

2液混合型・注入止水工法「ミクストグラウト®」の開発

片岡 弘安 小川 晴果
平田 隆祥 水上 卓也

Development of “Mixed-Grout”: A Hybrid Type Waterproofing Method using a Combination of Polyurethane Resin and Aqueous Emulsion

Hiroyasu Kataoka Haruka Ogawa
Takayoshi Hirata Takuya Mizukami

Abstract

The conventional injection method for waterproofing the cracks emerging underneath a concrete structure is problematic. Therefore, the authors developed a hybrid “Mixed-Grout” waterproofing using two substances consisting of polyurethane resin and aqueous emulsion. This method reliably stops water leakage by thorough curing. Mixed-Grout performed excellently in testing, demonstrating rapid curability, stability of configuration, the elongation property, and the followability to movement at the cracks of structure. It also facilitates the injection of chemicals into cracks as fine as 0.02 mm in width. In application to a structure, Mixed-Grout was demonstrated excellent durability and performance.

概要

地下構造物において、地下水の影響によりコンクリート躯体ひび割れ部からは漏水が発生しやすく、その対策が不可欠である。従来の注入止水工法では、止水材の硬化が不十分になる場合があり、再漏水が発生するなどの課題があった。そこで、ポリウレタン樹脂と特殊水性エマルジョンからなる2液混合型・注入止水工法「ミクストグラウト®」を開発した。この工法は、止水材を用いて電動ポンプでひび割れ漏水部に注入する止水の確実性に優れた工法である。本工法の性能検証を行った結果、従来に比べ、止水材の速硬性・寸法安定性・伸び性・ひび割れ追従性に優れるほか、幅0.02mmの微細ひび割れへ充填可能であった。また、実物件へ適用して止水性能を確認したため、その結果についても述べる。

1. はじめに

日本国内の都市部工業地帯を中心に、過去に地下水のくみ上げによる地盤沈下が続発したことが問題となり、地下水のくみ上げが規制されてきた。その結果として、東京や大阪の例では、1960年代から2000年代にかけて、地下水位が20～50 m程度上昇しており、現代では、構造物地下躯体に与える地下水の影響は避けられない問題となっている¹⁾²⁾。

一方、地下コンクリート躯体でひび割れ部等から漏水が発生した場合、従来用いられている注入止水工法では再漏水等の不具合が起こることがあった。

そこで、大林組では、ポリウレタン樹脂と特殊水性エマルジョンの2液からなる止水材を、電動ポンプでひび割れ漏水部に注入する止水の確実性に優れた工法「ミクストグラウト」を開発した。本報では、ミクストグラウトの概要と止水材物性、施工性、実物件への適用結果から性能を検証した結果を述べる。

2. 地下躯体の漏水原因と対策方法

地下に構築される鉄筋コンクリート構造物は、密実な品質が得られれば、地下水の浸透抑制の効果が十分にあ

ることが知られている³⁾。しかし、鉄筋コンクリート構造物はFig. 1に示すように、豆板、収縮ひび割れ、打継ぎおよびコールドジョイントに加え、硬化後の乾燥収縮などによるひび割れを生じることがある。さらに、コンクリート躯体内部にはセパレータや仮設H型鋼材などの貫通鋼材をはじめ、各種外壁貫通配管の周囲が水みちとなりやすいため、それらの箇所を通じてPhoto 1に示すような地下躯体での漏水を生じることがある⁴⁾。

このような漏水不具合は、躯体外部に防水層を設ける外防水工法により減少させることができる。ただし、完



Photo 1 地下躯体漏水の例
Water Leakage of Underground Concrete Skeleton

全に漏水を無くせないこともあり、地下階では、二重壁を設け、地下外壁の内側に止水ラインを設定して室内への浸水を防ぐことを基本としている。躯体形成後に漏水が発生した場合には、樋などにより導水処置が施されることもあるが、部位や漏水量によっては完全に水を止める必要がある。このため、漏水が発生しやすい部分に限り止水対策を施す部分防水工法が採用される。

部分防水に用いられる止水処理工法は、シーリングにより表面のみを埋める工法があるが、止水層が表面のみに形成されるため、再漏水を起しやす。そのため、水みちとなる隙間に流動性の高い樹脂を注入する工法が有効性の高い方法として知られている。注入工法では、ひび割れ内の空隙を全て樹脂で置換することができ、その中でも電動ポンプを用いて高圧で樹脂を注入する工法は充填の確実性が高い。従来行われている高圧注入止水工法としては、注入薬液として一液型ポリウレタン樹脂が用いられている。これは、水と反応して硬化する液状のポリウレタン樹脂(ウレタンプレポリマー)を、電動ポンプを用いてひび割れ漏水部に注入する工法である。これにより、注入薬液と漏水部の水とが反応して発泡硬化して細部のひび割れまで充填され、漏水の原因となる水みちを塞ぐ仕組みとなっている。

3. ミクストグラウトの概要

3.1 ミクストグラウトの適用性

前述のように、従来型の一液型ポリウレタン樹脂注入止水工法はその有効性から一般に普及し、広く用いられているものであるが、次に示すような欠点がある。

- 1) 水が無い環境下で硬化不十分となる場合がある：ひび割れ漏水部の地下水位は季節の影響などにより変動する。乾燥条件で薬液注入を行っても、薬液が正常に反応せず硬化不良となる場合がある。
- 2) 硬化樹脂が収縮しやすい：止水材硬化時に発生する炭酸ガスが材齢経過により抜けて収縮しやすい。
- 3) 伸縮性に劣る：特に疎水性ポリウレタン樹脂は硬化樹脂の伸縮性に劣る。地下躯体は地上部に比べ動きは少ないが、ひび割れ追従性は要求される。

以上の理由により、従来工法は、施工中のみならず、施工後においても再漏水が発生することがあり、再注入作業による工程の遅延や、Photo 2に示すような再漏水が短期間で生じて対応に迫られる原因となっていた。ミクストグラウトは、この高圧注入止水工法の性能を強化したものと位置付け、従来工法が抱えていた欠点を解消する工法の開発を行った。

3.2 構成材料

従来工法の課題であった硬化性状の外部環境依存性を解消するため、本工法では、Photo 3やTable 1に示すように、従来ポリウレタン樹脂1種類のみであった薬液を2種類とし、一つはポリウレタン樹脂(液状ウレタンプレポリ

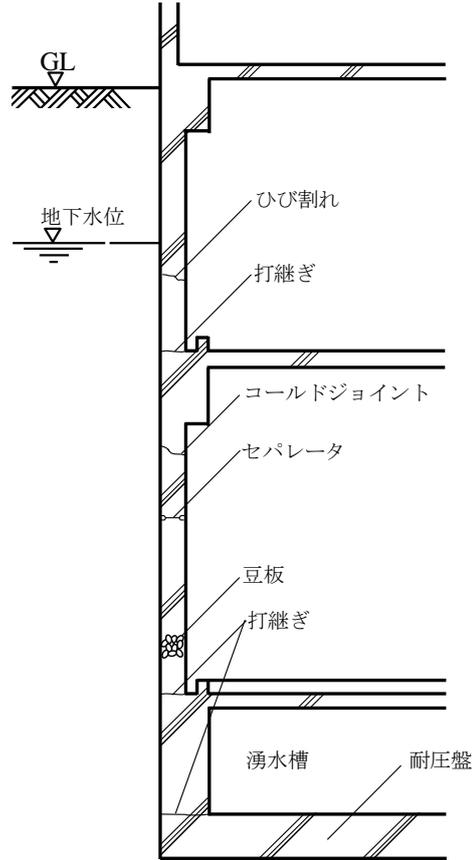


Fig. 1 地下コンクリート躯体の漏水箇所⁴⁾
Water Leak Point of Underground Concrete Skeleton



Photo 2 従来工法施工箇所の再漏水状況
Re-Water Leakage Situation of the Point
That Injected by Conventional Method

マー), もう一つは、ポリウレタン樹脂の硬化に必要な水と、柔軟性や耐久性を付与する樹脂固形分を併せて供与できる水性エマルジョンとした。これにより、ポリウレタン樹脂には硬化に必要な水が薬液自身から供給され、かつ、水性エマルジョンの水分はポリウレタン樹脂との反応により消費されるため、外部環境によらず、施工箇所確実に硬化する。さらに、この水性エマルジョンの樹脂固形分には、ポリウレタン樹脂の反応基であるイソシアネート基と反応する官能基を導入している。これにより、Fig. 2に示す従来工法との概念図比較のように、ポリウレタン樹脂と水性エマルジョンが化学的に結合した安定した硬化物を形成し、硬化樹脂の寸法安定性や伸び性、化学的安定性などの様々な性能が期待できる。これらの効果により、ミクストグラウトは、施工箇所の乾湿や漏水量に関わらず、薬液注入を行った箇所を確実にかつ長期的に止水することが可能となる。

3.3 施工方法

2種類の薬液を効率的に混合注入するため、Photo 4に示す2液混合型の電動ポンプを用いる。2液混合型電動ポンプは、汎用の100V電源で作動し、装置本体重量は約14kgと片手で運搬が可能な一体型構造としている。施工状況をPhoto 5に示す。小型注入装置を用いることで、狭隘部や足場など、大型の機械では作業が難しい場所でも余裕を持って施工できるようにした。実施工において、作業者と材料、注入機器を含め、2×2m程度の作業エリ

アがあれば施工が可能となることを確認している⁹⁾。

また、ミクストグラウトの施工手順をFig. 3に示す。まず、ひび割れ漏水面に対し、斜め方向に注入孔を削孔する。この注入孔の間隔は200mmとしており、ひび割れに対して千鳥配列で設ける。次に、注入孔に、専用の注入器具(プラグ)を取り付ける。この注入器具の内部には、2種類の薬液を確実に混合するため、内部に攪拌子を設けており、注入器具内を2種類の薬液が通ることで攪拌する機構としている。注入器具取り付け後、その先端に2液混

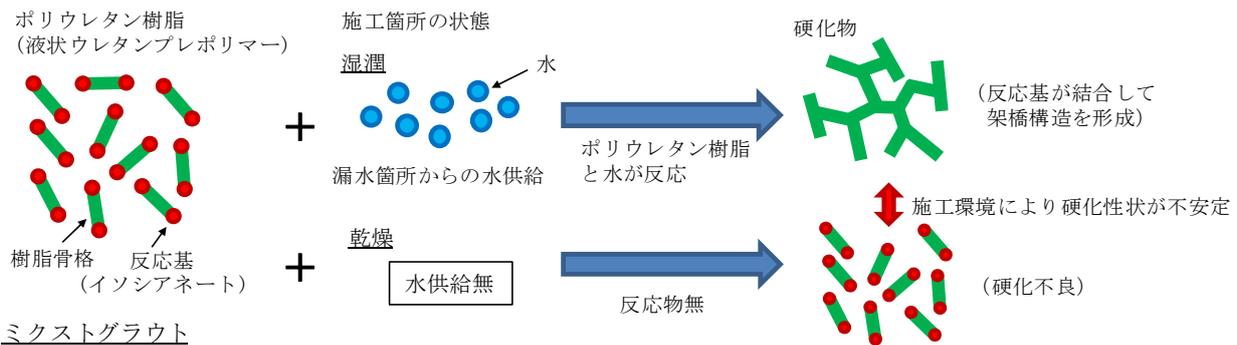


Photo 3 ミクストグラウト止水材の構成材料および止水材硬化物外観
Chemicals and Hardened Material of Mixed-Grout

Table 1 ミクストグラウト止水材の諸元
Specifications of Mixed-Grout Chemicals

分類	主剤	硬化剤
構成材料	特殊水性エマルジョン	ポリウレタン樹脂
外観	乳白色液体	淡黄色液体
粘度(mPa・s, 25°C)	202	431
密度(g/cm ³)	1.03±0.05	1.08±0.05
pH	7.0±1.0	—

従来工法 (一液型ポリウレタン樹脂注入止水工法)



ミクストグラウト

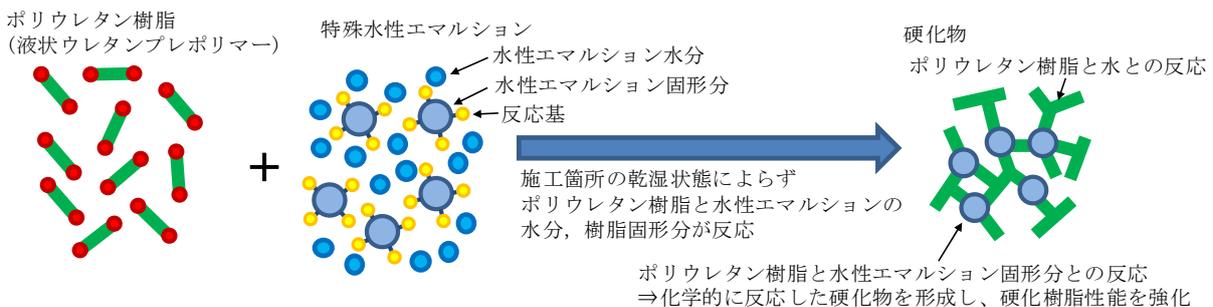


Fig. 2 一液型ポリウレタン樹脂注入止水工法(従来工法)とミクストグラウトの概念図

Mechanism of Conventional One-Component Polyurethane Resin Injection Method and Mixed-Grout

合型電動ポンプの先端金具を取り付け、薬液を注入する。薬液が硬化後、注入器具を取り外し、注入孔をポリマーセメントモルタルにて穴埋めして仕上げとする。

なお、この施工手順は従来の一液型ポリウレタン樹脂注入止水工法と同様である。作業が煩雑になりやすい2種類の薬液を用いる注入止水工法ではあるが、従来工法の施工システムを踏襲できるように開発した器具で施工を行うことで、従来工法と同等の施工性を確保できた。これにより、従来工法と変わらない注入速度で作業することが可能である。

4. 材料物性

4.1 試験材料

ミクストグラウト止水材の基礎物性を評価するため、次に示す試験を行った。試験にあたっては、従来型工法として、一液型ポリウレタン樹脂注入止水工法用の止水材と水との硬化物を比較対象とした。なお、止水材の配合(質量比)は、ミクストグラウト止水材は主剤:硬化剤で質量比1.5:1とし、一液型ポリウレタン樹脂止水材はポリウレタン樹脂に対して質量比で水4.4%とした。

4.2 試験方法

4.2.1 硬化時間 JIS K 6901:2008「液状不飽和ポリエステル樹脂試験方法」に準じ試験を行った。5℃、20℃、30℃の条件下で練り混ぜた止水材に、直径5mmのガラス棒を押しつけ、ガラス棒に付着した止水材が糸状に持ち上がらずに切断した時をもって硬化時間とした。

4.2.2 混合状態 ミクストグラウトの構成材料の混合状態を目視で評価するため、顕微ラマンマッピングにより止水材硬化物を80×80 μmの範囲で解析した。

4.2.3 収縮特性 ポリプロピレン製カップに練り混ぜた止水材を流し込み、5時間後にカップからはみ出た止水材硬化物を切断した。その後、カップに残った止水材

硬化物を取り出して満水にした容器に沈め、容器からあふれ出た水の質量を測定して初期体積を求めた。その後、材齢7日、14日、28日時点で同様に体積を測定して体積変化率を求めた。

4.2.4 引張特性 引張強さ試験として、試験体をJIS A 6021:2011「建築用塗膜防水材料」の「アクリルゴム系規格」を参考に作製した。1mm厚の止水材硬化物を室温(20±2℃)で14日間養生した後に、ダンベル状3号の形状に試験片を打ち抜き、精密万能試験機を用いて500mm/minで引張試験を行った。また、引張接着強さ試験として、電動工具で表面を研削したコンクリート平板(300×300×t40mm、気中保管品)を下地とし、練り混ぜた止水材を塗布して試験体を作製した。その直後に、あらかじめ上面に鋼製アタッチメントを張り付けたモルタル片(40×40×t10mm)を押し当てて室温(20±2℃)で7日間養生を行った。その後、モルタル片周囲をカッターにより絶縁し、引張試験器により引張接着強さを測定した。

4.2.5 耐熱性 試験体形状は、JIS A 6021:2011「建築用塗膜防水材料」の「アクリルゴム系規格」を参考に作製した。環境温度としては気中20℃、60℃、水中20℃、40℃、-18℃(水中)を選定した。耐熱試験期間は91日とした。1mm厚のミクストグラウト止水材硬化物を室温(20±2℃)で14日間養生した後にダンベル状3号の形状に試験片を打ち抜いた。その後、ダンベル片を各環境条件に静置し、試験前日から常温気中環境(20±2℃)で24時間乾燥させて、精密万能試験機を用いて500mm/minで引張試験を行った。

4.2.6 耐薬品性 試験体作製、試験期間、および試験方法は耐熱性試験と同様に行った。浸漬する薬品には、水道水、3%食塩水、セメント飽和水、1%硫酸、1%酢酸を選定した。

4.3 試験結果

4.3.1 硬化時間 硬化時間測定結果をFig. 4に示す。



Photo 4 2液混合型電動ポンプ
Two Liquid Mixing Electric Pump



Photo 5 施工状況
Injection Situation

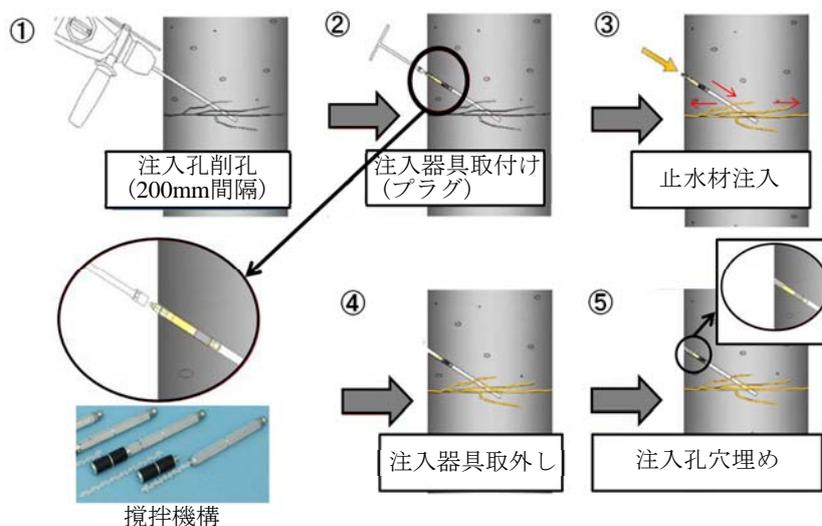


Fig. 3 施工手順
Construction Process

いずれの止水材においても、環境温度が高くなるほど硬化時間が短くなっていた。ミクストグラウト止水材の硬化時間は、一液型ポリウレタン樹脂止水材のそれに比べて、各温度において1/7~1/5であり、漏水部に対する即時の止水性能が期待できることを確認した。また、30℃においても硬化時間が135秒と注入施工に十分な可使用時間が確保されており、注入時に即座に硬化してポンプが詰まるような事態を防ぐことが可能である。

なお、一液型ポリウレタン樹脂止水材は、水を加えない場合、20℃環境で12時間を経過しても硬化しなかった。

4.3.2 混合状態 ミクストグラウト止水材硬化物の成分分布の解析画像をPhoto 6に示す。ポリウレタン樹脂と特殊水性エマルジョンの反応物中に約2~4 μmの大きさで特殊水性エマルジョン固形分が分散していることが確認された。このように、微小領域までポリウレタン樹脂と特殊水性エマルジョンが反応・分散することで、双方の材料特性が発揮されることが期待される。

4.3.3 収縮特性 止水材硬化物の材齢と体積変化率との関係をFig. 5に、材齢0日(5時間後)と材齢14日後の止水材硬化物の収縮状況をPhoto 7にそれぞれ示す。一液型ポリウレタン樹脂止水材は材齢28日後に最大膨張時の30%程度まで収縮するのに対し、ミクストグラウト止水材は、68.6%と収縮が1/2程度に抑えられ、寸法が安定に推移することを確認した。

4.3.4 引張特性 引張試験結果をFig. 6に、引張接着試験結果をFig. 7に示す。ミクストグラウト止水材では、高い伸び率を示したことから追従性に優れており、かつ、従来工法を上回る接着性があることを確認した。

4.3.5 耐熱性 91日耐熱性試験による引張強さと伸

び率の推移をFig. 8に示す。気中60℃条件において引張強さ、伸び率の低下が見られたが、気中20℃条件の試験値の7割以上の値を保っていた。その他の条件においては、気中20℃条件と比べて、91日耐熱性試験後での引張強さ、伸び率の低下の影響はほとんど確認されなかった。

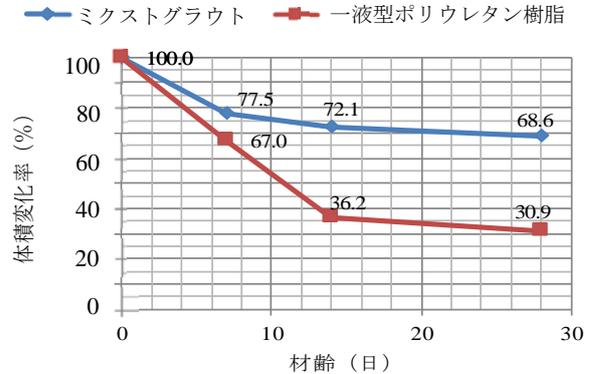


Fig. 5 止水材硬化物の収縮特性
Shrinkage behavior of materials

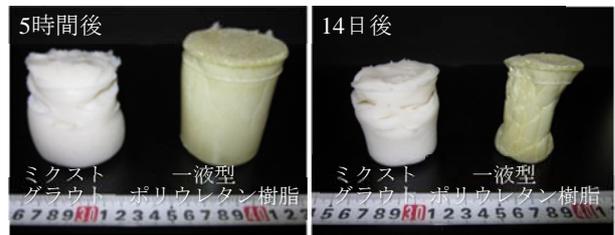


Photo 7 止水材硬化物の収縮状況
Status of Shrinkage of Materials

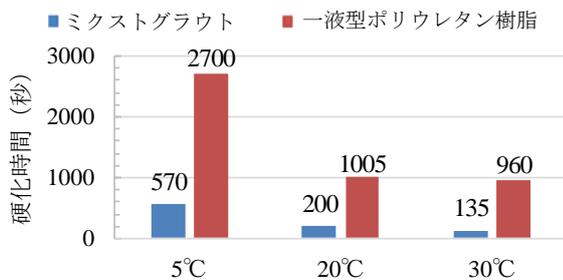


Fig. 4 止水材の硬化時間
Cure Time of Chemicals

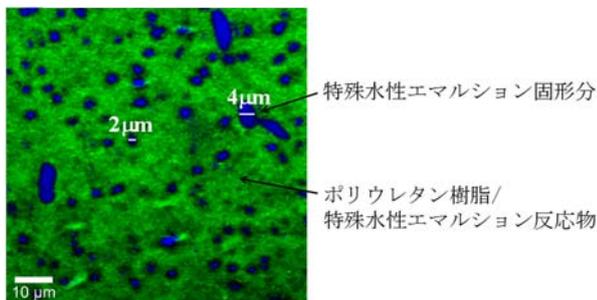


Photo 6 ミクストグラウト止水材の
顕微ラマンマッピング解析画像
Micro-Raman Mapping of Mixed-Grout Material

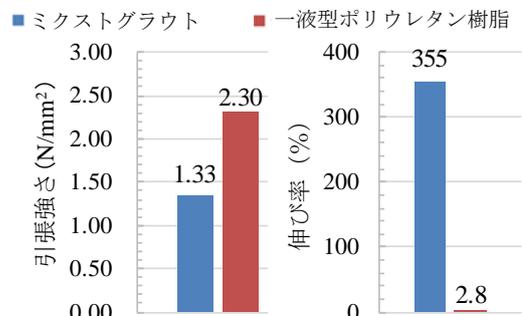


Fig. 6 引張試験結果
Result of Tensile Test

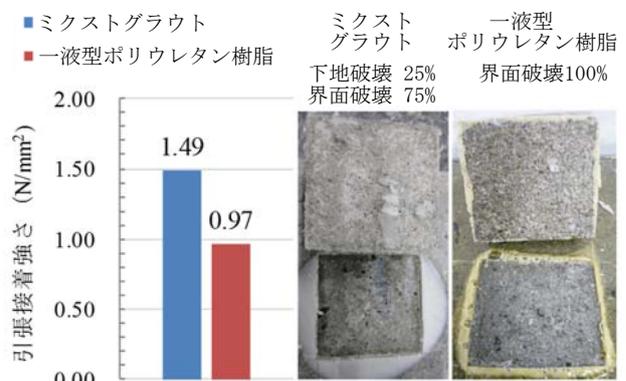


Fig. 7 引張接着試験結果
Results of Pull-Off Bond Strength Test

4.3.6 耐薬品性 91日耐薬品試験による引張強さと伸び率の推移をFig. 9に示す。排水ピットや下水道を想定した1%酢酸や1%硫酸では、水中20℃条件に比べて引張強さの低下は見られるものの、伸び率の低下は少なく、柔軟性が保たれていた。また、沿岸部の地下水に溶け込む塩分を想定した3%食塩水やコンクリートのアルカリ分を想定したセメント飽和水では、引張強さ、伸び率ともに水中20℃条件に比べて大きな変化は見られず、影響が少ないことを確認した。

4.4 試験結果総括

ミクストグラウト止水材の性能を各種試験により検証した結果、止水材の速硬性や寸法安定性、そして伸び性能などの性能に優れていることが確認できた。これらの結果をもって実大の漏水模擬壁面による性能検証を行うこととした。

5. 実大壁面による性能検証

5.1 試験体の作製

止水性を検証するため、RC造桁形試験体(外部寸法0.8m×0.9m×高さ1.3m、溜水部内寸法0.4m×0.5m×高さ1.1m、桁壁厚0.2m、配筋D10@150mmダブル)を作製した。油圧ジャッキにより、内壁側からコンクリート壁面を押

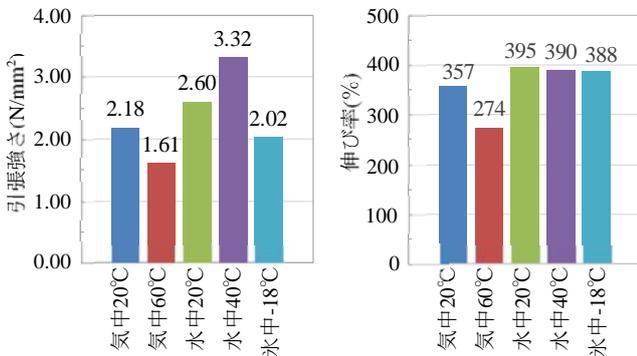


Fig. 8 ミクストグラウト止水材硬化物の耐熱性(91日)
91days Heat Resistance of Mixed-Grout Material

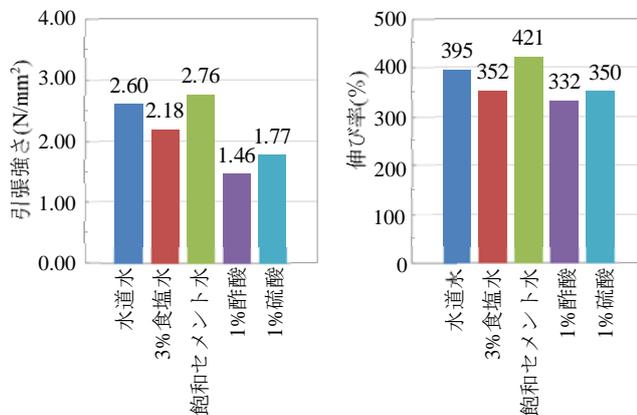


Fig. 9 ミクストグラウト止水材硬化物の耐薬品性(91日)
91days Chemical Resistance of Mixed-Grout Material

し開くことで最大3.5mm幅までのひび割れを導入してから、桁内に水頭差1mとなるまで水を溜め、被圧水の作用する壁面ひび割れからの漏水状況を模擬した。なお、高さ1mの位置にオーバーフロー管を設け、水位が常に1mとなるように調整した。上記試験体の漏水ひび割れ部分に対し、ミクストグラウトおよび一液型ポリウレタン樹脂注入止水工法を施工した。

5.2 試験方法

5.2.1 変形追従性 止水材を注入したひび割れ部に対し、Fig. 10に示す測定点(h₀~h₅)に亀裂変位計を取り付けた後、水頭差1mの水圧を加えた状態で内壁側からコンクリート壁面を押し開き、当該ひび割れ部から再度漏水が発生するまでの変形量を測定した。その際、Photo 8に示すように、壁面中央に発生した主要なひび割れを除く壁面に、予めポリマーセメント系塗膜防水材料を塗布することで、漏水発生箇所を壁面中央部分のひび割れに集中させた。なお、漏水部の変形量(v_x)は、漏水部の高さ(h_x)と、その直近にある2つの亀裂変位計の高さおよび変形量から、直線近似により算出した。また、漏水発生から試験終了までの総漏水量は、壁面の最下部に設けた受け皿の重量変化を記録することで測定した。

5.2.2 充填性 ミクストグラウトを施工した桁形試験体のひび割れ部をFig. 10に示す位置でコアボーリングして、デジタルマイクロスコープを用いたコア表面の観察によりひび割れ部への止水材の充填性を確認した。

5.3 試験結果

5.3.1 変形追従性 各止水工法施工面について、測定点ごとのひび割れ幅の変形量の経時変化をFig. 11に示す。ミクストグラウトでは、油圧ジャッキによる加力開始後、徐々にひび割れ幅は増大し、加力開始から約9分後にひび割れ幅の変形量1.57mmで漏水した。一方、一液型

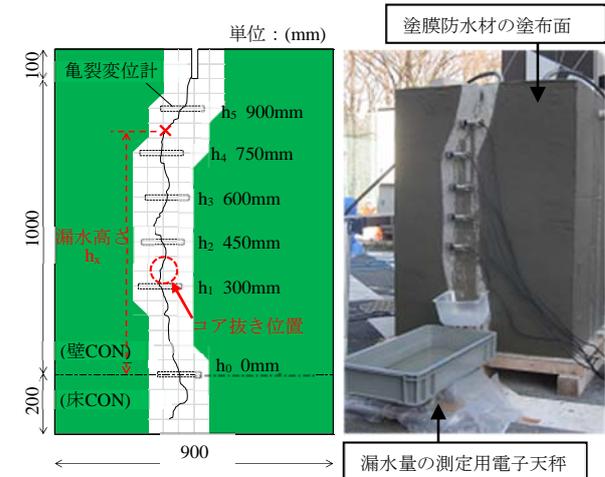


Fig. 10 亀裂変位計取付及びコア抜き位置
Gauge Mounting and Core Boring Location

Photo 8 変形追従性試験状況
Status of Deformation Follow-Up Test

ポリウレタン樹脂注入止水工法は、加力開始後しばらくはひび割れ幅の変形はほとんど認められなかったが、約8分後にひび割れ幅が急激に広がり、変形量0.31mmで漏水した。一液型ポリウレタン樹脂注入止水工法止水材は、引張強さには優れるが、硬く伸び性能に乏しいため、加力初期では、ひび割れ幅の変形を拘束していたが、ひび割れ幅の増大に伴って、変形に追従できずに、一気に止水材の界面剥離が進展したものと推察される。

この結果より、ミクストグラウトは、一液型ポリウレタン樹脂注入止水工法と比べて約5倍の変形追従性を有していることが確認できた。

次に、各止水工法施工箇所の漏水発生から10分間の総漏水量の経時変化をFig. 12に示す。ミクストグラウトの総漏水量は一液型ポリウレタン樹脂注入止水工法の約40%であった。これは、一液型ポリウレタン樹脂注入止水工法では、漏水経路となる止水材の破断箇所割合がミクストグラウトのそれと比べて多いためと考えられる。

5.3.2 充填性 Photo 9に微細ひび割れへの止水材充填状況を示す。粗骨材とモルタル分との界面で生じたひび割れ部に対し、最小で18 μ m(約0.02mm)程度で止水材が充填されていることが確認できた。

5.4 検証結果総括

RC造桁形試験体による漏水模擬試験体により性能検証を行った結果、ミクストグラウトではひび割れへの変形追従性に優れ、微細ひび割れへも止水材を充填可能であることを確認できた。

また、日本国内において注入止水材および工法を評価する公的な規格は定められていないが、前章の材料物性評価や本章における実大壁面での性能検証に示すような試験方法により、止水材および工法の評価が可能であることを見出すことができた。

以上より、試験によるミクストグラウトの優位性は確認できたため、実物件への適用を行うこととした。

6. 実物件への適用

6.1 建築構造物

築40年以上を経過した事務所ビル地下外壁コンクリート部分から漏水部に対して適用した。適用の様子および適用前後の壁面の状況をPhoto 10に示す。地下3階(GL-10m)の位置に発生していた幅0.1~0.2mmのひび割れからの漏水部分(水頭差3600mm以上)に対して適用した。当該部分の外壁は、外側が土に接しており、壁厚は600mmであった。

注入にあたっては、はじめに注入準備として析出したエフロッセンスの除去、注入孔の削孔、専用の注入器具の取付けを行った。止水材は、注入した材料が表面に溢れ出てくるまで注入を行った。注入した止水材は3分程度でゲル化して、10分程度で硬化物を形成した。注入後30分~1時間後には壁面に溢れ出た止水材が十分硬化し

てはぎ取れる状態となり、注入当日に注入器具の除去や表面清掃作業を容易に行うことができた。これにより、従来工法である一液型ポリウレタン樹脂注入工法では必要であった注入翌日までの硬化養生が不要となることを確認した。注入翌日に施工箇所の確認を行ったところ、壁面は乾いており、止水された状態となっていた。この状態で注入孔をモルタルにて穴埋めし、仕上げとした。

施工から2年7ヶ月後、同一箇所を目視および触診により観察したところ、壁面は乾いた状態が維持されており、再漏水が生じていないことを確認した。

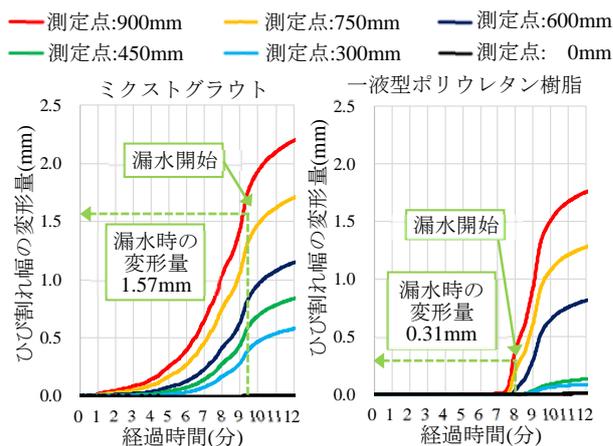


Fig. 11 ひび割れ幅変形量経時変化測定結果
Chronological Change of Crack Width

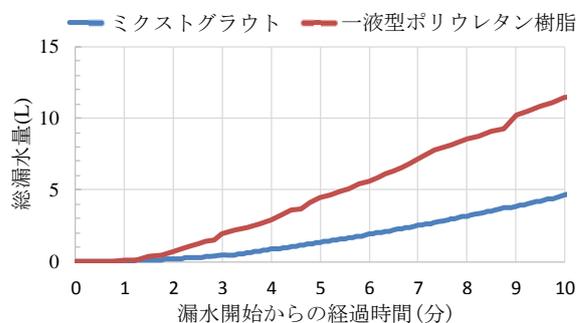


Fig. 12 総漏水量の経時変化測定結果
Chronological Change of Total Leaked Water

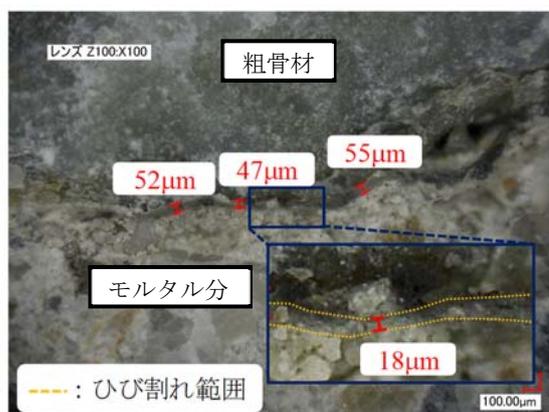


Photo 9 微細ひび割れ部への止水材充填状況
Status of Filling of Water Stopping Material in Fine Cracks

6.2 土木構造物

河川に隣接するRC造地下構造物における、壁厚1000～1500mmの地下外壁コンクリート部分からの漏水部に對して適用した。地下水位はおよそGL-2mに位置しており、地下2階(GL-8m)から地下4階(GL-17m)において、コンクリートひび割れ(幅0.1～0.2mm)、打継、セパレータ周囲などから延長400mに渡って漏水が生じていた。適用にあたっては、2班での作業を行い、延べ20日の作業期間で止水を完了した。1班あたり、100mの作業に対して従来20日かかるものが、ミクストグラウトでは10日で施工可能となっており、施工効率が従来工法を大幅に上回った。これは、効率的な一体型の施工システムと、2液混合型止水材を用いることで確実かつ効率的に止水を行い、再漏水による手直し作業を大幅に低減した効果によるものと考えられる。施工前後の壁面の状況をPhoto 11に示す。



Photo 10 建築構造物へのミクストグラウト適用状況
Situation of Construction to Architectural Building



Photo 11 土木構造物へのミクストグラウト適用状況
Situation of Construction to Civil Building

適用から1年7ヶ月後、同一箇所を目視により観察したところ再漏水が生じていないことを確認した。また、当該物件においては、従来工法により止水を行った部位もあったが、その部位では再漏水が生じているところがあり、ミクストグラウトの高い止水耐久性が確認できた。

7. まとめ

ポリウレタン樹脂と特殊水性エマルジョンの2種類の薬液からなる止水材を一体型の電動ポンプでひび割れ漏水部に注入し、確実性の高い止水工事を行うことができる2液混合型・注入止水工法ミクストグラウトを開発した。止水材の基礎物性や工法の施工性を従来工法と比較・評価した結果を以下にまとめる。

- 1) ミクストグラウト止水材は、従来の一液型ポリウレタン樹脂に比べて速硬性や寸法安定性、そして伸び性能などに優れていた。
- 2) 実大壁面による性能検証を行った結果、ミクストグラウトは従来工法に比べて壁面のひび割れの動きへの追従性に優れており、かつ幅0.02mmまでの微細なクラックへ止水材が充填可能であった。
- 3) ミクストグラウトを実物件へ適用した結果、施工速度が従来工法を大幅に上回り、かつ2年7ヶ月以上の間再漏水が発生せず、従来工法よりも止水耐久性に優れていることを確認した。

謝辞

本工法は(株)MASUDAとの共同開発工法であり、開発・実用化には多大なるご協力を頂きました。記して御礼申し上げます。

参考文献

- 1) 東京都環境局ホームページ：「これからの地下水保全と適正利用に関する検討について」 -平成27年度地下水対策検討委員会のまとめ- (H28. 7. 29)
<https://www.kankyo.metro.tokyo.jp/water/groundwater/> (参照2017-06-07)
- 2) 大阪府環境農林水産部ホームページ：大阪府における地下水利用及び地盤沈下等の状況について
<http://www.pref.osaka.lg.jp/kankyohozen/jiban/chikasui.html> (参照2017-06-07)
- 3) 日本建築学会編：建築工事標準仕様書・同解説JASS5 鉄筋コンクリート工事, p. 600, 2015. 7
- 4) 小川 晴果, 他：部位別に見るトラブル対策のポイント RC・S造編 地下構造物, 建築技術 2000年4月号, pp. 145-153, 2000. 3
- 5) 平田 隆祥, 他：2液混合型注入止水材の性能と地下コンクリート構造物への適用効果, 土木学会平成28年度全国大会, pp. 449-450, 2016. 9