能性が高くなる。よって、粘着ゴムや耳が高い止水性を有していると言っても、このような欠陥によって漏水が起きる可能性は十分考えられる。また、構造物中に設置したひび割れ誘発目地材にそのような欠陥が生じたとしても、欠陥を見つけ補修していくことは難しい。よって、ひび割れ誘発目地材が必要な止水効果を発揮するためには、使用時の適切な施工が重要となる。

#### 4. まとめ

- (1) A, S タイプは伸張率 60%に満たなかったが、J タイプは V 字金物を目地材によって必要な伸張性を確保することができた。
- (2) S タイプのように吸水性のある材料を組み込むことで多くの水分を供給でき、ゴムの加水分解による付着反応を促進させることができると思われる。
- (3) 粘着ゴムだけでなく、耳や V 字金物の機械的な動きによる止水効果も見られたが、目地材のどこかに欠陥があると漏水してしまう可能性が高い。
- (4) 今後の検討要因としては、気温変化や繰返し変位、養生条件による影響など、実環境を想定した付着性、止水性の評価が必要と思われる。

#### 【謝辞】

本研究の実施にあたり、日本仮設(株)および室蘭工業大学卒業生・山中光明氏の協力を得た。記して謝意を表す。

#### 【参考文献】

- (1) 社団法人 日本コンクリート工学協会北海道支部：寒冷地におけるコンクリートの収縮ひび割れ対策委員会報告書，2009年9月
- (2) 大武義人：合成樹脂(ゴム・プラスチック)の劣化評価・分析手法，空気調和・衛生工学第80巻第1号，2005年

表 4 透水試験結果

目地材種類	拡張幅	n	0.0005MPa	0.02MPa	0.2MPa	漏水状態
A50	0	1	○	○	○	
		2	○	○	○	
	1mm	1	×	-	-	耳の破損
		2	○	○	○	
	50% (2.75mm)	1	×	-	-	横漏れ
		2	○	○	○	
A70	0	1	○	○	○	
		2	○	○	○	
	1mm	1	○	○	○	
		2	○	○	○	
	50% (2.61mm)	1	×	-	-	横漏れ
		2	×	-	-	耳の破損
B50	0	1	○	○	△	横漏れ
		2	○	○	○	
B70	0	1	○	○	○	
		2	×	-	-	横漏れ
S	0	1	○	○	○	
		2	○	○	○	
	1mm	1	○	○	×	横漏れ
		2	○	○	△	横漏れ
	2mm	1	○	○	△	横漏れ
		2	×	-	-	横漏れ
J	0	1	○	○	○	
		2	○	○	○	
	1mm	1	○	○	○	
		2	○	○	○	
	50% (2.22mm)	1	○	○	○	
		2	○	○	○	

× 加圧直後の漏水    ○ 漏水なし  
 △ 10分後の漏水    — 測定中止  
 拡張幅50%は、目地材の付着破断時の50%だけ伸ばした状態

耳の欠陥



写真 6 耳の破損例

\*1 室蘭工業大学大学院

\*2 株式会社間組

\*3 室蘭工業大学教授・博(工)

\*4 北方建築総合研究所

Graduate School, Muroran Institute of Technology

Hazama Co.Ltd

Prof., Muroran Institute of Technology, Dr. Eng.

Northern Regional Building Research Institute