

コンクリート接着性防水シートの改良

材料技術研究部 防振材料研究室
主任研究員 矢口 直幸

1. はじめに

国土の狭い日本では限られた面積における空間確保を目的として、地下空間が積極的に活用されている。特に都市部では、鉄道などの交通網の整備には地下空間の活用が必須となっている。しかしながら、地下空間を活用するため構築される地下構造物は、地上構造物と異なり地下水位以下に構築されるため、防水機能が発揮されなければ地下構造物内部への漏水に伴う各種施設への被害あるいは漏水処理に伴う経費の支出等が懸念される。地下構造物内部への漏水を防止する工法の一つとして、土留め壁等に防水材料を敷設後、躯体コンクリートを構築する工法が実施されている。しかし、一般に用いられている防水材料は、コンクリートと密着性が低いため、防水材料の局所的な損傷部から浸入した地下水が防水材料と躯体コンクリートの境界面を自由に移動し、損傷部から離れた箇所のクラック等から漏水が発生すると考えられる(図1(A))。

そこで、図1(B)に示すように、防水材料に局所的な損傷等が生じた場合でも、防水材料を敷設後に打設される躯体コンクリートと化学的に接着することにより躯体コンクリートと防水材料の境界面への水廻りを防止するコンクリート接着性防水シートを開発し、飛躍的な漏水の抑制を可能とした¹⁾²⁾³⁾。しかし、このコンクリート接着性防水シートは、シートの特徴である接着強度の発現に時間を要し、さらに接着層に用いられている樹脂が高価なため、製品コストが一般の防水材料と比較して割高であった。そこで、製品コスト低減及びコンクリートとの接着性能向上を目的としたコンクリート接着性防水シートの改良を行った。

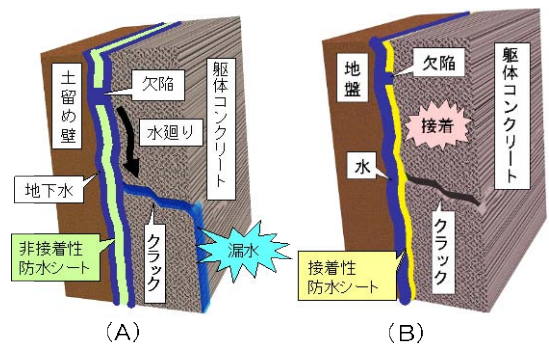


図1 漏水メカニズム

2. 接着性防水シートの改良

2.1 素材の検討

防水材料を敷設後に打設するコンクリートに対し、防水材料に接着性能を付加するには、水硬化反応の進行に伴い珪酸カルシウム水和物(C-S-H)を形成する素材を用いる方法が考えられる。

水硬化反応に伴う珪酸カルシウム水和物の形成に必要な珪酸(SiO₂)を含む安価な素材としては、セメント混和材として用いられるスラグ、フライアッシュ、シリカ等がある。表1に混和材の主成分を示す。各混和材の化学成分中で、珪酸カルシウム水和物の形成に必要な珪酸の含有率は、スラグ、フライアッシュ及びシリカを

表1 各混和材の主成分⁴⁾

種類		スラグ	フライアッシュ	シリカ
化学成分 (%)	SiO ₂	25~40	34~60	>80
	Al ₂ O ₃	8~17	17~31	0.1~0.5
	Fe ₂ O ₃	5~10	2~25	<1
	CaO	10~38	0.5~10	—
	MgO	1~3	1~3	—
	塩基度	1.0~1.8	0.2~0.7	0.1

比較するとシリカが最も高い。そのため、打設コンクリートと反応して、珪酸カルシウム水和物を形成し、接着力を発揮する素材としては、珪酸の含有率が高いシリカを選択した。

2.2 防水シートの構成

改良したコンクリート接着性防水シート（以下、改良型防水シート）は、従来のコンクリート接着性防水シート（以下、従来型防水シート）と同様に、3層で構成されている（図2）。接着層には、敷設後に打設されるコンクリートのセメント成分と反応し、結合能力を有する珪酸カルシウム水和物を形成するシリカを含む特殊EVA樹脂（エチレン-酢酸ビニル共重合体）を適用した。地中壁の突起物等による防水シートの損傷を防止するための損傷保護層には、従来型防水シートと同様にポリエステル製織布、防水樹脂層にはEVA樹脂を用いた。

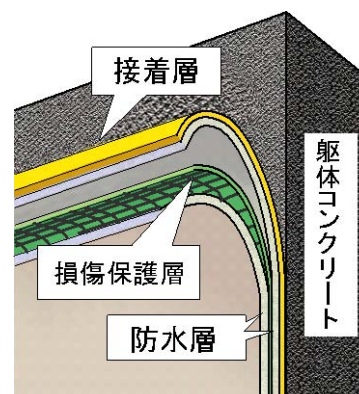


図2 防水シートの構成

2.3 特殊EVA樹脂転写量の検討

改良型防水シートは、基材（損傷保護層を含む防水樹脂層）に特殊EVA樹脂をグラビアロールにより転写して製造される。特殊EVA樹脂の転写回数（グラビア回数）は、接着層を形成する上で重要であり、接着性能に大きな影響を与える。そこで、転写回数に対して剥離強度を評価し、最適な転写回数を検討した。剥離強度試験には、シリカ転写面にモルタル（水/セメント比 $W/C=0.5$ 、細骨材/セメント比 $S/C=2$ 、 $W160 \times L40 \times t40\text{mm}$ ）を直接打設し、飽和湿気中で28日間静置養生したものを試料として用いた。

その結果、転写回数1回の剥離強度に対する剥離強度比は、図3に示すように転写回数2回が最も高い値を示した。

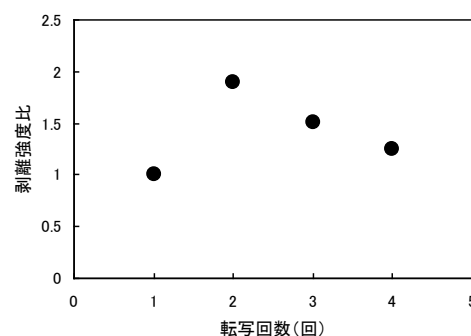


図3 剥離強度の転写回数依存性

3. 改良材の性能評価

3.1 物性

防水シートに求められる物性としては、強度（引張強度、接合部強度、モルタルと防水シートのせん断接着及び引張接着、剥離接着強度、ひび割れ追従性）、水密性（基本水密性、接合部水密性、釘孔水密性、モルタルと防水シートの水密性、不陸変形（凹凸による材料変形）を伴うモルタルと防水シートの水密性）があげられる。

強度試験では水密性を直接把握することは困難であるが、品質管理を行う上では重要な項目である。水密性は、防水用材料の直接的性能である。また、近年は施工した際、環境への影響が重視されることから、流出物の分析（赤外線分光分析、原子吸光分析）による有害物質の有無を確認することが求められている。

ここでは、これらの試験項目の中で本防水シートの特徴である接着性能と水密性に関する評価結果について報告する。

3.2 剥離強度

供試体は、改良型防水シート表面（躯体コンクリート打設面）にモルタル（ $W160 \times L40 \times t40\text{mm}$ 、

W/C=0.5, S/C=2) を直接打設し、飽和湿気中で静置養生した。養生温度は、施工環境温度を考慮して、 $5\pm 2^{\circ}\text{C}$ 及び $23\pm 2^{\circ}\text{C}$ とし、さらに剥離強度の養生日数依存性を把握するため、養生期間7, 14, 21及び28日で試験した。

その結果、図4に示すように養生温度 $23\pm 2^{\circ}\text{C}$ では養生7日で剥離強度が発現し、その後は僅かに増加する傾向を示した。養生温度 $5\pm 2^{\circ}\text{C}$ では、 $23\pm 2^{\circ}\text{C}$ と比較すると強度発現は遅れるが、養生日数の経過に伴い増加した。従って、コンクリート標準¹⁰⁾で示されているように、打設可能とされているコンクリートの最低温度が 5°C 以上であれば、接着反応は十分に進行するものと判断した。また、本試験結果を従来型防水シートと比較すると、従来型防水シートは、図4に示したように $20\pm 2^{\circ}\text{C}$ で養生7日において剥離強度約 6N/cm であるのに対し、改良型防水シートは $23\pm 2^{\circ}\text{C}$ 、養生7日で約 23N/cm に達しており、接着性能の向上を確認した。

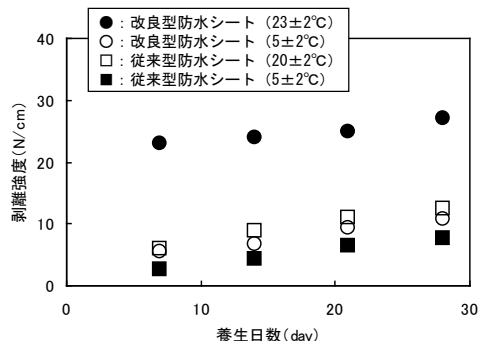


図4 剥離強度の養生日数依存性

3.3 ひび割れ追従性

供試体には、改良型防水シート表面にモルタル (W160×L40×t40mm, W/C=0.5, S/C=2) を直接打設し、環境温度 $23\pm 2^{\circ}\text{C}$ の飽和湿気中で28日間静置養生を行ったものを用いた。養生後、3点曲げによるひび割れ追従性試験を実施した。ひび割れ追従性は、防水シートに切断、開穴等の欠陥が生じた時点のモルタル下部のクラック幅とした。試験速度は 0.5mm/min 、試験環境温度は $23^{\circ}\text{C}\pm 2^{\circ}\text{C}$ とした。

その結果、図5に示すように改良型防水シートはクラック幅10mmでも防水シートに開穴及び切断等の欠陥は認められず、開削トンネルで一般的に許容されているクラック幅 0.5mm 程度に対し、20倍以上の追従性を有し、従来型防水シートと同等の性能を有していることを確認した。



図5 ひび割れ追従性

3.4 水密性

改良型防水シートの表面にモルタル ($\phi 100\times H200\text{mm}$, W/C=0.5, S/C=2) を直接打設し、 $23\pm 2^{\circ}\text{C}$ の飽和湿気中で7, 14, 21及び28日間静置養生を行った。各期間養生後、改良型防水シートとモルタルの接着面を通過して流出する水の通り道を確認するため、改良型防水シートの中心部位に打設したモルタルまで到達する深さの穴 ($\phi 10\text{mm}$) を開け、モルタルと防水材料の水密性を確認した。負荷水圧は 0.5MPa (水頭差50m相当)、試験水温は $23\pm 2^{\circ}\text{C}$ とし、圧力円筒下部から流出する単位時間当たりの漏水量が一定となるまで放置後、漏水量をメスピペットで測定した (図6)。

その結果、図7に示すように、改良型防水シートは、養生日数7~28日において漏水量に著しい変化は認められず、養生日数28日では 1.5ml/day であった。

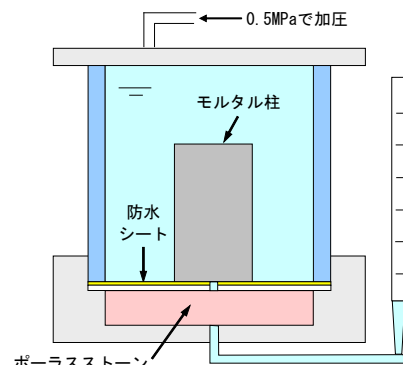


図6 モルタルと防水シートの水密性試験概念図

本試験において防水性能を評価するには、漏水を2つの形態に区分して検討する必要がある。一つは防水シートの表面から内部を透過してくる形態であるが、基本水密試験の結果では漏水は確認されず、内部を透過してくる漏水は無いものと考えられる。2つ目はモルタル中を透過する形態であるが、本試験方法においてモルタル柱の内部を透過してくる漏水量は1ml～2ml/dayであることを確認している¹⁾²⁾。このことから、本試験において確認された漏水は、モルタルを透過して流出した漏水であり、23℃の環境温度であれば、モルタル打設後7日程度で漏水を防止可能であると考えられる。

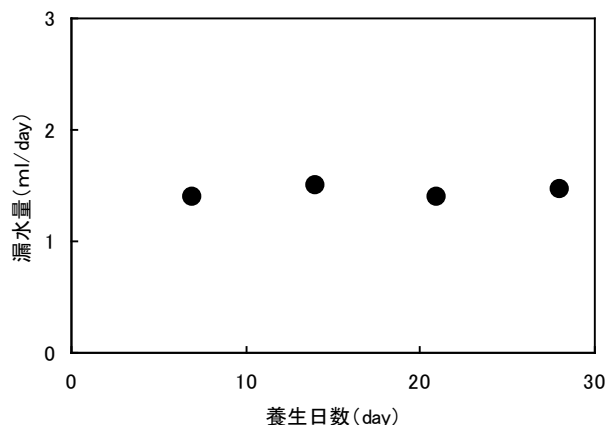


図7 モルタルと防水シートの水密性試験結果

4. まとめ

製造コストの低減と接着性能の向上を目的にコンクリート接着性防水シートの改良を行った。結果を以下に記す。

- 1) 接着層に安価な素材としてシリカを含む特殊EVA樹脂を用いることにより、従来型のコンクリート接着性防水シートと比較して20%程度の製品コスト低減が可能となった。
- 2) 従来型防水シートと比較して接着強度及び強度発現速度が向上した。
- 3) 開削トンネルで一般的に許容されているクラック幅に対し、十分な追従性を有している。
- 4) モルタルとの接着効果により、大深度地下構造物（地下50m相当）に作用する高い水圧に対し、従来型防水シートと同等の防水性能を有している。

文 献

- 1) 矢口，館山，伊勢：コンクリート接着性防水シートの開発，鉄道総研報告，Vol.17, No. 10, 2003
- 2) N. Yaguchi, M. Tateyama, T. Ise : Development of Adhesive Waterproof Sheet for Concrete Structure, Quarterly Report of RTRI, Vol.45, No4, 2004
- 3) 矢口，館山，出水，田村：コンクリート接着性防水シートの開発，ジオシンセティックス技術情報，国際ジオシンセティックス学会日本支部，Vol. 19, No. 2, 2003
- 4) 最新・コンクリート混和材の技術と応用，(株)シーエムシー，2001.9