

高耐久裏込めグラウト LU-10TS の施工性確認試験および 小松空港工事報告

技術本部	技術部	雨宮美子
技術本部	技術部	桐川 潔
技術本部	技術部	堀内達斗
東京土木支店	土木工事部 (名古屋支店駐在)	石田浩和

概要：港湾空港技術研究所，UBE 三菱セメント，ピーエス三菱の三社共同研究により開発した空港舗装用裏込めグラウト LU-10TS は，令和 3 年度小松空港エプロン新設外 1 件工事において初めて採用された．そこで，現地での施工性を確認するため，小松空港で敷設するプレキャストプレストレストコンクリート舗装（以降，PPC 舗装）版を模擬した実物大規模の試験体を用いて LU-10TS の充填性確認試験を実施し，良好な充填性を確認した．本報告では，施工性確認試験および小松空港工事について報告する．

Key Words：空港舗装，高耐久裏込めグラウト，LU-10TS，小松空港

1. はじめに

軟弱な地盤を埋め立てて建設された空港エプロン部においては，PPC 舗装下に充填するグラウト材が粉砕化し，航空機が通過する際に舗装版目地部より水とともに噴出する現象が報告されている．それらに起因する舗装板自体の損傷等により航空機運行の安全確保に問題が生じており，グラウト材の耐久性向上が必要とされた．これに伴い平成 22 年度より LU-10T が使用されているが，既設部については必ずしも十分な対応となっていない状況である．そこで荷重耐久性および施工性の検証を通じて実用化を図ることにより，PPC 版舗装の耐久性向上に資することを目的に荷重に対する粉砕化抑制効果の高い裏込めグラウト材 LU-10TS を開発した．

LU-10T は繊維混入量 0.05vol.% であるのに対し，LU-10TS は繊維混入量 0.2vol.% であり，さらにポリマーを 5.0mass% 添加している．このため，変形性能が向上し，また疲労耐久性も向上することをこれまでの試験で確認してきた．流動性がやや低くなっており，練り混ぜから注入までを可使時間内に完了できるかという施工性の面で懸念があった．本試験では，現地での施工性を確認するため，小松空港で敷設する PPC 版を模擬した実物大規模の試験体を用いて施工性確認試験を実施した．

2. 施工性確認試験

2.1 試験概要

2.1.1 目的

本試験では小松空港でのグラウト工を模擬する．グラウトの練り混ぜや注入までを実施し，充填時間の把握および充填性を確認した．



雨宮美子



桐川 潔



堀内達斗



石田浩和

2.1.2 試験体概要

試験体形状を図-1 に示す。試験体は実物 PPC 版と幅は同様の 2.4m、長さは 1/2 の 7.5m とした。

試験体はスルーフォーム(面板に半透明 FRP 樹脂, リブにアルミ合金を使用した型枠:大同機材工業社製)と合板を使用して製作した。実施工と同等の寸法になるようグラウト注入孔は 3.0m ピッチ(実施工では 2.5m ピッチ), グラウト充填厚さは 10mm とした。また, 現地と同様に勾配を横断方向 1.3%, 縦断方向 0.263% とした。

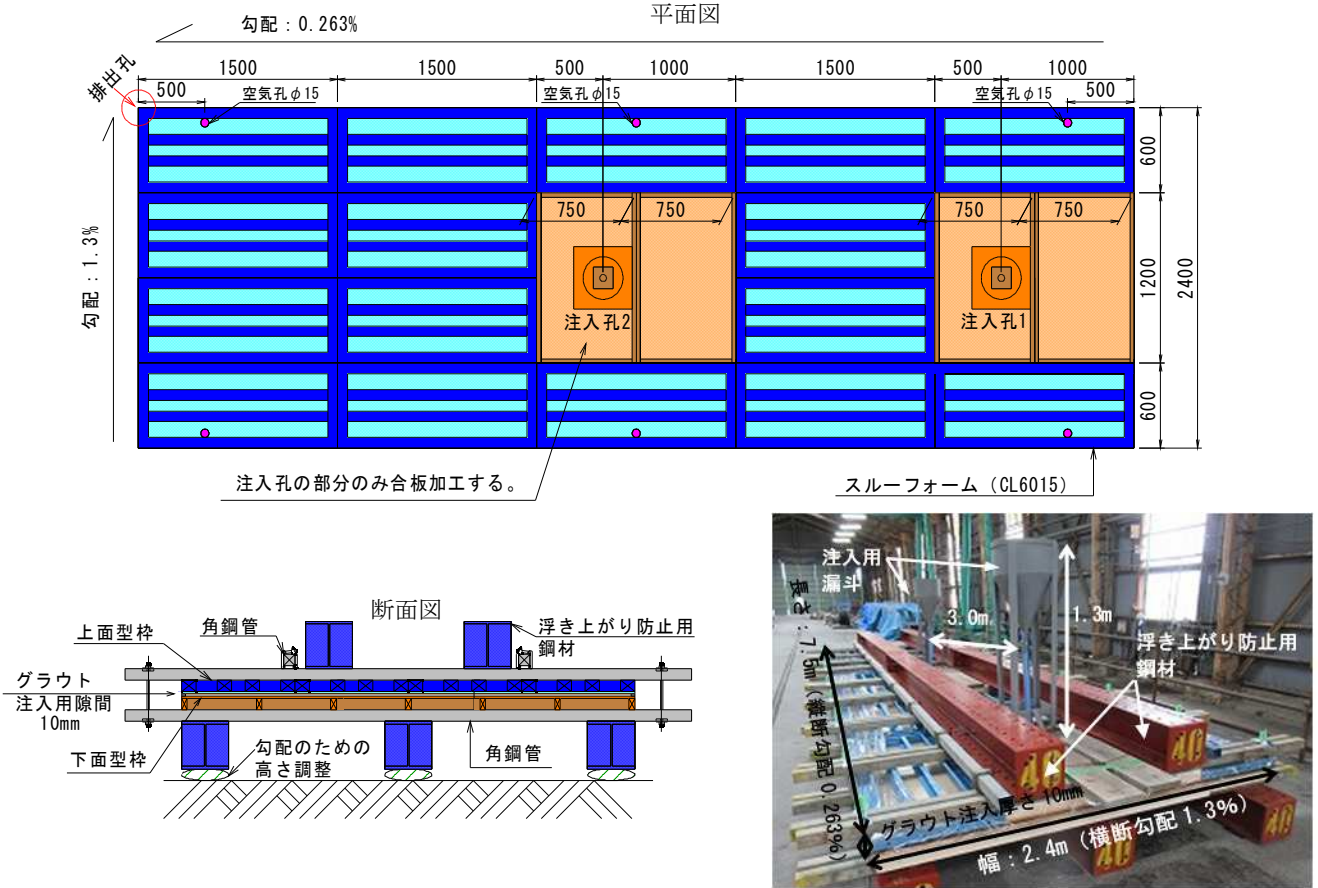


図-1 試験体形状

2.1.2 LU-10TS 品質管理基準

LU-10TS の管理基準を表-1 に示す。圧縮強度の管理値は, 小松空港の特記仕様書による。

表-1 LU-10T 品質管理基準

試験項目	管理基準	試験方法
JA漏斗による流下時間	25±5秒	JSCE-F531
圧縮強度※ (材齢2時間)	3.0N/mm ²	JSCE-G505
圧縮強度※ (材齢28日)	10N/mm ²	JSCE-G505

※圧縮強度の管理値は, 小松空港の特記仕様書による。

2.1.3 使用機材

(1)練り混ぜ機材

LU-10TS の開発当初は PPC 版の打ち換えを伴わない補修工事での使用を想定しており, 1 日当たりの注入手量は少量であるため, 練り混ぜは通常のグラウトミキサーで行うことを前提としていた。しかし, 小松空港の施工では, 計画されている 1 日当たりの LU-10TS 注入手量を可使時間内に注入するためには連続練り

サーでの練混ぜが不可欠となる。LU-10TS の連続練ミキサーでの練り混ぜは、これまで実施したことがなかったため、先行して試験練を実施し、連続練ミキサーおよび再混合装置 2 台を用いたシステム（図-2 および写真-1 参照）において練り混ぜることにより、グラウトミキサーで練り混ぜた場合と同等の性状を得られることを確認している。したがって、小松空港工事でも同様の練り混ぜシステムを使用することとした。

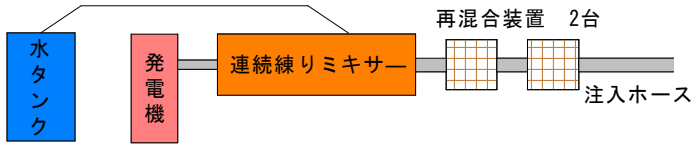


図-2 練り混ぜシステム



写真-1 連続練りミキサーと再混合装置

(2) 注入機材

LU-10TS の充填は写真-3 に示すグラウト注入用漏斗にて自然流下方式とした。漏斗天端の高さは、PPC 版厚を含め実施にに合わせて試験体の上縁から約 1.3m とした。



写真-2 注入用漏斗

(3) LU-10TS の配合

LU-10TS の配合を表-2 に示す。水粉体比は 50% とした。

表-2 LU-10TS の配合

	水/LU-10TS	LU-10TS	水	練上がり量
1m ³ あたり	50.0%	1150kg	575kg	1000ℓ
1袋あたり		25kg	12.5kg	21.7ℓ

2.2 試験結果

2.2.1 フレッシュ性状（JA 漏斗による流下時間）

JA 漏斗による流下時間を表-3 に、試験状況を写真-3 に示す。試験結果は 20.7 秒となり、管理基準 25±5 秒を満たした。また、この時の LU-10TS の練上がり温度は 19.0℃であった。

表-3 JA 漏斗流下時間

試験項目	測定値	管理基準
JA 漏斗試験 (秒)	1	21.0
	2	20.7
	3	20.3
	平均	20.7
		25±5秒



写真-3 JA 漏斗試験実施状況

2.2.2 圧縮強度試験

圧縮強度（材齢2時間および材齢28日）を表-4に、材齢2時間の圧縮強度測定状況を写真-4に示す。試験体は封緘養生とした。圧縮強度は材齢2時間で4.2N/mm²、材齢28日で28.4N/mm²となり、いずれも管理基準値を上回った。

表-4 圧縮強度（材齢2時間および材齢28日）

材齢	測定値 (N/mm ²)		管理基準 (N/mm ²)
2時間	1	3.6	3.0
	2	4.9	
	3	4.1	
	平均	4.2	
28日	1	29.0	10.0
	2	28.5	
	3	27.8	
	平均	28.4	



写真-4 材齢 2 時間圧縮強度測定状況

2.2.3 注入にかかった時間

試験体各ポイントでの到達時間を測定した（写真-5）。到達時間を図-3に示す。注入孔1への注入開始から排出孔に到達し、注入が完了するまで6分50秒であり、途中で閉塞等もなく良好な充填性を確認できた。横断勾配の低いほうがLU-10TSの到達が若干早くなったが、横断勾配および縦断勾配の影響はほとんどないことを確認した。LU-10TSの可使用時間は20分（環境温度20℃）であり、また小松空港での1日の施工時間を考慮すれば、PC版1枚当たりグラウトの注入時間は15分程度で完了することが求められる実際のPC版（長さ15m）には2.5mピッチで注入孔が6箇所あり、目標の15分以内の注入が可能であると考えられる。ただし、本試験時の外気温は19.7℃と、環境温度20℃の標準状態に近い状況下での試験であった。LU-10TSの流動性は温度の影響を受けやすいため、高温時（25℃以上）や低温時（15℃以下）には練上がり温度の調整等（15℃~25℃程度）に配慮の上、施工する必要がある。



写真-5 充填時間確認状況

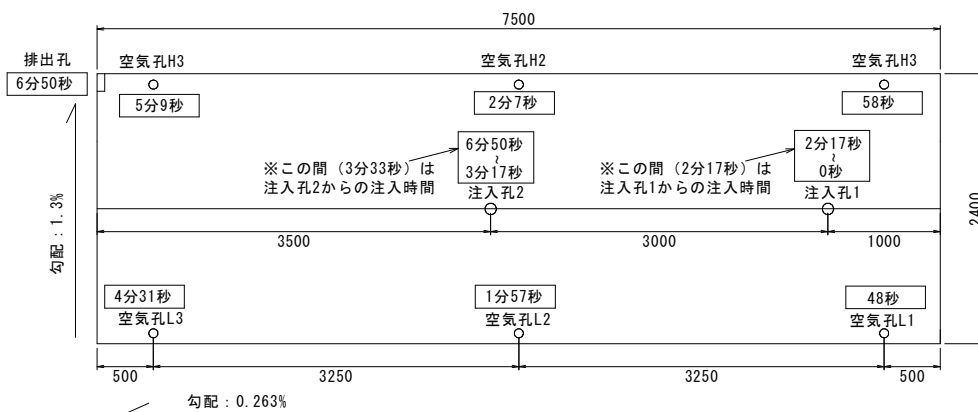


図-3 試験体各ポイントでのLU-10TS到達時間

2.2.4 LU-10TS 充填状況

LU-10TSの充填状況を写真-6に示す。

LU-10TS は試験体 2.4m×7.5m の範囲の隙間 10mm に均一に注入できることを確認した。表面に気泡跡が確認できたが気泡は表層にとどまっており、細かい気泡のため耐久性には影響ないものと考えられる。

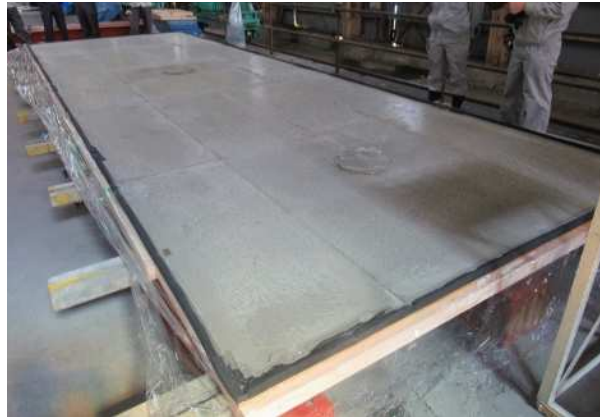


写真-6 注入完了状況

3. 小松空港工事報告

3.1 工事概要

工事概要を表-5に示す。当社は PPC 版およびバリットスラブの製作・敷設、グラウト注入を日本道路(株)北信越支店より請け負った。施工箇所を図-4に示す。PPC 版の敷設箇所はアスファルト舗装からの打ち換えであり、施工面積は 2346m²、20 日間の工事となった。

1 日のタイムサイクルの概略を表-6に示す。PPC 版の敷設前にアスファルト舗装の掘削を実施し、PPC 版敷設後は、PPC 版下の隙間 10mm に LU-10TS を注入した。小松空港工事においても LU-10TS の品質は表-1に示すとおり、JA 漏斗流下時間と 2 時間強度および 28 日強度を測定し管理した。

表-5 工事概要

工事名	令和 3 年度小松空港エプロン新設外 1 件工事
発注者	国土交通省北陸地方整備局 金沢港湾・空港整備事務所
工事箇所	小松市浮柳町 小松空港内
請負者	日本道路(株)北信越支店
工期	令和 3 年 8 月 20 日～令和 4 年 9 月 30 日 (PPC 版敷設：令和 4 年 6 月 17 日～7 月 20 日)

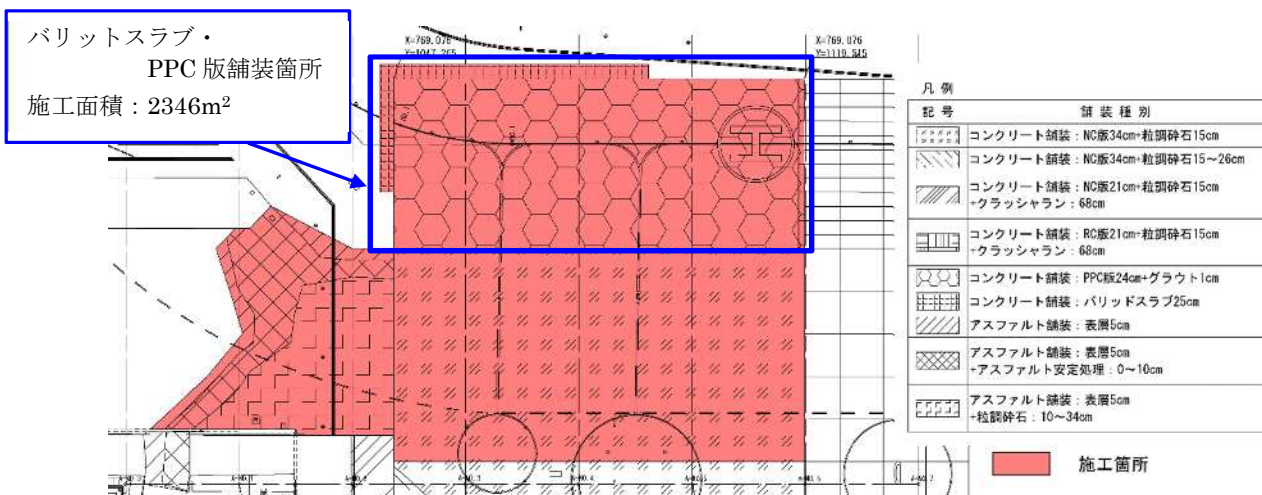


図-4 施工箇所 (エプロン部平面図)

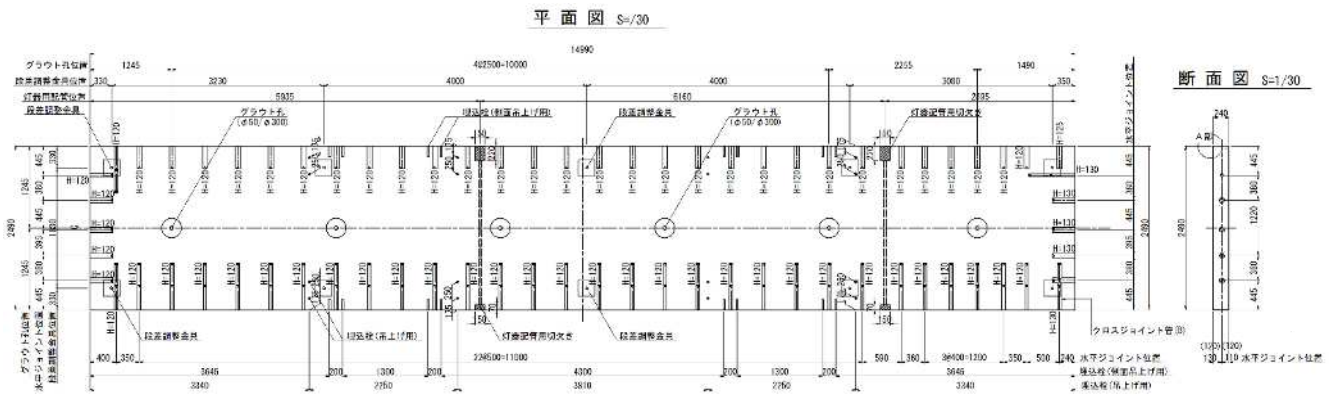


図-5 PPC 版構造図

表-6 1日のタイムサイクル

時刻	21:00	22:00	23:00	0:00	1:00	2:00	3:00	4:00	5:00	6:00
朝礼・準備	■									
路面掘削工		■								
PPC版 部装工	準備			■						
	PPC版敷設				■					
	グラウト注入					■				
	グラウト強度確認								■	
	ジョイント部閉鎖						■			
清掃・片付け								■		

3.2 PPC 版敷設および LU-10TS の注入

PPC 版敷設状況を写真-7 に示す。PPC 版は 1 日に 2~4 枚敷設した。PPC 版の敷設後は、LU-10TS を注入した。LU-10TS の注入時間は 1 枚当たり 15 分として計画した。注入状況を写真-8 に示す。

施工時期は 6 月~7 月の気温が上昇する季節であり、施工時の外気温は 23℃~29℃、LU-10TS の練上がり温度は 24℃~29℃となった。LU-10TS は環境温度 20℃で可使用時間 20 分である。LU-10TS の可使用時間は環境温度の影響を受けやすく、20℃以上となると短くなる傾向であるが本工事に関しては、途中で閉塞するなどの問題は生じず、工事は無事に完了した。

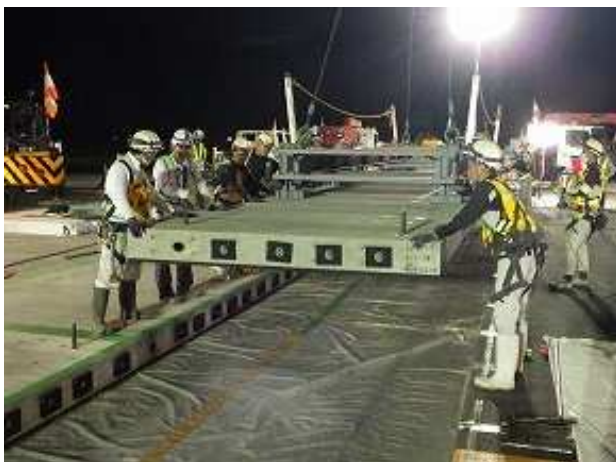


写真-7 PPC 版敷設状況

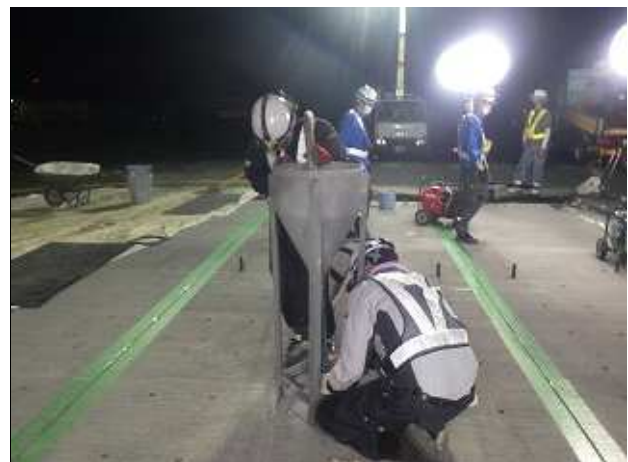


写真-8 LU-10TS 注入状況

3.3 LU-10TS の品質管理 JA ロート流下時間測定結果

各日の JA ロート流下時間測定結果と気温を図-5 に示す。外気温が標準温度 (20°C) 以上であったため LU-10TS の流下時間は早くなる傾向にあり、下限値 20 秒近くに集中したが、いずれの日も品質基準 25 ± 5 秒の範囲内であることを確認した。

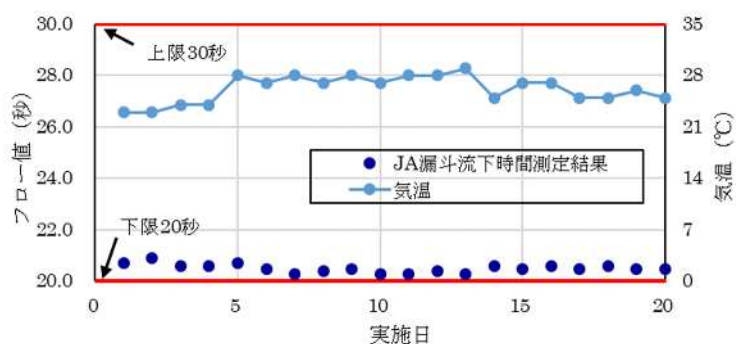


図-5 各日における LU-10TS の JA 漏斗流下時間測定結果

3.4 LU-10TS の品質管理 2 時間強度および 28 日強度

LU-10TS の各日の 2 時間強度および 28 日強度を図-6 に示す。いずれも小松空港の品質管理基準となる材齢 2 時間で 3.0N/mm^2 以上、28 日で 10N/mm^2 以上であることを確認した。

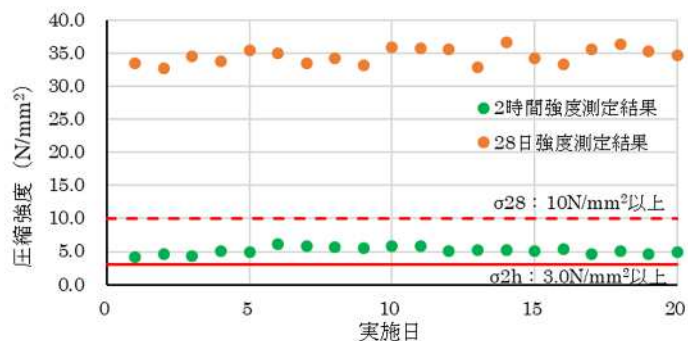


図-6 各日における LU-10TS の強度測定結果

4. まとめ

本稿では、LU-10TS の施工性確認試験および小松空港工事の概要について報告した。LU-10TS は良好な施工性を有していることを確認し、小松空港の工事も途中で閉塞する等の問題も生じることなく無事に完了した。



写真-9 PPC 版敷設箇所完成状況

謝辞

LU-10TS の施工性確認試験および小松空港工事にあたり、ご助言賜りました東洋大学名誉教授 福手先生、国立研究開発法人 海上・港湾・航空技術研究所 港湾空港技術研究所 伊豆太氏、並びに関係各位に謝意を表します。