

施工後の強度発現が早い歩行者系土系舗装の開発

大成ロテック(株) 生産技術本部 技術研究所 ○嶋田 泰丈
同 熊坂 理沙
同 青木 政樹

1. はじめに

土系舗装は、自然との調和性に優れていることから、主に公園の遊歩道や史跡、観光地のような景観性が求められる場所で適用されている。従来の土系舗装は、固化材にセメント系や石灰系、樹脂系を使用しているものが多く、養生期間を1日から1週間、寒冷期では3日以上要するものが多い¹⁾。そのため、観光客が頻繁に訪れる場所や、回り道のない遊歩道などでは容易に補修が行えず、安全な通行の支障となっているケースが散見される(写真-1)。

このような背景のもと、土系舗装の更なる普及拡大を目的に、施工後の強度発現が早い歩行者系土系舗装の開発を行った。開発した歩行者系土系舗装(以下、当該土系舗装)は、外気温が5℃未満の極寒期を除いて施工後24時間以内に供用可能な強度を発現するものである。また、階段やベンチ周りなどのように、転圧が十分に行えないような箇所に対しては、簡易な締固めにより、施工後24時間以内に供用可能な強度発現が見込める。

本文では当該土系舗装の概要を述べるとともに、目標性能および基本物性などについて示し、積雪寒冷地(新潟県)で実施した試験施工結果について報告する。



写真-1 破損した土系舗装

2. 当該土系舗装の概要

当該土系舗装は、石灰系の砂と固化材がプレミックスされた粉体材料と水をモルタルミキサ等にて現地で混合し、舗設するもので、施工後24時間以内には供用が可能となる強度を発現する。当該混合物の標準配合を表-1に、製造・施工手順を図-1に、標準断面を図-2に示す。なお、当該土系舗装は強度発現が早い一方で乾燥収縮量が小さく、ひび割れが発生しにくいいため、クラックを誘発する目的での施工目地を基本的に必要としない。

表-1 当該混合物の標準配合

固化材+石灰砂	水	凝結遅延剤
100	10	0~0.5% [*]

^{*}固化材+石灰砂に対し外添加

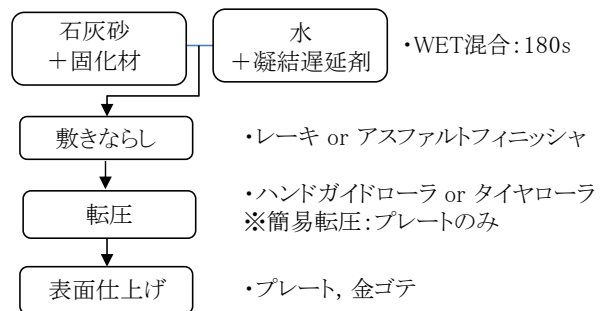


図-1 製造・施工手順

3. 開発の概要

3-1. 目標性能

既往の研究^{2), 3)}において、セメント安定処理路盤材や土系舗装材の一軸圧縮強度が、3.0~3.5MPa以上であれば凍害の影響を受けにくいとの報告がある。土系舗装は保水性を有することもあり、凍害に対する抵抗性が低いものが多い。そこで、当該土系舗装は季節や地域を極力限定せずに適用できるように、施工後24時間で一軸圧縮強度が3.5MPa以上となることを目標とした。当該土系舗装の目標性能を以下に示す。

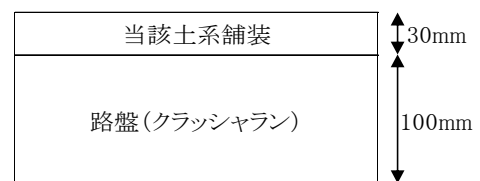


図-2 当該土系舗装の標準断面

- ①適用可能な温度条件：気温が 5～40℃の環境下において、24 時間後の一軸圧縮強度（舗装調査・試験法便覧 E013 参考）が 3.5MPa 以上となること。
- ②可使時間（混合物製造から転圧完了までの時間）：気温が 5～40℃の環境下において、60 分以上確保できること。
- ③長さ変化率(JIS A 1129)：当該土系舗装の固化材を一般的なセメントと置き換えた土系舗装（以下、セメント系土舗装）と比較して 1/2 以下となること。
- ④簡易な締固めの適用性：ビブロプレート（以下、プレート）により 2 往復転圧を行ったときの締固め度に相当する供試体の一軸圧縮強度（20℃、24 時間養生後）が、3.5MPa 以上となること。

3-2. 試験手順

(1) 5～40℃の環境での可使時間および目標強度の確保

5, 20, 40℃に設定した室内で混合物を製造し、混合物の製造から 0, 60, 90 分後にそれぞれ作製した供試体の 24 時間後の一軸圧縮強度を確認した。なお、供試体の養生は各温度により気中で行った。

(2) 長さ変化率の測定

JIS A 1129 の長さ変化率試験に準拠し、無拘束条件で長さ変化率を測定した。供試体の長さの測定は、以下の手順で行った。

- ① 供試体作製後 20℃RH80%の気中で 1 日間封緘養生
- ② 脱型して基長（材齢 0 日）を測定
- ③ 20℃RH60%の気中で養生し、適宜長さ変化率を測定

本試験では、セメント系土舗装と、市販の無収縮モルタルについても長さ変化率を測定し、当該土系舗装と比較した。

(3) 簡易な締固めによる目標強度の確保

簡易な締固めを行ったときの当該土系舗装の強度を確認するために、試験施工により得られた切り取りコアの締固め度と、室内での突き固め試験による締固め度と一軸圧縮強度の関係から、簡易な締固めに相当する一軸圧縮強度を推定した。なお、簡易な締固め方法としては、プレートで 2 往復転圧することとした。また、室内での突き固め試験の 1 層当りの突き固め回数は 5, 10, 20, 25 回とし、それぞれ 3 層で突き固めた。

3-3. 試験結果

(1) 5～40℃の環境での可使時間および目標強度の確保

各温度での混合物製造から供試体作製までの時間（練り置き時間）と一軸圧縮強度の関係を図-3 に示す。図より、練り置き時間が 90 分の場合は、5℃と 40℃の温度条件下では目標強度を下回った。また、練り置き時間が 60 分以下では、目標強度を満足することが確認できた。このことから当該土系舗装の可使時間は、材料温度が 5～40℃の範囲においては 60 分確保できることがわかった。

(2) 長さ変化率

長さ変化率の測定結果を図-4 に示す。図より、当該土系舗装の材齢 28 日の長さ変化率は 116×10^{-6} となり、無収縮モル

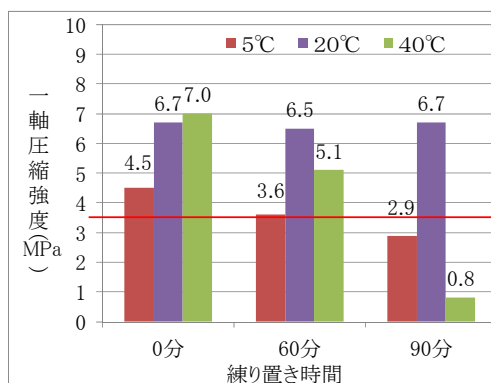


図-3 練り置き時間と一軸圧縮強度

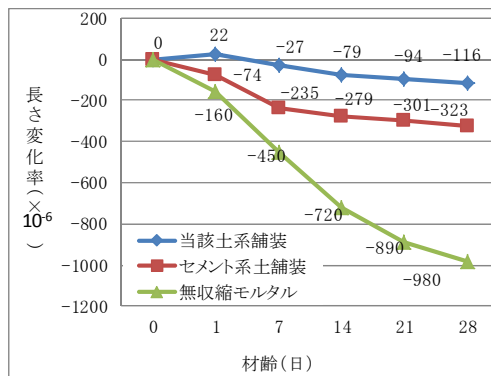


図-4 長さ変化率測定結果

タルの 1/8 以下，セメント系土舗装の 1/3 程度であり，当該土系舗装は長さ変化率が小さい材料であることが確認できた。このことから当該土系舗装は，乾燥収縮によるクラックが発生しにくく，目地施工が不要と考えられる。

(3) 簡易な締固めによる目標強度の確保

20℃の環境下で，3 層で 25 回ずつ突き固めた供試体の密度を基準密度とした場合の，各締固め回数で突き固めた供試体の締固め度と一軸圧縮強度の関係を図-5 に示す。簡易な締固め方法として設定したプレート2往復で転圧した当該土系舗装の試験施工箇所から切り取った供試体の締固め度は 92.1%であった。図-5 より，その時の一軸圧縮強度は 4.4MPa となる。この結果から，当該土系舗装は，想定した簡易な締固めにおいても 20℃の環境下では目標とした強度を発現することがわかった。

4. 積雪寒冷地における試験施工

4-1. 試験施工の概要

当該土系舗装の施工性および耐久性（乾燥収縮によるクラックの発生の有無，路面凍結などによる表面の荒れなど）を確認するために，試験施工を実施した。表-3 に試験施工の概要を示す。試験施工の区画は，乾燥収縮によるクラック発生の可能性をより評価しやすくするために，幅員 1m，延長 6m の細長い形状とした。なお，試験施工では当該土系舗装のほか，セメント系土舗装についても同様に施工を行い，固化材の種類による性能の違いを比較した。施工時の外気温は 25℃前後で，混合物の練落とし温度は 25.1～25.4℃であった。

4-2. 施工性

(1) 混合物の製造

混合物の製造は混合能力 330ℓのパン型ミキサを用い，1 バッチ当り 180～240kg の混合物を製造した。混合物の製造手順は図-1 に示す通りであり，本試験施工における混合時間は加水後 180 秒とした。混合状況を写真-2 に示す。当該土系舗装，セメント系土舗装のどちらも混合物の塊や混合ムラなどは見られず，混合性は良好であった。

(2) 施工性

練り落した混合物はレーキにより人力で敷きならした（写真-3 参照）。2 種類の混合物は混合物の団粒化などは見られず，レーキビリティは良好であった。また，ハンドガイドローラによる転圧では，混合物の引きずりやクラックの発生などの不具合は見られず，ローラマークや表面の若干の荒れなどは金ゴテなどにより容易に整形することができた。以上のことより，当該土系舗装の施工性は良好と判断した。施工完了状況を写真-4 に示す。

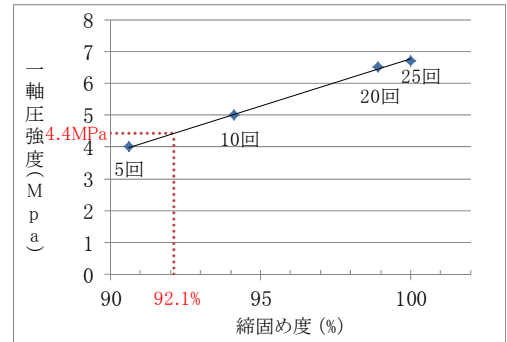


図-5 締固め度と一軸圧縮強度の関係

表-3 試験施工の概要

場所	新潟県系魚川市	
施工時期	2016年7月	
舗装種類	当該土系舗装	セメント系土舗装
面積	1m×6m	
施工断面	表層3cm，路盤10cm	
敷きならし	人力(レーキ)	
転圧	ハンドガイドローラ	
表面仕上げ	プレート，金ゴテ	



写真-2 混合状況



写真-3 敷きならし状況



写真-4 施工完了状況

4-3. 基本物性

(1) 室内試験結果

試験施工にて製造した混合物にて供試体を作製(製造直後、3層 25回突き)し、一軸圧縮試験を実施した。図-6に一軸圧縮試験結果を示す。なお、供試体は、20℃の室内にて1日および7日間気中養生した。図-6より、当該土系舗装の一軸圧縮強度は、気温が25℃前後であったこともあり、施工後24時間で7.3MPaとなり、目標とする3.5MPaを大きく上回った。一方で、比較用のセメント系土舗装の材齢1日の圧縮強度は1.5MPaであり、当該土系舗装の目標強度を満足しなかった。

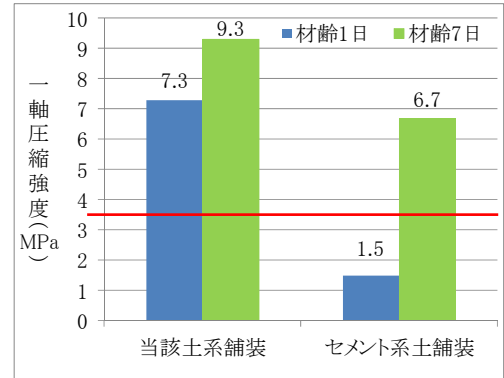


図-6 一軸圧縮試験結果

(2) 現場試験結果

土系舗装ハンドブック¹⁾に示される評価指標を参考に、施工翌日および7日後に各種基本物性試験を実施した。表-4に試験結果を示す。表より、両舗装ともすべり抵抗性には問題はなく、人が歩行できる目安となるプロクターニードルによる貫入抵抗値も施工翌日から目標値60ポンドを上回っていた。

表-4 現場試験結果 (材齢1日, 7日)

評価指標	試験方法	当該土系舗装		セメント系舗装		目標値
		σ1	σ7	σ1	σ7	
安全性	すべり抵抗性試験 (BPN)	73	82	77	74	40以上
硬さ*	プロクターニードル貫入試験 (貫入抵抗値)	130ポンド以上		130ポンド以上		60ポンド以上

*硬さ: ハイヒールを履いた歩行者の荷重に対する耐久性

4-4. 屋外暴露による耐久性

施工後一冬経過後の路面の変状や耐久性を目視により確認した。当該土系舗装、セメント系土舗装ともに白華現象が生じていたが、ひび割れや表面の荒れなどの破損は見られなかった。なお、白華現象対策としては、色粉を添加・混合することが有効であることを確認している。

5. おわりに

施工後の強度発現が早く、簡易な締固めでも供用可能な強度を発現する土系舗装の開発を行った。開発の過程で得られた知見を以下に記す。

- ・既往の研究成果を参考に、当該土系舗装の目標強度を、混合物製造から24時間後の一軸圧縮強度で3.5MPa以上と設定した。その結果、気温が5~40℃の環境下で、可使用時間(混合物練落しから締固めまでの時間)が60分確保でき、施工24時間後の一軸圧縮強度が目標値3.5MPaを満足した。
- ・当該土系舗装は、長さ変化率が小さく、クラックが入りにくいいため、目地施工が不要と考えられる。
- ・気温20℃の環境下において、簡易な締固め方法(プレート2往復)でも目標とした強度を満足した。
- ・積雪寒冷地(新潟県糸魚川市)で試験施工を実施した結果、良好な混合性および施工性が確認できた。

また、一冬経過後も乾燥収縮によるクラックの発生や、路面凍結などによる表面の荒れは見られず、良好な耐久性を確認した。

今後は、新設や打換え、狭小部の補修など様々な個所に適用し、土系舗装の普及拡大に貢献したい。

【参考文献】

- 1) 独立行政法人土木研究所：土系舗装ハンドブック 歩道用，p. 47，2009. 8.
- 2) 杉田美昭編：写真と図で見るアスファルト舗装工事の施工ノウハウ，pp. 112~113，1992. 7
- 3) 中原ほか：固化材系土舗装の適用性検討，雑誌「舗装」45号報文，pp. 13~18，2010. 3