

目次

研究・開発

●短時間豪雨対応雨水循環システムの試験施工 藤井秀夫・光谷修平 1

施工報告

●首都高速における大粒径アスコンによる嵩上げ舗装 重田和之・長尾節男 7

●変則5差路の交差点における舗装改良 徳島拓海・否笠正和・松下歩都 11

●1DAY PAVEによるコンクリート舗装版の打換え事例 大貫洋一・持田竜輔・赤名恭和 15

●歩行者誘導機能を有した研磨匠の施工事例 宮脇栄作・斉藤雄一郎・糸田川昌輝 19

●スリップフォーム工法による新幹線路盤コンクリートの施工 松下 潤・吉田恒志・芳賀雅啓 23

●踏掛版における沈下対策の施工事例 田内雅也・熊本佳二郎 27

●台風によって崩壊した法面の復旧事例 金原貴 31

●高速道路における橋梁高欄の補修事例 船木万城・菊地英文 35

●橋梁下部工の耐震補強工事—ロッキング橋脚のRC巻立て補強— 高沢俊之・八木英雄・北脇慎太郎 39

●路床改良施工時における α システムの適用 水田恭介・宮内渉・後藤勉 43

●高速道路におけるICT土工の施工事例 中原勇介・森本敦之・菊地太 47

●障害物近接時の鋼矢板圧入工法の施工事例 田所弘・浅田聡 51

●ボックスカルバート設置底盤部の支持力強化の事例 大貫洋一・吉川武弘・南雲克之 55

●下水道バイパス管水替工法による既設管渠の切替え 荒木康裕・栗原充規 59

社外発表(土木学会第75回年次学術講演会—令和2年9月)

●湧水を活用したヒートアイランド現象緩和の実証実験 石黒修一・佐藤和彦・降矢雅昭・梅村和人・都築茜 63

●見え方と輝度による「研磨したアスファルト舗装」の組合せの評価 小嶋匠・光谷修平・藤澤有加里・宮下研作・堀温子・堀繁 65

●再生用添加剤の浸透性に関する一検討 木谷貴宏・梅本叡史・東本崇 67

●(優秀論文賞)耐流動性と耐油性に優れた高耐久型アスファルト混合物の開発 山原詩織・小林靖明・東本崇 69

●高精度位置情報を付与した三次元データによる舗装管理の高度化 森石一志・富山和也・山口雄希・西川啓一 71

●高速道路における狭隘な橋梁下部工の耐震補強工事事例 高沢利之・池内 政男・粕谷悠紀・高橋真一・吉田和史 73

●高性能GNSSを活用したTLS計測の効率化 佐藤正憲・山口雄希・森石一志・富山和也・西川啓一 75

●高性能GNSSを搭載したUAVによる出来形計測への適用について 田原康平・西川啓一・森石一志・富山和也 77

社外誌掲載(雑誌「道路建設」令和2年)

●4Dモデルを活用した建設工事の安全管理手法に関する研究(3月号) 佐藤正憲・福本勝司・小澤一雅・一岡義宏 79

社外誌掲載(雑誌「舗装」令和2年)—報文記載なし

●ICT舗装工における点群データ取得の効率化と適用範囲拡大(10月号) 森石一志・富山和也・西川啓一・山口雄希

社外誌掲載(雑誌「建設機械」令和2年)—報文記載なし

●道路施工における情報化技術 振動ローラ加速度応答
とGPSを組み合わせた「 α システム」(8月号) 小関裕二・古屋弘

企業理念

豊かな生活環境の創造に向けて
地域社会と共に歩み
人間尊重の経営を行います

企業理念を実現するための経営規範と行動規範

経営規範

1. 人々の期待に応え時代を先取りした技術により
新たな価値を創ります
2. 創造力豊かな人を育て柔軟な組織のもとで
生き生きとした職場を創ります
3. 良き企業市民として社会と文化の発展に寄与します

行動規範

1. 高める能力
2. 豊かに発想
3. たゆまぬ挑戦
4. ひろげる理解

短時間豪雨対応雨水循環システムの試験施工

藤井 秀夫*
 光谷 修平**

1. はじめに

当該試験施工は、最近問題となっているゲリラ豪雨対策の一手法として、夏場の路面の温度低減に配慮した舗装を構築することを目的とした。路盤には細目砂を土嚢に収めることで、碎石等の路盤材に置き換える、あるいは、セメント安定処理等を用いずに必要な強度をもたせた。土嚢は経時的に有機分解して原形復旧するので、環境に配慮した路盤となる。また、毛細管現象で揚水する微粒砂を収めた土嚢で路盤を構築するので、揚水ブロックと組み合わせることによって路面を湿潤状態にし、潜熱輸送で冷却することができる。雨水の供給元は、研磨匠大粒径ポーラスコンクリート(最大粒径 20mm の研磨匠と単粒碎石路盤を組み合わせる新技术)による。追加の項目として特殊なフィルターを使用し、水質浄化の効果も検証している。なお、当該試験施工に関する事案等は、(株)大林組との共同研究となっている。

2. 目的

試験施工の目的は、以下に示すとおりである。

- ①単粒碎石路盤上にポラコンを施工する方法
- ②ゲリラ豪雨対応の浸透性の検討
- ③単粒路盤内滞水の水質変化の観測
- ④打ち水ペープ用新ブロックの性能確認

3. 計画の概要

計画の概要を以下に示す(図-1~4 参照)。

- ・施工年月日：令和2年1月16日~31日(養生含む)
- ・施工箇所：機械センター内
- ・施工形態：打ち水ペープを設置し、隣接する箇所にポーラスコンクリートを敷きならし研磨した。
- ・施工規模、舗装断面：

1) 打ち水ペープ A

B2.0m×L8.0m、A=16.0m²

土嚢路盤 t=270、敷砂 t=20、打ち水ブロック A t=60

2) 打ち水ペープ B

B2.0m×L5.0m、A=10.0m²

土嚢路盤 t=250、敷砂 t=20、打ち水ブロック B t=80

3) ポーラスコンクリート (20)

B6.0m×L13.45m、80.7m²

路盤(150-50) t=250、ポーラスコンクリート t=100

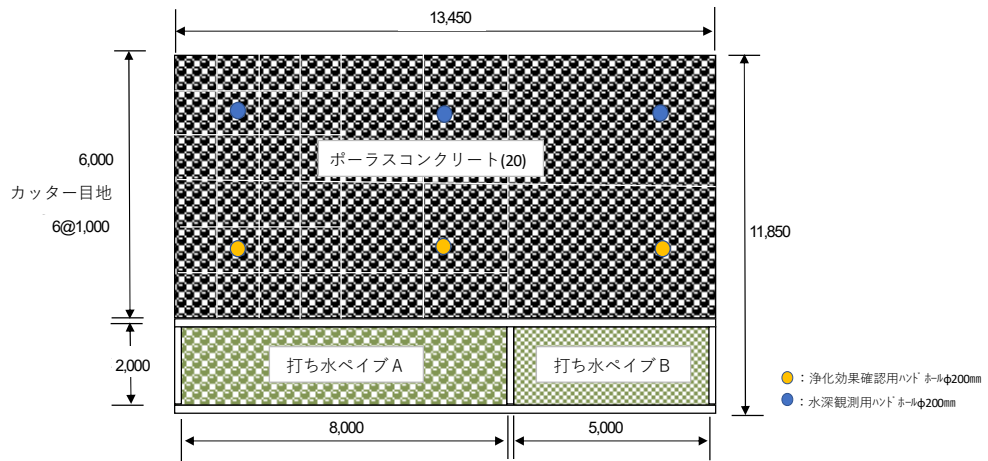


図-1 試験施工平面図

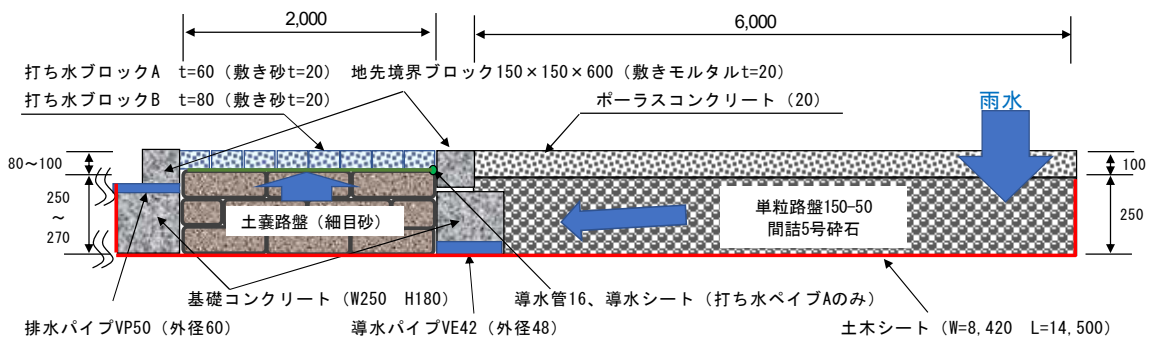


図-2 試験施工断面図

*技術研究所第二研究室上席研究員 **本店技術部担当部長

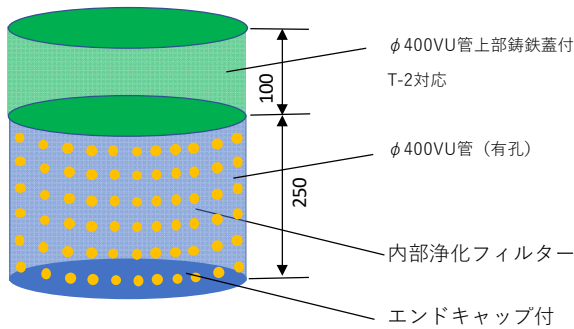


図-3 浄化効果、水深観測用ハンドホール詳細図

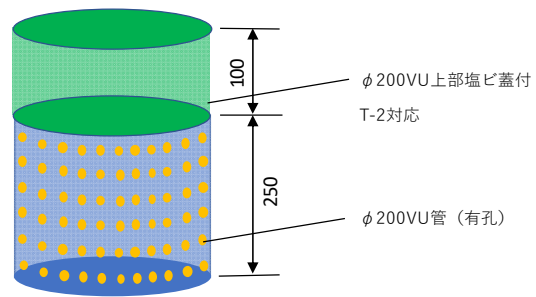


図-4 水深観測用ハンドホール詳細図

4. 使用材料

使用材料を表-1 に示す。

表-1 使用材料

種 別	材 料 名	生産業者等	必要数量		備 考
路盤材	細目砂	㈱祥和コーポレーション	8.2	m ³	(8×2×0.27+5×2×0.25)×1.2 枕土巻(8.2/0.032)
	割栗150-50		260	袋	
	5号砕石		27	m ³	
土木シート	PPシート	前田工織㈱	122.1	m ²	
基礎コンクリート	18-8-20BB	—	1.5	m ³	
敷きモルタル	1:03	—	0.2	m ³	
縁石	地先境界ブロックC型	—	32.9	m	54本
導水パイプ	VE42	渡辺パイプ㈱	2.75	m	(0.25×11)1本(4m/本)
排水パイプ	VP50(有孔)打ち水ベープ内		13.15	m	4本(4m/本)
	VP50(無孔)		4.8	m	4.8m:2本(4m/本) T型ソケット3個、エンドキャップ2個
導水管	内径16mm	AKI	8.5	m	
導水シート	導水シート		16.0	m ²	2×8
打ち水ブロック	typeA、t=60	クリヤマ㈱	16.1	m ²	2×8
	typeB、t=80	環境資材㈱	10.0	m ²	2×5
細骨材	砕砂	㈱祥和コーポレーション	2,000	kg	フレコン2袋(1,000kg/袋)
粗骨材	5号砕石		6,000	kg	フレコン6袋(1,000kg/袋)
セメント	早強ポルトランドセメント	太平洋セメント㈱	40	袋	25kg/袋
高性能AE減水剤	マスターグレンウム6500	BASFジャパン㈱	1	箱	21kg/箱
養生剤	ハードコートクイック	アオイ化学工業㈱	1	箱	15kg/箱
検測管	VP200	渡辺パイプ㈱	6	基	H=350mm(上部100無孔、下部250有孔) 1本(4m/本)上部内蓋付
検測ユニット	㈱大林組作製	—	3	基	H=350mm(上部100無孔、下部250有孔) 上下蓋付、上部内蓋

5. 使用機械

使用機械を表-2 に示す。

表-2 使用機械

工 種	項目	使用機械
既設コンクリート および既設路盤撤去	はつり	ブレーカ025m ³
	積込み	バックホウ0.25m ³
	運 搬	ホイールローダ0.5m ³ 級 4tダンプ
路床工	整 正	バックホウ0.25m ³ タンデムローラ3.0t
	締固め	ハンドガイド式振動ローラ0.6t 振動コンパクト60kg
	運 搬	ホイールローダ0.5m ³ 級 バックホウ0.25m ³
路盤工	敷きならし	タンデムローラ3.0t
	締固め	ハンドガイド式振動ローラ0.6t 振動コンパクト60kg
	運 搬	ホイールローダ0.5m ³ 級 振動コンパクト60kg
打ち水ベープ工	運 搬	ホイールローダ0.5m ³ 級 振動コンパクト60kg
	締固め	振動コンパクト60kg
ポーラス コンクリート版工	製 造	モビル車5m ³ /h 25tラフタークレーン
	運 搬	ホイールローダ0.5m ³ 級
	敷きならし	フェーゲルS-1603
	締固め	タンデムローラ3.0t ハンドガイド式振動ローラ0.6t 振動コンパクト60kg
	研 磨	大型研磨機、集塵機1(研磨機用) 集塵機2(路面清掃・サンダー用) サンダー(端部処理用)、発電機

6. 作業人員

作業人員を表-3 に示す。

表-3 作業人員

工 種	項目	作業人員	備 考
既設コンクリート および既設路盤撤去	はつり	5名	埼玉営業所段取り
	積込み		
	運搬		
路床工、土壌路盤工 および路盤工	運搬	5名	埼玉営業所段取り
	敷きならし		
	締固め		
打ち水ベープ工	運搬	5名	埼玉営業所段取り
	敷設		
	締固め		
ポーラスコンクリート版工	製造	2名	ケミカル工事㈱
		1名	平和重機(機械センター)
	運搬	1名	埼玉営業所段取り
	敷きならし	2名	機械センター職員
		2名	埼玉営業所段取り
	締固め	2名	埼玉営業所段取り
研磨	4名	第一カッター興業㈱	

7. コンクリートの配合

ポーラスコンクリートの計画配合を表-4示す。

表-4 計画配合

配合種	粗骨材の最大寸法 mm	モルタル粗骨材空隙比 Km	ペースト細骨材空隙比 Kp	水セメント比 W/C %	空隙率 Vt %
ポーラスコンクリート	20	0.67	6	32	20
単位量				備考	
水	セメント	高性能AE減水剤 C×%	細骨材	粗骨材	設計曲げ強度 2.5N/mm ² (σ ₂₈)
kg/m ³	kg/m ³		kg/m ³	kg/m ³	
112	350	1.0	142	1394	
l/m ³	l/m ³	l/m ³	l/m ³	l/m ³	
112	111	3500.0	53	524	

8. 施工方法

施工フローを図-3に示す。

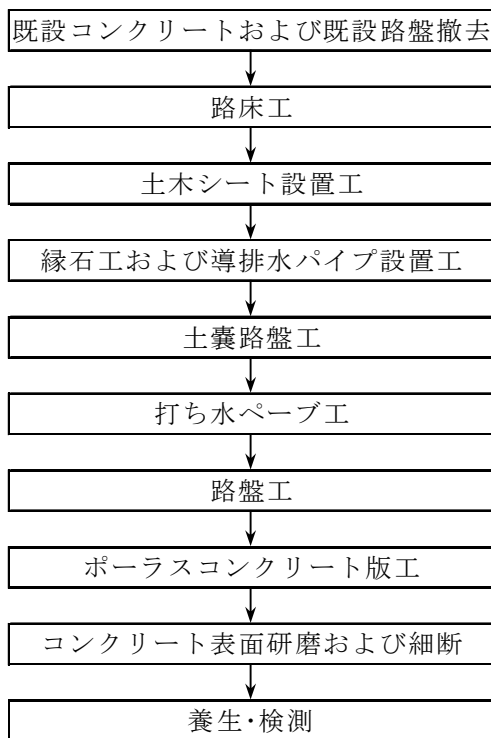


図-3 施工フロー

施工方法は、以下に示すとおりである。

①既設 As 舗装および既設路盤撤去

既設 As 舗装(t=100mm)をあらかじめカッタで切断し、撤去を行なった。既設 As 混合物を廃材として処理し、既設路盤材を残土処分とした。

②路床工

既設路床をバックホウ(0.25m³)で整正し、タンデムローラ(3t)、ハンドガイド式振動ローラ(0.6t)および振動コンパクタ(60kg)で締固めを行い、所定の支持力を確認した。

③土木シート設置工

仕上げた路床面の所定の範囲に土木シートを設置した。

④縁石工および導排水パイプ設置工

縁石工の基礎は、コンクリート基礎(18-8-20BB)とした。打ち水ペーパーの箇所とポーラスコンクリートの境界には、このコンクリート基礎底部に導水パイプとしてVE42(外径48mm)を設置した。

打ち水ペーパーの箇所と既設建屋周囲のU字側溝との間に、排水パイプとしてVP50を設置した。

この時の管底(外径底部)は、地先境界ブロックC型のコンクリート基礎天端とした。また、このVP50に接続する管として、打ち水ペーパー外縁の縁石に沿うようにして縦断方向に、かつ打ち水ペーパー内にVP50(有孔管)を設置した。

導水パイプおよび排水管の設置が完了後、モルタル(1:3モルタル)を敷き、高さ通りに注意して、地先境界ブロックC型を設置した。

⑤土嚢路盤工

あらかじめ細目砂を詰めた枕土嚢(約250袋)を作製し、打ち水ペーパーの箇所の路盤として敷設した。

タンパまたは振動コンパクタ(60kg)で締固めを行い、路盤の厚さが確保できるよう、設計高さに注意しながら仕上げを行なった。

⑥打ち水ペーパー工

細目砂を使用し、土嚢路盤表面の不陸整正を行なった。その後、打ち水ペーパーAでは導水シートを敷設し、導水管(内径16mm)を水上側の地先境界ブロック沿いに、かつ縦断方向に設置し、細目砂を導水シート上に敷きならした。敷き砂上に打ち水ペーパーブロックを設置した。目地は5号(最大粒径1.18mm)以下の珪砂を使用し、振動コンパクタ(60kg)によって設計高さに注意しながら仕上げた。

⑦路盤工

割栗150-50および5号碎石を所定の厚さ(t=250)に敷きならし、タンデムローラ(3t)、振動ハンドガイドローラ(0.6t)および振動コンパクタ(60kg)で締固めを行い、路盤の厚さが確保できるよう設計高さに注意しながら仕上げを行なった。

⑧ポーラスコンクリート版工

コンクリートは、モービル車(5m³/h)で練り混ぜた。

(写真-1 参照)

余盛り(設計厚の2割程度)を考慮し、ベースペーパーでコンクリートを敷きならし、タンデムローラ(3t)で締固めた。また、端部等で不陸が生じた場合は、ハンドガイド式振動ローラ(0.6t)または振動コンパクタ(60kg)等で再度締固めを行なった。仕上がりを目安は、表面の研磨を考慮して設計高さ+10mmとした。締固め終了後、浸透式表面硬化型養生剤を散布した。コンクリート面にビニールシートを被せ、気泡緩衝材(プチプチシート)をその上部に1枚乗せ、最上部をブルーシートで覆い後期

養生をした。養生日数は、7日間とした。後期養生終了後、1枚刃(W=3mm)で格子状に舗装版を切断した。



写真-1 練りませ状況

⑨ポーラスコンクリート版の表面研磨

表面研磨はCタイプ(粗面仕上げ)とした。

⑩ポーラスコンクリート版の細断

今回、ポーラスコンクリート版を細断することによって、交通荷重が作用した場合の舗装版のポンピング作用を、細断サイズ別に検証することを目的としているので、1.0m×1.0m、2.0m×2.0m および 3.0m×5.0m の大きさに細断した。細断した際の目地部における粗骨材の飛散もなく切断面は良好であった。目地には異物の混入を防ぐ目的で、バックアップ材(ポリエチレン発泡体)を挿入した。

9. 管理項目

施工管理基準を表-5に、品質管理基準を表-6示す。

表-5 施工管理基準

工種	項目	頻度	管理の限界	試験方法
ポーラス コンクリート版工	粒度	施工前	—	JIS A 1102
	単位体積質量	1回	—	JIS A 1104
	細骨材の表面水率	1回/日	—	JIS A 1111
	コンクリート温度	随時	—	JIS A 1156
	コンクリート強度	1回/日	1回の試験が設計基準強度の85%以上 3回の平均が設計強度以上	JIS A 1106 JIS A 1108

表-6 品質管理基準

工種	項目	頻度	管理値他
路床工	地盤反力係数	3箇所(小型FWD)	参考値
	現場密度	3箇所	参考値
	透水性係数	3回/試料	参考値
路盤工	たわみ測定	コンクリート版種別	2mm以内(NEXCO規格)
ポーラス コンクリート版工	すべり抵抗	3箇所	BPN60以上(Cタイプ)研磨面
	浸透水量	3箇所	1000以上(経時計測)
	骨材の表面粗さ	3箇所	5.0±3(Cタイプ)
	温度低減効果	適宜(サーモカメラおよび表面温度計による)	参考値
	浄化F効果確認	適宜	参考値
打ち水ペーパー工	水深観測	適宜	参考値
	揚水性能	適宜	参考値
	温度低減効果	適宜(サーモカメラ、熱電対および表面温度計による)	参考値

10. 試験施工結果および考察

試験施工時に調査した結果を整理し、その考察を以下に記述する。

10-1 路床工

既設路盤を撤去後、路床整正面において小型FWDを用い支持力を確認した。路床面の支持力係数 K_{30} は、55 MN/m³となった。この値はCBRに換算すると約8.0%であり、舗装計画交通量を250台/日と仮定した場合、路盤厚は15cm必要であり、割栗路盤(t=25cm)で十分ポーラスコンクリートを支持できると考えられる。

10-2 土嚢路盤工

作業員3名で枕土嚢作製を行った。250袋の作製に要した時間は、実働8h/日×3人×1.0日=24hであった。したがって、約11袋/hの計算となる。

今回の土嚢には麻袋を使用し、1袋あたり50kg程度の完成質量となったので、仮置き時の人力運搬が困難で時間を要した。設置は人力で行ったが、土嚢の形状上、袋の口部の重ね合わせ厚さが原因で、土嚢相互のつなぎ目における締固めが困難となり、上部に施工した打ち水ペーパー用ブロックに不陸が生じた。

今回のコンセプトでは、腐食して自然に帰化する材料として麻袋を選定したが、今後は、土嚢設置完了時に袋自体の強度があり、できるだけ厚さの薄い材料を選定すべきであるとする。

10-3 打ち水ペーパー工

前項で記述したとおり、施工直後の舗装面はブロックの目地違いもなく平たんな仕上がりであったが、3ヶ月後の状態では、交通荷重による土嚢路盤の沈下に伴い、2cm程度の周辺縁石との段差が生じていた。

しかし、個々のブロックにおいて交通荷重による角欠けはなく、ブロックの揚水性能にも問題は生じていない。

10-4 路盤工

計画では、路盤整正面で小型FWDを用い支持力を確認する予定であったが、割栗路盤では試験機の載荷面に偏芯が生じ、正確な支持力を確認できないと判断した。そこで、ポーラスコンクリート打設後に、荷重車通行時の目地部の復元たわみ量を測定することによって、路盤の状態を確認した。その結果、復元たわみ量は2mm以下、かつ復元後の目地違いも見られず問題ない結果であった。

10-5 ポーラスコンクリート版工

1) 混合方法

骨材はフレコンパックを、セメントは25kg袋をあらかじめ用意し、モービル車(5m³/h)に投入した。材料の移動は、4tダンプトラックと25tラフタークレーンによって行った。運搬は、ホイールローダ(0.5m³)で材料待ちの状況がないように行った。

計画では、1時間あたり5.0m³として、試験施工範囲の片側半分を1時間で打設する予定であった。片側半分の必要な数量は約4.0m³であり、出荷に要した時間は40分弱であった。ポーラスコンクリートはスランプ8cm程度のコンクリートと比較し、コンクリートの練りませ時間が1.5倍程度要するが、モービル車の出荷の能力は6.0m³/hと考えられる。

アスファルトフィニッシャ(フェーゲル S-1603)による片側交互施工時の段取り替えに時間を要することを除けば、一般的な1日6時間程度の出荷を考えた場合、出荷能力は36m³/日が可能である。このことから、機械施工によるコンクリート打設の標準施工量(t=100mm、670m²)の約半分の施工には、十分なプラントのスペックであると考えられる。

2) 敷きならし方法

アスファルトフィニッシャ(フェーゲル S-1603)で敷きならしを行った。今回の施工では、片側半分ごとに敷きならしを行ったので、明確な施工能力を判断することはできなかった。施工量がモービル車の出荷能力に縛られるので、モービル車を2台準備することができるならば、機械施工によるコンクリート打設の標準施工量(t=100mm、670m²)が可能であると考えられる。

3) 転圧方法

主にタンデムローラで転圧を行い、端部締めやローラマークの消去にハンドガイド式振動ローラおよび振動コンパクトを使用した。「試験施工報告書(透水性コンクリート舗装研磨仕様)技術報 No.44 p.5~10」に記載したとおり、車道タイプの場合の転圧機械は、幅員が広い場合にはタンデムローラがよく、最初に平滑に転圧することを考慮すると、3~4t程度のタンデムローラを使用したほうが仕上げ面の流動が抑えられる。

歩道タイプの場合は、今回使用したハンドガイド式振動ローラと振動コンパクトで十分であると考えられる。

4) 養生方法

初期養生として表面に硬化層を形成するタイプの浸透型養生剤を使用したため、研磨の際、粗骨材(最大粒径20mm)の骨材飛散もなく、良好な舗装表面を構築することができた。後期養生では、コンクリート表面をビニールシート、保温のための空気緩衝材、およびブルーシートによって封緘養生を行ったので、コンクリートが湿潤状態に保たれ、表面の硬化状態も良好であった。

5) ポーラスコンクリート版の性状

ポーラスコンクリート版の曲げ強度試験結果を表-7に示す。

曲げ強度 (N/mm ²)		
σ ₁	σ ₇	規格値
2.94	3.89	2.50以上

今回は早強ポルトランドセメントを使用した配合で、設計基準材令の7日養生後の曲げ強度は、管理用通路程度の交通荷重の規格値である2.5N/mm²を超えており、問題ない結果であった。

6) コンクリート舗装版の性状(研磨後)

研磨後の表面性状試験および目視評価を行った。

研磨後のコンクリート舗装版のすべり抵抗値(BPN)、浸透水量(ml/15s)および骨材表面粗さ(μm)を表-8に示す。

研磨後のコンクリート舗装版の性状は、すべり抵抗値、浸透水量および骨材表面粗さともに規格値を満足しており、目標の性能を有していることが確認された。

表-8 性状試験結果

項目	すべり抵抗値 (BPN)	浸透水量 (ml/15s)	骨材表面粗さ (μm)
測定値	68.4	1446	2.83
規格値	車道60以上 歩道40以上	1000以上	5.0±3

11. まとめ

今回の試験施工では、打ち水ペーパーとポーラスコンクリートの複合舗装を構築した。打ち水ペーパーの下地は土嚢路盤であり、ポーラスコンクリート舗装版の下地は、割栗150-50路盤である。

土嚢路盤では、土嚢袋の張力によって路盤の支持力を安定させる目的であったが、土嚢袋相互のつなぎ目の締め不足が懸念された。割栗150-50路盤では、骨材の粒径が大きいので、平滑にすることは困難であったが、不陸整正として表面に5号砕石を敷きならすことで、問題なくポーラスコンクリートの施工厚を確保することができた。

打ち水ペーパー用ブロックでは、A(揚水タイプ)とB(透水・保水タイプ)の2種類ともに、下部路盤(土嚢路盤)の施工が困難であったが、施工直後のブロック相互の段差もなく、問題なく敷設ができた。

ポーラスコンクリート版については、表-8に示す性状試験結果から、目的の性能を有していることが確認された。

12. おわりに

今後、打ち水ペーパーの箇所については、ポーラスコンクリート下部の貯留水の移動による土嚢路盤の含水性能、およびその含水量が打ち水ブロックに揚水され蒸散することによる打ち水ペーパー表面の温度低減効果を検証する。

ポーラスコンクリート舗装版の箇所については、雨水の貯留性能、水浄化装置の効果、細断サイズ別における舗装版のポンピング作用、および割栗路盤150-50に貯留した水の蒸散による舗装版表面の温度低減効果等を検証する。

【完成写真】



写真-2 完 成①



写真-3 完 成②



写真-4 ポーラスコンクリート断面

首都高速における大粒径アスコンによる嵩上げ舗装

重田 和之*
長尾 節男**

1. はじめに

首都高速道路は、1962年の京橋～芝浦間の開通に始まり、現在では延長約330kmが供用されている。最初の供用から50年以上が経過している現在も首都圏の大動脈として、構造物の安全性確保のため、様々な補修・補強が続けられている。

このような状況下で、2012年に「首都高速道路構造物の大規模更新のあり方に関する調査研究委員会」が設置され、2014年には大規模更新・大規模修繕事業の概要が発表された。その事業の一つとして1号羽田線(東品川栈橋・鮫洲埋立部)区間において、大林組JVが受注し、現在も工事が進められている。

当該工事は迂回路接続にともなう鮫洲および天王洲工区の接続部において、現在の下り線と新設する下り線を接続する工事である。接続にあたって、上下線同一高さとする必要があり、道路高さの低い下り線を上り線と同じ高さに嵩上げする必要があった。また、供用中の道路を通行止めできないので、週末35時間連続規制によって、片側ずつ段階的に嵩上げ舗装を行うものである。

本文では、大粒径アスファルト混合物を用いた嵩上げ舗装について報告する。

2. 工事概要

工事概要を以下に示す。当該工事の標準断面図を図-1に、施工位置図を図-2に示す。

- ・工事名：高速1号羽田線(東品川栈橋・鮫洲埋立部)更新工事の内、嵩上げ舗装工
- ・工事場所：東京都品川区東品川4丁目付近
- ・工期：2019年11月～2020年2月
- ・発注者：首都高速道路株式会社
- ・元請：大林・清水・三井住友・東亜・青木あすなる・川田・東骨・MMB・宮地JV
- ・概算施工数量

- 切削工：1,200m²
 - 基層工(密粒度アスコン)：2,065m²(257t)
 - 基層工(大粒径アスコン)：4,398m²(1205t)
 - 表層工(密粒度アスコン)：7,574m²(543t)
- ※全4層の総面積で算出。



図-2 施工位置図(goo 地図から引用)

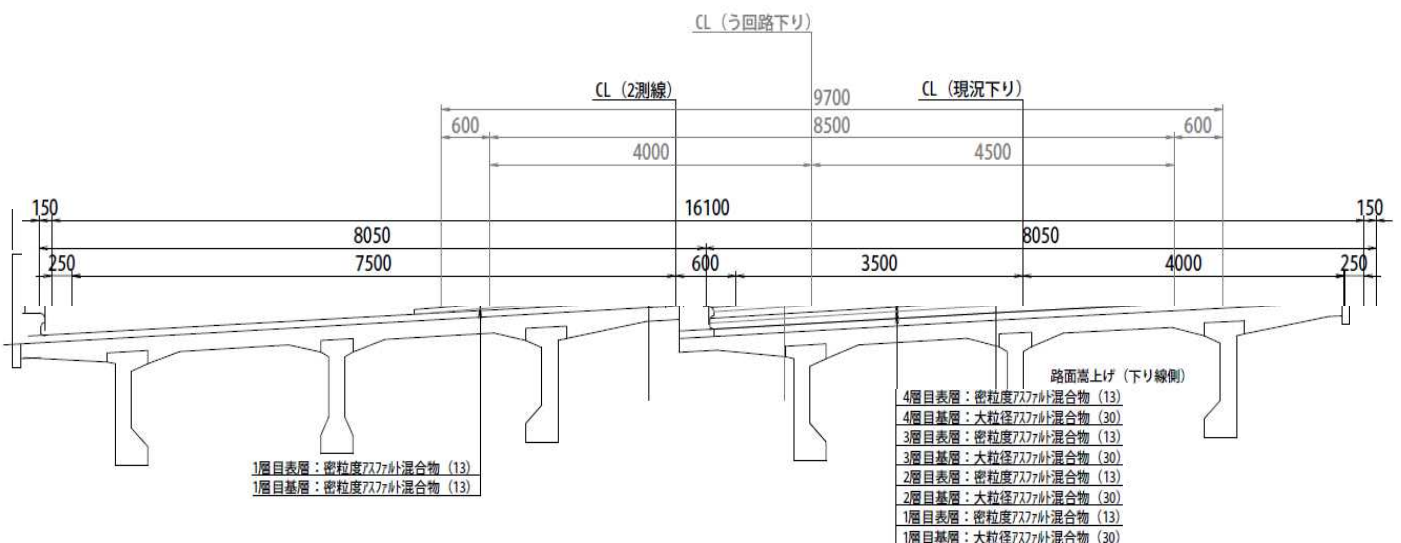


図-1 標準断面図

*関東支店東京第一営業所工事長 **同営業所工事主任

3. 各種混合物性状

当該工事で使用したアスファルト混合物である大粒径アスコンと密粒度アスコンについて以下に示す。また、各混合物の合成粒度を表-1に、混合物性状を表-2~3に示す。

(1) 大粒径アスコン(30)

一般的に大粒径アスコンでシックリフト工法による急速施工を行う場合、最大の舗設厚さを20cmとしている。

厚層施工となる場合、混合物内部に熱が溜り温度低下が遅くなることから、早期の交通開放を行った場合、初期わだち掘れの発生が懸念される。そこで、塑性変形抵抗性の向上のため、ポリマー改質アスファルトⅡ型(中温化)を使用し、交通開放の時間短縮のために混合物の舗設温度を30℃程度低減させた。さらに、交通開放後の初期わだち掘れ量の低減を目指し、骨材粒度は下方粒度(2.36mm通過質量百分率を-5%)に設定した。

(2) 密粒度アスコン(13)

密粒度アスコンに使用するアスファルトは、橋面舗装であることから、ポリマー改質アスファルトⅢ型-Wを選定した。また、施工性と密実性を考慮して骨材粒度は上方粒度に設定し、耐流動性の評価を「実厚低速ホイールトラッキング試験」によって行った。通常ホイールトラッキング試験は供試体厚さ50mmで行われる。しかし、実厚低速ホイールトラッキング試験では、動的安定度は供試体の厚さによって変化するので、実態に近い値を得るために供試体を実際に施工する厚さで実施する。また、首都高速は日常的に渋滞する区間が多く存在するので、試験の走行速度を通常の半分まで減速させ、45分間経過後からの30分間(通常は15分間)によって塑性変形輪数を算出する。試験結果を表-4に示す。

表-1 各混合物の設定粒度

ふるい目の開き	大粒径アスコン(30)		密粒度アスコン(13)	
	合成粒度	目標粒度	合成粒度	目標粒度
31.5 mm	100	90~100	—	—
26.5 mm	99.4	—	—	—
19 mm	78.4	70~90	100	100
13.2 mm	62.5	55~75	99.3	95~100
4.75 mm	36.0	30~50	67.5	55~70
2.36 mm	22.6	20~35	46.3	35~50
600 μm	14.7	11~23	28.6	18~30
300 μm	10.2	5~16	18.0	10~21
150 μm	6.0	4~12	8.7	6~16
75 μm	4.5	2~7	5.8	4~8

表-2 大粒径アスコン(30)の混合物性状

	As量 %	密度 g/cm ³	空隙率 %	骨材 %	飽和度 %	安定度 kN	フロー値 1/100cm
配合設計	4.0	2.432	4.1	13.6	69.9	11.81	40
基準値	3.5~5.5	—	3~7	—	—	7.35以上	—

表-3 密粒度アスコン(13)の混合物性状

	As量 %	密度 g/cm ³	空隙率 %	骨材空隙率 %	飽和度 %	安定度 kN	フロー値 1/100cm
配合設計	5.4	2.388	3.7	16.2	77.2	13.62	30
基準値	5.0~7.0	—	3~6	—	70~85	7.35以上	20~40

表-4 実厚低速ホイールトラッキング試験結果(試験練り時)

	厚さ cm	As量 %	動的安定度 回/mm	
			試験値	規格値
密粒度アスコン(改質Ⅲ-W)	5.0	5.4	7,000	5,000以上
	7.0	5.4	4,500	3,000以上

大粒径アスコン(30)および密粒度アスコン(13)は、すべての規格を満足する結果となった。

4. 施工計画

4-1 嵩上げ舗装断面と縦断線形計画

当該工事における嵩上げ舗装の計画最大施工厚さは713mmとなる。大粒径アスコンの最大施工厚さが20cmであることと、1層施工毎(大粒径アスコン+密粒度アスコン、t=30mm)の交通開放となることから全4層による施工とした。なお、舗装計画縦断図のイメージを図-3に、最大施工厚さ713mm箇所での嵩上げ舗装の模式図を図-4に示す。

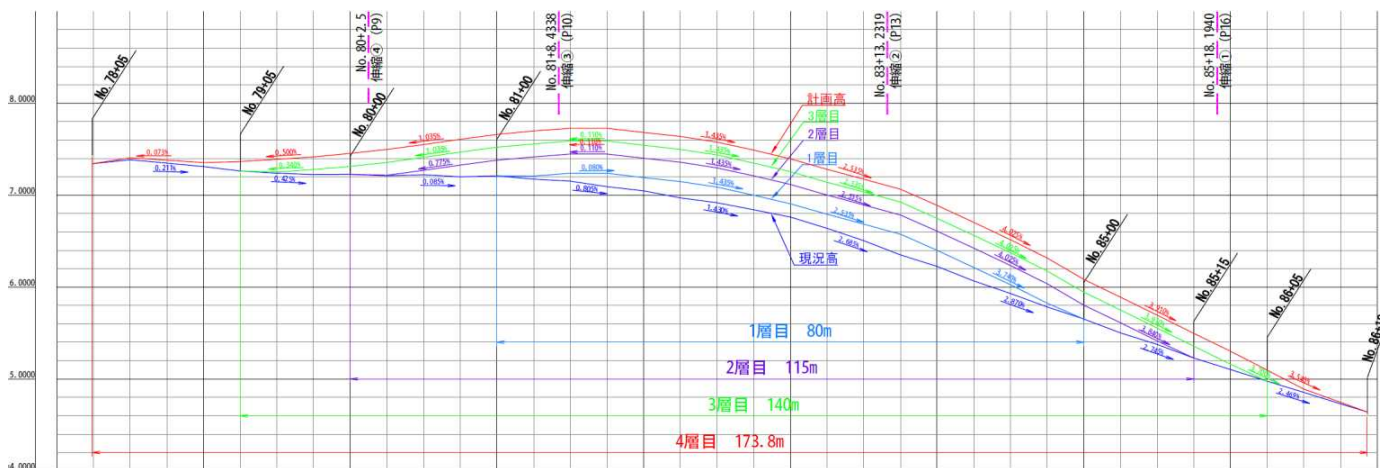


図-3 縦断図(鮫洲工区左車線)

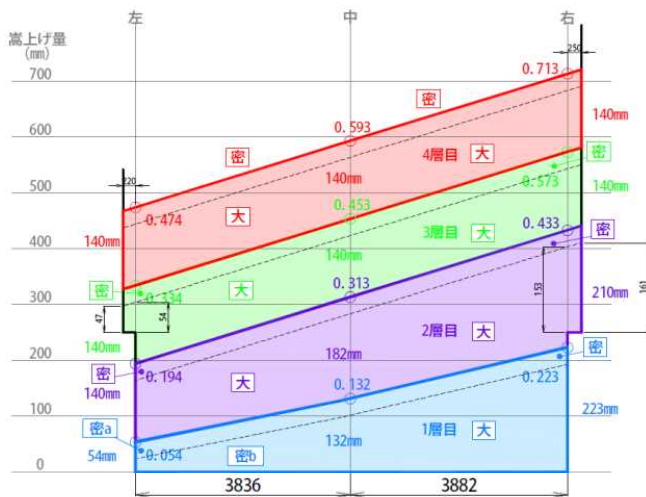


図-4 嵩上げ舗装の模式図(最大厚さ箇所)

4-2 嵩上げ舗装の施工方法

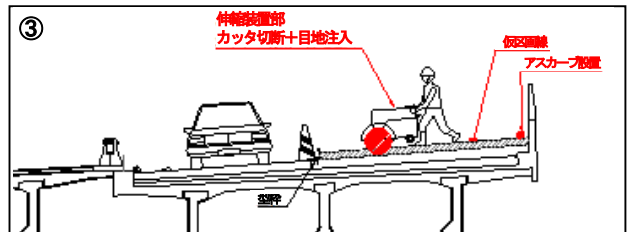
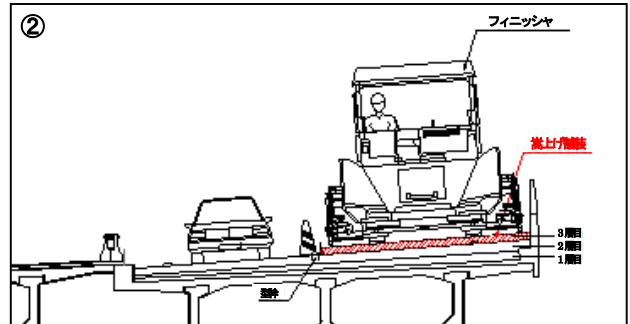
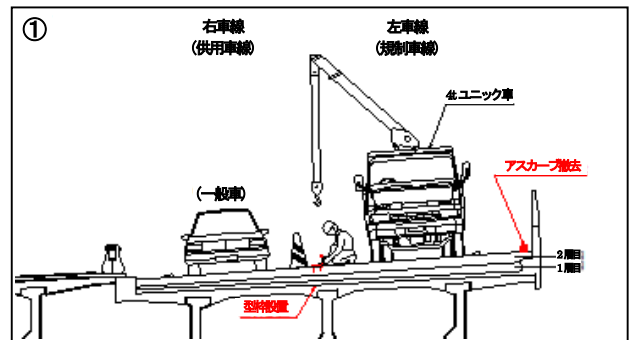
嵩上げ舗装の施工手順を図-5に、主段階における施工ステップを図-6に示す。

なお、今回の施工は迂回路の接続に伴う嵩上げ舗装であり、鮫洲工区と天王洲工区の2か所を同じ35時間規制内で完了させるとともに、左車線から右車線の規制切替えも同時に行う必要があった。

左車線

規制設置
既設路面清掃
起終点部等 切削工事
桝嵩上げ・舗装型枠設置・伸縮鉄板貼付
乳剤散布・端部溝枠設置
基層工(レベリング工)
表層工
養生工(舗装体の冷却)
品質管理試験・仮区画線
伸縮部目地切断・型枠撤去
嵩上げ地覆設置(12cm以下の場合)
○規制切り替え○
右車線
左車線と同様の手順
交通開放(35時間以内)

図-5 嵩上げ舗装 施工手順(1層分)



↓ 車線切り替え後

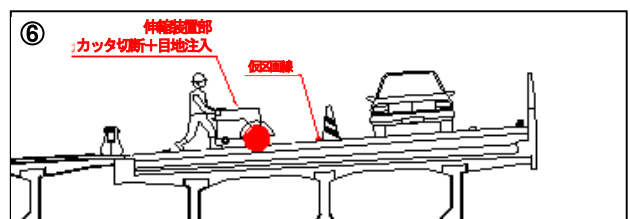
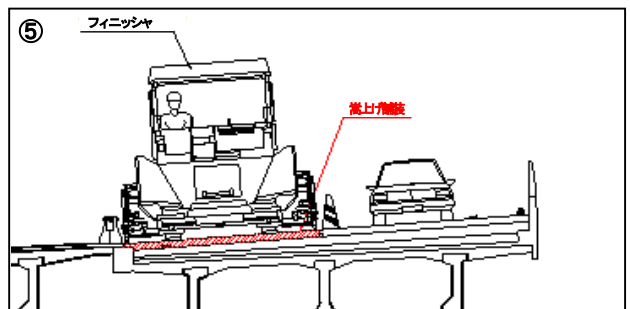
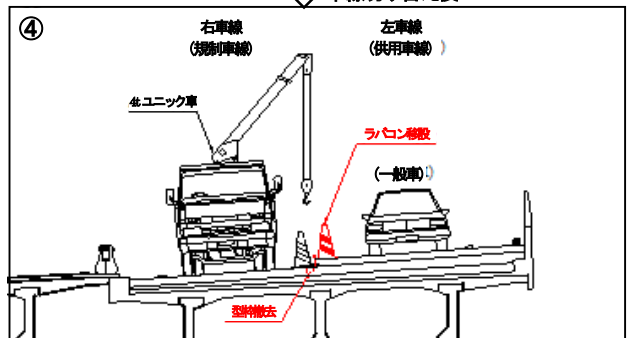


図-6 主段階における施工ステップ図

5. 本施工

(1) 舗装型枠

1層の最大施工厚さは、基層(大粒径アスコン、 $t=20\text{cm}$)と表層(密粒度アスコン、 $t=3\text{cm}$)を合わせて 23cm となる。そのため、道路センターに設置する型枠をアンカー止めの鋼製型枠とした。

鋼製型枠の設置状況を写真-1に示す。



写真-1 鋼製型枠設置状況

(2) 転圧回数と管理方法

大粒径アスコンにおける敷きならし機械、転圧機

械および転圧回数を以下に示す。

- ・敷きならし：TV型フィニッシャ
- ・初 転 圧：マカダムローラ(10～12t級)片道6回
- ・二 次 転 圧：タイヤローラ(8～12t級) 片道20回

首都高速では、橋面舗装においてコアによる密度管理を実施しないので、転圧回数による密度管理が重要となる。狭い規制区域の中、安全の面からみても職員による転圧管理は難しいことから、GNNSによる「転圧管理システム」による品質管理とした。その結果、すべての区間で品質を満足し、かつ安全に管理できた。

6. まとめ

大規模更新工事において、舗装工事は必要不可欠な工種であるが、設計条件や施工条件等、極めて厳しい制約を強いられるケースが多い。大粒径アスコンによる嵩上げ舗装も前例がほとんど見当たらない中での施工であったが、供用5カ月後も良好な状態を保っている。今後、同様の工事において、本文が参考になれば幸いである。

最後に、今回の施工にあたりご指導いただいた社内外すべての関係者に感謝の意を表します。

ミニ知識

大粒径アスファルト混合物のマーシャル供試体作成方法

		QRP工法	NAPA
モールドの種類		内径10cmモールド	内径15cmモールド
モールド	モールドの形状		
	締固め	重錘条件 質量=4.5kg、落下高さは45.7cm	質量=10.2kg、落下高さは45.7cm
装置	供試体	鋼板=30cm×30cm×2.5cm	鋼板=45cm×45cm×2.3cm
	締固め台	木柱=20cm×20cm×46cm	木柱=30cm×30cm×46cm

【出典：舗装調査・試験法便覧(平成31年版、日本道路協会)】

変則5差路の交差点における舗装改良

徳島 拓海*
 否笠 正和**
 松下 歩都***

1. はじめに

国土交通省は、公共事業の効率性およびその実施過程の透明性の向上を企図して「政策目標評価型事業評価方式」を導入し、交差点改良や歩道整備等の交通安全事業にデータや地域の声等に基づいた「成果を上げるマネジメント」を取り入れる試みを実施している。同省熊本河川国道事務所では自管内で事故危険区間68か所を抽出し、講じる対策による事故の減少や渋滞緩和等を成果とするマネジメントに取り組んでおり、当社が受注した「迎町交差点舗装工事」はその一環として発注された。

国道3号迎町交差点は、熊本市のほぼ中央に位置し、大きくカーブしながら熊本駅から延びる産業道路(県道22号)や市道と交わる変則的な5差路である。交通量が46,000台/日と多く、歓楽街に近いこともあり歩行者も多い。昼夜を問わず交通渋滞が発生し、大型トレーラーが曲がり切れずに交差点脇の店舗に突入する事故や、横転して第三者を巻き込むなどの重大事故が度々起きることから「魔の交差点」と呼ばれていた。

本文は、国土交通省の新たな政策および道路管理者の新たな取組みとして社会的な注目度も高く、工事としては制約条件が多いため難しい案件を如何に完成させたかを報告するものである。

2. 工事概要

2-1 工事内容

工事内容は、以下に示すとおりである。

- ・工事名：迎町交差点舗装工事
- ・工期：平成31年3月25日～令和2年3月20日
- ・主な工種：車道切削オーバーレイ工 6,410m²
 交差点付帯施設工、横断歩道橋撤去工
 事故防止対策路面標示工

2-2 交通を阻害する要因

当該区間が「魔の交差点」となった要因は、以下に示すとおりである(図-1参照)。

- ①交差点内の急カーブで減速が必要。
- ②交差点直後のバス停の停車に進路を塞がれる。
- ③進行方向のT字交差点での停車の影響を受ける。

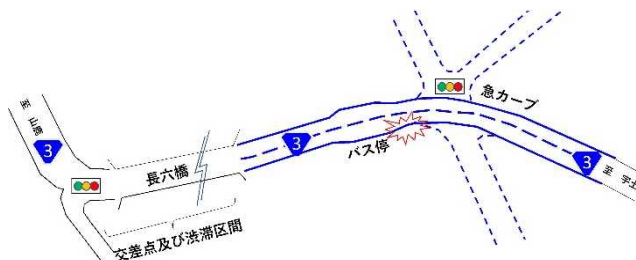


図-1 改良前の交差点周辺

2-3 改善計画の内容

国土交通省は、以下に示す改善(図-2参照)を行うべく、平成23年度から改良事業に着手した。

- ①用地を買収しバスベイ(停車帯)を設ける。
- ②道路線形を再検討し急カーブを緩和する。
- ③カーブ内の横断勾配にカントをつける。
- ④路面標示によって自動車の走行位置を誘導する。
- ⑤②～④によって車線幅の余分を減ずる。

事業は複数の案件に分けて発注され、最終工程となる改良工事と歩車道舗装工事を当社が担当した。

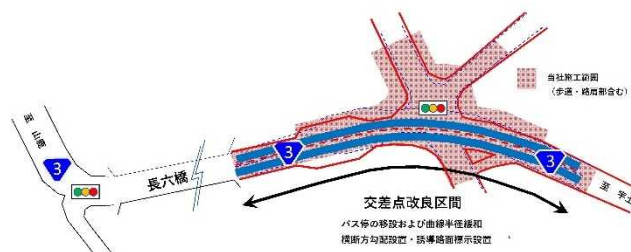


図-2 完成時の交差点周辺

3. 工事の課題

3-1 交通規制

当該現場における歩道部構造物工、舗装工および区画線工の施工には、それぞれの条件に合わせた道路規制が必要であり、以下に示す課題への対応が求められた。

(1) 変則5差路交差点

上下2車線の国道3号を主とした変則5差路の交差点で、夜間でも一般車および大型貨物自動車の通行が多く、重大事故多発区域であることを常に念頭におき、道路規制を行う必要があった。

(2) 車道路面施工時の道路規制

これまでの道路改良によって、路面勾配や一部歩

*九州支店熊本営業所 **同営業所工事長 ***同営業所

道設置が完了していたものの、着手時の交差点線形はこれまでどおり急カーブで危険な状態であり、先に既設路面の区画線を完成形に変更することによって、当社施工箇所の規制をより安全に行えるようにした。また、最終的には車道表層と路面標示で完成形となる工事であることから、わかりやすい規制形態と品質確保を踏まえた施工割付けがポイントであった。

(3) 施工中の歩行者誘導

歓楽街に近く夜間でも歩行者が多い場所であり、特に歩道部の施工時には歩行者誘導の工夫が必要であった。

3-2 車線誘導路面標示

熊本県内の道路における交通環境対策の一環として、熊本河川国道事務所交通対策課が主体となって「カラー舗装等の整備ガイドライン」策定が進められており、当該現場の路面標示については、その実証もかねて行われることとなっていた。

4. 交通規制の実施事例

4-1 仮区画線での線形切替え

線形の切替えは、交通流を左右に振りながら車線数を減らすことなく1~2車線/日のペースで実施した。既存の区画線を表面切削で消去し、仮区画線にはペイントを使用した。途中、旧線形と新線形が混在する箇所が出るので、ドライバーが誤認しない交通流となるよう施工ステップは入念に検討した。横断勾配の変更等をする前に切替えて、車線の総幅は減じられたが、通行車両は工事によって減速走行をするので、安全性は損なわれなかった。

4-2 歩道構造物工

歩道部構造物工の施工範囲を図-3に示す。排水構造物と縁石が主な工種だったので、重機やダンプトラックの十分な作業スペースが必要であった。歩道幅や電柱など周辺の施設配置を踏まえ、作業スペースは車道側で確保するよりも、歩道側に設けることで作業効率が良くなり、歩行者を安全に誘導できると判断した。



図-3 歩道施工時の規制平面

前述のとおり線形を切り替えたことで、車道に生じた車線外のスペースを活かして、車道に歩行者通路を1.5m確保した。なお、横断歩道部、規制起終点部および作業中間部に歩行者誘導員を配置した。

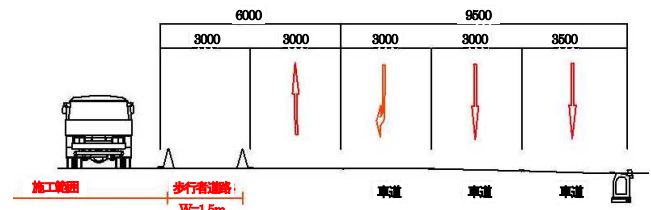


図-4 歩道施工時の規制横断(例)

4-3 車道舗装工

着工前の改良工事の段階では、車道の最終計画高は暫定として施工されており、車線舗装工に先立ち、最終設計を新たな曲率線形に応じたカント、県道・市道との取り合いなどから改めて検討した。主となる国道の曲率線形に応じてカントを設置した。交差する県道縦断が極端に折れないような勾配で交差点周辺にすりつけられるよう計画し、国道カーブ区間や交差点通過時のスムーズな走行性を確保した。

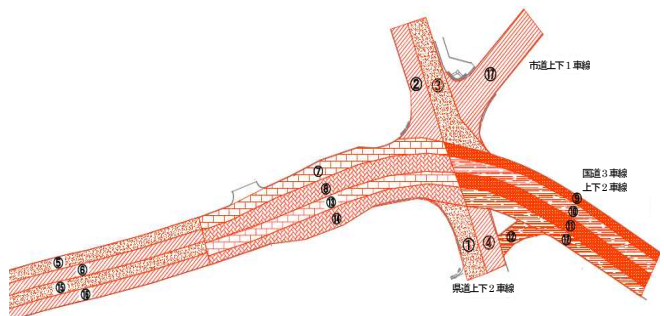


図-5 車道舗装の分割施工

施工は、5差路の交差機能を確保しつつ、平たん性を損なう継目を可能な限り少なくする観点から、図-5に示す17分割で実施することとした。

工事中の舗装機械は、比較的交通量の少ない市道の路肩に道路規制許可を取り置きすることで、運搬費用や搬出入に要する時間やスペースを節約した。

交差点では上下2車線の県道の2車線を規制する形態とすることし、国道においては対面通行を行わなかった。また、島状規制となる中央部の施工(写真-1参照)においては交差点付近の右折レーンを確保した。その際、県道の車線規制は導流帯を設置して、車線変更時の正面衝突事故の発生を防いだ。なお、舗装機械等の規制帯外での移動は、県道を一時的に片側交互通行にして行い、国道の通行に影響しないようにした。

以上に示すように、事故多発区間において車線を減らす交通規制を行うことから、事前に所轄の警察との事前協議を重ね、一般車に分かりやすい規制計

画を立案し、関係協力業者との入念な打合せで周知徹底を図って実施した。



写真-1 交差点中央部の施工(例)

4-4 事故防止対策路面標示工

当該工事では、区画線の他にカーブで自動車を車線内に誘導する事故防止路面標示工において、すべり止めに配慮した溶融式区画線を設けた(写真-2参照)。

路面標示施工時の交通規制は、車道舗装施工時の分割および規制方法を基本とした。しかし、現場では規制延長の変更や、作業時間中の一時的な交通規制が必要となる場合もあり、タイムリーな規制切替えや一般車・歩行者への合図方法が重要であった。



写真-2 採用された路面標示

当該施工では、右折車線を走行させることがあるので、一般車両の運転手が走行車線を間違わないようカラーコーン矢印版設置、および交差点部に写真-3に示すように交差点監視員を配置し、車両の誘導を円滑に行った。

また、車道のみならず区画線施工範囲内にマンションがあり、夜間作業時でも住民の出入りがあったので、マンション前に誘導員を配置し、マンション住民の車両誘導を行った。



写真-3 交差点監視員の配置

5. 「カラー舗装等の整備ガイドライン」

車線誘導路面標示工は、当初設計では「薄層カラー舗装」として、車線全体にこれまで各所の交差点で施工実績のある「ニート工法」を施すこととされていた。しかし、熊本県内の交通事故対策を検討するため、熊本河川国道事務所と熊本県警が事務局となり、県や熊本市、さらにNEXCOに大学を加えた委員会を構成して、当時、策定が進められていた。

この委員会における「熊本県カラー舗装等の整備ガイドライン」作成において、視認性や経済性から線状の標示方式の採用が検討されていたことから、溶融式区画線材料によって車線中央を標示する方法に変更された。

熊本河川国道事務所交通対策課からの依頼で、路面標示カラー舗装の種類や色の設定について、実践面からの技術的なアドバイスを求められる等、当社は本ガイドライン策定の一翼を担うことができた。

施工幅は90cmで通常の溶融式ラインマーカーで対応可能であった。矢印や速度表示などが重なる部分は、そのまま上書きとした。供用によって剥がれ等が発生しないか経過観察が必要と思われる。

6. 横断歩道橋撤去工事

迎町交差点舗装工事を苦情もなく、無事故で完了させたこともあいまって、最寄りに設置されていた老朽化した歩道橋の撤去を追加工事として施工(写真-4参照)することとなった。

施工にあたって周辺の学校、バス・タクシー会社、運輸会社等、約20社以上に工事や夜間通行止めの説明を行った。その後、歩道橋の解体手順を決めて施工した。国道3号を一部夜間通行止め規制し、交通誘導員を30人以上配置し作業を行った。通行止めの規制だったので、規制時刻が23:00～翌朝の6:00までとタイトであったが、タイムスケジュールを組み円滑に施工を行った。その結果、時間内に予定どおり工事を完了させることができた。

7. 施工を経験して

今回、変則5差路の交差点での改良舗装工事を経験して、綿密な交通規制の計画が最重要であると痛感した。

初めての夜間での交差点工事であり、とても良い経験となった。今回、工事は無事故、無災害で完工でき、かつ、渋滞なく施工することができたので、発注者から高い評価を得られた。

また、熊本の新聞に当該現場の記事が掲載され、事故が多いことから名付けられた『魔の交差点』返上へと、交差点利用者や近隣住民から期待が寄せられている。

完成から半年しか経過していないので、改良による成果の検証はこれからであるが、関わったものとしてよい結果を確信している。

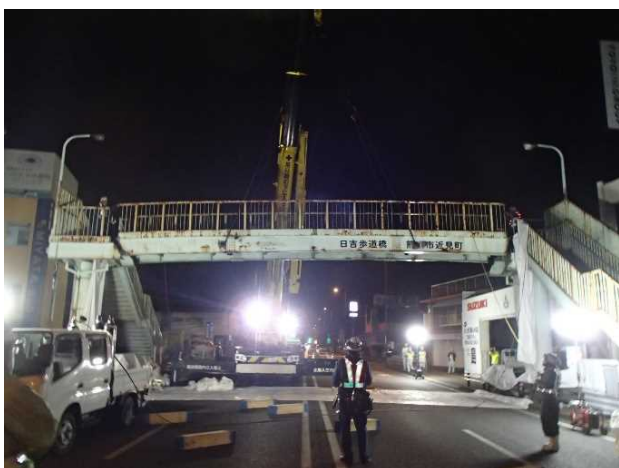


写真-4 日吉歩道橋撤去作業

8. おわりに

交差点の改良工事は、当社では全国で数多くの施工例があると思われるが、その中で、今回のような変則5差路の交差点改良工事は稀ではないだろうか。今後の類似工事においてこの報文が少しでも役立てれば幸いである。

12ヶ月にわたる工事を無事故で完成できたのは、熊本河川国道事務所および熊本中央警察署のご指導と、当社職員や協力会社全員が高い意識を持って工事に臨んだ結果の賜物といえる。

最後に、当該工事に協力いただいた関係各位に感謝の意を表したい。

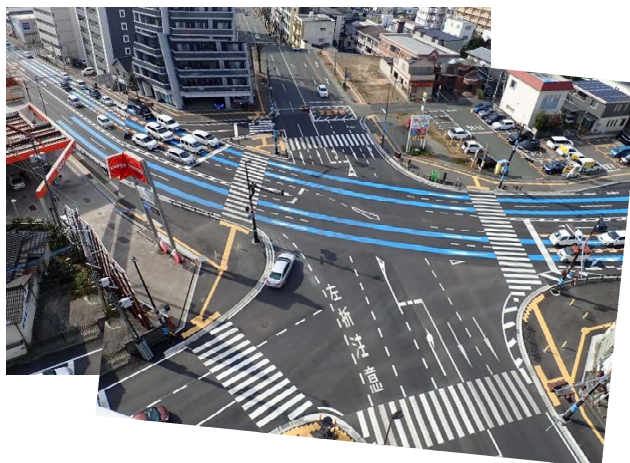


写真-5 完成写真

1DAY PAVE によるコンクリート舗装版の打換え事例

大貫 洋一*
持田 竜輔**
赤名 恭和***

1. はじめに

2019年3月、埼玉県加須市戸川の一般県道三田ヶ谷礼羽線のカルバートボックストンネル内において、1DAY PAVE による既設コンクリート版の打換えを実施した。翌年、このカルバートボックストンネルの延長線上の明かり部の交差点部において、同様に1DAY PAVE による既設コンクリート版の打換えを実施した。

本文では、その交差点部における打換え工事の概要を報告する。

2. 1DAY PAVE とは

1DAY PAVE は、特殊な結合材や混和材料を使用しないで、通常の生コンに用いられている汎用的な材料を用い、コンクリート打設後1日で交通開放可能なコンクリート舗装である。人力施工が可能で、比較的小規模な施工に適用されるケースが多い。

早強ポルトランドセメントを用い、セメント量を多くすることによって、材令1日の養生終了の目安である曲げ強度は 3.5N/mm^2 (5.0N/mm^2 の70%)以上となる。さらに、20%程度までの急勾配箇所での施工やポンプ打ち施工も可能である。

3. 工事概要

当該工事の概要を以下に示す。また、当該工事の施工位置を図-1に、舗装構成を図-2に示す。

- ・工事名：舗装指定修繕工事(戸川工区)



図-1 施工位置 (Yahoo!地図から引用)

- ・工事場所：埼玉県加須市戸川地内
- ・発注者：埼玉県行田県土整備事務所
- ・元請：サイレキ建設工業株式会社
- ・施工時期：2020年3月2日～3月31日
- ・工事内容：

コンクリート舗装取壊し	611m ²
コンクリート舗装版工	611m ²

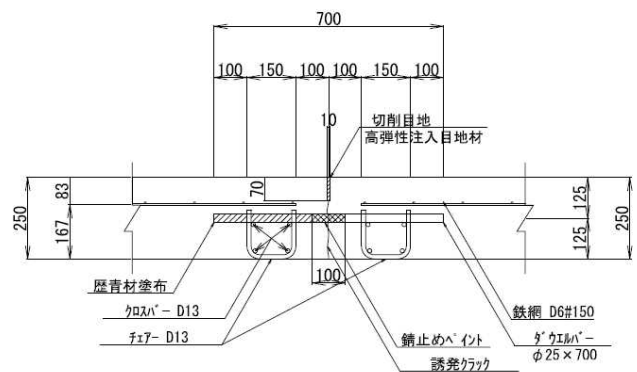


図-2 舗装構成(横収縮目地部)

4. 施工の流れ

施工の流れを図-3に示す。

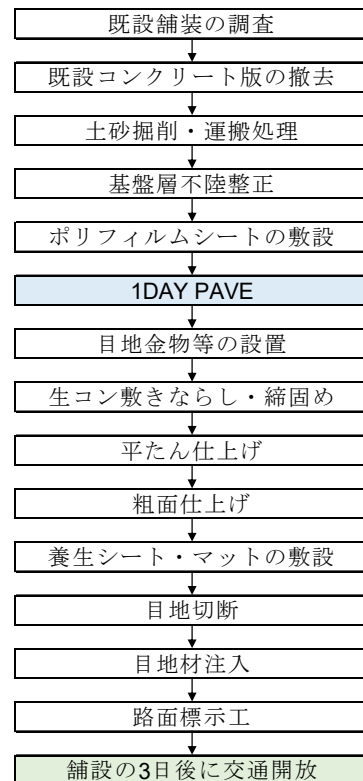


図-3 施工の流れ

*関東支店埼玉営業所工事主任 **同営業所 ***同営業所

5. 1DAY PAVE の配合

1DAY PAVE の配合を表-1 に示す。通常のコンクリート舗装に用いるコンクリートのスランプは、人力舗装で 6.5cm 程度であるが、当該コンクリートでは 21cm と非常に施工性のよいものであった。

表-1 1DAY PAVE の配合

呼び方	コンクリートの種類による記号		呼び強度	スランプ	粗骨材の最大寸法	セメントの種類	
	舗装		MPa	cm	mm	H(早強)	
			4.5	21	20		
セメント	混和材	水	細骨材①	細骨材②	細骨材③	粗骨材	混和剤
516	—	165	146	372	230	924	6.19
水セメント比		32.0%		細骨材率		45.3%	
細骨材混合比(容積)		砂(砂岩)：砕砂(珪岩)：砕砂(石灰)＝20:50:30					

6. 施工の基本方針および注意点

前年の経験と反省から、今回の施工の基本方針および注意点は、以下に示すとおりとした。

- ・路盤整正工では、水位が高い場合、排水処理しながら締め固める。ブルーフローリングを実施し、不良箇所は事前に改良する。
- ・路盤紙やプライムコートは施工せず、路盤面にポリフィルムシート(0.15mm)を敷設する。
- ・目地金物(ダウエルバー、タイバー、補強筋、メッシュ)は、深さ位置および垂直方向・水平方向に注意し、人が乗っても動かないよう固定する。
- ・構造物の側面には、ケンタイト 10mm を設置する。
- ・交差点部で勾配が複雑であり、簡易フィニッシャーを用いず、すべて人力施工とし、611m²を1日で施工するため、要所に鉄筋で基準高を明示する。
- ・コンクリート打設前日に社内検査を実施する。
- ・アジテータの供給量と「とり」のバランスを均等ににする。
- ・鉄筋養生のためにメッシュロードを用意する。
- ・バイブレータは2本以上用意し、コンクリート版の下面部を密に締め固める。
- ・被膜養生剤は、仕上げ補助剤としても有効なSMIセスシー(住友大阪セメント)を用いる。
- ・ほうき目は車線の直角方向に入れる。施工のタイミングは、1DAY PAVE を経験済みの熟練職人に一任するとともに、気温によって変化するので注意する。
- ・養生は、養生マット+ブルーシートとし、事前に幅員幅で養生マットをカットしておく。
- ・散水養生はしない。
- ・現場養生の曲げ強度で、開放時刻の承認を得る。
- ・1枚刃のカッタの切断開始時刻は、角欠け・ひび割れ防止を考慮し、打設当日の24時とする。

7. 施工方法および施工状況

(1) コンクリート舗装版撤去

既設コンクリートの状況を写真-1 に示す。写真に示すように既設コンクリート版は、段差やひび割れが発生し、供用性は非常に悪い状態であった。

既設コンクリート版は、カッタ切断後、バックホウによって撤去した。撤去状況を写真-2 に示す。



写真-1 既設コンクリート版の状況



写真-2 既設コンクリート版の撤去状況

(2) 基盤層の不陸整正

既設コンクリート版を撤去後、表層仕上がり面から-250mmの高さになるよう路盤を構築した。ブルーフローリングによって支持力を確認した。コンクリートからの水分の吸収防止のため、0.15mm厚のポリフィルムシートを敷設した。

(3) コンクリート舗装版の施工

1) 目地金物等の設置

目地金物等の設置状況を写真-3 に示す。交差点部なので、横収縮目地、縦目地および側目地の位置・構造は、温度変化によってコンクリート版内に発生する応力・ひずみを推定し、これらが局部的に発生しないよう、当初図面を変更して設置した。

ダウエルバー、タイバー、補強筋および鉄網は位

置や垂直・水平方向に注意し正確に設置した。構造物の側面にはケンタイト 10mm 厚を設置した。コンクリートの敷きならしは、通常、1 層目を鉄網高さまで敷きならし、2 層目で仕上げ高さまでを敷きならす。しかし、1DAY PAVE は硬化速度が速いので、金物類は事前にすべて設置し、全厚 1 層施工に備えるとともに、ポンプによって生コンを投入する際、設置金物が動かないようこれらを固定した。



写真-3 目地金物等の設置状況

2) 製造・運搬

現場から 13.5km のコヤマ工業㈱の久喜工場において生コンを製造し、アジテータトラックで運搬した。運搬時間は片道 30 分程度であった。ピストン式の大型ポンプ車を用いて生コンを圧送した。

3) 敷きならし・締め

敷きならしはすべて人力とし、棒状バイブレータで締め固めた。当該箇所は、交差点部で本線および側道の縦横断勾配が複雑であり、レーザーバックは使用しなかった。そのため、事前に敷きならし高を各所に落とし、敷きならし高の目印とした。



写真-4 敷きならし・締め状況



写真-5 メッシュロード

4) 平たん仕上げ

平たん仕上げは、回転コテおよび人力フロートで行った。木ごとおよび金ごとで端部を仕上げた。

5) 粗面仕上げ

平たん仕上げ後、水光が消えたタイミングで粗面仕上げ(ほうき目仕上げ)を行った。施工当日は、日差しが強く(気温：15～21℃)、風も強かったので、粗面仕上げは敷きならしにやっと着いていく状況であった。



写真-6 平たん仕上げ状況



写真-7 粗面仕上げ状況

6) 養生

粗面仕上げ後、コンクリート用被膜養生剤を散布した。コンクリートの表面の硬化度合いを確認した後、養生マットを敷設しその上をブルーシートで覆った。コンクリートの水和熱が逃がさないため、コンクリート面と養生シート面に隙間がないようにした。

養生マットの敷設開始は、コンクリート製造から 7 時間後であった。(気温 19.2℃、積算温度 11,525℃分)。養生マットへの散水は実施しなかった。



写真-8 養生状況

7) 目地切断

1 枚刃のカッタの開始時刻は、打設翌日の深夜 1 時とし早朝 5 時まで完了させた。施工中の気温は 15.7~21.5℃で、カッタ開始時刻までの気温の積算温度は 26,609℃・分であった。

8) 完成

完成状況を写真-9 に示す。



写真-9 完成状況

9) 交通開放

コンクリート打設終了後、目地部切断→目地注入→路面標示工を実施し、3日後に交通開放した。

現場養生供試体の材齢24時間の曲げ強度は、5.44 N/mm²(7:00a.m.採取)および5.19N/mm²(0:00p.m.採取)であり、目標強度(3.5 N/mm²)を十分に確保できていた。

8. 作業工程と温度の関係

ハンディーロガーMR2041 を用い、コンクリート内部温度と気温を測定した(データは 1 分間隔)。コンクリート打設開始後の時間と積算温度の関係を図-4 に、各作業工程の開始と各種温度の関係を表-2 に示す。

粗面仕上げ開始の気温の積算温度は、2,484℃・分

(前年 1,318~2,552℃・分)であり、カッタによる目地切断は打設開始から 17 時間後に実施したが、その時点におけるコンクリートの気温の積算温度は 26,610℃・分(前年 21,778~23,523℃・分)であった。粗面仕上げおよび目地切断の開始時刻は、前年よりやや遅めであった。

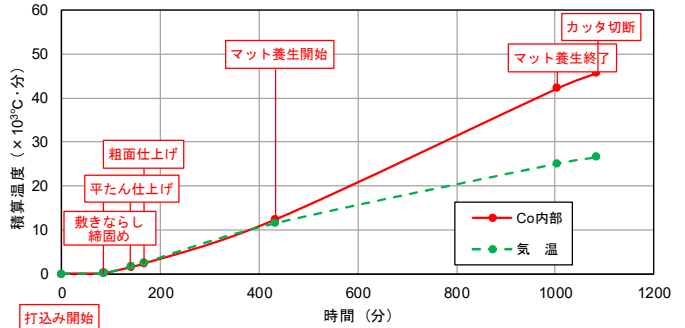


図-4 作業工程と温度の関係

表-2 各作業工程の開始時刻と各種温度の関係

作業内容	出荷	打込み	敷きならし締固め	平たん仕上げ	粗面仕上げ	マット養生		カッタ切断	
						開始	終了		
開始時刻	6:47	8:10	8:13	9:07	9:33	14:00	23:30	0:50	
Co内部	温度 °C	—	12.8	12.9	18.4	20.2	36.3	38.8	33.2
	積算温度 °C・分	—	22.8	91.5	1,511	2,289	12,351	42,200	45,652
外気	気温 °C	—	15.7	16.6	21.5	20.5	19.2	8.8	8.3
	積算温度 °C・分	—	25.7	103.4	1,672	2,484	11,525	25,131	26,610

9. おわりに

1DAY PAVE は硬化速度が速いので、施工においては事前の段取りを完璧にしておく必要がある。特に粗面仕上げおよび 1 枚刃カッタの切断のタイミングを逸すると、均一で美しい粗路面を構築できなかったり、目地部近郊にひび割れを発生させてしまうことになる。それを防ぐには、経験者の意見を聞き、気象条件を正確に推定し、タイムスケジュールも完璧にしておくことが望ましい。

今回の明かり部における施工では、前年のカルバート内での経験をいかすことで、発注者の満足する品質の 1DAY PAVE を構築できたものと思われる。本文が今後の 1DAY PAVE 工事の参考になれば幸いである。

最後に、本工事にあたり協力いただいた技術研究所に感謝の意を表したい。

歩行者誘導機能を有した研磨匠の施工事例

宮脇 栄作*
 斉藤 雄一郎**
 糸田川 昌輝***

1. はじめに

当該現場は、新しく整備された公園に隣接して設けられた景観舗装であり、主要道路から100mほど奥まった箇所に位置している(図-1参照)。そのため、この公園は、『行ってみたい』と思うまちづくりをコンセプトに計画され、『誘う形』・『丁寧な形』が表現されている。そして、公園入口部の舗装にも、このコンセプトをもとに、光沢感を表現したものがよいという提案があり、デザインや見せ方を工夫し、誘導機能を付与した研磨匠が採用された。

一方、施工は盆休みの地元イベントに間に合わせしてほしいとの発注者からの要望を受け、研磨をする時期としては最も条件が厳しい夏季施工を余儀なくされた。

本文では、歩行者誘導機能を付与した研磨匠の施工事例について報告する。



図-1 施工箇所(地理院地図から引用)

2. 工事概要

- ・工事名：30北公整第6号 北浜公園整備事業
 駐車場舗装工事
 - ・施工場所：愛媛県八幡浜市北浜1丁目7番地
 - ・発注者：八幡浜市(元請：建商株式会社)
 - ・施工面積 A=63 m²(舗装)、35.5 m²(研磨)
- <施工日>

母体アスファルト舗装：2019年7月24日
 研磨、カット目地：2019年8月6、7日

3. 研磨匠の意匠設計

3-1 歩行者誘導機能とは

歩行者誘導機能とは、歩行者に遠方から対象物を気付かせ「何かある、あれは何だろう」という興味を持たせて人々を誘導させる機能のことを称す。

3-2 誘導機能の要素

人々がリピーターとなる要素で最も重要となるのは、単純に『また訪れてみたい』や『良いな』と思う気持ちである。これらを舗装に当てはめた場合、一般的なポーラスアスファルト舗装や密粒度アスファルト舗装では『いいな』と思うものとして認識されない。人々が『いいな』と思う評価基準は、以下に示すとおりである。

- ▶誘いのメッセージがある。
- ▶丁寧な仕事をしている。

以上の2点が重要であり、これらが歩行者誘導機能としてプラスの評価になる。

そこで、公園入口の舗装に研磨匠を採用することで、遠距離からでも視認できるように路面に光沢感を持たせて良い雰囲気をつくり、誘いのメッセージを発信することにした。

また、図-2に示すように、“研磨の種類”と“カットによるエッジラインの強調”によって、明暗のコントラストをしっかりと表すことで丁寧さを表現した。

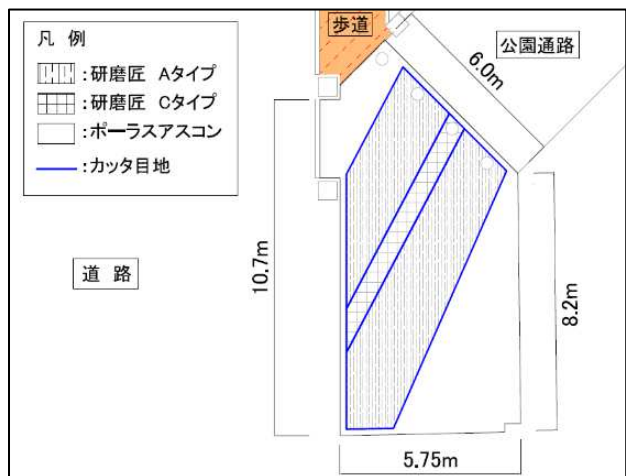


図-2 施工図

*四国支店愛媛営業所 **現九州支店佐賀営業所所長 ***本店技術部景観課課長代理

4. 施工内容

4-1 協議

(1) 舗装構造の変更

当初設計では表層に開粒度アスコン、基層に再生密粒度アスコンを用いた排水性舗装の構造であった。しかし、設計照査を実施したところ、現場内に表層の水を処理する施設がないことが確認されたので、排水性舗装用混合物を2層として路盤以下に雨水を透水させる構造を提案したところ変更となった。

また、近年多発する大型台風による豪雨や局地的なゲリラ豪雨が発生した場合、透水性舗装では路盤以下へ透水するまでに時間がかかり、アスファルト混合物内に滞水する時間が長くなる。

そこで、「アスファルト混合物のはく離現象」が生じ、将来的にポットホールや流動等の損傷につながる可能性が高くなることから、表・基層混合物のバインダにははく離抵抗性がより高いポリマー改質アスファルトH型を使用することにした。

(2) 施工機械の変更

研磨匠は、舗設後に舗装の表面を研磨して仕上げることから、舗設作業時には仕上がりに影響を及ぼす表層の「平坦性」および「締固め度」について十分に留意する必要がある。

当該箇所のように小規模な現場の場合、機械編成はミニアスファルトフィニッシャ(1.4~3.0m 級)と振動ローラ(3~4t)の組み合わせが一般的である。しかし、これらの機械編成では留意点を満足することができない可能性が懸念されたことから、施工機械として、アスファルトフィニッシャ(2.4~4.5m級)、4t タンデムローラおよび 3t タイヤローラを使用することにした。その理由を以下に示す。

- ▶平坦性の向上→大型のアスファルトフィニッシャのほうがホイールベースも長く、スクリードの質量も大きいことから、平坦性を向上させる効果大きい。
- ▶締固め度の向上→アスファルトフィニッシャのバイブレータで初期の締固めを向上することができる。また、タイヤローラで線圧を高めるとともに、ニーディング作用を与えて混合物の粗骨材の配列を安定化させる。このことによって、密実な舗装とすることができる。

4-2 施工

(1) 表層および基層工

隣接する公園工事の都合上、起点側にはタンデム

ローラを待機させるスペースがなかったため、初転圧ではハンドガイド式振動ローラを先行させた。端部は温度が低下する前に入念に振動コンパクトで締固めるとともに、コテで縁部のせり上がりを押さえた。



写真-1 基層の舗設状況



写真-2 表層における端部の締固め

(2) トップコート

表層の施工継目は、研磨時に骨材飛散が懸念されることから、写真-3に示すようにトップコートを施した。なお、トップコートの塗布量が多いと空隙詰まりを生じるので、常に目視で判定しながら塗布した。



写真-3 トップコート塗布状

(2) 施工目地

舗設には4.5m級アスファルトフィニッシャを使用し、2レーンに分けて施工した。舗設時には無意識であったが、キャンバが付いていたので、施工継目に図-3に示すような凹部が発生した。そのため、小型の研磨機でも均一に研磨をすることができず、サンダでの手研磨が追加となり手間が増えた。

2レーン以上の舗設で施工継目が発生する場合は、施工継目の凹凸に留意してキャンバを調整する必要があることを再認識した。

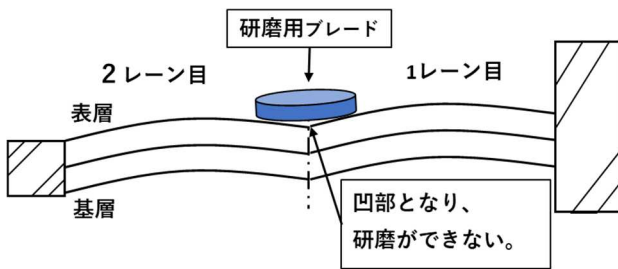


図-3 キャンバによる凹部の発生

研磨後の施工目地は、写真-4に示すような跡が浮かび上がる結果となった。今後は舗設方法も考慮して、意匠設計の段階から施工継目の位置にカタを入るなど、施工継目が目立たなくなるような工夫をすることが肝要である。



写真-4 施工目地の浮き

4-3 品質管理・出来形測定

管理試験結果を表-1に示す。どちらの指標も規格値を満足できた。

表-1 管理試験結果

試験項目		測定結果		規格値
		タイプA	タイプC	
すべり抵抗値	BPN	53	63	40以上
現場透水量	ml/15sec	957	1,126	300以上

4-4 夏期施工における課題と対策

(1) 台風対策

表層のポーラスアスファルト舗装の中に水が残った状態で研磨を実施した場合、研磨時の細粒分が水によって締まり空隙を詰め、研磨後に清掃しても除去は困難となる。当該現場では工程の関係上、研磨を台風通過後の翌日に行うことを余儀なくされたことから、舗装に水を貯めないようにブルーシートで全面を覆い、強風で飛ばされないようにパレットなどで飛散養生を行った(写真-5参照)。端部も水が浸入しないよう養生テープで密着させた。



写真-5 舗装面の台風養生

(2) 研磨におけるアスファルトの付着防止

研磨開始は、舗設後の骨材に被膜したアスファルトが暴露で落ち着く期間(約2週間)を空けて実施する。しかし、暴露時の気温が高い夏季では、アスファルトが落ち着くまでの期間は長くなる傾向にある。そこで、当該現場ではバインダにポリマー改質アスファルトH型を用いて対応し、工期の都合上、11日間の枯らし期間を置いて研磨した。

研磨時のアスファルトの付着は、研磨による摩擦熱の発生が原因であり、作業直前の路面温度を低下させることが肝要であり、防災シートを被せて温度上昇を防ぐことが有効であると考えられる。なお、参考までに当該現場における路面温度を表-2に示す。この温度であれば、上述した養生をすることなく研磨をすることができた。

表-2 路面温度

月日	時刻	計測箇所	路面温度 ℃	天候
8月6日	12:38	Cタイプ仕上がり面	41.5	晴れ(薄曇り)
8月7日	13:45	ポーラスアスコン	54.4	晴れ(薄曇り)
		Aタイプ仕上がり面	51.1	

4-5 評価

竣工後、端部の施工および研磨面の仕上がりについて設計者に報告した。特に研磨の仕上がりについては、設計者が求めた映り込みを發揮することができた。また、夜間照明の映り込みについては、『面白く興味深い』という評価をもらうことができ、研磨匠に興味を持ってもらった。

発注者の評価としては、設計者が目指すべきものができたこと、また当初懸念していたすべりにについてもクレームがなく問題ないことで、良好と評価された。しかしながら、コスト面の問題によって、今後の採用には気が引けてしまうことや、地元の緑色の石をイメージした仕上がりを期待していたものの、色味のイメージが少し違ったとの意見をもらった。



写真-6 完成



写真-7 建物の映り込み(昼間)

5. おわりに

今回の施工では、街灯と組み合わせて設計をすることで、より上質な景観舗装を提供できることが確認できた。設計者の意向である「コントラストを表現すること」、「エッジを効かすこと」については、一定の評価を得られることができた。施工者の自己判断ではなく、発注者の要求事項をいかに満足するかが、意匠性のある舗装の課題であると思われる。また、意匠設計段階から技術部署との連携を密にすることで、よりよい景観舗装を提供することが可能となる。

今回、歩行者誘導機能が、どの程度の効果を發揮したかまではわからないが、通行人の中には興味を惹かれた人がいるものと信じたい。

最後に、本業務を遂行するにあたり、ご支援、ご協力頂いた関係者の皆様に感謝の意を表したい。



写真-8 夜の公園と研磨匠

スリップフォーム工法による新幹線路盤コンクリートの施工

松下 潤*
 吉田 恒志**
 芳賀 雅啓***

1. はじめに

当該工事は、北陸新幹線の延伸に伴い新北陸トンネルおよび第2鯖江トンネルの2ヶ所において、新幹線路盤コンクリートを施工するものである。

本文は、当該工事における課題の抽出、解決策、およびその結果に関してとりまとめ報告するものである。

2. 工事概要

工事の概要は、以下に示すとおりである。

- ・工事名：
 - ①北陸新幹線 新北陸トンネル(奥野々)工事の内路盤鉄筋コンクリート工事
 - ②北陸新幹線 鯖江第2トンネル他工事の内路盤鉄筋コンクリート工事
- ・発注者：(独)鉄道建設・運輸施設整備支援機構(元請：大林JV)
- ・施工期間：2019年6月～2020年6月
- ・工種：
 - ①路盤コンクリート(機械施工)L=9,300m(上下線)
 - ②路盤コンクリート(機械施工)L=3,170m(上下線)

当該工事の施工位置図を図-1に示す。

3. 本工事における課題および解決策

3-1 課題

今回の施工に際しての課題および留意事項とその解決策の一覧表を表-1に示す。

今回の施工に際して、以下に示すような課題および留意事項があった。

- ①スリップフォームペーパーの走行位置の確保
- ②平坦性の確保
- ③厚さ40cm以上におけるエッジの確保
- ④目地部におけるエラストイトの固定方法
- ⑤突起部における鉄筋の接続方法
- ⑥目地部における表面処理の方法
- ⑦突起部におけるレイタンス処理の方法
- ⑧アジテータ車による生コン搬入・退出方法
- ⑨高さ精度±10mm確保の方法
- ⑩天端端部の面取り方法
- ⑪鉄筋が10mmと細く、特に厚さが大きい側において生コン打設によって発生する鉄筋のたわみ

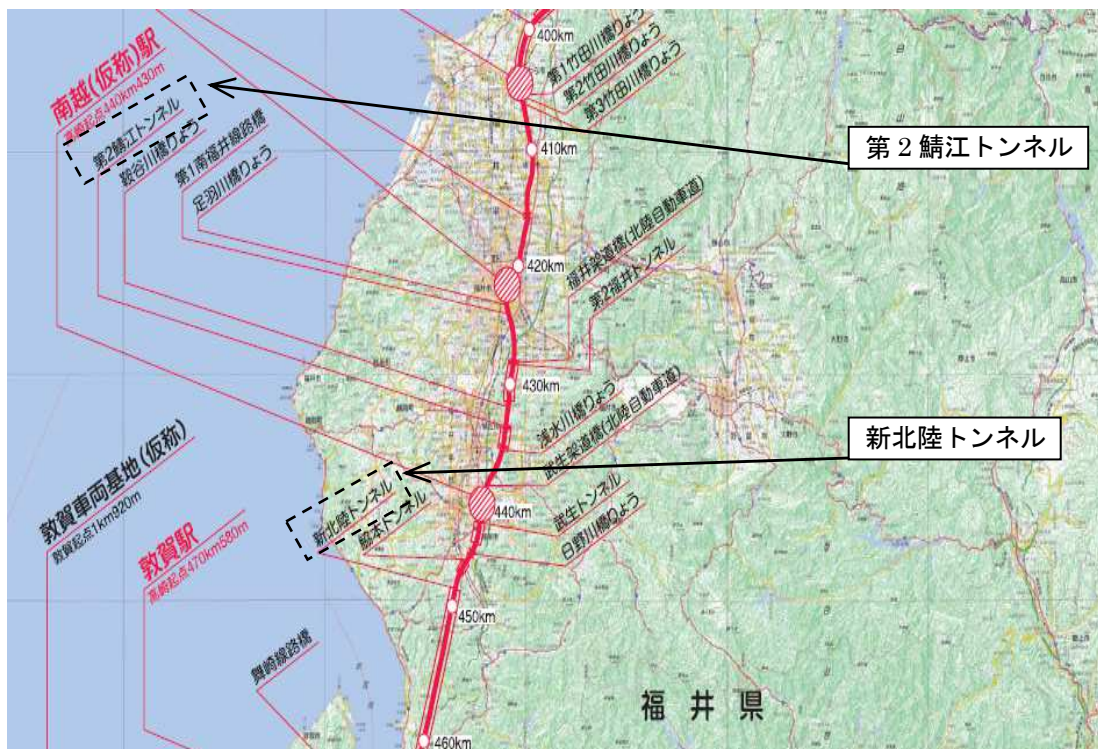


図-1 施工位置図(独立行政法人鉄道建設・運輸施設整備支援機構ホームページから引用)

*現大阪支店京滋営業所工事長 **現同支店広川舗装工事事務所所長 ***同支店工事部機械課担当課長

表-1 課題および留意事項とその解決策の一覧表

No	課題・留意事項	対策等
1	スリップフォームペーパーの走行位置の確保	走行にはマシンコントロールシステムを活用し、狭小部ではH鋼を設置または軌道外部コンクリートを打設
2	平たん性の確保	安定して材料を供給ならびにマシンコントロールを活用
3	厚さ40cm以上におけるエッジの確保	安定した品質の材料を供給
4	目地部におけるエラストイトの固定方法	インパートにアンカーを打設し、固定用の鉄筋を使用して溶接でエラストイトを固定
5	突起部における鉄筋の接続方法	ネジ式継手によって施工
6	目地部における表面処理方法	専用の道具を作製し、打設後に挿入して溝を形成し、その後面木を挿入
7	突起部におけるレイタンス処理方法	打継ぎ処理剤(ジョイントエース)を塗布
8	高さ精度±10mmの確保方法	マシンコントロールによる施工に加え、打設時に検測によって確認
9	天端端部の面取り方法	スリップフォームペーパーのモールドに面木を設置し、最終的に面ゴテで仕上げ
10	鉄筋が10mmと細いので、特に厚さが大きい側において生コン打設による鉄筋のたわみ防止	特に厚さが大きい側でスペーサの数を増加
11	アジテータ車による生コン搬入・退出方法	起終点にアジテータ車の回転場を設置

3-2 解決策の詳細

課題に対する解決策の詳細を以下に示す。

①スリップフォームペーパーの走行位置の確保

ペーパーの走行位置が狭小となっている箇所は、H鋼の設置または軌道外部コンクリートの増し打ちによって、走行路を確保するとともにマシンコントロールシステムを活用して脱輪の防止を図った。

②平たん性の確保

施工中のペーパー停止による平たん性の悪化を防止するため、供給バランスのとれた運搬計画を作成し、確実な連続的施工ができるようにした。

③厚さ40cm以上におけるエッジの確保

品質(スランプ・空気量)のバラツキによるコンクリートエッジ部のダレを防止するため、プラント出荷から打設までの時間がアジテータ車ごとに同じとなる出荷サイクルを計画実施した。

④目地部におけるエラストイトの固定方法

生コン打設時に生じる目地部のエラストイトのズレ防止のため、インパートにアンカを打込み後、横鉄筋を這わしてエラストイトを固定した。

⑤突起部における鉄筋の接続方法

突起部における鉄筋の接続を強固にするため、ネジ式継手によって施工することとした。

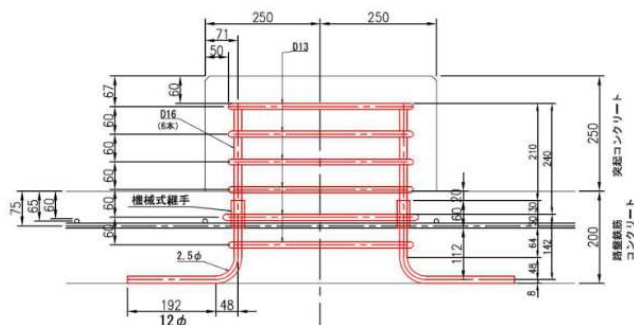


図-2 突起部配筋図

⑥目地部における表面処理の方法

コンクリート打設後に面木を直接挿入すると面木

が変形し上手く行かない。そこで、専用の器具を作製し、打設直後に器具を挿入してあらかじめ溝を形成し、その後面木を設置することで施工性を向上させた。

⑦突起部におけるレイタンス処理の方法

突起部のレイタンス処理は、打継ぎ処理剤を塗布し、打継ぎ目の性能(曲げ強度・耐久性・水密性)を確保することとした。

⑧高さ精度±10mm確保の方法

要求高さ精度が±10mmと厳しい規格なので、マシンコントロールによる高さ制御に加え、実測確認を適時行って微調整することとした。

⑨天端端部の面取り方法

スリップフォームペーパーのモールドを面取り型に改造するとともに、人力コテ仕上げを実施することで、施工ムラのない形状を構築した。

⑩生コン打設時の鉄筋のたわみ防止

コンクリート版が厚い部分では、自重によって鉄筋がたわむことが懸念されたので、スペーサの数を増やすことで、鉄筋のたわみを抑制させた。

⑪アジテータ車による生コン搬入・退出方法

幅員が非常に狭い通路をアジテータ車が走行するので、起終点にターンテーブルを設置し、アジテータ車が渋滞しない円滑な走行状況を確認した。

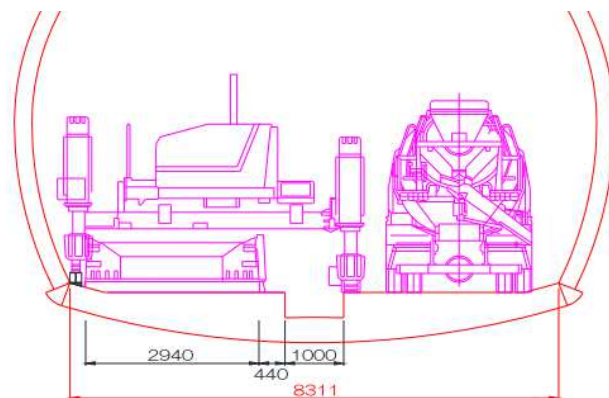
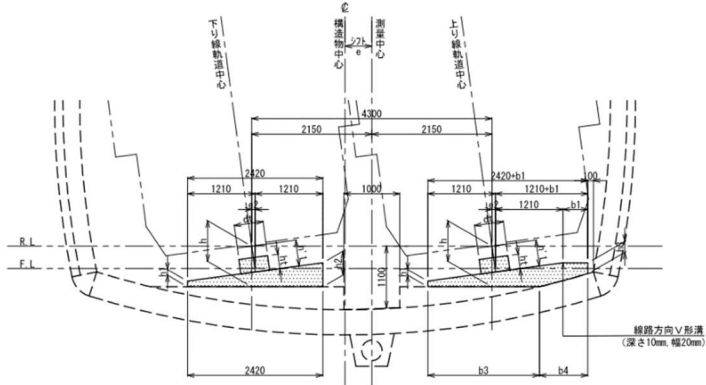


図-3 施工状況イメージ

4. スリップフォーム工法による 新幹線路盤コンクリートについて

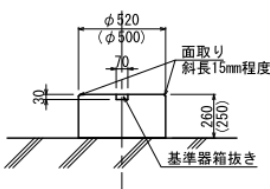
4-1 設計断面

今回施工した断面の一例を図-4に示す。

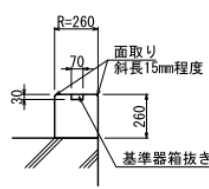


曲線部(第2鯖江トンネル)

全円突起



半円突起



突起部

図-4 設計断面一例

4-2 スリップフォームペーパーの改良

当該工事では狭小部やカント部を施工することから、自社のスリップフォームペーパーを改良した。主な改良点を以下に示す。

(1) 直線部施工による機械改造

- ・クローラから0mmの位置まで調整できるモールドマウントの製作
- ・作業用ステップの増設

(2) 曲線部施工による機械改造

- ・横断勾配13.5%用ブラケットの作製
- ・横断勾配増による幅員調整用サイドヘッドの増設

4-3 試験施工

本施工に先立ち、当社機械センター構内で試験施工を実施した。試験施工では、①生コンの配合、②改良による施工性向上の有無、および③材料の投入状況について確認し、本施工へ向けた準備を行った。

4-4 決定配合

試験施工を踏まえ、決定したコンクリート配合(第2鯖江トンネル)を表-2に示す。

表-2 コンクリートの決定配合(27-4-20BB)

セメント	混和材	水	細骨材 ①	細骨材 ②	粗骨材 ①	粗骨材 ②	混和剤
300	3.00	140	432	288	691	461	-
水セメント比 W/C			46.6%		細骨材率 s/a		39.0%



写真-1 試験施工実施状況

4-5 本施工

第2鯖江トンネルは上下線で施工条件が異なり、上り線では軌道外部コンクリートを打設し、下り線は改造したペーパーを活用して打設を行った。様々な事前検討が生かされ良好な仕上がりとなった。



写真-2 本施工実施状況(第2鯖江トンネル)

5. まとめ

今回の施工で得られた知見を踏まえたスリップフォーム工法と手打ち施工による比較を表-3に示す。施工規模による工法選定の方法やコスト・効率の目標達成度、および各々の特徴について確認できた。



写真-3 完成(第2鯖江トンネル)

6. おわりに

今回、当社の保有機で路盤鉄筋コンクリートを施工する初の試みであった。さらに、これまでは直線部を3脚のスリップフォームペーバによる全幅施工や路肩(走行帯)を人力で施工した後、機械施工を行っていた。しかし、4脚のスリップフォームペーバで全幅施工することは日本でも初めての工事であった。そのような中、入念な準備ならびに試験施工を実施することで、無事工事を完了することができたことを非常に誇りに感じている。

今後の課題を表-4に示す。今後の同工種工事において、参考になれば幸いである。

最後に、本工事の遂行にあたってスリップフォームペーバの改良から施工までご協力頂いた機械部・機械センター、技術的なご指導を頂いた本支店技術部ならびに技術研究所、また、施工にご尽力頂いた協力会社はこの場をお借りして御礼申し上げます。

表-3 今回の施工で得られた知見

	スリップフォーム工法	人力施工
施工延長	アジテータ車が通り抜け可能の場合：200～300m/日 アジテータ車が通り抜け不可能の場合：170～180m/日 アジテータ車が通り抜けられると効果が上がる。 しかし、そのような好条件の現場は少ない。	ポンプ打設：約80m/日 ただし、配筋・型枠・Con打設、昼夜間連続施工の場合 突起部の施工も手間になる。
コスト・効率 (手打ちとの比較)	新北陸TN(直線)：2,035m/日⇒クリア 第2鯖江TN(曲線)：736m/日⇒クリア	
特徴(1)	横断勾配が一定の場合に適している	横断勾配が途中で変化する場合に適している
特徴(2)	おおむね延長700m以上のTNに適している(曲線区間) おおむね延長2000m以上のTNに適している(直線区間)	おおむね延長700m未満のTNに適している(曲線区間) おおむね延長2000m未満のTNに適している(直線区間)
特徴(3)	軌道外部のコンクリートを先に打設し、スリップフォームペーバの走行路とした方が効率的な施工ができる	

表-4 今後の課題

	事 象	今後の解決策
第2鯖江TN	生コンが柔らかい場合、パイプレータが掛かる部分だけ若干下がった。(精度に影響は無い程度)	生コンの性状確認を厳密に行う。
第2鯖江TN	横断勾配の高い方に生コンを抱えないといけないので、その部分の鉄筋が生コンの重みでたわんだ。	スペーサーの個数・配置を考える。
新北陸TN 第2鯖江TN	ペーバに付いている型枠の場合、天端の面取りはあばたになる可能性が高い。	後でコテで仕上げる。

踏掛版における沈下対策の施工事例

田内 雅也*
熊本 佳二郎**

1. はじめに

徳島自動車道の鳴門JCT～徳島IC区間において、踏掛版の沈下対策として「コンクリート床スラブ沈下修正工法」を用いて施工した。本文では、その概要を報告する。

2. 工事概要

- ・工事名：徳島自動車道夷野橋(上り線)延長床版および踏掛版沈下修正工事
- ・施工箇所：徳島自動車道夷野橋(上り線)
- ・工期：2020年6月15日～6月25日
(内訳：削孔2日間、注入3日間、予備日含む)
- ・発注者：西日本高速道路エンジニアリング 四国株式会社



図-1 位置図(Google Mapsから引用)

3. コンクリート床スラブ沈下修正工法

3-1 経緯

鳴門JCT～徳島IC区間は、開通して4年が経過しているが、盛土部の沈下に追従する形で橋梁踏掛版の沈下が発生し、伸縮装置の段差となって車両走行時の振動・騒音を引き起こしていた(図-2参照)。

3-2 補修工法の検討

その補修工法として以下の3工法を比較した。

A工法 踏掛版ジャッキアップ+グラウト注入

B工法 土工部側の舗装オーバーレイ
+橋梁伸縮装置の取替え

C工法 硬質発泡ウレタンによる踏掛版の沈下修復

A工法は、延長床版構造の橋梁の沈下修正としては一般的な工法である。あらかじめ沈下修正用として設けられている床版コンクリート下の反力受台に油圧ジャッキを設置し、所定の高さまでジャッキアップした後に注入孔からグラウトを注入し、硬化させることで段差を修正する。

メリットとしては、路面高さを計画高さに確実にセットできることである。デメリットとしては、一度施工をすると注入孔がグラウトで閉塞されるので、再施工ができないこと、および路面の開削を伴うので、施工に時間を要し連続した3日程度の通行止めが必要となることである。

B工法は、舗装補修と伸縮装置の取替えによって、路面の高さを修正する工法である。時間的には夜間通行止め内で施工を完了させられるものの、製作費用面で経済的にやや劣る。また、この工法では沈下の原因である延長床版と踏掛版の間の空隙が埋まらず、応急補修という意味合いが強い。したがって、将来的に不具合が再発する可能性が高い。

C工法(アップコン社のコンクリート床スラブ沈下修正工法)は、現況の舗装面上から削孔機を用いて、延長床版および踏掛版を貫通させる形で空隙まで削孔し、ウレタン樹脂を注入し、その発泡圧力で踏掛版を上昇させ所定の高さにする工法である(図-2参照)。

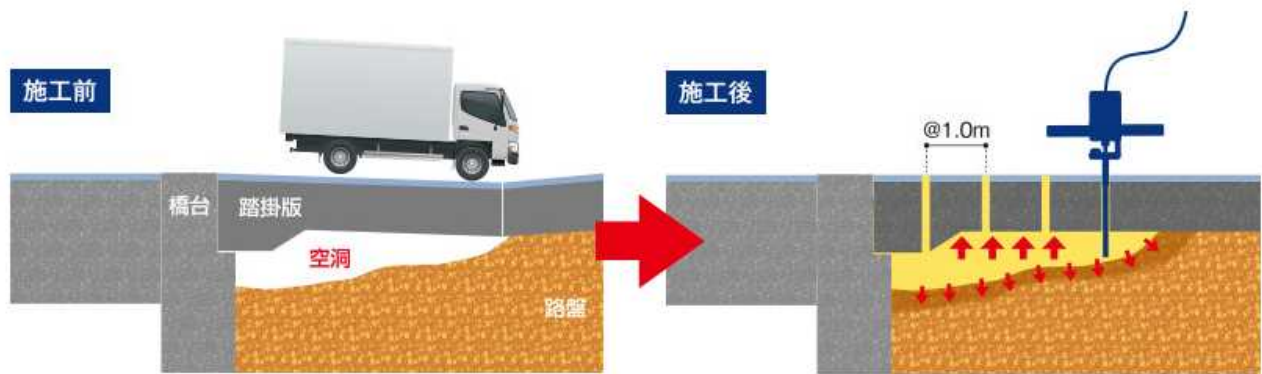
メリットとしては、夜間通行止め内で施工可能なこと、および再度同箇所でも沈下が発生しても再施工が可能なことである。デメリットとしては、化学反応で膨張する材料であり、細かな高さ管理が必要になることである。しかし、注入量の適切な管理とオートレベル等を用いた現地測量を適宜行うことで、コントロール可能と判断し採用することとなった。

3-3 コンクリート床スラブ沈下修正工法の特徴

硬質発泡ウレタンとはA液(ポリオール)とB液(イソシアネート)の2液が、短期間で液体→半固体→固体と、化学反応によって状態を変えながら形成される樹脂である(写真-1)。

※ 圧縮強度は施工後1時間で90%以上、24時間で100%

*四国支店徳島営業所 **同営業所工事主任



ウレタン樹脂で空洞を充填し、路盤のゆがみを改善し、同時に沈下も修正する。
 図-2 踏掛版の沈下を修正するイメージ図(アップコン社のホームページから引用)



写真-1 硬質発泡ウレタンの反応状況

フロン・代替フロンを発生しない環境に配慮した完全ノンフロン材を使用しており、水、海水ならびに土中に含まれる他のほとんどの物質に対して溶融しないので、土壤汚染を起さない。

ウレタンの耐久性については、前年11月に同じ橋梁部の下り線で試験施工を行った箇所において、異常なく推移していることから、NEXCOエンジからも承認を得ている。また、NETISにも登録されている工法である。

このウレタンが化学反応で発生させる膨張圧力を利用した工法であり、注入箇所の地盤を圧密強化しつつ地耐力を向上させ、コンクリート版等の構造物を押し上げて元に戻すものである。

施工用機材としては、資機材一式を搭載した施工プラント車(4tトラック)で行うので、大型プラントの設置も不要であり、施工準備および撤収も短時間で行うことができる。

4. 施工手順

補修工法の詳細図を図-3に示す。

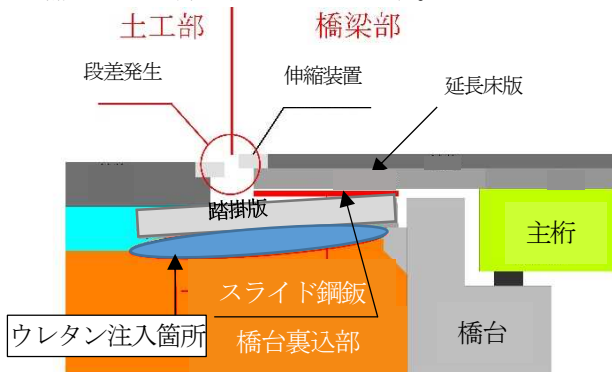


図-3 補修工法の詳細図

4-1 事前調査工

本施工前に下記項目について確認するために事前調査を行った。

- ・ 大まかな配筋位置の確認
- ・ スライド鋼板の削孔可否
- ・ 削孔に要する時間
- ・ 空隙の有無と規模(材料使用量予想のため)
- ・ 現況高さの測定

なお、延長床版や踏掛版があるので、事前に地耐力を測定できないが、踏掛版が沈下していることから地耐力を有していると発注者が判断した。

4-2 本作業工程

本作業の工程を図-4に示す。

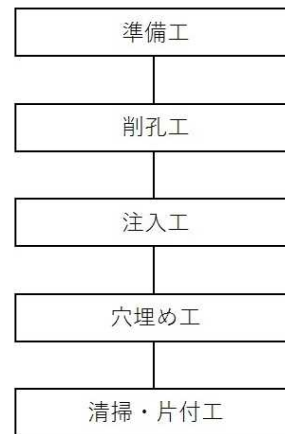


図-4 施工フロー

4-3 削孔工

事前調査工のデータを基に削孔位置を決定し、伸縮装置を境に土工部側では、アスファルト舗装版+路盤をφ34mmで削孔し、踏掛版をφ22mmで削孔した。橋梁部側では、延長床版および踏掛版を土工部同様に削孔し、φ30mmのホールソーでスライド鋼板を削孔した。鉄筋に当たった場合は、位置をずらして削孔した。近隣騒音対策のため、削孔時には防音設備を使用した。(写真-2)

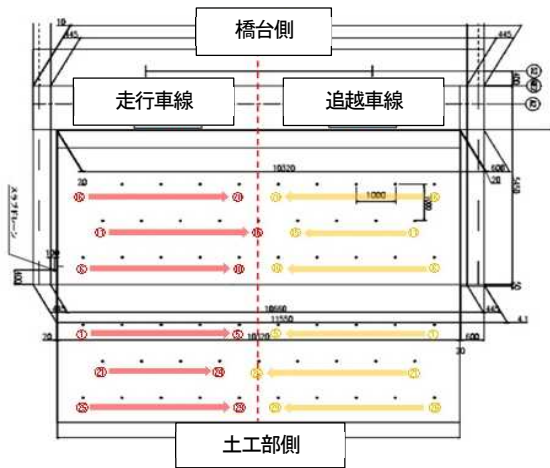


図-5 削孔平面図



写真-2 削孔状況

4-4 注入工

注入補助管を設置し注入ガンを取り付け、レーザーレベルで高さを確認しながら注入作業を行った。注入箇所だけではなく、周辺部(影響が予想される範囲)の高さも常に確認しながら慎重に注入作業を行った。再注入が必要な場合は、ドリルによって再削孔し注入した(写真-3)。

4-5 穴埋め工

無収縮モルタルによって、注入孔の穴埋めを行った。



写真-3 注入状況

5. 施工結果と課題

5-1 施工結果

ウレタン注入によって伸縮装置の段差は解消され、伸縮装置部を大型車等が通過する時に発生していた踏掛版の弾みによる騒音が解消された(写真-4)。しかし、踏掛版端部から土工部へ向けてたわみが生じた。計画高さまで修正すると、さらにたわみ量が増すことが懸念されたので、発注者との協議によって沈下修正を途中で終了させ、全注入孔へ空隙充填を行い施工完了とした。

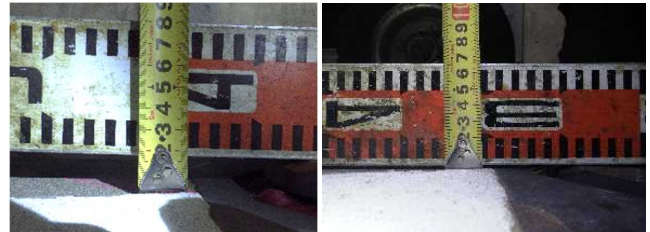


写真-4 伸縮装置(施工前、施工後)

なお、施工前に生じていた延長床版と踏掛版の開きも施工後に解消されたことが確認できた(写真-5)。



写真-5 延長床版と踏掛版の開き(施工前、施工後)

5-2 施工における課題と対策

(1) 削孔時の騒音問題

夜間施工において橋梁部の下の空洞によって、削孔の音が響き、近隣住民に影響が生じる可能性があった。これに対しては、防音シートを使用し騒音の軽減に努めた(写真-6)。



写真-6 防音シート設置状況

(2) ウレタン注入時の段差問題

ウレタンを注入したときに、注入孔からウレタンが逆流し、アスファルト舗装版と踏掛版の間にウレタンが入り込み、端部で舗装版を最大8cm隆起させ段差が生じた(写真-7)。このことは、発注者との打合せ段階から懸念事項として挙げられており、事前にミニ切削機と舗装班を待機させていたので、段差を解消し予定どおり交通開放することができた。



写真-7 隆起した舗装版

5-3 品質管理

ウレタンの圧縮強度の確認として、施工中に供試体を採取し(写真-8)、後日、50mmの立方体に成形して圧縮強度試験を行った。その試験結果によれば、上層路盤の一軸圧縮強さの規格値1.2MPaを満足していた(表-1)。

6. まとめ

今回施工した結果、伸縮装置部の段差を解消することができたが、踏掛版端部から土工部へのたわみが生じたので、ウレタン注入後、切削オーバーレイ工によって段差修正を行った。このように取合い部までの細かい修正は困難であり、最終段階における修正が必要である。



写真-8 供試体採取



写真-9 供試体と一軸圧縮試験状況

表-1 一軸圧縮試験結果

供試体採取日	試験片	試験片寸法			最大荷重 kN	圧縮強さ MPa
		厚さ mm	幅 mm	高さ mm		
2020年6月24日	No.1	49.9	50.2	50.1	4.377	1.747
	No.2	49.8	49.9	50.2	4.310	1.734
	No.3	50.0	50.2	49.9	4.532	1.805
	No.4	50.1	50.1	49.8	4.265	1.699
	No.5	50.2	50.1	49.9	4.018	1.597

7. おわりに

今回、施工前から発注者および協力業者と入念な打合せを行い、連携して施工に臨むことができた。その結果、夜間通行止め時間内で発注者に満足してもらえる施工をすることができた。

盛土の急速施工を余儀なくされた場所では、このような沈下対策が必要とされる機会が多くなるものと考えられる。本文が参考となれば幸いである。

台風によって崩壊した法面の復旧事例

金原 貴*

1. はじめに

わが国は国土の約7割が山間地であり、急峻な山地や崖地が多く、さらに年間降水量が1,700mmと世界平均の約2倍といった気象条件から、土砂災害が発生しやすい条件下にある。国土交通省のデータによると、土砂災害危険箇所は全国で52万箇所も存在し、年間の土砂災害発生件数は平均で1,000件に至っている。さらに、近年の異常気象による集中豪雨の増加によって、土砂災害による被害の増加が懸念されている。

こうした中、2017年9月に発生した台風18号によって崩壊した法面(写真-1参照)を復旧したので、その概要、調査および施工について報告する。



写真-1 2017年9月の台風18号で崩壊した法面

2. 工事概要

- ・工事名：八王子某町法面崩壊箇所構築工事
- ・工事場所：八王子市某町地先
- ・工期：2019年4月1日～2020年3月31日
- ・発注者：大手運送会社2社(2社が共同して発注)
- ・工事内容(当初)：
 - ①崖面上盛土層のロックボルトによる補強
 - ②崖面モルタル吹付けによる法面保護
 - ③崖下崩落土砂の盛土と法面整形
 - ④擁壁下深層地盤改良(H=7.3m)
 - ⑤盛土下の土留め擁壁構築
 - ⑥法面排水側溝の整備
 注)①および④→検討の結果、変更となった。



写真-2 法面崩壊(工事)箇所(Google Mapから引用)
当該箇所は多摩川河川段丘の縁に位置する。

3. 当該箇所の地形・地質

当該箇所は、多摩川拝島橋右岸の南約200mに位置し、加住丘陵が北の多摩川低地へと移行する箇所であった。崩落法面天端の標高は125m、下端前面道路の標高は97mで、高低差は約28mであった。

崖面の上部には直壁状箇所があり、中・下部の勾配は20～40°で起伏があり、延長は約100mであった。地質は、加住丘陵を構成する小宮層および加住層であった。小宮層の崖部は表層崩落やブロック崩落を繰り返しており、法面の中腹には土が堆積していた。

法面の下端部から多摩川低地の移行部にかけては盛土造成箇所であった。(図-1の赤色楕円箇所)



図-1 盛土造成部(地理院地図から引用)

4. 当初設計の照査

当初設計時の想定土質断面とボーリング位置を図-2に示す。

*関東支店多摩営業所副所長

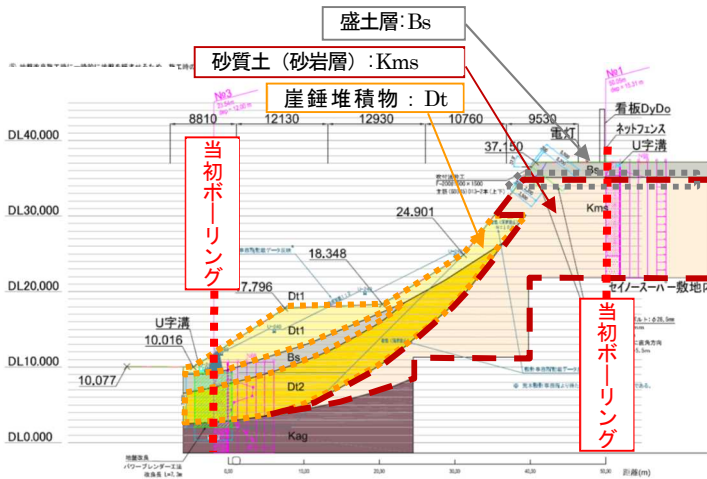


図-2 当初設計時の想定土質断面とボーリング位置

当初設計では、法面天端と法面下の道路部の2箇所
のみのボーリングデータを用いて設計していた。2
箇所のボーリング位置は高底差が26.5mもあり、こ
の間の地層の関連性が不明なことから「推定」して
おり、信憑性がない設計となっていた。このため、
法面中腹の崖錘堆積物(Dt)層上で追加ボーリング
調査を行うとともに、再設計では土質定数を得る必
要があったので、試料を採取し室内土質試験を実施
することとした。さらに、3D測量によって地形線を
測定した。

5. 調査結果

対象法面内の3箇所で行った調査ボーリング結
果と既存のボーリングデータを併せて、当該箇所の
土質想定断面を図-3に示すとおり作成した。

調査で判明した事項は、以下に示すとおりである。

- ①法面を構成する地層は、上総層群の小宮層および
加住層であり、小宮層は固結状の砂(Kms)を主体
とする。
- ②小宮層と加住層の層間には、礫、砂および固結シ

ルトの互層(Kmal)がある。

③加住層は非常に締まった砂礫(Ksg)を主体として
いる。法面下部の加住層にN値が10~34(平均20)
の低い箇所があり、これをKsg-W層として区別す
る。

④法面の中・下部には崖錘堆積物(Dt)が、下部には
盛土(Bc)がある。

⑤湧水は、Kmalの砂礫部からでている。地下水は、
この湧水が関係している。(図-4参照)

⑥再設計に用いる各土質の定数は室内土質試験結
果から、表-1のとおりとする。

表-1 室内土質試験結果から設定した土質定数

地層 記号	主な土質	設計N値	単位体積重量 γ (kN/m ³)	粘着力 c (kN/m ²)	内部摩擦角 ϕ (°)	変形係数 (kN/m ²)	
						E ₀	α E ₀
Bs	盛土 (砂質土)	7.5	17.0	0	32.3	21,000	21,000
Bc	盛土 (粘性土)	2.5	17.9	28.5	6.1	2,280	9,120
Dt	崖錘堆積物 (砂質土)	5.8	17.4	11.9	24.9	2,800	11,200
Kms	砂質土	53	19.0	10.0	38.4	148,400	148,400
Kmal	互層	53	19.0	10.0	38.4	148,400	148,400
Ksg-w	礫質土	15	19.0	10.0	32.1	42,000	42,000
Ksg	礫質土	74	20.0	50.0	39.8	207,200	207,200
Ksc	粘性土	66	18.0	205	20.9	184,800	184,800

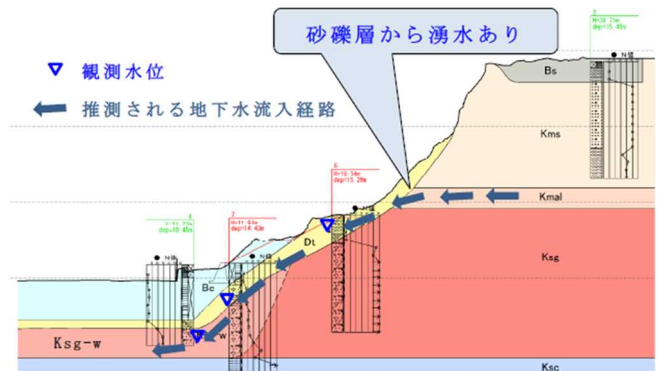


図-4 湧水の流れの推定図

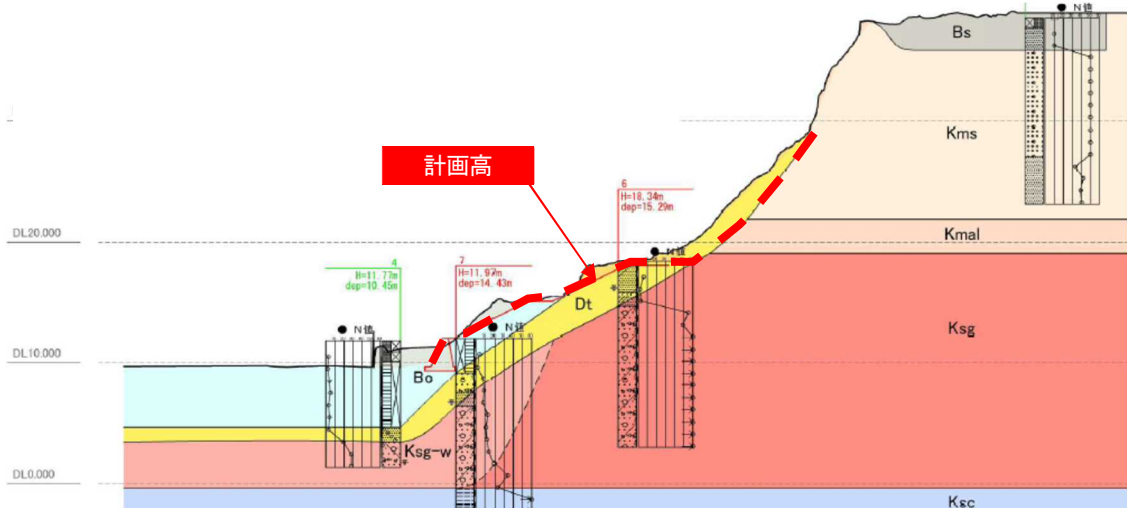


図-3 調査結果を基に再推定した当該箇所の土質想定断面図

6. 法面復旧の基本方針・方策の提案

ボーリング調査結果、土質試験結果および現地目視観察を基に、当該崩壊法面の復旧方針・方策を以下のとおりとした。

- ・崖面に存在する「亀裂によって板状に剥離しそうな箇所」(写真-3参照)、ブロック崩落しそうな箇所、オーバーハング箇所および表面の強風化帯などを事前に落としておく。
- ・崖面を形成する地層が固結状の細砂(Kms)であり、対策工法として吹付け工(ラス網張り)を適用する。
- ・図-4に示すようにDt層内下面に「水みち」が形成され、これがDt層の崩落を誘発する可能性があるため、湧水を地表面に出しこれを側溝で確実に処理する。
- ・土留め擁壁の円弧すべり対策については、擁壁直下のDt層の厚さが想定より薄いことが判明したので、当初予定していた深層地盤改良はしない。
- ・盛土部の円弧すべり対策については、当該箇所より条件の厳しい砂質土で検証を行ったが、問題ないことが判明したので対策は講じない。ただし、表層面の保護が必要であり、法面緑化で対応する。
- ・法面上部の河岸段丘を大きくえぐる円弧すべりについては、計算の結果、安全率が1.09となり、数値的にやや低い値となったが、直ちに危険を示す値ではないと判断する。

以上の基本方針・方策およびこれをもとにした施工方針について発注者へ説明を行い、発注者の承諾を得て工事に着手した。



写真-3 亀裂による板状剥離箇所およびブロック崩落跡

7. 施工方法・状況

7-1 モルタル吹付け工

施工手順として作業の安全性を考慮し、上部崖面のモルタル吹付け工から先に仕上げることにした。

モルタル吹付けの事前工事として、表面剥離箇所および強風化帯を確実に除去した。(写真-4参照)

モルタル吹付け状況を写真-5に示す。



写真-4 表面剥離箇所除去状況



写真-5 モルタル吹付け状況

モルタル吹付け下部には砂礫層からの湧水が想定以上にあり、水抜きパイプでは処理しきれないと判断し、裏面排水材を敷設して湧水処理を施すこととした。



写真-6 裏面排水材を敷設状況

7-2 土工事

当初、盛土による法面整形を計画していたが、この計画盛土高では湧水箇所を埋めることになるので、切土に変更した。常に湧水処理が課題となったが、下部土面に影響を与えないよう常に法面側溝を先行して施工した。これによって円滑な施工ができた。

法面側溝の施工状況、法面整形状況、擁壁型枠設置状況を写真-7～9に示す。



写真-7 法面側溝の施工状況



写真-8 法面整形状況



写真-9 擁壁型枠設置状況

7-3 施工期間中の台風19号による大雨の影響

工事中の2019年10月12日に、関東地方で猛威を振るった台風19号によって、24時間に400mmを超える大雨となった。大雨による被害を覚悟したが、排水側溝の接続を行っていたので、土砂崩壊等の影響は無かった。施工検討段階から台風シーズンを見据えて、計画工程表を作成し工事を進めたことが功を

奏したといえる。

一方、工事範囲外で土砂災害が発生し、道路が全面通行止めとなった。台風が過ぎ去った翌日、待機していた協力業者の協力を得て早期交通開放を行い、発注者から大変感謝され、さらに信頼関係を築くことができた。

その後、被災した箇所の復旧工事も提案し施工を行い、工期内に無事故で完了させることができた。

8. おわりに

法面崩壊箇所の復旧工事は、当社では実績も少なく、ノウハウもほとんどない状況下の施工であった。

昨今の異常気象による台風や大雨による土砂災害が今後も懸念されている。こうした中、今回の復旧工事のようなニーズが多くなることが想定される。

今回の経験をまとめた本文が、今後の災害復旧工事に生かされれば幸いである。

最後に、設計、計画および施工の各段階で多大なアドバイスおよび提案をしていただいた協力会社と当社関係者に深くお礼を申し上げます。



写真-10 完成状況

高速道路における橋梁高欄の補修事例

船木 万城*
菊地 英文**

1. はじめに

札幌自動車道は、小樽ICから道央自動車道札幌JCTに至る延長約38.3kmの高速道路であり、札幌オリンピックの開催にあわせて約50年前に開通した。そのため、橋梁防護柵等の規格が古く、また老朽化が進んでいることから、順次リニューアルが予定されている。

本文では、札幌自動車道の3橋(令和元年度施工分)において実施した高欄補修工事の施工概要について報告する。

2. 工事概要

当該工事の概要は、以下に示すとおりである。

- ・工事件名：札幌自動車道銭函川橋高欄補修工事
- ・工事個所：札幌自動車道北海道小樽市新光
～札幌市北区北34条

銭函川橋(上り線路肩側)

KP W25.843～KP W25.901 L=58.0m

追分川橋(上り線路肩側)

KP W14.415～KP W14.366 L=49.0m

春香橋(下り線路肩側)

KP W27.325～KP W27.346 L=21.2m

- ・工期：令和元年5月10日～令和3年2月27日
- ・発注者：東日本高速道路株式会社北海道支社
- ・主な工事内容

鋼製高欄A1	227.3m
鋼製高欄A2	130.3m
コンクリート除去工	68451.00
防護柵工	1780.2m
落下物防止柵撤去設置工	210.2m
飛雪防止柵撤去設置工	35.3m
撤去工(防護柵)	2305.3m
撤去工(Gc端末)	12基

3. 施工方法と留意点

3-1 施工の流れ

橋梁高欄補修の施工の流れを図-1に示す。図中のアンダーラインを引いた工程について、その詳細を以下に記述する。

3-2 コンクリート除去工

(1) 工法の選定

高欄補修に際して、既設防護柵を撤去後に既設

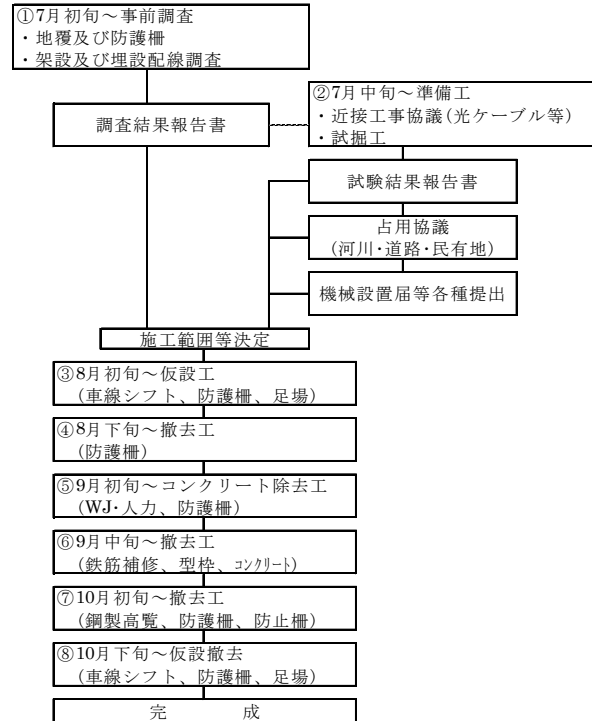


図-1 橋梁高欄補修の施工の流れ

地覆コンクリートを除去する。床版コンクリートおよびコンクリート構造物内の鋼材に損傷を与えないようにするため、総厚195mmの取壊しの内、上部95mmを人力ではつり、残りの100mmについてはウォータージェット(以下、WJ)を用いて除去した。これによって、鉄筋より下部の鋼材の損傷を防止するとともに、所定の位置まで平たんにはつり処理を行った。コンクリート除去工の断面を図-2に示す。

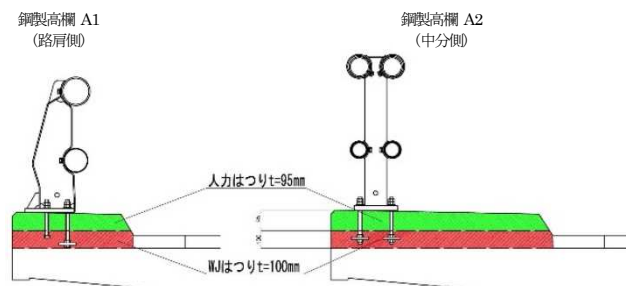


図-2 地覆コンクリート除去工断面

(2) WJによるコンクリート除去

コンクリート除去の流れを図-3に、漏洩防止設備詳細図を図-4に、WJの作業配置図を図-5に示す。また、WJ施工状況を写真-1に、施工後の状況を写真-2に示す。なお、橋梁上でのWJ作業の留意点を

*北海道支店道央営業所工事主任 **同営業所工事主任

以下に示す。

- ・作業箇所下部は河川・道路等となっており、発生する汚濁水の漏洩防止のため、地覆側面から吊り足場の上段作業床を遮水シートで覆った。さらに、WJによる打抜きを防ぐため、鉄板(4mm)によって地覆端部を防護した。
- ・施工箇所に強力吸引車を配置し、遮水シートに滞水した汚濁水を吸引して、汚濁水の漏洩および足場の積載荷重の超過による落下を防止した。
- ・何らかの理由によって、上段作業床の遮水シートが破損した場合に備え、下段作業床(SKパネル)に遮水シートを施し、吸引ホースを配置して漏洩防止に努め、橋梁下部に監視員を配置し必要に応じて即座に作業停止を連絡できる体制とした。
- ・吊り足場の落下を防止するため、最大積載荷重を確認し、破砕片の足場上への集積や必要以上の汚濁水の滞水を行わないようにした。

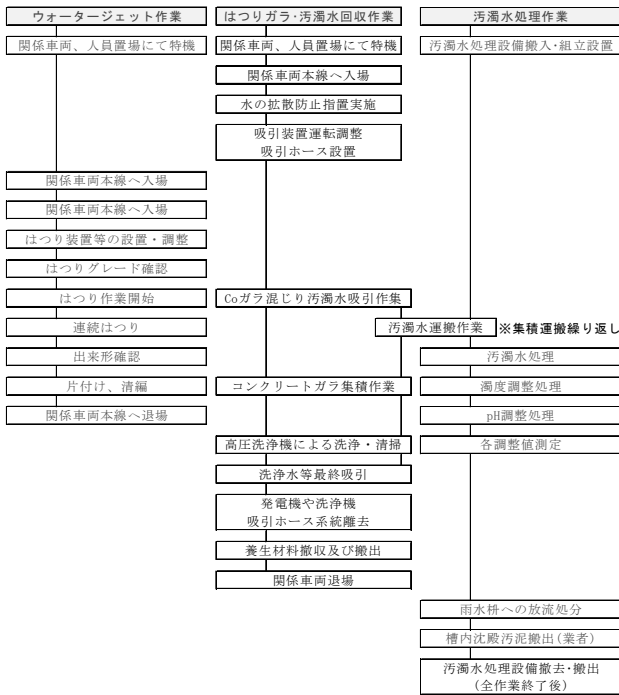


図-3 コンクリート除去の流れ

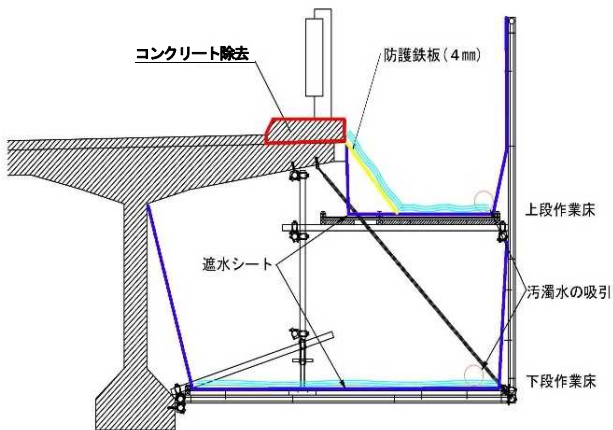
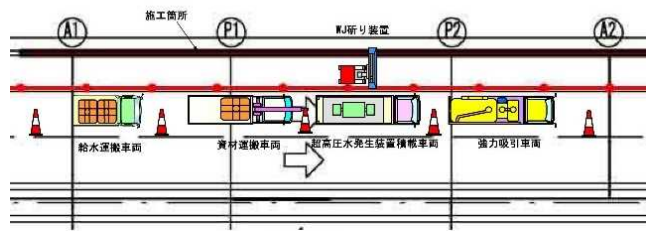


図-4 漏洩防止設備詳細図

平面図



断面図

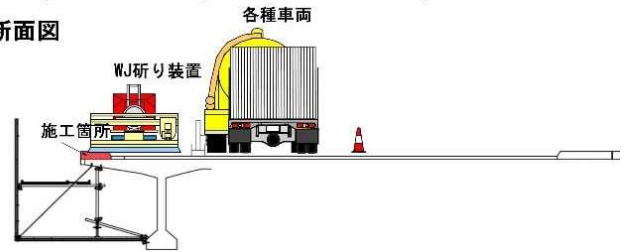


図-5 作業配置図



写真-1 WJ施工状況



写真-2 WJ施工完了

3-3 地覆コンクリート工

鋼製高欄の再建にあたり、前述のコンクリート除去箇所で地覆壁高欄用配合コンクリート(A1-4)を打設した。

コンクリート打設時の留意点を以下に示す。

- ・供用中の橋梁での施工であり、かつ地覆コンクリート断面は幅員(700mm)に対して厚さが薄い(215mm)ので、強度発現前に交通荷重による振

動を受けてひび割れが発生することが懸念された。このため、延長4500mm以下に1箇所の割合で、ひび割れ誘発目地を設置した。(図-6)

- 打設箇所への運搬時間が最大40分であり、運搬時の温度上昇を防ぐため、アジテータ車に保護カバーを取り付ける。(写真-3) また、運搬によるスランプの低下を見込み、スランプの大きな材料を出荷して作業時のスランプを確保した。(12cmに対して16cmで出荷)
- 地覆のハンチ部では、コンクリート打設時に気泡が多く発現するので、表面気泡抜き器具「ピカコン」で気泡を取り除いた。

地覆コンクリートの打設から約10ヶ月経過した時点で、ひび割れの発生は確認されなかった。

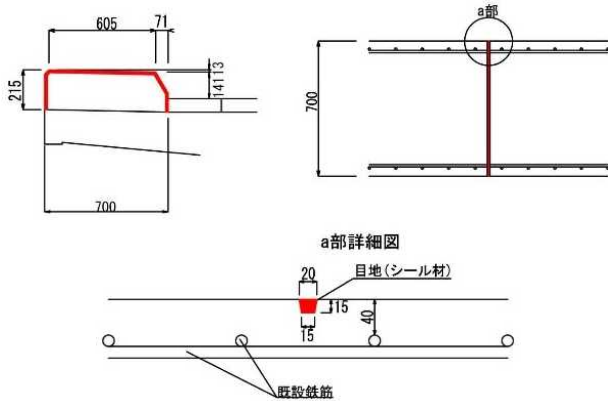


図-6 ひび割れ誘発目地の構造図



写真-3 アジテータ車のドラム保護カバー



写真-4 地覆コンクリート施工完了

3-4 鋼製高欄と防護柵

鋼製高欄と防護柵は、旧規格の防護柵(ガードケーブル)を撤去して再建した。その施工の留意点を以下に示す。

- 鋼製高欄の施工(写真-5)は、材料が受注生産であり、納期(3ヶ月)の関係から早期の現地調査が必要である。また、後述のように塗装の種類によっては変性が生じる可能性があった。
- 防護柵工の施工箇所に埋設ケーブルが存在しており、支柱全箇所を人力で試掘した。事前協議を含むと施工よりも試掘に時間を要した。また、写真-6に示すように仮設のガードレールを設置しているので、防護柵の支柱打込みにストライカーや大型機械を使用できなかった。



写真-5 鋼製高欄A1取り付け状況



写真-6 防護柵支柱打込み状況



写真-7 鋼製高欄A1取り付け完了

4. 鋼製高欄の塗装の性能について

過年度施工分(令和元年11月度設置)の鋼製高欄(写真-8)において、令和元年12月末頃に塗装の変性が発生した(写真-9)。設置した鋼製高欄の塗装は、溶融亜鉛めっき(2種35～55)を採用しているが、亜鉛は活性な金属であり、水分、湿度、温度などの要因で酸化によって白錆発生し、淡灰色になる場合がある。また、亜鉛は薬品にも激しく反応するので、強酸性物質、強アルカリ性物質、有機酸、食塩などが付着すると白錆が発生し、灰色または灰黒色になる場合がある。今回の変性は、冬季の凍結防止剤散布によって白錆が発生したものと思われる。また、上段の横梁の白錆が下段と比較して顕著であることから、径が大きく板厚の厚い部材は湿潤状態が長くなることによって影響を受けやすいと考えられる。

一般的に、経年によって白錆は次第に脱落し、めっき表面には安定した酸化皮膜を形成するので、通常の亜鉛めっき製品と同様の外観となる。この皮膜が形成されれば、再び冬期を迎えても今回のような現象はほとんど発生しないと思われる。



写真-8 鋼製高欄塗装変性前



写真-9 鋼製高欄塗装変性後

SGめっき(溶融亜鉛アルミニウムマグネシウム合金めっき)は、塩水噴霧試験において溶融亜鉛めっきの20倍の耐食性、大気暴露試験において7倍の耐候性、および塗装性能試験において耐酸性試験・耐アルカリ性試験ともに溶融亜鉛めっきと比較してはるかに劣化範囲が少ないという性能を有している。

したがって、溶融亜鉛めっきの耐食性については、ほとんど影響がないものの、塩害地域等の耐候性が求められる施工箇所においては、SGめっきの採用を検討することが望ましいと思われる。

当該工事においては、設計段階でSGめっきが採用されていたものの、発注段階において不採用となり、溶融亜鉛めっきを採用していた。

5. おわりに

橋梁は河川、道路、軌道など上部に設置されている場合が多く、橋梁端部(特に遊間付近)においてウォータージェット使用の際は、処理水の漏洩防止が課題となる。

本文が今後の類似工事の参考になれば幸いである。

橋梁下部工の耐震補強工事－ロッキング橋脚のRC巻立て補強－

高沢 利之*
八木 英雄**
北脇 慎太郎***

1. はじめに

平成28年に発生した熊本地震による、九州自動車道を跨ぐロッキング橋脚を有する橋梁の落橋を踏まえ、全国で同形式橋の耐震補強工事が実施されている。ロッキング橋脚は上下端がヒンジ構造の多柱式で、基礎を小さくできるので、桁下の占有空間を最小化できる利点がある。しかし、ヒンジ構造は水平方向の抵抗力を受け持たないので、大規模地震による水平変位が生じると不安定になり、落橋の危険性が高まる。そのため、支承部の部分的な破壊による落橋を防ぎ、速やかな機能回復を可能とする耐震構造への転換が必要となった。また、同形式橋は高速道路、直轄国道および主要地方道と交差する、跨道橋やランプ橋にも多く採用されているので、直下には交通量の多い道路があり、災害発生時の緊急輸送路確保の観点からも、その対策が急務であった。

本文では、その対策工事となる東名高速道路東山橋他5橋下部工耐震補強工事(平成29年度)のうち、東山橋における施工上の課題とその解決策、および施工内容を報告する。

2. 工事概要

工事概要は以下に示すとおりである。

- ・ 工 事 名：東名高速道路東山橋他5橋下部工耐震補強工事(平成29年度)
- ・ 発 注 者：中日本高速道路株式会社名古屋支社
- ・ 工事箇所：(図-1参照)
東名高速道路(春日井IC～小牧IC)
(自)愛知県春日井市東山町 (至)愛知県小牧市村中中央自動車道(小牧東IC～小牧JCT)
(自)愛知県小牧市大草 (至)愛知県小牧市大草
- ・ 工 期：
市道の埋設物調査、協議、移設等により工期延伸(当初)2018年7月4日～2019年10月26日
(変更)2018年7月4日～2020年6月2日
- ・ 工事内容：
ロッキング橋脚を有する橋梁下部工の耐震補強(RC巻立て補強、底版拡幅補強、基礎杭補強)
 - ①東山橋 上下線2橋(橋台4基、橋脚4基)
 - ②村中東高架橋 上下線2橋(橋台2基、橋脚2基)
 - ③大洞橋 上下線2橋(橋台4基、橋脚4基)



図-1 位置図

3. 橋梁概要および耐震補強概要

3-1 橋梁概要とロッキング橋脚の弱点(図-2)

東山橋は、東名高速道路の春日井ICから小牧JCT間に位置し、春日井市道131号線と交差している高速道路の本線橋である。

上部工形式は、3径間連続RC中空床版であり、上下線ともに橋長31.5m、幅員13.0mである。下部工形式は、橋台が控壁式、橋脚が3本柱橋脚(ロッキング橋脚)である。基礎工形式は、RC杭基礎である。

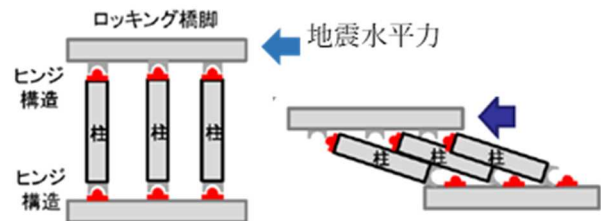


図-2 ロッキング橋脚の弱点

3-2 耐震補強概要

東山橋における耐震補強の基本的な考え方は、水平および鉛直方向に対する抵抗力を確保し、単独で自立可能な安定構造とすることである。基礎工は、側面に補強杭を施し、底版を拡幅補強する。橋台は、堅壁前面をRC巻立て補強によって増厚し、上部工から底版までを剛結する。橋脚は、RC巻立て補強によ

*中部支店尾張営業所工事長 **同営業所工事主任 ***同営業所

って並列する柱部材を壁化(一体化)し、上下ヒンジ部を剛結する。補強一般図(側面図、平面図、断面図)を図-3~6に、耐震補強前後の状況を写真-1に示す。

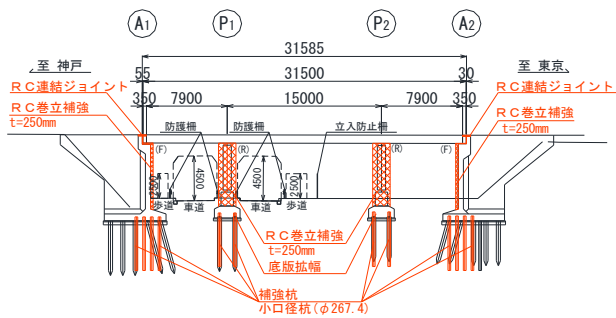


図-3 補強一般図(側面図)

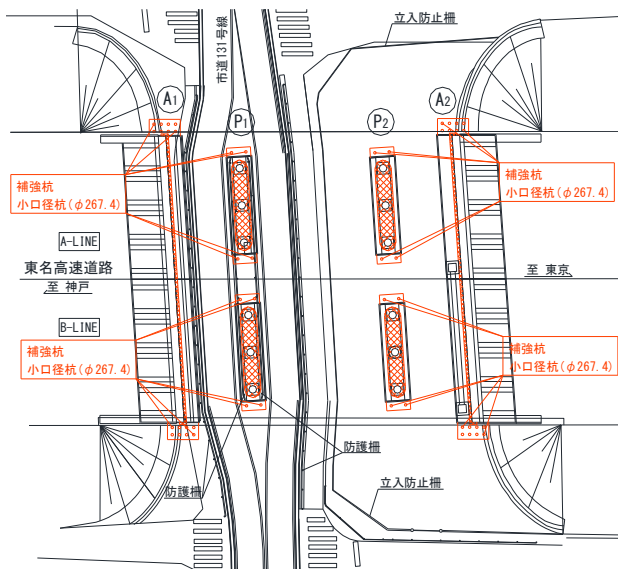


図-4 補強一般図(平面図)

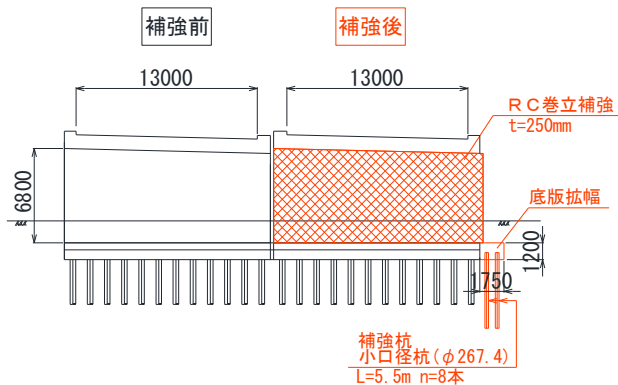


図-5 補強一般図(橋台部断面図)

4. 耐震補強の施工

4-1 全体フロー

東山橋において実施した調査、協議、計画および各部の施工順序を図-7に示す。

はじめに、本線橋梁に添加されている光通信ケーブル等および交差道路に埋設されている各種インフラ等の占有物を調査し、各占有業者および管理者と現地立会を実施した。

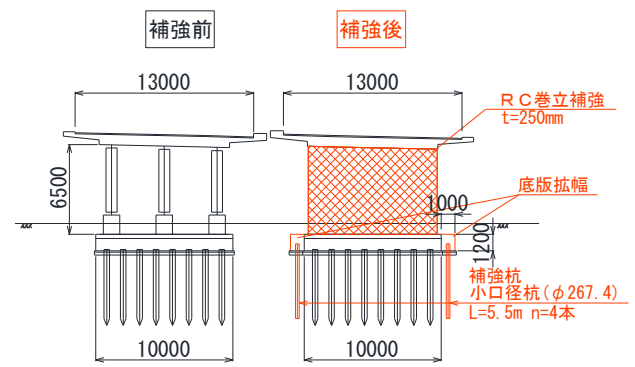


図-6 補強一般図(橋脚部断面図)

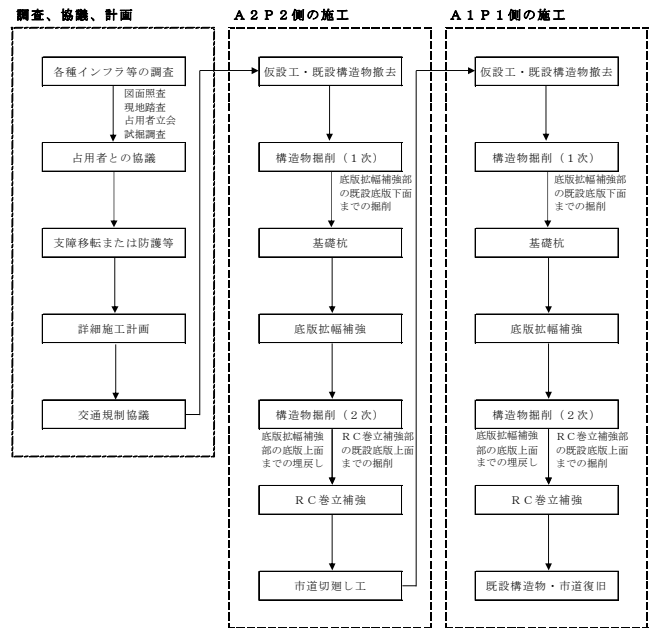


図-7 事前協議と施工フロー図

光通信ケーブルが橋台堅壁のRC巻立て補強範囲に添架されていたので、影響範囲外への移設を依頼した。さらに、移設後のケーブルに対する損傷防止対策を協議し、防護を実施した。各種埋設管については、構造物掘削範囲に上下水道、電気および通信管路が近接しており、試掘調査を実施し、その結果をもとに対策を検討し、管理者と協議した。試掘結果を図-8に示す。

次に、耐震補強の施工については、交通規制および埋設物の協議を必要としないA2橋台およびP2橋脚を先行させた。その後、市道の切廻し道路をP2橋脚側に構築することで、A1橋台およびP1橋脚の作業ヤードを確保し補強を実施した。

4-2 施工上の課題と解決策

事前調査によって明らかとなった施工上の課題と実施した解決策について述べる。

(1) 上水道管との干渉

A1橋台底版上に上水道用の送水管φ450および配水管φ350が埋設されており、基礎杭と底板拡幅の

施工に支障となった。管理者との協議の結果、迂回ルートが確保できることから、掘削後に管路を撤去し、埋戻し前に復旧することとした。(図-8_①)

(2) 電力管の露出

P1橋脚底版拡幅部の掘削範囲に電力管があり、当初設計どおりに掘削した場合、管路が露出してしまうことと、管路周囲が保護砂であり安定勾配が確保できないことが想定された。そこで、軽量アルミ矢板による簡易土留を施すことで掘削範囲を最小限にとどめ、管路の露出と掘削面の崩壊を防止した。(図-8_②)

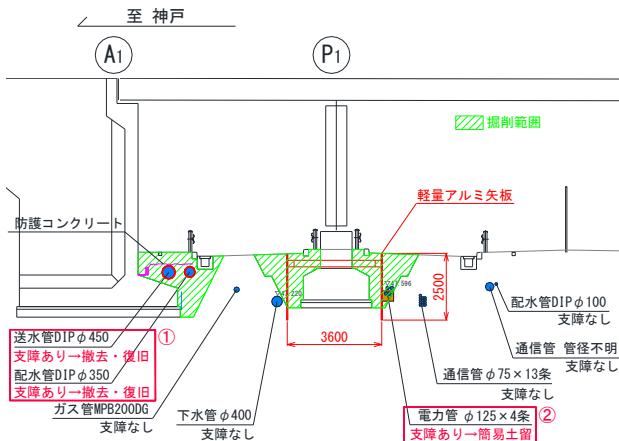


図-8 試掘結果および対策図

(3) 市道切廻しにおける一般交通の安全確保

A1橋台およびP1橋脚の作業ヤードを確保するため、交差道路である市道131号線の切廻しが必要であった。限られた用地の中で、かつ通学路を考慮した計画が要求されたが、平面線形の摺付けと十分な車道幅員の確保が困難であった。そこで、車道(W=6.0m)は片側交互通行規制による交通運用とし、両側に歩道(W=2.0m)を設け、交通誘導警備員を終日配置(3交代制)することによって安全性を確保した。市道切廻し平面図を図-9に示す。

4-3 耐震補強の施工

(1) 既設構造物撤去

掘削範囲に影響する既設防護柵、縁石、側溝、アスファルト舗装版等を撤去した。再利用の可否を発注者と協議し、撤去材を適切に管理または処分した。

(2) 構造物掘削(1次)

基礎杭および底版拡幅補強の施工に先立ち、杭の平面位置および杭頭高の基準となる、既設底版下面までの掘削(G.L.-2m程度)を行った。また、底版拡幅コンクリートの基礎材および均しコンクリート(基礎杭位置は箱抜き)を先行し、基準墨を出すことによって、基礎杭の施工精度向上を図った(写真-1)。

(3) 基礎杭

基礎杭の仕様は、小口径鋼管杭(φ267.4mm、L=

5.5m)であり、当初設計では「STマイクロパイル工法」が採用されていた。

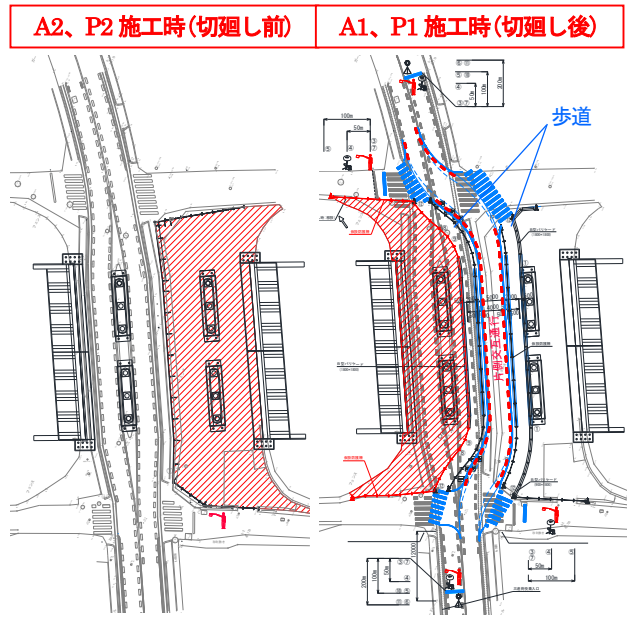


図-9 市道切廻し平面図(片側交互通行)



写真-1 均しコン完了

しかし、経済性および材料納期短縮を目的として、大林組が開発した「ハイスpekマイクロパイル工法」に工法変更した。空頭制限下(約5m)においても、小型の削孔機と揚重機を使用することで安全性を確保した(写真-2)。



写真-2 基礎杭施工状況

(4) 底版拡幅補強

先に施工した基礎杭の杭頭を巻き込む形で、橋台部においては1.75m、橋脚部においては1.00mの拡幅補強を行った(写真-3)。

(5) 構造物掘削(2次)

RC巻立て補強の施工に先立ち、底版拡幅部の底版上面までの埋戻し、および既設底版上面までの掘削(G.L.-1m程度)を行った。



写真-3 底版拡幅補強



写真-7 生コン打設完了

(6) RC巻立て補強

橋台部においては前面を増厚し($t=250\text{mm}$)、橋脚部においては既設柱($\phi 800\text{mm}$)を巻き立てた($W=1700\text{mm}$)。

施工手順は、①足場工、②コンクリート表面処理工(写真-4)、③鉄筋探査(鉄筋定着部)、④鉄筋定着部削孔(写真-5)、⑤配筋、⑥軸方向鉄筋定着、⑦帯鉄筋フレア溶接継手・中間帯鉄筋の機械式鉄筋定着(写真-6)、⑧型枠工、⑨コンクリート打設・打継部レタンス処理(写真-7)、⑩無収縮モルタル注入工(写真-8)である。

底版上面から上部工下面までの高さが約6.5mであり、コンクリートの打設時間を考慮し、2分割($3.6\text{m}+2.6\text{m}$)で施工した。また、上部工下面との取合い部(最上部)は、コンクリート打設が不可能であり、0.3mを無収縮モルタル注入によって充填した。



写真-8 モルタル注入工

(7) 既設構造物復旧(市道切廻し工)

(1)において撤去した防護柵、縁石、側溝およびアスファルト舗装版等を現況復旧し完了となった。

5. まとめ

本工事のように、供用道路との交差部において実施する橋梁下部工の耐震補強は、本線橋下の空頭制限はもちろんのこと、供用道路の終日交通規制を伴う作業ヤードの確保および、各種インフラの移設や防護等の課題を解決しながら施工を進めなければならない。そのため、事前の現地調査、関係機関との協議、詳細施工計画に多大な時間を要することとなるので、工事一時中止および工期延期を視野に入れた工程管理および、発注者との協議が必要となる。また、施工箇所が複数ある場合は当然、施工条件は箇所毎に異なり、協議先の公官庁も別々となることから、施工箇所毎に担当技術者(監理技術者)を配置する等の施工体制の確立も重要となる。

今後、本文の施工事例が同条件下での工事を施工する上での参考となれば幸いである。

6. おわりに

本工事に多大なご支援をいただいた、大林組技術研究所をはじめ、各関係者に感謝の意を表したい。



写真-4 表面処理状況



写真-5 鉄筋定着部削孔



写真-6 帯鉄筋定着・継手



写真-9 着工前・完成(A1橋台、P1橋脚)

路床改良施工時における α システムの適用

水田 恭介*
宮内 渉**
後藤 勉***

1. はじめに

福岡空港は、羽田空港、成田空港に次いで国内第3位の旅客数および発着回数がありながら、滑走路が1本のみである。現在、滑走路の西側に平行して新たに滑走路を建設中で、2本目の滑走路として2024年の運用開始を目指しており、2016年度から随時、関連建設工事が発注されている。

当社は、平成30年度に滑走路増設のための段階工事である国際線側のエプロン整備工事を受注し施工した。

当該工事では、技術提案として採用された、エプロンコンクリート舗装の路床改良施工時における α システムと転圧管理システムを併用した品質管理を実施した。本文では、路床改良施工時における技術提案の確実な履行とその効果について報告する。

2. 工事概要

当該工事は、福岡空港国際線の駐機スポット増設および滑走路建設のためのエプロン拡幅を行うコンクリート舗装が主となる内容であった。工事概要を以下に示す。

- ・工事名：平成30年度福岡空港滑走路増設
国際線エプロン新設外(第2次)工事
- ・施工場所：福岡市博多区福岡空港内
- ・施工期間：平成30年10月～令和元年8月
- ・工事内容①：北エプロン増設(昼間・夜間工事※)

無筋コンクリート舗装工	約10,500m ²
アスファルト舗装工	約3,150m ²
排水その他構造物	1式
撤去工	1式
- ・工事内容②：エンジンテスト場(夜間工事※)

無筋コンクリート舗装工	約12,800 m ²
アスファルト舗装工	約13,200 m ²
撤去工	1式

※夜間は「制限区域内工事」で施工

3. 採用の経緯

3-1 技術提案内容

(1) 提案内容

今回提案した路床の品質管理方法は、応札時に評

価テーマ2項目3提案の計6提案を行って採用されたうちの1件であり、実施にあたっては現場の施工条件に見合った場面で効果的に行う必要があった。なお、実際の提案内容は、以下に示すとおりである。

【評価テーマ】

コンクリート舗装の品質向上を図るための施工方法の工夫

【提案②】

「盛土の施工管理技術： α システム」による路床仕上げ面支持力の面的な管理

(2) 選定理由

路床は、舗装の耐久性を確保する上で重要な役割を担っており、路床の品質不良は舗装体の構造破壊へ直結する可能性が極めて大きい。

従来の路床の品質管理は点管理であり、管理位置以外に不良箇所があっても次工程へ進む場合がある。良好な舗装体を構築するためには、このようなことを防ぎ、施工面全体を管理しながら均一に仕上げるのが重要となるので、上記の提案を行った。

3-2 技術提案の履行範囲

当初は、当該工事のエプロンおよびGSE通行帯の無筋コンクリート舗装すべてにおいて実施する予定であった。しかし、北エプロン工区については、他工事との調整による路床の分割施工が必要となり、 α システムと転圧管理システムを併用した管理方法(以下、本システム)の適用に必要な面積を確保できない。そこで、発注者と協議のうえ、エンジンテスト場の夜間における無筋コンクリート舗装の路床改良工を実施対象とした。

4. 本システムの概要

4-1 α システムとは

α システムとは、振動ローラに設置した加速度センサー(図-1参照)によって得られる加速度応答が地盤の締固めの進行に伴って変化する現象を利用して、地盤変形係数を推定するシステムである。

地盤変形係数とは、加速度応答を定量的に表す「乱れ率」を換算した力学指標で、地盤変形係数が大きいほど地盤の剛性が高いことを表す。このため、必要な地盤反力係数(K_{75})と地盤変形係数の関係性を

*九州支店福岡営業所 **同営業所 ***同営業所工事主任

把握することで、支持力管理の目安とすることができる。

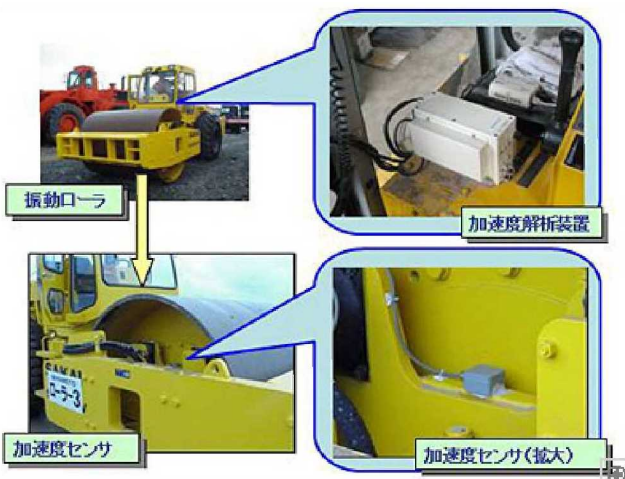


図-1 αシステム使用機器

4-2 本システムの管理方法

当該工事では、路床改良工(改良厚80cm)の支持力管理に本システムを適用した。本システムは、αシステムの機能である加速度応答による地盤剛性の把握と、転圧管理システムによる対象面積をもれなく締固めるオペレーションの組み合わせによって、必要な地盤変形係数への到達と完了範囲をリアルタイムに確認することで、対象範囲内を効率的に均一な支持力にするための管理方法である。

なお、転圧管理システムには、VRS-GPSを活用した「iRollerCE(ジオサーフCS社製)」を使用した。

4-3 本システムのメリット・デメリット

本システムのメリット・デメリットを以下に示す。

【メリット】

- ・面管理によって施工面全体を均一な品質にできる。
- ・ローラオペレータがリアルタイムに転圧箇所を判定できる。
- ・遠隔地(現場事務所等)でもPC画面でリアルタイムに計測データを確認できる。

【デメリット】

- ・機器の取付けやセットアップに専門の技術を要する。
- ・費用が高価である。

5. 本システムでの管理事例

5-1 路床改良工事の概要

路床改良工事の概要は、以下のとおりである。

- ・施工位置：エプロン部(図-2参照)
- ・面積等：改良厚 $t=80\text{cm}$ $A=5,500\text{ m}^2$
- ・改良方法：現地路上混合 セメント安定処理
- ・使用機械：ディープスタビ、振動ローラSV512D-1

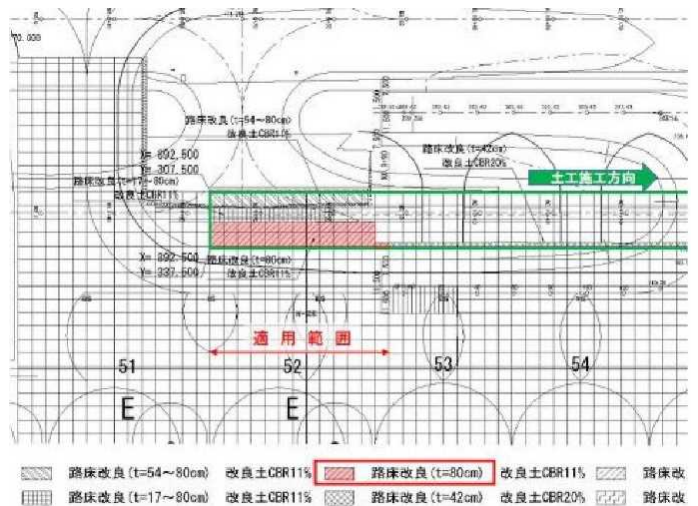


図-2 施工位置図

5-2 キャリブレーションによる管理値の設定

締固め後の支持力が満足しているかを確認する基準は、現地で測定した地盤変形係数と平板載荷試験から得られる地盤反力係数(K_{75})の関係図から設定した、 K_{75} の規格値(45MN/m^2)を満足する地盤変形係数を基準とした。

初回施工時にキャリブレーションを実施することによって、基準となる地盤変形係数とその値を得るための転圧回数を設定した。今回の施工では、路床改良後の強度発現によって路床材の特性が変化するので、改良直後と7日後の K_{75} と地盤変形係数の値を確認した。なお、当該工事は制限区域内の夜間作業となるので、現地で測定可能な K_{30} の値を K_{75} に換算して評価した。

5-3 キャリブレーション結果

施工の初日および2日目にキャリブレーションを行った。キャリブレーション時の確認事項を表-1に、平板載荷試験実施位置を図-3に示す。

表-1 キャリブレーション時の確認事項

試験項目	頻度	備考
平板載荷試験	1工区4箇所	計10箇所 JIS A1215 : 2001準拠
	2工区6箇所	
αシステムおよび転圧管理システム	1工区125m ²	計375m ² 1m×1m、350データ
	2工区250m ²	

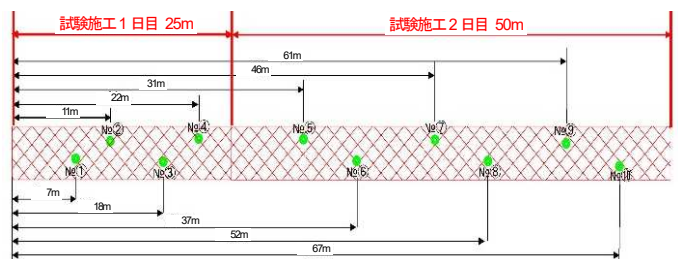


図-3 平板載荷試験実施位置

複数の転圧回数で試験を行い、実際の施工で管理

する転圧回数を設定し回数管理で施工を行う方法もあるが、施工の制約上、多くのサンプルデータを取得できなかったので、6回転圧を基準として判断することとした。

施工直後と7日後の K_{75} を表-2に、地盤変形係数を表-3に、施工直後の地盤変形係数と K_{75} の関係を図-3に示す。

図-3から、施工直後の地盤変形係数と K_{75} の関係では、相関関数が0.663を示しており、正の相関があることが確認された。

表-2 施工直後と7日後の K_{75}

測定箇所No.	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	平均
施工直後	23.2	18.7	29.9	17.3	13.5	21.5	13.7	16.7	10.6	14.0	17.9
7日経過後	433.8	173.5	171.4	71.0	49.5	47.4	51.6	61.5	78.5	105.5	124.4

表-3 施工直後と7日後の地盤変形係数

測定箇所No.	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	平均
施工直後	12.8	6.4	9.4	6.8	5.1	11.6	5.0	8.1	4.2	8.8	7.8
7日経過後	31.0	36.4	28.8	30.7	14.9	47.0	26.6	23.2	17.8	34.4	29.6

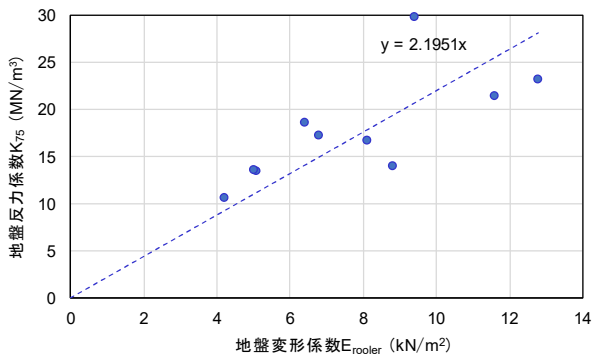


図-3 施工直後の地盤変形係数と K_{75} の関係

施工7日後の地盤変形係数と K_{75} の関係を図-4に示す。図-4から、7日後の K_{75} が規格値をすべて満足しているため、初日に計測した地盤変形係数の最小値である4.2以上を施工直後の管理目標値とした。

路床改良時に転圧回数6回における地盤変形係数4.2以上が確認できない箇所は、現状地盤の不良などの異常であると考え、置換等の措置を行い再計測して確認した後、次工程に移ることとした。

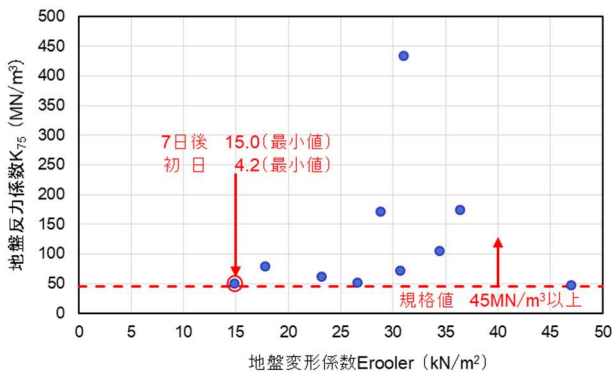


図-4 7日後の地盤変形係数と K_{75} の関係

5-4 本施工

本施工では、初日と2日目に行ったキャリブレーションで設定した管理目標値を用いて、11日間かけて対象面積の路床改良を行った。

本システムを使用した締固め状況を写真-1に、担当技術員による技術提案履行確認状況を写真-2に示す。



写真-1 本システムを使用した締固め状況



写真-2 担当技術員による技術提案履行確認

5-5 本システムの実施結果

本システムによる計測データから、転圧管理システムによって、地盤変形係数の分布を表した帳票が自動的に作成される。当該現場における施工直後および施工7日後の計測データ帳票を図-5、6に示す。

図-5に示す施工直後の計測データ帳票を見ると、地盤変形係数の分布では、地盤変形係数が4.0~7.0以上の範囲で分布している。これは、ディープスタビの改良厚さ80cmを1層で締め固めていることによって、一定のストロークで締固めを行ってもばらつきが発生していることを表している。

図-6から、施工7日後になると固化材による硬化で、全体の地盤変形係数が7.0以上を示すようになることがわかる。

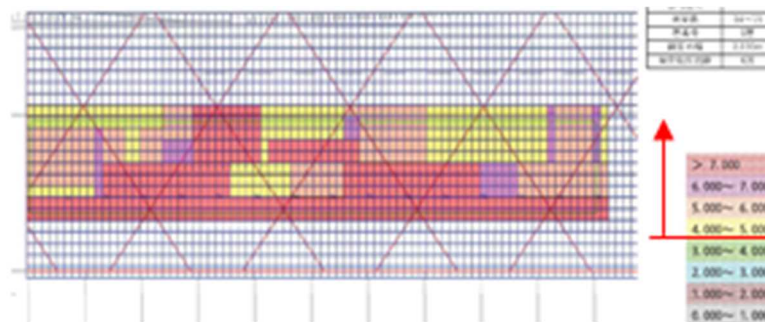


図-5 施工直後の計測データ帳票

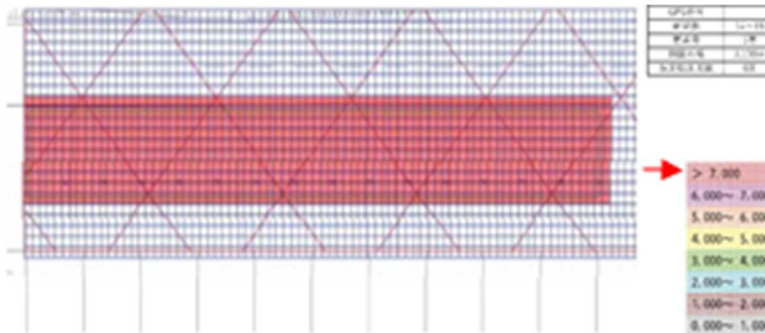


図-6 施工7日後の計測データ帳票

5-6 実施の効果

固化材による硬化反応後には、地盤変形係数から確認できる地盤反力係数 K_{75} の目標値は十分に得られることは想像どおりであった。施工直後に「目標とする地盤変形係数に達するまで締固めを行う」という決め事を、モニターを通じて面的に確認できることは締固め作業が効率的に行う手法として効果的であった。

6. 本システムの今後の課題と展望

6-1 今後の課題

今回の現場では、地盤変形係数と K_{75} の関係において、施工直後では相関関係が認められたが、施工7日後では相関関係がみられなかった。この原因としては、原地盤の土質や固化材の添加量のバラツキ等が考えられる。

今回はキャリブレーションにおける施工7日後の全測定結果が K_{75} の規格値を満足していたので、その最小値を管理下限値に設定することができた。

しかしながら、たとえば施工直後の地盤変形係数が高くても、施工7日後の K_{75} が規格値を満足しない可能性が考えられる。このような場合、地盤変形係数の目標値が設定できなくなるので、今後、同様の現場で本システムを用い、データを蓄積してどのような対策ができるかを検討する必要があると考える。

6-2 展望

今回の施工において、路床改良工に α システムと転圧管理システムを併用した。地盤変形係数の分布で支持力を面的に確認する手法には、一定の効果が

あった。

通常の路床盛土の場合、1層20cmごとの品質管理が求められるが、 α システムは転圧面から深度60cm程度までを評価できる。したがって、3層60cmを一度に評価することができ、生産性向上へ寄与できると考える。また、 α システムによる地盤変形係数と密度の関係を精度よく捉えることで、ICT舗装工第2フェーズへの展開が期待できる。

7. おわりに

技術提案では、工事を受注するために過去の実績やNETIS登録技術の進化技術を活用しても、十分な現場状況を把握することができないまま作成し応札することが多い。受注して履行義務が発生してから具体的な履行計画を立案することで気づく不整合部分もあり、いかに現場に見合った技術提案であったかを現場を施工しながら証明していく努力も必要である。

今回の技術提案においても、システムの特徴を把握し履行計画を進めるほど、 α システムによる管理が路床改良工に見合うか判断に悩むところがあった。しかし、実施することによって、本施工に適したところや有効に活用できる工種が明確になり、今後の活用方法を見出すことができた。さらには、これからの応札時の技術提案への武器になることを把握することができた。

最後に、本施工に際しご尽力いただきました関係各位に感謝の意を表します。

高速道路における ICT 土工の施工事例

中原 勇介*
森本 敦之**
菊地 太***

1. はじめに

現在、NEXCO東日本において常磐自動車道の全線開通後の交通量の増加によって、暫定2車線区間で速度低下がみられることや、事故発生時の状況を踏まえ、岩沼～山元および広野～いわき中央区間において4車線事業が進められている。また、その間の山元～広野の間においても速度低下の緩和を目的として、必要な個所に付加車線を設置する事業が進められている。

4車線事業は土工事と舗装工事について別発注となり、土工事完了後に舗装工事が発注されることが多いが、付加車線設置事業においては工事区間が短いこともあり、土工事を含めた舗装工事として発注されている。

本文では、常磐自動車道 新地IC～相馬IC区間におけるNEXCO東日本の付加車線設置事業において実施したICT土工等について報告する。

2. 工事概要

当該現場は、施工延長3,890mのうち1,840mが土工事範囲であり、土工事全域においてICTを用いて起工測量および土工事を行った。工事概要を以下に示す。

- ・工事名：常磐自動車道相馬工事
- ・工事場所：福島県相馬市大字初野～
福島県相馬郡新地町大字駒ヶ嶺
- ・工期：平成30年5月10日～令和2年3月29日
- ・工事内容：道路掘削8,403m³、捨土掘削25,801 m³
盛土工6,861 m³、アスファルト舗装工13,678 m²
切削オーバーレイ工15,251 m²、法面工、排水構造物工、防護柵工、標識工他

3. 当該工事における ICT 土工の概要

3-1 ICT土工採用までの流れ

当該工事は国土交通省が提唱するi-Constructionに基づき生産性向上を図るために受注者からICT等、生産性向上に繋がるICT施工の提案ができる施工者希望型である。受注者は契約後、施工計画書の提出までに発注者へ提案・協議を行い、協議が整った場合にその施工を行うことができる。

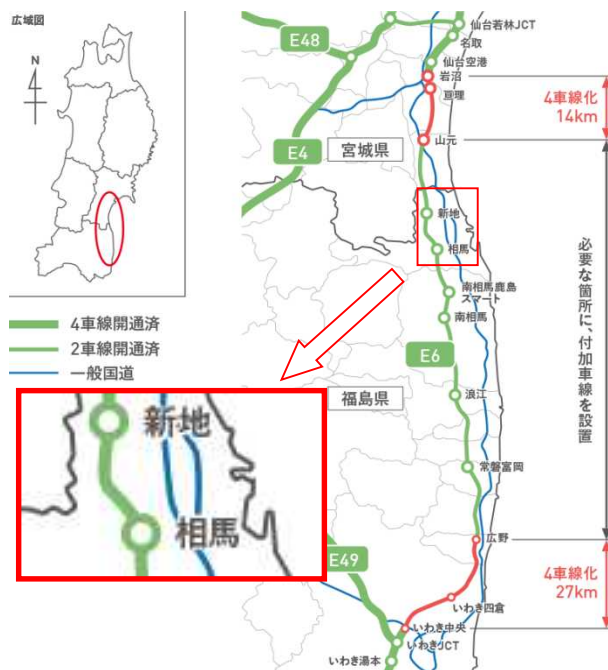


図-1 現場位置図 (NEXCO東日本ホームページから引用)

土工事にICTを活用するにあたり、建設生産プロセスを以下に示す①～⑤の各段階で実施するかどうかを回答書によって提出した。

- ①3次元起工測量
- ②3次元設計データ作成
- ③ICT建設機械による施工
- ④3次元出来形管理等の施工管理
- ⑤3次元データの納品

NEXCO工事において、ICT活用工事の①～③の費用については契約変更の対象となり、実施に要する費用は協議を行うことで新単価として定める。しかし、④と⑤は間接費に含むものとし、新単価協議の対象とはならない。

以上のことから、本工事のICT土工の各段階における実施に関して協議を行った。

協議を行った結果、①～③については生産性向上の観点から、ICTを用いた施工を行うものとした。④は1回の出来形計測で多額の費用がかかることや出来形測定、データ解析および出来形確認に時間を要することが想定され、工程に遅延が生じることが懸念されたことから、今回のICT土工の対象から外すこととなった。

*東北支店福島営業所 **同営業所工事長 ***同営業所工事主任

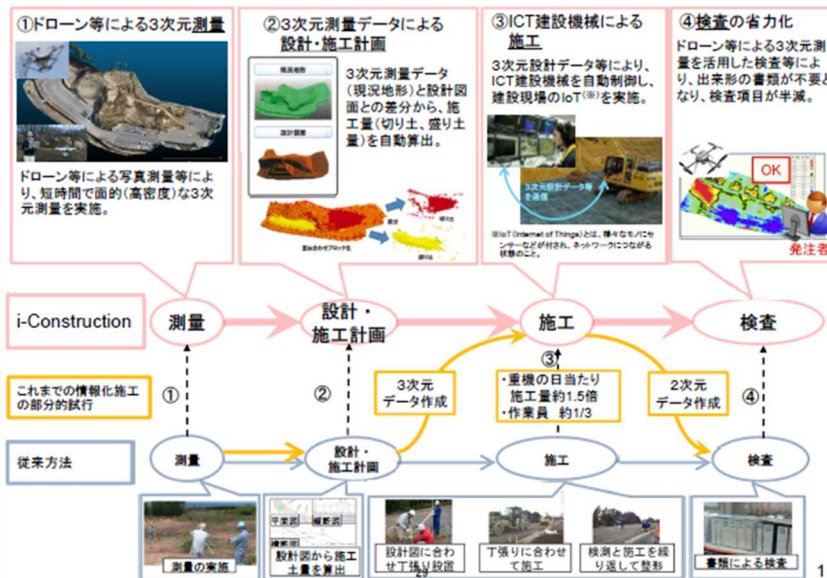


図-2 ICT 土工活用の流れ

3-2 当該工事で行った3次元起工測量について

起工測量は、着工前の現場形状を把握するための測量である。その測量方法として、空中写真測量(無人航空機)、地上型レーザースキャナおよびその他の3次元計測技術による起工測量の3つから、測量方法を選択する必要がある。

今回の起工測量においては、供用車線内の舗装高も測量を行う必要があり、地上型レーザースキャナによる測量は、ガードレールや標識等の障害物が多く困難であった。そのため、無人航空機(以下、UAV)を用いた空中写真測量による起工測量を選択した。

起工測量の実施に先立ち、写真撮影情報に座標の関連付けを行うのに必要な標定点および精度確認のため、検証点を写真撮影範囲内に設置した。また、設計図書の平面図、縦断面図、断面図、および線形計算書の2次元設計図面から3次元設計データを作成し、3次元設計データ作成後、以下の項目について元設計と照合を行った。

- ①基準点および工事基準点(全点)
- ②平面線形(全延長)
- ③縦断面線形(全延長)
- ④出来形横断面形状(すべての元設計断面)
- ⑤3次元元設計データ(全延長)



写真-1 起工測量標定点

面的な地形測量が可能なUAVを用いて、起工測量を実施した。UAV計測計画は、飛行計画ソフトウェアを用いて行い、所定のラップ率(同一コース進行方向は80%以上、隣接コースは60%以上)、計測密度 0.25 m^2 (50cm×50cmメッシュあたり1点以上)、地上画素寸法2cm/画素以内、要求精度最大誤差x、y、zそれぞれ10cm以内を確保できる走行経路および飛行高度を算出し、この計画に基づき計測を行った。



写真-2 飛行計画(イメージ)

起工測量結果は、点群座標の不要点削除が終了した計測点群データを対象にTINを配置し、起工測量計測データを作成した。起工測量計測データから検証点の座標を算出し、検証点座標との誤差が起工測量の要求精度であるx、y、zそれぞれ10cm以内であることを確認した。

当該工事の設計形状を示す3次元設計データと起工測量結果を比較し、監督員と当初設計図(横断面)の変更を協議し、これによって設計土量の変更を行った。計測結果は実施要領(案)に定められたファイ

ル形式等に従い、電子データによって監督員に提出した。

3-3 当該工事で行ったICT施工について

当該工事では、ICTバックホウ、ICTブルドーザおよびICT土工用振動ローラを用いたICT土工での施工を行った。

切土掘削においては、3次元マシンガイダンスによって、バックホウに搭載されたGNSS機器、補正情報および各センサーから得られる各機器の傾斜等を演算し、バケット刃先位置の座標を3次元で算出し、バケット位置と3次元設計データをリアルタイムに比較して車載モニターに表示した。オペレータは、モニターに表示された切出し位置の確認を行い、バックホウの操作を行った。



写真-3 ICT バックホウおよびモニター

盛土工においても、切土掘削と同じくブルドーザにGPS受信機を取り付け、GNSSを用いてブルドーザの位置情報を計測し、施工箇所の設計データと現地盤データとの差分に基づき、切土・盛土高さを計算し、排土板の自動制御を行った。オペレータ画面には設計との差が表示されており、排土板の上下は自動化されているので、オペレータの作業は左右への排土と前後進のみとなる。



図-3 ICTブルドーザによる施工イメージ

盛土工事の転圧管理においては、事前の試験施工によって、規定の締固め度を達成するための締固め回数を決定した。実施工では、転圧機械の走行軌跡および転圧機械に搭載されたモニターで、オペレータが既定の回数で転圧されているかを確認することができる転圧管理システムを用いて施工を行った。

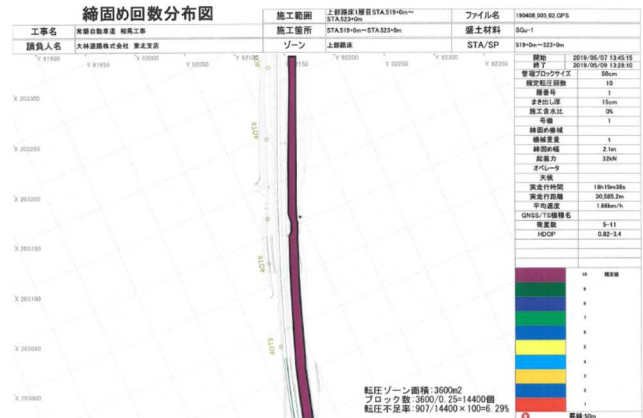


図-4 締固め回数および走行軌跡

4. ICT土工の優れた点および課題

4-1 ICT土工の優れた点

(1) ICT起工測量における導入効果

UAVを用いた3次元測量は、基準点および定点設置に3日、測量に1日と、作業日数の短縮および省人化が図られた。また、測量のために法面を上り下りする必要がないので、法面からの転落等の危険がなくなり安全性が向上した。

(2) ICT土工における導入効果

法丁張および巻出し厚管理のための丁張設置が不要となるので、測量にかかる省人化が図られた。

ICTバックホウによる切土作業においては、ガイダンスに従い切土作業を行うことで、掘削の切り間違いを防ぐことができた。

盛土工においては、ICTブルドーザによる施工を行うことで、仕上げるための押土回数を減らすことができ、施工時間の短縮が図られ、一日当たりの施工量が増加した。また、転圧管理システムによって盛土管理を行うことで、転圧の過不足の防止ができ品質が安定した。また、締固め度確認のためのRI計測および現場密度試験を行う必要がなくなったので、現場試験の省人化も図ることができた。

4-2 ICT土工の課題

(1) ICT起工測量における課題

起工測量については、事前に行う伐採または除草をしっかりと行わないと、高さ計測において大きな誤差が生じる。また、従来の起工測量に比べ、3次元起工測量と設計データの作成にかかる費用が増加する。

(2)ICT土工における課題

3次元出来形計測および管理では、計測結果の確認ができるまで次の工程に移れないので、工程に遅延が生じる。

ICT機器のデータトラブルや通信障害が発生するとシステムが複雑であるので、現場担当職員での対応が難しく、システム復旧までに時間がかかり施工が止まることがあった。ICT施工においての熟練者の育成とともにシステムの簡易化が望まれる。

5. 当該工事における創意工夫

5-1 安全衛生関係における創意工夫

①工事規制への一般車の衝突を防ぐために規制のテーパー部に路面点滅誘導灯(ミチテラ)を設置した。

(写真-4)

②安全訓練教育実施時にVRを用いた体験型安全教育を取り入れ、工事事故被災者の体験を行うことによって、作業員の安全意識の向上に努めた。

③緊急避難信号送受信装置『しらすんだー』の送信機を交通監視員に装備させ、現場作業員に受信機を装着させることで、一般車の誤侵入時に危険を知らせ避難するよう指導し安全確保に努めた。

④工事規制テーパー内に当社キャラクターのバルーンを設置し、建設業のイメージアップに努めた。

(写真-5)

5-2 施工関係・品質関係における創意工夫

①FM電波を用いた車両誘導装置をアスファルトフィニッシャーに取り付け、FMラジオ電波を通して運転手に指示を行い、安全、かつ的確に合材の供給を行った。

②冬季の合材運搬時の温度低下を防ぐために、高性能保温マット(GOマット)を使用し温度低下を防止した。

③切削廃材運搬車両として、積荷重量を計測・表示するスケールダンプを運搬車両に配置し過積載防止に努めた。(写真-6)

6. おわりに

当該工事は、NEXCO東日本の常磐自動車道の4車線化事業において、最初の4車線化(付加車線)の開通工事であり、NEXCO東日本東北支社からも工事の進捗について注目されていた現場であった。

工事の施工においては、土工事、舗装工事、標識工事、および電気通信工事が含まれ、未経験の職種もありました。しかし、本・支店および協力会社の方々のご指導・ご協力のおかげで、工事成績評定点90点を頂くとともに無事に常磐自動車道で最初の4

車線化開通区間として工事を終えることができました。ここに感謝の意を表します。



写真-4 ミチテラ設置



写真-5 バルーン設置



写真-6 切削廃材積込み(スケールダンプ)

障害物近接時の鋼矢板圧入工法の施工事例

田所 弘*
浅田 聡**

1. はじめに

当該工事は、新築マンションと地下鉄出入口を接続するものであり、既存の地下鉄出入口を閉鎖し、既存階段を撤去後新設するために、鋼矢板を用いた土留め工事を行う計画を立てる必要があった。そのような状況の中、鋼矢板打設箇所には近接構造物や多数の埋設管、地中障害物などといった様々な問題をクリアすることが重要であった。

本文では、日本に数台しかないゼロクラッシュパイラーを用いた鋼矢板圧入工法の施工手順とその効果について記述する。

2. 工事概要

- ・ 工事名称：某鉄道会社某停留場出入口改造請願
受託工事
- ・ 工期：全体工期 平成30年11月28日
～令和元年11月29日
当該工事 平成31年2月1日～3月20日
- ・ 発注者：某鉄道会社
- ・ 元請：株式会社大林組
- ・ 施工数量：ゼロ矢板SP-J L=11.0m・6枚



写真-1 着工前および完了

3. 施工上の課題

施工上の課題は、以下に示すとおりであった

- ①鋼矢板設置箇所が境界からの離隔が200mmしかないことや、電柱面まで560mmしかない上に埋設配管が多数存在することが判明した。
- ②地表から深さ6m地点までのボーリング調査の結果、硬質地盤でありコンクリート障害物や木片等が残置されていることが判明した。

事前に実施した既設土留め壁調査によって、鋼矢板打設箇所に障害物(コンクリートガラや木杭)が確認されたことが、後述する硬質地盤クリア工法の選定の要因である。

4. ゼロクラッシュパイラーについて

4-1 ゼロクラッシュパイラーの概要

多くの特長をもつ優れた圧入工法の唯一の弱点、それが硬質地盤への圧入である。特に玉石混じりの砂礫層や岩盤などの硬質地盤の場合は、単独圧入はもちろんのこと、ウォータージェット併用工法でもほとんど貫入効果は期待できない。

このような硬質地盤をオーガ掘削と圧入を連動させた「芯抜き理論」の実用化によって克服し、圧入の優位性を損なうことなく、適用地盤の範囲を飛躍的に拡大したのが「硬質地盤クリア工法」である。

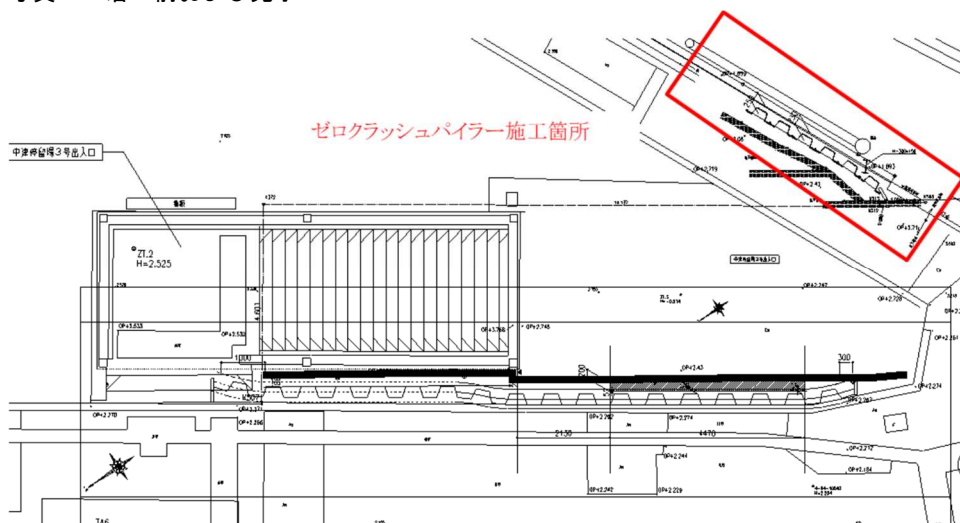


図-1 全体図

*大阪支店大阪中央営業所工事長 **同営業所工事主任

専用のクラッシュパイラーは、地盤を掘削するパイロオーガを装着しながら、圧入機本体は軽量・コンパクトで周囲への威圧感もなく、狭い場所や傾斜地などでの施工を可能にする。さらに、完成杭を圧入機本体がしっかりとつかむ構造であり、転倒の心配もなく高い安全性を実現することができる。

今回施工したゼロクラッシュパイラーは、近接施工専用開発したゼロパイラーとSP-Jを用いることで、構造物に近接して施工することが可能な工法である。

4-2 施工手順

施工手順は、以下に示すとおりである。

- (1) 先行掘削：硬質な地盤をほぐすため、オーガケーシング単独で掘削する。垂直精度は、本体のモニターによって確認し修正していく。
- (2) 先行掘削完了、鋼矢板建込み：先行掘削完了後、オーガケーシングを地上まで引き抜く。引抜き後、オーガヘッドを交換して鋼矢板を吊り込む。オーガケーシングに抱き合わせ、チャックを閉じてケーシングと鋼矢板を一体化させる。



写真-2 施工状況—先行削孔

表-1 施工機械一覧

機械名称	仕様・規格	数量	質量 (t)	使用目的
サイレントパイラー	SCZ-ECO600S 圧入力770KN	1台	12.44	ゼロ鋼矢板圧入
ホースリール	HR12	1台	1.50	パイロオーガ駆動
エンジンユニット	EU300、313PS	1台	8.25	サイレントパイラー駆動
パイロオーガ	PA17、組立長L=18.1m	1組	4.94	ゼロ鋼矢板圧入補助
反力架台	アーム式	1台	2.10	サイレントパイラー反力架台
反力ウエイト	6t	2個	12.00	初期圧入用ウエイト
ウエルダー	300A	1台	0.40	離れ止めプレート溶接他
ラジコンホルダー	2t吊	1台	0.01	ゼロ鋼矢板吊込
バックホウ	0.1m ³	1台	3.36	排土集積
ラフテレーンクレーン	50t (油圧式、排出ガス対策型)	1台	-	機械・ゼロ鋼矢板建込、パイロ、オーガ補助吊、パイラー設置撤去

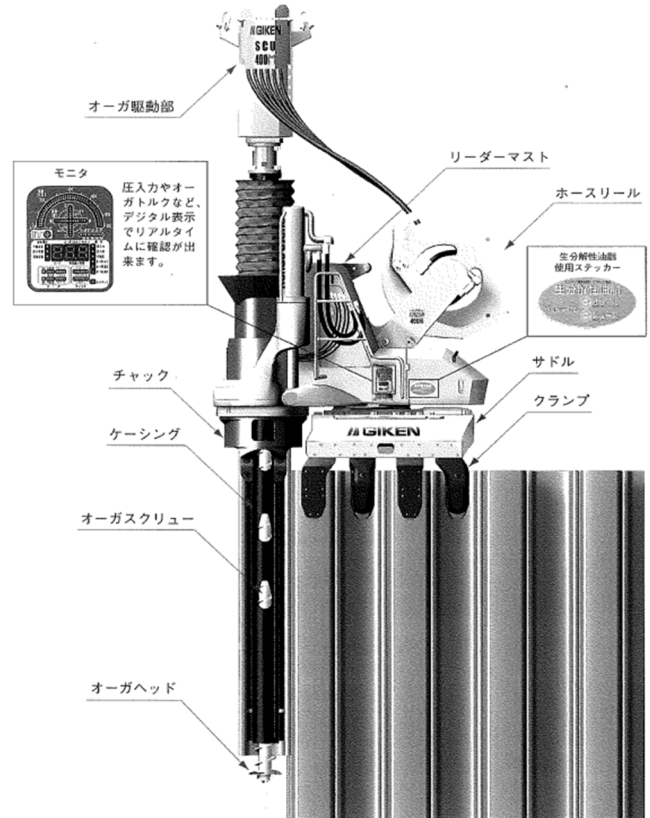


図-3 クラッシュパイラー各部名称

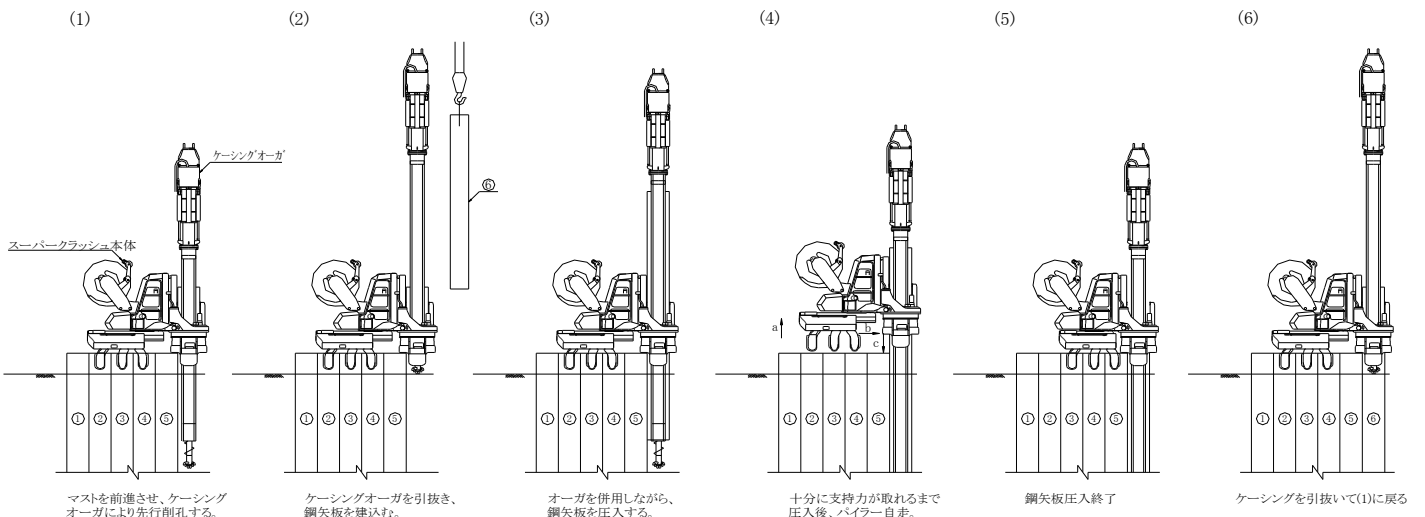


図-2 施工手順

(3) 鋼矢板圧入:抱き合わせた鋼矢板をオーガケーシングと同時に圧入を行う。垂直精度は、本体のモニターで確認し修正していく。



写真-3 施工状況—鋼矢板圧入

- (4) 本体機移動: 残り圧入長が1m程度となった時点で、クランプを開放し本体を上昇させる。サドルを矢板一枚分前へスライドさせ、本体を下降させる。クランプを閉じ矢板上に本体を固定させる。
- (5) 圧入完了: 設計先端まで矢板を圧入させ、ケーシング引抜きによる矢板の共上りを防止するため、矢板同士を溶接止めする。
- (6) オーガケーシング引抜き: オーガケーシング天端を地上まで引き抜く。引抜き後、サドルを上昇させ、オーガヘッドを交換し、再び先行削孔する。以後、(1)～(6)を繰り返す。



写真-4 施工状況—鋼矢板圧入完了

5. 施工上の問題に対する解決策

・SP-J鋼矢板の使用

- ① 専用圧入機との組み合わせによって、境界や構造物とのゼロクリアランス施工を実施できた。
- ② 鋼矢板の有効幅が従来400mmであったのに対し、600mmとなったので、施工枚数を削減できた。

③ 継手位置が外側にあるので、継手による断面性能の低減が不要になった。

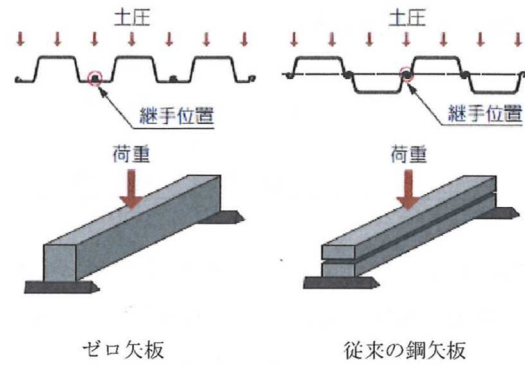


図-4 鋼矢板比較図

6. まとめ

今回の工事では、日本で数台しかない施工機械を使用し、貴重な経験を得ることができた。日本に数台しかないことから、従来の鋼矢板による施工より施工費が割高になり、さらに機械の確保が困難であり、施工可能日が限定されてしまう。また、境界際に施工するためには、ボーリングデータや埋設管の有無や防護方法、架空線との離隔、そして鋼矢板が越境しないように境界位置の確認など、様々な準備・段取りが必要になる。

大規模な土留め工事は、当社では頻繁に行わないので、工事経験者が少ないのが実情である。施工場所によってさまざまな制約条件も多く、施工にあたっては事前に入念な検討が必要である。このようなことから、今回の工事は、今後の同種工事に対して参考になるものとする。

7. おわりに

無事に当該工事を完了することができた。

最後に、本工事においてご尽力頂いた協力会社の皆様はこの場をお借りして厚くお礼申し上げます。



写真-5 完成写真

【参考写真】



写真-6 現地埋設物マーキング



写真-7 埋設管防護



写真-8 道路占用・施工状況

ボックスカルバート設置底盤部の支持力強化の事例

大貫 洋一*
 吉川 武弘**
 南雲 克之***

1. はじめに

今般、埼玉県野田市において、オープンシールドジャッキング工法(以下、OSJ 工法)によってボックスカルバート(内径 2.1m×2.1m)を施工したので、その概要を報告する。なお、当該ボックスカルバート設置底盤部(GL-3.96m)で支持力が得られなかった。そこで、高圧噴射攪拌工法(二重管工法)(以下、JSG 工法)で 1.5m 厚を地盤改良したので、その概要もあわせて報告する。

2. 工事概要

- ・工事名：南部1号函渠築造工事(その2)
- ・工事場所：埼玉県野田市山崎字西大和田
- ・工期：2019年9月1日～11月15日
- ・元請：横川造園土木(発注者：野田市)
- ・工事内容：ボックスカルバート工(オープンシールドジャッキング工法) 18.1 m
 地盤改良工(JSG 工法) N=37 本

3. JSG 工法

3-1 JSG 工法とは

JSG 工法は、空気を伴った超高压硬化材液を地盤中に回転して噴射させ地盤を切削し、スライムを地表に排出させると同時に円柱状の固結体を造成する工法である。

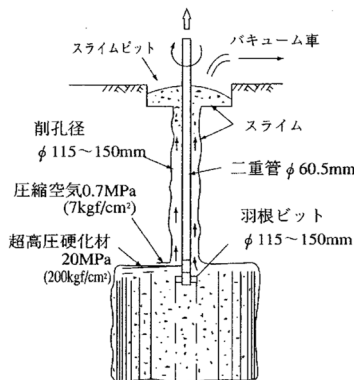


図-1 JSG 工法の概要

3-2 支持基盤の設計

(1) 有効径

JSG の有効径等は、土質および施工条件から決定される。当該開削底盤部は、粘性土、N 値=2、および削孔深度 5.46m であり、「ジェットグラウト工法技術資料」から、標準有効径を φ1.6m、引上げ速度を 23 分/m 以下、

および硬化材単位吐出量を 0.06m³/分とした。

表-1 当該箇所の JSG の有効径等

土質名 項目	粘性土				
	N<1	N=1	N=2	N=3	N=4
標準有効径(m) (0<深度≤25m)	2.0	1.8	1.6	1.4	1.2
引上げ速度 (分/m)	30	27	23	20	16
硬化材単位吐出量 (m ³ /分)	0.06				

(2) 硬化材の配合

当該現場では開削底盤部に用いる硬化材として「JG-1号(標準タイプ)」を選定した。(表-2 参照)

表-2 硬化材の種類と配合

名称	性状	分類	主な適用範囲	主な適用例
JG-1	標準タイプ	セメント系	強度発現型、通常地盤強化止水	底盤改良、削抜き部、支持強化

JG-1 の硬化材の標準配合(1m³あたり)は、以下のとおりとした

普通ポルトランドセメント	760kg
混和剤(A)	12kg
水	750ℓ

(3) 設計基準強度

改良体の設計基準強度を表-3 に示す。

表-3 改良体の設計基準強度

一軸圧縮強度 (MN/m ²)	粘着力 C (MN/m ²)	付着力 f (MN/m ²)	曲げ引張強度 (MN/m ²)	弾性係数 E ₅₀ (MN/m ²)
1.0	0.3	0.1	0.2	100.0

(4) 改良体の配置

所定の計算式から決定した改良体の配置を表-4 に示す。

表-4 改良体の配置

適用条件	地盤補強に加えて 止水性が要求される場合
基本配置	<p>D=1.6m L1=√3/2・D=√3/2×1.6=1.38m L2=3/4・D=3/4×1.6=1.20m</p>

*関東支店埼玉営業所工事主任 **同営業所副所長 ***同営業所所長

(5) 硬化材使用量

造成長 1.0m 当たりの硬化材使用量は、以下に示すとおりである。

$$Q = H \times v \times qc \times (1 + \beta)$$

$$= 1.0 \times 22 \times 0.06 \times (1 + 0.06) = 1.3992 \text{ m}^3/\text{m}$$

ここに、Q：硬化材使用量(m³)
 H：造成長(m)
 v：引上げ速度(分/m)
 qc：硬化材吐出量(0.06 m³/分)
 β：損失係数(0.06)

(6) 施工仕様

施工仕様を表-5に示す。

項目	単位	仕様
有効径	m	1.6
引き上げ速度	分/m	22
硬化材単位吐出量	m ³ /分	0.06
硬化材の配合		JG-1号(標準タイプ)
超高圧硬化材	圧力	MPa 18~22
	吐出量	ℓ/分 60
圧縮空気	圧力	MPa 0.6~0.7
	吐出量	m ³ /分 1.5~3.0
硬化材使用量	m ³ /m	1.3992
削孔本数	本	37

3-3 施工の流れ

施工の流れは、図-2に示すとおりである。

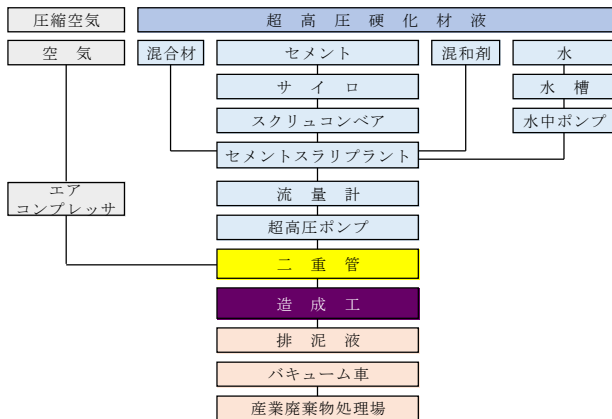


図-2 JSG工法の施工の流れ

3-4 施工状況

JSG工法のプラントの設置状況を写真-1に、JSG機での作業状況を写真-2に示す。



写真-1 JSGプラント設置状況



写真-2 JSG機作業状況

4. OSJ工法

4-1 OSJ工法とは

OSJ工法は、使用機械を施工ライン上に配置し、前部でバックホウによって掘削を行い、後部で側部両側の埋戻しを行い、OSJ機の後部に空間ができるとその空間で基礎工・函渠敷設を行う工法で、掘削から埋戻しまでの一連の作業を連続して行う開削函渠埋設工法である。その概要を図-3に示す。

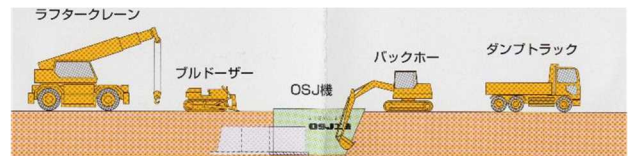


図-3 OSJ工法の概要

なお、OSJ工法では4基のシリンダーシステムからなる自降自昇装置を本体の上部に装備でき、発進・到達時にはこのシステムで自降自昇できるので、立坑の築造は不要である。OSJ工法の特長は以下に示すとおりである。

- 掘削して直ちに埋戻しを行うので、作業区間が短く交通開放が早い。
- 開口部がOSJ機の部分だけである。
- 鋼製フレームに保護されたスペースでの作業であり、作業者が安全である。
- あらゆる土質条件に適用が可能である。

4-2 施工の流れ

施工の流れを図-4に示す。

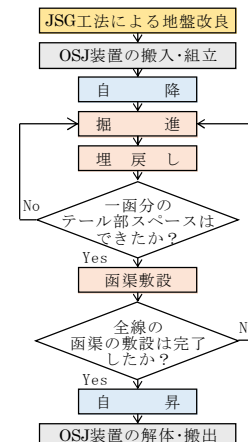


図-4 OSJ工法の施工の流れ

- ①OSJ 機を現地に搬入し発進位置で組み立てる。
- ②4 基のシリンダーシステムからなる自降装置を本体の上部に装備して機械内部を掘削し、OSJ 機を発進位置に降下させる。
- ③シリンダーシステムを取り外し、前部でバックホウによって掘削を行いながら OSJ 機を推進させ、同時に後方で埋戻しを行う。この作業を繰り返す。OSJ 機のテール部に空間ができると、そこに基礎工・函渠布設工を実施する。
- ④③の作業を繰り返す。全函渠の敷設・埋設完了後、シリンダーシステムを再度本体に装備し、機械内部の埋戻しを行いながら地盤に反力を取り OSJ 機を上昇させる。
- ⑤地上で OSJ 機を解体し搬出する。

4-3 施工方法・状況

(1) OSJ 機の運搬・搬入

OSJ 機は分割して工場から大型トラックで運搬し、発進位置に搬入した。(写真-3)



写真-3 OSJ 機の搬入状況

(2) OSJ 機の組立

OSJ 機の組立では、あらかじめ基面を水平に整正しておいた。組立は 25 t ラフテレーンクレーンで実施した。フロント部→テール部の順番で組み立て、安定を確保するため、推進ジャッキは最小に縮めた状態で連結しておいた。(写真-4)



写真-4 OSJ 機の組立

(3) OSJ 機の自降

4 基のシリンダーシステムからなる自降自昇装置を本体の上部に設置し、バックホウによって掘削を行い、自降自昇装置でバランスをとりながら所定の位置まで降下させた。自降は先行掘削を行いながら徐々に降下させたが、土砂崩壊防止のため、掘削は刃口先端から下方 50cm を超えない範囲とした。

(4) 掘進

OSJ 機は、最前部に掘削用のバックホウ、次に OSJ 機、最後方に埋戻し用のバックホウを施工ライン上に配置し推進させ、同時に後方で埋戻しを行った。

先行掘削は避け刃口が常に切羽に貫入するように推進し、床付けの過掘りも避けた。後方の埋戻しでは締固め度を十分に確保し、1 回の掘進ストロークは 500mm 以下とした。(写真-5)



写真-5 最前部(左)と最後方(右)のバックホウ

(5) 埋戻し

埋戻し土の十分な締固め度を確保するため、埋戻し厚さは最大 300mm とした。

(6) ボックスカルバート基礎工

テール部にボックスカルバートの据付けが可能な空間が確保できた後、床付け面の水をポンプアップし、PC 板を設置してその周りに砕石基礎を施工した。(写真-6)



写真-6 ボックスカルバート基礎工

(7) ボックスカルバートの敷設

敷設は 25t ラフテレーンクレーンで実施した。敷設精度の向上を図るため、1 工程ごとに中心線測量および水準測量を実施した。



写真-7 ボックスカルバートの敷設(その1)



写真-8 ボックスカルバートの敷設(その2)



写真-10 OSJ機の解体・搬出・運搬

(8) OSJ機の自昇

OSJ機が到達地点に到達後、4基のシリンダーシステムによってバランスをとりながら上昇させた。OSJ機の上昇に先行して機内の埋戻しを行ったが、埋戻し厚さは30cm以下とした。(写真-9)



写真-9 OSJ機の自昇

(9) OSJ機の解体・搬出・運搬

解体はOSJ機の上昇とともに順次実施した。解体後、搬入時と同様の運搬可能な荷姿に組み立て、大型トラックに積み込んで搬出した。(写真-10)

5. 完成

検査状況を写真-11に、完成状況を写真-12に示す。



写真-11 検査状況



写真-12 完成状況

6. まとめ

- ・ボックスカルバート設置底盤部の支持力強化としてJSG工法は有効であった。
- ・OSJ工法は、掘削と土留めを同時進行で施工できるので、工期短縮に有効であった。
- ・OSJ工法は、鋼製フレームで保護されたスペース内で作業を行うことができ、掘削面の崩壊懸念がなく無事故で施工できた。

7. おわりに

本文が今後のOSJ工法およびJSG工法を用いた工事の参考になれば幸いである。最後に、当該工事にあたり協力いただいた関係各位に感謝の意を表したい。

下水道バイパス管水替工法による既設管渠の切替え

荒木 康裕*
栗原 充規**

1. はじめに

横浜駅きた西口鶴屋地区の市街地再開発事業において、既設管(φ1200mm)が支障となるので、これを撤去し新設管を設置する工事が発注され、当社が受注・施工した。

本文では、当該工事の概要および最も苦労した既設管と新設管の切替え作業について報告する。

2. 工事概要

工事概要は、以下に示すとおりである。

- ・工事名：横浜駅きた西口鶴屋地区
第一種市街地再開発事業
- ・工事場所：横浜市神奈川区鶴屋町内(図-1参照)
- ・施工期間：2019年2月6日～2020年1月31日
- ・発注者：横浜駅きた西口鶴屋地区市街地
再開発組合
- ・主要工種：既設管渠(φ1200HP管)撤去：101.71m
3号人孔撤去：2基
組立人孔φ1800(4号)：2基
特殊角人孔□2000：2基
HP管敷設φ1200：100.65m
C-BOX □1000×1200：49.73m
(図-2参照)



図-1 現場位置(Yahoo!地図から引用)



図-2 管路概略平面図

しかし、受注後、当社で実施した調査によって、当該既設管渠は、常時、水が滞留していることが判明した。

この滞留の原因は、当該管渠の最下流部に約1mのドロップ方式の人孔が設置されていたこと、および帷子川(かたびらがわ)への放流部に逆止弁の設備が無かったことであった。また、当該現場一帯は、帷子川が横浜港へ流入する最下流部分に位置するので、潮位の影響で水位が大きく変動し、水位が一番低い時でφ1200mmの管径の内1/3程度、高い時には満管以上まで達することもわかった。

3-2 工法変更

横浜環境創造局への自費工事申請の事前協議の際、止水パッカーによって上流側で止水し仮排水による施工法を提案したが、集中豪雨の際にパッカーを取り外せないと上流側のマンホールで雨水が溢れてしまうので、その提案は却下された。

このため、既存の水流を止めることなく、施工場所を長期に渡りドライの状態にする施工方法を検討した。その結果、(株)サンリツが保有する「スパーサープラグ工法」(下水道バイパス管水替工法)を提案することとした。

設計事務所および横浜市と設計変更(工法変更)協議を行った結果、当該提案工法が採用されることとなった。

3. 事前調査および工法変更

3-1 事前調査

当初設計では、既設管渠は集中豪雨時のみ雨水が流れ、通常時は管路がドライ状態になっているという想定で設計されていた。

4. スパーサープラグ工法とは

スパーサープラグ工法は、既設管路において管内プラグを設け、流下機能を保ちつつドライ状態にすることに

*関東支店横浜営業所工事主任 **同営業所副所長

よって、人孔改築、割り込み人孔構築、管更生などの工事を円滑に行うための水替え工法である。

鋼製のスペーサープラグの外側に配置されたゴムを拡張ボルトで締め込み、機械的に拡張させることによって、止水性を確保させる構造となっている(図-3、4参照)。

工法の特長は、以下に示すとおりである。

- ①完全止水でき割り込み人孔(4号人孔)内の作業が可能である。
- ②使用する機械は分割タイプであり、マンホール蓋から降ろしての施工が可能である。
- ③バイパス管路は、上流側と下流側のあらゆる角度に対応が可能である。
- ④取付け後、機械的構造によって、長期間の設定に耐えられる。
- ⑤既設管路の呼び径φ300~2000に対応できる。

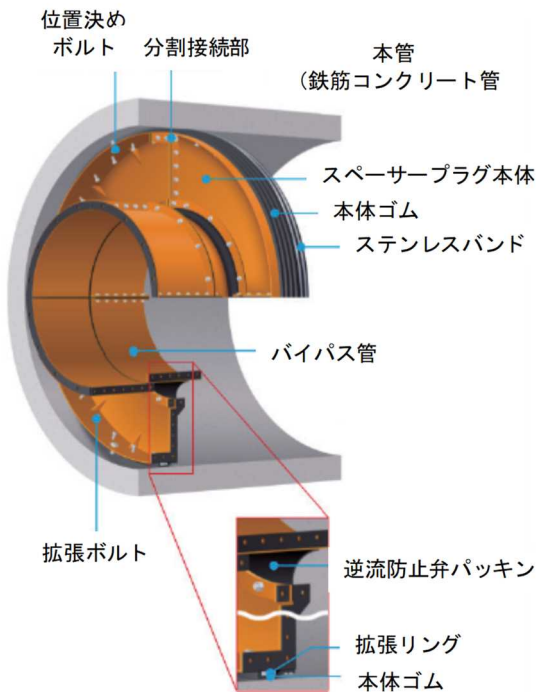


図-3 スペーサープラグ工法 詳細図

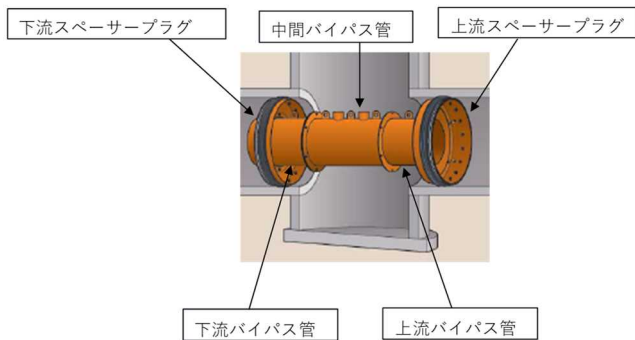


図-4 スペーサープラグ工法のイメージ図

5. 施工の流れ

施工の流れを図-5に示す。

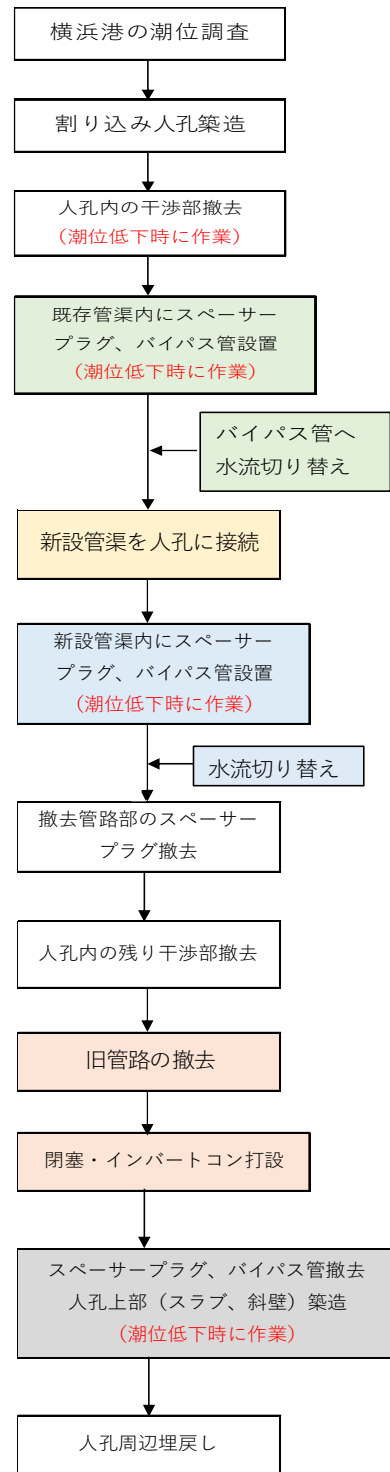


図-5 施工の流れ

6. 施工方法・状況

図-5に示す施工の流れに沿い、以下に示すとおり施工した。

(1) 横浜港の潮位調査

作業予定期間(11月~1月)における横浜港の潮位を調査後、作業内容および施工日を決定した。

(2) 割り込み人孔築造(写真-1、図-6参照)

所定位置に、コンクリート二次製品の4号人孔(削孔したもの)を吊り降ろし設置した。



写真-1 割込み人孔

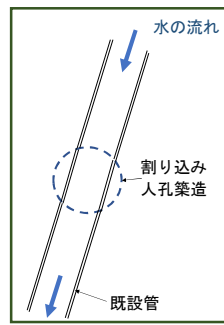


図-6 割込み人孔設置図

(3) 人孔内の干渉部撤去

人孔内の既設管渠の上部をコアボーリングで削孔しこれを取り壊した。下部は残し、インバートとして利用した。

(4) 既存管渠へのスペーサープラグと

バイパス管の設置

既存管渠内にスペーサープラグとバイパス管を設置した(図-7、写真-2参照)。

先に上流側、次に下流側の順に設置し、最後に中間バイパス管を設置した。人孔内での作業性および流量を検討した結果、バイパス管の径をφ500mmとした。スペーサープラグとバイパス管設置後、水流を切り替えた。

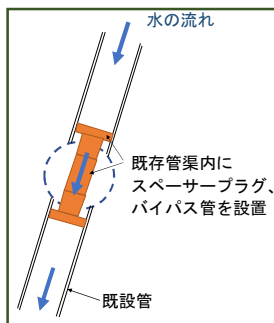


図-7 スペーサープラグとバイパス管の設置図



写真-2 吊込み状況→設置状況→設置完了状況

(5) 新設管渠の人孔への接続

水流をバイパス管に切り替えた後、人孔内の残水

をバイパス管の点検口等から排水処理し、干渉部を取り壊し、新設管渠を人孔に接続した。

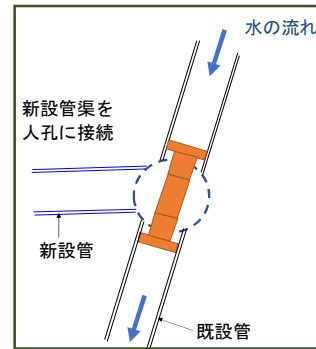


図-8 新設管渠の人孔への接続図

(6) 新設管渠へのスペーサープラグ、

バイパス管の設置

潮位低下時に新設管渠内にスペーサープラグとバイパス管を設置し、既に設置済みの既設管渠の中間バイパス管(直管)を撤去し、そこに方向転換管を接続した。その後、不要になったスペーサープラグを外した(図-9、写真-3参照)。

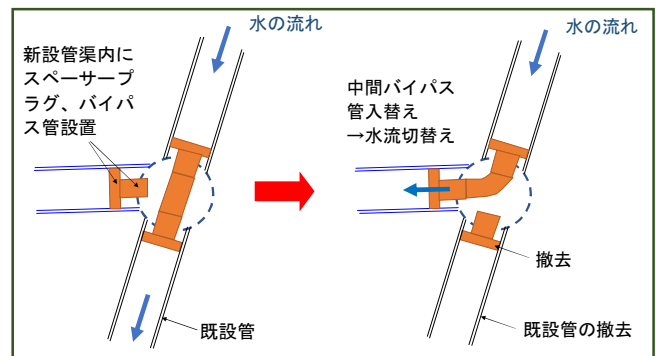


図-9 スペーサープラグ、バイパス管の設置図



写真-3 スペーサープラグ、方向転換管の設置状況

(7) 人孔内の残り干渉部・不要管渠の撤去

水流を切り替えた後、人孔内の残水をバイパス管の点検口等から排水処理した。その後、人孔内の干渉部分および既設管路の人孔から2m程度部分を人力で取り壊し撤去した。

(8) 閉塞およびインバートコンクリートの打設

人孔内の既設管路開口部および下流側の人孔下部を一体でコンクリート打設した(写真-4参照)。

その後、インバートコンクリートを打設した(写真-5参照)。

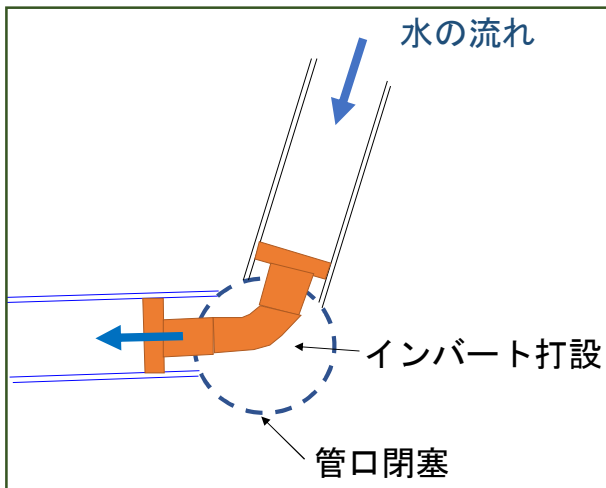


図-10 管閉塞図



写真-4 人孔まわりの施工状況



写真-5 インバートコンクリートの打設完了状況

(9) スペーサープラグ等の撤去と人孔上部築造

人孔内の仕上げ作業を行った後、潮位低下時にスペーサープラグとバイパス管のすべてを撤去し、水位が上昇する前に頂版スラブ、斜壁および人孔蓋を設置・固定し、目地仕上げまで施工した(写真-6参照)。



写真-6 人孔内外の状況

(10) 人孔周辺の埋戻し

人孔周辺の埋戻しを実施した(写真-7参照)。



写真-7 人孔まわり締め固め状況

7. まとめ

当該現場は、横浜駅、横浜港および雨水放流先の帷子川に近く、海面潮位の影響を受ける中での雨水管の切回し工事であった。このため、水処理には非常に苦勞した。また、後工程の建築工事との工程調整があり、時間的制約もあったが、上流側と下流側の2か所の割込み人孔内で既設管と新設管の切替え作業を無事完了した。

今回採用した「スペーサープラグ工法」は、管路内が水没していても潜水工によって施工可能であり、当該現場のような作業環境下では極めて有効な工法であった。事前準備も既設管内面を平滑にするだけであり、付着していた貝殻をケレンして腐食部を水中ボンドで埋めるだけであった。また、バイパス管の挿入長に余裕があり、施工誤差も吸収できた。

8. おわりに

今後も広い視野でいろいろな情報を基に、新たな技術や創意工夫によって、困難な工事でも果敢に臨みたい。本文が同様な条件の工事の参考になれば幸いである。

最後に、本工事に携わった関係各位に感謝の意を表したい。

湧水を活用したヒートアイランド現象緩和の実証実験

大林道路株式会社 正会員 ○石黒 修一
 大林道路株式会社 正会員 佐藤 和彦

名古屋市環境局低炭素都市推進課 降矢 雅昭, 梅村 和人, 都築 茜

1. 目的

名古屋市は、平成28年度から市営地下鉄川名駅トンネル内の湧水を用いたヒートアイランド現象緩和の実証実験を実施している。実証実験は、市営地下鉄鶴舞線川名駅の湧水を地上に位置する川名公園南側歩道の保水性舗装へ送水（図-1参照）する実験ヤード（以下「実験ヤード」という）を構築し、夏期に送水を行うことにより路面温度及び地上温度環境の改善効果に関するデータ収集を行っている。本稿では、平成29年度、平成30年度に収集したデータから、代表的な結果を抜粋して報告する。

2. 実証実験の概要

路面の温度上昇を水分の気化熱で奪い抑制する保水性舗装の効果は乾くに連れて失われる。水分の蒸散が早い夏季に効果を持続させる方法として、適宜路面に上から散水する方法があるが、飛散した水が通行を阻害するリスクがある。そこで本実験では、公園内のタンクに貯留した湧水を、上からの散水ではなく舗装体に直接送水可能な二種類の舗装（写真-1,2）と一般的な透水性アスファルト舗装（写真-3）で路面温度等を比較した。なお、送水量は各々の基本構造の違いや縦断勾配の影響を考慮して過不足がないよう逐次調整した。

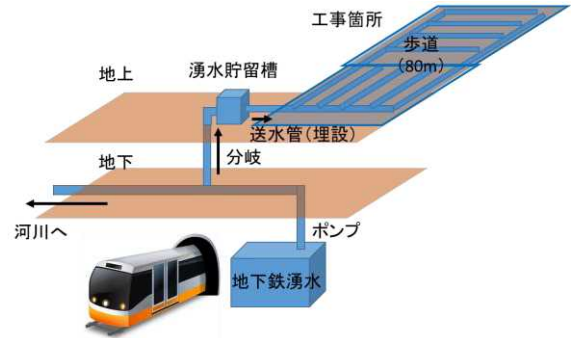


図-1 実証実験模式図



写真-1 保水性アスファルト舗装



写真-2 保水性ブロック舗装



写真-3 透水性アスファルト舗装

本件保水性アスファルト舗装は、ポーラスアスファルトの空隙内に細粒砂を充填し毛細管現象により下面に配した導水シートより供給した水を揚水して路面で気化させる構造（図-2参照）である。本件保水性ブロック舗装は、水分が滲透する保湿性ブロックに目地から給水して同様に機能する構造（図-3参照）である。また、比較対象とした透水性アスファルト舗装は、市内の歩道に標準的に用いられる仕様のものである。

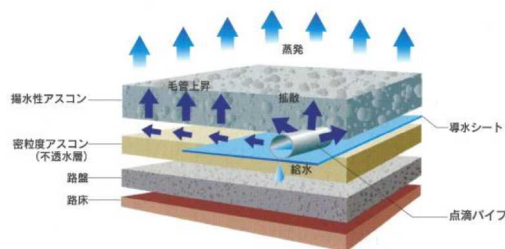


図-2 本件保水性アスファルト舗装の基本構造

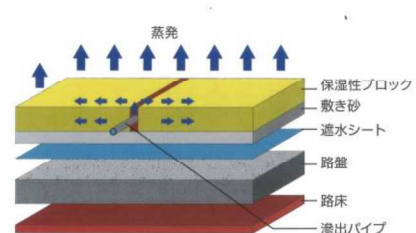


図-3 本件保水性ブロック舗装の基本構造

キーワード ヒートアイランド対策, 湧水利用, 保水性アスファルト舗装, 保水性ブロック舗装

連絡先〒460-8508 名古屋市中区三の丸三丁目1番1号東庁舎5階 名古屋市環境局低炭素都市推進課 TEL 052-972-2662

3. データ収集

実験ヤードは、平成29年度は5月15日から9月26日、翌30年度は6月22日から9月28日の雨天を除く平日に稼働させ温度データを収集した。また平成29年7月10日から8月24日まで近隣町内会からご協力いただいたモニターと一般通行者合計145名を対象とした通行した際の体感等に関するアンケート調査を実施した。

4. 実証実験の結果

(1) 路面温度の低減効果

表-1に観測期間中路面温度の低減効果が最大を示した日時と温度を図-4~7にそれぞれ温度変化を示す。その効果は日射や気候条件により異なる特性を示すようであるが、いずれも午後10.0℃以上となっている。

表-1 観測期間中路面温度の低減効果が最大を示した日時と温度

	年月日	最高気温 (°C)	記録時刻	効果②-① (°C)	①路面温度 (°C)	②比較路面温度 (°C)
保水性アスファルト舗装	① 平成29年7月7日	33.6	14:20	13.4	48.2	61.6
	② 平成30年8月31日	35.1	15:07	18.5	34.5	53.0
保水性ブロック舗装	① 平成29年6月14日	28.5	14:10	21.5	35.8	57.3
	② 平成30年9月18日	31.7	13:17	16.9	34.8	51.7

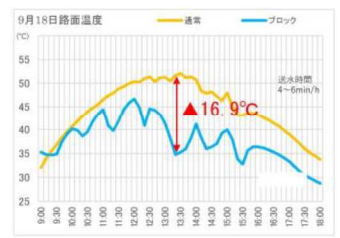
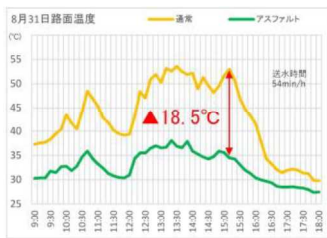
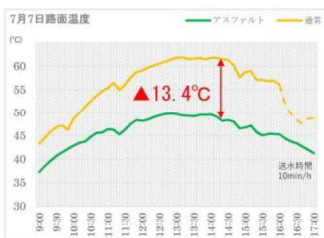


図-4 保水性アスファルト舗装①

図-5 保水性アスファルト舗装②

図-6 保水性ブロック舗装①

図-7 保水性ブロック舗装②

(2) 気温（地上1.1m）の低減効果

気温の低減効果は、通行を制限して地上1.1mの位置で平成29年度は22日間、翌30年度は8日間測定した。保水性アスファルト舗装の最大値はそれぞれ2.5℃前後、保水ブロック舗装の最大値は1.0℃前後と保水性アスファルト舗装が優位な結果となったが、風による周囲の影響の違いもありペンディングを要する。

(3) アンケート結果

結果を図-8~9に示す。6割以上の人から快適に、6割近くの人から涼しいと感じるとの回答が得られた。

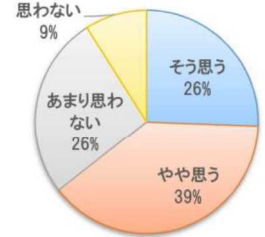
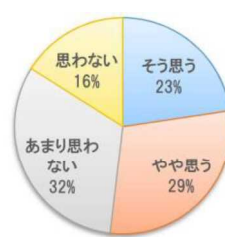
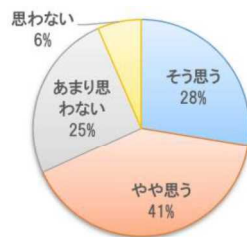
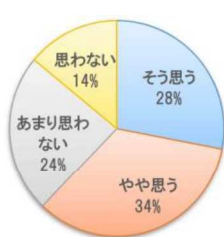


図-8 保水性アスファルト舗装(快適)

図-9 保水性ブロック舗装(快適)

図-10 保水性アスファルト舗装(涼感)

図-11 保水性ブロック舗装(涼感)

5. まとめ

平成28年10月の供用開始から2年が経過した時点では、顕著な路面状況の悪化や送水能力の低下は見られなかった。今後も引き続き温度低減効果や視覚効果、歩きやすさなどを総合的に勘案した上で適切な送水量を模索しながら、路面への送水及び路面温度の測定を実施し、送水設備や歩道の耐久性、維持管理を含め検証を続けていく予定である。

参考文献

1) 名古屋市環境局ホームページ: <http://www.city.nagoya.jp/shisei/category/53-5-22-1-9-0-0-0-0-0.html>

見え方と輝度による「研磨したアスファルト舗装」の組合せの評価

大林道路(株) 技術研究所	正会員 ○小嶋 匠
大林道路(株) 技術部	正会員 光谷 修平
大林道路(株) 環境技術営業部	藤澤有加里
八幡浜市産業建設部建設課	宮下 研作
(一社)まちの魅力づくり研究室	堀 温子
(一社)まちの魅力づくり研究室	堀 繁

1. はじめに

景観性向上を目的とする研磨したアスファルト舗装(以下「研磨舗装」という)は、研磨の程度だけでなく、視点(見る場所)と光源の位置関係でも見え方(光沢と色)が変化する。つまり、同じように研磨しても、現場の条件によって見え方が異なる。研磨の組合せによるデザインをするためには、研磨の違いが見えることが重要である。そのため、見え方と位置関係に関する十分な理解が不可欠だが、現状では知見の蓄積が不十分なためデザインに反映させるまでには至っていない。

そこで本研究では、研磨程度の異なる組合せで設計された現場の研磨舗装を見え方と輝度で評価した。

2. 評価の対象と方法

評価対象は、八幡浜市の公園出入り口(図-1)に、A:細かい研磨, B:粗い研磨, C,C':研磨なし(図-3)の3種で構築した図-2のようなデザインの現場である。

評価には、昼(12時, 光源:南側の太陽)と夜(22時, 光源:北側の照明)に、3方向から撮影した写真(合計6枚)を用いた。撮影は、人の目の高さ1.5m, 歩く時の視線である距離6~8m先がB工区を中心とするように行った。

既往研究で研磨の程度と輝度に相関があることが分かっている¹⁾。見え方と輝度の関係では、輝度計を用いて見え方を評価する試み²⁾、誘導平板とアスファルト舗装の組み合わせが見えるかを輝度比で判別³⁾、照明配置と見え方の評価に輝度画像を用いる⁴⁾などの事例がある。そこで、見え方と輝度には関係があると考え、両者で研磨舗装の組合せを評価することとした。

見え方の評価は、各工区が隣接工区と区別できるかとし、3段階(○:区別できる, △:わずかに区別できる, ×:区別できない)で、関係者によるブレインストーミングで判断した。C'はBと隣接しておらず差が分からないために除外した。

輝度の評価は、工区間の輝度比(以下「輝度比」という)と各工区の輝度(以下「輝度」という)で行った(図-4)。写真をトリミングし輝度画像に変換して計測した。輝度比は、隣接する輝度の比(輝度:大/輝度:小)とし、同じ工区でも見え方が違う場合は分割して評価した。輝度は、比較を容易とするために、Bを中心として隣接するAとCが同面積となる領域における最大値, 最小値, 平均値で評価した。



図-1 評価した現場

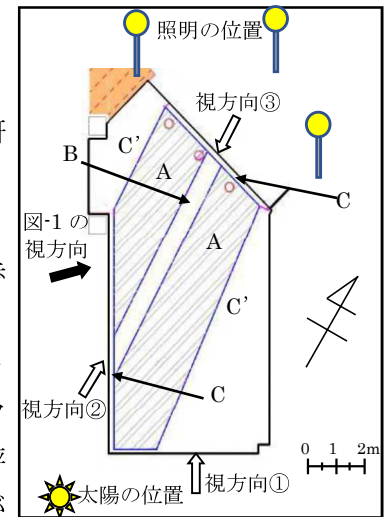


図-2 研磨した位置, 光源と視方向



図-3 A~Cの路面

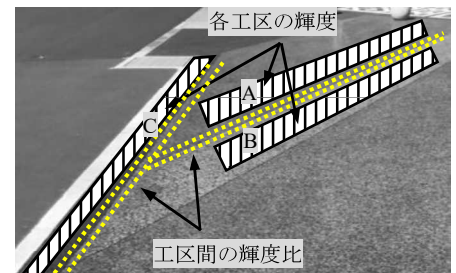


図-4 輝度の評価

キーワード ポーラスアスファルト舗装, 景観舗装, 研磨, 見え方, 輝度

連絡先 〒204-0011 東京都清瀬市下清戸4-640 大林道路(株)技術研究所 TEL042-495-680

3. 評価結果

研磨舗装の見え方と輝度は、昼と夜、視線と光源の位置関係で大きく変化することが改めて確認できた。また、見え方と輝度比に関係があることがわかった。詳細な評価結果を以下に示す。

- a)夜は逆光の A:B(① : 表-1 の視方向①, 以下同じ)でははっきり区別でき、他はわずかにしか区別できない。昼は順光でわずかに区別でき、逆光だと区別できない。A:C と B:C は昼夜、視方向によらず区別できる(表-1)。
- b)見え方と輝度比を比較すると、区別できると数値が大きくなる。昼①のように周囲が明るい輝度比が小さくても区別できるなど、明るさで評価は変動するものの、おおよそ輝度比が 1.5 以上で区別でき、これは、誘導平板が認識される輝度比 1.5~2.5³⁾と矛盾しない(表-2)。
- c)A~C の輝度を比較すると、夜は反射光が視界に入る(①)A が大きく、入らない(②③)と B や C が大きくなる。B は光が乱反射しており、正反射に近い A より広い方向から光が見えるためと考えられる。昼は方向によらず B が高く、A と C が低い。夜と同様に順光(①②)は B が高くなる、逆光(③)は A が高い想定されたが、B を中心に撮影したことや評価した位置の影響などでわずかに B が高くなったのかもしれない(図-5)。

表-1 評価した画像、輝度画像と見え方とそれらの見え方の特徴

視方向	①	②	③
光源の位置	夜の照明:逆光 / 昼の太陽:順光	夜の照明:逆光(左右端) / 昼の太陽:順光	夜の照明:順光 / 昼の太陽:逆光
夜の画像 左:可視 右:輝度			
見え方の特徴	A の一部に光沢があり B はないため、A:B は区別ができるところとできないところがある。A:C, B:C は区別できる。	奥側はわずかに区別できるが、ほぼ同じように見え、A:B の区別はできない。A:C, B:C は区別できる。	光沢はないが A は黒く、B は白く見え、A:B は区別できる。A:C はどちらも黒く区別できない、B:C は区別できる。
昼の画像 左:可視 右:輝度			
見え方の特徴	A は少し黒く、B はすこし白く見え、A:B はわずかに区別できる。A:C, B:C は区別できる。	A は少し黒く、B はすこし白く見え、A:B はわずかに区別できる。A:C, B:C は区別できる。	A と B とともに同じように白く見え、A:B は区別できない。A:C, B:C は区別できる。

表-2 A~C の輝度比と見え方

視方向	評価	①			②			③			平均		
		○	△	×	○	△	×	○	△	×	○	△	×
夜	A:B	1.61	1.19	1.10	—	1.29	1.16	—	1.30	1.29	1.74	1.26	1.18
	A:C	1.40	—	—	2.58	—	—	—	1.18	—	—	—	—
	B:C	1.67	—	—	1.70	—	—	1.46	—	—	—	—	—
昼	A:B	—	1.14	—	—	1.14	—	—	1.08	—	—	—	—
	A:C	1.27	—	—	1.36	—	—	1.73	—	—	1.51	1.14	1.08
	B:C	1.53	—	—	1.49	—	—	1.71	—	—	—	—	—

注) ○:区別できる △:わずかに区別できる ×:区別できない

4. 考察

研磨舗装の組合せは光源や視方向で変化し、はっきり区別できる場合もそうでない場合もあり、それを輝度比で評価することもできる。A:B は夜に照明が見える方向で最も効果がある。しかし、昼は太陽が正面にあると見えないなど、使用条件に合わせて組み合わせる必要がある。昼夜方向を問わず A:C もしくは B:C は見えるので、光源や視方向などを設計で考慮できない場合は、C との組合せが望ましい。

朝夕や天候でも研磨舗装の見え方は変化することが分かっている、今後は他の条件でも評価を行いたい。

参考文献

- 1) 光谷他：研磨したポーラスアスファルト舗装の諸特性，土木学会論文集 E1(舗装工学)73(3)，pp.I_115-122，2017
- 2) 井内他：色彩輝度計による景観測色に関する基礎的研究，造園雑誌 51(5)，pp.245-250，1987
- 3) 岩崎他：視覚障害者誘導用舗装の現況に関する調査例，舗装 29-4，pp.29-34，1994
- 4) 福多：明るさのバランスに配慮した夜間景観のあり方，土木学会 景観・デザイン研究講演 第 10 回，2014

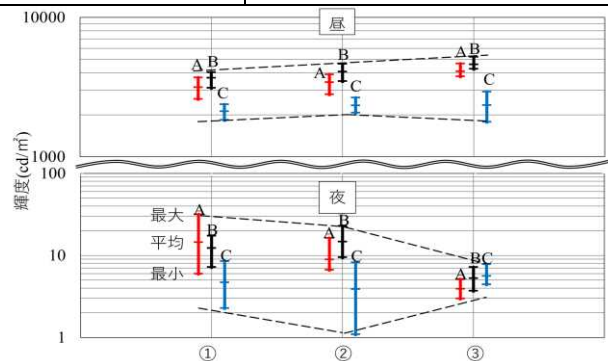


図-5 各工区の輝度

再生用添加剤の浸透性に関する一検討

大林道路(株) 技術研究所 正会員 ○木谷 貴宏
同 梅本 叡史
同 正会員 東本 崇

1. はじめに

再生用添加剤は、再生アスファルト混合物（以下、再生アスコン）を製造する際に加えられ、劣化した再生骨材の旧アスファルト（以下、旧 As）の性状を回復させるために添加されている。再生用添加剤の設計添加量は、針入度試験や圧裂係数試験によって決定される。針入度試験による設計添加量は、回収した旧 As と再生用添加剤は均一に混合された状態で試験を行う。また、再生用添加剤の再生効果をアスファルト性状試験で評価する場合でも旧 As と再生用添加剤は均一に混合され試験を行う。このような場合、再生用添加剤の浸透性について評価が行われていない。しかし、実際の再生アスコンはサイロの貯蔵や輸送を経て旧 As に再生用添加剤がゆっくりと浸透し再生用添加剤の浸透性によって性状が異なると考えられる。本報では、再生用添加剤の種類の違いによる浸透性の相違を室内で強制劣化させたアスファルト（以下、室内劣化 As）と再生骨材より回収した旧 As において評価を行い、再生用添加剤や劣化アスファルトの構成成分の違いによる浸透性の違いについて評価を行った。

2. 浸透性試験

アスファルトと再生用添加剤を接触させると界面より再生用添加剤がアスファルトに浸透する。再生用添加剤の浸透性が高い場合、界面からより離れた部分まで再生用添加剤の成分が浸透してアスファルトおよび再生用添加剤の構成成分に変化が生じる¹⁾。本試験では、浸透性の評価としてアスファルトと再生用添加剤を接触させて界面を作り、界面からの距離と各層の構成成分の変化で浸透性を評価した。

2-2. 試料

表-1 に試験に用いた室内劣化 As, 回収した旧 As および再生用添加剤の性状を示す。室内劣化 As はストレートアスファルト 60/80 (針入度 61) を TFOT5 時間, PAV48 時間行い作製した。

2-2. 浸透性試験条件

浸透性試験は図-1 の筒状浸透試験器を用いて行った。筒状浸透試験器は、5mm 間隔で穴が 5 つ開いており、そこから試料を採取することが可能である。各試料採取位置は上から No. 1~No. 5 と表示する。劣化 As を試験器の No. 3 以上までの 16.2g を入れ、その上から No. 1 を超える量である 3.5g の各再生用添加剤を投入した。試験容器の上部に蓋をし、160℃で所定時間の加熱養生を行った。養生後の試験器を-20℃で冷却後、各採取箇所から試料を採取し、TLC/FID を用いて構成成分比率とその変化について検討を行った。

3. 結果と考察

図-2 に室内劣化 As と再生用添加剤 A1 の組み合わせで浸透性試験を行った結果を示す。縦軸は試料採取位置を示し、横軸は TLC/FID によって測定された各層の構成成分比を表す。養生時間 0h では構成成分比が大きく変化している位置は

表-1 再生用添加剤および劣化 As の性状

サンプル名	針入度 (1/10mm)	飽和分 (%)	芳香族分 (%)	レジン分 (%)	アスファル テン分 (%)	
再生用 添加剤	パラフィン:P	-	67.6	22.0	10.4	0.0
	ナフテン:N	-	49.9	29.5	20.6	0.0
	アロマ:A1	-	5.7	77.6	16.8	0.0
	アロマ:A2	-	5.4	76.8	17.8	0.0
劣化As	室内劣化As	17	3.6	6.8	66.1	23.5
	旧As	16	3.0	11.3	68.2	17.4

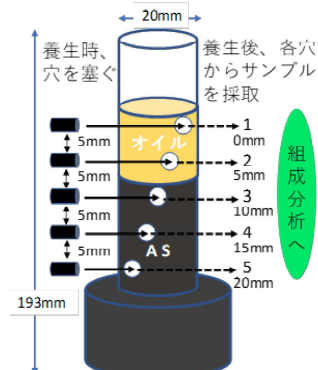


図-1 浸透性試験器の概要

キーワード 浸透性, 再生用添加剤, 再生アスファルト混合物

連絡先 〒204-0011 東京都清瀬市下清戸 4-640 大林道路(株) 技術研究所 TEL 042-495-6800

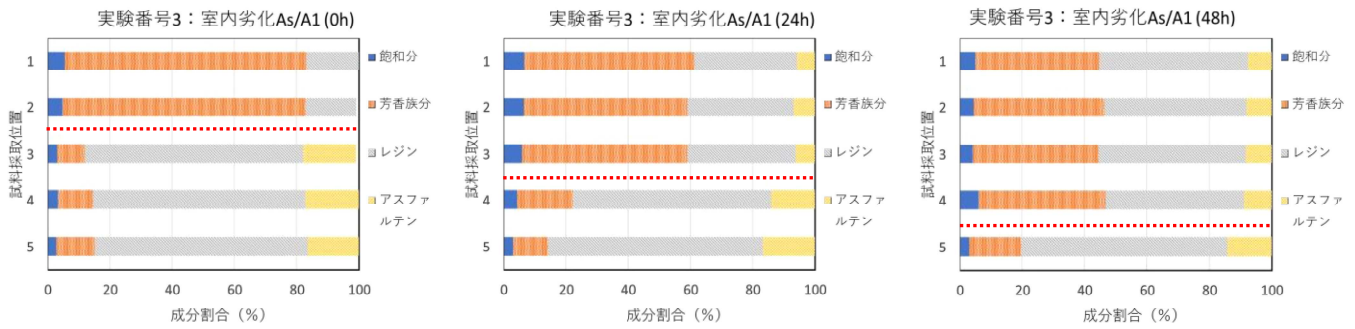


図-2 室内劣化 As と再生用添加剤 A1 の浸透性試験結果 (破線：界面位置)

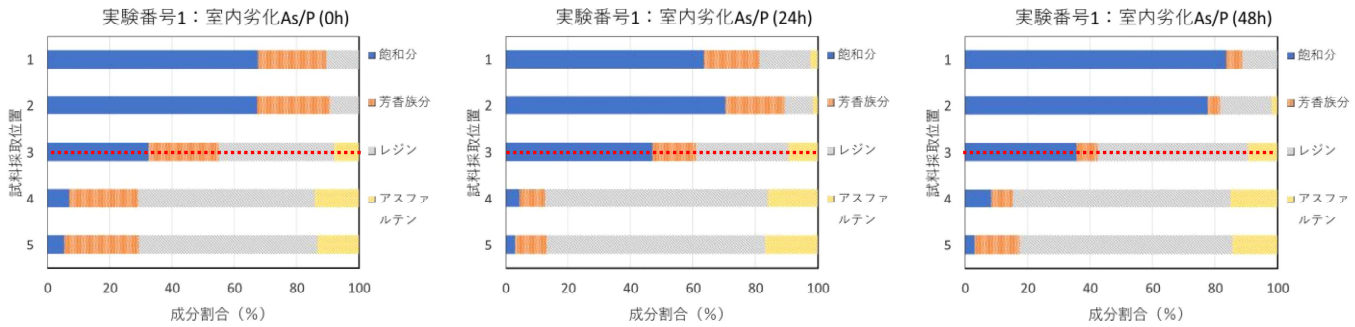


図-3 室内劣化 As と再生用添加剤 P の浸透性試験結果 (破線：界面位置)

No. 2 と No. 3 の間である。これは室内劣化 As と再生用添加剤 A1 の界面が No. 2～No. 3 の間にあることを示している。養生時間の変化によってこの構成成分の変化の界面が移動しアスファルトと再生用添加剤が浸透していることが判明した。図-3 は室内劣化 As と再生用添加剤 P の組み合わせで浸透性試験を行った結果を示す。養生時間 0h と 48h で構成成分比の位置が大きく変化することなく浸透性が低いことが分かった。

表-2 養生時間毎の界面の位置と界面の移動量

実験番号	劣化As/再生用添加剤の組み合わせ	養生時間0h 界面の位置	養生時間24h 界面の位置	養生時間41～48h 界面の位置	養生時間41～48h 後の界面の移動量 (mm)
1	室内劣化As/パラフィン:P	No.3	No.3	No.3	0.0
2	室内劣化As/ナフテン:N	No.2～No.3	No.3	No.3	0.5
3	室内劣化As/アロマ:A1	No.2～No.3	No.3～No.4	No.4～No.5	10.0
4	室内劣化As/アロマ:A2	No.2～No.3	No.2～No.3	No.5以上	12.5以上
5	旧As/アロマ:A2	No.2～No.3	No.5以上	No.5以上	12.5以上 ※養生時間24h時点

各劣化アスファルトと再生用添加剤の組み合わせにおける構成成分比の大きく変化する界面の試料採取位置の番号を表-2 に示す。実験番号 1～3 の比較から、室内劣化 As に対して浸透性は再生用添加剤の種類によって異なっていることがわかる。浸透性の高い順番に再生用添加材 A1>N>P の順であった。浸透性には芳香族分の多い再生用添加剤が優れる結果となった。実験番号 4, 5 の比較から室内劣化 As と回収した旧 As の浸透性の違いが判明した。浸透性の高い順番に旧 As>室内劣化 As となった。劣化の程度を表す針入度は同程度であったが、室内劣化 As に比べて回収した旧 As のほうの芳香族分が多く、アスファルテンが少ないため浸透性が高い結果となったと推測する。

4. まとめ

再生用添加剤の種類の違いによる浸透性の相違を室内劣化 As と回収した旧 As において評価を行った。再生用添加剤に含まれる芳香族分が多いほど浸透性が高くなる。また、針入度が同程度の劣化アスファルトであっても、劣化アスファルトの構成成分によって浸透性が異なることが判明した。今後は浸透性の関係と混合物性状について検討していきたい。

参考文献

- 1) 梅本ほか 3 名：再生用添加剤の再生効果の要素に関する一検討，第 33 回 日本道路会議，2019 年 11 月

耐流動性と耐油性に優れた高耐久型アスファルト混合物の開発

大林道路(株)技術研究所

大林道路(株)新東名新清水舗装工事事務所

大林道路(株)技術研究所

正会員 ○山原詩織

正会員 小林靖明

正会員 東本 崇

1. はじめに

舗装業界の人材不足に資する技術として、維持管理における補修・修繕頻度の低い、高耐久な舗装材料が求められている。アスファルト舗装の破損形態としては、塑性変形によるわだち掘れやオールドロップによるポットホールが発生などがある。そこで筆者らは、耐流動性と耐油性を向上した高耐久型アスファルト混合物を開発した。開発品は、プラントで特殊添加材を改質Ⅱ型密粒度アスファルト混合物(以下、改質Ⅱ型アスコンとする)に添加することで、改質Ⅱ型アスコンよりも高い耐久性を有するものである。本報告では、開発品の室内検討結果と、当社構内で行った試験施工の結果を記した。



写真-1 特殊添加材

2. 室内検討

2.1 概要

写真-1 に特殊添加材の外観、表-1 に試験概要を示す。バインダに対する特殊添加材量(外割)と各性能の関係から最適添加量を決定

した。ベースとする混合物の種類は、密粒度アスファルト混合物(13)とし、バインダにはポリマー改質アスファルトⅡ型を用いた。特殊添加材の添加量は、0,5,10,15,20%で検討した。

2.2 耐流動性

図-1 に動的安定度(以下、DS とする)と特殊添加材量の関係を示す。0%と15%添加を比較すると、DSが6,300回/mmから21,000回/mmまで上昇していた。DSは特殊添加材の添加量を増やすと上昇したが、15%以上で改質効果は横ばいになった。

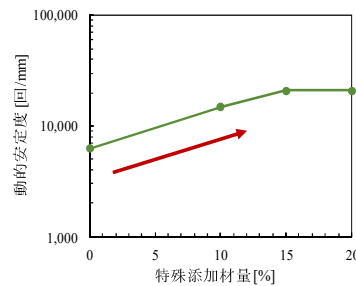


図-1 動的安定度

2.3 耐油性

写真-2 に油浸漬後の供試体状況、図-2 に油浸漬後の質量損失率と特殊添加材量の関係を示す。特殊添加材を0%から15%まで増やすと、損失率が5.2%から0.4%まで減少した。油浸漬後の残留安定度も、特殊添加材を0%から15%まで増やすと54.7%から79.5%まで直線的に上昇した。油浸漬後質量損失率、残留安定度ともに、添加量15%程度で耐油性を十分に付与できるとわかった。

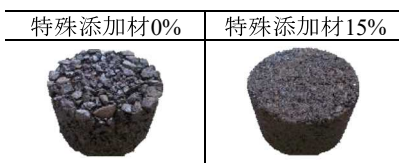


写真-2 油浸漬後供試体状況

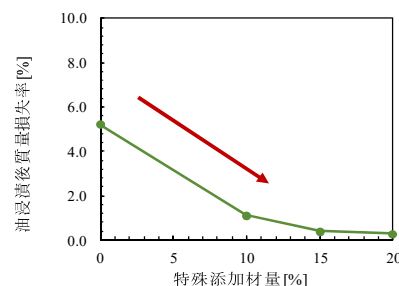


図-2 油浸漬後質量損失率

キーワード 高耐久, 耐流動性, 耐油性, プラントミックス

連絡先 〒204-0011 東京都清瀬市下清戸 4-640 大林道路(株)技術研究所 TEL 042-495-6800 FAX 042-495-6801

2.4 たわみ追従性

図-3 に曲げ試験における破断時のひずみと特殊添加材量の関係を示す。添加量に関わらず、破断時のひずみはほとんど変わらなかった。一方、破断時の曲げ強度は特殊添加材を 0 %から 15 %まで増やすと、10.481 MPa から 11.853 MPa に上昇した。

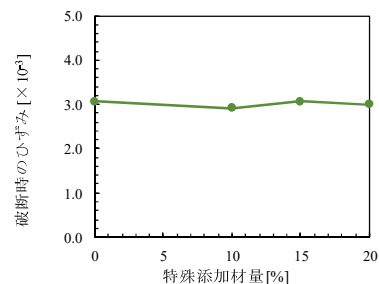


図-3 破断時のひずみ

2.5 まとめ

改質Ⅱ型アスコンに特殊添加材を適用することで、たわみ追従性を保ったまま耐流動性と耐油性の改善が可能であった。性能改善効果と経済性を考慮して、特殊添加材の配合量をバインダに対して外割で 15 %に決定した。

3. 試験施工

3.1 概要

室内検討で決定した、特殊添加材をバインダに対して外割りで 15 %添加した改質Ⅱ型アスコン(以下、開発品とする)の試験施工を当社プラント構内にて行った。また、比較工区として改質Ⅱ型アスコンと半たわみ性舗装を施工した。基層(改質Ⅱ型粗粒度アスファルト混合物)を施工した上に、タックコート(PK-4)を散布して、各工区を舗設した。

表-2 混合物の性状(試験施工)

3.2 混合物の性状

表-2 にプラントで製造した混合物の性状を示す。DS に着目すると、開発品は

工区	耐流動性	耐油性		たわみ追従性	
	動的安定度 [回/mm]	油浸漬後 質量損失率 [%]	油浸漬後 残留安定度 [%]	破断時の 曲げ強度 [MPa]	破断時のひずみ [$\times 10^{-3}$]
開発品	14,000	0.2	82.5	11.135	3.2
改質Ⅱ型アスコン	9,692	6.5	56.0	10.733	3.4
半たわみ性舗装	25,200	0.0	140.3	6.469	2.6

14,000 回/mm、改質Ⅱ型アスコンは 9,692 回/mm であった。耐油性に関しては、開発品の油浸漬後質量損失率が 0.2 %、油浸漬後残留安定度が 82.5 %であった。一方、改質Ⅱ型アスコンの油浸漬後質量損失率は 6.5 %、油浸漬後残留安定度は 56.0 %であった。これらの結果から、実機製造した開発品は、室内検討時と同様に、改質Ⅱ型アスコンよりも高い耐流動性と耐油性を有することが確認できた。半たわみ性舗装については、DS が 25,200 回/mm、油浸漬後質量損失率が 0.0 %と、開発品よりも高い耐流動性と耐油性を有していた。しかし、施工コストや手間の面では、半たわみ性舗装より開発品の方に優位性があると考えられる。

3.3 試験施工

写真-3 に試験施工状況を示す。一般的な改質Ⅱ型アスコンと同様に、各工区の敷きならし温度は $165 \pm 10^\circ\text{C}$ 、初期転圧温度は $160 \pm 5^\circ\text{C}$ を目標とした。施工の際、作業員より、スコップやレーキで開発品を取り扱ったときの感覚が、改質Ⅱ型アスコンより若干重いとの評価があった。しかし、施工時の締固め度は、開発品で 97.9 %、改質Ⅱ型アスコンで 98.2 %とほとんど変わらなかった。人力施工による狭小箇所の施工には検討の余地がある一方、機械施工であれば、改質Ⅱ型アスコンと同様に施工できると判断した。



写真-3 試験施工状況

4. おわりに

一般的な改質Ⅱ型アスコンに特殊添加材を加えることで、高い耐流動性と耐油性を付与することができた。また、試験施工においては、改質Ⅱ型アスコンよりも高耐久かつ一定の施工性を保持した混合物が製造できることを確認した。今後は試験施工箇所の追跡調査を実施し、開発品の長期供用性と耐久性を確認していく所存である。

【参考文献】

- 1) 杉山, 中森: 高安定性アスファルト混合物の耐油性評価方法と施工事例について, 平成 24 年度近畿地方整備局研究発表会, 新技術・新工法部門(2012)

高精度位置情報を付与した三次元データによる舗装管理の高度化

大林道路株式会社 正会員 ○森石 一志 北見工業大学工学部 正会員 富山 和也
 大林道路株式会社 非会員 山口 雄希 iシステムリサーチ株式会社 正会員 西川 啓一

1. はじめに

現在、i-Construction の実施に伴い維持管理への三次元点群データの活用が検討されている中¹⁾、著者らも以前より点群データを活用した維持管理手法の検討を行っている²⁾。昨年度からは ICT 舗装工における地上型レーザスキャナ（以下、TLS）による出来形計測の効率化の検討を行い、一定の効果を確認している³⁾。それらの技術を維持管理に適用する際、点群データの取得方法や点群データの精度を把握しておく必要がある。

そこで本研究は、位置情報と共に三次元データを得ることによる舗装維持管理の高度化と施工品質の向上を目的に検証を行った。

2. 検討概要

2.1 試験ヤード

本研究は、試験ヤードとして他の検討も実施している図-1 に示す大林道路(株)機械センター（埼玉県久喜市）の供用中の舗装区間とし、模擬ポットホールとしてコア削孔跡および摩耗箇所を検討箇所とした。また、常温混合物で補修を行い、補修前後の状態の把握について検討することとした。



模擬ポットホール（左：補修前、右：補修後）

摩耗箇所（左：補修前、右：補修後）

図-1 破損箇所（一例）

2.2 計測装置

計測装置は図-2 に示すような位置精度が高い GNSS 装置（i システムリサーチ製）を搭載した TLS および UAV を使用した。本装置は高精度の位置情報が取得できることから、該当箇所の座標も同時に取得でき GIS への適用も可能である。なお任意の点に固定局を設置し RTK 方式にて座標の取得を行った。



(a) 高性能 GNSS 搭載 UAV

(b) 高性能 GNSS 搭載 TLS

図-2 高性能 GNSS を搭載した計測機器

2.3 計測方法

UAV は事前に飛行ルートを設定し、自動飛行にて画像を取得し専用ソフトにて点群データ化を行い、一方 TLS による計測は、通常の ICT 舗装工の出来形管理で実施する方法に準拠して行った。

キーワード 三次元点群データ, ICT 舗装工, 維持管理, GNSS, TLS, UAV

連絡先 〒530-0047 大阪市北区西天満 1-2-5 大林道路株式会社 TEL 06-6360-7108

2.4 検証方法

検証は、以下の方法で実施することとした。

- (1) TLS で取得したデータによる補修前後の横断面による状況の把握
- (2) UAV で取得したデータによる補修前後のコンターによる状況の把握

3. 結果および考察

3.1 横断面による補修状況の把握

図-3 に補修前後の横断面による三次元形状をそれぞれ示す。この結果から、補修箇所の規模（深さ・幅）が容易に把握することが可能であることが分かる。また、それぞれの寸法を事前にスケールで計測した結果が、幅約 90mm、最大深さ約 35mm に対し、横断面から算出した結果は最大幅 93mm、最大深さ約 32mm であった。基準となる路面に凹凸が存在することを鑑みるとある程度の精度を有した結果といえる。

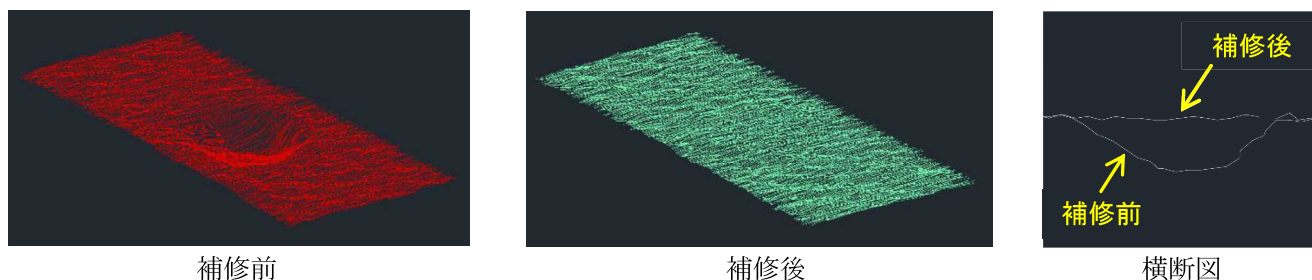


図-3 疑似ポットホールによる変状の把握（高さ方向の縮尺 10 倍）

3.2 コンターによる補修状況の把握

図-4 に UAV で取得したデータから作成した差分コンターにより補修前後の状況の把握を試みた。深さの実測値の平均 16mm に対して 10~20mm を示していることから、補修後の路面の状況が把握できることが確認できた。

なお UAV によるデータの精度に関しては別途検証を行なっている。

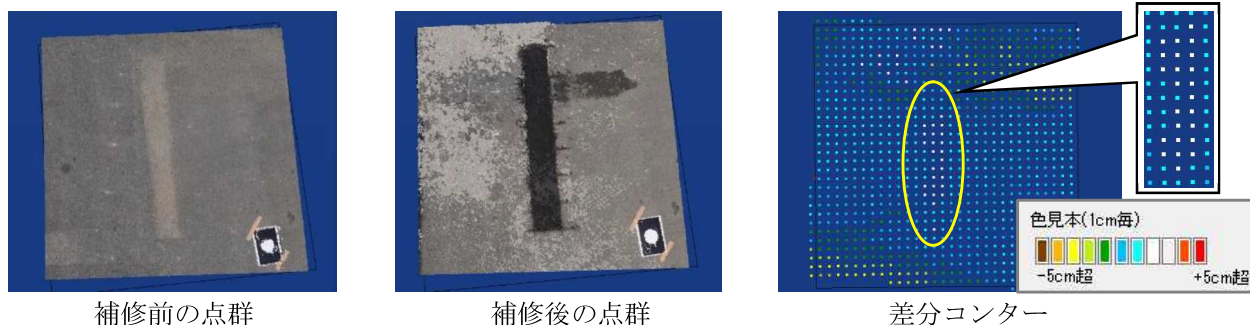


図-4 摩耗箇所の差分コンターによる補修状況の把握

4. おわりに

本研究では、UAV および TLS で取得した点群データを活用した舗装の維持管理の可能性を見出し、その取得した点群データの視覚化および数値化を行った。さらに高性能 GNSS の使用により各破損箇所が高精度の位置情報を有していることから、GIS による効率的な維持管理が可能となる。

今後は本技術を維持管理のフィールドで利用できる技術として醸成するとともに MMS で取得した点群データの活用も合わせて検討していく予定である。

参考文献

- 1) 国土交通省：i-Construction 推進コンソーシアム，http://www.mlit.go.jp/tec/i-construction/i-con_consortium/index.html.
- 2) 森石，富樫ほか：三次元点群データを用いた路面の面的評価および構造的健全性との関連性の検討，土木学会論文集 E1, Vol.71, No.3, p.127-133, 2015.12.
- 3) 森石，富山ほか：ICT 舗装工における点群データ取得の効率化と適用範囲拡大について，土木学会論文集 E1, Vol.75, p.177-185, No.2, 2019.12.

高速道路における狭隘な橋梁下部工の耐震補強工事事例

— ロッキング橋脚の RC 巻立補強および補強杭 —

大林道路(株) 正会員 ○高沢 利之 池内 政男
 (株)大林組 正会員 粕谷 悠紀 高橋 真一
 中日本高速道路(株) 吉田 和史

1. はじめに

平成 28 年に発生した熊本地震による、九州自動車道を跨ぐロッキング橋脚を有する橋梁の落橋を踏まえ、全国で同形式橋の耐震補強工事が実施されている。ロッキング橋脚は上下端がヒンジ構造の多柱式で、基礎を小さくできるため、桁下の占有空間を最小化できる。しかし、水平方向の抵抗力を受け持たず、単独では自立することができないため、大規模地震による水平変位が生じると不安定になり、落橋の危険性が高まる。そのため、支承部等の部分的な破壊による落橋を防ぎ、速やかな機能回復を可能とする構造への転換が必要とされていた。

また、高速道路、直轄国道および主要地方道と交差する、跨道橋やランプ橋に多く採用されているため、直下には交通量の多い道路があり、災害発生時の緊急輸送路確保の観点からも、その対策が急がれていた。本稿では、東名高速道路の本線橋である東山橋において実施した、ロッキング橋脚を有する橋梁の耐震補強工事事例を報告する。

2. 橋梁の概要

東山橋は、東名高速道路の春日井インターチェンジから小牧ジャンクション間に位置し、春日井市道 131 号線と交差している。上部工形式は、3 径間連続 RC 中空床版であり、上下線ともに橋長 31.5m、幅員 13.0m である。下部工形式は、橋台が控壁式、橋脚が 3 本柱橋脚（ロッキング橋脚）である。基礎工形式は、RC 杭基礎である。

3. 耐震補強の概要

本工事における耐震補強の基本的な考え方は、水平および鉛直方向に対する抵抗力を確保し、単独で自立可能な安定構造とすることである。基礎工は、側面に補強杭を施し、底版を拡幅補強する。橋台は、堅壁前面を RC

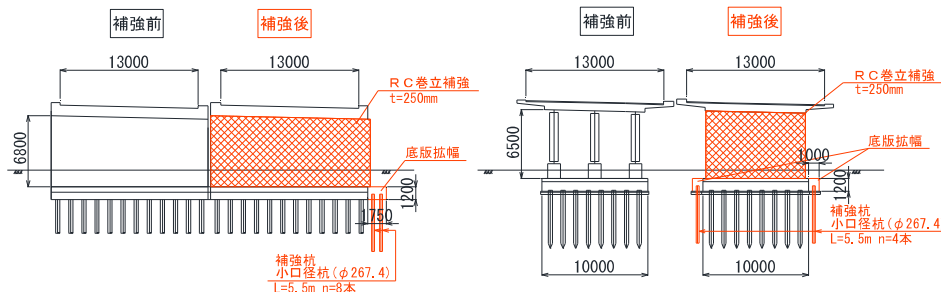


図-3 断面図(橋台部)

図-4 断面図(橋脚部)

巻立補強により増厚し、上部工から底版までを剛結する。橋脚は、RC 巻立補強により並列する柱部材を壁化（一体化）し、上下ヒンジ部を剛結する。図-1～図-4 に補強一般図（側面図・平面図・断面図）を示す。

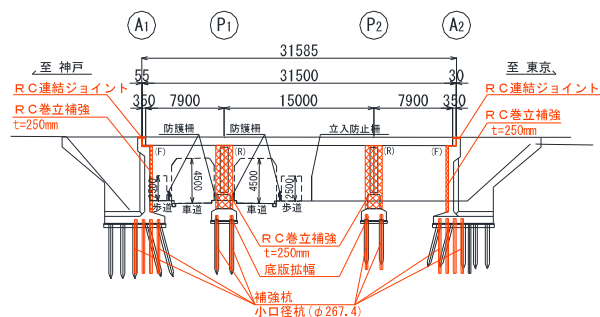


図-1 側面図

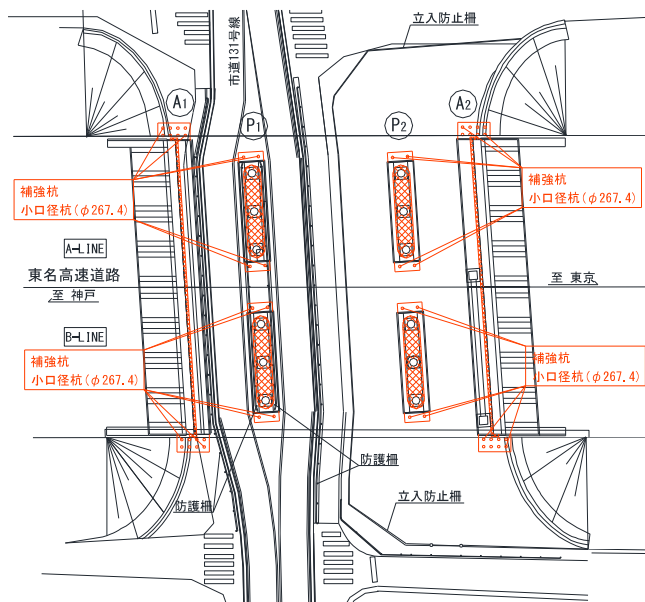


図-2 平面図

キーワード 耐震補強, ロッキング橋脚, 補強杭, 施工事例

連絡先 〒460-0002 愛知県名古屋市中区丸の内 2-18-25 大林道路(株)中部支店 TEL 052-222-5161

4. 耐震補強の施工

本工事において実施した施工上の課題解決策および、ロッキング橋脚耐震補強の施工手順について述べる。

まず工事に支障となる、本線橋梁への添架物（光通信ケーブル等）および、交差道路に埋設されている各種インフラ等の占用物を調査し、関係機関と協議のうえ必要に応じて移設・防護等を行った。

耐震補強工事は、交通規制を必要としないA2橋台およびP2橋脚を先行させた（図-5）。次に補強が完了したP2橋脚側に切回し道路を構築し作業ヤードを確保した後に（図-6）、A1橋台およびP1橋脚の補強を実施した。限られた用地でかつ、通学路を考慮した切回し道路を計画しなければならないため、平面線形と車道幅員の十分な確保が困難であった。そこで、車道は片側交互通行による交通運用とし、両側に歩道を設け、終日交通誘導員を配置することにより安全性を確保した。

補強杭の施工に先立ち、杭の平面位置および高さの基準となる、既設底版下面までの掘削（G.L.以深約2m）が必要となる。しかし、事前調査結果から、掘削範囲に上下水道・電気・通信等の埋設管が近接していることが分かり、掘削による管路の露出が懸念された。そこで、軽量アルミ矢板による土留を施すことにより、掘削範囲を最小限にとどめ、埋設管の露出を防止した。

ロッキング橋脚の補強前を写真-1に、補強完了後を写真-2に示す。施工手順は、①既設底版下面までの掘削、②補強杭（写真-3）、③底版拡幅補強、④底版拡幅部の埋戻し、および底版上面までの掘削、⑤足場工、⑥ウォータージェット工法によるコンクリート表面処理工（写真-5）、⑦鉄筋探査、⑧鉄筋定着部削孔、⑨配筋、⑩軸方向鉄筋定着（写真-6）、⑪帯鉄筋フレア溶接継手・中間帯鉄筋の機械式鉄筋定着（写真-7）、⑫型枠工、⑬コンクリート打設、⑭打継部レイタンス処理、⑮モルタル注入工（写真-8）である。底版上面から上部工下面まで高さが約6.5mであるため、コンクリートの打設時間を考慮し、2分割（3.6m+2.6m）で施工した。また、上部工下面との取合い部（最上部0.3m）は、コンクリートでの充填が困難なため、無収縮モルタル注入とした。

5. おわりに

本工事のように、供用道路との交差部にて実施する下部工の耐震補強は、本線橋下の空頭制限はもちろん、供用道路の交通規制を伴う作業ヤードの確保および、占用物の移設・防護等の課題を解決しながら施工を進めなければならない。そのため、入念な調査、施工計画、関係機関との協議が必要となる。本工事事例が今後、同条件下での工事を施工する上での参考となれば幸いである。

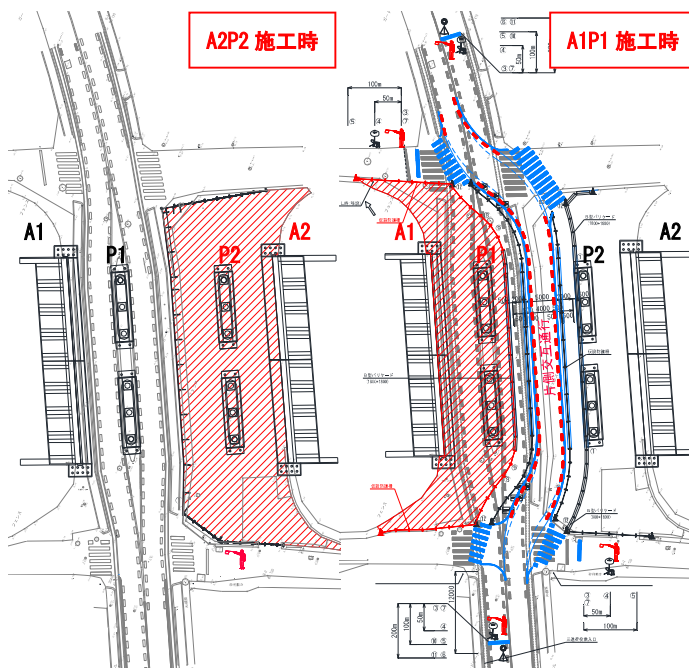


図-5 市道平面図(切回し前) 図-6 市道平面図(切回し後)



写真-1 補強前



写真-2 補強後



写真-3 補強杭施工状況



写真-4 底版拡幅完了



写真-5 表面処理工



写真-6 軸方向鉄筋定着



写真-7 帯鉄筋定着・継手



写真-8 モルタル注入工

高性能 GNSS を活用した TLS 計測の効率化

大林道路株式会社 正会員 ○佐藤 正憲
 大林道路株式会社 非会員 山口 雄希
 大林道路株式会社 正会員 森石 一志
 北見工業大学工学部 正会員 富山 和也
 iシステムリサーチ株式会社 正会員 西川 啓一

1. はじめに

ICT 舗装工は地上型レーザスキャナ（以下、TLS）を使用して出来形計測を行うが、施工延長が長くなった場合、TLS を移動しながら計測する必要がある。その際、各計測（TLS 設置）間にターゲットを設置し、そのターゲットも同時に視準し、後のデータ整理でレジストレーション（合成）を行う。また、TLS のデータは座標を持っていないため、後で付与することとなる。そのようなことから、著者らはターゲットレスによる TLS 計測の効率化を検討している^{1,2)}。本報では、TLS セルフレジストレーションについて、現在取り組んでいる GNSS アンテナ設置治具の改良および計測の標準化と、その効果の検証結果について述べる。

2. セルフレジストレーションの概要

2.1 TLS 計測方法

TLS 計測は以下の手順で実施した。

- (1) **TLS の設置** 必要なデータが取れる箇所に TLS を設置する。RIEGL VZ-400i の場合、50 m を標準とする。
- (2) **TLS および GNSS 装置の作動** 各装置の電源を入れ、GNSS の測位状況とスキャナの起動を確認する。ここで用いる高性能 GNSS (iSRC-GNSS) は、移動局に 2 アンテナを有するリアルタイムキネマティック (RTK) 方式であり、北海道北見市内で行なった事前試験の結果、固定局から約 15km 離れた箇所でも即時 FIX 解が得られることを確認している。
- (3) **TLS 計測** スキャニングを行う。標準的な計測条件は、縦方向の発射角 0.003° 、横方向の発射角 0.1° 、1 回の計測速度は $4' 22''$ とし、TLS の設置高さは通常の ICT 舗装工の計測と同様、レーザー孔の高さを約 1.8m とした。また $10\text{cm} \times 10\text{cm}$ に点群が 1 点存在する範囲の点群を用いるものとする。
- (4) **TLS の移動** 次の設置箇所へ移動する。セルフレジストレーションでは、ターゲットを使用しないため、TLS 本体の移動のみで運用可能である。

以降は、(1)~(4)の繰り返す。本手順により、ターゲットの設置が不要となり計測の効率化が可能となる。図-1 にセルフレジストレーションによる作業フローを示す。図に示す通り、提案する方式では、座標付与とターゲットの移動が不要となり、計測の効率化が図れる。

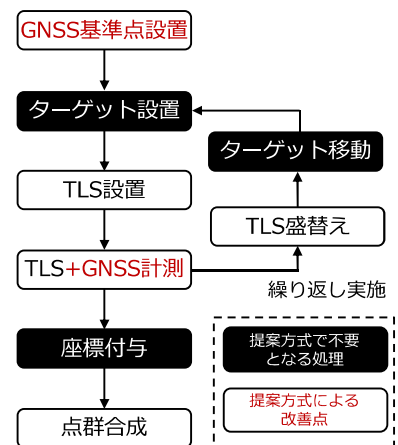


図-1 TLS 計測フロー

2.2 レジストレーション方法

レジストレーションは以下の手順で実施する。

- (1) 2 基の GNSS アンテナの座標から TLS の中心の座標を算出する。
- (2) TLS の中心の座標から各点群に座標を算出する。
- (3) 2 基の GNSS アンテナ位置より、TLS の北（真北）から角度を算出する。

キーワード 三次元点群データ, ICT 舗装工, 出来形管理, TLS, GNSS

連絡先 〒101-8228 東京都千代田区神田猿樂町 2-8-8 大林道路株式会社 TEL 03-3295-8855

- (4) 算出した角度、位置より点群の座標を求める。
各計測結果で(1)～(5)の作業を実施し、各点群を合成する。

3. 検証概要

3.1 試験ヤード

本研究は、試験ヤードとして大林道路(株)機械センター（埼玉県久喜市）の供用中の舗装区間とした。各工区の延長が異なるのは現地で試験施工等が行われている箇所を使用しているためである。

3.2 検証概要

計測に用いる装置は iSRC-GNSS を搭載した TLS（RIEGL VZ-400i）を使用した。GNSS アンテナは、TLS 下部に精密に加工したアングルを設け、検証用に図-2 に示す通り、片側 25 cm（全長 50 cm）および片側 100 cm（両側 200 cm）の間隔で設置した。

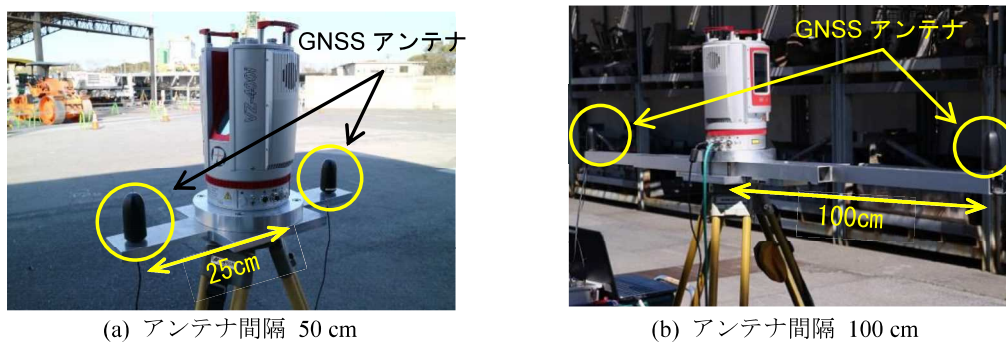


図-2 高性能 GNSS を搭載した TLS

3.3 検証結果

検証結果の一例として、図-3 にアンテナ間隔 50 cm の場合のセルフレジストレーション結果を示す。レジストレーション精度は、ターゲットを使用した場合と同等であり、高性能 GNSS を組み合わせることの優位性が確認された。また、作業効率については、従来手法が作業人員を最低 2 名は要し作業時間が 1 スキャンあたり 20 分であるのに対し、提案手法では、作業人員 1 名で 1 スキャンあたり 5 分程度の時間で運用可能であることがわかった。一方、アンテナ間隔が短い場合、TLS がアンテナの遮蔽物となることが懸念されるが、アンテナ間隔を 200 cm と延長することによって、RTK の FIX 時間が長くなり、位置情報の取得精度向上が期待できることが明らかとなった。

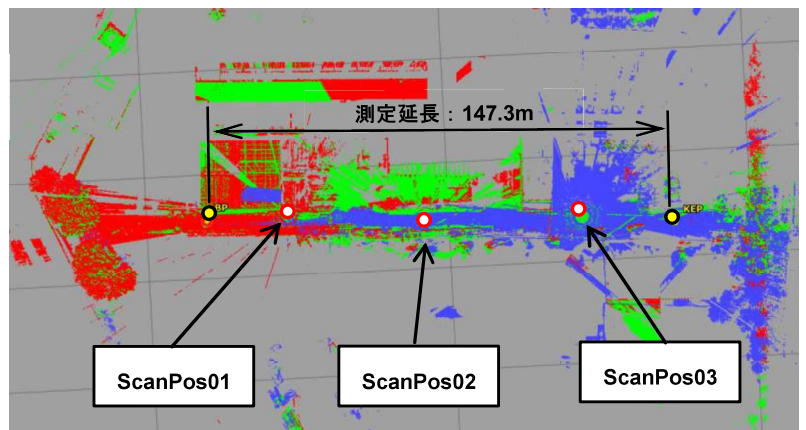


図-3 レジストレーション結果の一例

4. おわりに

本研究では、筆者らが提案した TLS と高性能 GNSS を組み合わせたセルフレジストレーションについての計測手法の標準化を図り、その効果を検証した結果、作業効率ならびに計測精度の向上につながる事が確認できた。今後、専用のソフトウェアを開発し、実現場で試行することで、現場業務の効率化を図っていく予定である。

参考文献

- 1) 佐藤, 山口ほか: ICT 舗装工における地上型レーザースキャナと GNSS を用いた三次元計測の効率化, 土木学会第 75 回年次学術講演会, 2019.9.
- 2) 森石, 富山ほか: ICT 舗装工における点群データ取得の効率化と適用範囲拡大について, 土木学会舗装工学講演会, 2019.12.

高性能 GNSS を搭載した UAV による出来形計測への適用について

大林道路株式会社 正会員 ○田原 康平 大林道路株式会社 正会員 森石 一志
i システムリサーチ株式会社 正会員 西川 啓一 北見工業大学 正会員 富山 和也

1. はじめに

現在 ICT 舗装工の出来形管理では地上型レーザースキャナ（以下、TLS）を使用し点群データを取得している。また、擁壁などの大型構造物は、巻尺やレベル等を使用し出来形管理を行っている。しかし、TLS の計測精度を担保できる 1 計測当りの最大測定距離は長いもので半径 50m 程度であり、施工延長が長くなった場合、何度も TLS を盛替えながら計測する必要がある。また、大型構造物の出来形管理は、足場が必要である場合や写真では確認しづらい部分があることから、計測の効率化を検討している²⁾。

そこで本研究では、高精度で位置情報を取得することができる GNSS を搭載した UAV を用いて空中写真測量を行うことにより、ICT 舗装工や大型構造物における UAV を用いた出来形計測の効率化を検討した。なお、本機体は、飛行時の機体の位置および高さを飛行計画通り正確に制御することが可能であることが特徴である。よって、施工延長の長い工事であっても、道路線形や勾配に合わせて飛行することができ、擁壁等鉛直な構造物であっても一定の離隔を守りながら計測することができる。

2. 検討概要

2. 1 試験ヤード

本研究は、試験ヤードとして大林道路(株)東条アスファルト混合所（兵庫県加東市）内のアスファルト舗装部（以下、As 舗装部）およびストックヤード擁壁部（以下、擁壁部）を計測した。

2. 2 計測機器

計測機器は、図-1 に示すような高精度で位置情報を取得することができる GNSS 装置を搭載した UAV (i システムリサーチ製) を使用した。地上には基準局を設置し、RTK 方式により UAV に搭載した GNSS 受信機と無線にて通信を行い、座標を取得することにより、飛行計画を行ったルート上を正確に飛行した。



高性能 GNSS 搭載 UAV

基準局

図-1 計測機器

2. 3 計測方法

UAV での写真測量は以下の手順で実施した。

- (1) 飛行計画 As 舗装部においては、オーバーラップ 80%サイドラップ 60%以上を確保し、飛行高度 20m, 40m, 60m の 3 パターンの飛行計画とする。擁壁部においては対象箇所から 7m の離隔をとり、高度 4m から 17m まで 3m ごとに高度を変えながら水平に飛行するよう計画する。(図-2)
- (2) 対空標識(標定点)および検証点の設置 As 舗装部においては外周標定点および内部標定点とも約 25m 間隔で設置する。擁壁部においては、目地、型枠の継目等解析時に写真を見て識別できる部分を標定点とする。対空標識(標定点)と検証点の座標は GNSS ローバー、TS およびレベルにより計測する。

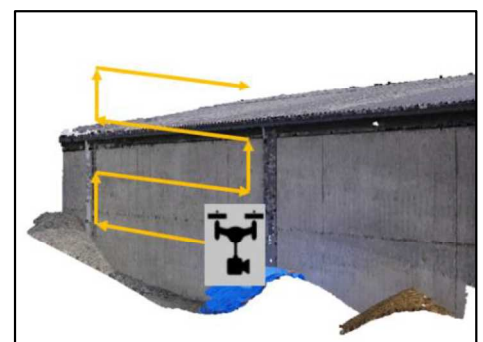


図-2 飛行経路

キーワード 三次元点群データ, ICT 舗装工, 出来形管理, UAV, 高性能 GNSS

連絡先 〒101-8228 東京都千代田区神田猿樂町 2-8-8 大林道路株式会社 TEL03-3295-8855

(3) UAVによる写真測量 あらかじめ計画した飛行経路を UAV に読み込み、自動航行にて計測を行う。擁壁部計測の際のカメラの向きは対象物の法線方向に合わせて撮影するよう設定する。

2. 4 解析方法

撮影した写真の解析および精度検証は以下の手順で実施した。

- (1) 写真解析ソフトは Metashape (Agisoft 社製) を使用して行う。
- (2) Metashape に撮影した写真および標定点座標を取り込み、写真を確認しながら標定点の座標付けを行う。
- (3) 写真から点群を生成する。As 舗装部については 3 パターンの飛行高度において標定点数を 8 箇所、16 箇所、22 箇所と変化させて写真解析を行う。

3. 結果および考察

検証結果の評価は、点群処理ソフトに生成した点群データと検証点座標を読み込み、As 舗装部においては検証点近傍の点群データと検証点の Z 座標 (標高) の値を比較した (表-1)。なお検証点は、通路部は 20m 間隔で左右に 20 点、駐車場部はランダムに 5 点の合計 25 点を選点した。また、擁壁部においては、生成された点群から計測した高さおよび延長と実測値を比較した (表-2, 図-3)。

表-1 アスファルト舗装部検証

飛行高度	地上解像度	標定点数	Z座標較差 (mm)		
			最大	最小	平均
20m	4.5mm	8箇所	16	0	6
		16箇所	12	0	5
		22箇所	13	0	5
40m	9.1mm	8箇所	14	0	6
		16箇所	19	0	5
		22箇所	14	0	6
60m	13.6mm	8箇所	29	1	8
		16箇所	30	0	9
		22箇所	25	0	7

表-2 擁壁検証結果

	現場実測値 (m)	点群実測値 (m)	較差 (mm)
高さ1	2.940	2.941	1
高さ2	2.942	2.944	2
高さ3	2.946	2.946	0
延長1	3.801	3.799	-2
延長2	6.487	6.484	-3

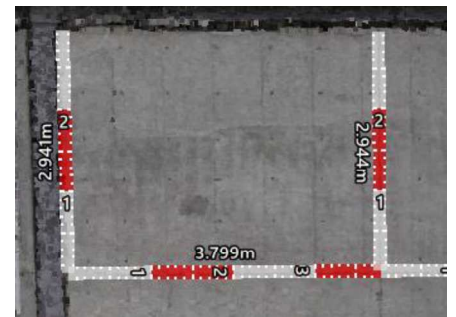


図-3 擁壁点群実測

これら高性能 GNSS 搭載 UAV を使用して計測した結果から、As 舗装部において計測精度は、飛行高度 40m 地上解像度 10mm 以下であれば、最大較差 15mm、平均誤差 5mm 程度の精度で計測できることが分かった。しかし、ICT 舗装工に規定される表層工における測定精度 4mm は満足していないため、標定点の配置方法や取得写真への撮影位置の付与等計測方法や解析方法の改善を行うことにより精度の向上を検証することを考えている。また、複数の事例を示すことにより、実現場の施工の品質が担保される測定精度を検証し、ICT 舗装工にも UAV による出来形管理が適用できるよう検討している。

擁壁部においては、現場実測値と点群実測値がほぼ同様で、精度良く計測できることが確認された。さらに、当 UAV の特性を生かし、自動で精度よく飛行できたため、熟練の技術を要しなくとも一定精度の品質を保って計測できることも確認された。

4. まとめ

- 高性能 GNSS 搭載の UAV は、計画した飛行経路、写真のラップ率および地上解像度を確保した計測が可能であることから、安定した測定精度が得られる。
- 計測方法および測定精度の検討により、表層工の出来形管理への UAV の適用が期待できる。
- 大型構造物においても、従来の出来形の計測方法による測定値と同等の精度で計測することができることから、構造物の出来形管理への適用も期待できる。
- 高性能 GNSS の使用により、熟練の操作技術がなくても複雑な経路を自動飛行し、また同一経路を飛行できることから、出来形管理だけでなく維持管理での活用も考えられる。

参考文献

- 1) 国土交通省：地上型レーザースキャナーを用いた出来形管理要領 (舗装工事編) (案), 2019.3.
- 2) 森石ほか：ICT 舗装工における点群データ取得の効率化と適用範囲拡大について, 土木学会論文集 E1, Vol.75, p.I_77-I_85, No.2, 2019.12.

■ 3次元データの活用事例

4Dモデルを活用した建設工事の安全管理手法に関する研究



大林道路(株)
技術部担当部長 佐藤 正憲

大林道路(株) 代表取締役社長	福本 勝司
東京大学大学院工学系研究科 教授	小澤 一雅
Intelligent Acorn 代表	一岡 義宏

当社は、2018年10月に東京大学大学院工学系研究科に設置された「i-Construction システム学寄付講座」において、「4Dモデルを活用した建設工事の安全管理手法」と題し、3次元データの活用により最適な作業手順が作成可能となるシステム構築について、東京大学と共同研究に取り組んでいる。本稿では、その研究概要について紹介する。

1. はじめに

i-Constructionの推進、生産性向上ツールの一つとして3Dモデルの利活用が挙げられるが、設計、施工および維持管理プロセスだけでなく、建設生産プロセス全体における様々な場面で有効に利活用していくことが、今後、建設業界全体で取り組むべき課題である。

安全管理を共同研究テーマとした背景として、作業手順を作成する際に同種作業実施時に発生した過去の事故事例を確認し対策を行えば、発生を回避できた事故もあったと考え、視覚的に確認が可能な3Dモデルに工程を追加した4Dモデルを活用し、仮想空間上でシミュレーションを実施することが効果的であると判断した。

3Dモデルを活用し、仮想空間上で作業シミュ

レーションを行い、工種・検索キーワードにより分類し、データベース化された安全衛生規則および過去の事故事例より、当該作業に合致した内容について抽出・表示し、ユーザーが視覚的に確認を行いながら事前に施工上の問題点について対策を検討することで、事故の発生を抑制することが可能となる。

2. 従来の作業手順作成方法

工事着手前に作成する作業手順書は、技術者が現地確認を行った上で設計図書を確認し、実際に施工するイメージをしながら作成している。そのため、作成された作業手順書は技術者のスキルと経験に左右されたものとなっており、経験が不足した技術者が作成したものは実作業に全く利用できないことも想定される。

近年、建設業従事者は減少の一途をたどっており、熟練技術者および技能者も同様に減少することが予想されており、過去の知見や経験をどのように形式知化し、後世に残し引き継いでいくか重要な課題である。

3. 研究開発概要

(1) 研究開発目標

下記事項を開発目標として、研究に取り組んでいる。

- ・過去の事故事例、ヒヤリハットおよび関係法令のデータベースより施工上のポテンシャルリスクを抽出し、事前に施工上の問題点について対策を検討できるシステム。
- ・ユーザーインタラクティブなシステムで、技術者がシステム上でシミュレーションをしながら安全な施工計画、重機、作業員の配置計画および仮設計画を検討することができるシステム。

(2) 開発するシステムの特徴・構成・機能

① ユーザーインタラクティブで技術者を育成

本システムのユーザーは、土木技術者の利用を前提とし、判断を行いながら進めていくものとする。

② システム検証手順の視認性

システムを利用して作業シミュレートを行い導き出した施工方法が、現場に最適であることを視覚的に確認し、別の第三者が理解、納得できるものとする。

③ 法令規則および過去の事故事例の有効活用

作業シミュレート時に法令違反および過去の事故事例と同種作業が発生した場合について、アラート表示を行う。ここでユーザーはアラート内容を確認し、作業手順、仮設などの見直しを行うものとする。

④ システムの拡張性

システムは、外部ソフトやデータベースとデータを相互に受け渡すことが可能であるものとする。

(3) システムの開発プロセス

① 入力基盤の構築

シミュレートに必要な作業手順書、工程表、安全衛生規則および労働災害データベースを作成し、抽出するための検索キーワードを設定する。

② API の構築

入力基盤に記入したデータより必要となるデータについて、他のソフトとの相互利用を目的とし、必要となる API を構築する。

③ 安全衛生規則の整理

安全衛生規則は 678 の条項数があり、一つの作業に限られたものではないため、この中から当該作業に合致した条項を抽出するために、適切な分類とキーワードの設定を行う。また、記載されている条文に付保した内容の一部について、以下に示す。

- ・「してはならない」 → 禁止事項
- ・「しなければならない」 → 遵守事項
- ・「周知させなければならない」 → 周知事項
- ・「必要な措置を講じなければならない」 → 必要措置
- ・「免許」、「技能講習」、「特別教育」、「作業主任者」、「資格」 → 必要資格

前述のとおり、分類結果と法令を遵守する時期（施工前 or 施工中 or 施工後）を確認し、作成する作業手順書に表示する位置とタイミングを特定することとした。

④ 過去の事故事例の整理

「国土交通省積算体系ツリー」に基づき、工種・種別・細別に分類し、当該作業に合致した事例を抽出できる仕組みとした。また、事故に起因

した行動や本来、作業手順書に記載すべきであった内容について整理を行い、どのようなアラート表示が必要か再発防止策を参考に整理を行った。以上の整理において、同種事故が複数抽出されたものについては、事故による損失日数と発生確率を乗じた評価値を計算し、評価値が高いものを抽出・表示することとした。

(4) システムのユーザー利用フロー

ユーザーが以下①～④に記載の手順を実行することにより、当該作業に最適な手順が作成できるシステムの開発に取り組んでいる。

① 3D データ作成

設計図書(平面図、縦横断図、構造図等)により作成された3D設計モデル(図-1)は、位置情報を保有する基盤地図(国土地理院より無償公開されている基盤地図情報等)に重畳する(図-2)。

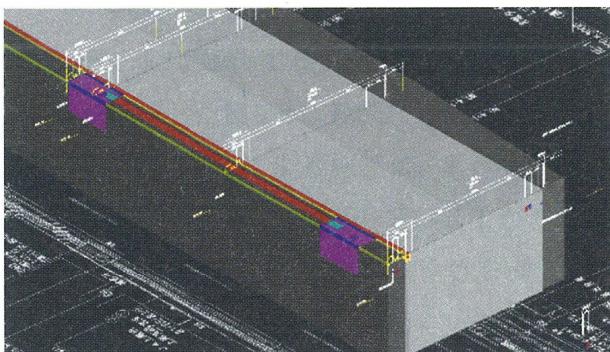


図-1 3D設計モデル(参考)

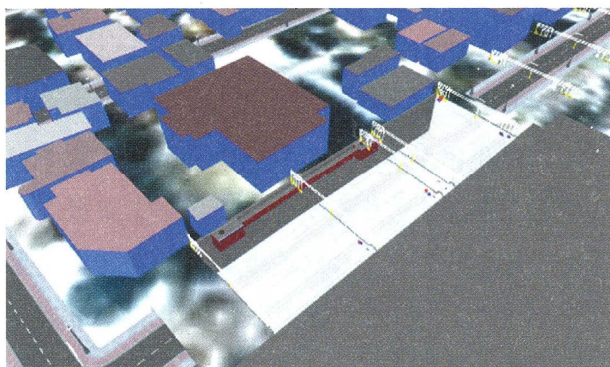


図-2 3D設計+現況モデル(参考)

作業箇所周辺の地上物などの詳細情報が必要となる場合については、UAVまたは地上型レーザースキャナーなどを使用して3次元点群

データを別途取得する。地下埋設物については、3Dモデルの提供がない場合、必要に応じて管理図面により新たに作成する。

② 作業手順・工程の作成と安全衛生規則の確認

①で作成した3Dモデル上において、3Dモデル部材(重機、作業員、仮設材等)をユーザーが配置しながら作業検討を行い、作業手順の検討を行う(図-3)。入力フォーマット上には、デフォルトの作業手順および関係する安全衛生規則を表示し、3Dモデル上における作業検討結果より作業手順の加筆、修正を行う。

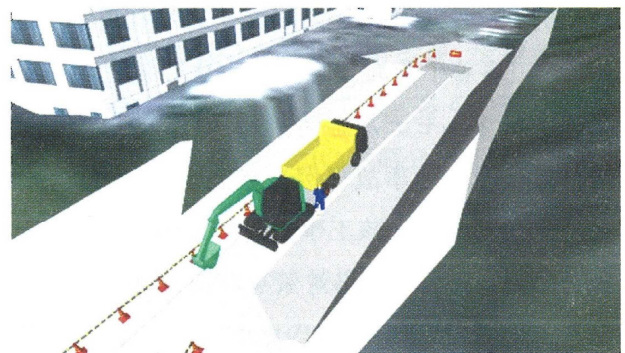


図-3 作業手順の検討(参考)

検討した手順をもとに工程表(タイムスケジュール)を作成し、使用資機材を決定する。

③ 過去の事故事例確認と作業手順の修正

データベースより抽出された過去の事故事例をもとに、作業手順の修正を行わなければ次工程の手順が作成できない仕組みとする(図-4)。

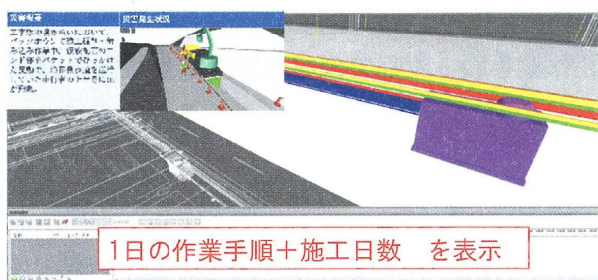


図-4 作業手順の修正イメージ(参考)

④ 作業打ち合せ段階におけるシステムの活用

関係者で日々実施される作業打ち合せにおいて、作成した4Dモデル上で過去の事故事例を

表示したものを利用し、視覚的に合意形成することを目的に活用する。



図ー5 作業打ち合せ時における活用イメージ(参考)

4. まとめ

研究開発を進めているシステムを利用することで、工事着手前に現場条件および施工条件を踏まえた4Dモデルを活用し、視覚的に現場状況および過去の事故事例を確認することで、作業手順作成時に当該工事に潜むポテンシャルリスクに対して、事前に対策を検討することが可

能となる。

経験の浅い技術者であっても、過去にどのような状態でどのような事故が発生したかについて視覚的に学ぶことが可能となり、経験を補うための一つのツールとして活用できるのではないかと考えている。

本研究は現在、試行錯誤しながら進めている段階であり、今後の研究進捗によりブラッシュアップを行いながら、技術者が利用しやすいものを提供できるよう進めていく所存である。

なお、本研究成果はオープンソースとして無償公開される予定である。

【参考文献】

- 1) 佐藤正憲、福本勝司、小澤一雅、一岡義宏：4Dモデルを活用した建設工事の安全管理手法、第1回 i-Construction の推進に関するシンポジウム、土木学会建設マネジメント委員会、2019.7