

論文 モルタル充填式継手で接合したプレキャスト部材接合部の水密性について

小野 修司*1・丸山 久一*2・笹谷 輝勝*3・平野 勝識*3

要旨：本研究は大断面の地中構造物を対象としたコンクリート二次製品の接合にあたって、接合部の水密性について実験的に検討を行ったものである。接合部の形状および処理方法の違いによる水密性について基礎実験を行い、基礎実験の結果を踏まえて、接合面上下に設けた溝状のコッターに無収縮モルタルを充填して止水材とする工法を提案した。実大試験体による曲げ加力時の透水試験の結果、接合面に主筋降伏程度の変形 $R=0.6/100\text{rad.}$ を与えた状態でも、水圧 400kN/m^2 まで漏水はみられず、十分な止水効果があることを確認した。

キーワード：プレキャスト工法、モルタル充填式継手、透水試験、水密性

1. はじめに

地中構造物を対象としたコンクリート二次製品は数多く施工されているが、近年、社会的なニーズとして、大型断面化の傾向にある。大型部材への対応として、製造、運搬などの観点から、断面を分割し、現場で一体とする工法が用いられるようになってきたが、地中構造物の場合、接合部の止水性や水密性は使用上、耐久性能上、大きな課題である^{1),2),3)}。

本研究は大型プレキャスト部材を対象とした工法開発の一環として行ったものであり、接合面に無収縮モルタルを充填する場合の接合面の形状と止水効果の関係を検討し、止水性に優れていると考えられる目地処理方法を提案した。本報告は水密性の検討を目的とした透水試験とモルタル充填試験の結果である。

2. 工法概要

本工法は図-1に示すように、分割した部材の接合面全長にわたって、それぞれ溝状のコッターを設け、接合面の鉄筋をモルタル充填式継手で接合する際、継手内への無収縮モルタル充填時に、コッター内にも同一のモル

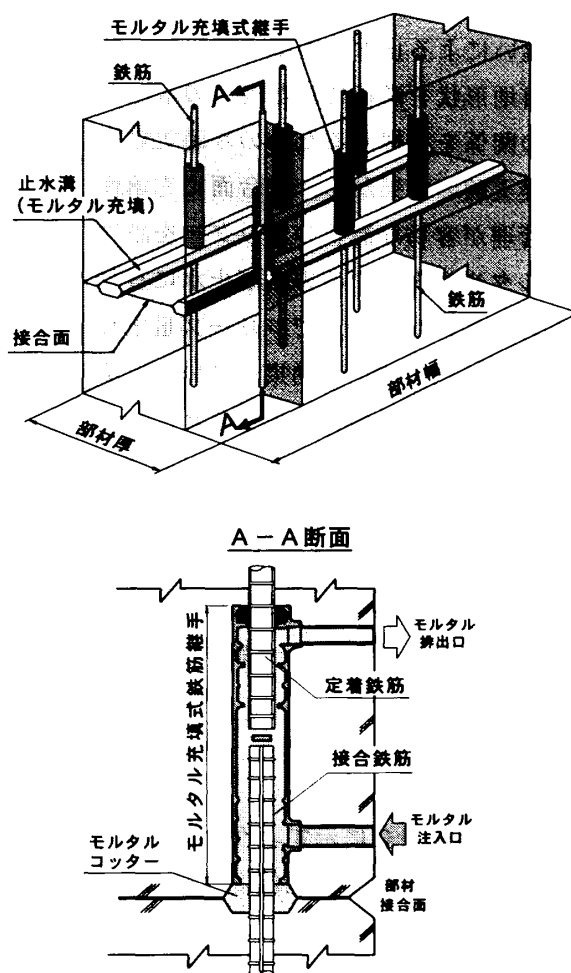


図-1 工法概要

*1 ランデス（株） 企画開発部（正会員）

*2 長岡技術科学大学教授 環境・建設系 Ph.D.（正会員）

*3 （株）フジタ 技術センター 技術研究所 土木研究部 工修（正会員）

タルを充填して一体とすることにより、コッター部にせん断キー機能と止水機能を持たせることを特徴としている。鉄筋の接合にモルタル充填式継手を使用する本工法は、部材の欠損が小径の注出孔で済むため、接合面に断面欠損がほとんどないという施工上、構造上の長所を有している。

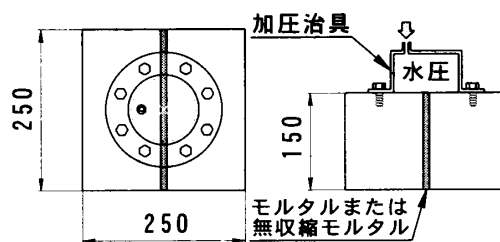
3. 実験概要

本実験はプレキャスト部材接合部の透水試験による接合面の形状と水密性の関係およびモルタルの充填性能を検討するために行ったものである。透水試験は3つのシリーズについて行った。シリーズⅠは接合面の形状と処理方法の違いによる止水性の基礎実験、シリーズⅡは目地形状を溝状にした場合の水圧と水密限界の関係を把握するための基礎実験である。基礎実験の結果から、接合面に充填性等の施工管理が容易な溝状のコッターを設け無収縮モルタルを充填する方法が止水に有効であると考えられた。そこでシリーズⅢとして溝状コッターによる止水効果について、実断面を想定した部材に曲げ変形を与え、部材角と水密限界の関係を検討した。シリーズⅢでは比較のため一般的に用いられている止水ゴムについても同じ方法で透水試験を行った。また、シリーズⅢの透水試験に先立ってモルタル充填試験を行い、コッター部のモルタル充填性を確認した。

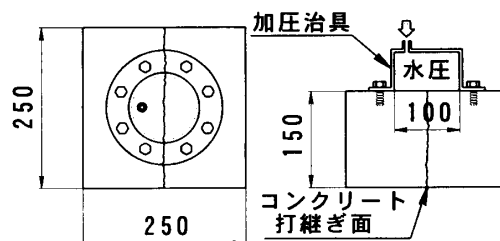
4. 試験体

シリーズⅠは図-2に示すような接合面を等間隔に保持した状態で目地部に普通モルタル充填、無収縮モルタル充填したものおよび従来の打ち継ぎ目地の3種類各6体とした。

シリーズⅡは図-3に示すように部材の接合面それぞれに幅71mm×深さ12.5mmの溝を2条設け、溝の合計厚さを25mmとし、溝内に無収縮モルタルを充填した試験体を1体、市販の止水ゴム（EPDM単泡スポンジ：w20×

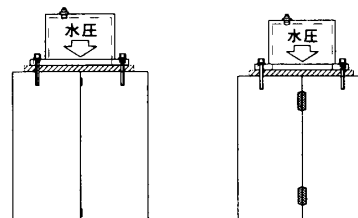
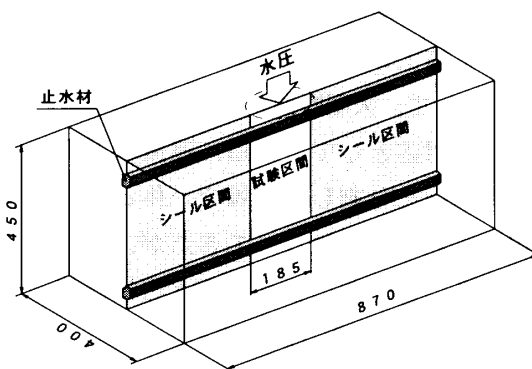


(1) モルタル充填試験体



(2) 打ち継ぎ試験体

図-2 シリーズⅠ試験体



(a) 止水ゴム (b) 止水モルタル

図-3 シリーズⅡ試験体

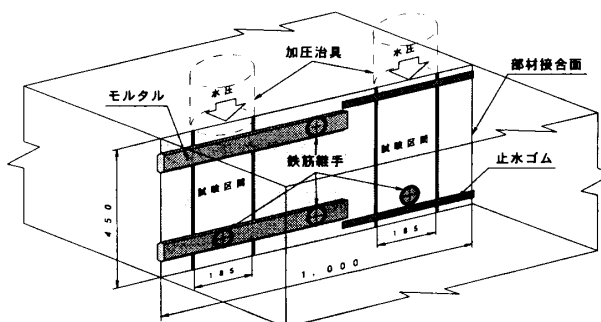


図-4 シリーズⅢ試験体

t15mm) を2 状挿入した試験体1 体の計2 体を作製した。

シリーズⅢは実断面を想定し 450 mm×1000 mm とした。接合面には接合鉄筋として、引張応力が作用すると想定される側に 3-D25 を、反対側には 1-D29 を配筋した(図-4)。変形条件を同一にするため、試験体の幅 1000mm のうち、幅方向に片側 500mm をゴム止水、片側 500mm をモルタル止水とした。止水ゴムはシリーズⅡと同様、圧着後は厚さ 15mm が 5mm になるように設置した。止水ゴム、止水モルタルとも溝以外の部分は空目地とし、双方のコンクリート面を直接タッチさせた。モルタルはプレミックスの高強度無収縮モルタルで、シリーズⅡでは目地部に直接注入し、シリーズⅢでは図-5 に示すようにモルタル充填式鉄筋継手への充填と同時に目地部へ充填した。充填モルタルの材料特性を表-1 に、試験体の材料強度一覧を表-2 に示す。

5. 充填性確認実験

シリーズⅢの透水試験に先立って、試験体と同一形状の試験体を用いて継手部および目地部へのモルタル充填実験を行った。モルタル充填は図-5 に示すように、一箇所からモルタルポンプで送り込み、目地部を経て継手用スリーブ内に充填する方法とした。28 日経過後、鉄筋継手部および目地部をコアボーリングで抜き取り、さらにコアを縦方向に切断して充填状況を確認した。目視の結果、継手部、目地部ともに十分に充填されていることを確認した。充填状況を写真-1 に示す。

6. 透水試験の結果および考察

6.1 シリーズⅠ

図-2 に示すように水圧の加圧治具の内径は 100mm である。水圧は 50kN/mm²、100kN/mm² の2 段階とし、それぞれ 72 時間加圧し、中央部を割裂し浸透深さを測定した。

表-1 無収縮充填モルタル材料特性

フロー値	236mm		
ブリージング率	0.0%		
膨張収縮率	1日	7日	28日
	+0.16%	+0.08%	+0.06%
付着強度	7日	28日	
	1.2N/mm ²	1.5N/mm ²	

練り混ぜ条件: 気温20℃、水/プレミックスモルタル=2.8kg/25.0kg

表-2 材料強度

材料	圧縮強度 (N/mm ²)
コンクリート	34.9
普通モルタル	65.1
無収縮モルタル	130.0

養生条件: 気中

材令: シリーズⅠ: 4週 / シリーズⅡⅢ: 15週

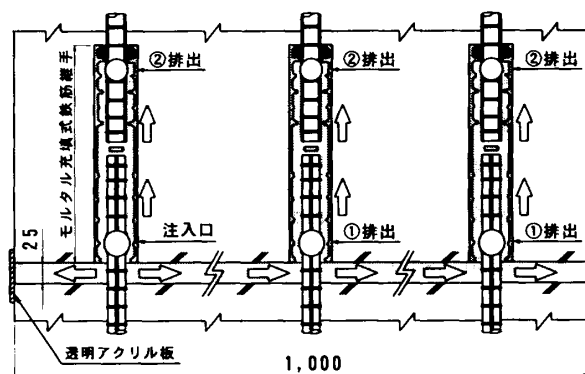


図-5 モルタル充填性確認実験

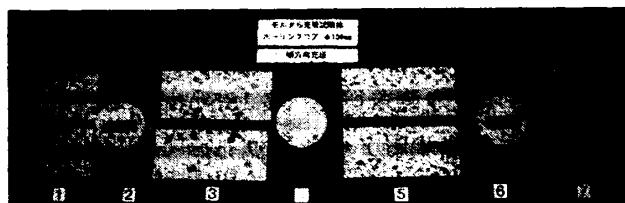
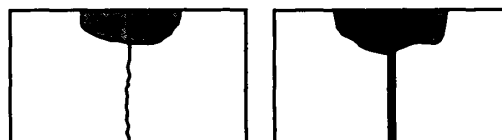


写真-1 充填実験ボーリングコア断面



(1) 水圧 50kN/m²



(2) 水圧 100kN/m²

打継ぎ 無収縮モルタル

図-6 浸透状況-シリーズⅠ

実験結果を図－6，表－3に示す。均等間隔の目地に無収縮モルタルを充填した試験体は通常の打継ぎ部と浸透範囲は同等であった。浸透領域が横方向に拡散することはなく，加圧治具とほぼ同じ面積で，加圧方向に浸透していた。水圧 50kN/m^2 と 100kN/m^2 で浸透深さは異なるが，浸透範囲に大きな差はなく，傾向はほぼ同じであった。浸透深さから，水圧 100kN/m^2 のときの拡散係数を(1)式から求めると， $6.4 \times 10^{-2} \text{cm}^2/\text{sec}$ となり，通常の打継ぎ部と無収縮モルタル充填ではほぼ同じ値であった。目地に普通モルタルを充填した場合は，加圧直後から下面より水が流出し止水効果が期待できないことが分かった。

$$\beta^2 = \alpha D_m^2 / 4 t \xi^2 \quad (1)$$

β^2 : 水の拡散係数 (cm^2/sec)

α : 時間に関する係数 ($t^{3/7}$)

D_m : 水の浸透深さ (cm)

t : 時間 (sec)

ξ : 圧力に関する係数

($p=100\text{kN/m}^2$ の場合 $\xi=0.230$)

6.2 シリーズII

実験装置の概要を図－7に示す。シリーズIIは試験区間を 185mm とし，それ以外の接合面はコーキング材を塗布して，幅 185mm の区間の透水量を計測するアウトプット法で実施した。また，実施工を想定しPC鋼棒の緊張により部材の自重相当の荷重 (0.13N/mm^2) を与えた状態で実験を行った。水圧を 50kN/mm^2 毎に増加させ各圧力段階で5～20分間計測し， 800kN/mm^2 まで作用させた。

実験結果を図－8に示す。シリーズIIの溝状コッターに無収縮モルタルを充填した場合水圧 800kN/m^2 まで全く漏水は計測されず，止水効果が期待できることが分かった。止水ゴムは水圧 20kN/m^2 を超えると漏水が始まった。実験結果から溝状コッターが水密性に対して有効であることが分かった。

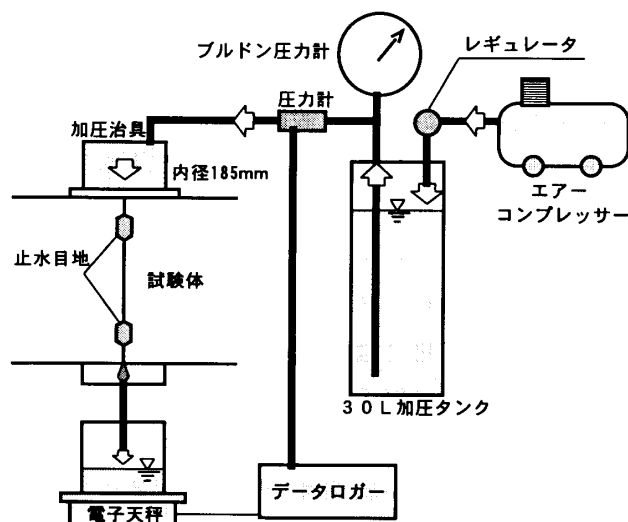
6.3 シリーズIII

載荷方法の概要を図－9に示す。試験体の

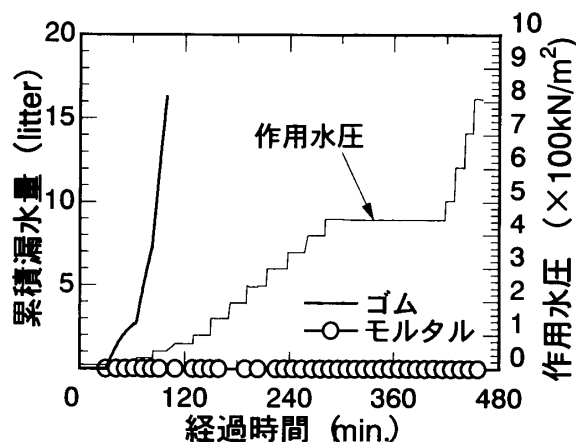
表－3 透水試験結果 (浸透深さ)

接合部 処理方法	加圧水圧 ($\times 100\text{kN/m}^2$)	
	0.5	1.0
打継ぎ	2.9	4.2
無収縮モルタル	3.1	4.0
普通モルタル	—	貫通漏水 ($2\text{cc/m} \cdot \text{min}$)

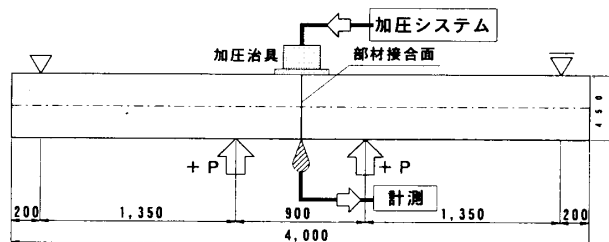
単位: cm



図－7 透水試験装置概要



図－8 透水試験結果 (シリーズII)



図－9 載荷概要 (シリーズIII)

支持スパンを 3.6m とし、中央 2 点を下側から、3-D25 を配筋した側に引張応力が作用するように載荷した。載荷は加力部の変位で制御を行い、水圧を作用させ一定時間経過後、次のステップに移行した。加圧方法はシリーズⅡと同様とした。曲げ変形角は $R=0.1/100\text{rad}$. ピッチで増加し、中央主筋が降伏ひずみに達するまで変形を与えた。曲げ載荷曲線を図-10に示す。水圧は表-4に示すようなステップで各変位毎に 400N/m^2 まで増加させ、同一圧力を 5～15 分間保持し次のステップへ移行した。

試験結果一覧を表-4に、累積漏水量と経過時間の関係のうち、主筋降伏時相当変位の $R=0.6/100\text{rad}$. の時の経過時間の関係を図-11, 12に示す。

(1) 止水ゴムの水密性

止水ゴムは曲げ変位が小さいときは、水圧 20kN/m^2 から漏水が始まった。この傾向は曲げ変位 $0.4/100\text{rad}$. まで変わらなかったが、曲げ変形を受けて、圧縮側の止水ゴム材の面圧が増加する部材角 $0.6/100\text{rad}$. の段階では図-11に示すように、止水ゴムの漏水開始水圧は 30kN/m^2 以降となり止水性が向上した。

(2) モルタル目地部の水密性

モルタル目地部は、曲げ変位に関係なく水圧 400kN/m^2 まで全く漏水は認められなかった。

(3) 接合部目開きと水密性の関係

図-13に曲げ変形と接合部引張側の目開きの関係を示す。曲げ変形に比例して目開きが大きくなり、部材角 $0.6/100\text{rad}$. のときの目開きは 1.5mm であった。この状態で引張側の目地モルタルにはひび割れが発生しており、止水効果は失われていると考えられるが、止水モルタルからは漏水は検出されなかった。今回接合面上に溝を 2 条設けているが、圧縮側に目地を設置することで片側のみでも十分な水密性が得られると考えられる。

図-14, 15は部材角 $0.6/100\text{rad}$. まで変形を与え、透水試験を行った後、一度水圧を

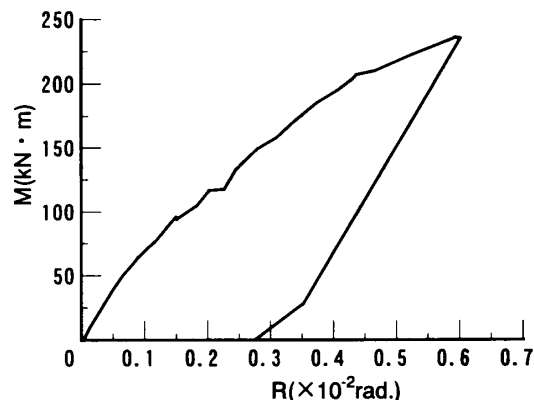


図-10 曲げ載荷曲線

表-4 シリーズⅢ実験結果

部材角 (rad.)	加圧水圧 (モルタル) ($\times 100\text{kN/m}^2$)	漏水	加圧水圧 (ゴム) ($\times 100\text{kN/m}^2$)	漏水
0.00/100	0.0～3.0	無	0.2～0.5	0.2以降
0.10/100 (1.35mm)	0.0～3.0	無	0.2～0.4	0.2以降
0.15/100 (2.0mm)	0.0～3.0	無	0.2～0.4	0.2以降
0.20/100 (2.7mm)	0.0～4.0	無	0.2～0.4	0.2以降
$0.8\epsilon_y$ (3.75mm)	1.0, 3.0	無	0.2～0.4	0.2以降
ϵ_y (6.0mm)	1.0	無	—	—
0.60/100 (8.13mm)	1.0, 2.0, 3.0, 4.0	無	0.2～4.0	0.3以降
残留変位 0.16/100 (2.25mm)	0.5, 1.0, 2.0, 3.0, 4.0	0.5から 徐々に	0.1～1.0	0.2以降

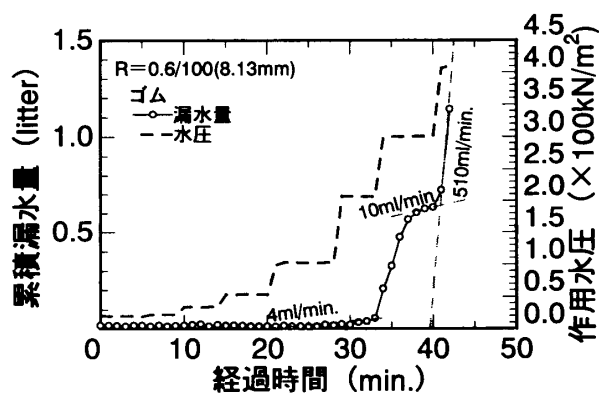


図-11 シリーズⅢ-止水ゴム
実験結果 ($R=0.6/100\text{rad}$.)

下げ、荷重を徐荷したのちに、再度、透水試験を行った時の累積漏水量と経過時間の関係である。両工法とも小さな水圧で漏水が始まり、止水モルタルでも 50kN/m^2 から漏水が始まった。しかし、水圧 400kN/m^2 の時の漏水量は毎分 10ml 程度で水量は少なかった。

6. おわりに

本実験の結果、以下のような知見を得た。

- ・ 接合面全面に無収縮モルタルを充填する工法でも、透水性は通常の打継ぎ部と同等で、拡散係数は $6.4 \times 10^{-2} \text{cm}^2/\text{sec}$ であった。
- ・ 溝状のコッターを設けた工法で、接合面に変形がない場合は、 800kN/m^2 までの水圧に対して、漏水は発生しない。
- ・ 断面内に2条のコッターを設けた場合、片側目地にひび割れが発生しても、残りの目地が健全であれば止水効果が期待できる。
- ・ 降伏変位を受けた後の徐荷後では 0.1mm 程度のひび割れが断面を貫通し、 50kN/m^2 程度から漏水が発生した。しかし、その漏水量は 65ml/min 程度であった。

以上の結果から、溝状コッター内へ無収縮モルタルを充填する止水工法は充分実用に供することがわかった。

参考文献

- 1) 岡村甫, 前川宏一, 北村八朗, 芳賀孝成, 黒坂敏正: 低温液化ガス用コンクリート部材の貯液性能に関する研究—その1, 土木学会第45回年次学術講演会梗概集V-139, pp304-305, 1990
- 2) 伊藤祐二, 古賀重利, 青景平昌, 笹谷輝勝: 高水圧下におけるコンクリートのひびわれからの漏水に関する実験的研究, フジタ技術研究所報 第27号, 1991
- 3) 大塚正博, 塩冶幸男, 小林亨, 小泉淳: シールド工事用セグメントの水膨張性シール材による止水設計法について, 土木学会論文集 No.651, VI-47, 61-79, 2000.6

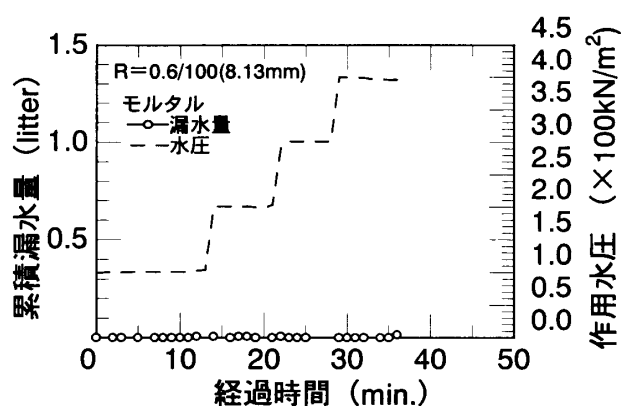


図-12 シリーズIII—モルタル目地実験結果 ($R=0.6/100\text{rad.}$)

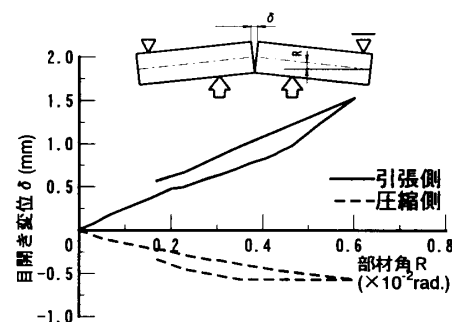


図-13 シリーズIII—目開き変位

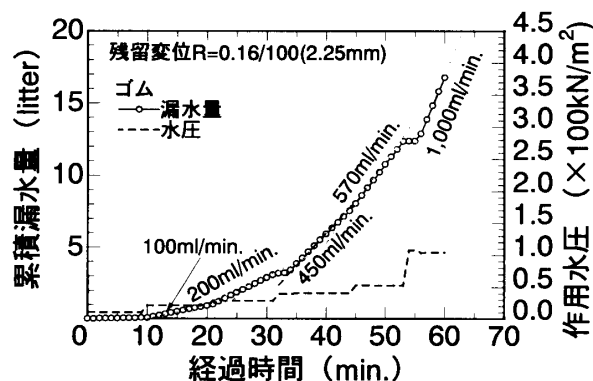


図-14 シリーズIII—止水ゴム実験結果 (残留変位)

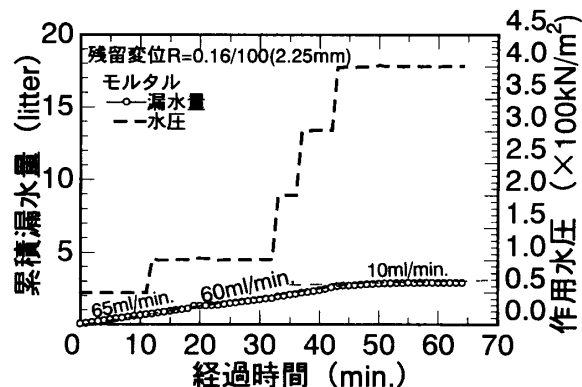


図-15 シリーズIII—モルタル目地実験結果 (残留変位)