

ニューマチックケーソン工法におけるポリウレタン系外防水層の耐引っ掻き試験

J R 東日本 東京工事事務所 ○正会員 山本 淳 正会員 桑原 清
清水建設株式会社 正会員 小野 正 正会員 下間 充
株式会社 エヌエムビー 正会員 元売 正美
株式会社 ポゾリス物産 並木 隆一

1. はじめに

高速埼玉東西連絡道新設工事では、連絡道の構造体をニューマチックケーソン工法により地中へ沈設する。従来、同工法における防水は施工例が少なく、希に内防水工法で行われていたが、防水性能の面で十分ではない場合があり、当該工事においては、外防水工法を検討している。外防水工法を採用した場合、防水層にはケーソン沈設時に岩石や砂礫との接触に伴う引裂力や引っ掻き力が発生し、それに対する抵抗性が要求される。また、ニューマチックケーソン工法のサイクル工程により、型枠を脱型した後に若材齢のコンクリート面に防水層を施工することが条件となる。このようなケーソン工法の外壁面に合成高分子系防水材料を用いた外防水の実施例がなく、耐引っ掻き性等を考慮して防水性能を検討する資料がない。

本稿は、ポリウレタン系の速硬性吹付け塗膜防水材料について、コンクリートの気乾養生期間と接着強度の関係およびケーソンの沈設時に想定される引っ掻き抵抗性の試験結果について報告する。

2. 使用材料

防水材料は、ポリウレタン系の速硬性塗膜防水材料(物性値例(20℃):引張強度=1080N/cm²、伸び率=660%)で、専用の吹付け機で吹付け施工することにより15～20秒程度で硬化し、継ぎ目のない塗膜を形成することが可能である。防水材料および防水層の構成を表-1に示す。

3. 試験計画

試験は、下地コンクリートに対する接着強度試験(建研式)およびケーソン沈設時を想定した防水層の耐引っ掻き性試験を行った。

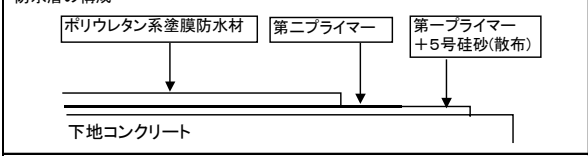
試験体は、水セメント比 53%、スランプ 10cm のコンクリートを 460x530x150mm に成形し、打設翌日に脱型して表-2に示す試験計画に準じて防水層を施工して作製した。

耐引っ掻き性試験は、砂礫層を想定した図-1に示す人工路盤の上に試験体の防水層が接するように載せ、載荷重量を制御しながら横方向に引っ張ることで周面摩擦力を再現した。試験では、深度 40mm の砂礫の単位面積当たりの周面摩擦力 31.0kN/m²¹⁾を採用し、(1)式によって試験体に相当する周面摩擦力を算出し、摩擦係数を1と仮定して(2)式により、試験体に載荷する重量を 750kgと設定した。また、深度と地盤の土質を考慮するため、250kg および 500kg の各ステップの試験を加え、250kg、500kg および 750kg の載荷を段階的に実施した。

表-1 使用材料と防水層の構成

層の種類		主成分	配合(重量比)		使用量 (kg/m ²)
			主剤	硬化剤	
プライマー層	第一プライマー	1)エポキシ樹脂系(乾燥面用)	100	45	0.3~0.5
		2)エポキシ樹脂系(湿潤面用)	100	12	0.3~0.5
	珪砂	5号珪砂			0.7~1.0
	第二プライマー	ポリウレタン系	一成分型		0.08~0.1
塗膜防水層		ポリウレタン系(速硬性吹付け)	100	73	3.5~6.0

防水層の構成



$$U_F = f \times A \dots\dots\dots(1)$$

ここに、 U_F :試験体の面積にかかる周面摩擦力(kN)
 f :単位面積あたりの周面摩擦力(kN/m²)
 A :試験体の面積(0.53x0.46m²)

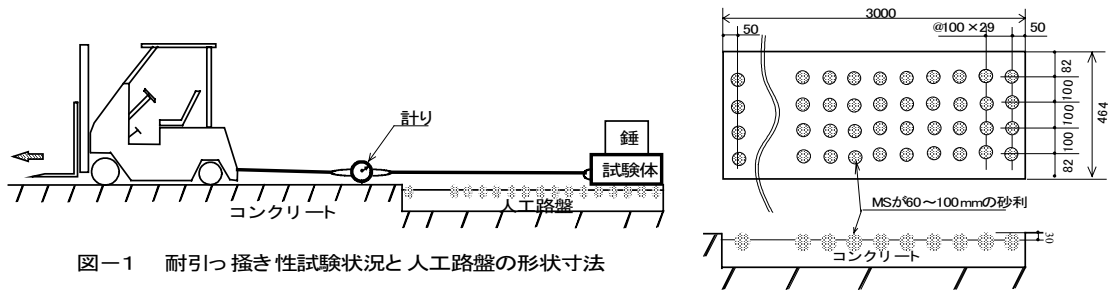
$$W \times \lambda = U_F \dots\dots\dots(2)$$

ここに、 W :試験体に載荷する重量(kN)
 λ :人工路盤と試験体との摩擦係数

表-2 試験計画

要 因	摘 要	
試験の種類	接着強度試験	耐引っ掻き性試験
下地コンクリートの気乾養生期間	1日、3日、5日	
第一プライマーの種類	1)乾燥面用 2)湿潤面用	乾燥面用
防水層の厚さ	3mm	1)3mm 2)5mm
試験方法	建研式接着力試験器による ・防水層施工後材齢2日	人工路盤上に錘を載せた試験体を横引きし、防水層の損傷の程度を観察する ・防水層施工後材齢2日 ・錘:250kg、500kg、750kg

キーワード:ニューマチックケーソン工法、防水、塗膜防水、引っ掻き抵抗性、接着強度
連絡先:〒151-8512 東京都渋谷区代々木 2-2-6 JR 東日本 東京工事事務所 TEL 03-3379-4353 FAX 03-3372-7980



図ー1 耐引っ掻き性試験状況と人工路盤の形状寸法

4. 試験結果

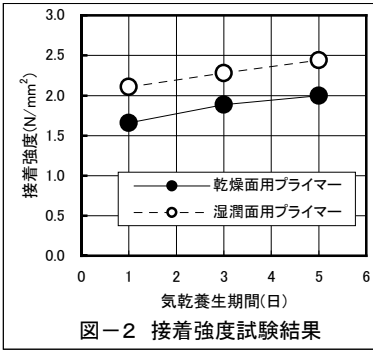
4.1 接着強度

接着強度試験結果を図-2に示す。全ての試験体において付着強度は 1.5N/mm^2 以上と大きく、脱型後1日のコンクリートにも良く接着することが確認された。また、乾燥面用プライマーと比較して湿潤面用プライマーの接着強度が高いこと、ならびに防水層施工までのコンクリートの気乾養生期間が長くなるほど、接着強度が微増することが認められた。破壊状況は、何れも下地コンクリートの破壊と防水層の破壊が混在していた。

4.2 耐引っ掻き性

耐引っ掻き性試験によって得られた引張荷重から算出した単位面積当たりの周面摩擦力を表-3に、試験後の防水層の状態の例を写真-1に示す。

防水層には局部的に損傷が生じたが、その箇所は、全ての試験体において引張方向の先端付近に発生した。試験体の中央部は、大きいもので幅2cm、長さ5cm程度に防水材の表面が削り取られ荒れた状態になっているが、プライマー層まで達するような損傷は認められなかった。耐引っ掻き性試験の荷重750kgより求めた単位面積あたりの周面摩擦力は、 $16.4\sim 26.7\text{kN/m}^2$ となり、この最大値である 26.7kN/m^2 は深度40mの砂質土層、もしくは深度25mの砂礫層に相当し、十分な耐引っ掻き性を有すると考えられる。なお、耐引っ掻き性に及ぼす防水層の厚さの影響は認められなかった。



図ー2 接着強度試験結果

表-3 耐引っ掻き性試験結果

養生 期間	防水材の 施工厚さ	載荷荷重 (kg)	周面摩擦力(kN)		単位面積当たりの周面摩擦力		損傷程度	プライマー層の露出(○=露出)	
			滑走開始	滑走中	滑走開始(kN/m²)	滑走中(kN/m²)		先端部	中央部
1日	3mm	250	2.50	1.80	10.25	7.38	Ⅱ	—	—
		500	4.80	3.50	19.69	14.36	Ⅲ	○	—
		750	5.50	4.20	22.56	17.23	Ⅲ	○	—
	5mm	250	2.50	1.80	10.25	7.38	Ⅱ	—	—
		500	4.20	3.50	17.23	14.36	Ⅲ	—	—
		750	6.00	4.00	24.61	16.41	Ⅲ	○	—
3日	3mm	250	2.50	1.80	10.25	7.38	Ⅱ	—	—
		500	4.50	3.50	18.46	14.36	Ⅱ	○	—
		750	6.50	5.00	26.66	20.51	Ⅲ	○	—
	5mm	250	2.50	1.80	10.25	7.38	Ⅱ	—	—
		500	4.20	3.00	17.23	12.31	Ⅲ	—	—
		750	5.80	4.00	23.79	16.41	Ⅲ	○	—
5日	3mm	250	2.30	1.80	9.43	7.38	Ⅰ	—	—
		500	4.30	3.50	17.64	14.36	Ⅲ	○	—
		750	5.70	4.80	23.38	19.69	Ⅲ	○	—
	5mm	250	2.60	2.00	10.66	8.20	Ⅱ	—	—
		500	4.50	3.80	18.46	15.59	Ⅲ	—	—
		750	6.00	4.80	24.61	19.69	Ⅲ	○	—

備考) 損傷程度: Ⅰ=部分的に削りかすが付着している
Ⅱ=表面が小さく削られた
Ⅲ=表面が広い範囲で削られ、荒れている



写真ー1 試験後の防水層の状態(養生1日、厚さ3mm、750kg)

5. まとめ

今回の試験結果を以下にまとめる。

- (1) 速硬性ポリウレタン吹付け防水材は、気乾養生期間1日の若材齢コンクリートに良好な接着性を示した。
- (2) 試験によって発生した損傷の位置は、全ての試験体において引張方向の先端に観察された。試験体の中央部は、広い範囲で防水層表面が削り取られたが、プライマー層に達する損傷は発生せず、十分な耐引っ掻き性を有することが確認できた。

【参考文献】1)日本道路協会:道路橋示方書・同解説 Ⅳ 下部構造編 平成8年12月