

**平成20年度  
建設技術報告会報文集**

**平成20年10月**

**北陸地方建設事業推進協議会  
建設技術報告会実行委員会**

## は　じ　め　に

北陸地方は、急峻な地形、脆弱な地質、冬期の波浪や降雪など、自然災害要因の面では厳しい条件下にある一方で、美しく豊かな自然、歴史・文化の蓄積や、日本列島の中央に位置し北東アジアに向き合うという地理的な利点に恵まれた、発展の可能性が高い地域です。北陸地域がおかれた厳しい条件を克服しつつ、その素晴らしさを十分に活かし、安全で活力に満ちた魅力ある地域にしていくことが求められています。

また、21世紀にふさわしい真に豊かさを感じることでできる国民生活のためには、透明性の確保を図り、地域の実情に応じ、無駄なくスピーディーにコスト削減を図りつつ質の高い公共事業の執行及び自然災害に強い国土づくり並びに環境の保全・創造に向けて今後様々な課題を克服していかなければなりません。その中でも建設技術の開発・普及は重要な位置を占めています。

建設技術報告会は北陸地方において、普及促進が期待される新技術・新工法・創意工夫を官公庁及び民間の建設事業に携わる技術者に広く紹介し、普及へ結びつけるために平成7年度から今年で13回目となります。

今回の32課題の新しい技術の発表は北陸で活用されるというだけでなく、地域における技術者の技術力向上・習得の機会となれば幸いです。

国土交通省では、民間等で開発された新技術の活用促進を目的に「公共工事における新技術活用促進システム」を平成18年8月1日から本格運用しています。

北陸地方整備局でも、産・学・官から構成される評価会議を通じて評価を行い、有用な新技術の活用促進と技術のスパイラルアップを図ることで、公共工事の品質確保、コスト削減等に取り組んでいます。

最後になりましたが、本報告会が北陸地方の新技術の活用・普及促進に資することを期待しますとともに、開催にあたりまして、大変ご協力を賜りました関係各位に心から御礼申し上げます。

建設技術報告会実行委員長  
佐久間 満  
(北陸技術事務所長)

# 北陸地方建設事業推進協議会「平成20年度 建設技術報告会」プログラム

## 第1会場〔メインホール（スノーホール）B〕

### ▼開会式

9:30 ~ 9:40	開会挨拶	小池 幸男	北陸地方整備局 企画部長
-------------	------	-------	--------------

### ▼記念講演

9:40 ~ 10:25	演題『北陸地域における防災について』(仮)	小川 信一	北陸地方整備局 企画部 防災課長
--------------	-----------------------	-------	------------------

### ▼技術報告

第一グループ	10:35 ~ 10:51	③	ロングスパン地表伸縮計の検討について	山形 公次	北陸地方整備局 北陸技術事務所
	10:51 ~ 11:07	③	直立浮上式防波堤の開発	小林 真	(株)大林組 土木本部 生産技術本部 海洋土木技術部
	11:07 ~ 11:23	③	曲がり削孔による既設構造物の液状化対策	林 健太郎	五洋建設(株) 技術研究所
	11:23 ~ 11:39	③	崖錐斜面上の大規模な軽量盛土(EPS)に対する性能照査の必要性	池淵 稔	東京コンサルタンツ(株) 新潟富山支店
	11:39 ~ 11:55	③	液状化対策としての静的圧入締固め工法(CPG工法)	足立 雅樹	みらい建設工業(株) 技術部
11:55 ~ 12:05 質疑・応答					
12:05 ~ 13:05 休憩(昼食)					
第二グループ	13:05 ~ 13:21	③	道路防雪施設マニュアル[コンクリート構造編]の改訂	柳原 英克	北陸PC防雪技術協会 技術部会
	13:21 ~ 13:37	②	イーゼースラブ橋(H鋼桁埋込RC床版橋)	山田 英樹	(株)加賀田組 建設本部 技術部
	13:37 ~ 13:53	②	トンネル内巻補強工法の開発	田中 俊行	鹿島建設(株) 技術研究所
	13:53 ~ 14:09	②	MMB(マルチ・ミキシングバケット)工法の開発	高木 泰宏	(株)福田組 土木事業本部 エンジニアリング事業部
14:09 ~ 14:19 質疑・応答					
14:19 ~ 14:29 休憩					
第三グループ	14:29 ~ 14:45	②	ブロック舗装強化工法	小栗 直幸	大成ロテック(株) 生産技術本部 技術研究所
	14:45 ~ 15:01	②	常温ガラスコーティングシステム	増野 雄三	大成ロテック(株) 中部支社 工事部
	15:01 ~ 15:17	②	加熱明色薄層舗装(明色トンネルシール工法)の適用性について	長谷川 淳也	日本道路(株) 技術研究所
	15:17 ~ 15:33	②	場所打ちPC床版(フルプレストレス)のプレストレスロス対策	塚嶋 雅則	東京コンサルタンツ(株) 新潟富山支店
15:33 ~ 15:43 質疑・応答					
第四グループ	15:43 ~ 15:59	②	薄層表面処理工法「ニッポカーペット」について	高畑 浩二	(株)NIPPOコーポレーション 北信越支店 試験所
	15:59 ~ 16:15	②	PC道路橋計画マニュアルの改訂について	武田 祐二	オリエンタル白石(株) 北陸支店
	16:15 ~ 16:31	②	RPDによる連続打撃動的貫入試験	中野 義仁	(株)興和 調査部
16:31 ~ 16:41 質疑・応答					

### ▼閉会式

16:50 ~ 17:00	総評・閉会挨拶	佐久間 満	「平成20年度建設技術報告会」実行委員長 (北陸地方整備局 北陸技術事務所長)
---------------	---------	-------	--

技術テーマ：①「雪に強い地域づくり」、②「良いものを安く」、③「自然災害からの安全確保」、④「環境の保全と創造」、  
⑤「ゆとりと福祉」、⑥「その他」

# 北陸地方建設事業推進協議会「平成20年度 建設技術報告会」プログラム

## 第2会場〔中会議室201〕

### ▼技術報告

第一グループ	10:35 ~ 10:51	①	オールシーズン型環境舗装の効果	佐沢 昌樹	(株)ガイアートT・K 技術研究所
	10:51 ~ 11:07	①	ザベック工法タイプG(凍結抑制舗装)について	片山 潤之介	世紀東急工業(株) 技術本部 技術部
	11:07 ~ 11:23	①	融雪用プレキャストRC版舗装の設置事例	小森 幸弘	永井コンクリート工業(株)
	11:23 ~ 11:39	①	施工性・メンテナンス性を向上した新型消雪パイプブロック	桑原 賢二	(株)興和 技術開発室
	11:39 ~ 11:55	⑤	ニューカラーコート・シリーズ(常温型薄層カラー舗装)	小河 浩幸	東亜道路工業(株) 北陸支社 技術部
11:55 ~ 12:05 質疑・応答					
12:05 ~ 13:05 休憩(昼食)					
第二グループ	13:05 ~ 13:21	⑥	NATMとシールドを融合した新しいトンネル工法『SENS』の開発	木村 晃	(株)熊谷組 土木事業本部 シールド技術部
	13:21 ~ 13:37	⑥	コンクリート構造物のひび割れ検出システム	小山 哲	大成建設(株) 技術センター 土木技術研究所 土木構工法研究室
	13:37 ~ 13:53	⑥	手すり先行工法に基づく働きやすい安心感のある足場	赤峰 民生	全国仮設安全事業協同組合 企画広報部
	13:53 ~ 14:09	⑥	重機用危険探知・警報装置に関する技術報告	瀧口 港	(有)アムカ 企画担当
14:09 ~ 14:19 質疑・応答					
14:19 ~ 14:29 休憩					
第三グループ	14:29 ~ 14:45	④	軽量緑化パネル工法による屋上緑化について	原 克也	(株)植木組 本社 環境エンジニアリング部
	14:45 ~ 15:01	④	ヒートスティック工法(薄層路面補修工法)の開発	鎌田 修	鹿島道路(株) 技術研究所
	15:01 ~ 15:17	④	下水汚泥焼却灰の安定化処理とアスファルトフィラー化	大矢 昌樹	(株)金沢舗道 生産部
	15:17 ~ 15:33	④	ヒートドレッシング工法の試験施工および調査結果	平方 和幸	福田道路(株) 技術研究所
15:33 ~ 15:43 質疑・応答					
第四グループ	15:43 ~ 15:59	④	環境対応型グラブ(スーパーグラブバケット)浚渫工法	津田 宗男	東亜建設工業(株) 土木事業本部 技術研究開発センター
	15:59 ~ 16:15	④	カキ殻を活用した屋上緑化工法	阿部 信夫	(株)本間組 建築事業本部 企画設計部
	16:15 ~ 16:31	④	MLT工法による減容化システム	岩野 明	(株)本間組 土木事業本部 土木部
16:31 ~ 16:41 質疑・応答					

技術テーマ：①「雪に強い地域づくり」、②「良いものを安く」、③「自然災害からの安全確保」、④「環境の保全と創造」、⑤「ゆとりと福祉」、⑥「その他」

# 目次

1. 報告技術概要	1
2. 第1会場 報告技術	
ロングスパン地表伸縮計の検討について	13
直立浮上式防波堤の開発	17
曲がり削孔による既設構造物の液状化対策	21
崖錐斜面上の大規模な軽量盛土（EPS）に対する性能照査の必要性	25
液状化対策としての静的圧入締固め工法（CPG工法）	29
道路防雪施設マニュアル〔コンクリート構造編〕の改訂	33
イーゼースラブ橋（H鋼桁埋込RC床版橋）	37
トンネル内巻補強工法の開発	41
MMB（マルチ・ミキシングバケット）工法の開発	45
ブロック舗装強化工法	49
常温ガラスコーティングシステム	53
加熱明色薄層舗装（明色トンネルシール工法）の適用性について	57
場所打ちPC床版（フルプレストレス）のプレストレスロス対策	61
薄層表面処理工法「ニッポカーペット」について	65
PC道路橋計画マニュアルの改訂について	69
RPDによる連続打撃動的貫入試験	73
3. 第2会場 報告技術	
オールシーズン型環境舗装の効果	77
ザベック工法タイプG（凍結抑制舗装）について	81
融雪用プレキャストRC版舗装の設置事例	85
施工性・メンテナンス性を向上した新型消雪パイプブロック	89
ニューカラーコート・シリーズ（常温型薄層カラー舗装）	93
NATMとシールドを融合した新しいトンネル工法『SENS』の開発	97
コンクリート構造物のひび割れ検出システム	101
手すり先行工法に基づく働きやすい安心感のある足場	105
重機用危険探知・警報装置に関する技術報告	109
軽量緑化パネル工法による屋上緑化について	113
ヒートスティック工法（薄層路面補修工法）の開発	117
下水汚泥焼却灰の安定化処理とアスファルトファイバー化	121
ヒートドレッシング工法の試験施工および調査結果	125
環境対応型グラブ（スーパーグラブバケット）浚渫工法	129
カキ殻を活用した屋上緑化工法	133
MLT工法による減容化システム	137

# 技術概要

## ロングスパン地表伸縮計の検討について

自然災害からの安全確保

主な施工場所：共通

技術の概要：地すべりや斜面崩壊災害の復旧現場では、二次災害を防ぐため、地表伸縮計を設置して斜面変位を監視している。しかし、危険な斜面内での設置作業に2時間以上かかり、斜面変動とともに何度も設置替えが必要になることが課題である。そこで、上記課題を解決できるロングスパン地表伸縮計を考案した。

	氏名	勤務先	連絡先	勤務先所在地
発表者	山形 公次	北陸地方整備局 北陸技術事務所	TEL 025-231-9045 FAX 025-231-1283	〒950-1101 新潟県新潟市西区山田2310-5

開発年度：H18.9.27～H20.2.28

適用実績：—

公的機関の認定等：—

発表の経過：—

## 直立浮上式防波堤の開発

自然災害からの安全確保

主な施工場所：河川

技術の概要：高波や津波災害を防ぐ防波堤は、船舶の航路には設置できないため、局波、津波の航路からの侵入を遮断することは困難であった。直立浮上式防波堤は、常時は船舶の障害とならないように鋼管を海底面以下に沈設し、高波や津波来襲時にだけ鋼管を水面上に浮上させて高波・津波被害を防ぐ全く新しい形式の防波堤である。

	氏名	勤務先	連絡先	勤務先所在地
発表者	小林 真	(株)大林組 土木本部 生産技術本部 海洋土木技術部	TEL 03-5769-1314 FAX 03-5769-1974	〒108-8502 東京都港区港南2-15-2 品川インターシティB棟

開発年度：H16.4～H20

適用実績：—

公的機関の認定等：—

発表の経過：第33回海洋開発シンポジウム H20.7.1

## 曲がり削孔による既設構造物の液状化対策

自然災害からの安全確保

主な施工場所：共通

技術の概要：溶液型薬液を既設構造物直下地盤に注入することにより液状化を防ぐ浸透固化処理工法が開発され、多くの施設に適用された。近年、自由曲線により削孔を行う施工法が開発され、さらに適用性が広がった。本報告では曲がり削孔技術の説明を行い、既存施設の液状化対策事例を紹介する。

	氏名	勤務先	連絡先	勤務先所在地
発表者	林 健太郎	五洋建設(株) 技術研究所	TEL 0287-39-2116 FAX 0287-39-2132	〒329-2746 栃木県那須塩原市四区町1534-1

開発年度：H12.4.1～H20.3.31

適用実績：八代港(外港地区)岸壁(-14m)改良工事  
H19.8.28～H20.3.28 国土交通省九州地方整備局

公的機関の認定等：新技術情報提供システム(NETIS) H19.1 国土交通省(登録番号：KT-060120-A)

発表の経過：基礎工 H20.5.1

## 崖錐斜面上の大規模な軽量盛土(EPS)に対する性能照査の必要性

自然災害からの安全確保

主な施工場所：道路

技術の概要：本検討は、崖錐斜面上に最大高さ17mの軽量（EPS）盛土工法で約1.2kmの区間を現道拡幅する計画に当たり、信頼の高い道路構造とするために大規模地震に対する耐震性を動的FEM解析により検討したものである。EPS盛土工法は大規模地震に対して、支柱、床版、アンカーは降伏せず、EPS材は材質を変更することで降伏しないことが確認でき耐震性に優れることが実証された。

	氏名	勤務先	連絡先	勤務先所在地
発表者	池淵 稔	東京コンサルタンツ(株) 新潟富山支店	TEL 076-452-0022 FAX 076-452-0033	〒930-0835 富山県富山市上富居3-12-18

開発年度：—

適用実績：—

公的機関の認定等：—

発表の経過：—

## 液状化対策としての静的圧入締固め工法(CPG工法)

自然災害からの安全確保

主な施工場所：共通

技術の概要：CPG工法は、液状化対策工法のうち密度増大工法の一つに分類される。本報告は、CPG工法を用いてSCP工法のような従来の液状化対策工法では施工が困難な供用中の滑走路直下の液状化対策工事事例について報告する。

	氏名	勤務先	連絡先	勤務先所在地
発表者	足立 雅樹	みらい建設工業(株) 技術部	TEL 03-6436-3719 FAX 03-6436-3737	〒105-0014 東京都港区芝2-14-5 オリックス芝2丁目ビル5階

開発年度：H6

適用実績：東京国際空港地盤改良工事(新B滑走路、A滑走路、W3誘導路)他  
H10.7 国土交通省関東地方整備局

公的機関の認定等：港湾に係る民間技術評価 H11.9 (財)沿岸技術研究センター  
新技術情報提供システム(NETIS) H13.4 国土交通省(登録番号：KT-010005)

発表の経過：液状化対策としてのコンパクショングラウチングの工事事例 H12  
既設構造物の液状化対策 H16

## 道路防雪施設マニュアル[コンクリート構造編]の改訂

自然災害からの安全確保

主な施工場所：道路

技術の概要：標記マニュアルは、2000年度版が北陸地方整備局の設計要領〔道路編〕と直結する形で使われてきたが、それを最新の技術的知見で見直すと共に別途提案されたPCシェッド点検判定要領案と合本させて改訂し、この度2008年度版が作成された。改訂に至った経緯、主な改訂ポイント、使用上の留意事項を報告する。

	氏名	勤務先	連絡先	勤務先所在地
発表者	柳原 英克	北陸PC防雪技術協会 技術部会	TEL 0763-22-4666 FAX 0763-22-4456	〒939-1521 富山県南砺市苗島4760 (川田建設(株)北陸支店)

開発年度：H19.11.16～H20.3.11

適用実績：—

公的機関の認定等：道路防雪施設検討委員会 H20.2

発表の経過：—

## イーゼースラブ橋(H鋼桁埋込RC床版橋)

良いものを安く

主な施工場所：道路

技術の概要：孔あけ加工したH形鋼を並べ、ウェブに横繫鉄筋を貫通させて、コンクリートと一体化させた構造的・施工性・経済性に優れたSRC構造の「イーゼースラブ橋」を紹介いたします。「イーゼースラブ橋」は、低コスト、低桁高、工期短縮、を可能としました。

	氏名	勤務先	連絡先	勤務先所在地
発表者	山田 英樹	(株)加賀田組 建設本部 技術部	TEL 025-247-9125 FAX 025-247-8286	〒950-8586 新潟県新潟市中央区八千代1-5-32

開発年度：H14.3～H16.9

適用実績：23号蒲郡B P坂本側道橋整備工事 H18.12.19～H19.11.30  
国土交通省中部地方整備局名四国道事務所公的機関の認定等：新技術情報提供システム(NETIS) H15.1 国土交通省(登録番号：HR-020028-A)  
石川県建設新技術認定・活用制度 H18 石川県

発表の経過：橋梁と基礎, Vol.39, No.2, pp.49-55 「H形鋼を用いた床版橋」 H17.2

## トンネル内巻補強工法の開発

良いものを安く

主な施工場所：道路

技術の概要：老朽化したトンネルが増加する中、今後トンネルの補修・補強工事は増加するものと考えられる。用途により様々な補修技術が開発されているが、交通量の多い道路等に対して通行止め期間が短く、工費も抑制できる内巻補強工事のニーズが高まっている状況をふまえ、独自の内巻補強技術の開発を行った。

	氏名	勤務先	連絡先	勤務先所在地
発表者	田中 俊行	鹿島建設(株) 技術研究所	TEL 042-489-7934 FAX 042-489-7083	〒182-0036 東京都調布市飛田給2-19-1

開発年度：H17.4.1～H19.3.31

適用実績：北陸自動車道風波トンネル補修工事  
H19.4.3～H20.1.27 東日本高速道路株式会社新潟支社

公的機関の認定等：—

発表の経過：第12回岩の力学国内シンポジウム(投稿中) H20.9.2～H20.9.4

## MMB(マルチ・ミキシングバケット)工法の開発

良いものを安く

主な施工場所：共通

技術の概要：本工法はベスマシンのバックホウに攪拌装置を取付けるアタッチメントタイプで、バケットの爪(掘削ビット)と噴射装置、攪拌混合羽根を一体化したことで、幅広い地質の地盤をほぐしと攪拌を同時に行えるため、施工能力を大幅にアップすることができます。さらに自動計測システムを備えたことで確実な施工管理ができます。

	氏名	勤務先	連絡先	勤務先所在地
発表者	高木 泰宏	(株)福田組 土木事業本部 エンジニアリング事業部	TEL 03-3269-4424 FAX 03-5261-5358	〒162-8411 東京都新宿区市谷本村町3-26

開発年度：H18.1.16～H19.3.30

適用実績：介護老人保健施設「A」新築工事(埼玉県狭山市) H19.6.29～H19.8.31 民間

公的機関の認定等：新技術情報提供システム(NETIS) H19.7 国土交通省(登録番号：KT-070025-A)  
Made in 新潟 新技術普及制度 H20.6 新潟県土木部技術管理課

発表の経過：「北陸の建設技術」(掲載欄：技術レポート) H19.5.10

## ブロック舗装強化工法

良いものを安く

主な施工場所：道路

技術の概要：ブロック舗装は、特に車両が乗入れる箇所において早期に破損が生じることがある。本工法は、このような破損したブロック舗装を強化することを目的に開発した技術であり、セメント系グラウトを目地および支持層部に充填し、ブロックと一体化させて剛性を持たせ、車道の繰返し荷重に耐え得る構造とするものである。

	氏名	勤務先	連絡先	勤務先所在地
発表者	小栗 直幸	大成ロテック(株) 生産技術本部 技術研究所	TEL 048-541-6511 FAX 048-541-6500	〒365-0027 埼玉県鴻巣市上谷1456

開発年度：H18.4.1～H20.3.31

適用実績：金沢・小松線歩道築造工事他 H19.12.3～H20.1.31 石川県白山市

公的機関の認定等： —

発表の経過：第27回日本道路会議 H20.11.1

## 常温ガラスコーティングシステム

良いものを安く

主な施工場所：道路

技術の概要：コンクリート構造物を好みのツヤ・色調に合わせながら、且つ耐久性の向上・外観の長期維持・落書き貼り紙対策ならびに排気ガス汚染を簡単に除去出来る機能を両立させる無機ガラス質膜による新しいコーティング技術

	氏名	勤務先	連絡先	勤務先所在地
発表者	増野 雄三	大成ロテック(株) 中部支社 工事部	TEL 052-231-6951 FAX 052-202-1955	〒460-0008 愛知県名古屋市中区栄2-11-30 セントラルビル

開発年度：H15

適用実績：平成17年度権兵衛地区環境整備工事他  
H17.10.1～H18.1.31 国土交通省中部地方整備局公的機関の認定等：新技術情報提供システム(NETIS) H19.12 国土交通省(登録番号：CB-070036-A)  
新技術・新工法情報データベース H20.2 静岡県建設部建設支援局技術管理室

発表の経過： —

## 加熱明色薄層舗装(明色トンネルシール工法)の適用性について

良いものを安く

主な施工場所：道路

技術の概要：トンネル内のコンクリート舗装の維持修繕においては、建築限界、作業空間の制約、円滑な交通の確保等の種々の要求を満たした上で、明色性、すべり抵抗性、耐久性等の表層機能を満足し、かつ工事期間の短い工法が求められ、これらのニーズを満たす加熱明色薄層舗装の積雪寒冷地におけるトンネル補修適用例を紹介する。

	氏名	勤務先	連絡先	勤務先所在地
発表者	長谷川 淳也	日本道路(株) 技術研究所	TEL 03-3759-4872 FAX 03-3759-2250	〒146-0095 東京都大田区多摩川2-11-20

開発年度：H14～H15

適用実績：長野自動車道岡谷トンネル H16.9 日本道路公団松本管理事務所  
国道9号蒲生トンネル H18.10 国土交通省近畿地方整備局

公的機関の認定等： —

発表の経過：第10回北陸道路舗装会議 H18.6、第27回日本道路会議 H20.11

## 場所打ちPC床版(フルプレストレス)のプレストレスロス対策

良いものを安く

主な施工場所：道路

技術の概要：鋼道路橋のコスト削減において、現場打ちプレストレスコンクリート(PC)床版を用いた少数鉸桁が採用される。ここでは、場所打ちPC床版の実橋での適用性を考慮するために斜角がある場合に着目し、横桁部で生じる床版のプレストレスロスを検証し、その対策案を検討した。

	氏名	勤務先	連絡先	勤務先所在地
発表者	塚嶋 雅則	東京コンサルタンツ(株) 新潟富山支店	TEL 076-452-0022 FAX 076-452-0033	〒930-0835 富山県富山市上富居3-12-18

開発年度：—

適用実績：—

公的機関の認定等：—

発表の経過：—

## 薄層表面処理工法「ニッポカーペット」について

良いものを安く

主な施工場所：道路

技術の概要：ニッポカーペットは、カーペット工法に相当し、大型車交通量が比較的少ない道路の路面性状回復を目的として、加熱アスファルト混合物で既設路面をオーバーレイする表面処理工法である。従来の乳剤系表面処理工法などに劣らない経済性と薄層オーバーレイに近い耐久性を兼ね備えています。

	氏名	勤務先	連絡先	勤務先所在地
発表者	高畑 浩二	(株)NIPPOコーポレーション 北信越支店 試験所	TEL 025-246-0048 FAX 025-244-3792	〒950-0916 新潟県新潟市中央区米山5-11-21

開発年度：H17.4.1～H19.8.31

適用実績：一般県道刈安安楽寺線道路環境改善整備(舗道補修)工事  
H20.2.13～H20.3.31 石川県県央土木総合事務所

公的機関の認定等：—

発表の経過：第27回日本道路会議 H19.11.1

## PC道路橋計画マニュアルの改訂について

良いものを安く

主な施工場所：道路

技術の概要：PC部材は耐久性、メンテナンス性に優れ、構造部材として有意義な材料です。しかしながら、設計・積算・施工が複雑だ、選定基準が不明確、資料が難解、といったご指摘もありました。本マニュアルはそのような課題を解決すべく発行されました。また十年ぶりの改訂であり、最新の構造、耐震性能なども含めております。

	氏名	勤務先	連絡先	勤務先所在地
発表者	武田 祐二	オリエンタル白石(株) 北陸支店	TEL 025-243-4737 FAX 025-241-2901	〒950-0088 新潟県新潟市中央区万代1-3-7 NDKビル6F

開発年度：—

適用実績：—

公的機関の認定等：—

発表の経過：—

## RPDによる連続打撃動的貫入試験

良いものを安く

主な施工場所：共通

技術の概要：本技術は、N値と対応の良い貫入抵抗値(P値)が得られ、地盤の硬軟の変化を評価できる他、同時に土試料も採取され直接地質判別もできるサウンディング技術である。  
また、使用する小型RPD(ロータリーパーカッションドリル)は、1台でボーリング、標準貫入試験も可能であり、調査ボーリング作業の省力化が図れる。

	氏名	勤務先	連絡先	勤務先所在地
発表者	中野 義仁	(株)興和 調査部	TEL 025-281-8815 FAX 025-281-8834	〒950-8565 新潟県新潟市中央区新光町6-1

開発年度：H17.4.1～H20.3.31

適用実績：実物大の空港施設を用いた液状化実験共同研究(石狩)  
H19.7.31～H19.10.31 国土交通省航空局(独)港湾空港技術研究所

公的機関の認定等：新技術情報提供システム(NETIS) H20.8 国土交通省(登録番号：HR-080010-A)

発表の経過：全地連「技術e-フォーラム2006」H18.9.22 (社)全国地質調査業協会連合会主催  
第43回地盤工学研究発表会 H20.7.9 (社)地盤工学会主催

## オールシーズン型環境舗装の効果

雪に強い  
地域づくり

主な施工場所：道路

技術の概要：当社では乱吸水性ポリマーを舗装内に取り込み、これに塩類や水を保持吸収させることによって、一つの舗装で、夏期には路面温度低減から、冬期の凍結抑制まで、環境に寄与できる“オールシーズン型環境舗装”の開発に取り組み、試験施工を通じてその効果について結果がまとまったので報告する。

	氏名	勤務先	連絡先	勤務先所在地
発表者	佐沢 昌樹	(株)ガイアートT・K 技術研究所	TEL 0297-52-4751 FAX 0297-52-2579	〒300-2445 茨城県つくばみらい市小絹216-1

開発年度：H17.4.1～H19.3.31

適用実績：中国自動車道高田～六日市間舗装補修工事  
H20.6.25～H20.7.2 西日本高速道路株式会社中国支社

公的機関の認定等：—

発表の経過：第20回ふゆトピア研究発表会論文集 P133 H20.2.1

## ザベック工法タイプG(凍結抑制舗装)について

雪に強い  
地域づくり

主な施工場所：道路

技術の概要：冬期の道路路面は、凍結することでタイヤがスリップし交通事故の原因となっている。凍結防止工法の一つに、維持管理が容易な凍結抑制舗装である、ザベック工法タイプGは、舗装表面に安全溝を設置し、その溝に凍結抑制剤を充填するものである。本工法は、科学的作用および物理的作用で凍結を抑制する舗装技術である。

	氏名	勤務先	連絡先	勤務先所在地
発表者	片山 潤之介	世紀東急工業(株) 技術本部 技術部	TEL 03-3434-3248 FAX 03-5402-6868	〒105-8509 東京都港区芝公園2-9-3

開発年度：H4.4.1～H9.3.31

適用実績：国道4号岩手県二戸郡一戸町小繋地先  
H19.2.15～H19.3.14 東北地方整備局岩手河川国道事務所

公的機関の認定等：新技術情報提供システム(NETIS) H18.2 国土交通省(登録番号：KT-990566-A)

発表の経過：第8回北陸道路舗装会議 H12.6

## 融雪用プレキャストRC版舗装の設置事例

雪に強い  
地域づくり

主な施工場所：道路

技術の概要：無散水融雪施設の放熱管施工は舗装体内に配管の埋設を行うため、工事規模が大きくなり交通渋滞や交通事故発生の原因となる。そこで、放熱管を埋設したプレキャストRC舗装版を開発し、工事の安全性向上と工期の短縮を図ることが出来た。その融雪用プレキャストRC舗装版と多用化する融雪版について設置事例を述べる。

	氏名	勤務先	連絡先	勤務先所在地
発表者	小森 幸弘	永井コンクリート工業(株)	TEL 0257-47-2331 FAX 0257-47-2336	〒949-4192 新潟県柏崎市西山町礼拝457

開発年度：H17.9

適用実績：桜木IC融雪設備工事 H19.3.27～H19.10.31 新潟国道事務所

公的機関の認定等：特許 H19.12 特許庁

発表の経過：2007舗装10 H19.10.11

## 施工性・メンテナンス性を向上した新型消雪パイプブロック

雪に強い  
地域づくり

主な施工場所：道路

技術の概要：維持管理性・施工性・安全性の向上を目的に開発した新しいプレキャスト消雪パイプブロック。従来は、重量物であるブロック自体をスライドさせながら躯体から突き出した管端(凸部)と受け口(凹部)を順番に接続していた。新型では、ブロックを縁石の様に簡単に据え付けた後、躯体に格納した継手をスライドさせて接続する。

	氏名	勤務先	連絡先	勤務先所在地
発表者	桑原 賢二	(株)興和 技術開発室	TEL 025-281-8816 FAX 025-281-8835	〒950-8565 新潟県新潟市中央区新光町6-1

開発年度：H18. 8. 31～H20. 6. 30

適用実績：魚沼地区消雪設備工事 H19. 8. 3～H19. 12. 27 長岡国道事務所

公的機関の認定等：新技術情報提供システム(NETIS) H20. 6 国土交通省(登録番号：HR-080003-A)  
意匠登録 H19. 4 特許庁(登録第1300559号)

発表の経過：—

## ニューカラーコート・シリーズ(常温型薄層カラー舗装)

ゆとりと福祉

主な施工場所：道路

技術の概要：本技術は、歩道、自転車道、駐車場等の舗装をポリエステルエマルジョンを用いた水性塗材によりカラー化する技術で、従来はアクリルエマルジョンを用いた塗材に対応していた。本技術の活用により、耐久性・施工性・経済性・利用者環境の改善等に優れたカラー舗装が期待されます。

	氏名	勤務先	連絡先	勤務先所在地
発表者	小河 浩幸	東亜道路工業(株) 北陸支社 技術部	TEL 025-228-5333 FAX 025-228-5301	〒951-8057 新潟県新潟市中央区月町1988 フレンドイビル2F

開発年度：H15. 6

適用実績：新潟県立坂町病院駐車場 H19. 3

公的機関の認定等：新技術情報提供システム(NETIS) H18. 3 国土交通省(登録番号：SK-050017-A)

発表の経過：第26回日本道路会議 H17. 10. 27

## NATMとシールドを融合した新しいトンネル工法『SENS』の開発

その他

主な施工場所：共通

技術の概要：SENSは、NATMでは施工が困難で、シールド工法では地山が良過ぎる境界領域地盤での適用を前提に開発された技術で、従来の工法と比較し、より安全性の高い、あるいは、より経済的な選択肢となり得る合理的な施工システムである。(SENSは、シールド・ELC・NATMの良さを組合わせたシステムであります)

	氏名	勤務先	連絡先	勤務先所在地
発表者	木村 晃	(株)熊谷組 土木事業本部 シールド技術部	TEL 03-3235-8649 FAX 03-3266-8525	〒162-8557 東京都新宿区津久戸町2-1

開発年度：H15. 3～H19. 8

適用実績：東北新幹線三本木原トンネル工事 H16. 3～H19. 8 (独)鉄道建設・運輸施設整備支援機構

公的機関の認定等：—

発表の経過：平成18年度土木学会技術賞、成19年度産業技術大賞審査員特別賞  
トンネルと地下等

## コンクリート構造物のひび割れ検出システム

その他

主な施工場所：共通

技術の概要：本技術は、デジタルカメラで撮影した画像にウェブレット変換と画像処理を組み合わせたひび割れの検出・管理技術である。従来は、目視観察によるひび割れ調査が行われている。本技術の活用により、高精度なひび割れ検出が可能であり、品質や客観性の向上が期待できる。

	氏名	勤務先	連絡先	勤務先所在地
発表者	小山 哲	大成建設(株) 技術センター 土木技術研究所土木構工法研究室	TEL 045-814-7230 FAX 045-814-7253	〒245-0051 神奈川県横浜市戸塚区名瀬町344-1

開発年度：H17.4～H19.3

適用実績：—

公的機関の認定等：新技術情報提供システム(NETIS) H20.6 国土交通省(登録番号：KT-080007-A)

発表の経過：コンクリート工学年次論文集 H18.11.6

## 手すり先行工法に基づく働きやすい安心感のある足場

その他

主な施工場所：共通

技術の概要：建設労働死亡災害の中では、墜落・転落災害が最も多く、これを撲滅することは喫緊の課題である。今回は、仮設に起因する建設労働災害撲滅の手段であるハード面では「手すり先行工法に基づく働きやすい安心感のある足場」及びソフト面における「有資格の第三者によるチェックリストに基づく足場の安全点検」について紹介する。

	氏名	勤務先	連絡先	勤務先所在地
発表者	赤峰 民生	全国仮設安全事業協同組合 企画広報部	TEL 03-3639-0641 FAX 03-3639-0640	〒103-0001 東京都中央区日本橋小伝馬町15-18 日本橋SKビル5F

開発年度：—

適用実績：—

公的機関の認定等：—

発表の経過：—

## 重機用危険探知・警報装置に関する技術報告

その他

主な施工場所：共通

技術の概要：重機とその周辺作業員等に超音波送受信装置を装着し、互いの接近を超音波通信により任意の距離で精度良く探知すると同時に、双方に個別に警報を発信する装置である。重機用装置は反射波に反応することなく作業員装置からの応答信号だけを検出するため、様々な構造物の中から作業員だけを探知して警報を発信できる。

	氏名	勤務先	連絡先	勤務先所在地
発表者	瀧口 港	(有)アムカ 企画担当	TEL 03-5735-9070 FAX 03-5735-9075	〒103-0001 東京都大田区萩中三丁目12-4

開発年度：—

適用実績：—

公的機関の認定等：新技術情報提供システム(NETIS) H17.9 国土交通省(登録番号：TS-0200002-A)

発表の経過：—

## 軽量緑化パネル工法による屋上緑化について

主な施工場所：共通

技術の概要：軽量緑化パネル工法「プチガーデン」は建築物の屋上を芝や草花で緑化するため、土層部に吸水ポリマーを充填した発泡スチロールパネルを使用することで従来の軽量土を使用した軽量緑化工法よりも1/2程度に重量を軽量化するとともに作業を省力化した屋上緑化工法である。

	氏名	勤務先	連絡先	勤務先所在地
発表者	原 克也	(株)植木組 本社 環境エンジニアリング部	TEL 0257-23-2260 FAX 0257-21-3720	〒945-0056 新潟県柏崎市新橋3-9 表町ビル3F

開発年度：H15.9.1～H16.10.31

適用実績：柏崎中央病院屋上緑化工事 H17.4.29～H17.5.5 柏崎中央病院

公的機関の認定等：新技術情報提供システム(NETIS) H18.3 国土交通省(登録番号：HR-050031-A)

発表の経過：第24回土木学会関東支部新潟会調査研究発表会 H18.11.21

## ヒートスティック工法(薄層路面補修工法)の開発

主な施工場所：道路

技術の概要：近年、道路事業は年々減少している。また、環境問題の観点から、環境負荷低減に貢献する舗装技術が必要とされている。そこで、切削オーバーレイ工法より安価で廃材およびCO<sub>2</sub>の発生を抑えることが出来るヒートスティック工法を開発した。同工法は、従来のリペープ工法を簡易に施工できるようにした技術である。

	氏名	勤務先	連絡先	勤務先所在地
発表者	鎌田 修	鹿島道路(株) 技術研究所	TEL 042-483-0541 FAX 042-487-8796	〒182-0036 東京都調布市飛田給2-19-1

開発年度：H14.8

適用実績：函館市道山の手2-1号舗装補修工事 H19.7.1～H19.7.2 函館市

公的機関の認定等：—

発表の経過：北陸の建設技術(pp.23-26) H20.3

## 下水汚泥焼却灰の安定化処理とアスファルトフィラー化

主な施工場所：道路

技術の概要：下水処理場で発生する下水汚泥焼却灰は、有害物質等の問題により埋立処分されている。そこで、下水汚泥焼却灰中の有害物質を安定化処理することにより、安全性が向上し、アスファルトフィラーの一部としてリサイクル可能となる。本技術報告は施工後3年が経過した試験施工現場の追跡調査結果等を主としたものである。

	氏名	勤務先	連絡先	勤務先所在地
発表者	大矢 昌樹	(株)金沢舗道 生産部	TEL 076-237-8864 FAX 076-237-3360	〒920-0213 石川県金沢市大野町4丁目レ103-1

開発年度：H15.4.1～H17.3.31

適用実績：金沢港ふ頭用地整備(大浜ふ頭)工事(舗装工その4)【箇所：金沢市大野新町地内】  
H20.3.7～H20.7.7 石川県金沢港湾事務所

公的機関の認定等：石川県リサイクル認定製品(第16号) H17.5 石川県  
石川県ブランド優秀新製品 H17.5 石川県

発表の経過：平成18年度建設技術報告会 H18.10.24

## ヒートドレッシング工法の試験施工および調査結果

主な施工場所：道路

技術の概要：昨年度実施した加熱表面処理工法（ヒートドレッシング工法）の試験施工概要ならびに追跡調査の結果について報告する。また、施工時におけるCO<sub>2</sub>削減効果を算出した結果についても合わせて報告する。

	氏名	勤務先	連絡先	勤務先所在地
発表者	平方 和幸	福田道路(株) 技術研究所	TEL 0256-88-5011 FAX 0256-88-5012	〒959-0415 新潟県新潟市西蒲区大潟2031

開発年度：H19.4～H20

適用実績：平成19年度村上管内路面維持作業(新潟県村上市鶴渡路工区) H19.9.4

公的機関の認定等：—

発表の経過：平成19年建設技術報告会 H19.10 雑誌：舗装 H20.5

## 環境対応型グラブ(スーパーグラブバケット)浚渫工法

主な施工場所：河川

技術の概要：スーパーグラブバケット浚渫工法は、新開発の特殊密閉グラブバケットと薄層浚渫支援システムから構成され、高い密閉性能および高精度の水平掘り機能を有する。これにより、濁りの発生や余分な土砂の取込みを極限まで抑制でき、汚染底泥の浚渫工などにおいて環境に配慮しかつ処分費を含めたトータルコストの縮減を図れる。

	氏名	勤務先	連絡先	勤務先所在地
発表者	津田 宗男	東亜建設工業(株) 土木事業本部 技術研究開発センター	TEL 045-503-3741 FAX 045-502-1206	〒230-0035 神奈川県横浜市鶴見区安善町1-3

開発年度：H18.4.1～H19.3.31

適用実績：平成19年度堅田港航路維持浚渫工事  
H19.9.1～H19.10.31 (独)水資源機構琵琶湖開発総合管理所

公的機関の認定等：新技術情報提供システム(NETIS) H19.4 国土交通省(登録番号：KTK-070001-A)

発表の経過：土木学会海洋開発シンポジウム H20.7.2

## カキ殻を活用した屋上緑化工法

主な施工場所：共通

技術の概要：植物の蒸散作用によるヒートアイランド現象の緩和、植物及び土壌の断熱効果による省エネルギーを目的とし、本来なら産業廃棄物として処理されるカキ殻を屋上緑化の基盤材として利活用する技術である。カキ殻の特性である軽量、保水性、主成分がカルシウムなので酸性雨中和効果もあり、屋上緑化の土壌として適している。

	氏名	勤務先	連絡先	勤務先所在地
発表者	阿部 信夫	(株)本間組 建築事業本部 企画設計部	TEL 025-229-8314 FAX 025-222-6264	〒951-8650 新潟県新潟市中央区西湊町通三ノ町3300-3

開発年度：—

適用実績：—

公的機関の認定等：—

発表の経過：—

## MLT工法による減容化システム

主な施工場所：共通

技術の概要：産業廃棄物・一般廃棄物発生現状から最終処分場の残余年数の問題化が深刻化している。産業廃棄物処分場の新たな処理方法として、全回転型オールケーシング掘削機に大型特殊スクリーを用いて自立した孔壁を造成することで、最終処分場の受け入れ容量を拡大し、最終処分場の延命化を図る。

	氏名	勤務先	連絡先	勤務先所在地
発表者	岩野 明	(株)本間組 土木事業本部 土木部	TEL 025-229-8458 FAX 025-223-5040	〒951-8650 新潟県新潟市中央区西湊町通三ノ町3300-3

開発年度： —

適用実績： —

公的機関の認定等： —

発表の経過： —

# 第1会場 報告技術

# ロングスパン地表伸縮計の検討について

北陸技術事務所 (前) 防災技術課長 齋藤 明  
 (前) 専門員 吉崎 皇淑  
 専門員 ○山形 公次

## 1 背景と目的

地すべりや斜面崩壊が発生した災害復旧現場では、二次災害を防ぐため、一般的に地表伸縮計を設置して斜面の変位を監視している。しかし、「危険な斜面内でのワイヤーと保護管設置に約半日かかる」、「斜面の変動とともに何度も設置替えが必要」、といった点が観測の課題となっていた。そこで、上記課題を解決できる斜面変位監視装置を検討し、「ロングスパン地表伸縮計」を製作した。さらに、実際の災害復旧現場でロングスパン地表伸縮計による変位測定を行った結果について検証し、精度及び信頼性の向上を図ったので、装置の実用化達成と災害現場での運用に向けた状況について報告する。

## 2 ロングスパン地表伸縮計の開発経過

### 2.1 開発目標

現場の要求事項から、開発目標を以下のとおり設定した。

- ①危険な斜面内において、短時間で容易に設置できること。
- ②設置替えを極力少なくし、設営後の維持管理が容易であること。
- ③管理基準値（警戒体制では2mm/h）の判定が可能であること。
- ④崩壊の前兆（第三次クリープ）を検知できること。
- ⑤装置価格が安価であること。

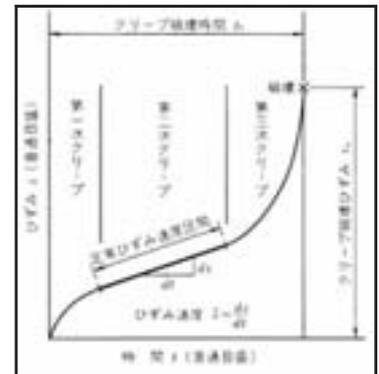


図-1 クリープ曲線

### 2.2 センサ選定とシステム構築

次に開発目標から必要な条件を検討しセンサを決定した。センサは、エレベータやクレーンの位置制御などに使われる工業用センサの中から、測定範囲（伸縮範囲）15mに対応している表-1の機種を選定した。このセンサはワイヤー張力が25Nで、一般的な地表伸縮計（以降、伸縮計）の1.5倍以上あるため、設置と維持管理に手間がかかる保護管なしで計測できるものにした。

表-1 使用センサ

国名	ドイツ
型式名	WDS-15000-P115-P
外観	
測定範囲	15,000 mm
直線性	±0.15%FSO
分解能	無限大
センサ素子	ポテンシオメータ
ワイヤー張力	25N
価格	150,000

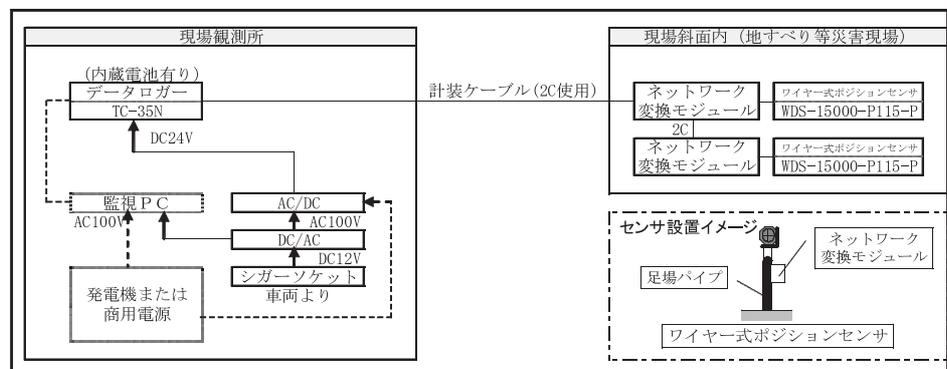


図-2 ロングスパン地表伸縮計のシステム構成図

また、図-2のロングスパン地表伸縮計は、センサにネットワーク変換モジュールを組み合わせ、

測定値をデジタル化して伝送及び記録させることで、ノイズに強くケーブル数を低減できるネットワーク対応型システムとした。特徴は以下のとおりである。

- ① センサは足場パイプで容易に設置可能とし、ワイヤーには保護管不要とした。
- ② 伸縮範囲が最大 15m あるので、斜面が変動しても設置替えが不要である。
- ③ 2 芯ケーブルでデータ伝送と電源供給が可能であり、最大延長 2 km の範囲でセンサを 15 台まで増設することが可能である。

以上より、機材数量が少なく済み、現地搬入、設営、維持管理、センサ増設の全てを容易に行うことが可能なシステムとなっている。

### 3 災害現場での変位測定検証

平成 19 年 4 月 15 日から約 2 ヶ月間、能登半島の崩壊斜面において、ロングスパン地表伸縮計 (SL-1) を既設伸縮計 (S-2) に近接して設置した。既設伸縮計が斜面内での設置作業に 2 時間以上かかり、設置替えも 2 回必要だったのに対して、ロングスパン地表伸縮計の場合は、危険な斜面内での作業は 10 分以内で完了し、その後設置替えをすることなく斜面変位を長期間観測できた。設置状況を図-3 に、得られた測定データを図-4 に示す。

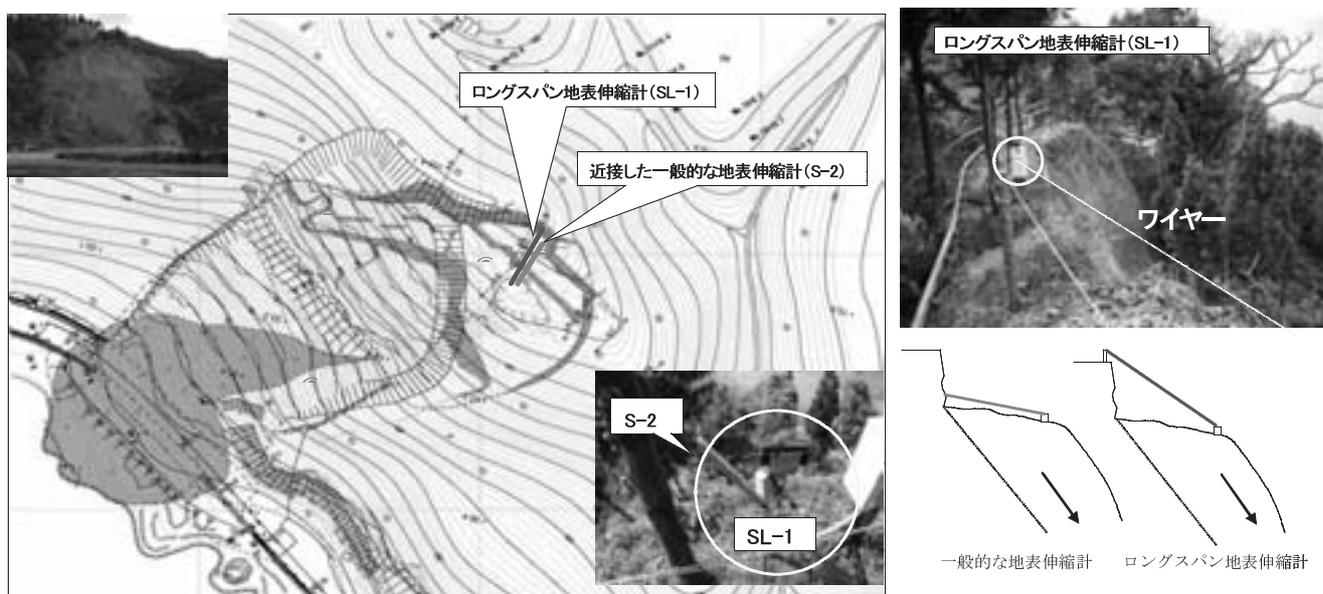


図-3 輪島市門前深見地区ロングスパン地表伸縮計設置状況

測定データを図-5 日変動量、図-6 時間変動量で比較する。図-5 日変動量では、74 日間で SL-1

が 524 mm、S-2 が 501.8 mm の変位を記録した。SL-1 変位量が多いのは、誤差よりも設置断面の違いが大きな原因と考えられ、SL-1 の伸縮の方が、より斜面の移動方向に近く、良好な計測を行えたと考えられる。ただし、図-6 時間変動量では、SL-1 データが段差状になっており、S-2 が 2 mm/h 以上を 1 回計測したのに対して、SL-1 は 2 mm/h 以上を 232 回も計測した。現在の精度では、日変動量など注意体制の判定は可能でも、警戒体制の基準値である 2 mm/h の判定には対応できない。

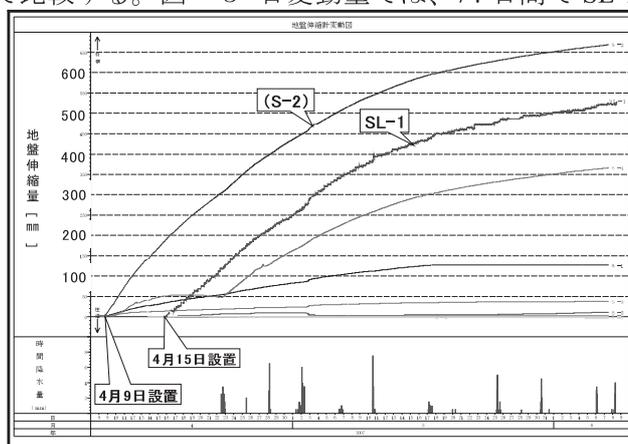


図-4 斜面変位測定データ

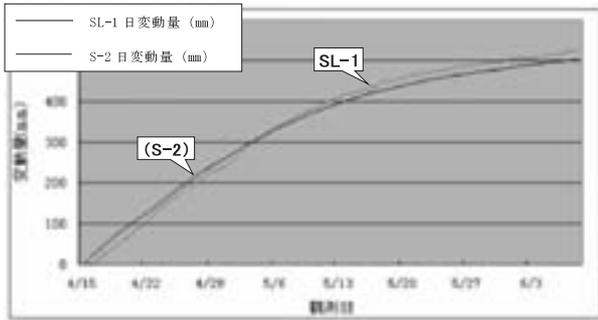


図-5 日変動量の比較

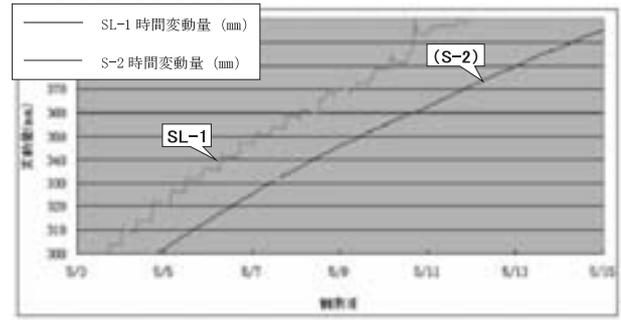


図-6 時間変動量の比較 (一部期間)

#### 4 精度の向上検討

製作したロングスパン地表伸縮計は、伸縮範囲 15m をネットワーク変換モジュールの A/D変換で 15,000 分割し、分解能は 1 mmである。目標とする精度は、輪島市門前深見地区で使用していた既設伸縮計(S-2)と同等とし、その分解能は 0.2 mmである。検討にあたっては、現在のネットワーク対応型システムのメリットを生かすこととした。

精度を上げるため、まず伸縮範囲 15m のまま A/D変換で分解能を 0.2 mmまで上げることを検討した。ところが、ネットワーク変換モジュールの性能として 16,000 分割が限界であることが分かった。変換モジュールの開発については、費用や時間がかかり現実的ではない。そこで、伸縮範囲 15m に固執せず、検討の主眼を「現地状況と要求精度に応じて適切な伸縮範囲と精度を選択する」システムの実現に切り替えた。A/D変換を同じ 15,000 分割にし、伸縮範囲 7.5m で分解能 0.5 mm、伸縮範囲 3 m で分解能 0.2 mmを実現することとした。

他機種との比較を図-7に示す。

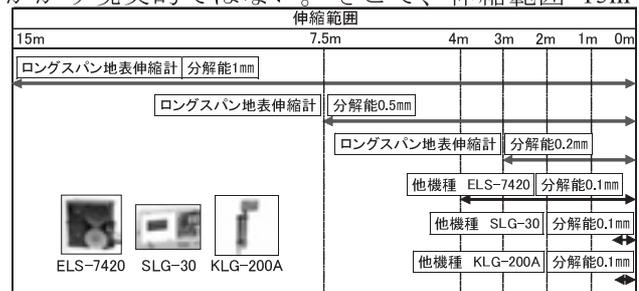


図-7 地表伸縮計の伸縮範囲比較

#### 5 システムの信頼性向上検討

災害復旧現場での設営経験をもとに、システムの信頼性及び実用性を向上させるため、以下の点を改善した。改善後のシステム構成は図-8のとおりである。

- ①監視パソコンとリアルタイム自動観測の整備
- ②電源バックアップ対策及び避雷対策の実施
- ③より運搬・設営が容易な可搬型機材構成の検討

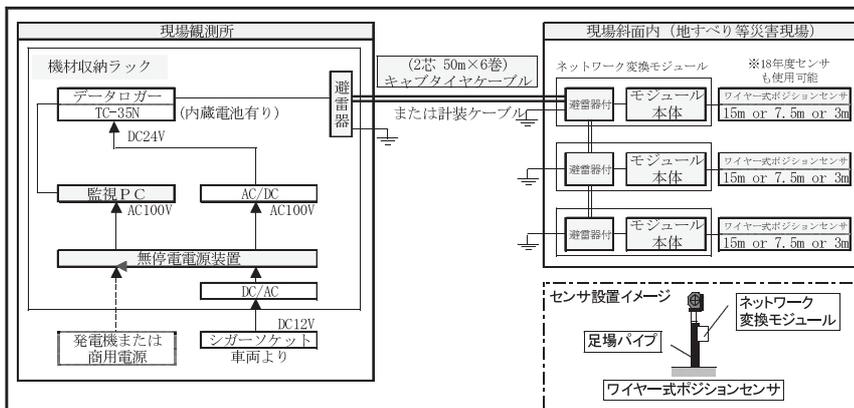


図-8 改善後のロングスパン地表伸縮計システム構成図



写真-1 機材収納ラック



写真-2 モジュール内避雷器

## 6 開発目標に対する達成度評価

ロングスパン地表伸縮計について、開発目標に対しての達成度評価を表-2に整理する。

ロングスパン地表伸縮計は、設置の安全性・迅速性、維持管理の容易さで非常に優れており、崩壊前兆の検知や日変動量の観測が可能である。警戒体制の管理基準値2mm/hの判定が要求される状況では測定範囲3mのセンサに限定されるが、システムとして実用性が高いと評価できる。

## 7 今後の活用にあたって

### 7.1 設置方法のとりまとめ

ロングスパン地表伸縮計の現場活用に向けて、専門業者でなくても容易に設置できるよう、設置方法を取りまとめた。作成及び整理したマニュアル類は以下のとおりである。

- ・機材一覧表及びシステム構成図
- ・センサを固定する足場パイプや移動杭の設置方法マニュアル
- ・データロガー、自動観測ソフトウェアの取扱マニュアル

### 7.2 資材運搬用コンテナの現場観測所使用

輪島市門前深見現場では、当初は車両内で、その後ユニットハウスを借りて監視を行っていた。そこで、当事務所で保有している資材運搬用コンテナを改造し、現場観測所として使用できることとした。改造にあたっては、災害現場への出動が多い監視カメラと衛星小型画像伝送装置(Ku-SAT)の使用も考慮した。図-9が運用イメージである。

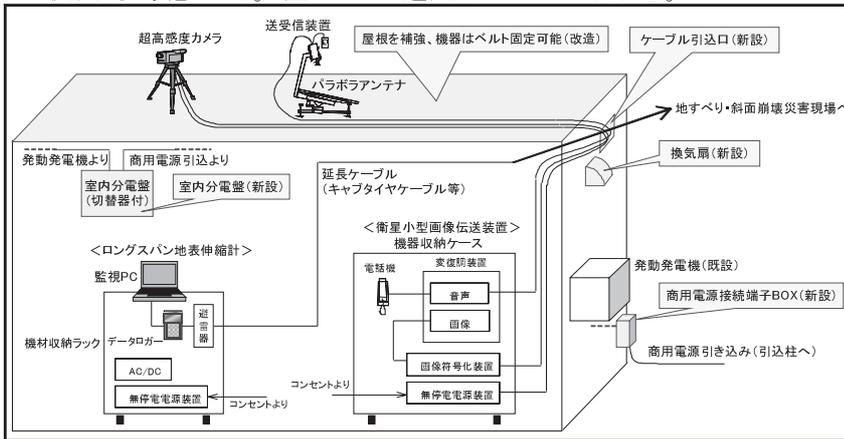


図-9 資材運搬用コンテナによる現場観測所運用イメージ



写真-3 コンテナ外観

## 8 あとがき

本装置の検討期間中においても、地震等により各地で斜面崩壊が発生し、斜面変位の監視が必要とされることが多かった。ロングスパン地表伸縮計は、従来の伸縮計と比べて安全かつ迅速に設置でき、維持管理も容易なため、今後、災害現場の復旧活動支援に貢献できると考えている。最後に、実際の災害現場での装置設置、データ検証などに多大なご協力を頂いた関係者の皆様に深く感謝いたします。

参考文献：齊藤迪孝著 斜面崩壊時刻予測のためのクリープ曲線の適用について 地すべり Vol.24

表-2 開発目標に対する達成度評価

No.	開発目標	ロングスパン地表伸縮計			一般的な地表伸縮計
		15m	7.5m	3m	
1	危険な斜面内において、短時間で容易に設置可能	◎	◎	◎	×
2	設置替えを極力少なくし、設置後の維持管理が容易	◎	◎	◎	×
3	管理基準値を判定可能(日変動量)	○	◎	◎	◎
4	管理基準値を判定可能(2mm/h)	×	×	◎	◎
5	崩壊の前兆(第三次クリープ)を検知可能	◎ 検知可能			◎ 検知可能
6	価格が安価(現場部材含めて比較)	○			○ 現場部材含む

# 直立浮上式防波堤の開発

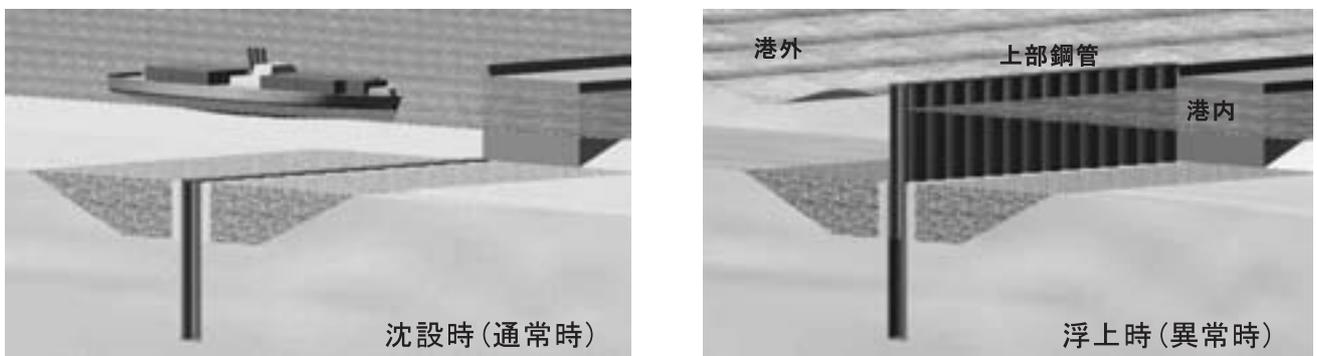
(株) 大林組 東京本社 土木本部 海洋土木技術部 小林 真

## 1 はじめに

港湾の航路（港口）部ではこれまで防波堤を設置できなかったことから、航路から侵入する高波等のエネルギーを遮断し、真に安全な港湾を整備することは難しいのが現状であった。

官民（巻末に示す6者）共同で開発を進めてきた直立浮上式防波堤はこの問題を解決すべく、常時は鋼管を海底面下に沈設し、高波来襲時など異常時にのみ上部鋼管を浮上させて港内施設等を守るという全く新しい概念の可動式防波堤である（図－1 参照）。

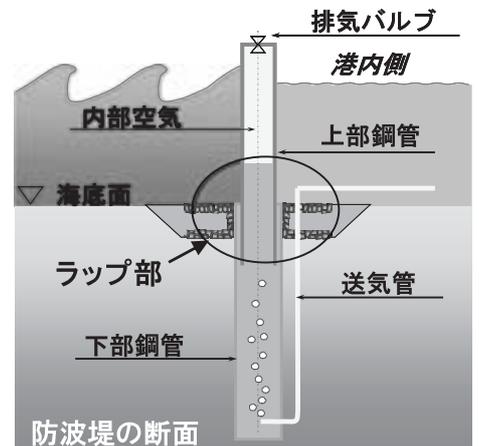
本報文では、これまでに行った本防波堤の可動（浮上・沈降）性能、高波等の防御効果及び構造特性について、大規模水理模型実験と実海域実証試験の成果を中心に紹介する。



図－1 直立浮上式防波堤のイメージ

## 2 構造概要と開発目標

本防波堤は図－2に示すように、上部鋼管が下部鋼管内側に挿入された鞘管構造となっており、浮上は上部鋼管内への送気、沈降は排気バルブの開放により行われる（図－3参照）。法線方向には隣り合う鋼管の間に若干の隙間を有する。また、浮上後の水平力（波力等）の伝達は上・下部鋼管がラップした部分で行われる（図－4参照）。これらの構造的特徴のため、以下のような技術的課題があった。



図－2 構造概要（断面図）

- ①法線方向に開口部を有するため、波に対する遮蔽（防御）効果を明らかにする必要がある。
- ②上・下部鋼管の製作精度（真円度）や下部鋼管の鉛直打設精度を現地施工試験で確認する必要がある。
- ③波浪中においても、円滑かつ確実に浮上・沈降するかを確認する必要がある。
- ④上部鋼管から下部鋼管への水平力の伝達機構を確認する必要がある。
- ⑤上部鋼管が下部鋼管にラップ部で接触する際の作用力、鋼材磨耗状況を把握する必要がある。
- ⑥長期間格納（沈設）中の生物付着状況、各鋼製部材の腐食耐久性等を確認する必要がある。

本研究開発では以上のような課題を解決し、確実な浮上・降下を担保し、長期間にわたり機能を維持することが可能な防波堤の開発を目標としている。

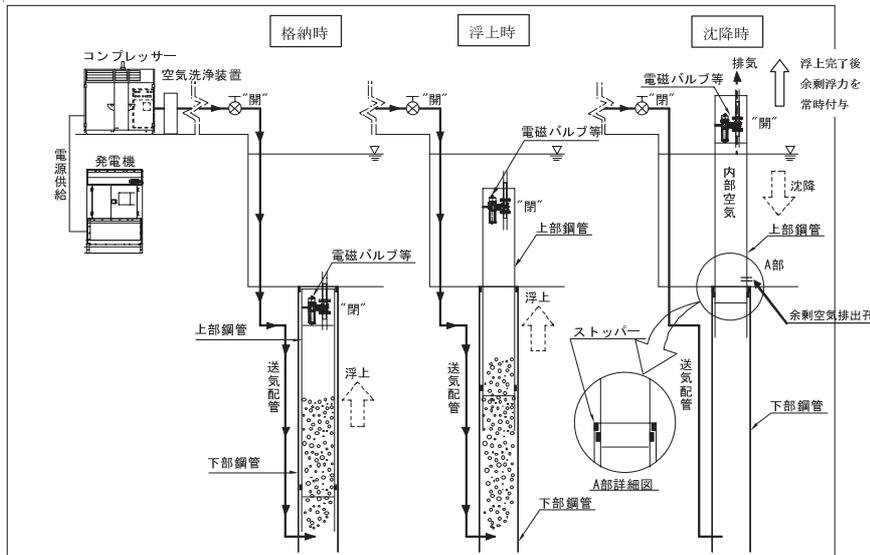


図-3 浮上・沈降のしくみ

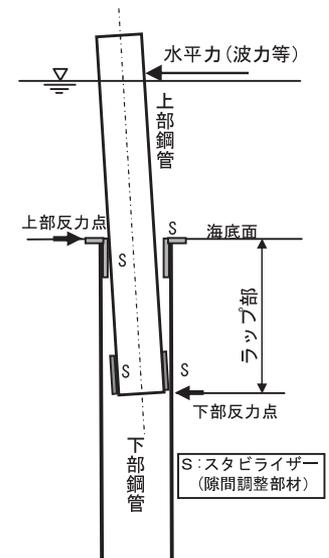


図-4 水平力伝達機構の模式図

### 3. 性能確認試験

#### 3.1 大規模水理模型実験<sup>1)</sup>

実験は、港湾空港技術研究所の大規模波動地盤総合水路（長さ184m、深さ12m、幅3.5m）に縮尺1/5の鋼管模型を設置して行った。上部鋼管が浮上した状態を対象として、直径0.4mの鋼管7本を水路幅方向に設置した。実験波は風波（3.6s～5.4s：現地換算値8s～12s）と津波（20.1s～26.8s：現地換算値45s～60s）を対象とした。写真-1に実験状況を示す。また、図-5に鋼管の開口率と透過率 $K_T$ （透過波高/入射波高）の関係を示す。同図より、開口率が大きくなると透過率が大きくなっていることが分かる。開口率0.05の場合、風波対象波に対して透過率0.35～0.4、津波対象波に対して透過率約0.3となっている。



写真-1 実験状況（津波）

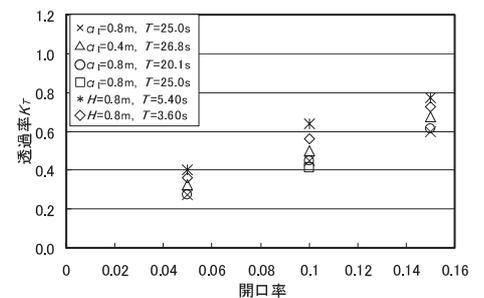


図-5 開口率と透過率 $K_T$ の関係

#### 3.2 実海域実証試験<sup>2)</sup>

##### 3.2.1 試験概要

試験施設は平成18年9月上旬に静岡県沼津港の波除堤ケーソン前面に設置され、平成19年12月まで試験を行った。試験項目は前述した技術的課題を解決する目的で、①施工試験、②浮上・沈降試験、③水平載荷試験、④波浪中耐久性試験、⑤付着生物・鋼材磨耗調査等の5項目とした。

[試験施設]

上部鋼管：Φ1.422m L=14.75m、下部鋼管：Φ1.600m L=16.75m、固定鋼管：Φ1.422m×2本  
設置水深：7.5m、鋼管天端（浮上完了時）：+3.25m

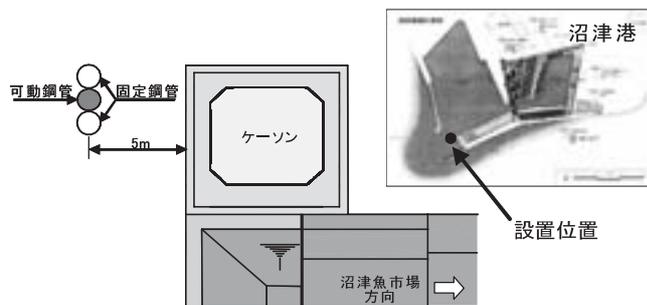


図-6 試験施設の位置図

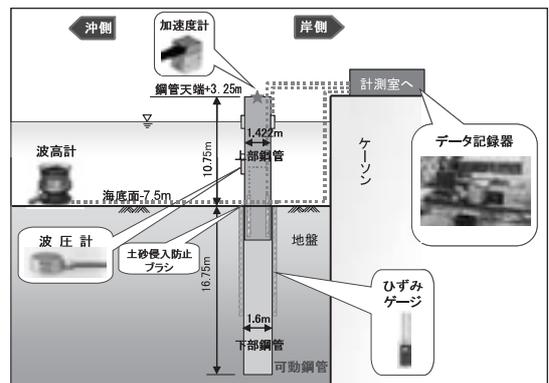


図-7 計測概要

### 3. 2. 2 試験結果

#### (1) 鋼管製作・打設精度

上部鋼管は、肉厚 $t=14\sim 50\text{mm}$ の4種類の鋼管を溶接接合して製作した(写真-2)。その時の最大外径は $1425\text{mm}$ であり $+2.6\text{mm}$ の精度で仕上げることができた。また、最も重要となる鋼管中心線のズレは $0\text{mm}$ であり、十分な真円度を確保することができた。一方、下部鋼管はウォータージェット併用のパイプロハンマーにより打設し、導材を併用することにより良好な鉛直精度を確保することができた。上部鋼管を下部鋼管に挿入した後、沈設させた状況を同写真に示す。

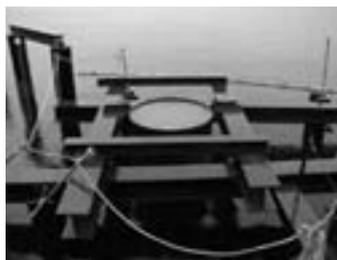


写真-2 施工状況(左:上部鋼管製作、中央:導材による打設、右:沈設中)

#### (2) 可動(浮上・沈降)試験

送気設備はコンプレッサー(送気量 $5.8\text{m}^3/\text{分}$ 、送気圧 $0.83\text{Mpa}$ )、蓄圧タンク及びオイルフィルター等からなるシンプルなものである。写真-3に上部鋼管が海上に浮上した直後の状況を示す。浮上に要する時間は送気量



写真-3 浮上中の状況

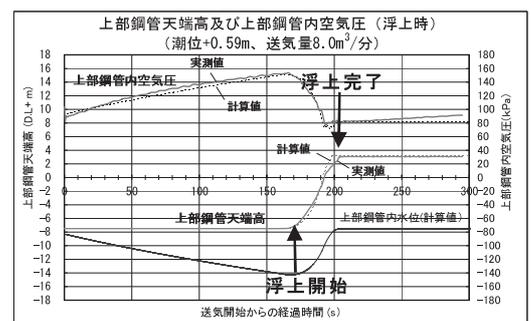


図-8 浮上試験結果

により変化し、数分程度での浮上が十分可能であることが分った(図-8参照)。なお、延べ100回以上の浮上・沈降試験でトラブルは1回も無く、システムの信頼性が実証された。

#### (3) 水平載荷試験

本試験により、図-4に示したようにラップ部の上・下端で2点支持され、下部鋼管を介して地盤に力が伝達されることが改めて確認された。

#### (4) 波浪中耐久性試験

上部鋼管を約2週間浮上させたままの状態にして、波浪時(計測期間最大波高 $H_{\text{max}}=0.87\text{m}$ )に

おける波圧、加速度、ひずみを計測した（写真－４）。特徴的な事象は上部鋼管が下部鋼管に接触する際に衝撃的な加速度が生じることであり、高波対策として本防波堤を利用する場合は衝撃緩和対策が必要であることが分かった。実証試験後に別途実施した試験で、ゴム等の緩衝材の設置や上・下部鋼管の隙間縮小が衝撃緩和対策として非常に有効であることが明らかになった。

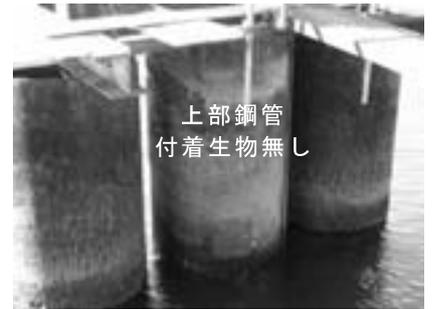
#### （５）付着生物等の調査

施設の最終沈設から約１年経過した平成19年11月中旬に上部鋼管を再浮上させた直後の状況を写真－５に示す。鋼管側面部には付着生物は確認できなかった。これは、上部鋼管が光量や溶存酸素の極めて少ない下部鋼管内に格納されていたためと考えられ、本施設を維持・管理する上での大きな利点となる。

その他、接触によるラップ部の磨耗はほとんど無く、上・下部鋼管隙間からの土砂侵入も写真－２に示すシールブラシにより防止されていたことが確認された。



写真－４ 波浪中の計測状況



写真－５ 浮上完了後の状況

## ４ あとがき

大規模水理模型実験及び実海域実証試験により、本防波堤の波浪防御効果、施工性、浮上・沈降システムの性能及び構造特性等を確認することができた。本報告では紹介できなかったが、構造上最も重要となるラップ部については３次元FEM構造解析により詳細検討を行い、補強部材の設計方法を提案している。

今後の課題としては以下の点が挙げられ、早期実用化に向け更なる改良に努める予定である。

- ①本防波堤の一般的な耐用年数は50年以上を想定しており、機械（送・排気）設備や安全監視システムをはじめとして年間の維持・管理費の一層の削減を図る必要がある。
- ②航路閉鎖・開放時の安全性を担保し、合理的な運転計画を策定するため、実港湾での運用手法の整備を図る必要がある。

最後に、本報告は国土交通省 中部地方整備局、(独)港湾空港技術研究所、(株)大林組、新日鉄エンジニアリング(株)、東亜建設工業(株)、三菱重工鉄構エンジニアリング(株)の共同技術開発成果であることを付け加える。また、静岡県建設部港湾局、沼津土木事務所の皆様には実証試験等に際し多大なるご支援を頂いた。ここに記して深甚なる謝意を表す。

## 参考文献

- 1) 有川太郎、中野史丈、野村逸人、下迫健一郎、宮島正悟、小林真、虎石龍彦、荒井清、木原一禎：直立浮上式防波堤の津波・風波に対する水理特性、港空研資料、No.1156、June 2007.
- 2) 有川太郎、坂口章、小林真、虎石龍彦、櫻井良宏、木原一禎：直立浮上式防波堤の実海域実証試験、海洋開発論文集、第24巻、pp.93～98、2008.

# 曲がり削孔による既設構造物の液状化対策

五洋建設株式会社 技術研究所 ○林 健太郎

機械部 植田 勝紀

## 1 はじめに

浸透固化処理工法は、既設構造物の直下地盤を改良することを目的に開発された地盤改良工法であり、既設構造物を供用しながら、施工できる点を特徴としている。工法の原理は、溶液型の恒久薬液を比較的低压で地盤内に浸透させ、一定時間が経過するとゼリー状になる薬液で間隙水を置換し、液状化を防ぐものである。1998年に東京国際空港新B滑走路地盤改良工事で初めて使用され、これまでに滑走路、道路、岸壁、建築物、橋脚基礎などの既設構造物の直下地盤の液状化対策に使用されている。本文では、浸透固化処理工法の概要と近年開発された曲がり削孔方式を用いて施工されたタンク基礎直下の施工事例を紹介する。

## 2 工法の概要

浸透固化処理工法は、溶液型の恒久薬液である特殊シリカを浸透注入することにより、地盤条件によっては直径2～3mの改良土を作製する地盤改良工法である。写真-1に松坂市で実施した現地実験において特殊シリカを注入した後、試掘により確認された改良径2.5mの改良土を示す。土中の一点より注入された溶液型の薬液が浸透注入したのち固結することで、ほぼ球状の改良体が造成されているのがわかる。



写真-1 掘り出された改良形状

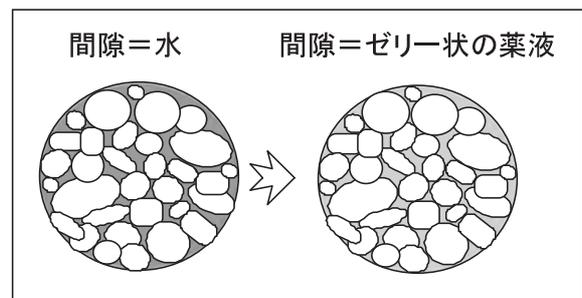


図-1 改良原理

本工法は、図-1に示すように浸透性の良い溶液型の固化薬液を地盤内に浸透注入させて、地盤内の間隙水をゼリー状の物質に置換し、地盤強度を増加させる薬液注入工法の一つである。しかしながら、液状化対策を目的としているため、従来の薬液注入工法とは施工仕様や施工コストが大幅に異なっている。従来の薬液注入工法は、比較的高強度・局所的・仮設的な使用であるのに対して、液状化対策を目的とした場合、必要とする強度は液状化しない程度の低強度でよい反面、高い耐久性と広範囲な施工が必要となる。また、従来型の薬液注入工は地盤改良工法の中でも施工単価が比較的高いた

め、広範囲な施工になると、全体では莫大な工事費になってしまう。

このため、浸透固化処理工法では、液状化対策という視点に立ち、改良強度を液状化防止が可能な程度に低強度に設定し、削孔間隔を従来工法の2～3倍程度に大きくすることによりコストダウンを行っている。これにより、従来の薬液注入工法に比べて50%程度の施工単価を実現している。

### 3 曲がり削孔工法を用いたタンク基礎への施工事例

#### 3.1 曲がり掘削工法の概要

適用事例が増えていく中で、対象とする構造物は長大化するケースが現れ、これまでの施工法である直斜削孔方式では、**図-2**に示すように未改良域が発生するなどの課題が生じた。このような課題を解決するために、**図-3**のイメージ図に示すような、地盤内を3次元的な曲線を描いて削孔し、広範囲の構造物直下地盤を施工する「曲がり削孔工法」を開発した。曲がり削孔工法により、注入管を任意の位置に設置することが可能になり、浸透固化処理工法の適用性が拡大した。

地上から地盤内を曲線的に削孔するためには、先端位置や削孔軌跡を正確に把握する技術と、削孔方向を制御する技術が必要である。

#### ・ 削孔位置検出技術

本工法の削孔位置検出システムは、新たに開発した超小型ジャイロと3D曲がりセンサの2センサの組み合わせからなる。この装置は従来の電磁波検知方式や地磁気方位検出センサと異なり、地上からの位置検出は不要で、地中に存在する磁性体の影響を受けることなく高精度に削孔位置を検出できる。**図-4**に位置検出システムの概念図を示す。

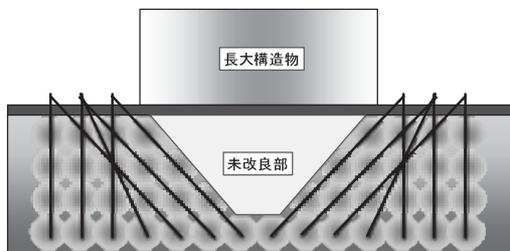


図-2 直斜掘削による改良不可能な範囲

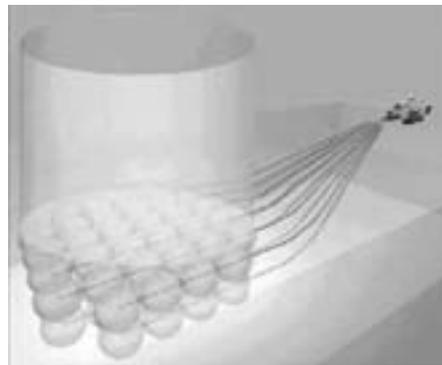


図-3 曲がり削孔工法の施工イメージ図



図-4 位置検出システムの概念図

#### ・ 削孔制御技術

削孔ロッド先端部の3D曲がりセンサ、ジャイロセンサにより計測される削孔ロッドの姿勢・形状データや削孔軌跡は、ボーリングマシン運転席の施工管理システムにリアルタイムでモニタされる。これにより、オペレータは目標ルートとの位置関係を常に把握し施工することができる。

曲がり削孔工法の特徴を以下に示す。

- ① 上部施設の供用を止めずに、隣接した場所から直下地盤を施工することができる。
- ② 1本の削孔ラインに串団子状に複数の地中点を改良でき、効率的な施工が可能である。
- ③ 鉛直、水平と曲線半径30m以上の複数のカーブを含む延長100mの削孔が可能である。
- ④ 二重管連行削孔により、一削孔工程で注入外管を敷設でき、削孔機は削孔作業だけを連続施工できる。
- ⑤ 絶対方位を計測する小型ジャイロで、地盤中に存在する磁性体（鋼管杭など）の影響を受けることなく、ロッド先端位置を高精度に検出し、目標ルートを考慮した高度な誘導削孔ができる。
- ⑥ 適用土質は、N値5～20程度の砂質土、施工精度は削孔延長に対して±1/300程度

### 3. 2 タンク基礎への適用事例

曲がり削孔を用いた浸透固化処理工法の施工実績は、開発後2年間、延べ削孔長で約10,000m、総改良土量で約23,000m<sup>3</sup>である。以下に、2005年度に本工法により初めて実施された施工されたタンク基礎への適用事例を示す。

本工事は、1977年の消防法改正前に建設された特定屋外貯蔵タンク（以下、旧法タンク）3基の基礎地盤の液状化対策を実施するものである。対象の旧法タンクの地盤及び基礎は、消防法の新基準を満足していたが、大規模地震に対する耐震性向上を目的として実施された。設計強度は一軸圧縮強度で60kN/m<sup>2</sup>以上と規定された。表-1に工事概要を示す。

表-1 工事概要

対象タンク	タンク内容	タール他
	公称容量	1400kL
	タンク内径	14.0m
	タンク数	3基
削孔本数		28本
削孔延長		1252m
曲率×曲線数		30mR×1ヶ所
改良深度		GL-3.3m～-8.3m
対象土量		4960m <sup>3</sup>
使用薬液		エコシリカII

対象となる旧法タンク3基は他のタンクおよび防油堤に囲まれており、従来の直斜削孔では接続配管や他の施設の一部撤去が必要となるため、施工時にタンクの供用を一時停止する必要があった。また、場合によっては未改良部が発生する可能性があることから、曲がり削孔工法による浸透固化処理工法が適用された。図-5に削孔および改良断面図を、図-6に施工平面図を示す。

施工ヤードは改良深度までのアプローチ長を確保するため、タンクの外周道路上に設置された。そのため、一部タンクヤード側に仮設道路が設置され、削孔ライン上部を車両通行する状態で施工が行われた。機械配置の関係で計画深度を満たせない削孔機直近の改良部分は直斜削孔にて補足注入が実施された。

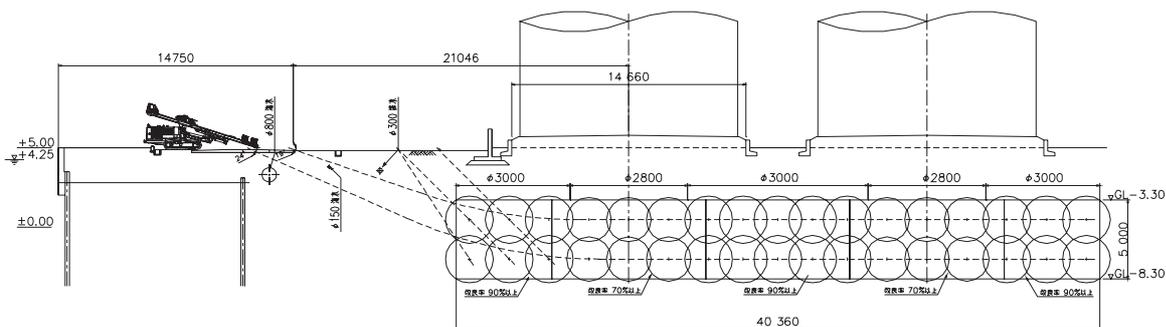
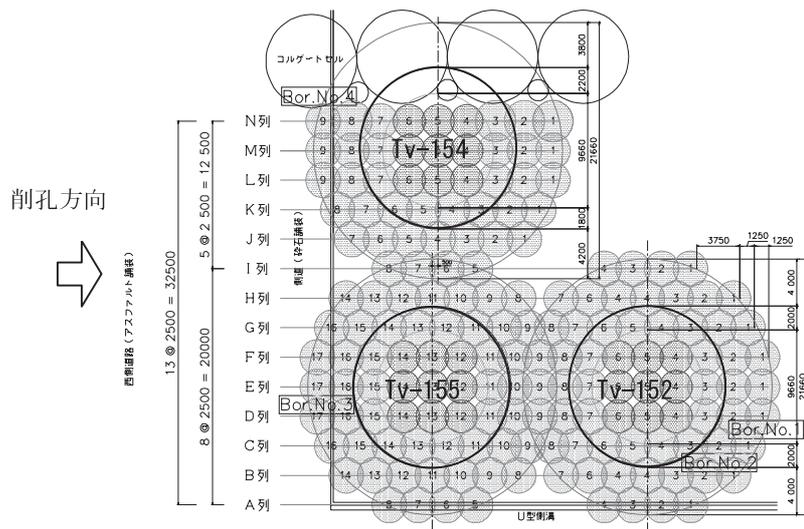


図-5 施工断面図



図—6 施工平面図



写真—2 施工状況 1



写真—3 施工状況 2

本工事は、過去に例のない危険物貯蔵タンクの供用状態による施工であることから、施工中タンク変位の動態観測を行いながら施工された。全施工期間を通して変位は管理基準値の±2mm 以内に収まり、タンクへの影響は皆無であったことが確認された。写真—2，3に施工状況を示す。

改良効果の確認は、不攪乱試料を採取し、一軸圧縮試験が設計基準強度 60kN/m<sup>2</sup> 以上であることで確認された。採取された不攪乱試料は、サンプリング時の乱れ等の影響を受けたものが多く、微細なクラック、試料の乱れ、欠損箇所及び多くの貝殻片混入箇所が見られた。これは、設計強度が 60kN/m<sup>2</sup> と比較的小さかったことが一因と考えられる。

このため、サンプリングによる乱れの少ない部分から供試体が成形され、一軸圧縮強度試験が実施された。この結果、各ボーリング孔の平均強度が設計基準強度 60kN/m<sup>2</sup> 以上であり、十分な改良強度であることが確認された。

#### 4 おわりに

浸透固化処理工法は、開発以来 10 年間で、130 件の施工現場で採用され、総改良立米で 35 万 m<sup>3</sup> を超える施工実績となっている。今回の報告にある曲がり掘削方式という新しい削孔方法が実用化されたことにより、適用性がさらに向上した。今後、施工実績を元に充填率や改良強度、強度発現率などの設計係数の見直しを行い、さらなるコストダウンを行う予定である。

# 崖錐斜面上の大規模な軽量盛土 (EPS) に対する性能照査の必要性

東京コンサルタンツ(株)	技術監理センター	村西 隆之
同	同	松田 正人
同	同	小村 辰彦
同	新潟富山支店	○池渕 稔
同	同	今井 秀浩

## 1. はじめに

一般国道 148 号（以下、R148 と称す）小谷道路のうち長野県北安曇郡小谷村外沢<sup>きたあづみぐんおたり</sup>～光明間<sup>そとざわ こうみょう</sup>の延長約 1.2km は、現 R148 と J R 西日本株式会社大糸線間の斜面に計画される。この区間では、当初、深礎杭を用いた橋梁やコンクリート擁壁による改良計画だったが、平成 13 年度 TC 委員会<sup>り</sup>において、施工時の現 R148 号交通への影響、環境影響、コストなどを再評価した結果、斜面上の崖錐層を直接基礎とした EPS による軽量盛土工法が最適とされた。

この区間の EPS は、崖錐斜面上で直接基礎とした特殊な構造となるのみでなく、その壁高および施工規模で道路盛土では全国最大級となる。また、R148 は大型車の通行が多い幹線道路であるが、近隣に代替路がない路線であり、

このような状況から、既存の基準書に従った従来の仕様型設計では不十分であると判断された。

この報告は、小谷道路の外沢～光明間の EPS 工法について、既存の基準書での設計に加えて、計画地の特殊事情を踏まえた性能照査についてとりまとめたものである。

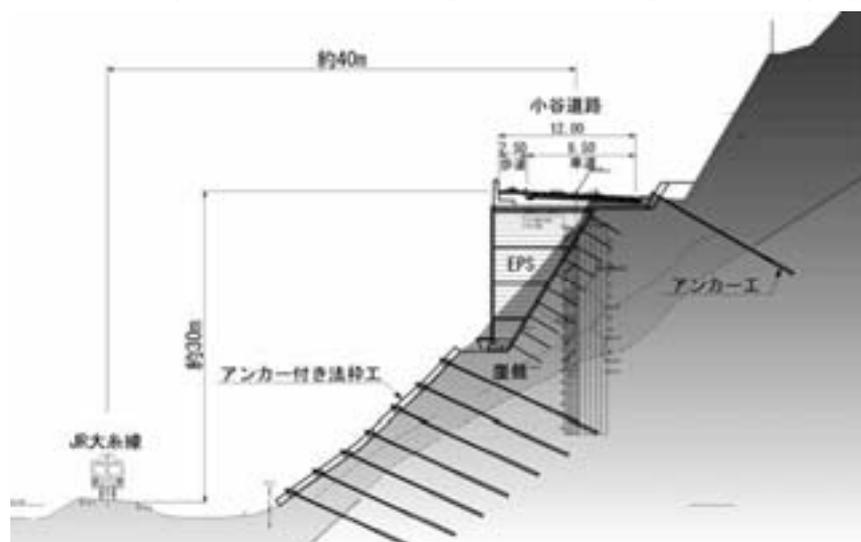


図-1 小谷道路の横断

## 2. 現地状況の問題点と課題

### 2. 1 R148 の概要

R148 は、長野県大町市を起点とし新潟県糸魚川市に至る、長野県内陸部と日本海を結ぶ延長 73km の幹線道路である。この道路は、フォッサマグナの西辺に位置する糸魚川静岡構造線沿いの、一級河川姫川右岸の急峻で脆い地質の山地部で、かつ、日本有数の豪雪地帯を通過する。そのため、この区間では土砂崩壊や雪崩などによる通行規制が発生している。

また、高速自動車国道を補完する路線として、交通量は増加傾向を示すが、近隣に代替路線がなく、重要度の高い路線といえる。

## 2. 2 計画箇所の概要

R148 小谷道路のうち外沢～光明区間は、図-1 に示すように現R148 と J R 西日本(株)大糸線間の斜面に計画されている。この斜面は、一級河川姫川に向かって約 40° ～50° で傾斜しており、斜面全体が層厚 10～20m でN値 10 程度の厚い崖錐に覆われている。また、糸魚川-静岡構造線断層帯ではM8 程度の地震が 30 年内に発生する確率が 14%とされている<sup>2)</sup>。

## 2. 3 計画の概要

設計箇所での EPS 盛土は、斜面上で、壁高は最大約 17m、盛土量は約 25,000m<sup>3</sup> となり、道路盛土としては全国でも最大級となる。また、崖錐斜面上の直接基礎とすることでわずかではあるが斜面への負担増となるので、EPS 下斜面にアンカー付き法枠を設置し、斜面全体の安定を図る計画としている。

## 2. 4 設計での課題

EPS 工法は比較的新しい工法であり、崖錐斜面上で直接基礎とした場合の設計手法も確立していない部分が多い。また、代替路線のない幹線道路であり、万一の場合でも道路機能を損なわない構造が必要であるとともに、J R 大糸線と近接しており二次災害の危険もある。

このような状況を踏まえて、本検討では、EPS をH鋼と鉄筋コンクリート床版(RC 床版)で支える柔らかな構造である EPS 盛土について、従来設計法<sup>3)</sup>での構造に対して大規模地震に対する安全性を検証することで、地震に対して信頼性の高い道路の構築を目指した。

## 3. 検討の経緯

この区間の EPS 盛土の設計において、平成 13 年度に「小谷道路技術検討会」を設立し、静的 FEM 解析を行い、従来設計法<sup>3)</sup>で評価できない部分の検証や発生応力の軽減や維持管理に配慮した構造細目を決定している。

本検討は平成 19 年度に国土交通省北陸地方整備局高田河川国道事務所から委託された業務であり、三木博史氏を委員長に、学識経

験者、専門技術者、行政担当者から構成される「小谷道路軽量盛土検討委員会」を設立し、大規模な EPS 盛土の耐震性に関する課題を抽出して、大規模地震に対する設計の妥当性と解析結果について論議を重ねた(表-1)。

表-1 検討委員会の経緯

実施日	実施内容	実施概要
H19. 7. 31	第 1 回委員会	・斜面上の EPS 盛土に関する耐震設計の考え方 ・地震動の取り扱い ・FEM 解析モデルの確認
H19. 9. 7	第 2 回委員会	・解析結果の妥当性 ・耐震性に関する検証 ・維持管理(案)の紹介
H19. 11. 13	第 3 回委員会	・路線内における EPS 盛土の耐震性検証 ・地震時維持管理(案)の提案 ・設計・施工時の留意事項

## 4. EPS 盛土の災害事例と記録

釧路沖地震(H5)、兵庫県南部地震(H7)、宮城県北部地震(H15)、新潟県中越地震(H16)、能登半島地震(H19)における EPS 盛土の被害状況を調査した。新潟県中越地震(H16)でコンクリートパネルが損傷し、一部落下した事例があったが、他に被害はない。

検討区間では、過去 10 年間で震度 3 の地震が 3 度記録されているが、被害はない。この区間は地下水位が低く、所々で岩が露呈しており、比較的安定した斜面である。ただし、崖錐が厚く、表層崩壊

が生じる恐れが想定される。なお、1714年の小谷地震では、震源付近で震度7、検討区間で震度5強と推定されている<sup>2)</sup>。

## 5. 数値解析概要

### 5.1 数値解析モデル

数値解析に用いた構造解析プログラムは、解析手法に有限要素法（FEM）を用いた地盤・構造物連成動的耐震解析ソフトウェア Soil Plus である。地盤のモデル化は、工学的基盤（ $V_s > 400\text{m/s}$ ）の連続性に配慮して上端を斜面稜線とし、下端を河床以下、かつ  $V_s > 400\text{m/s}$  の層内 10m 以深とした。

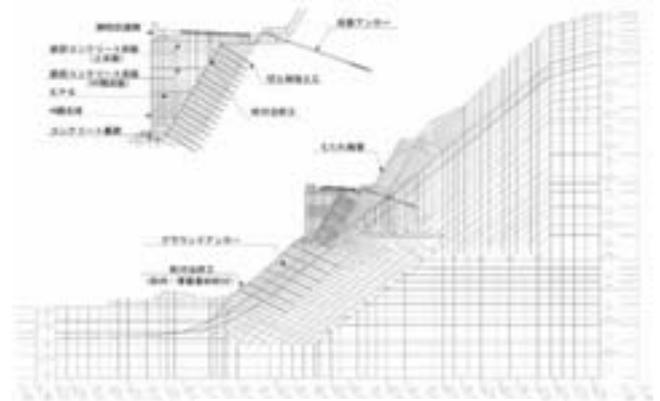
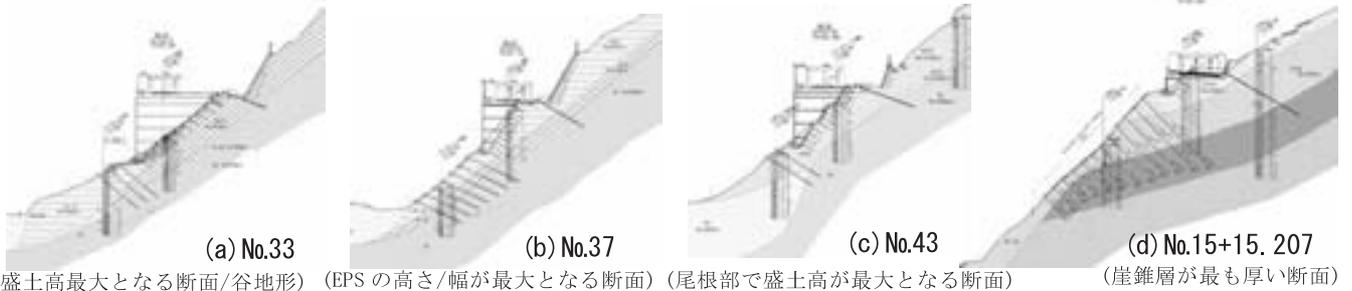


図-2 FEM 解析モデル

### 5.2 解析対象断面

解析対象断面は EPS 盛土の高さと幅の関係や斜面状況から次の 4 断面とした（図-3）。



(盛土高最大となる断面/谷地形) (EPS の高さ/幅が最大となる断面) (尾根部で盛土高が最大となる断面) (崖錐層が最も厚い断面)

図-3 FEM 解析検討断面

### 5.3 設計に用いる地震動と評価基準

レベル 2 地震動は、外沢トンネルの地震予測波形<sup>2)</sup>（以下、シナリオ地震波と称す）と神戸海洋気象台観測波を比較する。設計地震波は最大加速度が同程度となるようにシナリオ地震波を調整した。

EPS 盛土の修復性からレベル 2 地震動に対して「有害な変形が発生するが、短期の補修で機能回復できる性能」を耐震性能とする。ただし、EPS と中間 RC 床版は降伏すると路面への影響が大きく、補修が困難なので降伏させないこととした。

斜面安定対策であるのり枠+アンカー工は EPS 盛土基部を保護することから、レベル 2 地震動に対して、アンカーが引き抜けたり、破断したりしないことを検証する。

## 6. 数値解析の結果

### 6.1 EPS 盛土の耐力照査

表-2 に動的 FEM 解析の結果、EPS 盛土部材に発生する最大応力度と部材の降伏応力度を照査する。いずれの解析断面も、H 鋼支柱、RC 床版および床版アンカーは降伏値以下である。EPS 材は「型枠発砲工法」による D 材を使用したブロックで一部降伏するが、「押出發砲工法」による DX 材は降伏していない。D 材を DX 材に変更して解析した結果、DX 材は D 材より剛性がやや高く、若干重い、発生応力度への影響が小さく、降伏応力度が大きいので弾性状態を保つことができる。

表-2 動的FEM解析によるEPS盛土部材の耐力照査

部 材		評価基準	No. 33	No. 37	No. 43	No. 15+15.207	
EPS	D-25	降伏しない：圧縮応力(N/mm <sup>2</sup> )	—	127.4>105 ×	121.6>105 ×	96.1≤105 ○	
	D-30		135.1>135 ×	167.3>135 ×	142.2>135 ×	110.6≤135 ○	
	DX-29		131.0≤210 ○	114.5≤210 ○	129.0≤210 ○	165.4≤210 ○	
	DX-35		185.3≤300 ○	181.6≤300 ○	—	—	
H鋼支柱		降伏しない：応力度(N/mm <sup>2</sup> )	74.4≤235 ○	94.5≤235 ○	48.4≤235 ○	61.9≤235 ○	
RC床版	上床版	局所的な降伏に留める	曲げ耐力(kN・m)	38.2≤132.2 ○	60.9≤208.9 ○	42.9≤161.5 ○	70.3≤117.4 ○
			せん断耐力(kN)	43.5≤200 ○	97.4≤213.2 ○	44.7≤213.2 ○	62.1≤154.5 ○
床版アンカー		引き抜けない：アンカー力(kN)	313.0≤750.0 ○	305.6≤388.0 ○	224.8≤494.0 ○	417.6≤750.0 ○	

## 6. 2 斜面安定対策工の耐力照査

EPS盛土基部下方には、斜面安定対策として、グラウンドアンカー付き現場打ちのり枠工を計画する。その設計は「道路土工 斜面安定工指針」<sup>4)</sup>に準じている。動的FEM解析により生じるグラウンドアンカーの最大引張力を抽出し、グラウンドアンカーの降伏耐力と引抜けおよびのり枠の曲げ耐力とせん断耐力を照査した。No.33, No.37, No.43では、のり枠とグラウンドアンカーは降伏しない。No.15+15.207では、のり枠は降伏しないが、グラウンドアンカー12本の内、3本がテンドンの降伏耐力を若干超える。ただし、降伏は同時刻で発生しておらず、破断には至らない。No.15+15.207は崖錐層が厚く、表層崩壊を考慮して、アンカーを多段に分散している。崖錐層と基盤面の地震時の位相差により局部的にアンカー体が降伏に達したようである。

## 7. 結 論

本検討では、崖錐斜面上における直接基礎形式EPSの大規模地震に対する耐震性能を検討したが、EPS盛土は軽量で、大規模地震に対して倒壊に至るような損傷は生じないことが分かった。また、斜面地盤の動的解析にはまだ未解な範囲はあるものの、過去の震災事例と今回の解析結果から従来設計法で決定したアンカー付きのり枠工とすることで大規模地震に対する安定性が得られると言える。動的FEM解析と委員会による論議により大規模地震に対してより信頼性の高い構造物を検証できた。

近年の土木技術における新技術新工法の発展はめざましいものがあり、既存の基準書の範疇に必ずしも合致しない場合や、基準書の整備が追いつかない場合があり得る。そのような中で土木設計に携わる技術者としては、基準の範疇に捕らわれすぎることなく、計画地の状況や計画する構造物に応じて、必要な性能を把握したうえで適宜設計手法を検討することが求められていると考える。

**謝辞：**本検討は国土交通省北陸地方整備局高田河川国道事務所から委託され、「小谷道路軽量盛土検討委員会」を開催している。委員会で貴重な意見とご指導を頂きました委員各位ならびに高田河川国道事務所の方々に厚く感謝の意を表します。

### 参考文献

- 1)平成14年度 北陸地方整備局管内技術研究会論文集「新技術を取り入れた小谷道路計画について」
- 2)地震調査研究推進本部ホームページ：<http://www.jishin.go.jp>
- 3)発泡スチロール土工法開発機構：EPS工法 設計・施工基準書(案)，2002.
- 4)道路土工 のり面・斜面安定工指針：日本道路協会，2003.

# 液状化対策としての静的圧入締固め工法（CPG工法）

みらい建設工業(株) 足立雅樹

## 1. はじめに

静的圧入締固め工法（CPG工法）<sup>1)</sup>は、流動性の極めて低い注入材を地盤中に静的に圧入して、固結体を連続的に造成することによる締固め効果で、周辺地盤を圧縮強化する工法である。本工法は、機械がコンパクトであることから既設構造物の直近、直下地盤の液状化対策として適用されている。

本報告は、CPG工法の供用中の空港での液状化対策事例について報告するものである。

## 2. CPG工法の特徴

本工法の特長は、以下の通りである。

- ①スランプの極めて小さい低流動性材料を使用するため地盤に浸透することなく、ほぼ計画通りの場所に固結体を形成できる。
- ②計画位置に注入された注入材は、周辺地盤を静的に圧縮し、密度を高めて、地盤を強化する。
- ③小型機械のため、既設構造物周辺、構築物内部等の狭い作業場所でも、現状維持のまま施工が可能である。
- ④無振動、低騒音のため市街地、住宅地でも作業が可能である。

打設方法は、改良下端まで削孔後、下端から改良天端まで順にボトムアップ方式で注入する（図-1）。

注入材料は、セメントにCPG骨材（再生骨材＋砂＋細粒分）を一定量配合したものをを用いる。注入材の品質管理は、スランプ値（7cm以下を管理値：図-2）で行う。

主な使用機械は、削孔について、舗装体にはφ100mmのコアドリルを、その下の地盤には外径φ73mmのロッドによるボーリングマシンを使用した。

注入については、注入管リフト装置、CPGポンプおよび注入材作成用のCPGプラントを使用した（図-3）。

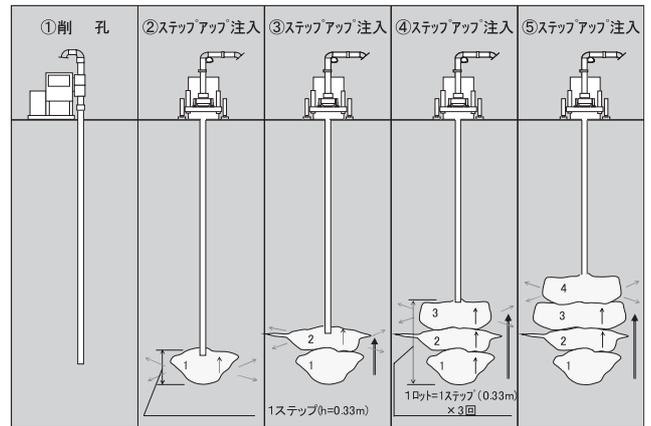


図-1 施工手順（ボトムアップ方式）

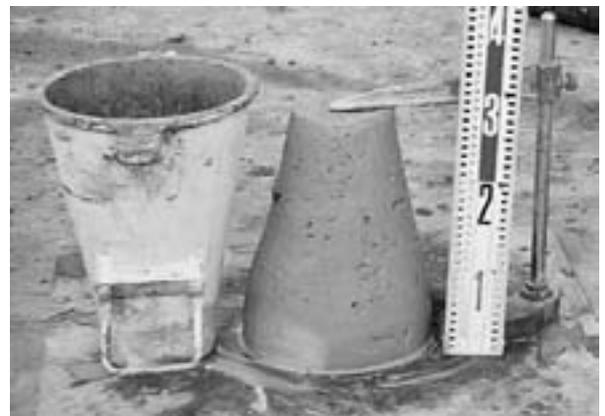


図-2 注入材料（スランプ試験）

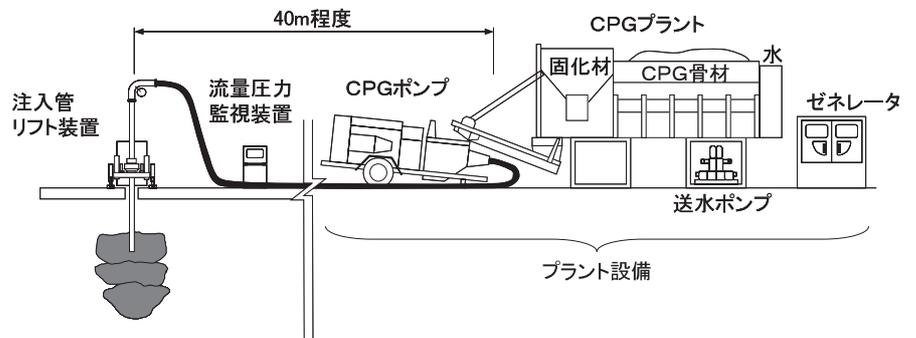


図-3 機械構成

### 3. 施工事例

本工法は、既設構造物の液状化対策として、滑走路直下、岸壁、護岸、河川堤防、タンク基礎、建築構造物などでの施工実績がある。

本報告では、供用中の滑走路直下および護岸での液状化対策事例について報告する。

#### 3.1 供用中の滑走路直下

施工場所は供用中であることから施工に際しては以下の条件を見出す必要があった。

- ①昼間は、航空機の離発着があるため夜間の限られた時間で施工が可能なこと。
- ②夜間施工中でも緊急時には退避が可能であること。

これらの条件を満たすため、緊急退避が可能なように車載式プラントを用いた(図-4)。また、夜間の施工後、施工孔は昼間の航空機の運行に備えて、防護キャップ(図-5)による養生を行った。

以下に、羽田空港での試験工事と本工事の概要を示す。工事位置図は、図-6に示す。数量の一例は、表-1に示す。試験工事地点と本工事地点とは改良率、改良深度が異なっている。試験工事地点では、改良率10、15、20%、改良深度GL-2.8~11.8m(9.0m)の液状化対象層区間とした。また、本工事地点では、層毎に異なる改良率( $a_s=12, 15, 16, 9\%$ )、平均改良深度GL-3.0~18.4m(10.0m)の液状化対象区間とした。本工事地点では、粘土層が中抜き区間となるため液状化対象深度は試験工事地点より大きいが注入長は試験工事地点とほぼ同じである。

試験工事および本工事地点での改良前N値の深度分布および改良範囲の一例を図-7(a)試験工事、(b)本工事に示す。試験工事地点では、深度6~7m付近でN値は25以上を示す。それ以外の深度では、10程度以下であった。本工事は、深度10m付近で20程度以下で、それ以外では10程度以下であった。



図-4 施工状況(車載式プラント)



図-5 防護キャップ

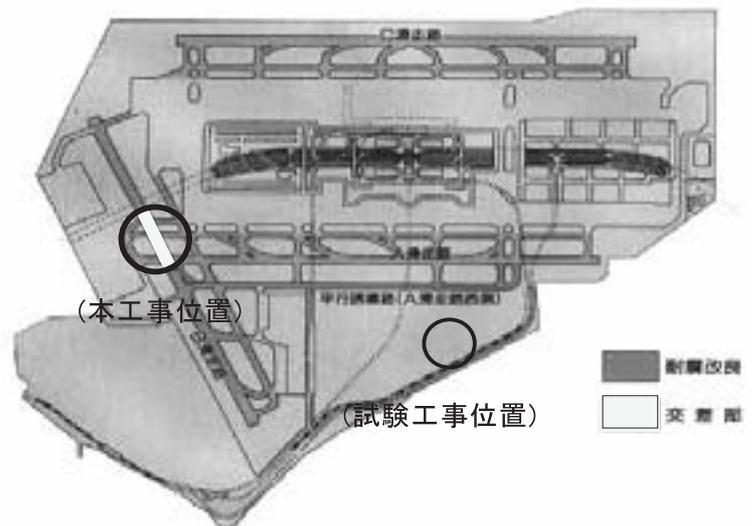


図-6 工事位置図

表-1 工事数量

ケース	改良率 (%)	杭径 (m)	杭ピッチ (m)	本数 (本)	平均 削孔長 (m/本)	平均 注入長 (m/本)	備考
CASE-1	10	0.56	1.7	25	11.8	9.0	
CASE-2	15	0.70	1.7	37	11.8	9.0	
CASE-3	20	0.70	1.5	25	11.8	9.0	
CASE-4	15	0.70	1.7	19	11.8	9.0	
本工事	12, 15, 16, 9	0.62, 0.69, 0.71, 0.53	1.7	1792	18.4	10.0	層毎に改良率が異なる

結果の一例として、改良前N値 $N_0$ と改良後杭間N値 $N_1$ の関係を図-8に示す。ほぼすべてのデータで、改良前N値より改良後の方が増加していることが確認された。

次に、改良前・後の換算N値と孔内水平載荷試験(セルフボーリングタイプ)により得られた $K_0$ 値( $=\sigma_h'/\sigma_v'$ 、 $\sigma_h'$ :有効水平応力、 $\sigma_v'$ :有効鉛直応力)の関係を図-9に示す。N値は、拘束圧の影響を除くため換算したN値を用いている。換算には、以下の式を用いた。

$$N_{98} = \frac{167}{(\sigma_v' + 69)} N$$

ここで、 $N_{98}$ は換算N値、 $\sigma_v'$ は有効上載圧力(kN/m<sup>2</sup>)、Nは計測値である。

この図には、従来の固化入材および海産生物等への影響を配慮してマグネシウム系固化材(マグホワイト)を用いた場合の改良前、改良直後、改良後数年経過後の一連の計測結果をプロットしている。

マグネシウム系固化材を用いた場合、改良前の $K_0$ 値は、0.6程度であったが、改良することによりN値の増加とともに $K_0$ 値は1.4程度に増加していることが確認できた。また、従来の固化材についてもN値が大きくなるにしたがって $K_0$ 値は大きくなっており、改良後1.5年、3年、7年経過後も、ほぼ1.0以上を保持していることが確認できた。

### 3.2 護岸

施工場所は、既設護岸背面および既設樋門近傍での施工であることから、施工に際して以下の条件を見たす必要があった。

①施工に際しては変位を抑制すること

②改良区域に接して新設された水門がありこの水門へ影響をおよぼさないこと  
これらの条件を満たすため、分散・ローテーション施工を行った。

以下に、津松阪港松阪地区での工事概要を示す。標準断面図および平面図は、図-10、11に示す通りである。改良率は10%、改良範囲は液状化すると判定された深度方向

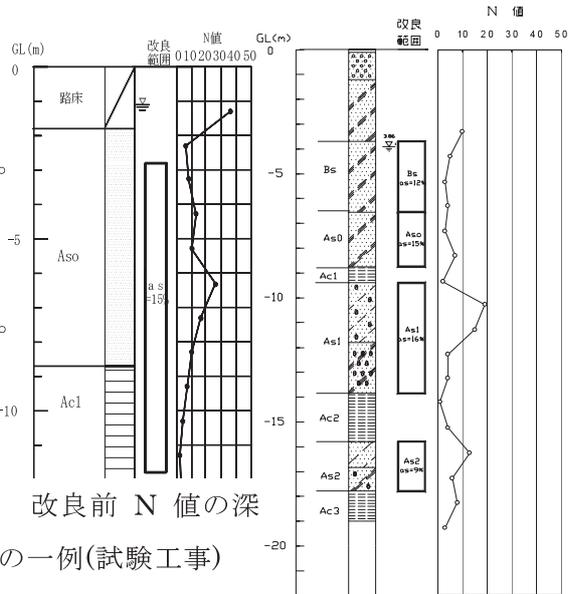


図-7(a) 改良前 N 値の深度分布の一例(試験工事)

図-7(b) 改良前 N 値の深度分布の一例(本工事)

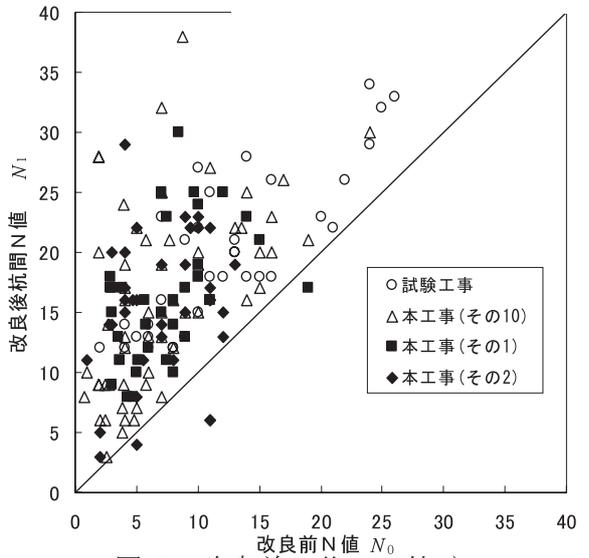


図-8 改良前・後の N 値<sup>3)</sup>

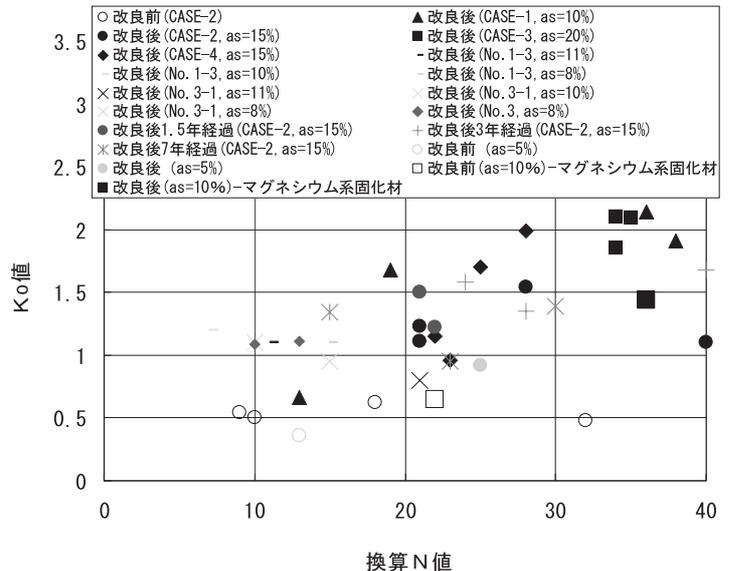


図-9 換算 N 値と  $K_0$  値の関係<sup>4)</sup>

3m(GL・1.54~4.54m)であった。既設護岸直下は斜打ちによって施工を行い、材料は、生物に無害なマグネシウム系固化材の使用によって近隣海産物への悪影響を防止をはかった。

施工によって既設護岸の変位が予想されたため、測点を設けて水平・鉛直変位を計測しながら施工を行なった。

さらに、施工手順は、既設護岸と新設された水門への影響を考慮して、同じ日に施工する杭の間隔をあけて施工する分散施工、および杭打設による過剰間隙水圧の消散を待ってから隣接杭を打設するローテーション施工を実施した。その結果、最終変位量は表-2 に示すように、最大でも 25mm 程度に抑制することが出来た。

また、改良前N値 $N_0$ と改良後N値 $N_1$ の関係を図-12 に示す。マグホワイトを用いた場合でもほぼすべてのデータで、改良前N値より改良後の方が増加していることが確認された。

#### 4. おわりに

本工法は、今後、空港舗装（滑走路・誘導路）直下のみならず、供用中岸壁等の液状化対策工法等として有効であるものと思慮され、同様の条件下での工事にも適用可能であると思われる。

なお、データはCPG工法研究会から提供いただいた。記して謝辞を表す。

#### 〔参考文献〕

- 1) (財) 沿岸技術研究センター：液状化対策としての静的圧入締固め工法技術マニュアル-コンパクショングラウチング工法-、2007.
- 2) 善・功企・野上富治・松下信夫・山本良・滝昌和：コンパクショングラウチングの液状化対策効果、第35回地盤工学研究発表会、pp.2411~2412、2000.6.
- 3) 善功企・山崎浩之・加藤久晶・足立雅樹・大沢一実：コンパクショングラウチングの既設舗装直下での施工法、第59回土木学会年次学術講演会、pp.161-162、2002.
- 4) 足立雅樹・善功企・山崎浩之・新坂孝志・森河由紀弘・藤井照久：静的圧入締固め工法におけるマグネシウム系固化材の適用性、第63回土木学会年次学術講演会、pp.91~92、2008.
- 5) 松本憲正・花田哲・小西武・山本隆信：津松阪護岸工事におけるCPG工法の既設構造物への変位、第41回地盤工学研究発表会、pp.989~990、2006.

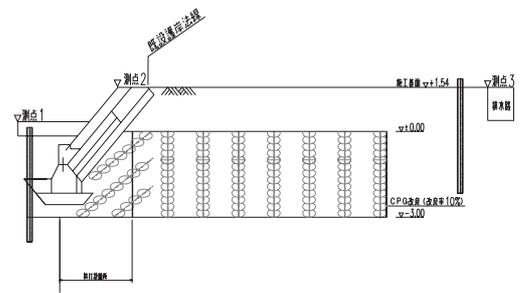


図-10 標準断面図 5)

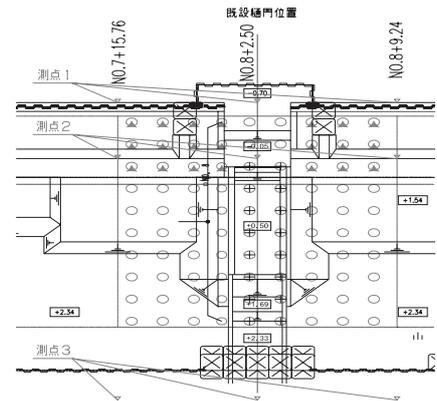


図-11 平面図 5)

表-2 最終変位量 5)

側線	改良率 (%)	改良深度 (TP-0m~)	鉛直変位(mm)			水平変位(mm)(海+、陸-)			
			測点1	測点2	測点3	測点1	測点2	測点3	
本工区	No.7+15.76	10	-3	-2	23	-1	1	21	-1
	No.8+2.50			1	24	-2	2	15	-1
	No.8+9.24			-1	18	0	0	12	0

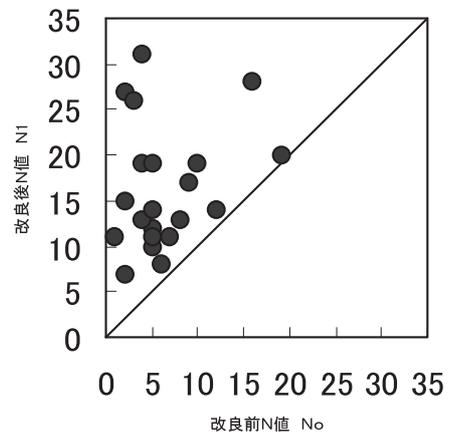


図-12 改良前・後のN値

# 道路防雪施設マニュアル [コンクリート構造編] の改訂

北陸PC防雪技術協会 技術部会 副部会長 ○柳原 英克

## 1 まえがき

雪害対策は北陸地方が抱える避けられない重要な命題の1つであり、北陸地方で雪に取り組む官学民の研究者や技術者が力を合わせるべく道路防雪施設検討委員会が設置され活動を続けており、当協会もその一員として実務技術情報等を提供しているところです。

道路防雪施設マニュアル [コンクリート構造編] は、この道路防雪施設検討委員会では審議され、1998 (H10) 年 4 月に初版が発行され、S I 単位への移行や雪崩予防柵の追加によって、2000 (H12) 年 4 月に第2版が発行されてきました。その後、道路防雪施設に関する技術に幾つかの進展が見られたため、今回金沢大学工学部教授の榎谷委員長を座長とした道路防雪施設検討委員会が開催され、2000 (H12) 年版の道路防雪施設マニュアルの部分的見直し改訂とそれに合本するPCシェッド点検判定要領(案)に対する審議が行われ、結審し、この度第3版を発行する運びとなりました。改訂に至った背景には以下のものがございます。

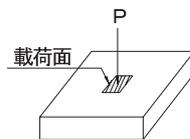
- ① 性能照査型設計法への移行には未だ時間を要し、当面は現行設計法を活用せざるを得ない。
- ② H12 年に発刊された現行の道路防雪施設マニュアル(茶色本)のストックが底をつき、ニーズに応えるには増刷が必要。
- ③ H12 年以降、過去4回にわたる修正・訂正事項を一括整理する段階にきている。
- ④ 北陸PC防雪技術協会が作成したPCシェッド点検判定要領(案)を専門委員会で審議し、活用をはかりたい。

## 2 主な改訂ポイント

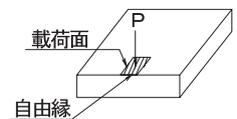
### 2.1 自由縁を有する押抜きせん断の評価方法

$$\tau = \frac{H_o}{(2h + b + \frac{\pi}{2}c)c} \leq \tau_a \cdot \alpha \quad (\text{N/mm}^2)$$

$$H_o = H - 2T \quad (\text{N}) ; \quad T = n \cdot A_w \cdot \sigma_{sa} \cdot \sin \theta \quad (\text{N}) ; \quad \alpha = 0.1 \frac{f}{c} \quad 0.5 \leq 1.0$$



(通常押抜きせん断)



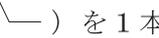
(自由縁を有する押抜きせん断)

- |  |   |                               |
|--|---|-------------------------------|
| $\tau$ : コンクリートの押抜きせん断応力度 (N/mm <sup>2</sup> )     | ; | $h$ : 柱の埋込み深さ (mm)            |
| $\tau_a$ : コンクリートの許容押抜きせん断応力度 (N/mm <sup>2</sup> ) | ; | $b$ : 柱の道路縦断方向の幅 (mm)         |
| $c$ : 谷側パラペットの有効高 (mm)                             | ; | $H_o$ : 水平押抜きせん断検討時の設計反力 (N)  |
| $H$ : 柱の水平反力 (N)                                   | ; | $T$ : 折曲鉄筋により受け持たれる設計せん断力 (N) |

(注1) 「落石対策便覧/平成12年6月、日本道協会」に示された配筋を行う。

(注2) 鉄筋の許容引張応力度の領域内でコンクリートのせん断抵抗が機能すると仮定した。

$n$  : 谷側受台の谷側パラペットに配置された折曲鉄筋の本数 (本)

(注) 柱をとり囲む折曲鉄筋 (  ) を 1 本とする。

$A_w$  : 折曲鉄筋 1 本当りの断面積 (mm<sup>2</sup>)

$\sigma_{sa}$  : 折曲鉄筋の許容引張応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

(注) 検討する荷重の状態に応じて、許容値を割増して良い。

$\theta$  : 部材軸と折曲鉄筋のなす角 (度)

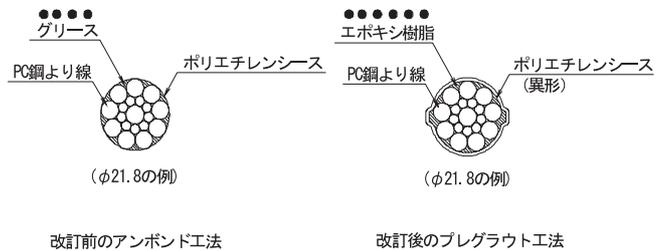
$\alpha$  : 自由縁を有する場合の低減係数

(注) これは、本来コンクリートの自由縁に対する押抜せん断耐力の低減措置であるが、許容応力度法で表現するにあたり、便宜上許容値に乗じている。

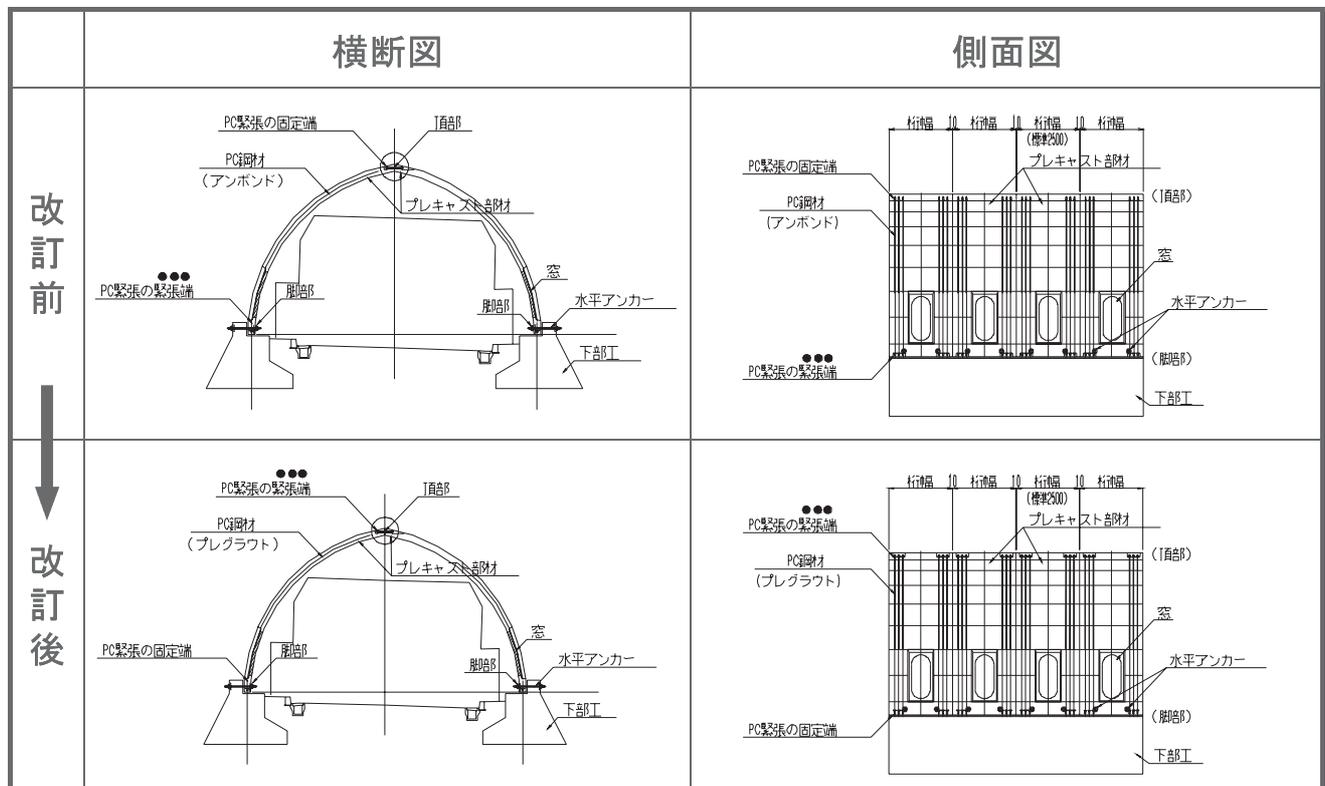
$f$  : 載荷面中心から自由縁までの距離 (mm)

## 2. 2 PCスノーシェルターのPC鋼材、切欠位置(緊張端)の変更

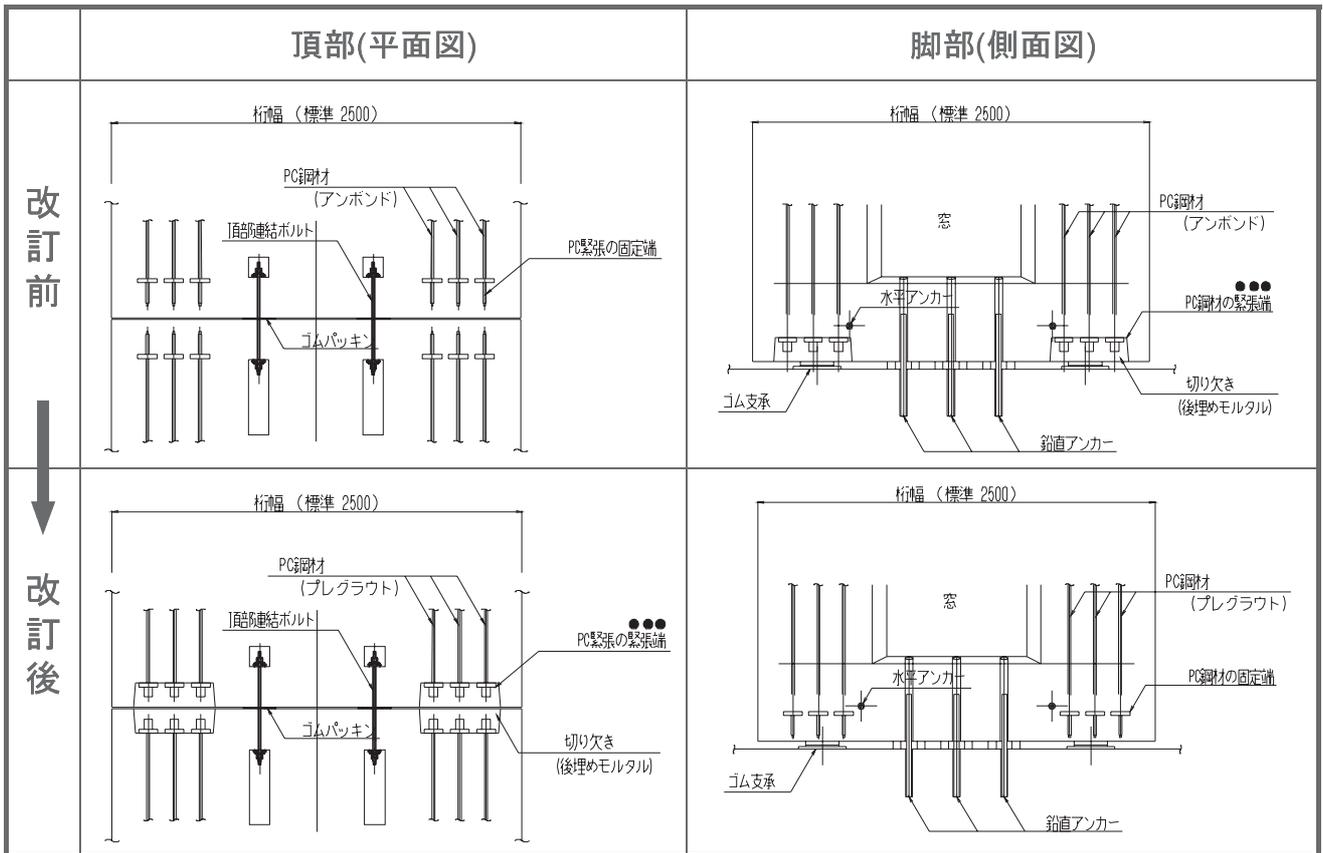
腐食等による定着具の経年劣化の予防措置として、PC鋼材の種類を、“アンボンド鋼材” から“プレグラウト鋼材”に変更しました。プレグラウト鋼材は施工後の一定期間を経て内蔵エポキシ樹脂が硬化しコンクリートと一体化されます。



シェルターの脚部は路面凍結防止材等の散布により腐食性環境が懸念されるため、PC鋼材の定着位置、即ち製品の切り欠き位置は、脚部から頂部に変更し、その全体図を下記に示します。

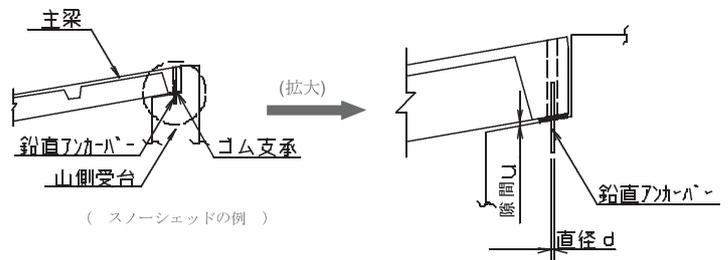


同じく、頂部および脚部の部分詳細図を次頁に紹介します。



## 2. 3 シェッド、シェルターの鉛直アンカーバー設計法の変更

シェッド、シェルターの鉛直アンカーバーは、従来せん断の照査のみ行っていました。隙間Uがアンカー直径dの1/2以上となる場合は、せん断の照査に加えて曲げモーメントの照査も行うことに変更しました。



## 2. 4 点検判定要領(案)の追加掲載

北陸PC防雪技術協会が作成した素案(2006年11月版)を、北陸地方整備局が実際の点検で試行し、試行で得られた知見で素案を改良したものが、改訂版の巻末に(案)として紹介されています。

### 2. 4. 1 目的

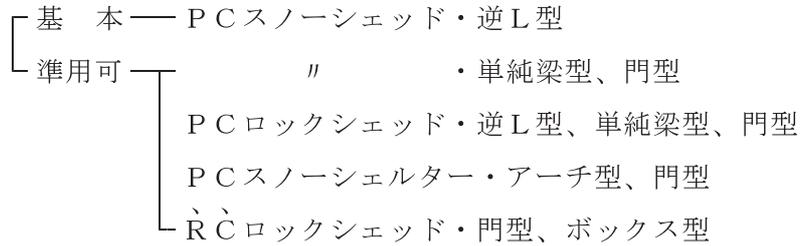
シェッドの点検は、橋梁とは異なり、構造物本体のみならずその周辺の山側斜面、谷側斜面、シェッド屋根上、路面等の点検を合わせて行うことが、特に安全性能を確認する上で不可欠です。橋梁に代表される構造物の点検と道路防災総点検に代表される斜面の点検は、それぞれ独立した体系で整備されていますが、構造物本体と斜面等を総合的に判断する統一的な基準、尺度が無かったため、シェッド固有の点検判定要領を作成するに至りました。

なお、本案は未だ使用実績に乏しく、経験的知見によるホローも不十分なため、今回は参考資料として掲載されています。

## 2. 4. 2 適用範囲

### (1) 構造タイプ

本案はあくまでPCスノーシェッド逆L型を基本としていますが、ほとんどの覆工に準用することができます。



なお、鋼製スノーシェッド・ロックシェッドについては、上部構造の一部の点検内容を鋼製のものに置き換えれば準用可能です。

### (2) 点検の種類

本案はあくまで定期点検の一次点検(概査)を対象としており、一次点検後に行う詳細調査(精査)には対応できません。精査を行う場合は別途対応が必要となり、構造物本体については『橋梁定期点検要領(案)』、斜面については『道路防災総点検要領』等を参考にして対処願います。

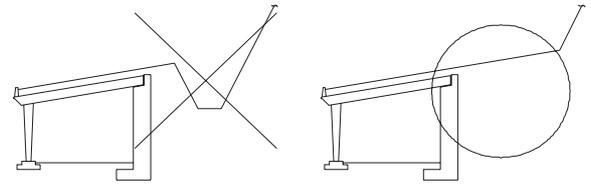
なお、地震等に対する緊急点検に際しては、本案を有効に活用できます。

## 3 その他留意事項

### 3. 1 シェッド山側受台背面のポケット(窪地)

平成元年の建設省(現・国土交通省)事務連絡では、山側受台背面にポケットを設けることを禁じています。

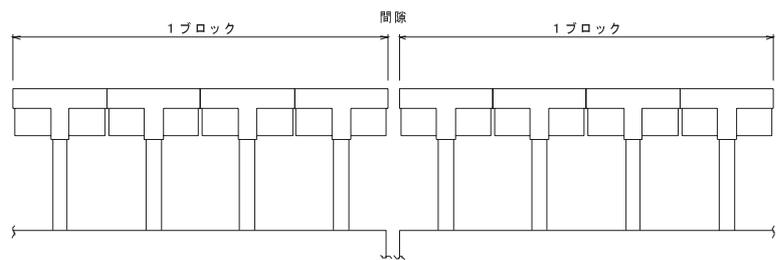
ポケットがある場合、落石、崩土、雪崩等によって山側受台を谷側に押し出す作用を懸念した措置であり、現在もそれは生きています。



### 3. 2 シェッド、シェルターのブロック間目地幅

主梁を横締めPC鋼材によって道路縦断方向に一体化したものを1ブロックとしていますが、ブロック間の隙間は今回の改訂でも10mmを踏襲しています。

しかし、最新の知見によれば、相当規模の地震を受けた場合、ブロック間の接触と推察される床版、横梁の局部損傷が発生しやすいので、ブロック間の隙間を20mm程度確保しておくことを推奨いたします。



## 4 結 び

今回は改訂の概要を紹介するに留まりましたが、改訂結果の詳細につきましては、下記図書を参照願います。

【参考文献】道路防雪施設検討委員会・編／『道路防雪施設マニュアル [コンクリート構造編]』  
 ／2008(H20)年3月改訂／(社)北陸建設弘済会・発行

# イーゼースラブ橋（H鋼桁埋込R C床版橋）

株式会社加賀田組 建設本部 技術部 山田 英樹

## 1 はじめに

従来、支間長の短い橋梁には、R C床版橋やP C床版橋およびH形鋼橋などが用いられてきた。R C床版橋は、場所打ち構造であることからコンクリート打設時に型枠や支保工が必要となり、施工上の制約により架橋位置が限定されるため、一般的にはP C床版橋が採用されてきた。

イーゼースラブ橋は、R C床版橋の施工上の欠点を補うとともに、P C床版橋よりも低コストで短い施工期間、さらに容易に架設できることをコンセプトに開発された。

この橋は、孔あけ加工した主桁(H鋼材)を橋軸方向に並べ、ウェブに横繫鉄筋を貫通させてコンクリートと一体化させたS R C構造の床版橋である。コンクリート打設時の型枠は、主桁(H鋼材)のフランジを利用するため、支保工を必要としない。

すでに約 60 橋(2008 年 7 月現在)の施工実績を持ち、石川県を初め、東京都、静岡県などの新技術として認定を取得している。最近では、上部工にイーゼースラブ橋を採用し、下部工と剛結した上下部一体構造のイーゼーラーメン橋の採用が増加している。

イーゼーラーメン橋は、低桁高、現場施工工期の短縮、狭小箇所での施工が可能といったイーゼースラブ橋のメリットをそのままに経済性に優れた構造形式になっている。

ここでは、イーゼースラブ橋ならびに、それを発展させたイーゼーラーメン橋に関して報告する。

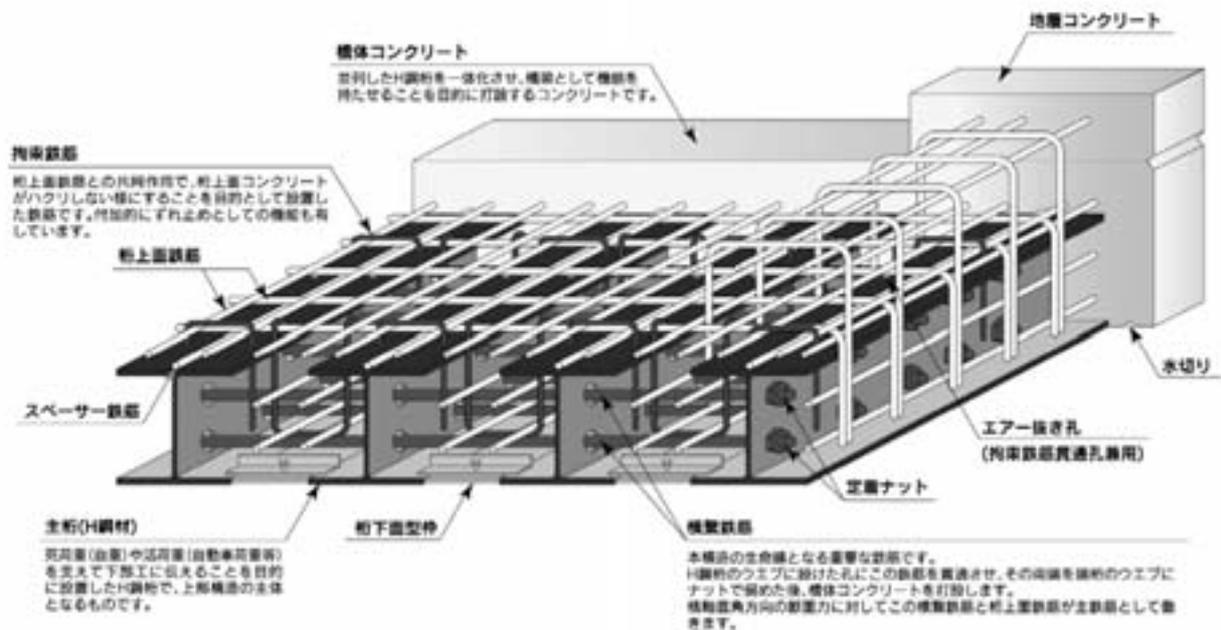


図-1 イーゼースラブ橋 構造イメージ図

## 2 イージースラブ橋の特徴

### 2.1 構造解析

- ◆橋軸方向断面力に対しては、架設時(合成前)において橋体自重(主桁+橋体 con)を主桁で支持し、設計荷重時(合成後)では、主桁断面を鉄筋に換算したRC断面と考え活荷重等を支持している。
- ◆橋軸直角方向断面力に対しては、横繫鉄筋と桁上面鉄筋を配置したRC断面と考え設計している。

### 2.2 施工性

- ◆主桁(H鋼材)の加工には、一切溶接を用いておらず、孔あけ作業が主体なため、比較的容易に桁製作ができる。
- ◆主桁の架設は現場溶接を必要とせず、主桁をクレーンで吊り上げて据付けるだけである。
- ◆主桁はコンクリート桁に比べて非常に軽量であるため、運搬が容易であり、架設用クレーンも小さくなる。
- ◆桁下面型枠は、主桁の下フランジを利用し、設置するため、支保工を必要としない。

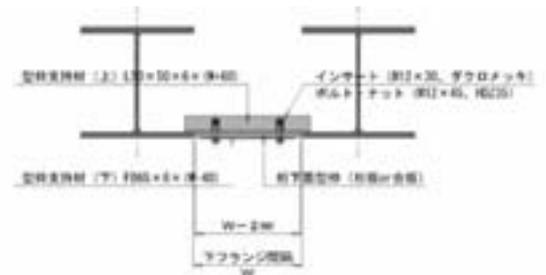


図-2 桁下面型枠取付詳細図

### 2.3 経済性

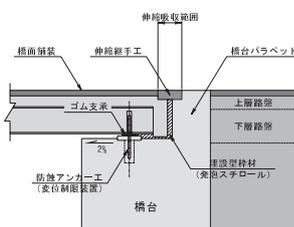
- ◆RC床版橋と比べ、型枠・支保工が縮減できるため、直接工事費が安くなる。
- ◆PC床版橋では、支間長が13m以上の場合、桁重量が8.5t/本以上になり、桁架設に100t吊以上のトラッククレーンが必要となる反面、イージースラブ橋では、桁長が20mの場合、桁重量(H600×300)は2.9t/本となり、35t吊ラフタークレーンで十分架設可能なため、経済的となる。

### 2.4 ジョイントレス構造の採用

- ◆床版が主桁(H鋼材)をコンクリートで包み込むスラブ形式となるため、橋台のパラペットレス構造が可能となり、橋面上の伸縮装置を省略できる。その結果、走行性が良好となり、支承周りへの漏水もなくなるので、耐久性が向上し、維持管理コストも縮減できる。
- ◆ジョイントレス構造(パラペットレス構造)により、橋台背面地盤が伸縮吸収箇所となるため、乾燥収縮・クリープ・温度変化などのようなゆっくりとした伸縮には特に有効となる。

#### 従来構造例(ジョイント有り)

桁の伸縮は、伸縮装置で吸収される。



#### ジョイントレス構造例

桁の伸縮は、背後地盤の地盤バネで吸収される。

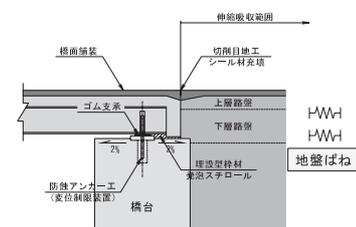


図-3 ジョイントレス構造概要図



写真-1 ジョイントレス構造施工例

### 2.5 適応性

- ◆支間長20m程度までの小規模橋梁(※斜角は45度程度まで)に適用可能。
- ◆狭小箇所(例：住宅密集地区など)でも、主桁架設のクレーンが設置可能であれば施工可能。
- ◆横繫鉄筋に機械式継手を使用することにより、分割施工が可能(仮橋や迂回路等が省略可能)。

### 3 イージーラーメン橋の特徴

#### 3.1 特徴

- ◆上部工にイージースラブ橋構造を採用することにより、イージースラブ橋のメリット（例：低桁高、現場施工工期短縮、狭小箇所での施工が可能、分割施工が可能など）をそのまま活かせる。
- ◆上下部一体構造とすることにより、下部工サイズの縮小や基礎杭本数を低減することが可能。
- ◆橋梁上部工と橋梁下部工を剛結合し、上下部一体構造とした複合門型ラーメン橋とすることにより、単純橋構造に比べて耐震性に優れた構造となる。
- ◆上下部一体構造の門型ラーメン橋形式とすることにより、支承、伸縮装置、落橋防止装置等の附属構造物が不要となるため、建設コスト、さらには維持管理コストの縮減が可能となる。

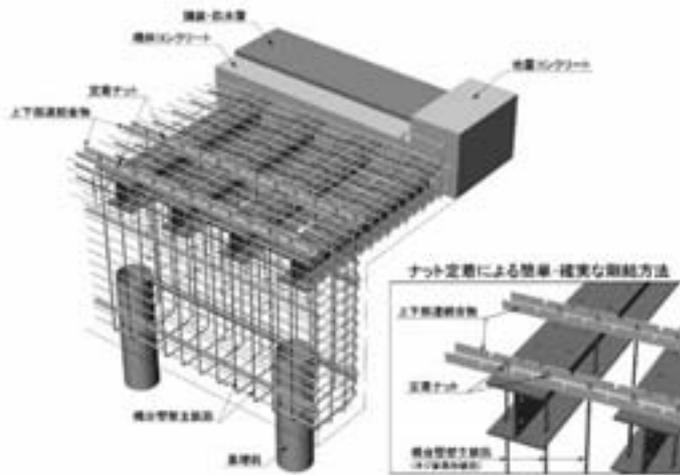


写真-2 施工例(金沢港湾用水路橋)

図-4 イージーラーメン橋 構造イメージ図



図-5 施工フロー

#### 3.2 検証実験（上下部連結部の安全性）結果

- ◆イージーラーメン橋構造載荷実験(2007年12月 金沢大学にて公開実施)において、ラーメン構造支間中央部のコンクリート上面にかけた荷重(1000kN以上)により橋梁が破壊される終局まで、ラーメン構造の隅角部(上下連結部分)の固定状態が保持されていたことが確認された。



写真-3 イージーラーメン橋構造載荷実験状況



写真-4 隅角部(上下部連結部)の固定状態確認

#### 4 ラーメン構造（上下部一体構造）採用のメリット

- ◆単純橋構造モデルは、橋台に作用する土圧力等による水平力を左右の橋台基礎構造がそれぞれ独立して支持する構造である。これに対してラーメン橋構造(上下部一体構造)モデルでは、左右の橋台に作用する土圧力等の水平荷重を互いに打ち消す構造となり、常時状態の橋台基礎工には僅かな水平力しか作用しない。よって、直接基礎の場合にはフーチング(底版)幅を小さくすることが可能となり、杭基礎の場合には杭本数を減少させることができる等の下部構造費を低減することが可能となる。

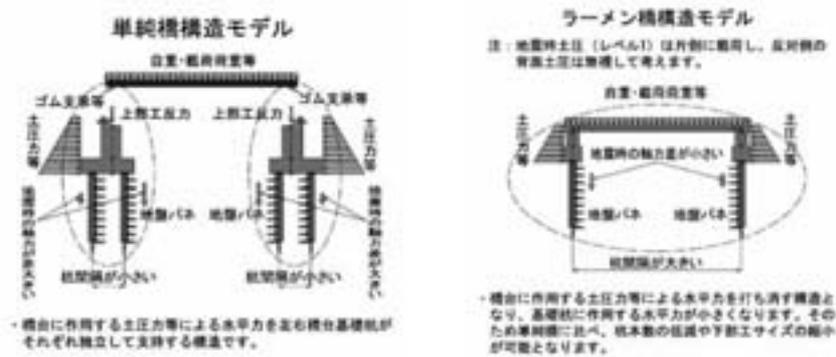


図-6 単純橋構造とラーメン橋構造の荷重支持構造の違い

#### 5 まとめ

イーゼースラブ橋は、国土交通省の新技术情報提供システム[NETIS]の申請情報として、平成15年1月、北陸地方整備局の認定を受け、新技术活用システムに登録されている。これまでのところ、北陸地方整備局発注工事における施工実績はないが、他の地方整備局において、下記のような採用・施工事例がある。

(1) イーゼースラブ橋（橋長 10.2m、幅員 10.3m～20.1m、桁高 400mm）

- ・発注者：国土交通省 中部地方整備局 名四国道事務所
- ・工事名：平成18年度 23号蒲郡BP坂本側道橋整備工事
- ・工事施工箇所：愛知県蒲郡市坂本町地内

(2) イーゼーラーメン橋（直接基礎形式、橋長 17.7m、総幅員 3.8m）

- ・発注者：国土交通省 近畿地方整備局 福井河川国道事務所
- ・工事名：美浜東BP城山跨線橋上部他1橋工事（山上管理橋）
- ・工事施工箇所：福井県三方郡美浜町山上地先（山上管理橋）

近年、特に北陸地方などでは、凍結防止剤や融雪剤散布によるコンクリート橋の鉄筋やPC鋼材の塩害腐食、鋼橋等の床版の劣化による耐荷力の低下などの問題が多く生じている。これらの橋梁構造物の架替え工事等による維持管理対策（※補修・補強工事以外）として、また、今後ますますコスト縮減や施工工期の短縮などが強く求められる傾向の中で、適用可能な中小規模橋梁に対し、イーゼースラブ橋やイーゼーラーメン橋は有利な構造であると考えられる。さらには、橋梁以外にも、底版部のないBOX形式の構造物やスノーシェッド等のような門型のラーメン構造物に対しても、当報告技術の特徴や利点が活かされ、応用できることが期待される。

# トンネル内巻補強工法の開発

鹿島建設株式会社 技術研究所 上席研究員 ○田中俊行  
技術研究所 グループ長 山本拓治  
北陸支店 工事課長代理 佐藤敏亮  
北陸支店 柴田勝博

## 1 はじめに

近年、老朽化した土木構造物の維持管理の問題がクローズアップされている。その中で、比較的大きな変状が発生した供用中のトンネルの耐荷力の強化を目的として、筆者らは高強度埋設型枠を有する新しいトンネル内巻補強工法を開発した<sup>1)</sup>。本報では、工法の概要および埋設型枠の部材構成や埋設型枠と充填材から形成される複合補強部材の力学特性を示し、実物大の模擬トンネルを用いて試験施工を実施した結果を示す。さらに、本工法を供用中の道路トンネル補強工事に適用した結果について述べる。

## 2 工法概要

本工法は、図-1 に示すように既設覆工の内側に埋設型枠として繊維強化セメント板とアラミド繊維メッシュの積層構造からなるボードを設置して、ボードに設けた孔から充填材を注入して既設トンネル覆工に補強部材を構築する工法である。

繊維強化セメント板は、繊維によって補強され抄造方式(調合された紙をすいてボードをつくる技術)で製造された薄くて強度の大きなセメント系の板状素材であり、外壁などの外装材として使用されている。一方、アラミド繊維メッシュは、トンネル覆工や高架橋等の既設コンクリート構造物の劣化によるコンクリート片はく落防止対策に実績がある。

埋設型枠の部材構成は、曲げ試験(JIS A 1408)から決定した。図-2 に厚さ 12mm のボードの荷重～変位曲線を示す。この結果から、最大曲げ荷重は、繊維強化セメント板にアラミド繊維メッシュを付加することで増大し、約 30mm の変形が生じても破壊に至らなかった。さらに、耐候性と不燃性を確保するため 4mm の繊維強化セメント板を被覆した。厚さ 16mm のボー

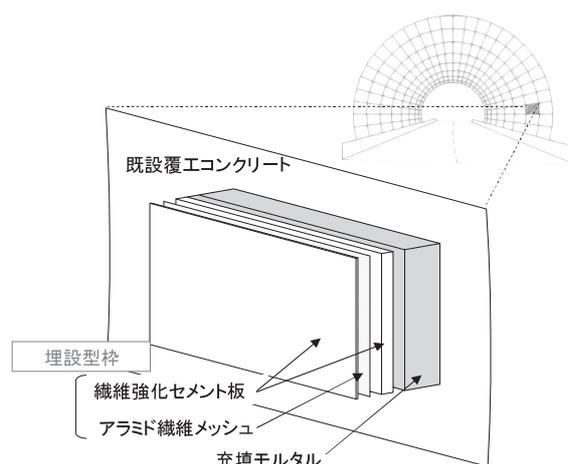


図-1 工法の概要

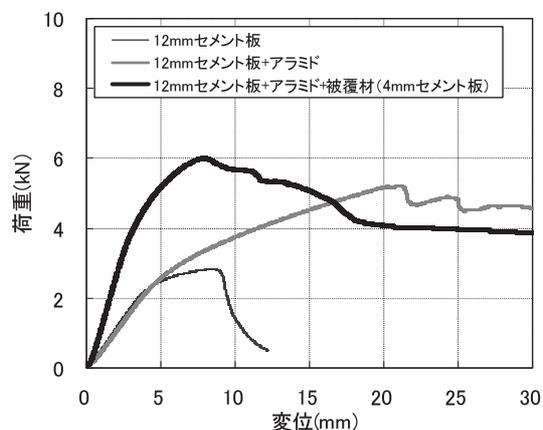


図-2 ボードの荷重～変位曲線

ドの最大曲げ強度はで約  $35\text{N/mm}^2$  であった。

既設覆工とボードの間に注入する充填材には、①高流動性、②無収縮性、③ノンブリージング性を満足するモルタルを選定した。図-3に圧縮強度、割裂引張強度と材齢の関係を示す。また、付着強度試験を実施した結果、はく落防止対策工法で実施される断面修復材と同等の $1.5\text{N/mm}^2$ 以上<sup>2)</sup>の付着強度を有することを確認した。

ボードと充填材が一体化した複合補強部材の力学特性を曲げ試験 (JSCE-G 552) を実施して確認した。試験ケースは、図-4 に示すように①充填材単体、②ボード+充填材、③ボード+充填材 (打継ぎあり)、④ボード+充填材 (継手あり)、⑤ボード+充填材 (継手あり、打継ぎあり) の5 ケースとした。

図-5 に各ケースの材齢 28 日の曲げじん性係数を示す。この結果から、複合部材の曲げじん性係数は約  $11\text{N/mm}^2$  であり、継手のある場合は約  $8\text{N/mm}^2$  の値が得られ、打継ぎの有無の影響はほとんど無く、非常に高い曲げじん性を有する補強部材であることが分かった。例えば、繊維補強覆工コンクリートの材齢 28 日の曲げじん性係数の基準値<sup>3)</sup>  $1.4\text{N/mm}^2$  に対して、継手の無い場合で約 8 倍、継手のある場合でも約 5 倍の曲げじん性を確保できる。

### 3 模擬トンネルにおける試験施工

次に、本工法のボード設置方法やモルタル充填方法を確立することを目的として、図-6 に示す内径 5 m、延長 5m の実物大の模擬トンネルで施工試験を行った。ボードは作業性およびモルタル打設高さを加味して横 900mm×縦 600mm×厚さ 20mm (1 枚あたり約 18kg) とした。

第一に、既設覆工面に測量後アンカーを打設しボルトを設置した。そして、図-7に示すボードを設置して所定の厚さにナットで固定した。ボードの継手部は、図-8に示すトンネル横断面方向に設けたアラ

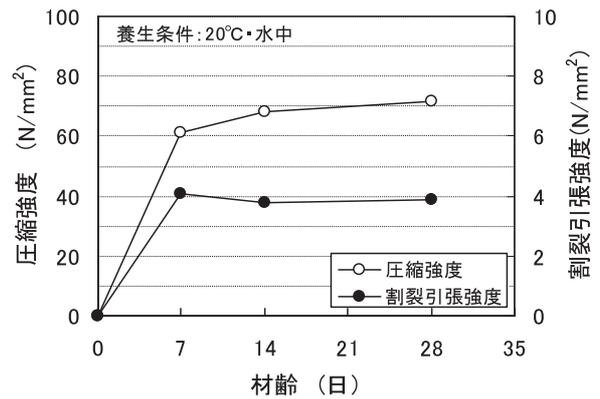


図-3 圧縮強度と材齢の関係

ケース	模式図	ボード	打継ぎ
①		無し	無し
②		継手無し	無し
③		継手無し	有り
④		継手有り	無し
⑤		継手有り	有り

図-4 複合補強部材の曲げ試験ケース

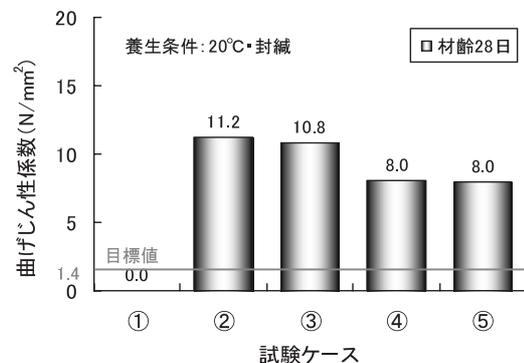


図-5 曲げじん性係数



図-6 模擬トンネル

ミド繊維の露出部分（幅100 mm）をラップさせて含浸接着させた。さらに、充填モルタルの側圧に対して、横端太鋼材で補強してボルト等の金具の数量を低減させた。

注入は、図-9 に示すリフトの最下段のボードに開けた注入孔から圧入して行った。注入中は孔口に取り付けた圧力ゲージで注入圧力の管理を行いながら、ボードの変形を目視観察した。充填状況は、充填センサー及びリークを確認する孔を適所に配置してボードとの間に隅々まで充填されているか確認した。その結果、注入圧力の急激な上昇もなく、ボードと覆工コンクリートの間を確実に充填できた。また、図-10 に示すようにコアボーリングを実施してボードと充填モルタルと覆工コンクリートの部材間の継目の付着性も良好であることを確認した。さらに、本工法によって急速施工できることを確認した。

#### 4 供用中の道路トンネル補修工事への適用

本工法を北陸自動車道の既設トンネルの補修工事に適用した結果について述べる。

本トンネルは 1987 年に NATM 工法を用いて建設された。2006 年 9 月に内装板交換の際、覆工コンクリート側壁部に変状が発見された。その原因は、地山の強度が低いために何らかの要因により地山の塑性変形（塑性圧）が増大したと推測された。そこで、トンネルの補強対策は片側車線規制で施工可能であり、かつ建築限界を侵さないで高い耐荷能力が期待できる工法を選定する必要があった。したがって、大幅な覆工の打換えは不可能であるため、現覆工の内側に薄層の高強度補強材を施工する内巻補強工法で、施工性に優れた本工法を選定した。

工事は供用中の高速道路という厳しい施工条件の中、走行車線側および追越車線側を順次片側車線規制により、昼夜連続作業で行った。補強厚は100～300mmであり、注入は各々の側壁部および天端部の



図-7 ボルトによるボード設置



図-8 ボード継手部の接着剤塗布



図-9 充填モルタル注入

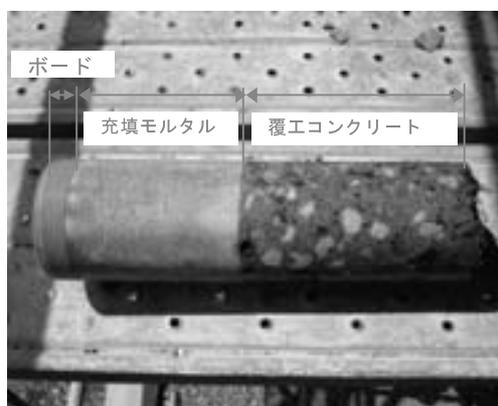


図-10 ボーリングコア

計11リフトに分けて行った。ボードの設置に用いた金具は、耐食性に配慮したものを使用した。また、天端部の施工は図-11に示すように足場および吊り足場を組み立てて行った。図-12に本工法による施工完成状況を示す。

## 5 おわりに

高強度埋設型枠と充填モルタルからなる新しいトンネル内巻補強工法を開発し、室内試験で十分な力学特性を有していることを確認した。そして、模擬トンネルで施工方法を実証し具現化した。さらに、本工法を供用中の道路トンネルの補強工事に適用した。ここに、本工法の特長を以下にまとめる。

- ① 高強度かつ高靱性のボードを用いることで、従来の工法に比べて設置に必要なボルト等の金具の数量を減らすことができる。そのため、施工速度を向上させることができる。
- ② 変状トンネルを補強する場合、断面毎に補強厚さが異なる。この方法は、既設覆工面に対してボードの位置を任意に設定できるため、従来の工法と比較して内巻補強部材の厚さを変えることができ、扁平に変状したトンネルに対して自由な形状に補強が可能である。
- ③ 片側車線規制することで供用中のトンネルの補強ができる。また、大型の施工機械を用いることなく小断面のトンネルへの対応も可能である。

現在、ボードのさらなる薄肉化を実現することを目的として、埋設型枠の構造的な機能を正しく評価できる手法を検討中である。今後は、信頼性の高い設計思想に基づいたボードの薄肉化を実現することで、本工法を市場のニーズに相応した安全かつ合理的な工法として確立していく所存である。

謝辞：本工法を開発するにあたり、東日本高速道路(株)の関係各位には本工法へのご理解と開発に関するご協力を頂いた。ここに謝意を表す。

## 参考文献

- 1) 田中俊行他：高強度埋設型枠を用いたトンネル内巻補強工法の開発，第12回岩の力学国内シンポジウム&第29回西日本岩盤工学シンポジウム，2008。
- 2) 日本道路公団：コンクリート片はく落防止マニュアル，2000。
- 3) 東日本高速道路：トンネル施工管理要領，NEXCO中央研究所，2006。



図-11 吊り足場による天端部施工



図-12 本工法による内巻補強工

# MMB（マルチ・ミキシングバケット）工法の開発

（株）福田組 エンジニアリング事業部 地盤改良グループ課長 ○高木泰宏  
地盤改良グループ長 目黒和則

## 1 はじめに

我が国では埋め立て地や軟弱な地盤の上に都市や工場が形成され、さまざまな問題が生じている。これらを解決すべく、（株）福田組はキャタピラー中日本（株）の技術協力を得て、「MMB工法」を開発した。特徴は、掘削ビット・スラリー噴射装置・攪拌混合羽根を一体化したことで、従来の土木建築工事の地盤改良に加えて環境対策や災害対策など幅広く活用できる。

本報告では、工法の概要や特徴について紹介する。

## 2 概要

本工法はベースマシンのバックホウに攪拌装置を取り付けるアタッチメントタイプで、バケットの爪（掘削ビット）とスラリー噴射装置、攪拌混合羽根を一体化したことで、幅広い地質の地盤でほぐしと攪拌を同時に行えるため、施工能力を大幅にアップすることができる。

さらに自動計測システムを備えたことで確実な施工管理ができる。これは攪拌位置、攪拌深さ、スラリー注入量、羽根切り回数などを運転席にモニター表示し、作業内容を自動的に記録するもので攪拌混合の品質管理が可能となる。（写真－1、2、3）



写真－1 マシン全景



写真－2 バケット内部



写真－3 自動計測システム

### 3 特 徴

- ① さまざまな場所や地盤に対応
  - ・地下水がある地盤でも対応可能である。
  - ・砂質土、粘性土、ロームといった種々の地盤に適用できる。
- ② 優れた施工品質
  - ・らせん状に配置した 18 枚の羽根により均質に攪拌混合する。
  - ・自動計測システムで確実な施工管理が行える。
- ③ 施工能力の向上
  - ・掘削ビット、スラリー噴射装置、攪拌混合羽根の一体化で、施工能力が大幅に向上する。
- ④ コストの削減
  - ・施工能力の向上によって施工費の削減が可能となる。
- ⑤ 多用途
  - ・スラリー方式、粉体方式（写真－4）のどちらにも対応できる。
  - ・地盤改良のほか、環境対策（写真－5）、災害対策などにも使用できる。

### 4 仕 様

- ① 適用土質 : すべての土質に適用可能
- ② 改良後の地耐力 : 長期 300 (kN/m<sup>2</sup>) 程度まで可能
- ③ 改良深さ : バックホウの作業盤から深さ 6 m 程度まで可能
- ④ ベースマシン : 0.8 (m<sup>3</sup>) 級バックホウ

### 5 用 途

本工法は、建物の基礎地盤強化や土間下部地盤強化に有効であり、中低層マンション、老健施設、工場、倉庫、商業施設、自走式駐車場などでの使用実績が多数ある。

また、環境対策や災害対策にも適用可能であり、汚染土壌の浄化や不溶化、地震時の液状化対策などでの使用実績がある。



写真－4 盛土下部地盤強化(粉体方式)



写真－5 汚染土壌の浄化

## 6 実証施工

本工法による改良地盤の品質について、千葉県市原市において実証施工を行った。(写真-6)

### ① 地盤改良仕様

- ・改良対象土、改良方式：ローム、スラリー方式
- ・固化材：セメント系（特殊土用）、添加量  $300 \text{ (kg/m}^3\text{)}$
- ・改良寸法：幅  $1.1\text{m}$  × 延長  $3.0\text{m}$  × 厚さ  $0.8\text{m}$
- ・攪拌混合時の羽根切り回数： $1000 \text{ (回/m}^3\text{)}$

### ② 調査項目

- ・出来形寸法：改良体の掘り起こし
- ・土塊混入率：測点総数  $1449$  箇所
- ・一軸圧縮強度：頭部コア  $30$  箇所
- ・コア採取率：オールコア  $3$  箇所



写真-6 実証施工（改良体掘り起こし）

調査の結果、出来形寸法は計画寸法以上であることを確認した。土塊混入率は  $5.2 \%$  であり、土塊状の未改良ロームが非常に少ない。また、一軸圧縮強度は平均一軸圧縮強度  $437 \text{ (kN/m}^2\text{)}$ 、標準偏差  $104 \text{ (kN/m}^2\text{)}$ 、変動係数  $23.9 \%$  であり、強度のバラツキが非常に小さい。コア採取率は  $100 \%$  であった。なお、フェノールフタレイン試験でコア全長にわたっての固化材反応を確認した。

## 7 実施工例

埼玉県狭山市で行った建物基礎地盤強化の実施工例を紹介する。(写真-7、8)

### ① 建物概要

- ・用途、構造：介護老人保健施設、RC造3階建
- ・建築面積： $2100 \text{ (m}^2\text{)}$
- ・基礎形式：独立基礎  $60$  箇所、  
長期地耐力  $300 \text{ (kN/m}^2\text{)}$

### ② 地盤改良仕様

- ・改良対象土、改良方式：ローム、スラリー方式
- ・設計基準強度： $1080 \text{ (kN/m}^2\text{)}$
- ・固化材：セメント系（特殊土用）、添加量  $450 \text{ (kg/m}^3\text{)}$
- ・改良深さ：GL -  $3.5\text{m}$ （厚さ  $1.8\text{m}$ ）  
～ GL -  $5.5\text{m}$ （厚さ  $3.8\text{m}$ ）

- ・攪拌混合時の羽根切り回数： $1000 \text{ (回/m}^3\text{)}$  以上

施工に際しては、自動計測システムにより、攪拌位置、攪拌深さ、スラリー注入量、羽根切り回数を運転席にモニター表示し、オペレータは表示された計測値を見ながら、目標値をクリアするまでスラリー注入攪拌混合を行った。また、自動計測システムによる施工データ(図-1)を報告書として提出している。

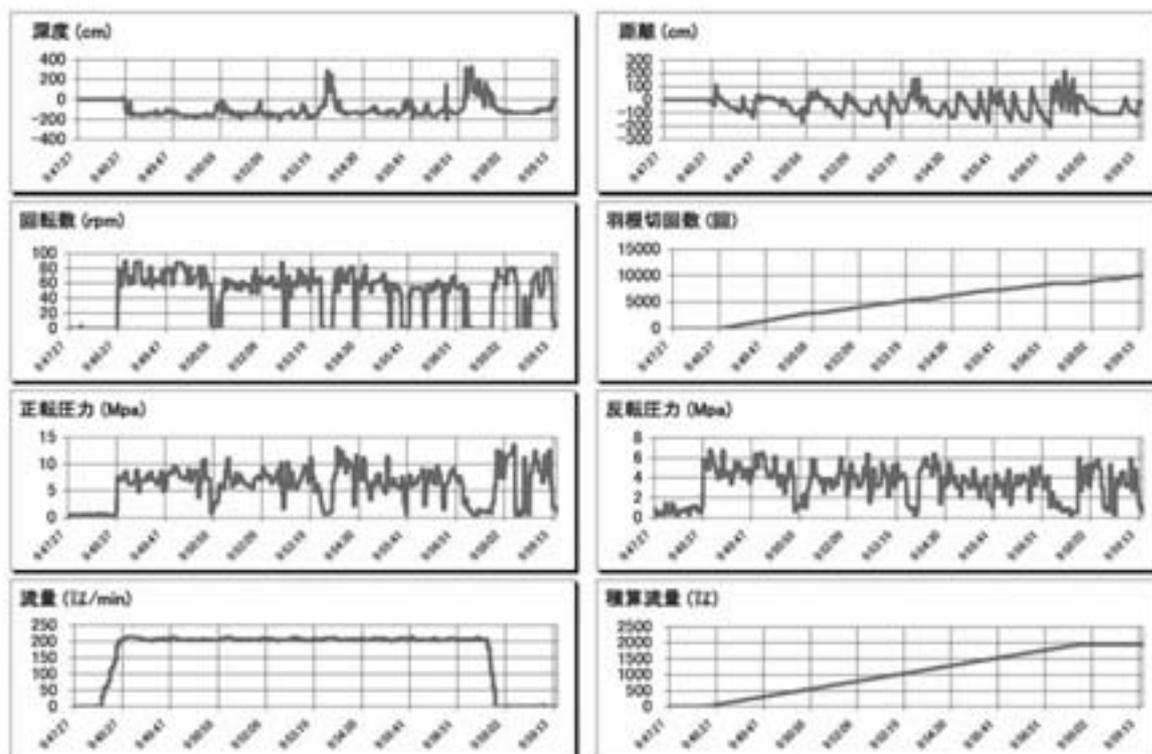


写真-7 実施工全景



写真-8 スラリー注入攪拌混合

### マルチミキシングバケットデータ収集システム



図－1 自動計測システムによる施工データ

コア供試体 15 本による一軸圧縮強度試験の結果、平均一軸圧縮強度 1957 (kN/m<sup>2</sup>)、標準偏差 376 (kN/m<sup>2</sup>)、変動係数 19.2 % であり、設計基準強度を満足するとともに、強度のバラツキが非常に小さいことを確認した。

以上の実証施工、実施工の結果、攪拌混合時の羽根切り回数を 1000 (回/m<sup>3</sup>) 以上とすることで、高品質の改良体を造成できることが実証された。

#### 8 おわりに

(株) 福田組エンジニアリング事業部地盤改良グループでは、地盤改良の専門工事部署として建設会社他からの工事依頼を受けて、今後も本工法を建物の基礎地盤強化や土間下部地盤強化などに積極的に推進していく考えである。

本工法は盛土下部地盤強化や環境対策、災害対策にも有効であり、地盤改良工法のひとつとしてご認識いただければ幸いである。

# ブロック舗装強化工法

大成ロテック(株) 生産技術本部 技術研究所 係長 ○小栗 直幸  
大成ロテック(株) 北陸支社 石川営業所 係長 福里 次康

## 1 はじめに

ブロック舗装は、豊富なバリエーションを持ち、高い意匠性を演出できることなどから、歩道から車道まで景観舗装等として広く適用されているが、歩道の車両乗入れ部や車道部などでは早期に破損が生じることがある。破損としては、敷砂の品質不良や目地砂の流出等が原因となり、車両荷重や衝撃荷重を繰り返し受けることにより、不陸や段差、ブロックの割れなどが発生・進行する。

今回、これらを踏まえ、主にブロック舗装の補強・補修を対象とした、“特殊セメント系グラウトを用いたブロック舗装の強化工法（ブロック舗装強化工法と称す）”を開発した。

本文では、まずブロック舗装強化工法の概要について報告し、さらに現場への適用事例について紹介する。

## 2 ブロック舗装強化工法の概要

ブロック舗装強化工法は、破損の主な原因となる敷砂層および目地砂部を固化させ、ブロックと一体化して剛性を持たせることにより、車両荷重に耐え得る構造とするものである。具体的には、敷砂の代わりに単粒度碎石を敷き均し、特殊セメント系グラウト（グラウトと称す）を碎石層の空隙および目地部へ充填し、固化させ、一体化する。

破損したブロック舗装をブロック舗装強化工法によって強化・補修を行うイメージを図-1に示す。

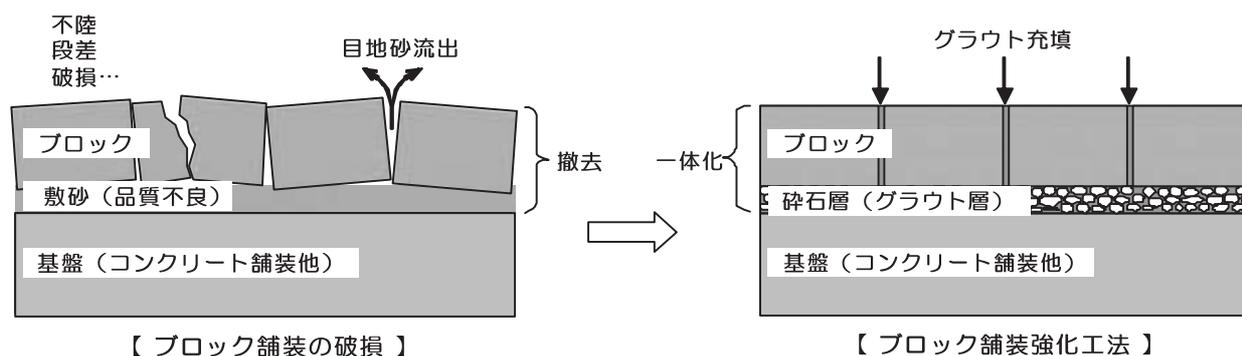


図-1 ブロック舗装強化工法のイメージ

## 3 ブロック舗装強化工法の特長

ブロック舗装強化工法の特長を下記に示す。

- (1) ブロック舗装の破損原因となる敷砂および目地部をグラウトで固化してブロックと一体化させるため、車両の繰返し荷重に耐え得る構造となる。
- (2) 充填性に優れたグラウトを使用するため、目地幅が狭小（2～3mm）なコンクリートブロック舗

装にも適用可能である。

- (3) ブロック表面にグラウトを排出し、目地部より充填するため、施工が容易である。
- (4) 大型車両の乗り入れにも十分な耐久性がある。
- (5) 交通開放時期の条件により、普通タイプまたは速硬タイプを選択でき、速硬タイプは施工後 2～3 時間で交通開放が可能である。

#### 4 施工断面

標準施工断面を図-2 に示す。原則として、ブロックの厚さは歩道の車両乗入れ部では 6cm 以上、車道部では 8cm 以上とし、透水性および保水性ブロックは適用外とする。グラウト層は、敷砂層の標準施工厚と同じ 2cm<sup>1)</sup> を標準とし、2.36mm 以下をカットした 7 号単粒度碎石（スペーサ碎石と称す）を使用する。基盤がアスファルト混合物層や路盤等の場合は、コンクリート舗装または半たわみ性舗装\*で置き換える。  
 ※半たわみ性舗装のグラウトは、グラウト層の注入と併せて同時に注入できる

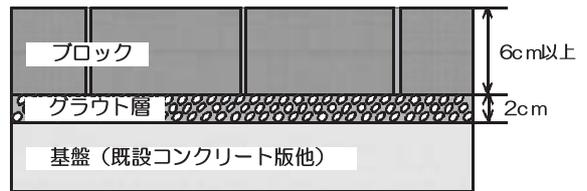


図-2 標準施工断面

#### 5 充填グラウトの諸元例

充填するグラウトの諸元例を表-1 に示す。グラウトには特殊セメントを用い、充填性を確保するために P 漏斗フローの目標値を 9.5 秒として水セメント比を決定している。速硬タイプは施工後 2～3 時間で交通開放が可能であり、即日開放を必要としない場合は、コストを考慮し、普通タイプを使用する。

表-1 グラウトの諸元例

項目	普通タイプ	速硬タイプ
適用	即日開放が必要でない場合	即日開放が必要な場合
流動性(P漏斗)	9.4s	9.4s
材料分離	なし	なし
圧縮強度 (20℃)	1MPa (8h)	4MPa (2h)
	41MPa (7d)	46MPa (7d)
交通開放	12-24h	2-3h

#### 6 ブロック舗装強化工法の施工方法

##### (1) 既設ブロックの撤去

既設ブロック舗装のブロック、敷砂層を撤去する。

##### (2) 基盤舗装の設置

敷砂層下が粒状路盤等の場合は、基盤としてコンクリート舗装または開粒度 As 舗装を設け、グラウト充填時に開粒度 As 舗装の空隙への充填も併せて行う。

##### (3) スペーサ碎石敷均し・ブロックの敷設

基盤舗装面を清掃し、その上にスペーサ碎石を敷き均し、ブロックを敷設する。グラウトの充填性および品質確保のため、スペーサ碎石は湿潤状態にしておく。

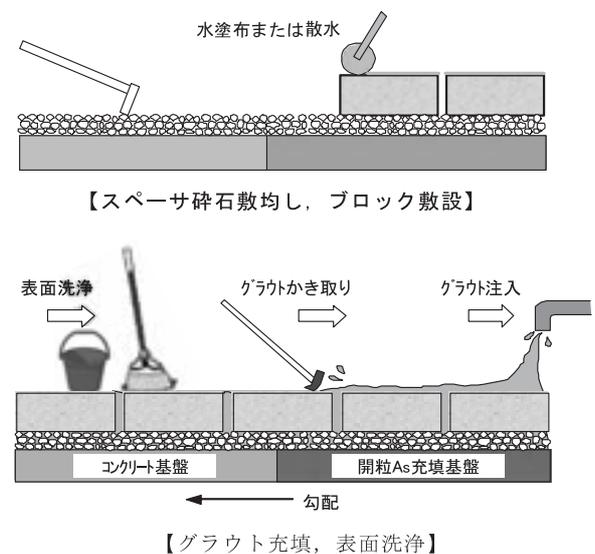


図-3 施工手順概念図

(4) グラウトの充填

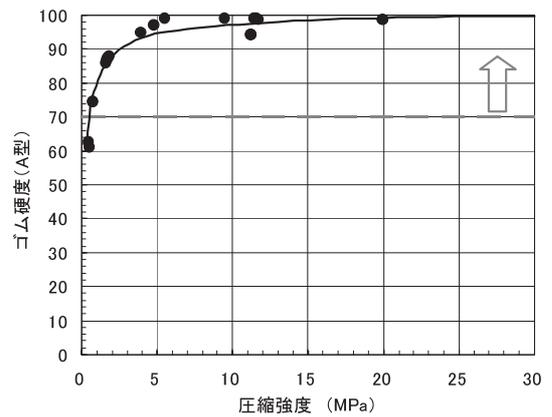
現場で製造したグラウトをブロック表面に排出し、ゴムレーキ等により広げ、目地より自然落下にて充填する。

(5) ブロック表面の洗浄

グラウトの充填が完了した箇所からブロック表面に付着しているグラウトをモップやスポンジで拭き取り、バケツ等の水ですすぎ洗いを繰り返す。

(6) 養生、交通開放

冬期の夜間など、氷点下となる場合は、凍結させないように養生する。交通開放時の強度は0.5MPa以上とするが、ゴム硬度計による強度の推定が可能であることから、現場においてはゴム硬度70以上を交通開放の目安とする（図-4 参照）。



7 施工事例

ブロック舗装強化工法の表-2 に示す2つの施工事例について紹介する。

表-2 工事概要

施工事例	①	②
工事種別	補修工事	新設工事
施工箇所	車両乗入れ部（歩道）	車両乗入れ部（歩道）
施工面積	10m <sup>2</sup>	約 100m <sup>2</sup> (4 箇所)
使用ブロック	IIブロック	白御影擬石ブロック
敷設パターン	バスケット織り	正方形張り

7.1 施工事例①

7.1.1 施工概要

施工箇所は、歩道の車両乗入れ部（幅員2.5m）で、車両によるすえ切りや急制動を受け、ブロックの角欠けや水平移動、不陸による平坦性の低下が全面的に発生していた（写真-1）。破損原因としては、目地砂の消失によるかみ合わせ効果の低下や敷砂の品質不良などが考えられる<sup>1)</sup>。施工にあたっては、先ず既設のブロックおよび敷砂を撤去し、コンクリート基盤の清掃およびクラック補修を行った。グラウトの注入直前には、散水してブロックを表乾に近い状態にした。グラウトは、グラウトミキサで製造し、バケツを用いてブロック表面に排出し、レーキを用いて注入した。横断勾配が4～12%であったため、グラウトのオーバーフローを砂で抑えた。昼過ぎにはグラウト充填作業が完了し、同日中に交通開放した。



写真-1 破損状況（補修前）



写真-2 完成（供用1年後）

## 7. 1. 2 施工後の供用性

写真-2に供用1年後の状況を示す。施工から3年近くが経過した現在、破損等は見られず良好な耐久性・供用性を有している。

## 7. 2 施工事例②

### 7. 2. 1 施工概要

本工事では、歩道（幅員4.3m）の新設工事のうちの車両乗入れ部4箇所にも本工法が適用された。車両乗入れ部以外の歩道部は、インターロッキングブロック舗装である。

基盤舗装はコンクリート版（厚さ20cm）であったことから、その上にスペーサ砕石を敷均し、15cm角（厚さ6cm）の白御影調擬石コンクリートブロックを敷設した。グラウトの流出がないように周囲をモルタルで塞ぎ、グラウトの充填を行った。スペーサ砕石層への充填状態の確認のため数箇所のブロックを取り外したところ、全てにおいて完全に充填されていたため、本工事のような施工条件では、プレート等の加振による充填促進の必要がないことを確認した。グラウトが硬化する前にブロック表面に残ったグラウトを拭取った。グラウトは1時間程度で硬化し、交通開放は翌日に行った。

### 7. 2. 2 施工後の供用性

施工から8ヶ月が経過した現在、破損等は全く見られず良好な供用性を有している（写真-5）。

## 8 おわりに

ブロック舗装強化工法は、ブロック舗装の破損が発生している箇所および破損が懸念される箇所の補修および新設工事に適用し良好な結果が得られている。今後は、これらの現場の状況を観察しながら、大型車が走行するような車道部へも展開し、本工法の適用性を検証していきたい。

### 【参考文献】

- 1) 尾本ほか：インターロッキングブロック舗装の維持管理，（社）インターロッキングブロック舗装技術協会，2005.12
- 2) 笠原ほか：インターロッキングブロック舗装設計施工要領，（社）インターロッキングブロック舗装技術協会，2007.3



写真-3 スペーサ砕石敷均し、ブロック敷設



写真-4 グラウト充填



写真-5 完成

# 常温ガラスコーティングシステム

大成ロテック(株) 中部支社 工事部課長代理 ○増野 雄三  
同 北陸支社 工事部部长 佐藤 豊

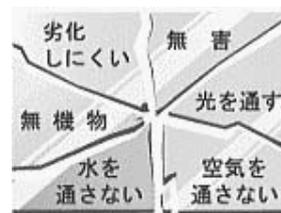
## 1 はじめに

我が国の社会資本のストックは道路を初めとして相当量となっており、これを適切に維持管理していくことが求められている。又、社会資本に対する国民のニーズも多様化・高度化しており、環境や景観などにも対応しなければならない状況にある。

常温ガラスコーティングシステムは、常温でガラス質膜を形成する環境整備工法で、構造物の防汚・塩害・落書き・貼り紙対策及びトンネル内装に適した長期維持コーティング技術であり、環境に優しく、土木構造物のライフサイクルコストを低減するものである。

## 2 常温ガラスコーティングの特徴

優れた特質を数多く持ったガラスは、古くから親しまれ私たちの生活に欠かせないものである。しかし、ガラスは一般に高温で溶かさないと形を変える事が出来ず、この事が用途を狭める一因となっていた。



常温ガラスコーティングは「ガラスの用途拡大」を目的に、「普段生活している温度（常温）で、液体を固体化することによりガラス膜を作り出す塗料」として開発されました。この特徴から常温ガラスコーティングを「ヒートレスガラス」と名付け、HEAT LESS GLASSの頭文字を取って「HLG」とも呼称している。

HLG を被塗装物に塗ると、空気中の水分により成分の一部が変化を起し、ドミノ倒しのよう反応を繰り返していき、最終的に安定したガラス質膜が完成する。この HLG を様々な素材の被塗装物に塗るために、素材に合わせて最適な方法をまとめ、システム化したものが HLG システムである。

この HLG システムにより、今まで工場でしか出来なかった処理を施工現場で行う事が可能となり、コストダウン・工期短縮などのメリットを生む事が出来る。(以降は HLG システムと記載)

## 3 汎用有機系塗料との比較

HLG システムと汎用有機系塗料の物性を比較する。

表－1 汎用有機系塗料との比較

試験項目	試験方法	HLG システム	汎用有機系塗料
耐熱性	ガスバーナーで塗膜面を燃焼	表面不燃	燃焼
耐油性	マシン油テスト	異常なし	溶解膨潤
耐酸試験	5%硫酸水溶液一滴滴下 24h 後観察	異常なし	白化・膨れ
耐溶剤性	ラッカーシンナー・ベンジン等浸漬	異常なし	溶解膨潤

この比較により、HLG システムが耐熱性・耐酸性・耐溶剤性と言う無機系材料の特徴を有している事が分かる。HLG システムを構造物の表面処理に使用すれば、ライフサイクルの延長、廃棄物の減少と言う効果を期待出来る。

4 HLG システムの機能 HLG システムは大きく分けて、①構造物の長期維持、②トンネル内装、③落書き・貼り紙対策と言う3つの機能を有している。(図-2)

目的	概要・仕組み等	適用先
構造物の長期維持	<p>HLGシステムでの構造物保護のイメージ</p> <p>①コンクリート構造物に雨水・塩分などが浸入する ②アルカリ分が強け出す→中性化、コンクリート内部では凍結融解が起こる→鉄筋の発錆による腐食 ③HLGシステムで表面を保護することで、雨水・塩分等の浸入を防ぎ、コンクリート構造物の長期維持を図れる。</p>	<p>雨水・酸性雨の侵入による様々なコンクリート劣化要因の抑制 塩害対策 防食対策</p>
トンネル内装	<p>【トンネル内装に活かされるHLGシステムの特徴】</p> <p>①優れた初期反射率により視認性の向上 ②長期耐久性(300回繰り返し洗浄後初期反射率60%維持) ③促進耐酸性試験4500時間クリア ※土木用防汚材料1種・5種合格(排気ガス汚れの除去が容易) ④不燃性・有毒ガスが発生しない ⑤万が一の火災時、5L100kg以上-FPが免れ、船体のダメージを抑える ⑥ペイント補修(部分補修)が可能</p>	トンネル内装
落書き貼り紙対策	<p>【落書き貼り紙対策に活かされるHLGシステムの特徴】</p> <p>①高離型性 ラッカースプレーなどが乗りにくい・貼り紙が接着しづらい ②凹凸がなく落書き貼り紙をされても、除去が容易 ③各種溶剤に対して無反応、塗膜が傷まない ④落書き対策・貼り紙対策を適用できる材料 ※落書きがきれいに書けないため、落書きの抑止効果も生まれる</p>	<p>落書き貼り紙を防止 コンクリート・鋼構造物 電柱等耐腐設備</p>

図-2 HLG システムの機能

#### 4. 1 構造物の長期維持

コンクリート構造物が劣化する原因として、風雨に晒され、雨水及び塩分の浸入等により、構造物が中性化、更には鉄筋の発錆による爆裂が考えられる。HLG システムを構造物表面に塗布する事で、表面に保護膜を生成し、雨水・塩分の浸入を防ぎ、コンクリート構造物のライフサイクルコストの削減を達成出来る。

#### 4. 2 トンネル内装

トンネル内装に求められる事項として、視認性の向上・長期耐久性・耐火性がある。HLG システムのトンネル内装に活かされる特性としては以下のものがある。①優れた初期反射率により視認性の向上、②長期耐久性(300回繰り返し洗浄後初期反射率60%維持)、③不燃性、有毒ガスが発生しない。

#### 4. 3 落書き・貼り紙対策

美観の向上と環境保護の観点より、落書き・貼り紙対策に活かされる特性として、①ラッカースプレーなどが乗りにくい・貼り紙が接着しづらい「高離型性」、②各種溶剤に対して無反応・塗膜が傷まない「耐溶剤性」がある。HLG システムは専用の除去剤を必要とせず、繰り返し除去を行っても性能は低下しない。

## 5 土木用 HLG システムの各種工法

前述した特性に基づき、システムとして以下の5つの工法を採用している。

- ①HL-S T工法 全ての工法の基本となる工法。土木構造物全般に施工可能。
  - ②HL-TN工法 トンネル内装用に開発された工法。万一のトンネル火災時に効果有り。
  - ③HL-S C工法 既存塗装上に塗布する工法。絵画の保護にも応用可能。
  - ④HL-H G工法 超耐久性仕様の工法。中塗り層にハイブリッド塗料を採用。
  - ⑤HL-W P工法 トップコートのツヤ調整を可能にした工法。自然な風合いを再現可能。
- これらの工法を被塗装面の状況、要求事項を確認しながら選定する。

## 6 HL-TN 工法の施工

HL-TN 工法を例に施工方法を記述する。

表-2 HL-TN 工法塗装仕様

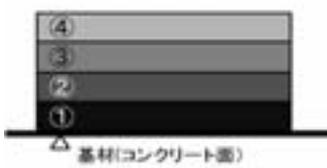
断 面	塗 装 仕 様	使 用 材 料
	①下 地 処 理 下地調整フィラー	ポリマーセメント系
	②下 塗 り 特殊シーラー E ホワイト	特殊エポキシ系プライマー
	③中 塗 り SL100カラー	(アンダー) ガラスコーティング材
	④トップコート SL600クリアー	(TOP) ガラスコーティング材



写真-1 下地処理 (フィラー吹付)



写真-2 下塗り (プライマー)



写真-3 中塗り (アンダーガラスコーティング)



写真-4 トップコート (ガラスコーティング)

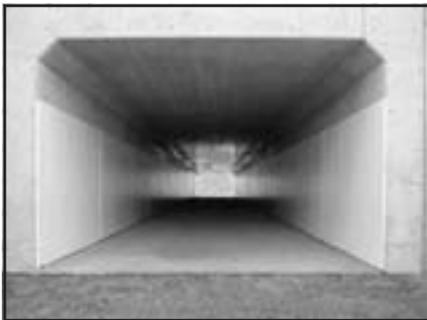


写真-5 施工前



写真-6 施工後

## 7 施工事例



①ボックスカルバート（新設）



②トンネル内装（新設）



③地下道（既存塗装面）

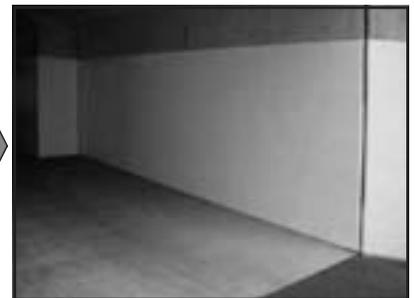
写真-7 施工事例



①着手前



②落書き消去（HLG 前処理）



③HLG 完了

写真-8 落書き・貼り紙対策工 実施例

## 8 おわりに

HLG システムは、優れた構造物の長期維持コーティング技術と自負している。現在、中部地方整備局管内を中心として、トンネル内装や落書き・貼り紙対策で施工実績が増えている。

特にトンネル内装では、HLG システムを施工する事で視認性向上は元より、5～10%の照明施設の削減が可能となり、建設コスト及びランニングコストの縮減にも繋がるものである。

今後は、更なるコストダウン・用途開発に主眼をおき、硬化時間を短縮出来る材料の開発、耐久性・防汚性能の向上、厳しい施工条件でも施工可能な製品の開発を図っていく所存である。

# 加熱明色薄層舗装（明色トンネルシール工法）の適用性について

日本道路株式会社 技術研究所 ○長谷川 淳也  
同 北信越支店 水 倉 一夫

## 1 はじめに

わが国の道路等の社会基盤は、戦後の復興期より高度成長期を経て着実に整備され、社会資本のストックは膨大な量になり、その維持管理が大きな課題となっている。道路トンネルに関しては、山岳地が多いわが国の特性から、建設が進み現在は総数約 8,800 箇所已达到している。この内、高度成長期に建設されたものは約 25%を占めており、これらのトンネルが今後 20 年間に建設後 50 年以上経過する数が増加するため、トンネルの維持・修繕の必要性がますます高まると考えられる（図-1）。

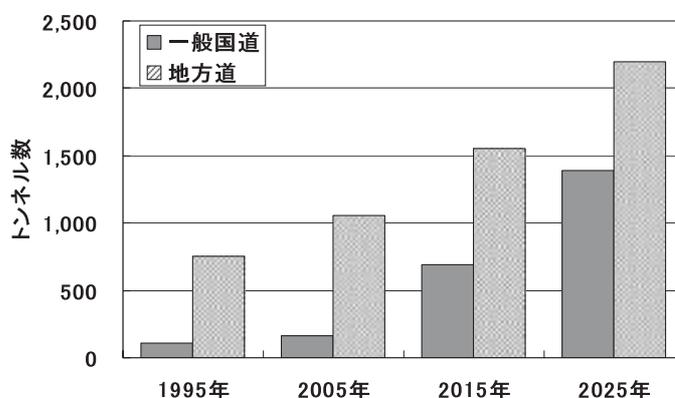


図-1 建設後 50 年以上のトンネル数<sup>1)</sup>

トンネル内舗装は、耐久性と明色性が求められ、これまでコンクリート舗装が多く採用されてきた。トンネル内コンクリート舗装は、長期供用によるすべり抵抗の低下と埃や排気ガスによる明度の低下がみられ、

適正な制動停止距離の確保や視認性の確保等、安全に関する課題がみられる。またトンネル内は、複数車線が少なく路肩も狭いことから、多くの車両が一定の位置を走行するため摩耗によるわだち掘れが進行しやすい特徴があり、積雪寒冷地では特に顕著である。

本論文は、積雪寒冷地におけるトンネル内コンクリート舗装の維持修繕方法として開発した明色トンネルシール工法の概要と、これまでの適用事例を中心に供用状況をまとめたものである。

## 2 明色トンネルシールの開発

これまでトンネル舗装のすべり摩耗抵抗の回復を目的とした補修方法は、ショットブラス工法やグレーピング工法等の目粗し工法（研掃工）や樹脂舗装等の維持工法が多く用いられてきた。これらの工法は、すべり抵抗値の回復度合いや回復効果の持続性に課題が見られた。破損が進行し構造に起因する破損にいたる場合は、根本的な対策が必要になり、コンクリート舗装版の全面打換えから SFRC による薄層オーバーレイ舗装あるいは半たわみ性舗装や明色アスファルト舗装などのオーバーレイ等の修繕工法が採用される。

昨今、ライフサイクルコスト（LCC）を含めた補修工法の選定が重要となってきている。当社ではこれまでに、予防的維持工法である明色マイクロサーフェシング工法（以下、明色MS工法）をトンネル内舗装のすべり抵抗回復工法として適用し実績をあげてきた。しかしながら、明色MS工法は舗設厚が 5mm と薄層でチェーン等の摩耗の影響を受けやすいため、積雪寒冷地には不向きであった。

これらの経験を踏まえ、すべり抵抗性や明色性が改善でき、かつ積雪寒冷地における耐摩耗に優れた明色トンネルシール工法の開発を行った。この工法は、予防的維持の効果も期待するものである。

表-1はトンネル内舗装の維持修繕工法を比較したものである。明色トンネルシール工法は、すべり抵抗性、耐摩耗性が優れ補修効果が高く、またわだち部の施工が可能であるため、積雪寒冷地におけるトンネル内コンクリート舗装の補修工法として適した工法であると考えられる。

表-1 トンネル内舗装の維持修繕工法の比較

工法区分		維持工法				予防的維持	修繕工法		
		研掃工		樹脂舗装	明色トンネルシール		明色マイクロサーフェシング	半たわみ性舗装	明色As舗装
工法名称		ショットプラス	ウオータージェット			ゲルベィング			
施工厚さ(mm)		0	0	0	1~5	10~30	3~5	40~50	40~70
切削、打換えの必要性		無	無	無	無	無	無	有	有
補修効果	明色性	△	△	△	○	○	○	○	○
	すべり抵抗性	○	○	○	○	◎	◎	○	◎
	耐摩耗性	—	—	—	○	◎	×	○	○
	走行性(快適性)	△	△	△	○	○	△	◎	◎
	わだち掘れの補修	×	×	×	○	◎	×	×	×
施工性	施工機械の編成	◎	◎	◎	◎	○	◎	△	△
	施工期間	○	○	○	○	○	◎	◎	◎
経済性	初期コスト	◎	○	○	△	○	○	×	×
	LCC	○	○	○	○	◎	◎	△	△
環境対策	発生材の量	○	△	○	◎	◎	◎	△	△
	作業環境	△	△	△	△	○	◎	△	△
	交通規制	○	○	○	○	○	◎	△	△

◎:優れている、○:やや優れている、△:やや劣っている、×:劣っている

### 3 明色トンネルシール工法の概要

明色トンネルシール工法は、耐摩耗性の高い明色アスファルト混合物を使用し、トンネル内のわだち掘れ補修を目的として施工厚2cm程度の施工を可能とした明色薄層舗装である。

#### 3.1 使用材料および標準配合

明色トンネルシール混合物に使用する材料および標準配合を表-2に示す。耐摩耗性を高めるため、材料面では明色トンネルシール工法専用のNDブライトHSを開発し、配合面ではフィラーを多く使用している。表-3に示すバインダの性状から、タフネス・テナシティが高く、骨材把握力や粘結力による耐摩耗性が期待できる。プレコートチップ材は、すべり抵抗性を確保するために使用し、付着力を確保するためにプレコートしたものを用いる。

明色トンネルシール混

表-2 使用材料および標準配合

材料名	品名	標準配合(%)
明色バインダ	NDブライトHS	8~10
	7号砕石	8~20
骨材	砕砂、スクリーニングス	70~85
	フィラー	石灰系
顔料	酸化チタン	1~2
プレコートチップ材	白色人工砕石(5~2mm)	0.3~0.6kg/m <sup>2</sup>

注)プレコートチップ材は標準散布量

表-3 NDブライトHSの性状

項目	単位	品質規格
針入度	25°C:1/10cm	40以上
軟化点	°C	56.0~75.0
伸度	15°C	30以上
タフネス	25°C:Nm	8.0以上
テナシティ	25°C:Nm	4.0以上

表-5 マーシャル配合試験

試験項目	単位	社内基準値
安定度	KN	3.43以上
フロー値	1/10mm	20~100
空隙率	%	2~6
飽和度	%	80~95
付固め回数	回	50
推定バインダー量の中央値	%	9.5

表-4 骨材合成粒度範囲

ふるい目	単位	通過重量百分率(%)
13.2	mm	100
4.75	mm	95~100
2.36	mm	75~95
600	μm	37~55
300	μm	27~41
150	μm	19~31
75	μm	13~23

合物の配合設計は、原則的にマーシャル安定度試験を実施する。表－4に示す骨材合成粒度範囲の中央値を目標に合成粒度を選定し、バインダ量は表－5に示すマーシャル試験の目標値の範囲内で施工性を勘案し決定する。

### 3. 2 混合物の基本性状

明色トンネルシール混合物の基本性状を、表－6に示す。

#### (1) 耐摩耗性、耐流動性

明色トンネルシール混合物は、コンクリートと同程度の耐摩耗性を有する。また、施工箇所がトンネル内であり路面温度が低いことから、耐流動性も十分な性能を有していると考えられる。

#### (2) すべり抵抗性

明色トンネルシールのすべり抵抗性は、初めのうちチップング材の効果で高く、また供用が進んで研磨作用を受けても、混合物に含まれる主骨材である7号砕石の効果で、高いすべり抵抗を維持できると考えられる。

#### (3) 明色性

専用の明色バインダと白色顔料の使用により、半たわみ性舗装と同程度の明色性を有する。アスファルト系舗装などは、供用に伴い粗骨材の露出や汚れの付着等で明度の低下がみられる。これに対し明色トンネルシール混合物は、初期はチップングに使用する白色人工骨材の効果、摩耗が進んだ場合でも、使用骨材が細かく酸化チタンの発色効果が高いことにより、明度の低下が抑えられると考えられる。

### 3. 3 施工機械

明色トンネルシール工法は、専用アタッチメントを装着した小型フィニッシャ(写真－1、2)を使用することにより、混合物の温度低下を防ぎ、薄層で敷ならすことができる。敷ならし後は、専用ヒータにより再加熱を行うことにより、既設路面との接着を確実に行うことができる。



写真－1 ホッパー加熱装置



写真－2 加熱デフレクター装置

### 4 施工方法

明色トンネルシール工法は、図－2に示すとおり、基本的にトンネル内のわだち部だけを施工する工法であり、既設コンクリートの明色性を損なわずに補修できる。また、路面切削を行わないため、

コスト削減が図られる。

また、既設コンクリート面の汚れが進行し明るさを確保したい場合や、均一な路面が必要な場合は、図-3に示す様に、BWPで2レーンに分割して全幅の施工することも可能である。

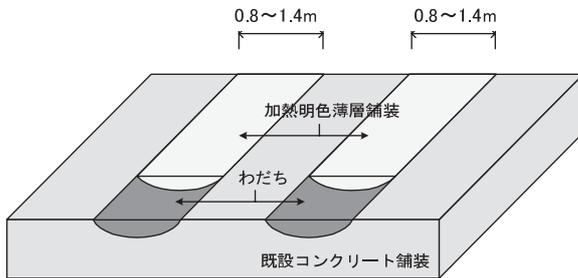


図-2 わだち部施工の舗装断面図

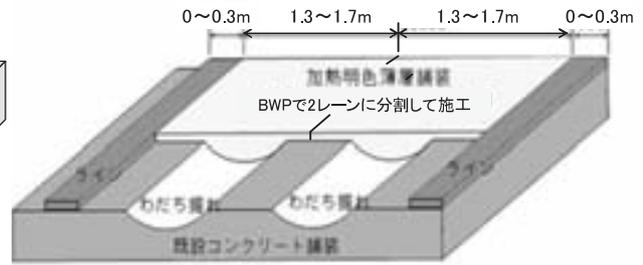


図-3 全幅施工の舗装断面図

## 5 現場適用状況

現場施工実績を表-7に示す。これまでに、わだち部の施工が3カ所、全幅の施工が2カ所の現場に適用されており、土岐トンネルは供用約6年を迎える（明色トンネルシール上に明色MS工法を併用）。

表-7 明色トンネルシール工法の施工実績

工事箇所					発注者	施工年月日	供用年数	施工箇所	平均厚(mm)	施工面積(m <sup>2</sup> )	施工幅員(m)
工事場所	トンネル名	開通年月	わだち掘れ(mm)								
			平均	最大							
岐阜県多治見市中央自動車道	土岐トンネル	昭和46年6月	9~20	20	旧日本道路公団	平成14年10月	31	わだち部(+MS工法)	17	3,600	1.0~1.5
長野県岡谷市長野自動車道	岡谷トンネル	昭和61年3月	12	29	旧日本道路公団	平成16年9月	18	わだち部	15	2,400	0.8~1.0
長野県岡谷市長野自動車道	塩嶺トンネル	昭和63年3月	9	27	旧日本道路公団	平成17年10月	17	わだち部	9	3,642	0.8~1.2
鳥取県~兵庫県国道9号線	蒲生トンネル	昭和53年12月	20	25	国土交通省近畿地方整備局	平成18年7月	28	ライン内側全幅	10	1,740	2.9
岡山県真庭市米子自動車道	久見トンネル	平成4年12月	-	-	西日本高速道路(株)	平成20年6月	16	ライン内側全幅	11	2,435	3.425

施工現場の供用後3~4年の状況は、一部に破損の発生やチップ材に飛散、トンネル内の湧水と路肩の堆積物による汚れで明色性が損なわれているところも見られるが、全体としては路面の状態は良好であり、すべり抵抗性や耐摩耗性等の機能を維持している。

## 6 まとめ

これまでの現場の供用状況から、改良した明色バインダによる明色トンネルシール混合物の開発と施工機械を工夫することで、積雪寒冷地のトンネル内コンクリート舗装の補修方法として十分適用可能な工法であると考えられる。

今後は、路面性状調査を実施し、明色トンネルシール工法のすべり抵抗性や明色性等の効果持続性や摩耗等の耐久性について、定量的な評価を行っていく予定である。

## 7 参考文献

- 1) 小澤 隆：道路維持管理の現状と課題，レファレンス，2007.4
- 2) 川崎 健史：明色ハイブリット舗装の試行導入，EXTEC，77-22
- 3) 峰村 新也：トンネル内コンクリート舗装の加熱薄層舗装による補修工法，第10回北陸道路会議
- 4) 菅野 厚行：積雪寒冷地のトンネルにおける加熱明色薄層舗装の適用，第27回日本道路会議

# 場所打ちPC床版（フルプレストレス）のプレストレスロス対策

東京コンサルタンツ(株)	技術監理センター	村西 隆之
同	同	小村 辰彦
同	同	大野 一成
同	同	坂井田 巖
同	新潟富山支店	○塚嶋 雅則

## 1 はじめに

鋼道路橋のコスト縮減において、合理化床版を用いた少数鉸桁がよく用いられるが、凍結防止材による塩害対策が求められる地域において、コスト縮減と耐久性の向上を図るため、現場打ちフルプレストレスコンクリート床版（以下PC床版と称す）を採用した。北陸地方整備局管内では凍結防止材散布の影響がある橋梁では塩害対策区分I相当のかぶりを確保する必要があり、床版厚が厚くなる傾向にある。PC床版にはプレキャストと現場打ちがあるが、プレキャストPC床版であってもRCループ継手部は現場打ちとなるため、プレキャストの優位性が十分に発揮されない。このため、ここでは場所打ちPC床版を対象とし、実橋でよく見られる斜角がある場合について着目し、横桁部に生じる床版のプレストレスロスを検証し、その対策案を検討した。

## 2 剛な横桁を有する部位のプレストレスロス検証

### 2.1 解析の目的

一般に鋼2主I桁橋で床版支間に剛性の高い横桁がある場合は、床版のプレストレス導入時にロスが生じ、床版に有害なひび割れを生じる原因の一つとなる（表-1参照）。

表-1 プレストレスロスの影響

	標準部	端支点部
模式図	<p>鋼桁が変形することにより、 十分な圧縮力が導入される。</p>	<p>剛な横桁により床版の変形が拘束され、 十分な圧縮力が導入されない。 → プレストレスロス</p> <p>— 床版変形 ■ 巻立てコンクリート</p>
床版変形	<ul style="list-style-type: none"> <li>■床版コンクリートに緊張力が伝達されるため、コンクリートの変形を生じ、PC鋼材の緊張力が応力開放される。</li> <li>■床版コンクリートに十分な圧縮力が導入される。</li> <li>■弾性変形、クリープ、乾燥収縮などにより床版支間の変形を生じる。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■コンクリートの変形が拘束されるため床版コンクリートに緊張力が伝達されない、PC鋼材の緊張力は大きな緊張力を保った状態となる。</li> <li>■床版コンクリートに圧縮力不足を生じるおそれがある。</li> <li>■弾性変形、クリープ、乾燥収縮などの変形が拘束される。</li> </ul>

これまでPRC床版のプレストレスロスの影響研究は行われていたが、PC床版での影響検証は行われていない。PC床版は、PRC床版の2倍程度の緊張力が導入されるため、端支点部および中間支点部の巻立てコンクリート付近にPRC構造より大きなプレストレスロスが生じることが考えられ、

有害なひび割れの発生が懸念される。さらに、斜角を有する場合、P C鋼材が均等に配置されないため、緊張力不均等による影響も懸念される。

本解析では、60°の斜角を有する5径間連続非合成鋼少数鉄桁橋を対象とし（表-2 参照）、F E Mによりプレストレスロスの検証を行った。

表-2 対象橋梁概要

	橋 長	支 間	全幅員	斜角（最小）	
				端支点	中間支点
対象橋梁	181m	35.6m+3@37.5m+31.1m	11.39m	60°	66°

## 2. 2 解析結果と考察

### 2. 2. 1 P C鋼材の引張応力度に着目した端支点モデルにおけるプレストレスロス

図-1, 2 に示す端支点モデルを解析した結果、床版支間中央で死荷重時に発生したP C鋼材の引張応力度は、巻立てコンクリート部 $\sigma_{PE}=1005 \text{ N/mm}^2$ 、一般部 $\sigma_{PE}=932 \text{ N/mm}^2$ であった。表-3 に、巻立てコンクリート部と一般部の引張応力度減少量の内訳を示す。ここで、引張応力度の減少量は初期緊張量 $1110 \text{ N/mm}^2$ に対し、各々 $105 \text{ N/mm}^2$ 、 $178 \text{ N/mm}^2$ であり、一般部に比べて、巻立てコンクリート部では40%のプレストレスロスを生じた。巻立てコンクリート部は一般部に比べて、弾性変形、クリープ、乾燥収縮による引張応力度の減少量が少ない。これは巻立てコンクリート横桁の拘束による影響と考えられる。

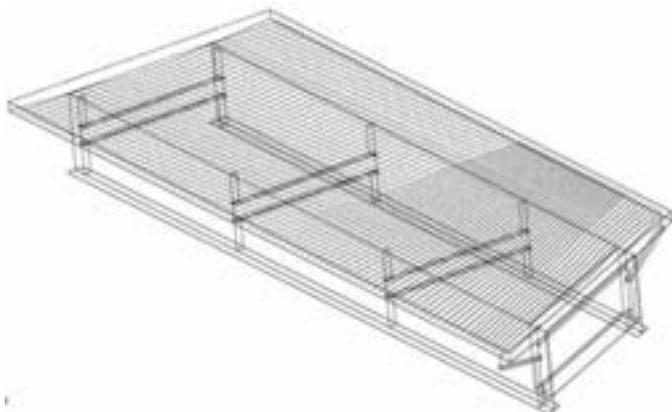


図-1 端支点部モデル

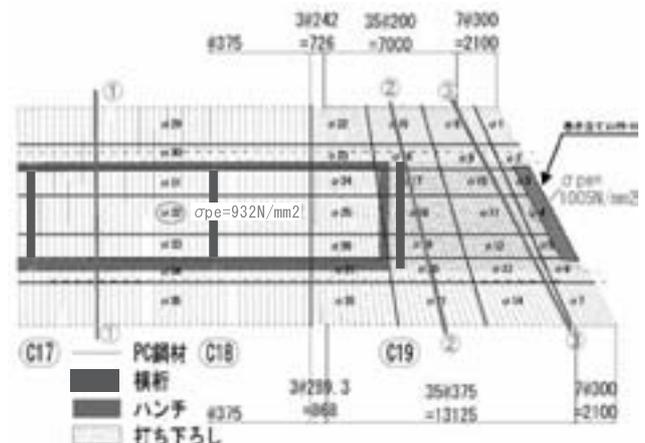


図-2 P C鋼材配置図（端支点部）

表-3 引張応力度の内訳

	解析入力値	プレストレス減少量の内訳					解析結果
		弾性変形	クリープ	乾燥収縮	リラクゼーション	全死荷重	
巻立コンクリート部	1110	-25.4	-46.0	-19.0	-15.2	0.3	1005
一般部	1110	-39.0	-82.1	-38.6	-14.3	-0.6	932

### 2. 2. 2 P C鋼材の引張応力度に着目した中間支点モデルにおけるプレストレスロス

図-3, 4 に示す中間支点部モデルを解析した結果、床版支間中央で死荷重時に発生したP C鋼材の

引張り応力度は、中間支点部  $\sigma_{PE}=939 \text{ N/mm}^2$ 、一般部  $\sigma_{PE}=932 \text{ N/mm}^2$ であった。引張応力度減少量は同程度であることから、一般部を正規のプレストレスと判断すると中間支点部でのプレストレスロス量は少ないと考えられる。端支点部と中間支点部でのプレストレスロスの差異は、端支点部は床版打下しにより剛な横桁と一体構造であるが、中間支点部は床版と横桁が分離していることが原因と考えられる。

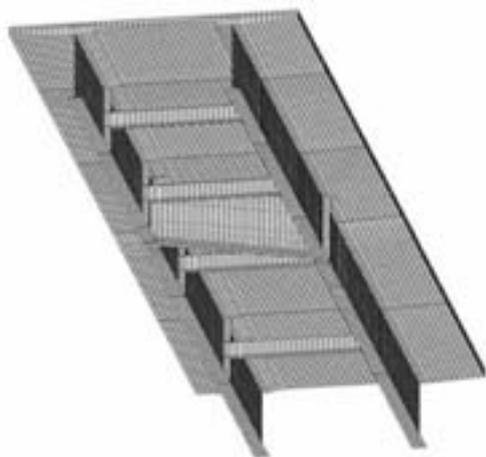


図-3 中間支点部モデル

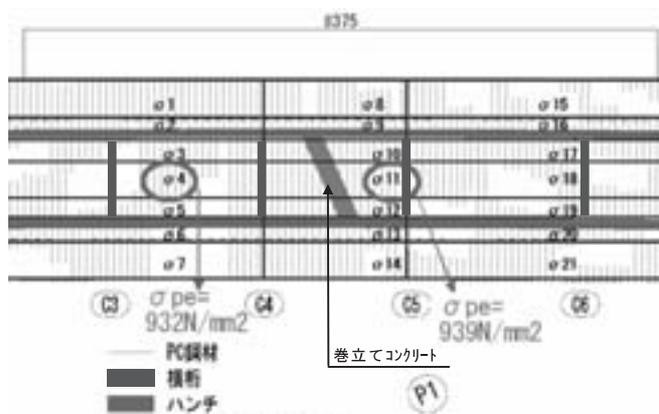


図-4 PC鋼材配置図(中間支点部)

### 2. 2. 3 コンクリート応力に着目したプレストレスロス

図-5に死荷重時の端支点部，中間支点部，中間横桁部における橋軸直角方向の床版コンクリート応力図を示す。FEM結果と設計計算の応力度を比較した結果，端支点部で60%，中間支点部で25%，中間横桁部で6%のプレストレスロスが生じている。これに対して，PC鋼材の発生応力から判断したプレストレスロスは，端支点部で40%，中間横桁部で0%のプレストレスロスが確認された。PC鋼材の引張応力度より判断したプレストレスロス量と，コンクリート応力より判断したものとでは差異があるものの，端支点部では大きなプレストレスロスが発生していることが判明した。

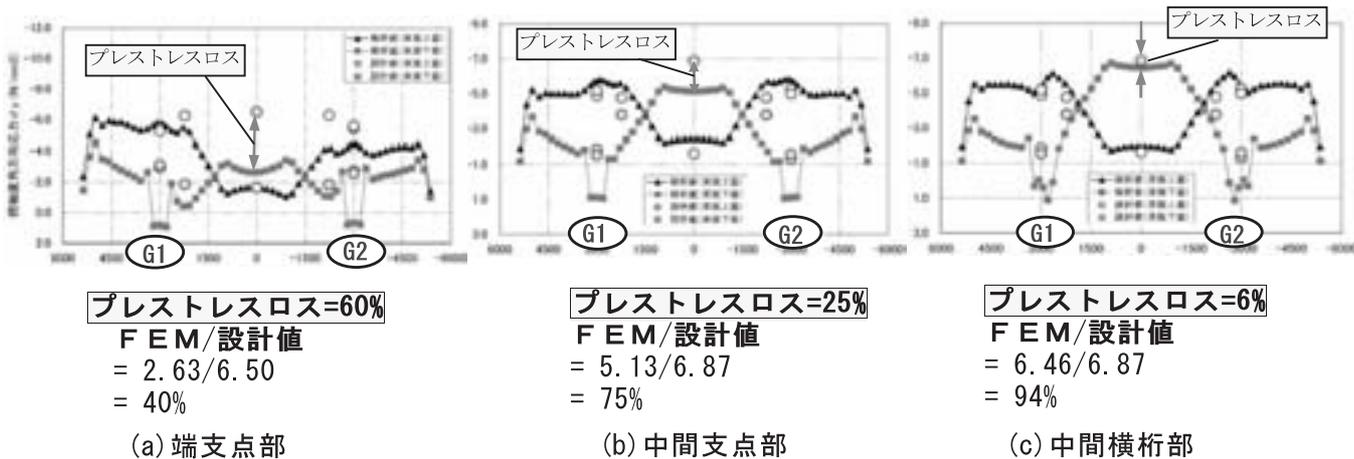


図-5 床版コンクリート応力に着目したプレストレスロス量

### 2. 2. 4 プレストレスロス対策

解析結果では、プレストレスロスが発生するがコンクリート応力は圧縮領域であった。ただし、端支点部ではプレストレスロス量が60%と大きいので、構造物の品質確保の観点から、プレストレスロス対策が必要であると判断した。

プレストレスロスが床版変形拘束に起因すると考えられるため、床版下面と主桁上フランジとの施工時縁切り、および床版下面と巻立てコンクリートとの縁切りが有効である。これより、プレストレスロス対策としては、巻立てコンクリートによる床版変形拘束を低減するため、巻立てコンクリートと床版下面の縁切りを行う必要がある。縁切り方法の一つとしては、遅延硬化材を塗布する方法があり、巻立てコンクリート上面および支点付近の主桁上面に塗布することを提案する。遅延硬化材は設定時期に硬化するように配合調整した樹脂モルタルであり、硬化するまではコンクリートと鋼部材が互いに拘束されずに自由にずれることができ、硬化後は完全な合成構造となるものである。これによりプレストレスの円滑な導入が図れると考える。

この他には、床版端部をRC構造として、ブラケットにより支持することも有効と考えられる。

### 3 まとめ

場所打ちPC床版のプレストレスロスを検証し、端支点部で60%程度のプレストレスロスが生じていることを確認した。また、端支点部で大きなプレストレスロスの生じる原因が剛な巻立てコンクリートとの一体化にあり、遅延硬化材塗布などにより縁切りを行うことを提案した。

PC床版の採用については、今後、実橋の挙動と解析値の整合など継続的な研究を行うとともに、剛な横桁を考慮できる汎用的な設計手法の確立が必要と考える。

PC床版、鋼桁、巻立てコンクリートによる支点横桁補強等の各部材については道路橋示方書に規定されているが、PC床版と鋼構造を一体化した複合構造の挙動については、明確に規定されていない。このように設計手法が確立していない新技術の採用にあたっては、要求性能を直接照査する形式の設計、いわゆる性能照査型設計法の活用が有効と考える。

謝辞：場所打ちPC床版の検証を行うにあたり、ご協力頂いた国土交通省北陸地方整備局各位、(社)日本橋梁建設協会各位、(社)プレストレスト・コンクリート建設業協会各位、および提言を頂いた長岡技術科学大学 丸山久一副学長に、謝意を示します。

#### 参考文献

- 1) 国土技術政策総合研究所資料 No. 122 鋼道路橋PC床版の施工品質向上策に関する検討(Ⅱ)  
－ PC床版施工マニュアル(案)・施工管理要領(案) － ー場所打ちPC床版編ー  
August 2003 国土交通省 国土技術政策総合研究所
  - 2) PC床版施工の手引き・場所打ちPC床版編 平成16年3月、(社)日本橋梁建設協会
  - 3) PC床版設計・施工マニュアル(案) 平成11年5月、(社)プレストレスト・コンクリート建設協会
- 以上

# 薄層表面処理工法「ニッポカーペット」について

株式会社NIPPPOコーポレーション 北信越支店 ○高畑 浩二  
株式会社NIPPPOコーポレーション 北信越支店 水嶋 厚

## 1 はじめに

現在、公共事業関係の予算は年々減少しており、平成20年度の予算においても対前年比3%の削減となっている。このことに加えて、道路分野においては、道路整備に充てることが義務づけられていた道路特定財源が、一部一般財源化されることとなり、さらなるコスト削減が求められている。そこで、道路舗装においては、舗装の延命化を図ることで修繕費用を低減する予防的維持工法が今後多用されることが期待されている。その中で、施工が簡易で比較的安価な乳剤系表面処理工法が注目されているが、骨材飛散や耐久性の欠如等の課題も指摘されている<sup>1)</sup>。

このような課題を解決すべく、耐久性があり、かつ経済性・施工性に優れた加熱混合物による表面処理工法「ニッポカーペット」を実用化し、平成20年6月現在、全国で約20,000㎡施工している。ここでは、当該工法の概要および北陸地方における適用事例について報告する。

## 2 「ニッポカーペット」の概要

### 2.1 概要

ニッポカーペットは、図-1に示すように、乳剤散布装置付アスファルトフィニッシャ（以下、SPAF）を用いてアスファルト乳剤（PK-4）を散布後、8%程度の空隙を有する最大粒径5mmの加熱アスファルト混合物を直ちに薄層（平均厚15mm）で敷きならし、ローラで締め固めて仕上げるものである。

本工法は舗装施工便覧<sup>2)</sup>内の表面処理工法の一つであるカーペットコート、耐久性および施工性を改善したものである。なお、舗装の維持修繕工法における位置づけ（図-2）に示すように、構造強化を目的とするものではない。

### 2.2 配合

SPAFでは乳剤の散布とアスファルト混合物の敷きならしを同時に行うため、密粒度系アスファルト混合物では分解水（水蒸気）によるブリスタリングが懸念される。開粒度系アスファルト混合物は連続空隙があるためその懸念はないが、ストレートアスファルトをバインダーとした最大粒径5mmの開粒度系アスファルト

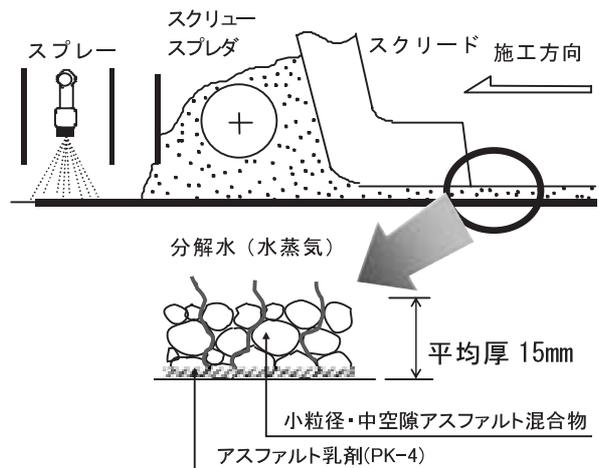


図-1 ニッポカーペットの概念

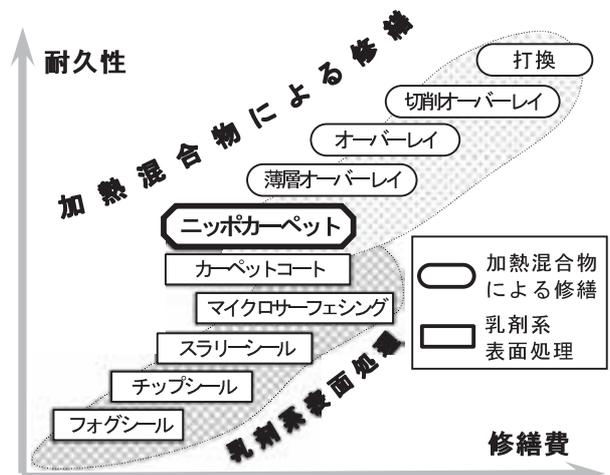


図-2 ニッポカーペットの位置づけ

ト混合物では耐久性に難点がある。そこで、室内試験によりブリスタリングが発生せず、かつ適度な強度を有するアスファルト混合物の標準配合を検討した。そのため、通常のアスファルト混合物と同程度の耐久性を目標としていることから、強度の評価指標としてマーシャル安定度を採用し、その基準値を 4.9kN 以上とした。

様々な検討を行った結果<sup>3)</sup>、ニッポカーペット用混合物の標準配合は表-1 に示すとおりとした。

### 2.3 特性

供用後の路面の変化を把握するため、密粒度アスファルト混合物による舗装上に、ニッポカーペット用混合物を平均厚 15mm で舗装し、実物大の繰返し載荷試験機（写真-2）により、促進試験（試験温度：室温（約 35℃））を実施した<sup>3)</sup>。

荷重条件を小型貨物自動車相当として 58,000 輪まで通過させたが、骨材の飛散やはく離は見られず良好な路面状態が継続した。車輪の通過に伴いモルタル分が上昇し、キメが細くなる（写真-2）ものの、図-3 に示すように十分なすべり抵抗性を有していることが確認できた。

表-1 標準配合

最大粒径 (mm)		5	
粒度範囲	通過質量百分率 (%)	13.2 (mm)	100
		4.75	90~100
		2.36	30~50
		0.075	4~8
アスファルト量 (%)		5~7	
空隙率 (%)		7以上	
マーシャル安定度 (kN)		4.9以上	

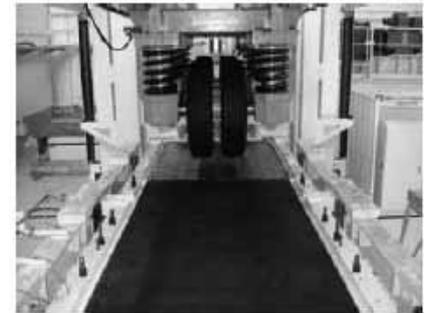
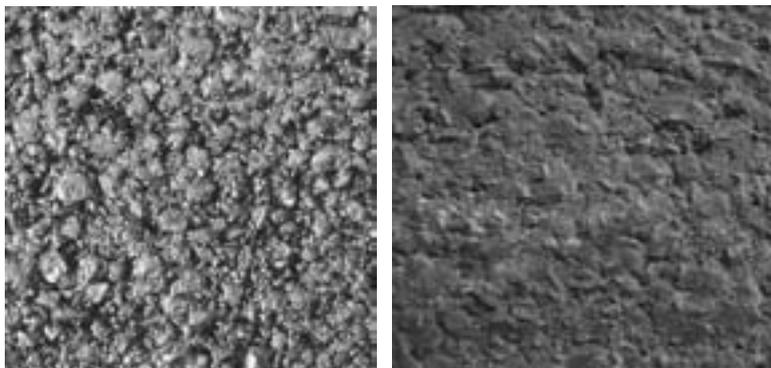


写真-1 繰返し載荷試験機



(a) 試験前

(b) 試験後

写真-2 キメの変化

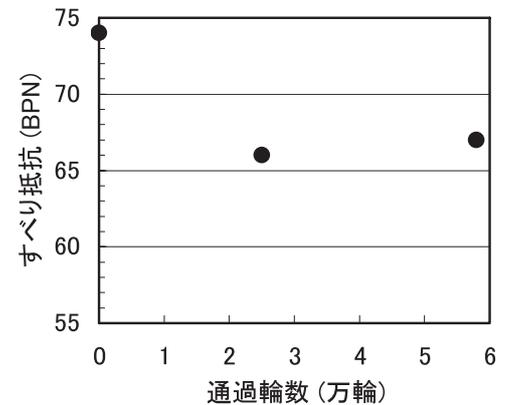


図-3 すべり抵抗値の変化

### 2.4 効果・利点

このようにして開発されたニッポカーペットは次のような効果・利点が期待できる。

- ①耐久性：アスファルト混合物を使用する工法であり、従来の乳剤系の表面処理工法に比べ耐久性が向上し、舗装の延命化につながる。
- ②経済性：薄層にすることで使用材料を低減するとともに、SPAF により施工効率を向上させることでコストを大幅に削減することができる。施工規模や施工条件によるが、通常のオーバーレイ工法の 50%程度にコストを抑えることも可能である。
- ③汎用性：SPAF の運転技術に特殊性はあるものの、他には特殊資機材・特殊技術を必要とせず適用地域が限定されない。

## 2. 5 適用箇所

ニッポカーペットは、前述した利点から大型車交通量が比較的少ない次のような道路の補修に適している。

- ①構造的損傷が少なく、舗装の延命化を必要とする道路
- ②すべり抵抗性の低下により、走行車線の安全性に支障をきたしている道路
- ③舗装表面が荒れ交通騒音が発生している道路
- ④下水道工事等により、つぎはぎとなった道路

## 3 適用事例

### 3. 1 施工

施工は平成20年3月に石川県河北郡津幡町刈安地内における県道にて実施した。施工概要は表-2に示すとおりである。

なお、施工場所が積雪寒冷地域であることを考慮してアスファルトはポリマー改質アスファルトⅡ型を使用している。また、施工時期が3月であることから外気温が低かった(13~17℃)ため、中温化材<sup>4)</sup>を使用した。

施工前の路面性状は表-3に示すとおりである。維持管理指数MCIは5程度であり、「応急的かつ部分的な補修(修繕)が必要」となる路面と判断される<sup>5)</sup>。

施工に先立ち、リフレクションクラック防止のため、既設舗装のひび割れ部分にシール材を注入している。

施工は、既設路面上に混合物の最大粒径を考慮して舗装厚が10mm以下とならないようにSPAFで敷きならした(写真-3)。なお、施工平均厚さが15mmと薄く、混合物の温度降下が早いため、転圧は敷きならし後すばやくコンパインローラ、タイヤローラで締め固めた(写真-4)。

### 3. 2 追跡調査

追跡調査は平成20年8月にすべり抵抗、平たん性、わだち掘れ量、ひび割れについて実施した。調査結果は表-4に示すとおりである。なお、追跡調査は施工区間内の上下線100mについて実施している。

すべり抵抗において、供用5ヶ月後は施工直後に比べ若干低くなっているが65以上を確保しており、十分なすべり抵抗性を有していると言える。

平たん性は供用5ヶ月後においても1.5mm以下と良好な路面を維持している。

表-2 施工概要

施工箇所	石川県河北郡津幡町刈安地内
施工時期	平成20年3月
施工規模	W=6.5m L=417m A=2,740m <sup>2</sup>
舗装平均厚	15mm

表-3 施工前の路面性状

ひび割れ率 (%)	12.5
わだち掘れ量 (mm)	13.2
MCI	5.0



写真-3 SPAFによる敷きならし状況



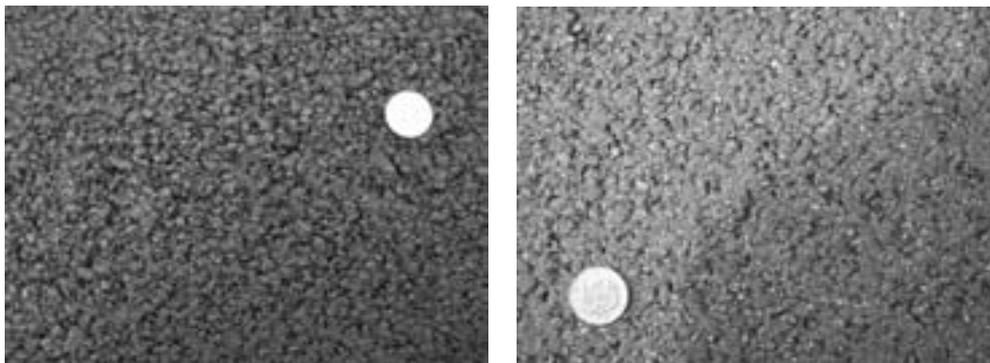
写真-4 転圧状況

わだち掘れ量は今回の測定（横断プロフィールメータ）で4～5mmとなっている。ただし、施工直後に水系を張って最大わだち掘れ箇所(20mm)を確認したところ、5mm程度のわだちが掘れが残っていたことから、供用によるわだち掘れではないと考える。つまり、ニッポカーペットの施工により、わだち掘れは約10～15mm改善されたと言える。

ひび割れは、今回の調査では見られなかった。

また、施工時および今回の調査時において、ブリスタリングは確認されていない。このことから、開発時の概念とおりに混合物の空隙から乳剤の分解水が蒸発したと考える。

施工直後と供用5ヶ月後の路面のキメは写真-5に示すとおりである。供用5ヶ月後においてキメが若干細かくなっているものの、大きな変化はない。また、交差する道との出入りによるすえ切りが懸念されたが、そのような箇所もなく良好に推移している。



(a) 施工直後

(b) 供用5ヶ月後

写真-5 舗装表面のキメ

#### 4 おわりに

予防的維持工法として開発されたニッポカーペットの施工を石川県において行い、追跡調査を実施した。その結果、施工性が良いことが確認され、現在のところ供用性も良好である。今後も追跡調査を行い、特に冬期のタイヤチェーン等の使用による摩耗、骨材飛散の有無等を中心に耐久性を確認したい。

最後に、本工法を施工するにあたりご協力頂きました石川県県央土木総合事務所の皆様には感謝の意を表します。

##### 【参考文献】

- 1) 成田守男：散布式表面処理について，アスファルト Vol. 41-No. 197，1998. 10
- 2) 社団法人日本道路協会：舗装施工便覧（平成18年版），2006. 2
- 3) 杉本憲治，佐々木昌平，多賀健太郎：加熱混合物による薄層表面処理工法の開発，道路建設，2008. 1
- 4) 吉中保，根本信行：環境保全を指向した加熱アスファルト舗装の中温化技術，アスファルト Vol. 40-No. 195，1998. 4
- 5) 国土交通省 北陸地方整備局：設計要領 [道路編]，2006. 4

表-4 追跡調査結果

調査項目	施工直後 (平成20年3月)		供用5ヶ月後 (平成20年8月)	
	上り	下り	上り	下り
すべり抵抗 (BPN)	72	71	65	69
平坦性 (mm)	0.94 <sup>※1</sup>	1.32 <sup>※1</sup>	0.92	1.40
わだち掘れ量 (mm)	- <sup>※2</sup>	- <sup>※2</sup>	4.9	4.4
ひび割れ率 (%)	0.0	0.0	0.0	0.0

※1全延長(417m)における値。

※2施工直後の水系による計測で3～5mmのわだち量が残存していた。

# PC道路橋計画マニュアルの改訂について

オリエンタル白石株式会社 北陸支店 武田 祐二

## 1 はじめに

橋梁は、計画路線の比較検討を行うときの重要構造物のひとつである。橋梁にかかる部分の工事費や施工工程は、計画の大変重要なコントロールポイントとなる場合が多い。比較検討のそれぞれの段階で上部構造の規模や形式をできるだけ精度よく整理し、事業費を正確に把握していく必要がある。

また橋梁は、施工段階における手順や構造系の変化順序を理解しておく事が重要である。それらを正確に辿れないと、高耐久性の確保はおろか初期性能さえ満足できない。施工業者は受注直後の照査時点から施工完了に至るまで、そのような施工手順や構造系変化について、設計図書、現地状況や過去の事例なども含め、確認していく必要がある。

そのような業務に使用するため、(社)プレストレスト・コンクリート建設業協会から「PC道路橋計画マニュアル」が発刊されており、今回、大幅な改訂を行った平成19年度版について報告する。

## 2 改訂の経緯

PC橋は、その構造的な特長を生かし、長支間化が可能な構造物であり、高強度コンクリートを使用することから耐久性とメンテナンス性に優れている。また、造形の自由度が高く景観設計にも優れた構造物と言われている。しかし、

- ・設計・施工・積算が複雑でわかりにくい
- ・構造形式が多様で、選定基準が明確でない
- ・PC橋の計画が出来る資料が充実していない

などの問題も指摘されており、計画時のPC橋採用の障壁となる場合があると聞く。

その手当てとして、平成元年に「PC道路橋計画マニュアル」の初版を発刊し、震災などの影響による改訂も行っていた。しかし、前回から既に10年経過し、時代背景も大きく変わり、マニュアルのリニューアルも、その必要性が高まっていた。

そこで、今回の改訂版では、基本的事項に加え、

- ・計画段階におけるPC橋の選択手法の紹介
- ・最新の構造形式と新技術・新工法の紹介
- ・計画時の施工概要の充実化
- ・プレキャストPC床版など床版技術の紹介
- ・既設PC橋の維持管理技術の紹介

などを追記し、そして内容の充実化を図った。



図-1 PC道路橋計画マニュアル表紙

### 3 全体の構成

全体の構成として目次を図-2に示す。

おおまかにPC橋の構造形式を選定する概略設計検討の段階では主に第1章を用いる。一般的によく用いられる橋梁の実施調査や予備設計、在来のPC橋架橋各工法のあらましなどについては、第2～4章。第5～7章には、新しい構造形式や、様々な条件に対応させた場合のPC技術、近年注目度が高い床版構造の技術などがまとめられている。第8章にPC橋の維持管理、第9章に下部構造について表記している。第10章の資料編まで合わせ、約315頁、前版の平成9年版から倍以上の増量となった。

第1章	架設地点に適したPC橋の選定
第2章	プレキャストPCげた橋
第3章	場所打ちPC橋
第4章	その他の構造形式
第5章	新構造形式の提案 (新規)
第6章	床版構造 (新規)
第7章	各種条件へのPC橋の対応
第8章	PC橋の維持管理 (新規)
第9章	下部構造
第10章	計画に関する資料編

図-2 PC道路橋計画マニュアル目次

### 4 PC道路橋計画マニュアルの使用法

#### 4.1 PC橋の選定、適用支間、工事費など

冒頭で、PC橋の分類、PC橋の適用支間、PC橋の選定、実績工事費、実績工期、などについてグラフと表にまとめ、想定している橋梁に合った情報を容易に選択できるようにした。また、ある要素（例えばけた高を低くしたい場合）に着目した場合、どの構造形式に優位性があり、一般的にどのような比較項目の中で構造形式を選択していくのか、といった資料も掲載した。(図-3 参照)

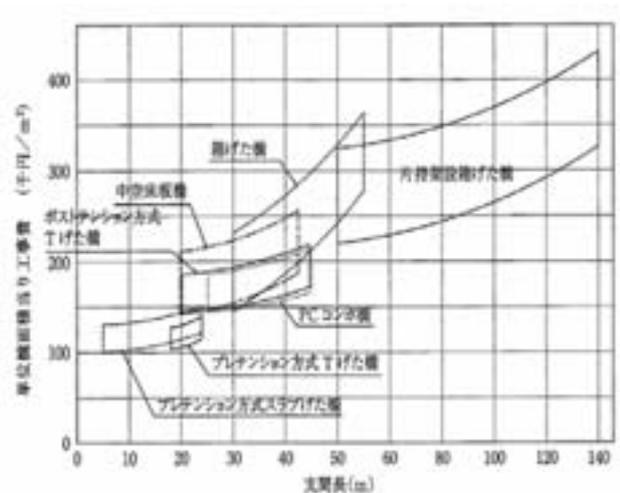


図-3 実績工事費グラフ

#### 4.2 各種工法での架橋技術

プレキャストPCげた橋として第2章に総括した。過去実施例からも汎用性が非常に多いプレテンション方式、ポストテンション方式PCげた橋について、構造形式ごとの標準支間、けた高などのデータに加えて断面構成を図示するなどしている。概算数量（実績ベース、材料ごと分類）、実績工事費、実績工期なども表記しており、詳細計画、施工前照査への使用にも利便性がある。

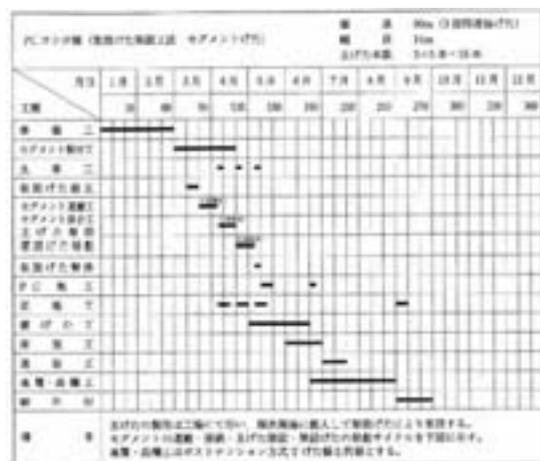


図-4 PCコンポ橋の工程表の例



#### 4.4 各種条件対応と維持管理

さまざまな条件への対応として第7章に総括した。構造的対応として小斜角、曲線、拡幅などの線形対応、小けた高、縦断勾配などのけた形状対応について記した。社会的要請への対応として、塩害などの厳環境への対応、橋面部材なども含めた各種部材のプレキャスト化、景観設計へのPC橋の柔軟な対応策など、を記載した。

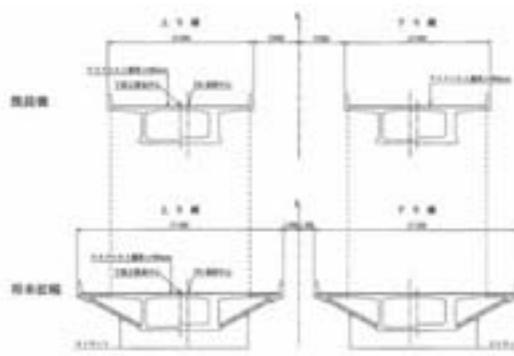


図-8 箱桁橋での道路拡幅対応例

維持管理として第8章に、点検手法、劣化機構の推定や劣化予測、評価や対策、補修・補強といったPC橋の維持管理の流れについて掲載した。

#### 4.5 その他

下部構造の章として一般的な下部工計画に関する概要や、橋りょうを計画する上で特に上部工との関連が深い内容を、第9章に記した。

第10章に総合的な計画時の資料として、計画の基本事項、PC橋に使用される主要材料、支承構造・落橋防止システム・伸縮装置などの橋りょう付属物資料、そして関連示方書などの表題、PC橋に関する各種技術資料の表題などの資料を添付した。

### 5 結び

建設業界をとりまく社会情勢の変化に伴い、PC橋の建設コストの縮減が前提の上でさらに耐久性や施工品質の確保および維持管理の容易さと環境への配慮が要求されている。今回の改訂ではこうした背景のもと、オーソドックスな架橋技術を整理し最新技術情報も多く取り入れた。そして平成14年の道路橋示方書の改訂や平成15年のJIS改正などにも対応した。

本マニュアルが道路橋の企画・計画・施工に携わる技術者に幅広く活用されることを期待する。

#### 謝辞

末尾となりましたが、本マニュアル改訂作業に係われた全ての方々、各種工法を確立されてきた先人、現在もより良い架橋技術を求め研究、実証を続ける技術者の方々、そしてPC工法をご愛用頂き応援し続けてくださる皆様に、深く感謝し謝辞とさせていただきます。

# R P Dによる連続打撃動的貫入試験

株式会社 興 和 調査部 課長 中野 義仁  
調査部 次長 柴田 東

## 1 はじめに

地質調査で従来から実施されているロータリー式ボーリングと標準貫入試験（SPT）は、足場仮設や櫓などが必要であり、その補間・補足調査として利用されるサウンディングは専用の試験機が別途必要になるなど、効率化・省力化という点ではあまり進んではない。また、従来のサウンディングの殆どは土試料が採取できず、地質を直接確認することはできない。

そこで筆者らは、地盤調査におけるボーリング作業の効率化・省力化を目的に、連続打撃による貫入抵抗値： $P$ 値と土試料（貫入試料）が同時に得られ、地盤の硬軟の変化の把握や直接地質の観察を可能にしたR P D（ロータリーパーカッションドリル）による連続打撃動的貫入試験を開発した。

本稿は、石狩湾新港の砂地盤<sup>1)</sup>および長岡市与板町地内の粘性土地盤<sup>2)</sup>に於ける連続打撃動的貫入試験、SPT、ミニラムサウンディング試験（ミニラム）、スウェーデン式サウンディング試験（SW）、オランダ式二重管コーン貫入試験（CPT）の結果より、連続打撃動的貫入試験と従来のサウンディング結果を比較し、各種地盤に対する適用性について検討したものである。

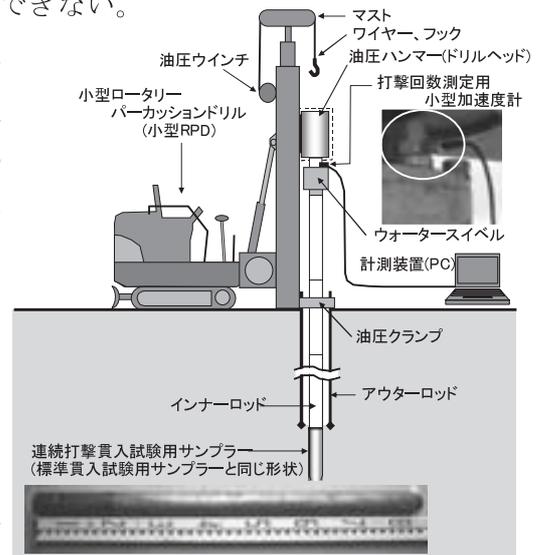


図-1 連続打撃動的貫入試験システム

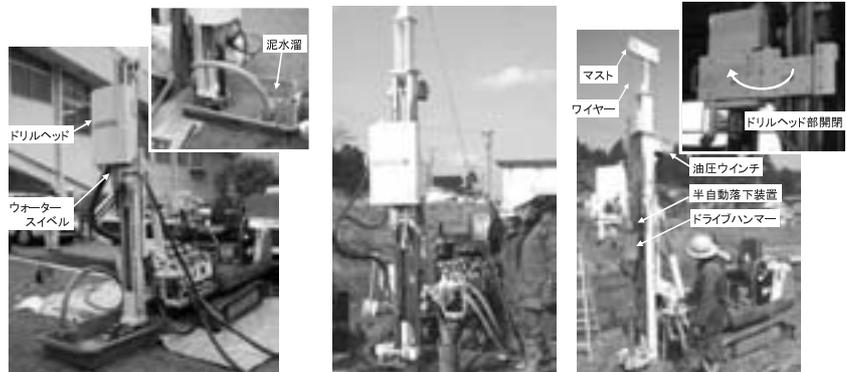
## 2 連続打撃動的貫入試験方法と特徴

連続打撃動的貫入試験は、R P Dの連続打撃機構をそのまま利用してSPTと同様のサンプラーを地盤に貫入し、その時の貫入抵抗： $P$ 値（サンプラーを30cm打ち込むのに要する打撃回数）の測定と貫入試料の採取を同時に行うサウンディング技術である。図

表-1 測定条件と測定内容・方法

測定条件	測定内容と方法		
	内容	方法	
打撃油圧(MPa)	一定	打撃回数	小型加速度計
給圧(MPa) (押し込み油圧)	一定	貫入時間	測定装置(PC)
打撃密度(bpm) (上下打撃)	2400	貫入長	時計
打撃エネルギー(J) (打撃1回当たり)	150		スケール
ロッド回転	無し		

1と表-1に連続打撃貫入試験計測システム、そして測定条件と測定内容・方法を示す。また、専用機として開発した小型R P Dを写真-1に示す。小型R P Dは、足場仮設や櫓を必要とせず、1台でボーリング、標準貫入試験、連続打撃動的貫入試験の実施が可能である。さらに、自走式であるため機動性も良い。



(a) ボーリング (b) 連続打撃動的貫入試験 (c) 標準貫入試験

写真-1 小型R P Dの機能

## 2. 1 P値測定方法

P値は、小型RPDの打撃速度は非常に高速であるため、図-1に示したように油圧ハンマー直下に取り付けた小型加速度計で打撃による加速度を測定し、その変化から図-2のように下方向の打撃回数のみを求める方法を基本としている。しかし、計測機器のケーブルの断線などが懸念されるため、より簡便な測定方法として30cm貫入に要する時間とRPDの打撃密度からP値を求める方法も考案している。図-3は、小型加速度計による実測P値と貫入時間と打撃密度から求めた計算P値の比較である。同図のように、計算P値は実測P値とほぼ一致する結果が得られており、小型RPDの打撃は油圧が一定であれば打撃回転数も一定であるため、P値は単にサンプラーが地盤に30cm貫入するのに掛かる時間を計測するだけでも求めることができる。

## 2. 2 打撃効率

図-4は、連続打撃時に発生する先端部と油圧ハンマー直下のインナーロッドのひずみから算出した1深度毎の打撃部直下平均軸力 $P_1$ と先端部平均軸力 $P_2$ の関係である。また、平均軸力比( $P_2/P_1$ )の深度分布を図-5に示す。なお、インナーロッドの応力～ひずみ関係は室内実験で求めている。図-4より、 $P_1$ と $P_2$ は概ね1対1の関係となっている。また、図-5に示すように平均軸力比は深度10mまでの結果であるが、深度方向の減衰も殆どなく、平均値=0.98という結果を得た。一般の地盤調査で実施されているSPTの打撃効率は、慎重に試験を実施した場合で0.8~0.9程度<sup>3)</sup>とされていることを踏まえると、小型RPDの打撃効率が良いことが分かる。

## 3 砂地盤での試験結果

石狩湾新港の埋立て砂地盤で実施した連続打撃動的貫入試験と各種サウンディングの結果<sup>1)</sup>を図-6に示す。同図の結果は、発破による人工液状化前後での各試験結果を比較したものである。P値および $N$ 値、 $N_d$ (ミニラム)、 $N_{sw}$ (SW)の各値の深度方向の変化は、事前・事後ともにほぼ同様の傾向である。事前・事後で比較出来るのはP値と $N_d$ であり、両値ともに地下水位(W.L)～深度4.5m(上部発破深度)区間のBs層(埋立て砂)にて事前・事後に差が見られる。同区間の $N_d$ の事前と事後の平均値は2.0と1.8であり、事前に対して事後の方が約10%小さく液状化によって緩んだ状況が捉えられている。また、

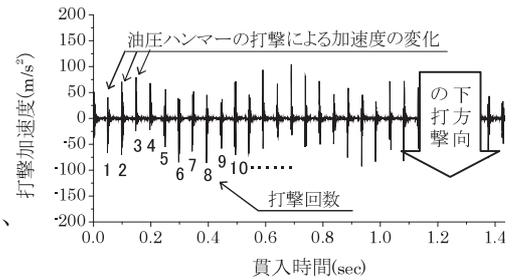
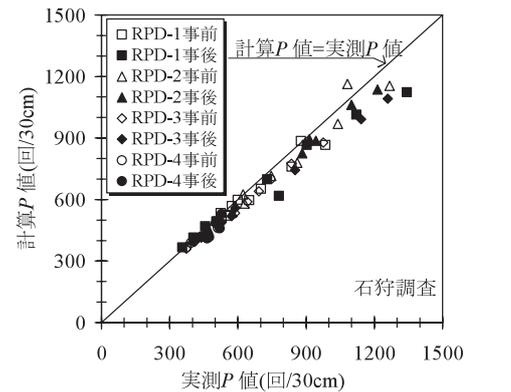


図-2 連続打撃による小型加速度計の変化



※計算P値=1秒間の下方向打撃密度(回/s)×貫入時間(s)  
ここに、  
1秒間の下方向打撃密度=(2400(回/min)/60s)/2=20回  
貫入時間:30cm貫入に要する時間(s)

図-3 計算P値と実測P値の関係

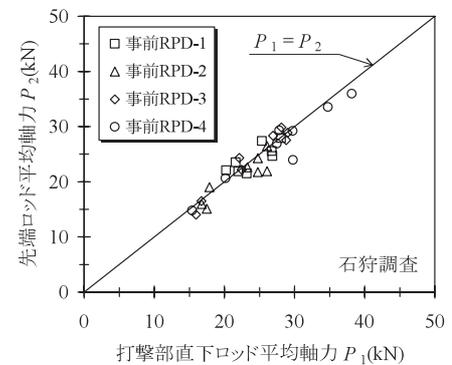


図-4 打撃部直下と先端部のロッド軸力の比較

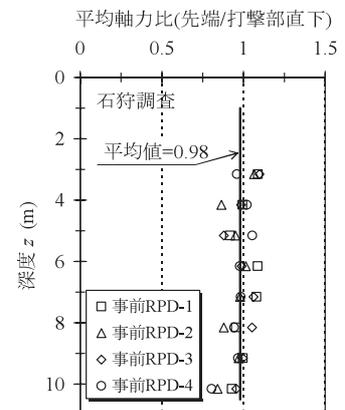


図-5 平均軸力比深度分布

同区間における  $P$  値の事前と事後の平均値は 567 回と 398 回であり、事前に対して事後は約 30% 小さく、 $N_d$  よりも液状化によって地盤が緩んだ状況が明瞭に捉えられている。

図-7 は、石狩湾新港の埋立て砂地盤<sup>1)</sup>で採取された深度 5m の貫入試料であり、貫入長 5cm 毎に整理した  $P$  値も併せて示している。同図より、貫入試料は連続的な打撃によって大きく攪乱された様子はなく、粘性土の薄層の介在、砂層の粒子の変化や混入物も確認することができ、土質構成を判別するのに十分な品質である。また、貫入長 5cm 毎の  $P$  値は、土質の変化や砂層の緩み具合などに対応して変化している。これは、 $P$  値をより細かい間隔で整理することによってサンプラー内の土質の変化も捉えることが可能であることを意味している。

#### 4 粘性土地盤での試験結果

長岡市与板町地内の信濃川左岸の粘性土地盤で実施した連続打撃動的貫入試験と各種サウンディングの結果<sup>2)</sup>を図-8 に示す。図中の  $N$  値は、小型 RPD による SPT の結果である。当地の地盤は、不規則に薄い礫混じり粘土層や礫混じり砂層が介在するものの、比較的均質な粘土から構成されている。 $P$  値の深度方向の変化は、粘性土層中の薄い礫混じり層も捉えており、 $N$  値、 $N_d$ 、 $N_{sw}$ 、 $q_c$  (CPT) とほぼ同様の傾向を示し、従来のサウンディングと同等に土層の硬軟や締め具合の変化も把握できている。

#### 5 $P$ 値と各種サウンディング結果の比較

石狩湾新港<sup>1)</sup>と長岡市与板町地内<sup>2)</sup>の砂地盤と粘性土地盤で得た  $P$  値と各種サウンディング結果の比較を図-9 に示す。各図中の直線は回帰直線である。なお、礫詰まりによるサンプラーの閉塞や礫当たりなどによる特異データは除外して整理している。粘性土地盤では、 $P$  値は  $N$  値および  $q_c$  との相関が良く、それらの相関係数は 0.843、0.758 が得られた。しかし、 $P$  値と  $N_d$  および  $N_{sw}$  の相関係数は 0.438、0.241 と低い結果となった。これは、連続打撃動的貫入試験、SPT、CPT は二重管で実施され、ロッドに摩擦が作用しないのに対し、ミニラムや SW は単管式であるため、ロッドに摩擦が作用する。 $P$  値と  $N_d$  および  $N_{sw}$  の相関が低いのは、ロッド摩擦の影響が反映したものと考えられる。

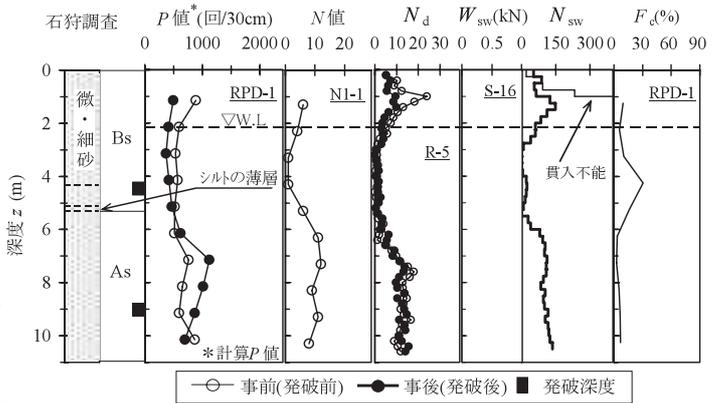


図-6 砂地盤における  $P$  値と各試験値の深度分布

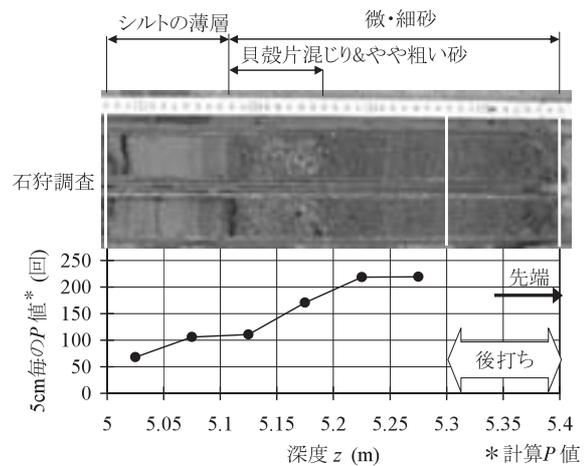


図-7 貫入試料と 5cm 毎の  $P$  値

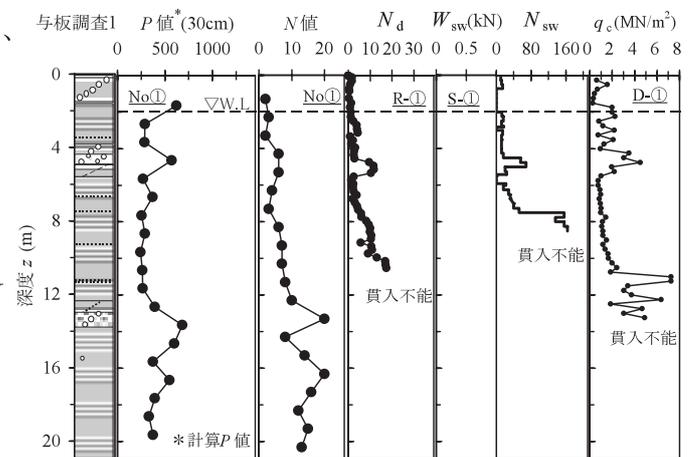


図-8 粘性土地盤における  $P$  値と各試験値の深度分布

砂地盤では、 $P$ 値と $N$ 値、 $N_d$ 、 $N_{sw}$ を比較した結果、粘性土地盤に比べるとややバラツキはあるものの、 $P$ 値は $N$ 値、 $N_d$ 、 $N_{sw}$ の各値の増加と共に大きくなる傾向である。 $P$ 値と各値の相関係数は $P$ 値－ $N$ 値:0.777、 $P$ 値－ $N_d$ :0.728、 $P$ 値－ $N_{sw}$ :0.643であり、 $P$ 値は打撃を伴うという点で試験方法が類似している $N$ 値、 $N_d$ と相関が強い結果が得られた。

## 6 まとめ

本稿の主な結論は、以下のように要約される。

- ① 小型RPDは、足場仮設や櫓を必要とせず、1台でボーリング、SPT、連続打撃動的貫入試験の実施が可能であり、ボーリング作業の効率化・省力化に寄与できる。
- ② 実測 $P$ 値と計算 $P$ 値はほぼ一致し、 $P$ 値はサンプラーが地盤に30cm貫入するのに掛かる時間を計測するだけでも求めることができる。
- ③ 小型RPDによる連続打撃動的貫入試験の打撃効率は0.98であり、深度方向の減衰も殆どなく、SPTよりも効率が良い。
- ④ 連続打撃動的貫入試験の貫入試料は品質が良く、サンプラー内の細かい土質変化の観察ができる。また、 $P$ 値を細かく整理することによって、サンプラー内の土質変化も捉えることができる。

- ⑤  $P$ 値は、粘性土地盤では $N$ 値・ $q_c$ との相関が高く、砂地盤においては、打撃を伴うという点で試験方法が類似している $N$ 値、 $N_d$ と相関が強い結果が得られ、従来のサウンディングと同等に地盤の土質や硬軟・締め具合などの変化を評価できる。

## 7 あとがき

現行のRPDによる連続打撃動的貫入試験は、SPTと同様に深度1m毎に実施する仕様としているが、連続的に密度の高い $P$ 値を得ることにより、より詳細な地盤情報が入手できる。今後は、調査データの蓄積と共に連続的な貫入ができるように試験システムを再検討して行きたいと考えている。

## 参考文献

- 1) 中野・柴田・大野ら:連続打撃動的貫入試験の液状化地盤物性評価への適用, 第43回地盤工学研究発表会講演集, 2008年, pp. 191-192.
- 2) 中野・柴田・大野ら:連続打撃貫入試験と各種サウンディング結果との比較, 土木学会第63回年次学術講演会講演概要集, 2008年, pp. 553-554.
- 3) (社)地盤工学会:地盤調査の方法と解説, 2004年, pp. 246-273.

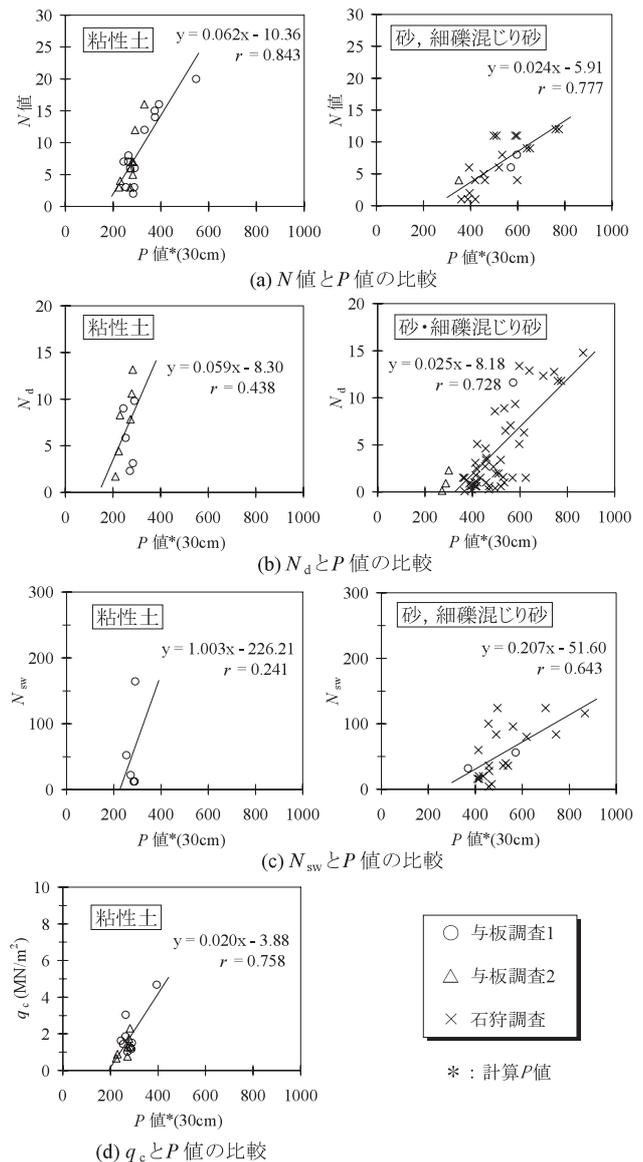


図-9  $P$ 値と各種サウンディング結果の比較

# 第2会場 報告技術

# オールシーズン型環境舗装の効果

(株)ガイアート T・K 技術研究所 佐沢 昌樹

## 1、はじめに

当社では、1997年から吸水性ポリマーを舗装内に取り込み、これに塩類や水を保持吸収させることによって、冬期の路面凍結を抑制するフリーズアタックペーパー（以下FAP）や、夏期に路面温度の上昇を抑える保水性舗装（クールペーパー）を開発し実用化してきた。

しかし、最近では積雪寒冷地域においても、夏期の高温対策の必要性が高まり、また、温暖地域においても年に数回の降雪によって、交通機能が麻痺することなどが問題となっていることから、一つの舗装で、夏期には路面温度低減により環境負荷を軽減でき、冬期には凍結防止剤散布量を減らし環境に寄与できる“オールシーズン型環境舗装”のニーズが高まったと考え、このような目的にあう舗装材料として“バイロメントペーパー”を開発し<sup>(1)</sup>、2007年に試験施工を実施し効果の検証を行い、更に検証結果から更なる改良を行い、中間段階の効果の検証についてまとめたので報告する。

## 2、現場試験施工による効果の確認

2007年1月29日に福井県において現場試験施工を実施した。（80㎡、幅員=4m、L=20m、t=5cm、写真-1）施工状況からは、表面から外部にセメントミルクが流出することもなく、スムーズな施工が行えることが確認された。



写真-1 福井県の現場試験施工の状況

### 2.1、サーモグラフィーカメラによる夏季路面温度低減効果について

2007年8月1日PM14:36（気温34℃下）において、サーモグラフィーカメラによる表面温度の測定結果（写真-2）では、密粒アスファルト舗装に比べて約14℃温度低減していることが確認された。

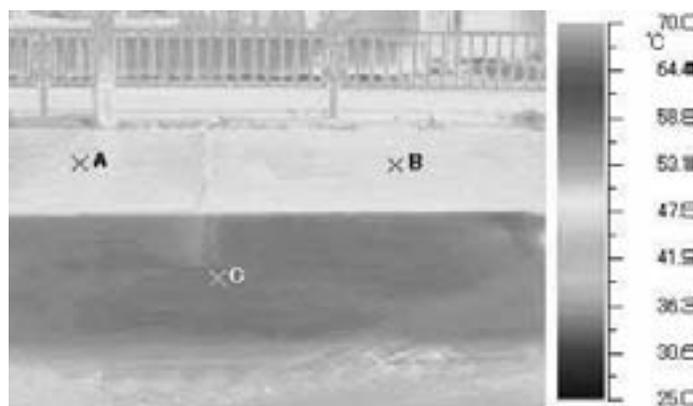


写真-2 サーモグラフィーカメラによる表面温度測定結果（A点：バイロメントペーパー 48.2℃、B点：バイロメントペーパー 47.8℃、C点：密粒アスファルト舗装 62.1℃ / 但し放射率は、それぞれの実測温度に最も近似する0.85としている）

### 2.2、冬季凍結抑制効果について

試験施工箇所では2008年1月17日より、降雪があり気温氷点下であったことから、現地調査を実施したところ以下の状況であった。

①1月17日の状況は、午後1時40分頃に周辺部の密粒度アスファルト舗装の表面温度が4℃であったのに対して、バイロメントペーパー箇所は表面温度が0℃であり、周辺部の密粒度アスファルト舗装上の雪は融雪していたが、バイロメントペーパー上の雪は融雪していない状況であった。（写真-3）

②しかし、バイロメントペーパー路面上の融雪時には、バイロメントペーパーのコア採取箇所の融雪が遅くなっており、原因について調べたところ、コア採取箇所ではバイロメントペーパー用の浸透用セメントミルクではなく、通

常のセメントモルタルを注入して穴埋めを行っていたが、この部分のみ凍結していることがわかり、これに対してバイロメントペーブル路面上では降雪は融けきらずにあるものの凍結した状態ではなく、従ってこのことより、バイロメントペーブル用セメントミルクの凍結抑制効果が確認できた。(写真-4)



写真-3 バイロメントペーブルの融雪状況



写真-4. バイロメントペーブル上のコア採取箇所の状況

③1月18日早朝(6時40分)、気温 $-1.5^{\circ}\text{C}$ 下(密粒度アスファルト舗装路面温度 $-2.0^{\circ}\text{C}$ 、バイロメントペーブル路面温度 $-2.0^{\circ}\text{C}$ )において、密粒度アスファルト舗装ではアイスバーン状態であったが、バイロメントペーブル路面は、残雪はあるものの、アイスバーン状態ではなく、スコップでバイロメントペーブル表面の残雪を剥いでみたところ、全く抵抗なく残雪を剥がせることがわかった。(写真-5)

これに対して、密粒度アスファルト舗装表面の氷は全く剥がすことができず(写真-6)このことより、バイロメントペーブル路面は、凍結を抑制する効果があることが確認できた。



写真-5 バイロメントペーブル上の残雪を剥いだ状況



写真-6 密粒舗装の氷を剥いている状況

また、このとき残留塩分濃度(NaCl換算濃度)を測定したところ、 $0.2\sim 0.4\%$ とかなり低い濃度であった。

### 2.3、冬季調査結果から凍結抑制効果について

以上の調査から、以下のことが判った。

- 1) 現地調査から、 $-1.5^{\circ}\text{C}$ 下までの、バイロメントペーブルの凍結抑制効果についての確認ができた。
- 2) 舗装表面に残留する塩分濃度(NaCl換算濃度)が $0.3\%$ 程度で $-1.5^{\circ}\text{C}$ まで凍結抑制効果を発揮できることが確認できた。
- 3) バイロメントペーブルは、表面が白色であるため、通常密粒度アスファルト舗装に比べて、日射時の熱の吸収の度合いが小さいため、初期の融雪が遅れてしまう。

### 3、融雪の遅れに対する改良について

融雪の遅れを改善する為に、夏季の温度低減効果を損なわない範囲内で、バイロメントペーブル用浸透セメントミルクに黒顔料を添加する検討を行った。

黒顔料の添加量は、バイロメントペープで使用する固化材に対して内比で 5.0%までとし、室内照射試験（養生温度 30℃、湿度 50%）を実施し、密粒度アスファルトに対する温度低減を調べ、密粒度アスファルトに比べて 12℃以上の路面温度低減の効果（東京都の性能規定）を満足する添加量が判った。

そこで、黒顔料を添加したバイロメントペープと、密粒度アスファルトに 1 cm 厚にカキ氷を載せ、-5℃下において養生した後、夏季の 1/4 に相当する照射量（気象データでは、冬至の午前 7 時頃の日射量は、夏至の最高日射量の約 1/4 程度となる。）で室内照射試験を行い、密粒度アスファルトと同程度に融雪することが確認できた。（写真-7）従って、黒顔料添加によって夏季温度低減効果を損なわずに、初期融雪の遅れが改善されることが期待できるものと思われた。



写真-7 カキ氷による融雪確認試験

#### 4、初期融雪の改善後の試験施工の実施

2007 年の試験施工結果から、初期融雪の改善を図った浸透セメントミルクを使用し、平成 20 年 7 月 8 日、「中国自動車道高田～六日市間舗装補修工事」、本郷 PA（下り）内において、の試験施工（3.5×26=91 m<sup>2</sup> t=4cm 母体アスコンの空隙率=17%）を実施した。

##### 4.1、試験施工結果

試験施工結果を表-1 に、試験施工の概略図を図-1 に示す。なお、試験施工では、浸透性セメントミルクの浸透方法を確認するために、バッチ毎に浸透方法を替えて試験施工の実施を行った。



写真-8 中国道パーキング内の試験施工状況

表-1 試験施工結果

	工区	1工区	2工区	3工区	4工区	平均	社内規格
		ミルク浸透方法					
現場試験結果	ミルクの流動性試験結果(フロー値 秒)	10.9	11.0	11.3	11.4	11.2	9~13秒
	コア採取によるミルク浸透状況 <sup>(1)</sup>	可	優	良	良	-	-
	すべり抵抗値(BPN <sub>20</sub> )	67	72	73	73	71.3	60以上
室内試験結果	曲げ強度 <sup>(2)</sup> (Mpa) $\sigma_1(\sigma_{20})$	1.36 (1.49)		-	-	1.36	1.0MPa以上
	圧縮強度 <sup>(2)</sup> (Mpa) $\sigma_2(\sigma_{20})$	2.94 (3.69)		-	-	2.94	2.0MPa以上
	室内照射試験結果(温度低減℃)	14.0	14.2	13.9	14.9	14.3	12℃以上
	保水量 <sup>(3)</sup> (kg/m <sup>3</sup> )	3.9	3.9	4.7	5.0	4.4	3.0kg/m <sup>3</sup> 以上
	最大吸水率 <sup>(4)</sup> (%)	42.4		-	-	-	40%以上
追跡調査	氷着強度 <sup>(5)</sup> (Mpa)	-	-	0.23	-	-	0.5MPa以下
	最大温度低減(℃)	-	-	(9.1℃)計測中!!!	-	-	-
	サーモグラフィによる低減温度(℃)	7.91	7.43	5.62	6.09	-	-
凍結抑制効果	-	-	-	-	-	-	-

- (1)コア採取による浸透状況は、目視により優良可の3段階評価とした。
- (2)1バッチ目、2バッチ目で供試体を6本作成、うち3本を7日で試験、残り3本を28日で試験
- (3)保水量の社内規格は、舗装厚10cm換算の値。
- (4)1バッチ目、2バッチ目で3本の供試体を作成し試験を実施
- (5)30×30切取り供試体表面に、30g/m<sup>3</sup>相当の塩化カルシウム散布後試験

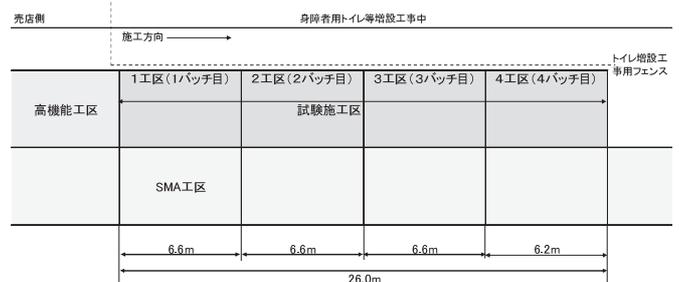
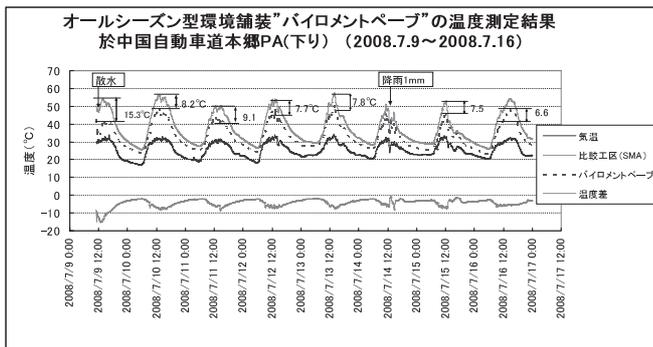


図-1 試験施工概略図

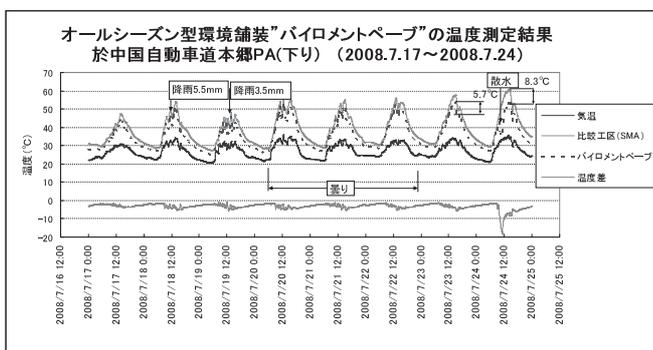
#### 4. 1. 1 、舗装内温度測定結果（中間）

以下図－2、3に2008.7.9～2008.7.26の温度測定結果を示す。この間の温度低減の最大値は、散水を行った翌日（7月9日）の15.3℃であったが、概ね6～9℃の低減結果であった。

なお、この間に現場に最も近い美土里地区のアメダスデータによれば、7月14日降雨量1mm、7月18日降雨量5.5mm、7月19日降雨量3.5mmと僅かな降雨量しかなく、今後も継続してデータの収集をして明らかにしたい。



図－2 温度測定結果（2008.7.9～7.16）



図－3 温度測定結果（2008.7.17～7.24）

#### 4. 1. 2 、サーモグラフィーカメラ測定結果

以下に2008.8.1 /13:39（天候晴れ、気温34℃）測定のサーモグラフィーカメラによる表面温度測定結果を示す。比較工区に比べて、約6～8℃の温度低減が確認された。この結果によると、ミルクの浸透が良い3工区、4工区にくらべて、1工区、2工区の方が温度低減がよい結果となったが、これは、浸透が比較的悪い場合には、表面付近に吸水性ポリマーがより集中していることが原因ではないかとも思われるが、今後の調査で明らかにしたい。



写真－9 改良後のサーモグラフィーカメラによる表面温度測定結果

- A点：パイロメント（1工区）48.32℃ －7.91℃
- B点：パイロメント（2工区）48.80℃ －7.43℃
- C点：パイロメント（3工区）50.61℃ －5.62℃
- D点：パイロメント（4工区）50.14℃ －6.09℃
- E点：比較工区(SMA) 56.23℃

#### 5 、まとめ

- 1) 現場試験施工結果及び、現場切取供試体による各室内試験結果は、何れも社内規格を満足しており所定の品質のものを施工できることが確認された。
- 2) ミルク浸透工の施工方法は、切取り供試体による浸透状況から判断して、プレートのみによる浸透方法が良いことが判ったが、大規模工事では事実上不可能であるため、面的な振動を与える浸透用プレートの開発が必要と思われる。
- 3) 散水後の温度低減の最大値は15.3℃であったが、降雨の少ない2週間の計測では概ね6～9℃の低減結果となり、降雨量の多い翌日に晴れた状況になれば、更に温度低減した結果も得られるものと期待される。

今後も、夏季温度低減効果についてさらにデータ収集を継続し、更に冬季の路面凍結抑制効果について追跡調査を行い、”オールシーズン型環境舗装”としての機能確認をしたいと考えている。

<参考文献>

- (1)小島、鈴木、佐沢「オールシーズン型環境舗装の開発」第20回ふゆトピア研究発表会論文集, p133, 2008. 2

# ザペック工法タイプG（凍結抑制舗装）について

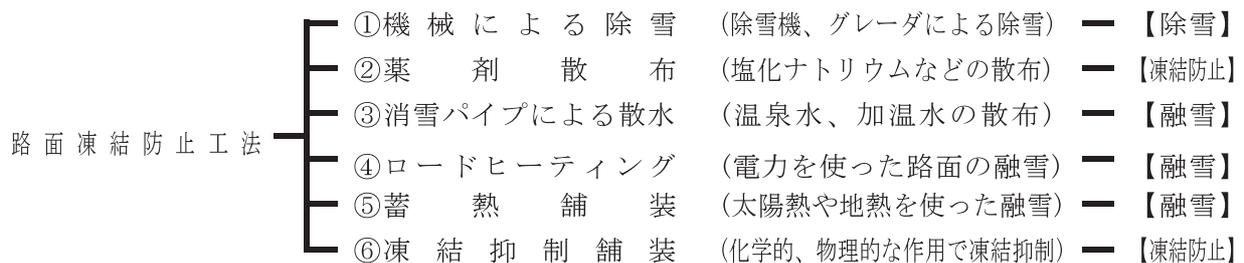
世紀東急工業株式会社 技術部 片山 潤之介

はじめに

積雪寒冷地域における冬期間の路面状況は、アイスバーンや路面が氷結したミラーバーンあるいは、交通渋滞が起きやすい街路や交差点部分では、こぶ氷表面といった滑りやすい路面が出現して、交通事故が起きやすい。路面の凍結を防止する工法として実道に適用されているものには除雪、融雪など種々あるが、ここでは冬期路面の滑り止め対策のひとつとして施工実績を挙げている安全溝（グルーピング）にゴム粒子を主骨材とした凍結抑制材を充填する凍結抑制舗装について示す。

## 1 路面凍結防止工法の概要

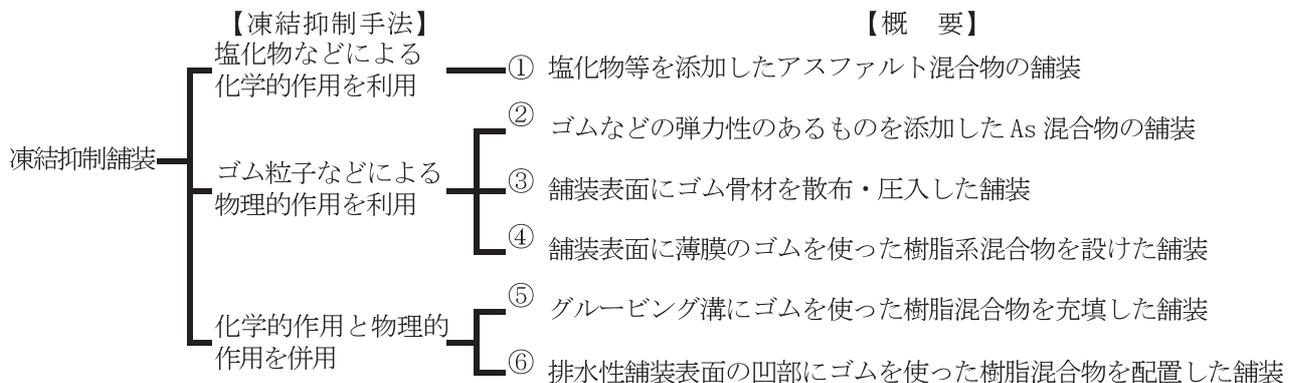
路面凍結防止工法には、図－1に示すように機械を使った除雪、薬剤がしみ込んだ水溶液の氷点降下を期待した薬剤散布がある。また、ロードヒーティング、消雪パイプから温水などを散水したり、太陽熱や地熱を熱源に使うなど融雪を目的とした蓄熱舗装および凍結抑制舗装がある。凍結抑制舗装は、融雪を目的とする工法のように供用時における動力光熱費の負担が無く維持管理費が安価な工法である。



図－1 路面凍結防止工法(右端の【 】は目的を示す。)

## 2 凍結抑制舗装の概要

図－2に示すように凍結抑制舗装は、アスファルト混合物に塩化物を添加してその水溶液の氷点降下という化学的作用で凍結抑制が期待できるものと、舗装表面のゴム粒子などの弾力性を活かして氷結層を破壊するという物理的作用で凍結抑制が期待できるものがある。また、化学的作用と物理的作用を併用したものもある。



図－2 凍結抑制舗装の種別

図-2に示す各種手法が凍結抑制に対する影響を氷着引張強度という指標で評価した例<sup>1)</sup>を図-3に示す。図-3から密粒度アスファルト混合物と比較して化学系の氷着引張強度は5割以下、物理系のそれは6割以下、物理化学系のそれは3~4割程度であることがわかる。なお、氷着引張強度試験の方法は舗装性能評価法別冊に準拠する。

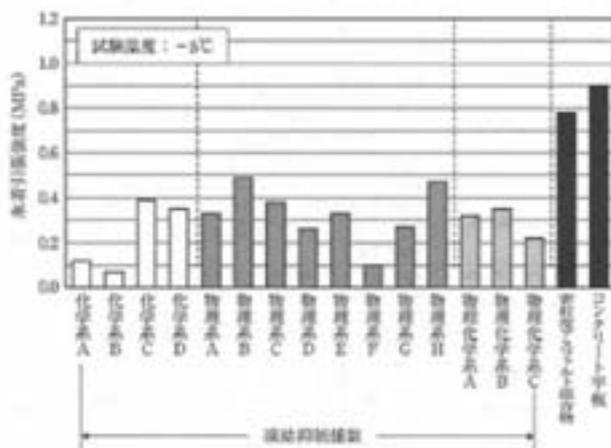


図-3 室内作製供試体による氷着引張強度の例<sup>1)</sup>

### 3 ザベック工法タイプG

図-1に示す凍結抑制舗装の中で、図-2の⑤に該当する当社のザベック工法タイプG（以下、本工法）の概要を以下に示す。本工法は、主に密粒度アスファルト混合物舗装（以下、密粒度As混舗装という）の表面に縦断方向に等間隔で連続した安全溝(グルーピング)を設け、その中にカルシウムマグネシウムアセテート（以下、CMA）とゴムチップおよびウレタン樹脂等を混合した凍結抑制材を充填したものである。図-4に安全溝を50mm間隔で設けた施工パターン、表-1に凍結抑制材に使用する主な材料の一覧を示す。

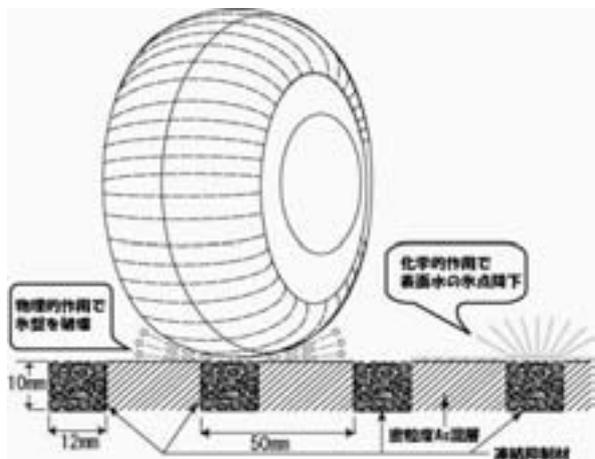


図-4 施工パターンの一例

CMAは表-1に示すように非塩化物系であるが、CMAがしみ込んだ水に氷点降下が期待できるため、本工法は化学的作用と物理的作用で凍結抑制が期待できる舗装工法である。本工法の凍結抑制効果に関しては、凍結抑制舗装技術研究会で実施した氷着引張強度測定結果<sup>2)</sup>を図-5に示す。本工法は化学・物理系であり、密粒As混と比較すると氷着強度比が3割程度であることが確認できた。なお、氷着引張強度試験

表-1 凍結抑制材の一覧

材料名	規格・仕様	目的
ゴムチップ	1.0~2.5mm	荷重に対する弾力性を期待する
CMA	非塩化物系	CMAがしみ込んだ水溶液の氷点降下を期待する
樹脂	ウレタン系	結合材

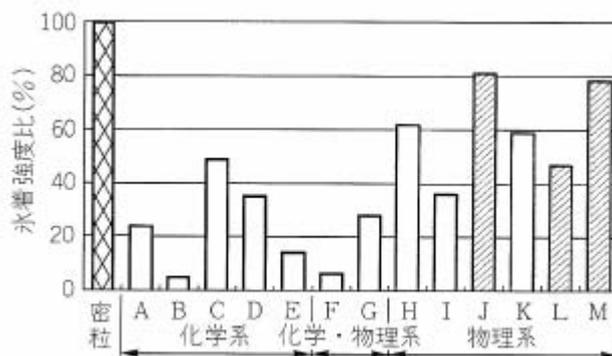


図-5 氷着強度測定結果<sup>2)</sup>

方法は凍結抑制舗装技術研究会の試験法<sup>2)</sup>に準拠する。

#### 4 施工方法

本工法の施工フローを図-6 および写真-1～4に示す。本工法は、グルーピング設置と表面の不陸整正を除いてほとんどが人力施工で行う工程である。写真-2に示すように、ガムテープによる養生では、貼付用の特殊な器具を使用することで省力化と作業時間の短縮を図っている。



写真-1 グルーピング設置



写真-2 ガムテープによる養生



写真-3 抑制材充填



写真-4 表面の不陸整正

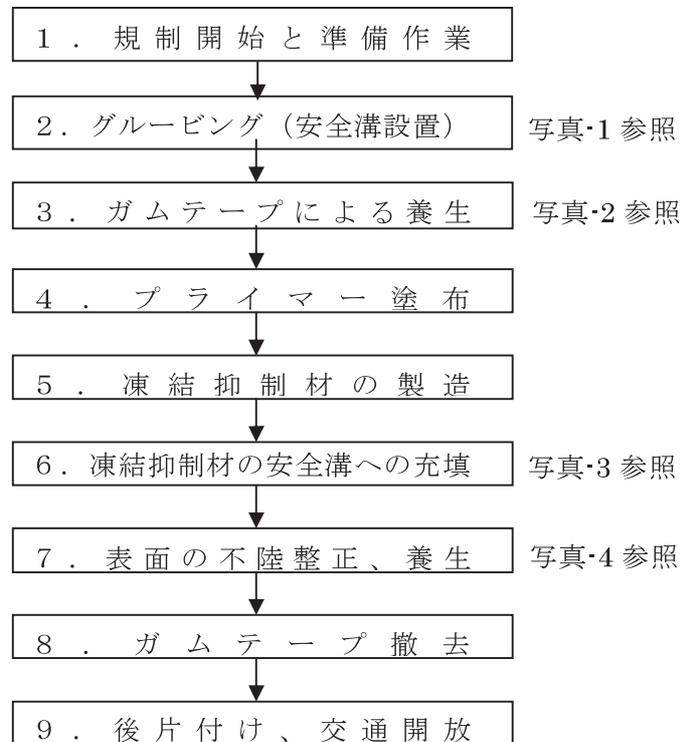


図-6 施工フロー

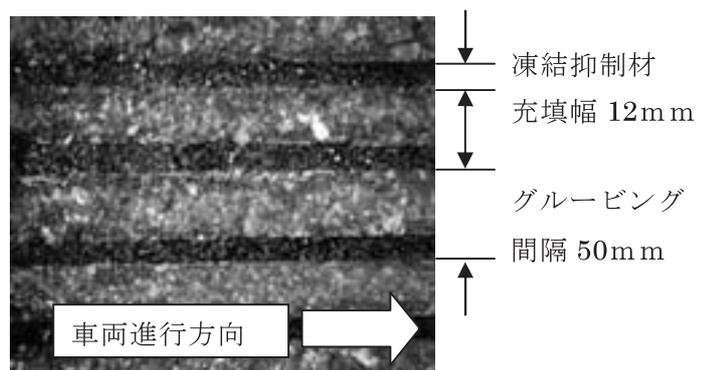


写真-5 凍結抑制材を充填した舗装表面

写真-5にグルーピング溝（安全溝）に凍結抑制材を充填した供用前の状態を示す。

凍結抑制材表面に見える白い斑点はCMAである。

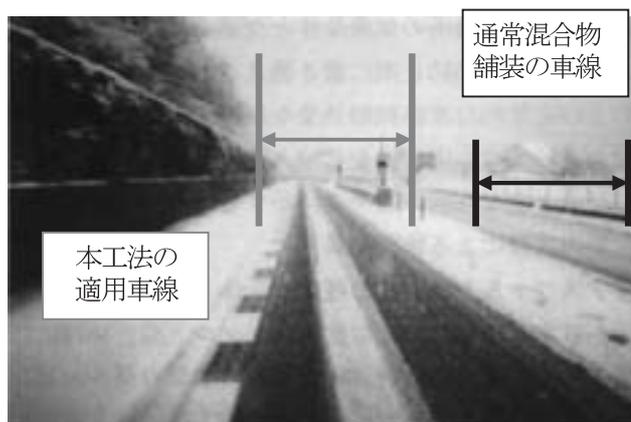
## 5 北陸地方の施工事例

工事概要を表-2に示す。本施工箇所の舗装計画交通量（1000以上3000未満）はN<sub>6</sub>（旧交通量区分でC交通に相当）で、曲線半径を100mとする下り勾配の片側1車線道路である。また、降雪量も多く厳しい気象条件の施工箇所であった。供用後1ヵ月経過した時点における路面状況を写真-6に示す。

前夜から約60cmの降雪があったが、本工法の適用車線は、シャーベット状を呈し、路面が露出していた。写真-6の左側車線が本工法を適用した部分であり、通常混合物舗装の対向車線と比較して路面が露出している面が多く凍結抑制効果を発揮していることが確認できた。

表-2 工事概要

施工場所	富山県細入村庵谷地先
路線名	一般国道41号
施工面積	686 m <sup>2</sup> （幅員3.3m）
既設の舗装	密粒度As混舗装 （ポリマー改質II型使用）
凍結抑制材充填部の グルーピング溝	【幅×深さ×スパン長】 =18×10×50mm
施工時期	平成12年12月



※交通事故対策として中央分離帯が設置

写真-6 降雪後の路面状況（供用後1ヶ月経過）<sup>3)</sup>

本施工箇所のすべり抵抗性に関する追跡調査の結果を表-3に示す。供用後3ヶ月間経過してもすべり抵抗値が70以上であるため、すべり抵抗性が良好であることが確認できた。

表-3 追跡調査の結果

項目	すべり抵抗値(BPN)	試験方法
施工直後	75	舗装調査・試験法便覧 S021-2
供用後3ヵ月後	83	

おわりに

ここでは、化学作用と物理作用を併用して凍結抑制効果が期待できるザペック工法タイプGについて述べてきた。本工法はカラーゴムチップを凍結抑制材の主材料に使用することでドライバーに対して注意喚起を促す機能も付加させることも可能である。今後、本工法に各種機能を付与することについて検討する所存である。

参考文献

- 1) 日本道路協会：舗装性能評価法別冊、p66、平成20年3月
- 2) 凍結抑制舗装技術研究会：「凍結抑制舗装の現状」、舗装35・9、pp18～19、平成12年9月
- 3) 山崎剛、鈴木徹ら：「冬期以外のすべり対策にも配慮した凍結抑制工法について」、第24回日本道路会議論文集p292、平成13年10月

# 融雪用プレキャスト RC 版舗装の設置事例

永井コンクリート工業 (株)    ○小森 幸弘  
(株) 興 和                      齊藤 貴典

## 1 はじめに

無散水融雪施設施工における車道部放熱管施工は、舗装体内に配管の埋設を行うため、工事規模が大きくなり工事による交通渋滞の発生、工事規制による交通事故発生の危険性が伴う。その対策として、工場製品を現地に敷設し、日々交通解放が図れるプレキャスト RC 舗装版を無散水融雪施設に活用(融雪用プレキャスト RC 版)することにより、大幅な規制時間、施工日数の短縮が図ることが出来た。その融雪用プレキャスト RC 舗装版と、多用途化する融雪版について設置事例を述べる。

## 2 実施工紹介

### 2.1 施工概要



図 2-1 施工位置図

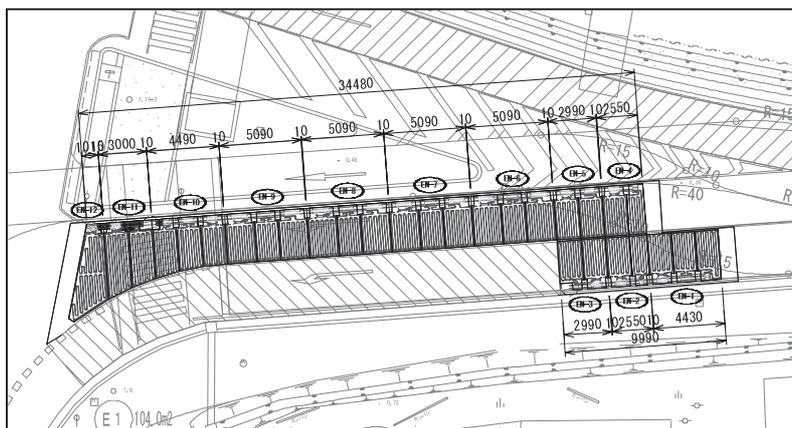


図 2-2 RC 版配置図

施工箇所：新潟県新潟市中央区桜木町地内  
一般国道 8 号  
(桜木 IC 下り OFF ランプ)

施工規模：148.3 m<sup>2</sup> (融雪用 RC 舗装版  
3,100<sup>L</sup>×1,500<sup>W</sup>/1,170<sup>W</sup>×280<sup>H</sup>他 29 枚)

融雪方式：ガスヒートポンプ温水循環方式

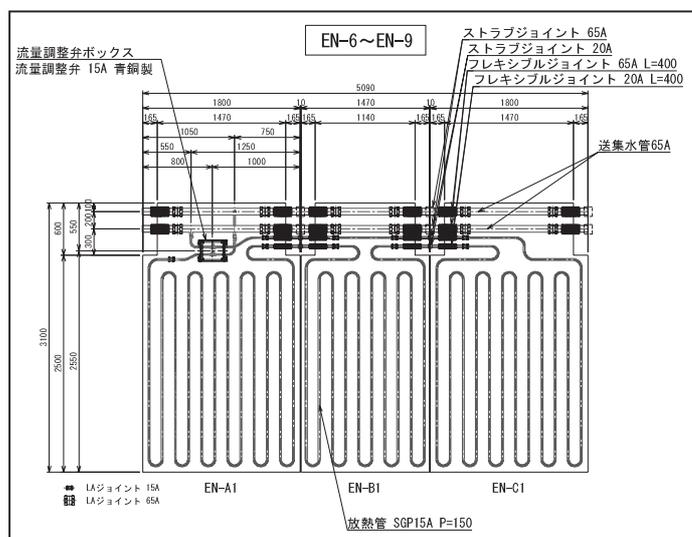


図 2-3 RC 版接続図

## 2. 2 構造及び特徴

融雪用プレキャスト RC 舗装版は、図 2-3 に示した通り、融雪装置である放熱管、送集水管を全て RC 版に入れ込んだ構造であり、RC 版相互の配管接続部は可とう性があり、かつ容易に着脱可能なフレキシブルジョイント+カップリング方式とした。

この方法採用により、RC 版を差込式のスライド接続ではなく、そのまま据付けてカップリング接続となるため、施工が容易となり、特に勾配が変化するような箇所での施工性は高い。

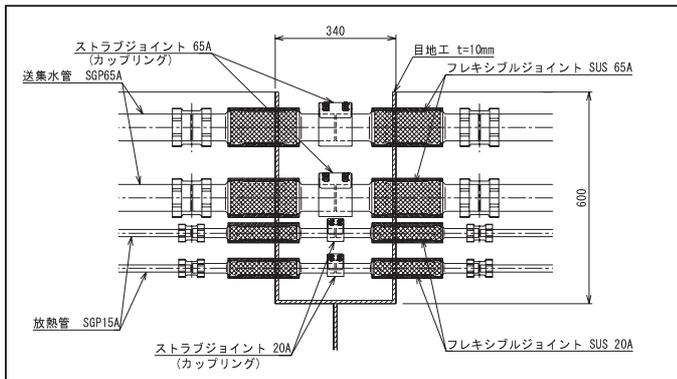
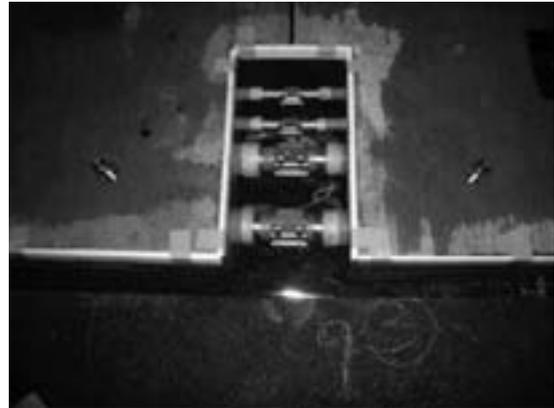


図 2-4 RC 版相互の配管接続図



写 2-1 RC 版相互の配管接続

## 2. 3 施工工程

無散水融雪施設での放熱管施工は、これまでコンクリート現場打設方式で多く施工されている。

現場打設方式では、配管現場施工やコンクリート養生期間が必要となることから、規制時間・施工日数が多くなり、供用中の道路では多大な障害となってしまう。

その対策として、RC 舗装版を活用することにより、現場での配管作業及びコンクリート養生期間が不要となり、規制時間・施工日数が短縮され交通障害が軽減される。

また、工場製品であるため品質が安定しており、高強度コンクリートを使用するため耐摩耗性に優れる。

施工日数、通行規制について当現場における融雪型プレキャスト RC 版の実績と従来工法である現場打設方式での比較を行った。

RC 版を活用することで、図 2-5 に示したように夜間のみ交通規制で施工を行うことにより、交通障害を低減させることができた。施工日数も、コンクリート打設(送集水管工、舗装工)が無くなり、養生期間が省けることにより 10 日程度の大幅な短縮が図れた。



写 2-2 融雪用 RC 舗装版と据付作業

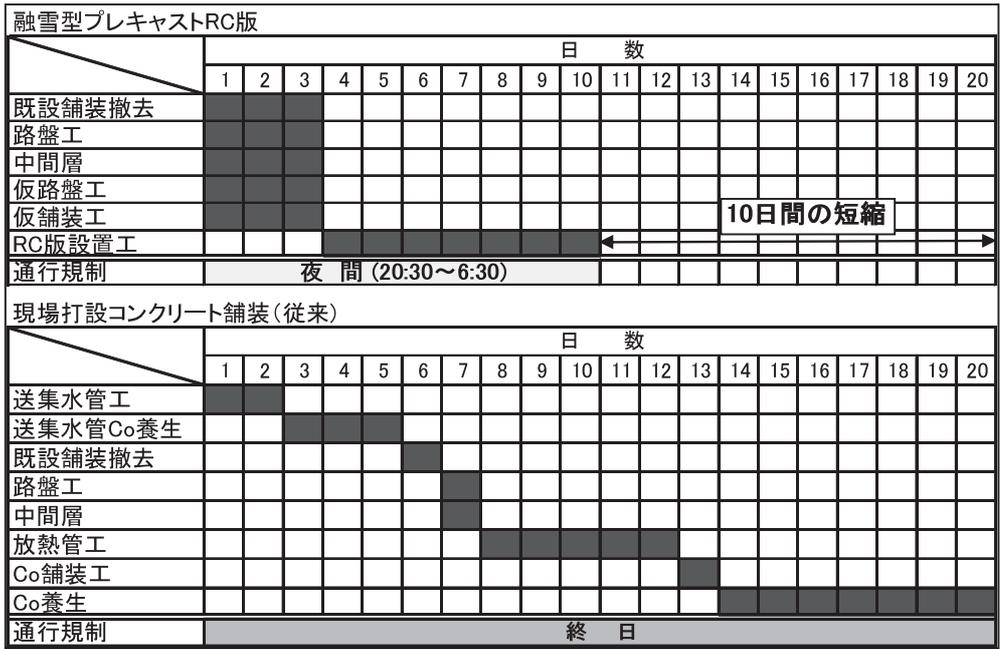


図 2-5 施工日数と通行規制

### 3 融雪用プレキャスト RC 舗装版の多用途化

融雪用プレキャスト RC 舗装版は、特に交通規制が厳しい交差点やインターチェンジランプ部への適用が増加し、その有効性が実証されている。また、最近では冬期バリアフリーの一環である歩道融雪施設工事においても融雪用プレキャスト RC 舗装版が採用されている。

近年カラー・意匠性の付加にも対応可能であり、スクランブル交差点(金沢市片町)や、駅前歩道(JR 秋田駅)など様々な箇所での施工の可能性が広がっている。

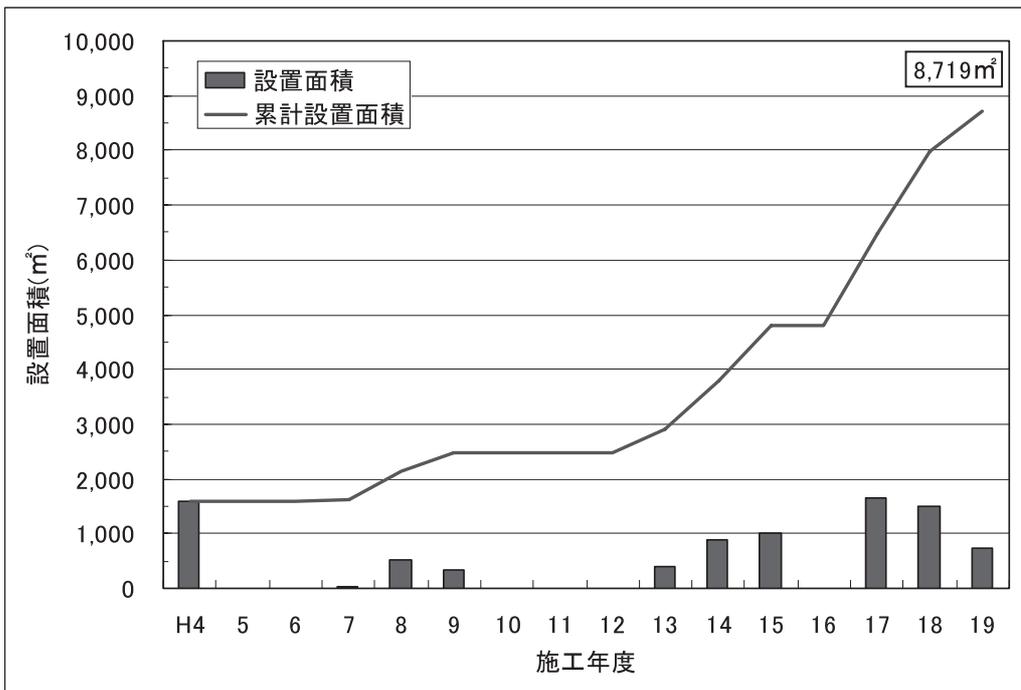


図 3-1 融雪用プレキャスト RC 舗装版設置実績

### 3. 1 交差点部への適用

施工期間中に交差点を封鎖させない工法として夜間通行止めを行わず施工を行った。美観を考慮してRC版の色調を暖色系とし、表面に自然石をちりばめ冷たく硬いコンクリート色を和らげた。

また、プレキャストRC舗装版相互の配管連結は、フレキシブルジョイントを使用して、勾配変化の調整及び通行車両の振動に対応できるようにした。

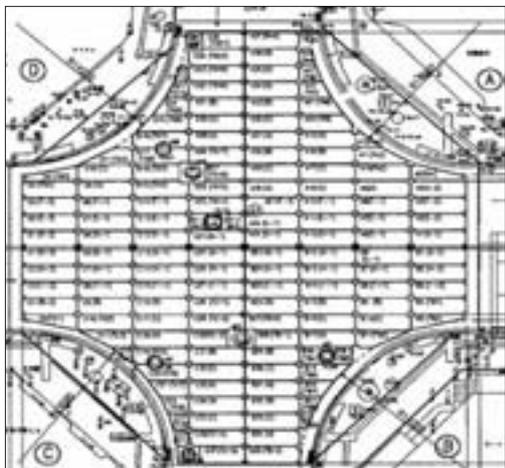


図 3-1 RC 版設置図



写 3-1 設置状況

### 3. 2 歩道部への適用

歩道沿いの人家、商店及び商店利用者への配慮を目的とし、規制時間・施工日数の短縮が図れる融雪用プレキャストRC舗装版が採用された。

歩道内に水路が設置されており、水路蓋としての役割も兼ねている。下部水路への放熱を考慮して、RC版内に断熱材を入れ込んでいる。

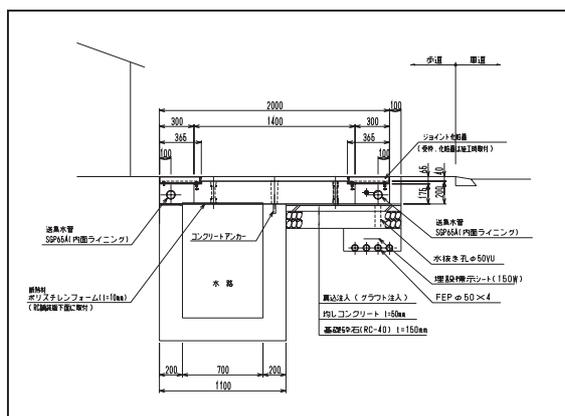


図 3-2 RC 版設置図



写 3-2 設置状況

## 4 おわりに

融雪用RC舗装版は、工事規制の厳しい交差点部や、インターチェンジランプ部への適用が実証され、最近では冬期バリアフリー対策として歩道部にも適用されている。

今後は、施工効率の向上を目的として軽量で強度がある製品の開発に努め本工法の普及拡大を図って行きたい。

# 施工性・メンテナンス性を向上した新型消雪パイプブロック

株式会社興和 水工部長 池野正志

○株式会社興和 技術開発室長 桑原賢二

株式会社アドヴァンス 企画開発本部部長 藤井伸之

## 1. はじめに

プレキャスト消雪パイプブロックは、平成初頭の商品開発以来、約20年近くの実績を持ち、据付作業やコンクリート養生のための交通規制の期間確保が困難な国道を中心に広く普及してきた。

一方で、従来型のプレキャスト消雪パイプブロックは、その構造上、維持管理の際に1本のみとの交換ができなかったり、作業のための余裕長が必要だったりといった不具合や、据付作業時における手指のはさまれ事故が発生した例があった。

このたび、維持管理性・施工性・安全性の向上を目的に、新しいプレキャスト消雪パイプブロック(=消雪パイプブロック(メンテナンス対応型)~NETIS 登録番号 HR-080003-A~)を開発した。本報告では、その開発コンセプトや各種試験状況を報告し、現場設置事例を紹介する。

## 2. 開発コンセプト

プレキャスト消雪パイプブロックは、路面散水消雪を行うための消雪パイプを二次製品化したものであり、散水ノズル、散水ノズルを取り付ける枝管を有する散水管、ブロック同士を接続するジョイントがコンクリート躯体に一体化されたものである。プレキャスト化により現場施工とそれに伴う交通規制の期間短縮や工場製作により品質向上に貢献してきた。

従来型ブロックは、コンクリート躯体から突き出した散水管の管端(凸部)を前のブロックの受け口(凹部)へ順番に差し込んで接続していく構造となっている。したがって、ブロック躯体、散水管やノズルに不具合が発生した場合、その不具合が発生した1本のみを抜き取って新しいブロックに置き換えるには、どうしても長さ調整分のコンクリート現場打設部分が発生してしまう。もともと配管作業やコンクリート養生期間のための交通規制が厳しい路線に適用されるプレキャスト製品であるにもかかわらず、メンテナンスの際にはコンクリート養生期間が必要となっていた。

図1に新型ブロックの接続部を示す。新型ブロックでは、従来型では困難だった設置後のメンテナンスに対応するため、ブロックの躯体端部の一部分を切り欠いて継手を接続する空間をつくり、一方の躯体に新開発のスライド式継手を格納する。そしてブロック据付後に継手をスライドさせて管端同士を接続する方式とした。その結果、維持管理性だけでなく、副次的な効果として施工性や安全性も向上している。

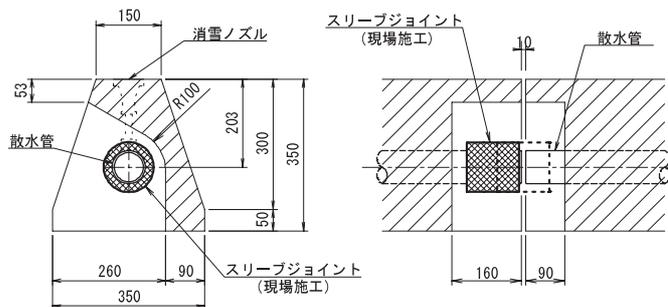


図1 メンテナンス対応型ブロック接続部

### ①維持管理性の向上

図2に従来型と新型の接続方法の比較を示す。前述したとおり、新型ブロックでは、ブロックの垂直据付撤去が可能となるため、設置したブロックに不具合が発生した場合、従来型には不可能だった1本だけの交換が可能となる。また、既設現場打設消雪パイプの修繕の際に活用した場合、コンクリート打設範囲を最小限に抑えることができる。

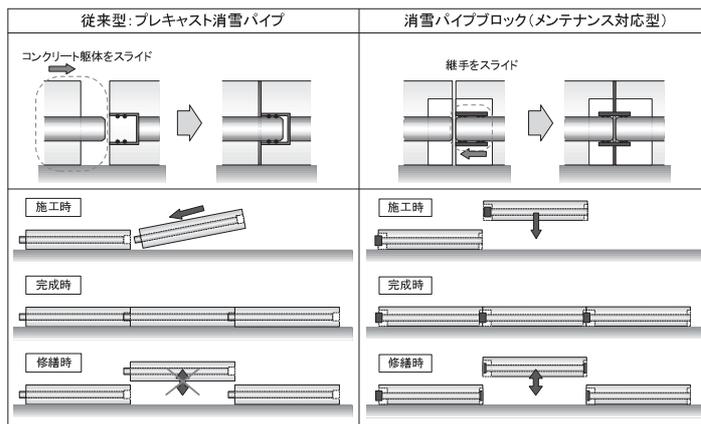


図2 従来型と新型ブロックの接続方法の比較

### ②施工性の向上

図3に従来型と新型の据付方法の比較を示す。ブロックの接続の際は、重量物であるコンクリート躯体を、クレーンで吊りながら背面からバックホウ等重機や数人の人力で押すことにより接続していた。新型ブロックでは、縁石ブロックの様に簡単に据え付けることができ、さらにブロック躯体自体をスライドさせる動作が不要となるため、施工性が向上する。

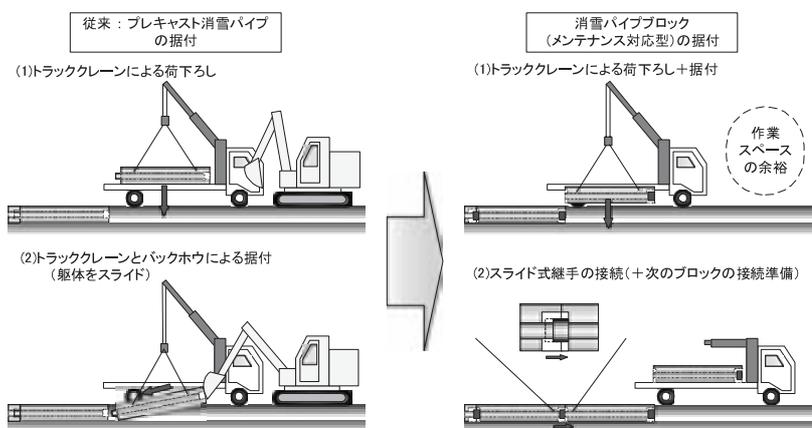


図3 従来型と新型の据付方法の比較

### ③安全性の向上

前述のとおり、従来型ブロックは背面から押しながらスライドさせて接続しているが、その際注意を要するのは”スライドによるはさまれ事故”である。新型ブロックでは、ブロック躯体自体をスライドさせることが無いため、据付作業における安全性が向上する。

### ④VP(硬質塩化ビニル管)のラインアップ

従来、消雪パイプの散水管の大部分にSGP(配管用炭素鋼鋼管)が使用されているが、水質の悪い地域では、散水管内の腐食等によりサビ水が発生し、路面を赤褐色に汚してしまう場合があった。一方、従来のVP散水管は、塩ビ溶接等で枝管が接続されている。しかし、車両の輪荷重が金属製のノズルを介し直接加わることや、塩化ビニルとコンクリートの線膨張率が異なりせん断力が働くことから、枝管接続部の破損が懸念されてきた。

そこで、柔軟性に富み荷重や振動、熱応力からの破損を防ぐゴム製枝管継手を開発し、散水管ラインアップにVP(硬質塩化ビニル管)を加えた。



図4 ゴム製枝管継手設置状況

### 3. 各種試験状況

#### ①接続部曲げ破壊試験

メンテナンス対応型では、ブロックの端部に継手を接続するための空間を設けることによる強度不足が懸念される。そこで、接続部に曲げ破壊試験を行い“ひび割れ荷重”を確認した。

実際の施工状況を踏まえ、支持力を有する路盤上に、試験対象接続部の延長方向両側にブロックが連続して設置されている状況を想定した。2本の供試体の端面が密着して離れないようにするため、パイプ内に十分な引張強度を有するPC鋼棒を通し、両方の供試体の外側端部に  $t=20\text{mm}$  の鋼板を設置して固定した。実際の施工では、ブロックの両脇に空練りモルタルを充填するため、接続部にも同様に充填される。試験では、空練りモルタル充填と未充填の両方の供試体で行った。

結果、消雪パイプ設計輪荷重  $70[\text{kN}]$  に対して、モルタル未充填の場合でもひび割れ荷重が  $210[\text{kN}]$  を示し、十分な強度があることを確認した。

#### ②スライド式継手水圧試験

従来型ブロックでは、特殊加工のOリングを有する受口に散水管の管端を差し込んで接続していた。一方、一般的な配管の接続は、ネジ込み接合、フランジ接合や溶接接合、場合によってカップリング接合が使われている。新型ブロックの場合には非常に狭い空間で接続作業を行う必要があるため、一般的な継手類は使用できない。

今回新たに滑らせるだけで止水が可能な“スライド式継手”を開発した。その際、性能確認のため曲げ水圧試験を行っている。

消雪パイプには、 $0.3[\text{MPa}]$  程度の耐水圧が求められるが、それに対し、曲げ角度  $7[^\circ]$  時に  $0.5[\text{MPa}]$  の水圧を掛けた場合においてもシール部から漏水しないことを確認した。

#### ③総合曲げ水圧試験状況

製品化にあたり、現場の使用状況を見据えた上での総合曲げ水圧試験を実施した。散水管にVPを使用して、ゴム製枝管継手にてノズルを取り付け、スライド式継手によりブロック同士を接続した状態で曲げ角度を与えて水圧を掛けて圧力ゲージ読みや接続部、ノズル脇からの漏れ等を観察した。

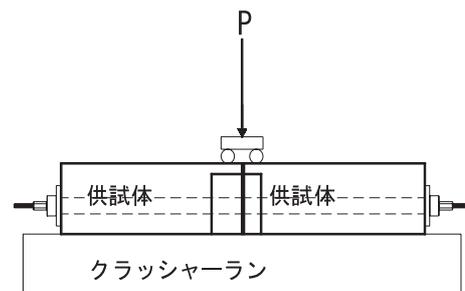


図 5 曲げ破壊試験イメージ



図 6 曲げ破壊試験状況



図 7 曲げ水圧試験全景



図 8 試験時屈曲状況

継手で接続した2本のブロックに5.0[°]の曲げ角度を与え、消雪パイプに求められる水圧(0.3[MPa])の1.5倍にあたる0.45[MPa]の水圧を掛け、60分間の試験を行い水圧に変化が無く、継手やノズル脇等からの水漏れも発生しなかった。したがって消雪パイプとして十分な機能を有していることを確認できた。



図9 総合曲げ耐水圧試験状況

#### 4. 現場施工事例

これまで新型ブロックの施工は、昨年11月に長岡国道事務所管内で試験施工として、今年8月に金沢河川国道事務所管内で本施工として、計2件行った。以下に、8月の本施工時の状況を紹介する。

図10は据付状況全景である。従来型のブロック同様、クレーン機能付きバックホウやクレーン付きトラックで据付を行う。図11は据付時の接続部拡大である。このように垂直据付が可能となったことが従来型との大きな相違点である。図12は継手接続状況である。スライド式継手を用いて狭い空間ながらも確実に配管接続ができた。昨年11月の試験施工時には市販のカップリングにて接続を行ったが、その際はボルト締付けのための作業時間が余分に掛かってしまう欠点があった。スライド式継手の採用により、ネジ込みやボルト締付けのような作業が不要となり、専用ハンドルにてワンタッチで簡単に作業ができたため、全体の作業時間に影響を及ぼすことは無かった。



図10 据付状況(全景)



図11 据付状況(接続部)



図12 継手接続状況

#### 5. おわりに

消融雪設備に代表される設備工事は、一般の土木工事と異なり、より維持管理のウエイトが大きい性格を持っている。新設工事から維持修繕工事にシフトしていく時代に貢献できるよう、メンテナンスまでも視野に入れた製品として開発を行った。新設工事を行う際にはあまり着目しにくいポイントではあるが、これから普及に向けて努力していきたい。

最後に、試験施工や本施工にあたり御指導、御協力を頂いた北陸地整長岡国道事務所様、金沢河川国道事務所様の関係各位に深く謝意を表す。

[参考文献]

- 1) 路面消・融雪施設等設計要領 平成20年5月 同設計要領編集委員会

# ニューカラーコート・シリーズ（常温型薄層カラー舗装）

東亜道路工業株式会社 北陸支社 技術部 ○小河 浩幸  
東亜道路工業株式会社 北陸支社 技術部 小形 光治

## 1 はじめに

平成 13 年に改正された道路構造令により、車道を中心とし歩行者や自転車等が互いに調和した道路空間が構築されるように見直された。そのような背景もあり、歩行者と自転車が接触する事故が増加してきており、経済的で安全な対策として近年、歩道部または自転車道のカラー舗装整備が進められてきています。

ここで紹介する水性エマルジョンを用いた常温型薄層カラー舗装材「ニューカラーコート」は、平成 16 年度から自転車道、歩道、駐車場、園路等を中心に、現在までに全国で 30 万 m<sup>2</sup>以上の施工実績を有しております。

本文は、今後も需要が高まると思われるカラー舗装整備の舗装材「ニューカラーコート」の特徴や施工事例を紹介する。

## 2 概要

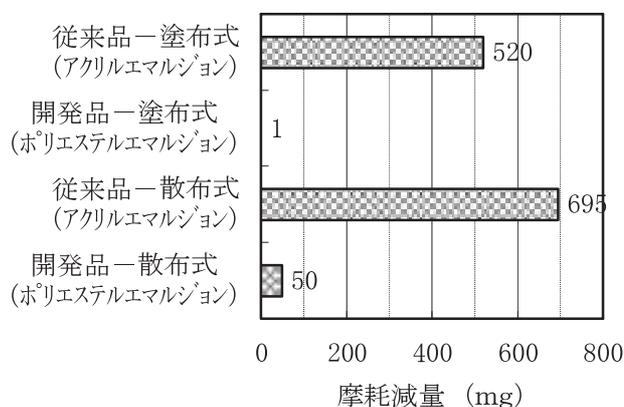
ニューカラーコートを利用したカラー舗装は、既設アスファルト舗装やコンクリート舗装の表面を専用プライマーで下地処理した後、カラー舗装材を 2 層にわたって散布または塗布する常温型薄層カラー舗装です。

### 2.1 使用材料

一般的に常温型薄層カラー舗装材には、エポキシ樹脂やメチルメタアクリレート（MMA）樹脂等を用いた反応タイプとアクリルエマルジョン等を用いた水性タイプがあります。

反応タイプは、硬化時間が短く高強度であるといった優れた特性を有しており、車道等にも使用されますが、高価であり、施工時の刺激臭や揮発性有機溶剤を含有している等、作業環境や周辺環境への影響が懸念されます。一方、水性タイプは、安価であり環境への影響が小さい反面、硬化時間が長く、強度も低いため主に歩道や自転車道等に使用されていますが、車両乗入部での摩耗が問題となっていました。

そこで、本舗装は従来の水性タイプ（水性アクリルエマルジョン）に比べて、耐久性が大きく向上した上に（図－1 参照）、交通開放のための養生時間が大幅に短縮された、水性ポリエステルエマルジョンを用いた環境にも優しい舗装材を開発しました。



図－1 耐摩耗性試験結果

## 2. 2 種類・適用箇所

本舗装の種類は、母体アスファルト混合物（密粒度アスコン又は開粒度アスコン）あるいは遮熱効果の有無による等の用途に応じて4種類のタイプがある。各シリーズを表-1に示す。

表-1 ニューカラーコート・シリーズ

適用	カラー景観舗装	カラー景観・遮熱舗装
密粒度舗装用 塗布型	ニューカラーコート・E	ニューカラーコート・F
開粒度舗装用 散布型	ニューカラーコート・P	ニューカラーコート・C

## 2. 3 特徴

本舗装の主な特徴を以下に示します。

### 2. 3. 1 カラーバリエーション

赤、青、黄、緑等の基本色7種（図-2参照）に加えて、他の希望の色彩に色合わせすることが出来ます。ただし、ニューカラーコート・F、Cは、青、黄、緑、深緑、レンガ、黄土、灰、濃灰の8種。



図-2 ニューカラーコート基本色7種

### 2. 3. 2 耐久性

耐摩耗性能が従来のアクリルエマルジョンを使用した材料に比べて、大きく改善されており車両の乗り入れ部や駐車場等にも適用できます。

### 2. 3. 3 早期交通開放

硬化剤を用いて硬化を促進することで、早期の歩行・交通開放が可能になり、施工時間が大幅に短縮されます。

### 2. 3. 4 作業・周辺環境

揮発性有機溶剤等を使用しておらず、水性のポリエステルエマルジョンを使用しているため、環境に優しい材料です。

### 2. 3. 5 路面温度の上昇抑制

ニューカラーコート・FおよびCには、太陽光（近赤外線波長域）に対して高い反射率を持つ特殊顔料と、断熱材としての働きを持つ中空ビーズを混入しており、路面温度の上昇を抑制します。図-3に遮熱機能の仕組みを示す。

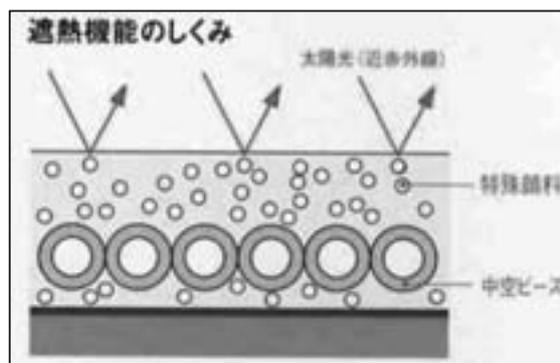


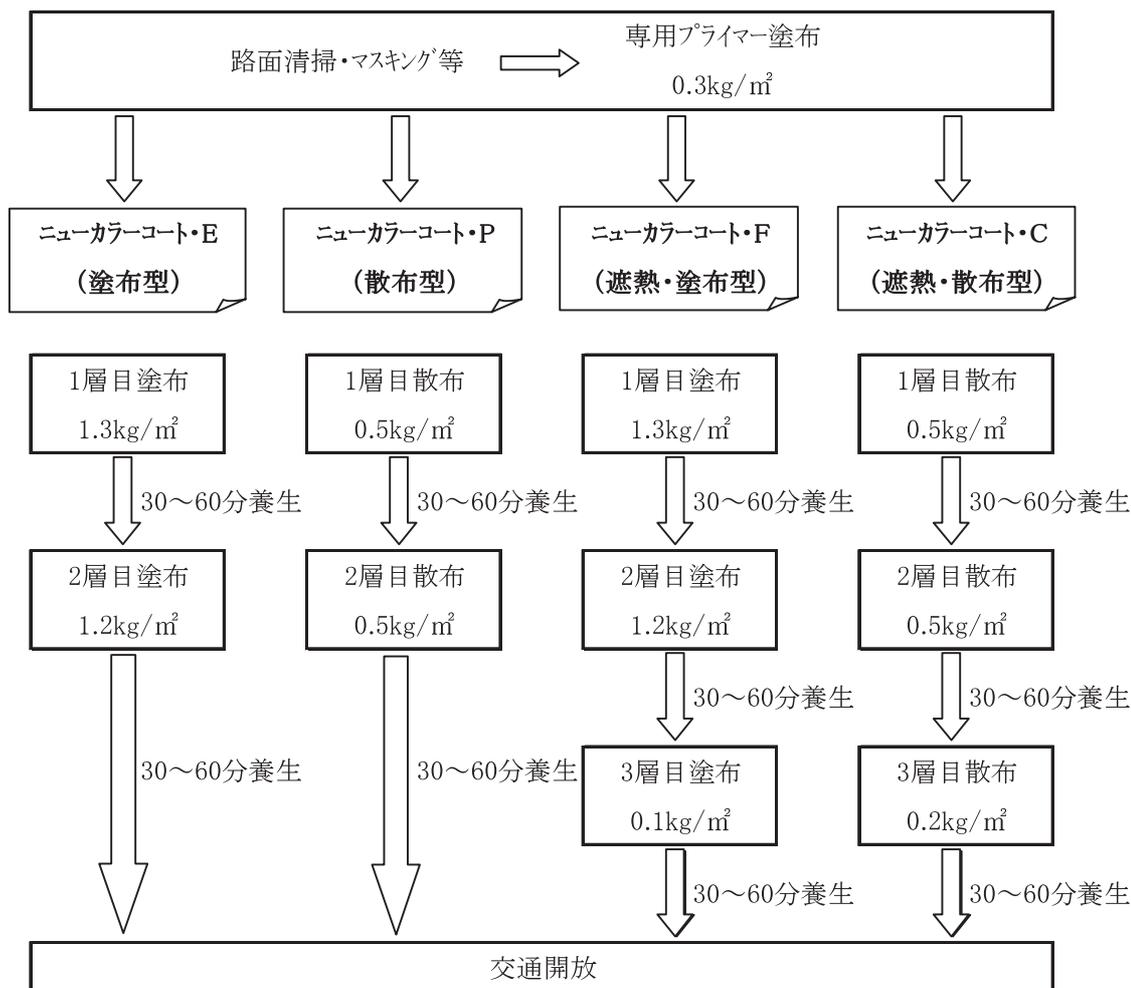
図-3 遮熱機能の仕組み

### 3 施工方法

ニューカラーコート・シリーズの種類別による施工方法を図－4 施工フロー図に示す。

基本的には、2層目による塗布又は散布により施工します。なお、遮熱機能を有するものは、3層目にトップコート層を塗布又は散布を行います。各層毎に養生時間が必要であり季節や気象条件で異なるが、30～60分程度の養生が必要となってきます。

このような条件から1日に施工できる面積は、塗布式で約500㎡/日、散布式で約400㎡/日です。また、施工単価については、2,300～4,000円/㎡となります。(表－2参照)



図－4 施工フロー図

表－2 施工単価および施工面積

種類	標準塗布量	直接工事費	施工面積
	kg/㎡	円/㎡	㎡/日
ニューカラーコート・E (塗布型)	2.5	2,800	500
ニューカラーコート・P (散布型)	1.0	2,300	400
ニューカラーコート・F (遮熱・塗布型)	2.5	4,000	500
ニューカラーコート・C (遮熱・散布型)	1.0	3,500	400

#### 4 施工事例

平成 19 年 3 月に新潟県新発田市にある新潟県立新発田病院および平成 19 年 11 月に新潟県胎内市にある新潟県立坂町病院の構内にて施工した事例を紹介します。

県立新発田病院では、構内の園路（開粒度混合物）に「ニューカラーコート・P」（黄土色）を施工したものです。施工時には、縁石等に養生テープによる保護をし、風による塗料の飛散を防ぐ為に木製ボードを用いて、2 層仕上げにより散布を行いました。

（写真－4. 1 参照）

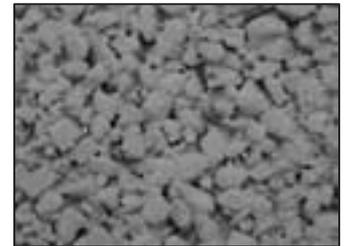
施工後 1 年以上経過しているものの、路面状況等は、良好な状態を保っております。現在の様子と路面状況（近影）の様子を写真－4. 2 および写真－4. 3 に示します。



写真－4. 1 施工状況



写真－4. 2



写真－4. 3

県立坂町病院では、構内の身障者専用駐車場（密粒度混合物）における明色化に、「ニューカラーコート・E」（青色）を施工しました。全 7 箇所を 2 層仕上げの塗布型により施工しました。施工後も良好な状況であり、利用者にも好評を頂いております。（写真－4. 4、写真－4. 5 参照）



写真－4. 4 施工後状況①



写真－4. 5 施工後状況②

#### 5 まとめ

昨年施工された 2 現場について、現在、色合いや路面状況等は良好な状態を維持しております。

今後も路面状況を継続的に観察して行くと共に、園路や駐車場の他にも歩行者や自転車道等に対して、経済的で環境に優しい安全対策の一つとして「ニューカラーコート・シリーズ」による常温型薄層カラー舗装の普及に努めていきたいと考えております。

# NATMとシールドを融合した新しいトンネル工法『SENS』の開発

株式会社 熊谷組 土木事業本部 シールド技術部 担当部長 木村 晃

## 1 はじめに

東北新幹線三本木原トンネルは、未固結で滞水した砂質土層の掘削を、当初は、地下水位低下工法と切羽安定対策として注入式先受け工等の補助工法を併用して、新青森方より山岳工法(NATM)により掘削を行っていたが、想定以上に地層が複雑で、対策工が有効に作用せず、たびたび切羽の崩壊が生じ、掘削の中断を余儀なくされていた。

このため、施工方法の再検討を行った結果、シールド、NATM、場所打ちコンクリートライニングを組み合わせ、安全性、経済性、施工性に優れた新しいトンネル構築工法として、『SENS』を開発・採用し、当初と反対側の東京方より新たに掘削することとした。(図-1)

本稿では、三本木原トンネルで開発したSENSの概要と施工方法及び施工結果について述べる。

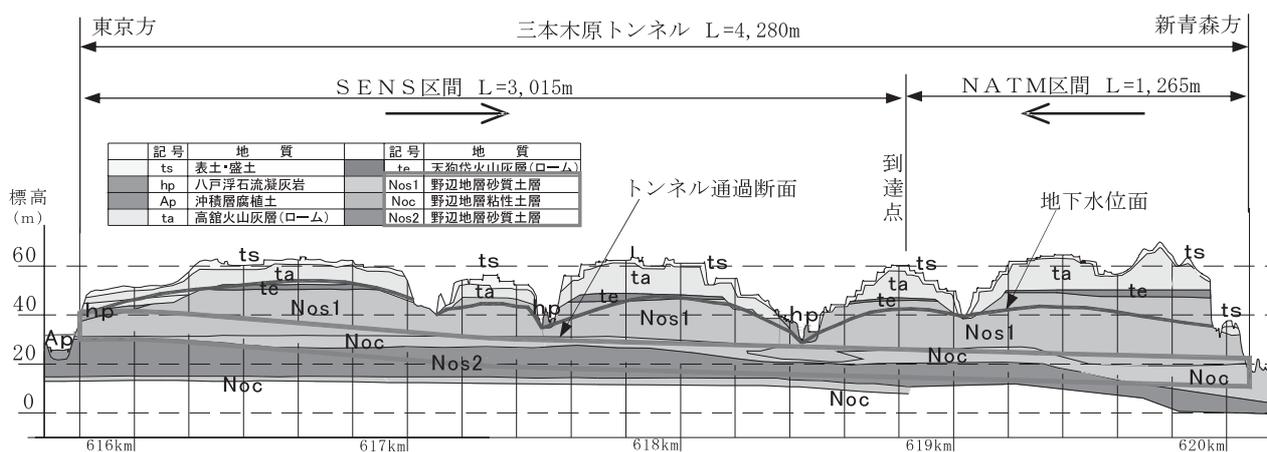


図-1 地質縦断面図

## 2 SENSの概念

『SENS』では、掘削及び切羽の安定はシールドで行い、トンネルの支保部材はセグメントを使用せず、掘進と同時に連続して打設される場所打ちコンクリートとしている。

さらに、山岳トンネルの基本である周辺地山の持つ支保機能を有効に活用して、地山変位の収束を確認した後、力学的機能を付加させない覆工コンクリートを施工することにより、高品質のトンネルを完成させるものである。(表-1、表-2参照)

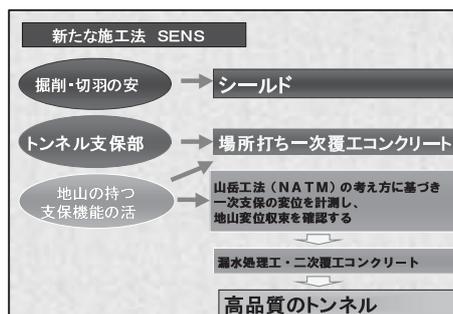


表-1

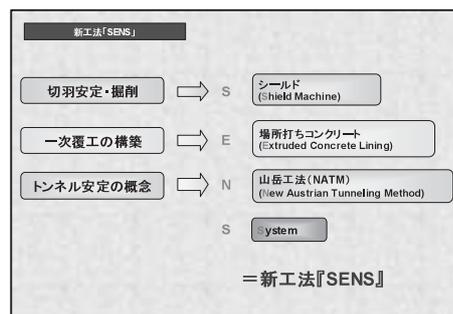


表-2

### 3 施工方法

#### 3.1 施工概要

SENSの推進反力は、シールド後方の内型枠と一次覆工コンクリートとの付着力(摩擦力)から取り、密閉型泥土圧式シールドにより切羽を保持しながら掘進する。内型枠は、幅1.2mで16リング装備し、一次覆工コンクリートが所定の強度を発現した事を確認した後、後方に装備している内型枠脱型装置により脱型して、搬送ホイスで前方に移動して、内型枠組立装置で組立の事により繰返し転用した。(図-2)

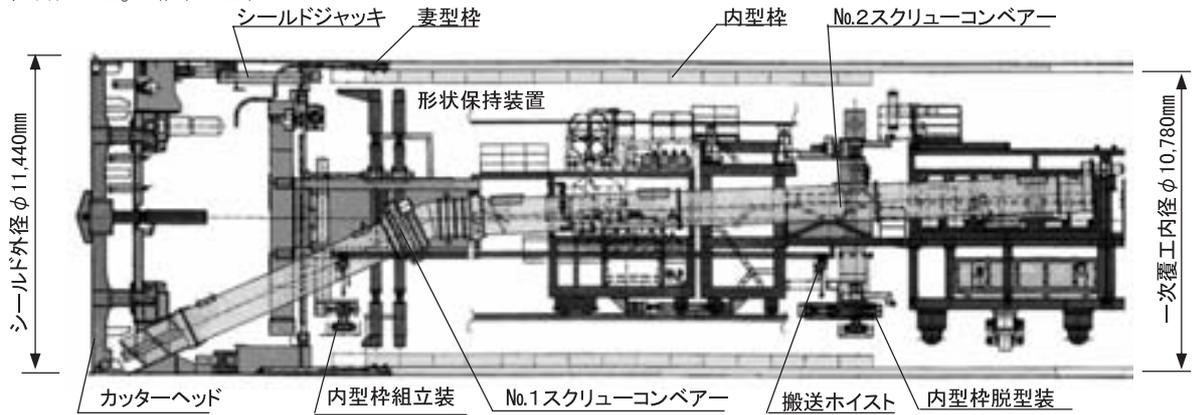


図-2 SENS掘削機一般図

#### 3.2 一次覆工の打設システム

一次覆工コンクリートは基地内に設けたバッチャープラントで製造し、アジテータトラックにより坑内後続台車後方の供給ポンプまで運搬し、図-3に示す打設経路をたどり打設される。

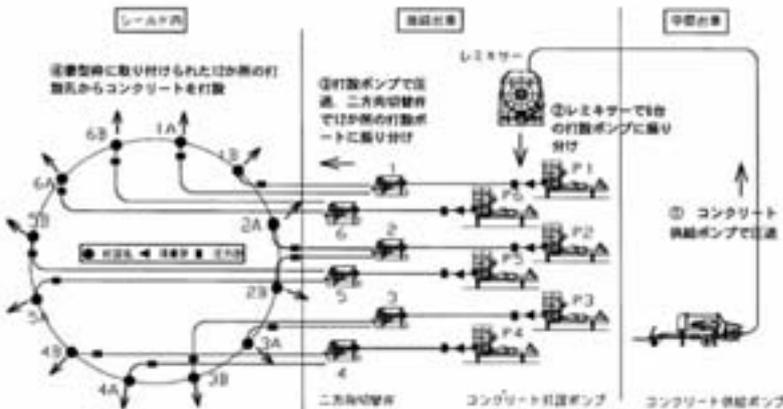


図-3 一次覆工打設系統図

コンクリートは、掘進開始と同時に妻型枠に取り付けられた12箇所(1A-6B)の打設口から、シールドの前進に伴って発生する、地山と内型枠との空間(テールボイド)に、地山の緩みや崩落を防止するために、加圧充填されながら連続して打設される。妻型枠のジャッキには、コンクリートの圧力調整出来るアキュムレーター機構が装備されており、打設されたコンクリートは一定の圧力で加圧

状態が保たれ、確実な充填と品質が確保される。また、掘進停止時には、コンクリートの逆流を防ぐために塞止弁装置を装備している。(図-4、写真-1)

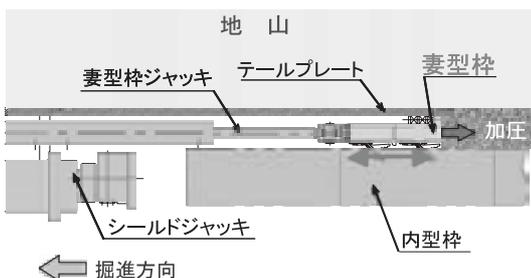


図-4 一次覆工打設部詳細図

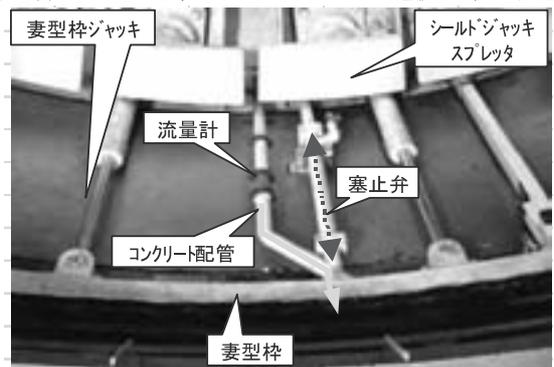


写真-1 テール内打設設備

### 3. 3 一次覆工コンクリートの性状

一次覆工は、滞水性の地盤内に高压で打設し、地山と内型枠との空間を確実に充填させる必要があり、表-3に示す多様な性能が要求された。これらの性能をすべて満足すべく室内配合試験を繰返し、新たに開発した特殊増粘剤と高性能特殊分散剤をもちいることにより、写真-2及び表-4のように「水中不分離性」と「早強性」とを同時に高いレベルで実現可能となったスーパーパフォーマンスコンクリート（SPコンクリート）を開発し採用した。

項目	要求性能
① 高流動性	締固めなしで確実にコンクリート充填が可能であり、練上がり直後のスランプフロー値が650mm±50mmであること。
② フレッシュ性状保持性	練上がり後4時間までフレッシュ性状を保持し、4時間後のスランプフロー値が上記の80%以上であること。
③ 早強性	シールドの推進反力を内型枠とコンクリートとの摩擦力で確保していることから、材齢1日で15N/mm <sup>2</sup> の強度を発現すること。
④ 材料分離抵抗性	練上がりから打設完了まで最長4時間程度要するので、この間に分離しない高粘性のコンクリートであること。
⑤ 水中不分離性	地下水環境下での打設においても、セメント分の分離溶出を抑制でき、所定の強度を発現できること。

表-3 コンクリートの要求性



写真-2 水中分離度試験

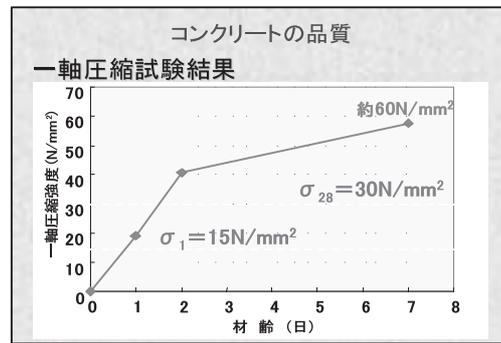


表-4 コンクリートの強度

## 4 施工結果

### 4. 1 施工速度と工事費

SENSにおける進行実績は、初めて採用されたシステム中で、初期段階においてトラブルの多発や試行錯誤の繰返しにより進行が伸びなかったが、これらを含む平均月進として109.6mであった。なお最高月進は172.8mであり、当工区であるNATM区間と比較して約2.5倍の月進量であった。図-5に

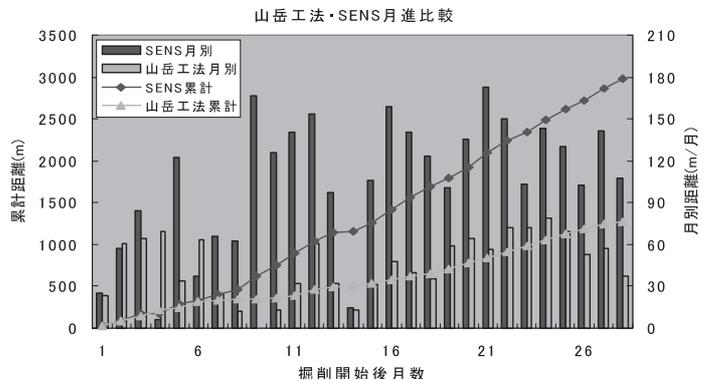


図-5 三本木原トンネル実績月進量の比較

三本木原におけるSENSとNATM区間の月進量の実績を、図-6、図-7に工法別の比較を示す。

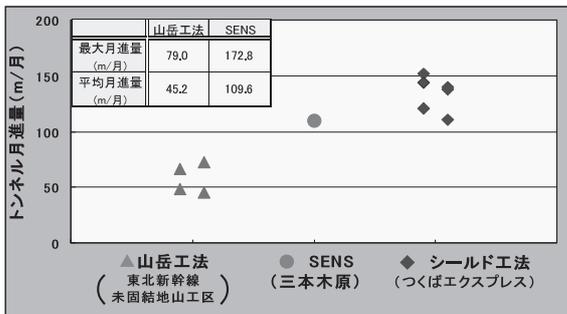


図-6 工法別進行比較表

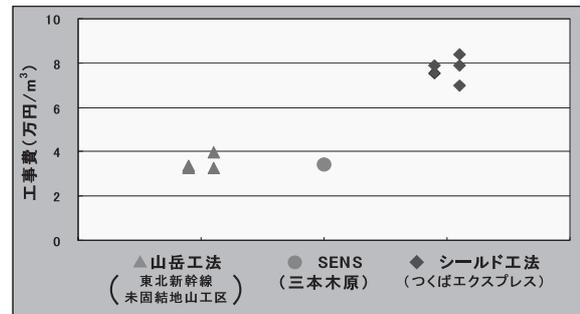


図-7 工法別工事費比較表

上図より、SENSの施工速度は同種の地山のNATMの約2倍で、工事費はシールド工法の約半分で同種地山のNATMと同程度であった。これにより、所期の目的である経済性は十分達せられた。

#### 4. 2 ひび割れと湧水量

ひび割れは全体的に少なかったが、低土被り部では斜め下向きのひび割れが集中して発生していた。ひび割れからの湧水量は、SENS区間は耐水性の高いコンクリートを加圧した状態で打設することにより、NATM区間の1/4程度に抑えることができた。

これより、周辺地下水位への影響を低く抑えることができた。

表-4は坑内への湧水量を、NATM区間とSENS区間を比較した結果である。

	山岳工法	SENS
掘進延長 (m)	1265.2	3014.8
湧水量 (m <sup>3</sup> /分)	2.7	1.5
単位延長当り湧水量 (m <sup>3</sup> /分・km)	2.1	0.5

表-5 坑内湧水量の比較

#### 4. 3 地盤変状(地表面変位)

図-8は三本木原トンネルにおけるSENSとNATM区間における、土被りと地表面変位の関係を示したものである。NATMでは25m~40mの土被りでは30mm程度の沈下があり、25m以下になると沈下量は急激に増大している。

一方、SENSは土被りが約11m(1D)以上では地表面変位はほとんどないが、それ以下になると隆起する現象が見られる。これは、シールド通過に伴う変位ではなく、テール通過後による隆起で、コンクリート打設による打設圧が地盤のせん断力を上回り、地盤を押し上げていた結果である。

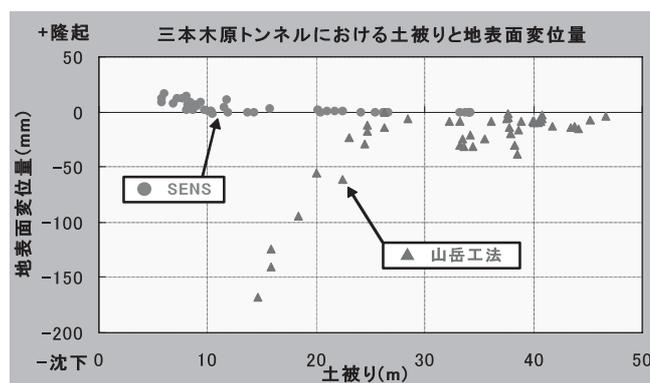


図-8 土被りと地表面変位

### 5 終わりに

三本木原トンネルにおいて、新しく開発したトンネルの構築工法である『SENS』を採用して、NATMでは厳しい未固結な滞水土砂地山の掘削を、安定的に進めることができた。

今回の施工実績を振り返ると、まだまだ改善を要する箇所があり、また改善方法も施工結果より明らかになっており、さらなるSENSの進化が期待できる。今後はこの実績を礎にして同種同様な条件を有する地山や、都市トンネルへの適用が拡大されるよう期待している。

掘進開始当初はフロンティアとしての生みの苦しみで、諸トラブルの発生・改善、試行錯誤の繰り返しであったが、これを乗り越え新工法『SENS』が認められ、平成18年度土木学会技術賞、平成19年度日本産業技術大賞 審査員特別賞を受賞できたことは、初めての工法に果敢に挑戦してくれた多数の技術者と、適宜的確なご指導をいただきました、(独)鉄道建設・運輸施設整備支援機構を始めとする皆様方に誌面をお借りして感謝の意を申し上げます。

# コンクリート構造物のひび割れ検出システム

- 大成建設 技術センター 土木技術研究所次長 小山 哲
- 技術センター 土木技術研究所次長 丸屋 剛
- 技術センター 土木技術研究所課長 堀口 賢一
- 国土交通省 関東地方整備局 横浜国道事務所 澤 健男

## 1 はじめに

コンクリート構造物のひび割れ調査の作業時間や費用の効率化を図るために、デジタルカメラでコンクリート表面を撮影し、輝度情報を用いた画像処理によりひび割れを検出する技術が開発されている。しかし、ひび割れ検出の精度は必ずしも良くないために目視点検に代わる技術として確立されていないのが現状である。本技術では、ひび割れ検出精度の向上や画像処理の自動化を図るために、撮影画像にウェーブレット変換を適用してひび割れを検出する技術の実用化を検討した。

## 2 ウェーブレット変換を用いたひび割れ画像解析

### 2.1 ウェーブレット変換とは

ウェーブレット変換は周波数解析の一手法であり、波形の局所的特性を調べる方法や画像圧縮などの分野に応用されている。この手法をコンクリート表面に発生しているひび割れに適用することで、撮影画像の輝度情報を周波数と方向成分に分解してひび割れの検出を行い、ひび割れの長さや幅などの情報を定量化することができる。

### 2.2 ひび割れ画像解析の概要

ひび割れ画像解析は、次に示す5つの処理から構成されている。

#### 1) 画像撮影

デジタルカメラやレンズなどの機器を用いて画像撮影を行う。図-1(a)に撮影画像を示す。

#### 2) 補正処理

撮影画像にレンズ収差補正、あおり補正、曲率補正などの画像の補正処理をする。

#### 3) ひび割れ検出処理

撮影画像にウェーブレット変換を行い、ひび割れの特徴量であるウェーブレット係数を計算する。次に、二値化処理によりひび割れと判定された画像（二値化画像と呼ぶ）を作成する。図-1(b)にウェーブレット係数を基準化して表示した画像（ウェーブレット画像と呼ぶ）、図-1(c)に二値化画像を示す。

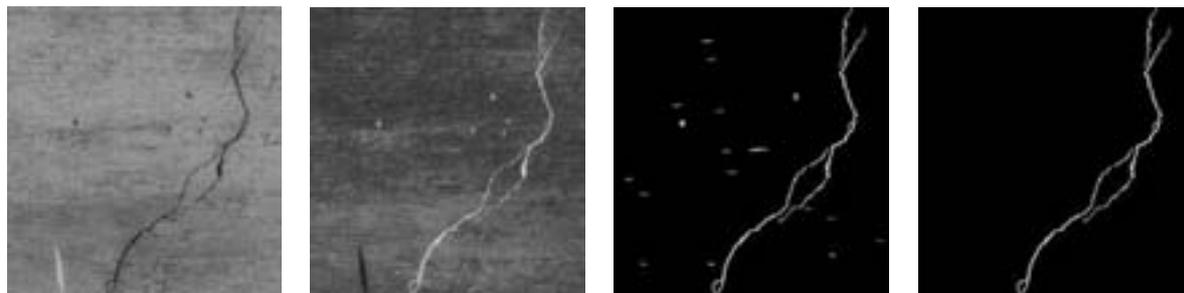
#### 4) ひび割れ画像作成

上記のひび割れ検出処理では、コンクリート打ち継ぎ目や型枠跡などの部分をひび割れと判定するため、画像編集ソフトを用いてひび割れ部分のみの画像（ひび割れ画像と呼ぶ）を作成する。

図-1(d)にひび割れ画像を示す。

#### 5) ひび割れ定量処理

ひび割れ画像からひび割れの長さや幅の計算、CAD ソフトに受け渡すための dxf ファイル作成、ひび割れの経年変化図やひび割れ分布図などの図化処理を行う。



(a)撮影画像 (b)ウェーブレット画像 (c)二値化画像 (d)ひび割れ画像

図－1 ひび割れ画像解析の出力例

### 3 実構造物への適用性の検討

#### 3.1 調査の概要

曲げひび割れが多数発生している RC 中空床版橋の調査に適用した。写真－1 に調査対象とした橋梁とその範囲を示す。対象とした橋梁は昭和 43 年に竣工した鋼 5 径間連続非合成 I 桁橋と RC9 径間連続中空床版橋の 2 種類の構造形式であり、橋長は 368m、幅員は 12.9m～13.7m である。調査は RC 中空床版の下面を対象とした。



写真－1 調査範囲の外観



写真－2 画像撮影状況

#### 3.2 使用機材および撮影条件

カメラと床版下面までの距離は 4m であり、750 万画素デジタル一眼レフカメラとレンズ焦点距離 26mm を用いて、撮影対象である区画に対して平行となるように架台を組立て、この上にデジタルカメラを設置して一区画ごとに撮影した。撮影画像の空間分解能は 0.8mm/pixel で、一区画の大きさは 2.3m×1.5m に相当する。写真－2 に撮影状況を示す。大型車の走行時に床版の振動により撮影ブレが生じるため、一区画に対して 5 回撮影を行って最良な撮影画像を採用した。

### 4 ひび割れ画像解析結果

2007 年 8 月から 2008 年 2 月までに 3 回撮影した画像に対して、ひび割れ検出および定量処理を行い、①ひび割れ検出の精度、②ひび割れ検出の再現性、③推定式に基づくひび割れ幅の精度について検討を行った。ある一区画における撮影画像を図－2、二値化画像を図－3 に示す。

#### 4. 1 ひび割れ検出の精度

ランダムに選定したひび割れ 0.1mm～0.4mm の測定データに対して、画像解析で検出できたひび割れとの比率から精度を検証した。

3 回の撮影画像におけるひび割れ検出率を表 1 に示す。ここで、第 1 回と第 2 回は 99 箇所、第 3 回は 305 箇所の測定データを用いた。検出率は 0.1mm で 70～80%、0.15mm で 90～95%、0.2mm 以上では 100%である。

#### 4. 2 ひび割れ検出の再現性

第 1 回～第 3 回における 10 箇所の区画からひび割れ検出の再現性を検討した。再現性は表 2 に示すように、二値化画像より得られた画素数の差分の絶対値より誤差を求めた。

図 4 は図 2 の撮影画像の第 1 回と第 2 回のひび割れの経年変化図である。図中にひび割れ幅の測定位置と測定値を示す。

表 2 再現性の誤差

区画名	第1回→第2回		第2回→第3回	
	誤差(Pixel)	誤差率(%)	誤差(Pixel)	誤差率(%)
U20004	31,942	8.8	9,219	2.3
U20005	4,493	1.2	1,588	0.4
U20006	6,837	1.7	20,806	5.4
U20007	106,750	15.4	57,830	9.9
U20008	36,197	10.6	23,182	7.6
U30004	14,409	3.2	40,599	8.7
U30005	58,761	12.5	38,288	9.3
U30006	13,372	4.7	34,819	11.6
U30007	40,552	10.5	40,167	9.4
U30008	11,617	2.8	25,188	6.2
合計	124,380	7.1	154,064	7.1

表 1 ひび割れ検出率

ひび割れ幅[mm]	第1回撮影			第2回撮影			第3回撮影		
	検出	未検出	検出率	検出	未検出	検出率	検出	未検出	検出率
0.10	9	4	69.2	10	3	76.9	47	13	78.3
0.15	20	1	95.2	20	1	95.2	74	8	90.2
0.20	16	0	100.0	16	0	100.0	47	1	97.9
0.25	22	0	100.0	22	0	100.0	44	1	97.8
0.30	15	0	100.0	15	0	100.0	51	0	100.0
0.35	9	0	100.0	9	0	100.0	11	0	100.0
0.40	3	0	100.0	3	0	100.0	8	0	100.0
合計	94	5	94.9	95	4	96.0	282	23	92.5

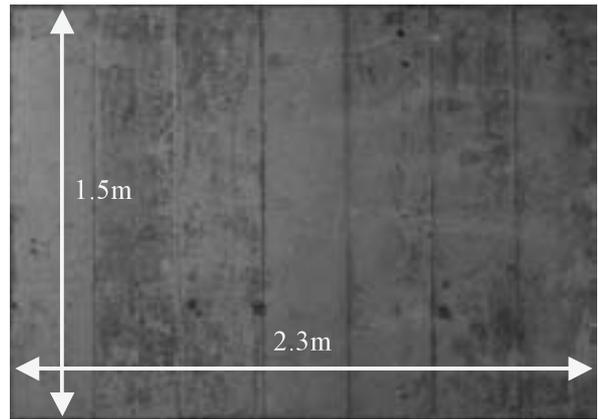


図 2 撮影画像

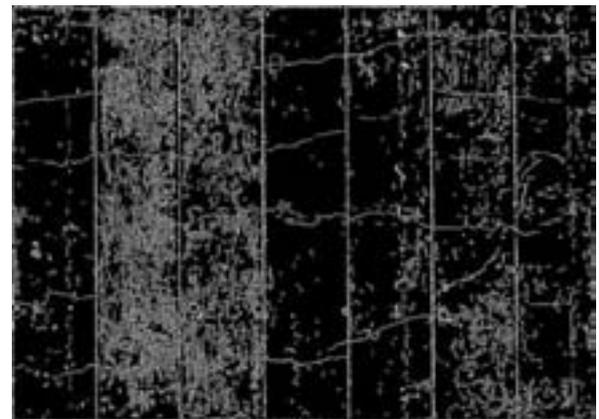


図 3 二値化画像

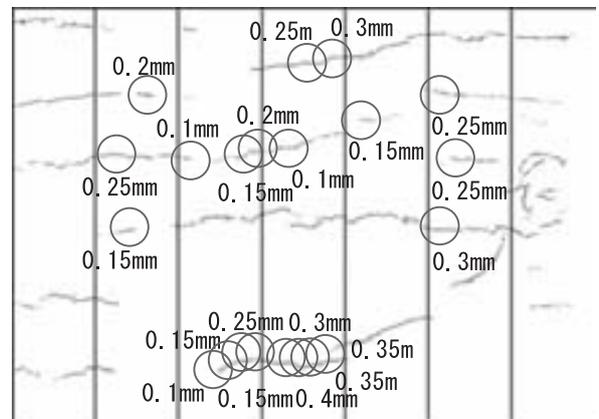


図 4 ひび割れ経年変化図

#### 4. 3 ひび割れ幅の推定

空間分解能 0.8mm/pixel の撮影画像から分解能以下のひび割れ幅を評価するために、ウェーブレット係数と輝度情報を説明変数とするひび割れ幅の推定式を重回帰分析より作成した。この推定式の精度検証を第3回撮影画像で行い、表-3に示す適中率が得られた。ここで、推定値が測定値 $\pm 0.05\text{mm}$ の範囲内に入れば「適中」、範囲内に入らなければ「不適中」、不適中で推定値の方が測定値より大きければ「大」、小さい場合は「小」、ひび割れを検出できない場合は「未検出」とした。

この推定式を図-2の撮影画像に適用し、0.05mm単位のひび割れ幅の相対度数分布を図-5に示す。この区画におけるひび割れ幅 0.1mm～0.15mmの比率は55%を占める。

#### 5 おわりに

コンクリート表面のひび割れを撮影したデジタル画像にウェーブレット変換を用いた画像解析手法を適用し、実構造物データで手法の検証を行った。これらに関して得られた結論は以下のとおりである。

- 1) 空間分解能 0.8mm/pixel の撮影画像から、0.2mm以上のひび割れはほぼ100%検出可能であることが分かった。また、品質の良い撮影画像であれば、0.1mm～0.15mmのひび割れ検出も充分可能であることが確認できた。
- 2) 区画毎に多少のばらつきは生じるものの、再現性のあるひび割れ検出が可能であることが分かった。
- 3) 空間分解能 0.8mm/pixel の撮影画像から作成したひび割れ幅の推定式は、測定値 $\pm 0.05\text{mm}$ の範囲に収まるひび割れ幅の評価では適中率80%が得られた。
- 4) ひび割れ幅の分布図やヒストグラムの作成により、ひび割れを線や面単位でデジタル管理することが可能である。
- 5) 本手法をひび割れ調査に適用することにより、ひび割れを客観的に評価することができ、適切で効率的な維持管理が可能になるものとする。

表-3 適中率 (第3回撮影画像)

ひび割れ幅[mm]	適中	不適中		未検出	適中率 (%)
		大	小		
0.10	40	7	0	13	66.7
0.15	66	8	0	8	80.5
0.20	43	1	3	1	89.6
0.25	38	1	5	1	84.4
0.30	37	2	12	0	72.5
0.35	9	0	2	0	81.8
0.40	3	0	5	0	37.5
合計	236	19	27	23	77.4

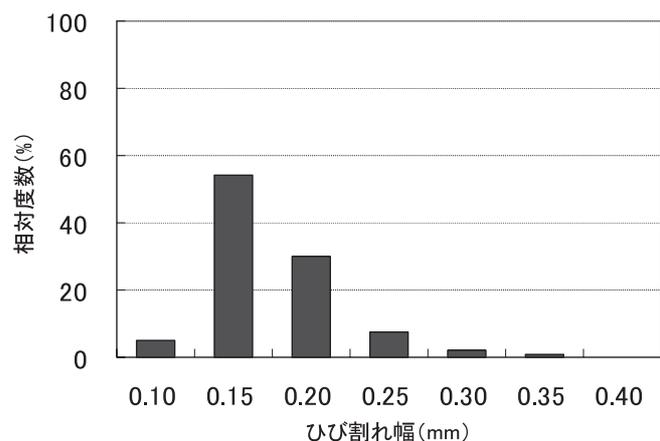


図-5 ひび割れ幅のヒストグラム

# 手すり先行工法に基づく働きやすい安心感のある足場

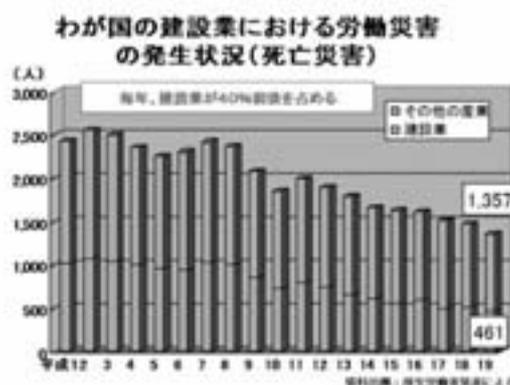
全国仮設安全事業協同組合（ACCESS）

企画広報部長 赤峰 民生

## まえがき

建設業における労働災害は、ここ数年間に順調に減少しているが、依然として業種別の死亡者数で見ても36%と最も多い業種となっている。また、建設業の事故の型別では、墜落・転落事故が最も多く40%を占めている。この墜落・転落事故の多くは足場等仮設に起因しており、仮設に起因する労働災害を防止することが、建設業の労働災害の防止に大きな効果を上げると考えられている。

このため、ここ数年、関係省庁を中心に、足場での事故防止に向けて様々な取り組みが行われてきた。今回は、足場の安全の最新工法である「手すり先行工法に基づく働きやすい安心感のある足場」とそれを取り巻く動向を紹介する。



## 1. 手すり先行工法に基づく働きやすい安心感のある足場の概要

### 1) 手すり先行工法

足場の組立・解体作業を、常に二段手すりが先行設置されている状態で行うことができる工法で、「手すり先送り方式」「手すり据置き方式」「手すり先行専用足場方式」の3つの方式がある。

### 2) 働きやすい安心感のある足場

足場上で作業する者にとって、墜落等を防止する直接的な効果とともに、心理面の緊張状態を緩和するという効果が期待できる足場を言い『ア 手すり先行専用足場型』と『イ 改善措置機材設置型』の2種類がある。

#### ア 手すり先行専用足場型

手すり据置き方式又は手すり先行専用足場方式で組み立てられた足場であり、改善機材に示す二段手すり及びつま先板(幅木)の機能を有する部材があらかじめ足場の構成部材として備えられているもの。

## イ 改善措置機材設置型

手すり先送り方式、手すり据置き方式又は手すり先行専用足場方式で組み立てられた足場(ア 手すり先行専用足場型に該当するものを除く。)、二段手すり及びつま先板(幅木)の機能を有する部材が備えられていないものに対して、それらが備えられた状態と同等の機能を与えるために、足場の設置状況に応じて次に示す改善機材のいずれか又は複数のものを取り付けたもの。

※ 改善措置機材：足場上の緊張状態を改善するために有効な機材を指す。

下記の機材がそれにあたる。



二段手すり

このほか、上さん・中さん・メッシュシートなどがある。



つま先板(幅木)



国土交通省の現場で義務化し、採用された手すり先行工法に基づく働きやすい安心感のある足場

足場の全段に二段手すりとつま先板(幅木)を設置しているのが特徴

## 2. 手すり先行工法に基づく働きやすい安心感のある足場の動向

### 1) 厚生労働省の動向

厚生労働省においても、平成12～14年度にかけて「足場等の安全対策検討会」を設置して、足場等に起因する墜落災害を分析して事故防止に必要な対策を検討した。

その結果、労働者の足場の組立・解体時における墜落等の防止と、快適な職場環境の形成を目的として、平成15年4月1日「手すり先行工法に関するガイドライン」を策定した。

### 2) 国土交通省及び農林水産省等の発注機関の動向

国土交通省と農林水産省では、平成15年度の全国の直轄公共事業において、「手すり先行工法に関するガイドライン」を適用した。さらに、建設工事事故防止重点対策で二段手すりとつま先板(幅木)を装備した「働きやすい安心感のある足場」などの導入で安全対策を強化した後、平成19年に工事共通仕様書に明記し、義務化した。また他の行政機関もこの動向に追従し、義務化した。

このハード面の取り組み以外では、ソフト面の取り組みも強化している。国土交通省や農林水産省の建設事故防止重点対策等では、足場の組立て完了時及び供用中の日々の安全管理にチェックリスト等を現場に備え付け効果的に活用し、足場の点検を行うよう働きかけ、点検結果を発注者に提出するよう働きかけることを関係団体が実施する対策にあげている。このチェックリスト(当組合点検表も該当)の提出は、工事成績評定の判断材料の一つとしている。このほか、ソフト面の取り組みとして、チェックリスト(当組合の点検表も該当)を活用し、足場の安全点検を行い発注者に提出するよう働きか

けられるとともに、国土交通省の大臣官房営繕部・住宅局では、特に足場の組み立て完了時の安全点検については、足場を組立てた者以外の専門知識を有する者(当組合の仮設安全監理者も該当)による専門的かつ客観的な安全点検を推奨している。

### 3) 地方自治体

都道府県の自治体ではこの国の動向を睨み、工事共通仕様書に「手すり先行工法に基づく働きやすい安心感のある足場」を導入し、義務化した所が急増している。

### 4) 業界の動き

建設省北陸地方建設局(当時)の平成 6 年のパイロット工事から導入がスタートされたこの手すり先行工法だが、国や地方自治体を中心に急速に導入が進み、その工法も多様化し、改良が進んでいる。開発しているメーカーも増加し、今後もさらに増えることが予想される。

当組合は、創立当初から一貫して、「仮設に起因する労働災害撲滅を目指す」という理念の下で出発し、ハード面の対策として、「手すり先行工法に基づく働きやすい安心感のある足場」の普及定着を業務の柱としてきた。そのかいもあり、国や地方自治体への普及は進んだものの、遺憾ながら、民間への普及はまだ進んでいない。

他方、ソフト面の対策として、当組合は仮設のプロである仮設安全監理者を育成し、その仮設安全監理者による「チェックリストに基づく足場の安全点検」を実施、これまで全国で累計 54,000 件の点検を行い、約 17% で不具合を見つけ、改善依頼をし事故を未然に防いでいる。点検した現場からの事故報告はゼロである。仮設安全監理者を育成する資格取得講習会を、ゼネコンや専門工事業者にもオープン化、国土交通省職員を含め 3,200 名が資格を取得している。

### 5) 今後の動向

当組合では、今、ハード面の対策として、「手すり先行設置した上で、足場の全段に二段手すりとおつま先板を設置すること」とソフト面の対策として、「有資格の第三者によるチェックリストに基づく足場の安全点検」の法制化を目指している。法制化が実現されれば、足場の安全対策が民間にも普及定着し、墜落・転落事故防止に寄与するものと思われる。

### あとがき

- 建設労働災害のなかで、墜落・転落による死亡者数が約 40% を占めている。仮設に起因する労働災害をなくせば、建設労働災害は大きく減少できる。仮設に関連する労働災害の防止には、ハード（安全機材）とソフト（安全点検）の両面から対策が必要である。
  - 手すり先行工法・・・・・・・・・・足場の組立・解体時の作業員を守る
  - 二段手すり及びつま先板(幅木)・・・足場上で作業する作業員を守る
  - チェックリストによる足場等の安全点検の実施
- 「仮設は請負者の責任」と言わず、発注者と請負者と両者での労働災害防止の努力が必要である。

(注)「手すり先行工法」等について、当組合のホームページをご覧ください。

<http://www.kasetsuanzen.or.jp>

# 重機用危険探知・警報装置に関する技術報告

有限会社 アムカ 企画担当 瀧口 港

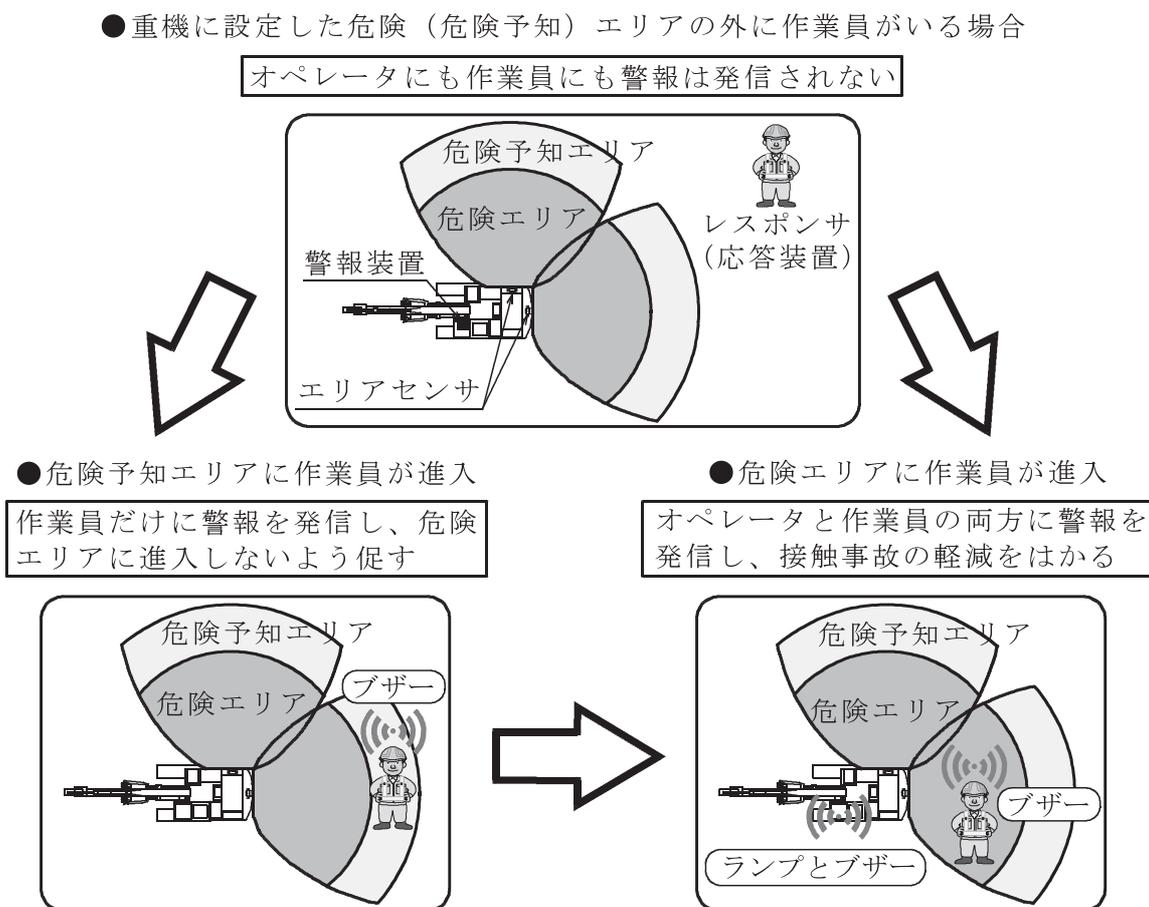
## 1 はじめに

土木工事現場では重機車両と作業員とが混在しながら作業を行う形態が一般的のため、特に車両が前後進あるいは旋回をする時に車両の死角に入った作業員が事故に遭うケースが多い。このような事故を防止する目的で電波、超音波、赤外線あるいはレーザ光等を利用した安全補助装置が開発され、また近年CCTVカメラを利用した視界補助装置も現場に導入されている。しかしながら、従来の安全補助装置はその殆どが車両側装置から発射した信号の反射波を全般的に感知するため警報過敏になりやすく、オペレータが作業に集中できにくいなどの問題点が指摘されてきた。

本報文では従来指摘されてきたこれらの問題点を解決し、信頼性および現場適応性を改善した超音波通信方式による作業員接近検知・警報装置（以下本装置という）について紹介する。

## 2 本装置の特徴

①本装置の探知機能を図-1に示す。



- ②本装置は重機と作業員に小型の超音波装置を装着し、相互に通信を行うことにより周辺の構造物や地面からの反射波に惑わされることなく設定エリア内の作業員を検出できる。
- ③本装置では短い波長の空中超音波を活用することにより、電波タグ通信方式等では難しかった高い距離精度および適切な検知幅が得られる。
- ④従来の装置は先に述べたように周囲の構造物や地面等に対しても警報を発するためオペレータに慣れや警報不信が生じやすかった。本装置は危険エリアに進入した作業員のみを検知して双方に個別に警告するため、警報に対する信頼性が大きく改善された。
- ⑤本装置は作業員だけに認識できる「危険予知エリア」を危険エリアの外まわりに配置し、作業員が危険区域に入る以前の回避行動を促すことによってオペレータへの余分な警報を軽減できるよう配慮している。

### 3 超音波通信（トランスポンダ）方式の動作原理

本装置は超音波通信を行うため、2つの周波数を使用している。超音波通信方式は前記の特長のほか、音響雑音に強いシステムが構築できる。本装置の機能ブロック図を図-2に示す。

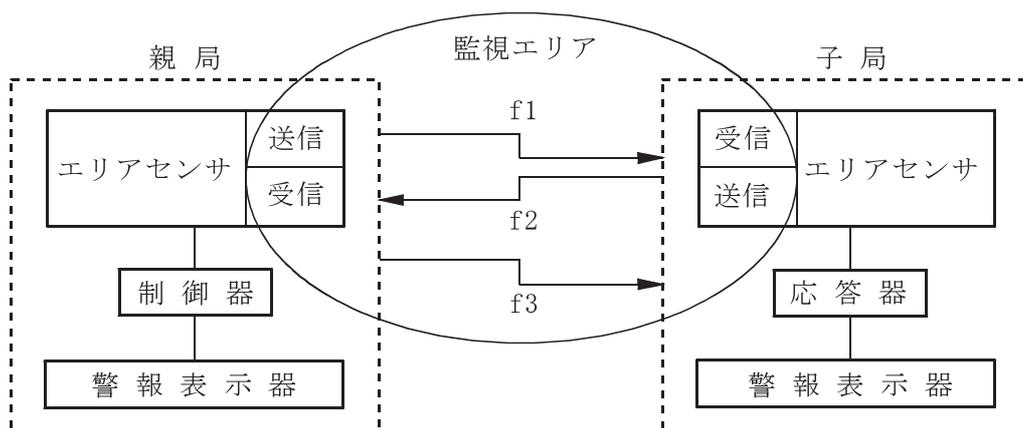


図-2 超音波通信方式の機能ブロック図

#### 3.1 動作原理

- ①車両側装置（親局という）は周波数 $f_1$ のパルス信号を一定間隔で継続して発信する。
- ②信号 $f_1$ を受信した作業員側応答装置（子局という）は、この信号が親局からの信号であることを確認して周波数 $f_2$ のパルス信号を親局に返信する。
- ③親局は子局からの返信信号を演算し、子局が親局側で予め設定した危険エリアに入ったことを判定してオペレータ向けの警報装置を駆動する。同時に子局を確認した意味の信号 $f_3$ を子局に発信する。子局はこの信号 $f_3$ を受信して自身が危険エリアに入ったことを認識し、作業員向けの警報装置を駆動させる。

こうして、オペレータと作業員の双方がほぼ同じタイミングで危険エリア内に作業員が進入したことを認識することができる。

#### 4 本装置の機器構成

油圧ショベルに適用した代表的な構成例を表1に示した。また車両側の構成ユニットを図-3に、  
 装備概略図を図-4に示した。

表-1 油圧ショベル適用時の代表構成例

番号	ユニット名	数量
①	警報装置	1台
②	電源ケーブル	1本
③	エリアセンサ 60°	2台
④	センサケーブル5m	2本
⑤	センサケーブル3m	1本
⑥	応答装置	n式

n式は必要作業員数分

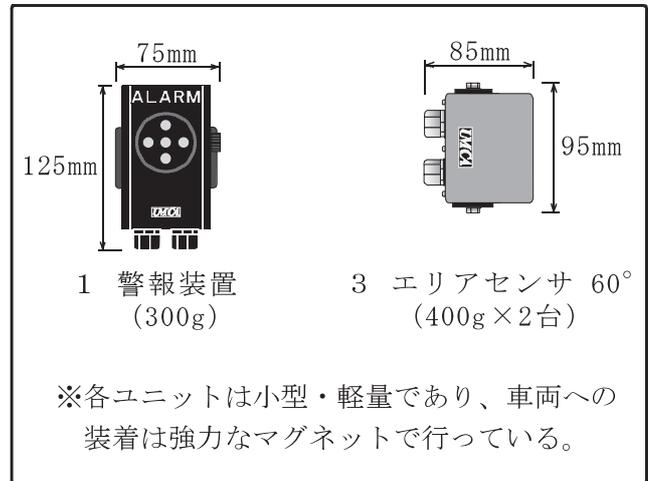


図-3 車両側構成ユニットのイメージ図

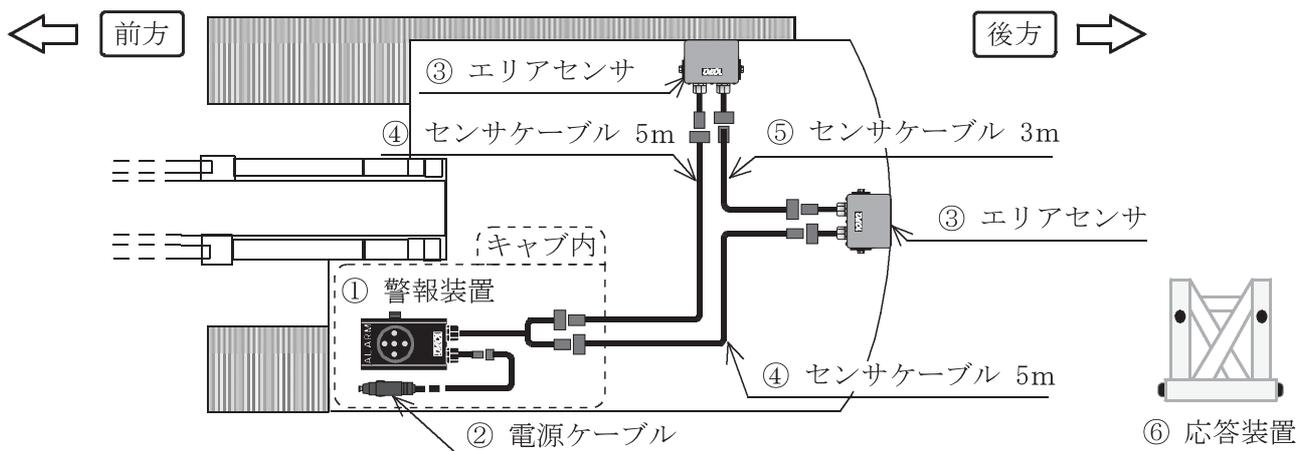


図-4 油圧ショベルへの装備概略図

#### 5 本装置の現場適用実績

2008年7月1日現在の現場適用件数は、車両側装置が 426式、作業員用応答装置が 2023式である。  
 当初は建設機械と周辺作業員との接触防止のための安全補助機器として開発され、土木建設現場で  
 様々な重機械に採用されてきた。最近では土木建設現場にとどまらず、製鉄工場の運輸現場や港湾  
 荷役、物流拠点等の大型フォークリフトへの採用が増えてきている。

##### 5-1 現場適用例の内訳

本装置（車両用機器）の車種別適用台数を表-2に、作業員用応答装置の型式別適用数を表-3  
 に示す。

表－2 車両用機器の車種別適用台数

番号	重機の種類	適用数(台)	備考
1	油圧ショベル	226	土木現場、ダム、トンネル
2	大型フォークリフト	76	鉄鋼運輸、港湾荷役、物流
3	ローラー	57	道路舗装、ダム
4	大型ダンプカー	34	土地造成、ダム
5	ホイールローダー	10	ダム
6	バッテリーロコ	10	トンネル（下水シールド）
7	ケーブルクレーン	4	ダム
8	モータグレーダー	4	土木
9	その他	5	除雪機、ロードカッター
	合計	426	

表－3 作業員用応答装置の型式別適用数

番号	応答装置の型式	適用数(式)	備考
1	たすき型	1563	Vチョッキ（標準）
2	ヘルメット対応型	388	重さ約170g（オプション）
3	ベルト型	72	（オプション）
	合計	2023	

## 6 本警報装置の評価経歴

- ①平成14年度、国土交通省・民間技術活用システム「テーマ設定技術公募」の「建設現場における安全対策技術」に（社）日本建設機械化協会と連名で応募し、選定された。その後「NETIS」に登録され、「評価試行方式・Aタイプ」として評価中である。（NETIS 登録番号 TS-020002-A）
- ②平成15～16年度に国土交通省東北地方整備局および（社）日本建設機械化協会と共同で信頼性および現場適応性の向上を目的とした改良開発を実施し、新たに特許を取得した。平成17～18年度に国土交通省「建設工事事務事故対策検討委員会」の「重機との接触事故防止対策」調査機種に選定。全国の直轄現場でモデル工事が実施され、高い評価を受けた。
- ③平成20年2月、ISO 16001「Earth-moving machinery - Hazard detection systems and visual aids - Performance requirements and tests」の付属書Eに本方式が「Ultrasonic Transponder System」のタイトルで登録された。

## 7 おわりに

作業員の高齢化がすすむ一方、派遣社員など現場の経験が未熟な作業員が増加しており、現場における安全対策は益々重要性を増している。安全ルールの充実と同時に、ハード面でも優れた安全補助装置の開発が望まれる中、現場からの要望に応えたシステムの構築に一層努めていきたい。

# 軽量緑化パネル工法による屋上緑化について

株式会社 植木組 原 克也

## 1 はじめに

屋上緑化工法は種々の工法があるが、当社ではマンション、病院、学校等の屋上緑化を普及・推進することを目的とし、簡単な芝生を主体としたより安く、より軽い、軽量緑化パネル工法を開発した。

本工法は人工基盤材として吸水ポリマーを充填した発泡スチロールパネルを使用することで、従来の軽量土屋上緑化工法よりも1/2程度に軽量化すると共に、作業を省力化した屋上緑化工法であり、今回、その概要と特徴および現在実施している実証試験の経過について報告する。

## 2 工法概要

この工法は図-1に示すとおり、45cm×45cm×4cmの発泡スチロールの表面に9cm間隔で格子状に溝を作り、その中に吸水ポリマーを充填した軽量緑化パネルを使用し、その上に厚さ2cm程度の花壇土を敷き、芝生や花等を植える工法である。なお、吸水ポリマーは重量比で100倍程度の吸水能力を持つ。

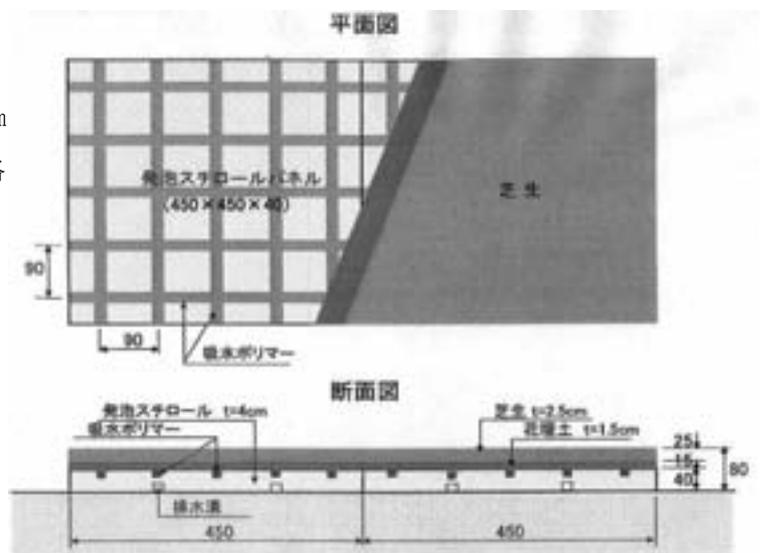


図-1 概要図

## 3 特徴

- ・荷重が30kg/m<sup>2</sup>と通常の軽量土緑化工法の1/2程度と非常に軽いため、屋上への荷重の負担が少ない。

- ・吸水ポリマーの使用により、最大7ℓ/m<sup>2</sup>の保水が可能であるため、夏場でも通常の散水で芝生の維持が可能である。(表-1参照)

- ・発泡スチロール自体が断熱材であるため、より大きな温度低減効果が期待される。

- ・設置金額は他の工法と比較して3割程度安い。

- ・軽量のため、設置も省力化ができる。

## 4 施工フロー

施工フローは図-2に示すとおりであり、その施工状況写真を以下に示す。

表-1 軽量緑化パネルの仕様

発泡スチロール	サイズ	450W×450B×40H
	重量	吸水時：8kg/m <sup>2</sup>
	圧縮強度	14N/cm <sup>2</sup>
吸水ポリマー	成分	架橋ポリアクリル酸ソーダ
	吸水量	100～150cc/g



図-2 施工フロー図



写真-1 見切り縁・緑化パネル設置

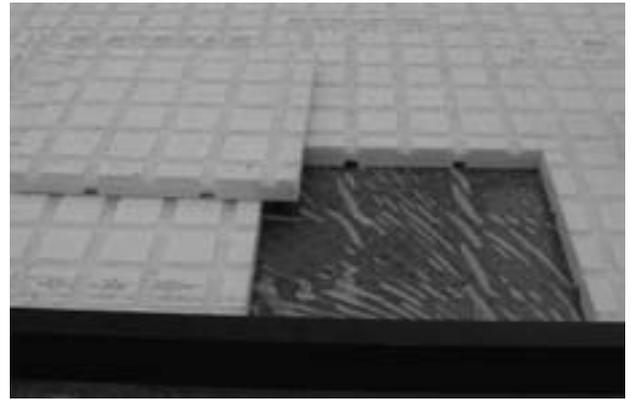


写真-2 緑化パネルの詳細

## 5 屋上緑化の実証試験

本工法の有効性を確認するため、平成17年5月から実証試験を実施しており、現在4シーズン目に入っている。

### 5.1 試験概要

- ・試験場所：柏崎市内K病院2階屋上
- ・緑化面積：約32㎡（4m×8m）  
芝（野芝）30㎡，花壇2㎡
- ・試験期間：平成17年5月～

### 5.2 緑化発育状況

- ・平成17年5月初旬に芝の植え込みを行なって以来、順調に生育し、6月下旬に根が定着した。
- ・灌水は6月～9月まで夏季間、朝方と夕方にスプリンクラーにて5分間程度散水した。
- ・芝刈りは1～2回/月を実施したが、7月～8月がもっとも芝の生育が活発であった。また、施肥は芝刈り時に化成肥料を散布した。
- ・7月に花手毬（はなてまり）の苗を植え、8月には一面に花が咲きそろった。なお、花壇については花壇土を5cm程度敷き詰めた。（写真-5）
- ・7月下旬から花壇の1部に菜園として、インゲン豆を植えたが、順調に発育した。
- ・冬季間は降雪もあり、メンテナンスは一切実施しなかった。
- ・一冬経過した平成18年3月では芝は冬枯れし



写真-3 芝張り状況



写真-4 芝張り完了



写真-5 花手毬

ていたが、5月に施肥を行い6月下旬には再び芝が芽吹き、7月にはきれいに生えそろった。

・4シーズン目を迎えた平成20年8月現在、芝生は問題なく、生育している。（写真-6）

### 5.3 温度測定結果

データ記憶型温度計を設置し、屋上緑化の効果を確認した

#### 5.3.1 測定概要

- ・測定期間：平成17年5月～
- ・温度測定間隔：10分間隔
- ・測定方式：データ記憶型温度計
- ・測定箇所：3箇所

#### 5.3.2 測定結果

図-3は平成18年の夏、最も屋上表面温度が上昇した日に温度測定結果であるが、屋上表面温度が58℃まで上昇しているのに対して、緑化パネル下面の温度は32℃にとどまっております。このことから、屋上緑化の効果を明らかに確認することができる。

また、屋上直下の部屋の室温を測定することができなかつたため、屋上緑化が下階の室温の低減効果にどの程度寄与しているかは不明である。

## 6 駐車場緑化の実証試験

工場や民家等で使用していない駐車場を緑化して有効利用することを目的として当社の駐車場での実証試験を行った。

### 6.1 試験概要

- ・試験場所：(株)植木組表町ビル駐車場
- ・緑化面積：約7.25㎡（1.35m×5.4m）
- ・試験期間：平成19年5月～平成20年4月

### 6.2 緑化発育状況

・今回、駐車場を菜園にして、野菜等の育成を試みた。（写真-7）



写真-6 平成20年8月現在

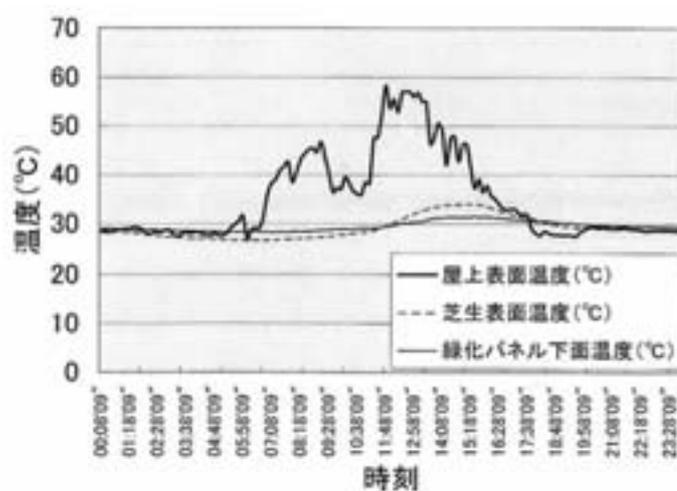


図-3 温度測定結果



写真-7 菜園全景

・菜園は1.35m×1.35mを1区画として4区画設置し、それぞれの区画に異なる植生を行った。

内訳は、No.1区画はイチゴ、No.2区画は花壇（花手毬等）、No.3区画はサヤエンドウ及びチンゲンサイ、No.4区画は芝生及び小玉スイカとした。

・軽量緑化パネルの上に敷き均す花壇土の厚さは約5cmとし、総厚さは9cmとした。

・散水は自動灌水とし、チューブ式シャワー散水方式を採用した。夏場の6月～9月の夕方1回5分程度散水した。

・イチゴ、サヤエンドウ及びチンゲンサイは順調に生育し、収穫することができた。（写真－8、9）

・小玉スイカについては写真－10に示すとおり生育したが、果実の大きさが本来の小玉スイカよりも若干小さいものであった。その原因は養分の不足であることから、十分に生育管理を行うことで克服できると推測する。

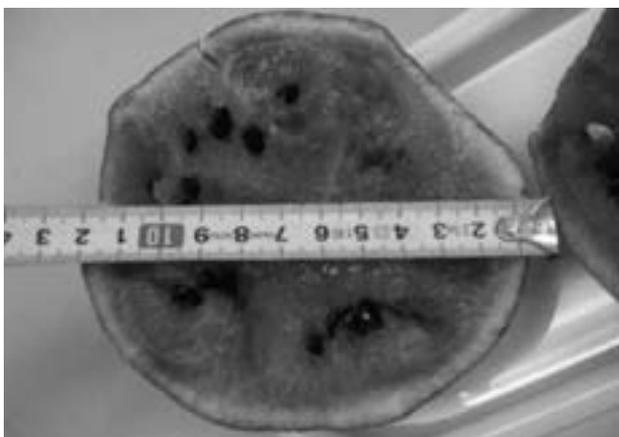
・芝生と花壇についてはまったく問題なく、生育した。



写真－8 イチゴの生育状況



写真－9 チンゲンサイの生育状況



写真－11 小玉スイカの生育状況 2



写真－10 小玉スイカの生育状況 1

## 7 まとめと今後の課題

今回、開発した軽量緑化パネル工法は実証試験において冬季間を含む3シーズンを問題なく経過したことから、芝の生育については、その有効性を実証できた。また、芝生のほかにも草花や簡易な菜園も可能であると実証できた。また現在、工場の折板屋根等に対応するため、セダム等の植物を用いて、極力メンテナンスを軽減した屋上緑化を開発中である。

# ヒートスティック工法（薄層路面補修工法）の開発

鹿島道路（株） 北陸支店 近藤 健一  
鹿島道路（株） 関東支店 吉田 貴則  
○鹿島道路（株） 技術研究所 鎌田 修

## 1 はじめに

近年我が国の道路事業においては、すでに新設費よりも補修費の方が大きくなっており、今後も既存ストックに対する補修の必要性は増えることが予想される。しかし、道路事業費は年々減少しており、今後も予算的に厳しい状況が続くと考えられる。そのため、少しでも安価に修繕を行う工法が必要である。また、環境問題の観点から、環境負荷低減に貢献する舗装技術を考案する必要がある。

そこで切削オーバーレイ工法より安価で、廃材の発生やCO<sub>2</sub>の発生を抑えることが出来る「ヒートスティック工法」を開発した。ヒートスティック工法はアスファルト舗装の路上表層再生工法（以下、「SR工法」と記す）であるリペーブ方式を簡易に施工できるようにして、コスト縮減と適用性の拡大を可能にしたものである。本報ではその詳細について記述することとする。

## 2 ヒートスティック工法の概要について

### 2.1 従来SR工法の概要と課題

SR工法のうちリペーブ工法とは、図-1に示すように、既設表層混合物をヒーター車等で加熱、掻きほぐし、必要に応じて再生用添加剤を加えて混合して敷き均し、その上部に新規アスファルト混合物を敷き均して、これらを同時に締固める工法である。

従来のSR工法と基層まで切削オーバーレイする工法との比較を表-1に示す。SR工法は1980年代までは年間200万m<sup>2</sup>の施工実績があったが、2000年には30万m<sup>2</sup>にまで減少してしまった。減少の主な理由は、スパイクタイヤの禁止により舗装の磨耗量が減ったこと、排水性舗装への移行、プラント再生工法の普及等が挙げられるが、機械編成に大きな面積が必要となり、施工適用範囲が限定されていることも一要因に挙げられる。

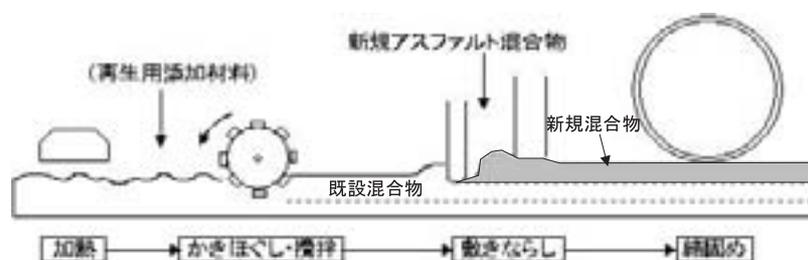


図-1 リペーブ工法の概要

### 2.2 ヒートスティック工法の利点

従来工法のSR工法とヒートスティック工法の機械編成比較を図-2に示す。従来工法ではヒータ

一車を合材ダンプを挟んで2台設置する必要があり、さらにその後ろにスーパーリミキサを設置しているため、通常の舗装の機械編成と比較してかなり長いものとなり、施工適用範囲が限定されることとなる。ヒートスティック工法では、使用する大型特殊機械がロードヒータのみであり、ロードヒータより後ろでは通常の舗装工事の機械編成となる。よって市街地道路や農道でも適用が可能となった。

また、通常行われている表層5cm程度の切削オーバーレイ工法と比較すると、安価で、発生する廃材が少なく、また表-1に示すようにCO<sub>2</sub>の発生も抑制できる工法である。

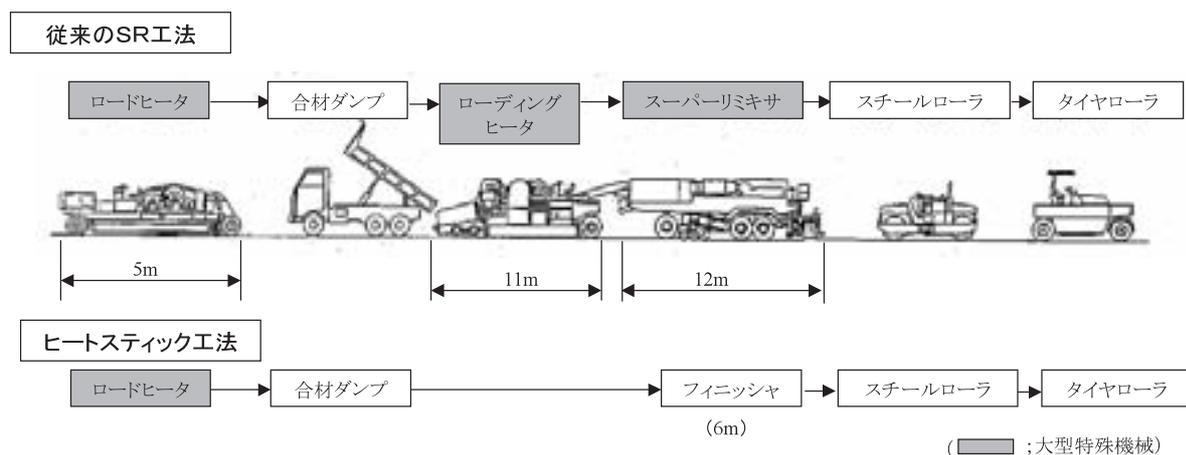


図-2 従来のSR工法とヒートスティック工法の機械編成比較

表-1 各工法CO<sub>2</sub>発生量試算結果

工法	kg-CO <sub>2</sub> <sup>※</sup>
ヒートスティック工法	440
SR工法	494
切削オーバーレイ工法	725

※100m<sup>2</sup>当たり建設段階での試算

### 2.3 ヒートスティック工法の施工概要

ヒートスティック工法はロードヒータ車で既設舗装表層混合物を加熱し、ロードヒータ車の後部に設置したスカリファイアで既設舗装表層混合物を1~2cm程度掻きほぐして、上部から新規混合物を敷き均して転圧する。新規混合物は幾つかの種類の種類による適用事例はあるが、主にDSが1500(回/mm)程度の「クリンシールII型」という特殊なアスファルト混合物を使用することが多い。新規混合物は2cm程度舗設する。

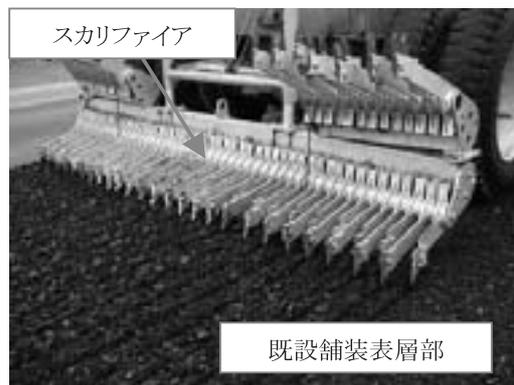


写真-1 スカリファイア部写真

## 3. ヒートスティック工法施工実績

### 3.1 施工実績全般

ヒートスティック工法の実績を表-2に示す。表中の施工番号1および2はスカリファイア

アを設置せずに施工した初期の施工事例である。施工番号3以降はスカリファイアを入れるように改良した現行技術を用いて施工した事例である。

施工した箇所において早期に破損した事例はなく、概ね良好な結果が得られている。これらのうち、2箇所の追跡調査結果について以下に詳述する。

表-2 主なヒートスティック工法施工箇所

番号	施工場所	発注者	道路種類	施工時期	施工面積 (m <sup>2</sup> )	新規表層混合物	新規表層厚さ (cm)
1	長野県三郷村	三郷村	農道	H14.8	21,000	クリーンシールⅡ型	2.0
2	長野県諏訪市	諏訪市	観光道路	H15.9	3,000	クリーンシールⅡ型	2.0
3	栃木県氏家町	氏家町	町道	H15.12	5,000	SMA(5)	2.5
4	埼玉県白岡町	埼玉県	主要地方道	H17.12	930	クリーンシールⅡ型	2.3
5	埼玉県白岡町	埼玉県	県道	H18.7	1,500	クリーンシールⅡ型	2.0
6	埼玉県蓮田市	埼玉県	主要地方道	H18.9	1,220	クリーンシールⅡ型	2.0
7	埼玉県幸手市	埼玉県	主要地方道	H18.9	1,430	クリーンシールⅡ型	2.0
8	長野県東御市	長野県	県道	H18.11	1,410	再生密粒(13)	4.0
9	北海道函館市	函館市	市道	H19.6	2,570	クリーンシールⅡ型	2.2
10	埼玉県白岡町	埼玉県	市道	H20.3	795	クリーンシールⅢ型	2.2
11	埼玉県蓮田市	埼玉県	市道	H20.3	897	クリーンシールⅡ型	2.2
12	埼玉県白岡町	埼玉県	市道	H20.7	1,760	クリーンシールⅡ型	2.2

### 3. 2 埼玉県白岡町の施工事例

埼玉県南埼玉郡白岡町の県道において、平成17年12月に施工を行った。工事延長は156m、幅員は6mであった。交通量はN6(旧C交通量区分)程度である。

施工前はわだち掘れが20~30mm程度あり、ひび割れ率は最大50%で平均では15%程度であった。



写真-2 白岡町施工部の経年変化

表-3 白岡町施工箇所の追跡調査結果

測点	測定項目	単位	施工前	施工直後	半年後	1年後	
測点1	ひび割れ率	%	54.7	0.0	0.0	0.0	
	わだち掘れ量	OWP	mm	16.0	0.0	0.0	3.0
		IWP	mm	5.0	0.0	0.0	2.0
測点2	ひび割れ率	%	52.3	0.0	0.0	0.0	
	わだち掘れ量	OWP	mm	12.0	0.0	0.0	1.0
		IWP	mm	12.0	0.0	0.0	2.0

ヒートスティック工法により、写真-2に示すように表層のわだち掘れ、ひび割れがなくなり、2年経過した現在でもわだち掘れ、ひび割れの発生が見られない。2箇所定点でのわだち掘れ量、ひび割れ量の追跡調査結果を表-3に示す。追跡調査結果は施工後1年後までしかないが、施工後1年経過後も路面は良好な状態を維持している。

### 3. 3 埼玉県蓮田市の施工事例

埼玉県蓮田市の県道において、平成17年12月に施工を行った。工事延長は156m、幅員は6mであった。交通量はN5～N6(旧B～C交通量区分)程度である。施工前に目視で特にひび割れの大きく感じられる5m区間についてひび割れ率を測定すると33.7%であった。またわだち掘れ量の大きい箇所ではわだち掘れ量は26mmであった。施工後は写真-3に示すように施工後1年が経過してもひび割れは発生しておらず、わだち掘れ量は0～2mm程度である。



写真-3 蓮田市施工部の経年変化

## 4. まとめ

ヒートスティック工法は既設表層混合物を加熱して掻きほぐし、上部に新設混合物を施工する従来のリペーブ工法を簡易にし、大型特殊機械の台数を減らして、適用性を広げて安価に施工できる路上表層再生工法である。また、通常の切削オーバーレイ工法と比較して、廃材の発生やCO<sub>2</sub>の発生を抑制することができる。

ヒートスティック工法の適用可能箇所については、現時点では定量的な判断はできないが、ヒートスティック工法が既設表層を掻きほぐし、DSが1500回/mm程度の新規混合物を2cm程度敷設する工法であることを考慮すれば、構造的にクラックやわだち掘れが入っている箇所や表層にDSの大きな混合物の使用が求められる重交通路線などは適用が難しいと考えられる。これまでは、主に農道をはじめ主要地方道において施工を実施してきた。施工後5年程度経過した箇所もあるが、大きく破損した箇所はなく、すべての施工箇所が概ね良好な状態を維持している。

# 下水汚泥焼却灰の安定化処理とアスファルトフィラー化

(株)金沢舗道 生産部 生産係長 ○大矢 昌樹  
 工事部 工事課長 山下 哲也  
 工事部 工事係長 水野 友春

## 1 はじめに

近年、下水道は快適な生活環境の確保に不可欠な施設として、自然環境の保全と人々の生活環境の改善を目的に年々普及率が高まりました。その結果、汚泥の量も増加する一方であります。

下水汚泥を処理する過程で、焼却処理することが減量化に有効な手段として用いられていますが、焼却処理した際に発生する下水汚泥焼却灰は、環境安全面の問題等により有効利用がなされず、埋立場で最終処分されているのが現状です。しかし、埋立場の残余年数もわずかとなってきていることから、下水汚泥焼却灰の有効利用が急務となってきました。

そこで、下水汚泥焼却灰の性状が、アスファルト混合物に用いるフィラーとほぼ同等であることから、下水汚泥焼却灰中の環境に有害な重金属類を安定化処理（薬剤混練処理）し、下水汚泥焼却灰をアスファルトフィラー化することによって、資源循環型社会に寄与できると考えました。

表－1 下水汚泥焼却灰の基本性状

項目 ふるい目		一般的なフィラー	下水汚泥焼却灰	目標値
通	600 μm	100	100	100
過	300 μm	100	98.7	----
質	150 μm	94.9	85.9	90～100
量	75 μm	80.2	53.8	70～100
密度試験		2.710	2.530	----
フロー試験		26～32	115.0	50以下

## 2 下水汚泥焼却灰の環境安全面とアスファルトフィラー化

### 2.1 下水汚泥焼却灰（安定化処理前後）の環境安全面

下水汚泥焼却灰の環境安全面に対する評価は、溶出試験を実施し、環境省の定める「土壤の汚染に係る環境基準」を満足するか否かを基に評価します。溶出試験の結果、ヒ素、セレンが基準値を超えていることが分かります。

表－2 下水汚泥焼却灰（安定化処理前）の溶出試験結果

分析項目	基準値	測定値	分析項目	基準値	測定値	分析項目	基準値	測定値
カドミウム	0.01	<0.001	トリクロロエチレン	0.03	<0.002	1,1-ジクロロプロパン	0.002	<0.0002
シアン化合物	不検出	不検出	デオベンカルブ	0.02	<0.002	ベンゼン	0.01	<0.001
有機りん化合物	不検出	不検出	テトラクロロエチレン	0.01	<0.0005	四塩化炭素	0.002	<0.0002
鉛	0.01	<0.005	ゲウラム	0.006	<0.0006	シマジン	0.002	<0.0003
六価クロム化合物	0.05	<0.01	1,1-ジクロロエタン	0.004	<0.0004	ジクロロメタン	0.02	<0.002
ヒ素	0.01	0.03	1,1-ジクロロエチレン	0.02	<0.002	セレン	0.01	0.02
水銀	0.0005	<0.0005	シクロ2,2,2-トリクロロエタン	0.04	<0.004	フッ素	0.80	2.6
アルキル水銀	不検出	不検出	1,1,1-トリクロロエタン	1.00	<0.0005	ホウ素	1.00	1.3
PCB	不検出	不検出	1,1,2-トリクロロエタン	0.006	<0.0006			

基準値：土壤の汚染に係る環境基準値(mg/l)

そこで、これらの重金属の溶出を防ぐため、研究・開発を重ね、下水汚泥焼却灰とキレート剤（薬剤）を混練する「安定化処理技術」を確立し、安定化処理後の下水汚泥焼却灰（以下、処理灰）は、全項目において基準値以下であり、環境安全面を確保しています。

表－3 処理灰の溶出試験結果

分析項目	基準値	測定値	分析項目	基準値	測定値	分析項目	基準値	測定値
カドミウム	0.01	<0.001	トリクロロエチレン	0.03	<0.002	1,3-ジクロロプロペン	0.002	<0.0002
シアン化合物	不検出	不検出	チオベンカルブ	0.02	<0.002	ベンゼン	0.01	<0.001
有機りん化合物	不検出	不検出	テトラクロロエチレン	0.01	<0.0005	四塩化炭素	0.002	<0.0002
鉛	0.01	<0.005	チウラム	0.006	<0.0006	シマジン	0.003	<0.0003
六価クロム化合物	0.05	<0.01	1,2-ジクロロエタン	0.004	<0.0004	ジクロロメタン	0.02	<0.002
ヒ素	0.01	<0.005	1,1-ジクロロエチレン	0.02	<0.002	セレン	0.01	<0.002
水銀	0.0005	<0.0005	シス1,2ジクロロエチレン	0.04	<0.004	フッ素	0.80	<0.05
アルキル水銀	不検出	不検出	1,1,1-トリクロロエタン	1.00	<0.0005	ホウ素	1.00	0.1
PCB	不検出	不検出	1,1,2-トリクロロエタン	0.006	<0.0006			

基準値：土壌の汚染に係る環境基準値(mg/l)

また、溶出試験とともに、リサイクル材料の環境安全面の評価基準とされる、有害物の含有量による評価方法（含有量試験）においても、全項目において基準値以下であり、環境安全面を確保しています。

表－4 処理灰の含有量試験結果

分析項目	基準値	測定値	分析項目	基準値	測定値	分析項目	基準値	測定値
カドミウム	150以下	3.4	六価クロム	250以下	< 2	セレン	150以下	< 0.2
シアン	50以下	< 1	砒素	150以下	14	フッ素	4000以下	190
鉛	150以下	51	水銀	15以下	< 0.02	ホウ素	4000以下	22

基準値：土壌汚染対策法による基準値(mg/kg)

## 2. 2 アスファルトフィラーとして品質面

安定化処理後の焼却灰は、単体では（社）日本道路協会及び石川県土木工事共通仕様書の定めるフィラーとしての品質を満足していません。しかし、試験の結果、全フィラー量の3割（フィラー：処理灰＝7：3）以下で使用することにより、品質を十分に満足することが可能となります。

表－5 処理灰及び処理灰入りフィラーの品質

項目		処理灰	処理灰:石粉=3:7	規格値(目標値)
水分試験(%)		0.14	0.11	1.0%以下
粒度試験	通過質量			
	600 μm	100	100	100
	300 μm	99.4	99.2	---
	150 μm	90.3	91.8	90~100
75 μm	82.5	80.1	70~90	
密度試験(g/cm <sup>3</sup> )		2.541	2.663	---
加熱変質性試験		変化なし	変化なし	(変化なし)
フロー試験(%)		80.3	39.4	(50以下)
浸水膨張率試験(%)		0	0	(3以下)
割断抵抗性試験		合格	合格	(合格)
塑性指数(PI)		NP	NP	(4以下)

### 3 下水汚泥焼却灰入りアスファルト混合物の品質面

#### 3.1 力学的特性評価

マーシャル安定度試験結果により、各特性値において一般のアスファルト混合物と同程度であります。

表-6 マーシャル安定度試験結果

混合物名	OAC (%)	密度 (g/cm <sup>3</sup> )	空隙率 (%)	飽和度 (%)	安定度 (KN)	フロー値 (cm)	混合物名	OAC (%)	密度 (g/cm <sup>3</sup> )	空隙率 (%)	飽和度 (%)	安定度 (KN)	フロー値 (cm)
密粒(13F)再生30%	6.1	2.332	3.8	78.3	12.36	30	一般的なカラー混合物	4.5	1.925	21.8	28.3	3.99	24
焼却灰入り密粒(13F)再生30%	6.3	2.326	3.7	79.2	11.31	28	焼却灰入りカラー混合物	4.7	1.928	21.4	29.6	3.68	23
規 格 値	—	—	3~5	75~85	4.90以上	20~40	規 格 値	—	—	—	—	3.43以上	20~40

また、高温時におけるアスファルト混合物の耐流動性評価においても、ホイールトラッキング試験の結果、一般のアスファルト混合物と同様に規格値を満足しています。

表-7 ホイールトラッキング試験結果 (回/mm)

	一般的な混合物	焼却灰入り混合物	規格値
密粒度アスファルト混合物(20F)改質材	5 2 5 0	7 5 9 0	1 5 0 0 以上
密粒度アスファルト混合物(新 20FH)改質材	5 7 3 0	7 8 8 0	3 0 0 0 以上

#### 3.2 焼却灰入りカラー混合物におけるコスト縮減

焼却灰入りカラー混合物においては、焼却灰の地色(茶系色)をカラー合材製造時に用いる顔料(着色材)として活用することにより、高価な顔料の節約が可能となり、コスト縮減となります。



写真-1 焼却灰入りカラー混合物施工例

### 4 下水汚泥焼却灰入りアスファルト混合物の試験施工及び追跡調査結果

#### 4.1 試験舗装概要

- (1) 施工日 : 平成17年5月~6月
- (2) 施工場所 : 金沢市円光寺・観音堂地内
- (3) 全施工面積 : 約2500m<sup>2</sup>
- (4) 全使用合材量 : 約230t (焼却灰使用量: 6.2t)
- (5) 追跡調査面積 : 【円光寺】195m<sup>2</sup> 【観音堂】340m<sup>2</sup>

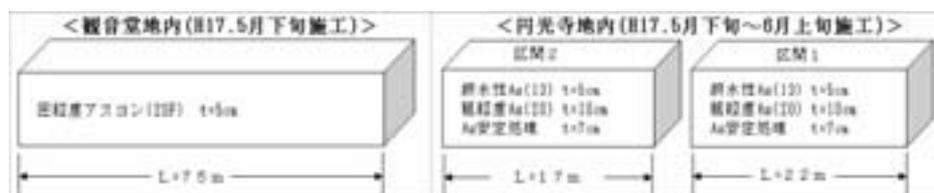


図-1 追跡調査区間舗装構成

4. 2 追跡調査（舗装性能評価及び環境安全面）の実施

4. 2. 1 追跡調査の概要

本現場における追跡調査は、施工後半年及び1年、2年、3年経過後のMC I（維持管理指数）評価による舗装性能試験及び現場採取コアの溶出試験による環境安全性評価を実施しました。

4. 2. 2 追跡調査結果（舗装性能評価）

調査の結果、道路としての供用性に問題は無く、良好な状態を維持していると考えられます。

表－8 追跡調査結果（舗装性能評価）

	観音堂地内				円光寺地内			
	ひび割れ率 (%)	わたり割れ量 (mm)	平坦性 (mm)	MC I	ひび割れ率 (%)	わたり割れ量 (mm)	平坦性 (mm)	MC I
第1回追跡調査結果 (H17.8月下旬調査)	0	1(4)	1.36	9.2	0	3(8)	1.62	8.8
第2回追跡調査結果 (H18.2月下旬調査)	0	1(4)	1.88	9.2	0	3(8)	1.87	8.8
第3回追跡調査結果 (H20.3月上旬調査)	0	2(6)	2.00	9.0	0	4(10)	2.00	8.7

＜備考＞  
1. わたり割れ量の( )は、わたり割れ量の最大値  
2. 円光寺地内の結果は、区間1,2の結果を平均した値

4. 2. 3 環境安全性評価

施工現場においてコアを採取し、環境庁告示第46号に基づく溶出試験を実施した結果、全項目で基準値以下となり、環境安全性に問題はありません。

表－9 現場採取コア溶出試験結果

分析項目	基準値	観音堂地内				円光寺地内			
		H17.9.20	H18.2.13	H19.3.9	H20.2.22	H17.9.21	H18.2.14	H19.3.12	H20.2.4
鉛	0.01以下	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001
セシウム	0.01以下	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001
ストロンチウム	0.01以下	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001
カリウム	0.01以下	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001
ナトリウム	0.01以下	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001
亜鉛	0.001以下	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005
銅	0.001以下	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005
マンガン	0.001以下	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005
鉄	0.001以下	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005
アルミニウム	0.001以下	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005
コバルト	0.001以下	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005
クロム	0.001以下	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005
モリブデン	0.001以下	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005
ニッケル	0.001以下	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005
バリウム	0.001以下	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005
ベリリウム	0.001以下	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005
スズ	0.001以下	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005
ヒ素	0.001以下	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005
セレン	0.001以下	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005
ヨウ素	0.001以下	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005
塩素	0.001以下	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005
フッ素	0.001以下	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005
亜鉛	0.001以下	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005
銅	0.001以下	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005
マンガン	0.001以下	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005
鉄	0.001以下	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005
アルミニウム	0.001以下	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005
コバルト	0.001以下	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005
クロム	0.001以下	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005
モリブデン	0.001以下	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005
ニッケル	0.001以下	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005
バリウム	0.001以下	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005
ベリリウム	0.001以下	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005
スズ	0.001以下	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005
ヒ素	0.001以下	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005
セレン	0.001以下	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005
ヨウ素	0.001以下	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005
塩素	0.001以下	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005
フッ素	0.001以下	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005

基準値：土壌の汚染に係る環境基準値 (mg/l)

5 最後に

下水汚泥焼却灰の安定化処理技術並びにアスファルトファイバー化は、資源循環型社会の構築、石川県環境総合計画における下水汚泥のリサイクル率の向上にも寄与できると考えております。

平成19年度に実施した、日本下水道事業団との共同研究を踏まえ、今後とも品質、安全、コスト面及び「道路」としての供用性評価に十分に配慮し、安定化処理後下水汚泥焼却灰の他の建設資材への利用も視野に入れ、取り組んでいきたいと思っております。

最後になりますが、御協力頂きました金沢市企業局ならびに関係各位の皆様方には改めて敬意を表する次第でございます。

# ヒートドレッシング工法の試験施工および調査結果

福田道路(株) 技術研究所 ○平方 和幸  
福田道路(株) 技術研究所 藤井 政人  
福田道路(株) 村上支店 石井 利明

## 1 はじめに

昨今の道路事業費の縮減を受け、道路管理は維持修繕工事を主体とした低コストの整備がこれまで以上に増えている。ヒートドレッシング工法(加熱表面処理工法)はこれらニーズを受け、わだち掘れや表面ひび割れの補修により走行性を改善できる低コストな工法として開発したものである。

本報では、平成 19 年度に新潟県村上市において本工法の実路での試験施工を実施し、その後の調査より、本工法の耐久性に対する優位点ならびに、施工時の環境配慮の面からの優位点を考察した結果について報告する。

## 2 ヒートドレッシング工法とは

### 2.1 ヒートドレッシング工法の概要

ヒートドレッシング工法とは、路面ヒータ車ならびに路上表層再生機を用い、既設舗装のわだち掘れや表面クラックを処理し、走行性を改善する工法である。(写真-1)



写真-1 試験施工後の状況

(左:既設舗装 右:ヒートドレッシング工法)

### 2.2 ヒートドレッシング工法の特長

本工法の主な特長を以下に示す。

#### 1) 走行性の改善

わだち掘れや表面ひび割れ、管理設等により生じた路面の凹凸を解消し車両の走行性を改善できる。

#### 2) 環境負荷低減

アスファルト舗装廃材を発生することなく、既設舗装を有効に再生利用することができる。また、新規材料の使用量も削減することができる。

#### 3) コスト低減

現位置での再生工法であるため、新規材料ならびに廃材の移動が無く、それにとまなう運搬コストが削減できる。また、既設舗装の再生利用により、新規材料費も削減することができる。



図-1 ヒートドレッシング工法の特長

### 3 試験施工

試験施工の概要を以下に示す。

施工場所：新潟県村上市鷺渡路地内  
(一般国道7号)

施工日：平成19年9月4日(火)

施工面積：700 m<sup>2</sup>(延長200m、幅員3.5m)

交通条件：交通量区分 N<sub>6</sub>

(1000台以上 3000台未満/日・方向)

機械編成は路上表層再生機、ロードローラ、タイヤローラに加え、路面ヒータ車を2台とした。  
(写真-2、図-2)

なお、本工法の工区に隣接して、わだち部オーバーレイ工法を同時期に施工している。この工法は、磨耗によるわだち掘れの補修工法として、村上管内では一般的に施工されている工法である。(写真-3)



写真-2 ヒートドレッシング工法の施工状況



図-2 試験施工における機械編成

### 4 走行性改善

#### 4.1 平坦性とわだち掘れ

路面の平坦性ならびにわだち掘れについて調査を行った。表-1に施工前後における路面調査結果を示す。施工前の路面に比べ、平坦性が改善され、わだち掘れも解消することができた。

なお、これらについては、追跡調査も行っている。表-2に一冬経過における各性状の変化量を示す。本工法およびわだち部オーバーレイ工法ともに平坦性の低下は確認されない結果であった。また、わだち掘れの進行も1mm以内で良好な結果であった。



写真-3 わだち部オーバーレイ施工路面状況

表-1 試験施工箇所 の状況

	施工前	施工後
平坦性	2.3mm	1.3mm
わだち掘れ	10~20mm	なし
ひび割れ率	20%	0%

表-2 一冬経過における各性状の変化量

	本工法		わだち部 オーバーレイ工法	
	平坦性 (3mプロファイル)	±0mm		+0.1mm
わだち掘れ	Owp	-0.2mm	Owp	0.5mm
	Iwp	0.5mm	Iwp	1.0mm

## 4.2 ひび割れ

試験工区については、写真-1の左車線と同様に既設舗装に線状ひび割れが多数発生していたが、本工法により、これらのひび割れは解消でき、さらに、1年経過した時点においても、表面ひび割れは全く発生しておらず良好な路面状態であった。

その一方で、隣接工区に施工したわだち部オーバーレイ工では、写真-4のような既設舗装のひび割れに起因する表面ひび割れが、1年程度で再発している箇所もいくつかみられた。この結果より、本工法のひび割れ抑制効果がわだち部オーバーレイ工法より高いことが現場においても明確にできた。



写真-4 わだち部オーバーレイ工法のひび割れ状況  
(施工8ヶ月後路面)

## 5 環境負荷低減

### 5.1 リサイクル・省資源

表-3に本工法と切削オーバーレイ工法での廃材発生量ならびに新材使用量の一例を示す。

本工法は、現位置における処理工法であり、アスファルト廃材をほとんど排出することなく、有効に再生利用する事が可能である。その一方、切削オーバーレイ工法では、既設舗装を切削し、廃材として中間処理工場へ運搬することになる。

新規アスファルト混合物の使用は、既設路面に発生したわだち掘れのみであり、切削オーバーレイと比べ新規アスファルト混合物の使用量を削減することができる。

### 5.2 温室効果ガス(CO<sub>2</sub>)削減

既存の舗装工におけるCO<sub>2</sub>排出原単位をもとに、本工法のCO<sub>2</sub>排出量ならびに、切削オーバーレイ工法等におけるCO<sub>2</sub>の排出量を算出したその結果を図-4に示す。

その結果、本工法は5cmの切削オーバーレイ工法に比べ40%程度のCO<sub>2</sub>を削減できる結果である。この削減の要因としては、新規アスファルト混合物の使用量が減少する事で、アスファルト混合物製造CO<sub>2</sub>排出量が削減できたこと、また、アスファルト混合物ならびに現場より発生する廃材の運搬に対するCO<sub>2</sub>排出量が削減でき

表-3 各工法における資材発生量(100 m<sup>2</sup>あたり)

	本工法	切削 オーバーレイ工法
廃材発生量 (t)	なし	10.0
新規材料使用量 (t)	2.5	12.5

注)ヒートドレッシング工法の平均わだち掘れは1cm、  
切削オーバーレイ工法の切削深さは5cmとする

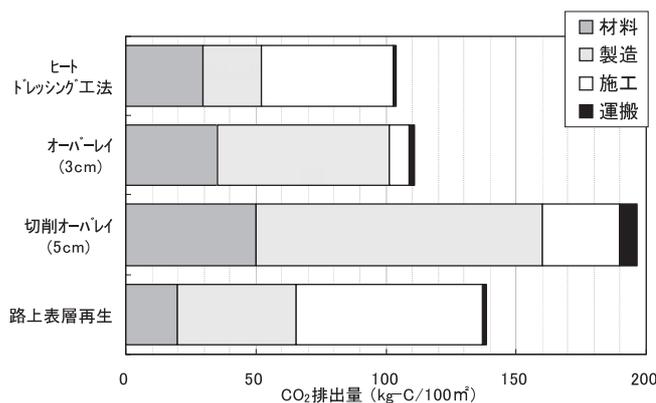


図-4 各工法におけるCO<sub>2</sub>排出量

たことがあげられる。

### 5. 3 施工コスト

本工法に要する施工コストを図-5 に示す。なお、コスト試算は100 m<sup>2</sup>あたりの施工コストに換算し、切削オーバーレイ(切削厚 5cm)の場合のコストを100としたときのコスト比率で表している。

本工法のコストは、切削オーバーレイ工法(5cm)のコストより、40%程度の削減が可能となり、また、わだち部オーバーレイ工法と、ほぼ同等のコストである。コスト低減の要因は、CO<sub>2</sub> 排出量と同様に、アスファルト混合物の使用量を減らし材料費を削減したことや廃材等の運搬・処分費を削減したためである。

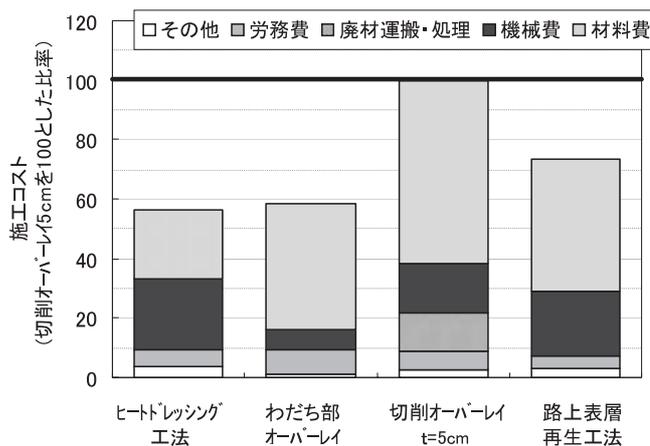


図-5 各工法における施工コスト

(5cm の切削オーバーレイ工法を100とする)

### 6 まとめ

ヒートドレッシング工法の試験施工を通して、以下の結果を得られた。

- ・ 本工法により、既設舗装のわだち掘れならびに表面ひび割れを解消することができた。
- ・ 本工法は、一冬経過時において、平坦性の変化およびわだち掘れの進行はほとんど見られず良好な状態である。
- ・ わだち部オーバーレイ工区は、一冬経過時において、既設舗装に起因するひび割れが発生している。
- ・ 本工法は切削オーバーレイ工法と比べ、廃材発生量および新規アスファルト混合物量を削減することができる。
- ・ 本工法は、切削オーバーレイ工法と比べ、施工コストならびに CO<sub>2</sub> 排出量を 40%程度削減できる。

ヒートドレッシング工法は、わだち部オーバーレイ工法のような他の表面処理工法と比べ耐久性が高い工法であり、切削オーバーレイ工法よりコストや環境面で優れた技術である。

現在、ヒートドレッシング工法の試験施工を実施してから1ヵ年経過した段階である。今後、当路面について継続的に調査していき、耐久性ならびにライフサイクルコストについて検討していく予定である。

#### 【参考文献】

- 1) 舟橋弥生:直轄国道の舗装における「予防的修繕」工法の導入について、舗装、vol.41、2006.10、pp22-26
- 2) 田口仁:舗装技術における CO<sub>2</sub> 排出の環境負荷,道路建設、No.696、2006.7、pp.26-29
- 3) 本間ほか:加熱表面処理工法による路面維持 平成19年度 建設技術報告会報文集 2007.11 pp57-60

# 環境対応型グラブ（スーパーグラブバケット）浚渫工法

○東亜建設工業(株) 土木事業本部技術研究開発センター グループリーダー 津田 宗男  
土木事業本部機電部 課長 峯吉 武志

## 1 概要

近年、港湾や河川、湖沼におけるダイオキシン類やP C B等を含む汚染された底質が、深刻な環境問題となっている。これらの汚染底質を通常のグラブ浚渫で除去すると、濁りとともに汚染物質が周辺水域に拡散してしまう。また、余掘土や余水が多量に発生し汚染土砂、汚染水の処分量が増大し不経済となる。そこで、経済性に優れ、環境への負荷が小さい環境対応型グラブ浚渫工法（スーパーグラブバケット工法（S G B工法））の開発を行った。写真-1, 2 に示すように、S G B工法には一般の港湾を対象としたグラブ浚渫船に装着するワイヤー型と、浅い水域や狭隘な水域を対象とした油圧式バックホウ型がある。

ここでは、バックホウ型S G B工法について特徴や機能を報告する。また、施工実績、濁りの発生特性についての現地調査結果も併せて報告する。

## 2 開発の目的

深刻な問題となっているダイオキシン類やP C B等の汚染物質は、水底の表層に堆積している土砂の細粒分に吸着していることが多い。このため、通常のグラブ浚渫で除去すると、刃先面からの汚濁水の漏洩によって、濁りとともに汚染物質が周辺水域に拡散してしまうこととなる。また、掘削面が円弧状となるため必要以上の汚染底泥を浚渫したり、薄層浚渫ではバケット内に多量の汚濁水を含んだまま浚渫することとなる。

従来から、運河や河川、湖沼などの浅い水域や狭隘な水域では、バックホウ台船で浚渫を行っている。発生した多量の濁りは工事区域に展張した汚濁防止膜によって拡散を防止し、その沈降を待って工事完了としている。このため、このような水域に適用でき、濁りの発生を低減できる環境への負荷が小さいグラブ浚渫工法の開発が望まれていた。また、除去された汚染底質を処分するに当たっても、できるだけ余掘量や余水量を低減できる、経済性の高い浚渫工法が開発が望まれていた。

そこで、汚染底質による濁りの拡散を抑止し、かつ余掘量すなわち汚染底質の最終処分量を低減することを目的として、環境対応型密閉グラブ浚渫工法（以下、スーパーグラブバケット工法（S G B工法））を開発した。



写真-1 ワイヤー型 S G B

## 3 スーパーグラブバケット浚渫工法の特徴

### 3. 1 概要

S G B工法の開発にあたって要求された機能には、①汚染底泥を確実に除去できること、②濁りの発生を極力低減できること、③汚染底泥は水底の薄い表層部に存在することが多いため、薄層浚渫に対応できること、④汚染土や濁水の処分量を極力低減できること、⑤施工条件に広く対応できることなどが挙げられる。

これらの条件を満足するため、S G B工法は、①高い密閉性能、②バケット開閉速度可変機構、③薄層浚渫支援システム、④水平掘り機構、⑤掘削時の水抜機構、⑥浚渫土厚に合わせたバケット容量の調節機構などの特徴を有している。

スーパーグラブバケット工法には、写真-1 に示す、一般の水深の大きい港湾を対象としたグラブ浚渫船に



写真-2 バックホウ型 S G B

装着するワイヤー型(公称容量 6.0m<sup>3</sup>)と、写真-2に示す、浅い水域や狭隘な水域を対象とした油圧式バックホウ型(同 1.3m<sup>3</sup>)がある。ここで紹介するバックホウ型 S G B 工法は、汎用のバックホウに装着するアタッチメント式であり、陸上運搬が可能で内陸においても適用できる。

### 3. 2 高い密閉性能

S G B は、刃先面の特殊構造により高い密閉性を有しており、掘削から地切り、水切り、土運船への巡回ステップにおいても、濁水の漏洩による濁りの発生を大幅に低減することができる。S G B 浚渫では、写真-3 に示すように、高い密閉性により水切りから土運船への巡回ステップにおいても濁水がほとんど水面に落下していない。それに対して、バックホウ浚渫では、写真-4 に示すように、多量の濁水が水面に落下し濁りが生じている。

S G B の密閉性の高さは水掴み試験で定量的に検証されている。水を満杯に掴んだバケットを水面上で 10 分間保持した場合でも、バケット容量 1.3m<sup>3</sup> に対し、漏水量は 100mL (0.008%) であった。



写真-3 S G B 浚渫工法（水切り時）



写真-4 バックホウ浚渫工法

### 3. 3 水抜機構

水抜機構は着底、掘削ステップにおいてバケットの上方の水抜き穴から水が抜ける構造で、バケット閉操作時に内圧の上昇を抑止できる。底泥取込み時に土砂と水の置換えがスムーズに行えるため、余分な水の取込みと濁りを小さく抑えることができる。また、グラブ上昇時には水抜き穴が閉塞される構造であるため濁水の漏洩も少ない。

### 3. 4 水平掘削機構

掘削作業において通常のグラブバケットでは、刃先の軌跡は円弧状になる。このため、薄層浚渫においては、余堀土量の割合が増大し汚染土の処分量も増大する。そこで、図-1 に示すように、油圧シリンダとリンク機構により水平掘削機能を持たせている。写真-5 は、気中において水平掘削を行ったときの掘削面である。



写真-5 水平掘削の掘削面

### 3. 5 薄層浚渫支援システム

薄層浚渫支援システムは、高精度の刃先面の位置制御によって、高い施工精度を確保するものである。

本システムは、R T K - G P S や G P S 方位計、機器集合部、確認用モニタ、シリンダストローク計他センサ類などから構成されている。R T K - G P S や G P S 方位計から得られた位置情報とシリンダストローク計等によるバックホウ本体の情報を機器集合部に集積し、これを信号変換し演算処理を行う。写真-6 に示すように、確認用モニタに X Y Z 3 方向のバケット位置を表示する他、バケットの開閉角度など施工を支援するための情報も表示

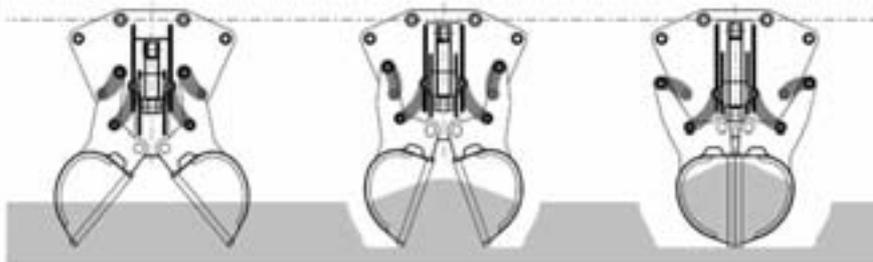


図-1 水平掘削機構

する。オペレータは操作室上部に設置された確認用モニタから、次のような支援情報を確認しながら浚渫を行う。

①船体ならびにバケットの平面位置：操作室には、機器集合部のパソコンとLAN接続されたパソコンが設置されており、画面の切り換えや拡大などの操作が行える。施工中は、拡大した画面を使用し、主にバケットの浚渫位置を確認する。掘削した位置は掘削深度に応じて配色されるため、掘残しや余分な掘削を防ぐことができ、効率的に浚渫を進めることができる（写真-6中①）。

②バケットの深度位置：浚渫する地盤の3Dデータを事前にシステムに取り込んでおくことで、そのときの

バケット平面位置における設計浚渫深度のラインを表示できる。リアルタイムで刃先の高さも同時に表示できるため、バケットの位置制御が容易に行える。また、掘削ライン判定により位置・深度・時間情報を検知・記録しておくことが可能である。水平掘削機構と併せることで余掘りの少ない浚渫が可能となる（写真-6中②）。

③バケットの開閉角度：バックホウ型SGBの浚渫対象は主に軟らかい粘性土であるが、汚染土壌は掘削の障害となる異物を含むことが多い。これらが挟まるとバケットが完全に閉じられず、密閉性を低下させる上、刃先の破損原因となる。しかし、薄層浚渫支援システムの確認用モニタには、リアルタイムでバケットの開閉角度が表示されているため、異物の挟込みを検知できる。大きな障害物は事前に取り除いておき、空缶などバケット内に取込める大きさの異物は再把握を行うことなどで、対応が可能である（写真-6中③）。

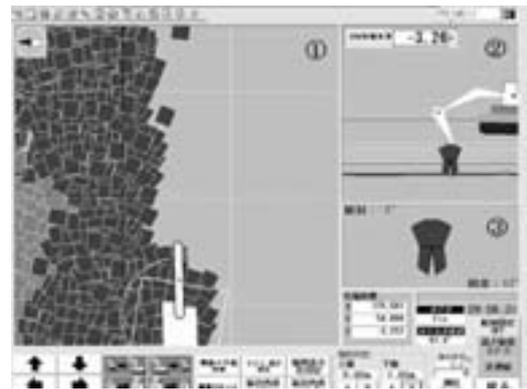


写真-6 確認用モニタ画面

### 3. 6 バケット開閉速度可変機構

バックホウ浚渫の施工サイクルにおける汚濁の発生原因となるのは、海底地盤への刃先貫入時、バケット閉操作時（バックホウでは搔込み時）、地切り時、水切り時である。地盤への刃先貫入については、オペレータが薄層浚渫支援システムのモニタ画面でバケット深度を確認し、地盤から約1mの高さから下降速度を低下させることで汚濁の発生を抑制できる。また、バケットの地切り、水切り時については上昇速度を調整することで対応できる。

刃先貫入後のバケット閉操作については、レバーに取付けられた油量調整ボタンを押し、ブレーカペダルを踏むことで油圧配管経路を切替え、所定の速度で掘削できる仕組みとなっている。一定速度で徐々にバケットを閉じることで、水抜き機構による浚渫土砂と水の置換えをスムーズに行うことが可能で、刃先の摺動部やバケット内圧による汚濁の漏出など、汚濁拡散の抑制を図ることができる。

### 3. 7 バケット容量の調節機構

バケット容量と1掴み当たりの浚渫土量をほぼ一致させることにより、余分な水をバケット内に取り込まず、高含泥率での浚渫が可能となる。浚渫土厚が薄くなるとバケット内の土量が減少するが、SGB工法では浚渫土厚に対応してバケット容量を変動させる容量調整機能を有しており、余水量を低減できる。

## 4 施工実績

バックホウ型SGB工法は、（独）水資源機構発注の平成19年堅田港航路維持浚渫工事や平成20年度国土交通省岡山河川事務所発注の百間川沖元浚渫工事などにおいて採用されている。百間川沖元浚渫工事では発注者指定型NETISが適用されており、バックホウ型SGBの施工精度や経済性などの有効性が評価されている。また、堅田港航路維持浚渫工事では濁りの発生量が大幅に低減できることが実証されている。なお、これらの工事では薄層浚渫や施工時の水域環境の維持などを目的としてSGB工法が採用されたもので、浚渫土砂は汚染物質を含むものではない。

ワイヤー型SGB工法は平成16年の佐世保港岸壁前面の浚渫工事などにおいて、実施工に供されている。30,000m<sup>3</sup>の汚染底泥を薄層で浚渫し、高い評価を得ている。

## 5 濁りの発生量

### 5.1 現地調査の概要

(独)水資源機構発注の堅田港の航路維持浚渫工事において、新たに開発されたSGB工法と狭隘な運河や河川で実績の多い従来型のバックホウ(BH)浚渫工法について、濁りの発生量や拡散特性の現地調査を行い、両工法の比較検討を行った。

浚渫区域は原水深2~4mの浅い水域に開削された幅60mの-4m航路で、底質はシルト・粘土分の含有率91%、自然含水比が394%の浮泥が薄く堆積しており、濁りが発生しやすい条件であった。

ここでは、濁りの発生量(発生原単位)について報告する。今回の調査は「港湾工事における濁り影響予測の手引き(国土交通省港湾局)」に準じて実施している。その他、サイクルタイムによる濁りの発生量の変化、濁りの拡散状況などについても調査している。

### 5.2 調査結果

表-1にSGB工法とBH浚渫工法による濁りの発生量の比を示す。浚渫土量はそれぞれ約100m<sup>3</sup>で、浚渫の所要時間は2.0時間、1.5時間であった。

濁りの発生原単位は、浚渫土量当たりの濁りの発生量を示す指標である。SGB工法の濁りの発生原単位はBH浚渫工法のものと比べると39.3%に低減している。また、SGB工法の時間当たりの濁り発生量はBH浚渫の27.1%と低減している。この指標は目視で感じる濁りの発生量に近いものである。BH浚渫では施工中に水面が茶色く濁っているのがはっきり視認できたが、SGB工法では濁りはほとんど見られなかった。

図-2はグラブ浚渫工の濁りの発生原単位の既往の調査結果を整理したもので、粒径75μm以下の細粒分を50%以上含む浚渫土を細粒土、それ以外を粗粒土と分類している。一般的に細粒分が多く、グラブ容量が小さい方が濁りの発生量が増大する傾向が見られる。本調査において、スーパーグラブバケット工法は細粒分が非常に多いにもかかわらず、従来のグラブ浚渫工法より濁りの発生量を大幅に低減できることが分かる。

## 6 おわりに

今回の調査によって、スーパーグラブバケット工法が濁りの発生が少ない環境に対する負荷の小さい浚渫工法であることが検証できた。また、余掘り量や余水量が少なく、汚染土砂の浚渫においてはその処分量が少なく経済性が高いことと併せて、汚染土砂を含む狭隘な運河などの浚渫に適用性が高い工法であることが言える。今後、狭隘な水域や浅い水域における浚渫工事の参考となれば幸いである。

最後に、NETISの技術評価や濁りの現地調査にあたりご指導、ご協力いただいた国土交通省中国地方整備局岡山河川事務所、(独)水資源機構琵琶湖開発総合管理所、各漁業組合の関係者各位に深く謝意を表し、ここに本報告を終了する。

## 参考文献

- 1) 国土交通省港湾局：港湾工事における濁り影響予測の手引き，54p，2004。
- 2) 津田宗男，和田晴久：スーパーグラブバケット(SGB)浚渫工法－航路・河川・湖沼の環境に配慮した底泥除去工法－，マリンボイス21，vol.258，pp.24-27，2007年11月。
- 3) 小島幸康，永江啓師，山口知之，阪口隆史，松田信彦，津田宗男：環境対応型密閉グラブバケットによる浚渫工事の濁りの発生量調査，海洋開発論文集，第24巻，2008年。

表-1 濁りの発生量

浚渫工法	濁りの発生量	濁りの発生原単位	時間当たりの濁り発生量
比率 SGB/BH	39.3%	42.7%	27.1%

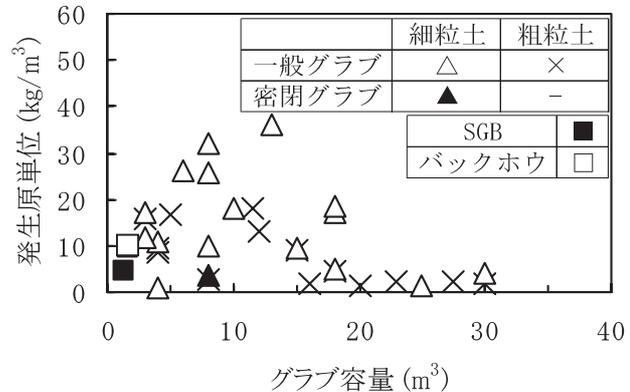


図-2 グラブ浚渫の濁りの発生量

# カキ殻を活用した屋上緑化工法

株式会社本間組 建築事業本部企画設計部 担当課長 ○阿部 信夫  
土木事業本部技術部 担当課長 五十嵐秀樹  
本間道路株式会社 技術部 主任 村山 勝利  
株式会社本間造園 営業部 次長 加藤 直人

## 1 はじめに

現在、都市部においてヒートアイランド現象や、同現象に起因する集中豪雨などの異常気象が発生し環境問題となっており、その対策として屋上緑化が進められている。一方、カキ殻については佐渡島内をはじめ全国のカキ養殖地においても有効利用されず廃棄されているのが現状である。(株)本間組、本間道路(株)、(株)本間造園は、本来なら廃棄物として処分されるカキ殻を屋上緑化の基盤材として利活用する「カキ殻を活用した屋上緑化工法」を共同で開発した。

本報告では、「カキ殻を活用した屋上緑化技術」の概要と開発に際して実施した試験結果について報告する。

## 2 目的と経緯

一般的に屋上緑化で期待される効果は、図-1に示すとおり、ヒートアイランド現象の抑制、建物の省エネルギー化、雨水一時貯留、紫外線吸収、二酸化炭素吸収などの環境負荷の低減である。

屋上緑化の新技术を開発するにあたり、メンテナンス性、施工性、経済性に優れた技術・工法を目指すとともに、屋上緑化の基盤材に使用する材料は極力環境に負荷をかけないリサイクル、リユース可能な材料を選定条件とした。その中でカキ殻は、カキの加工場から出る廃棄物ではあるが、軽量多孔質で屋上緑化基盤材に適していると判断され、実用化へ向けて技術開発を行った。

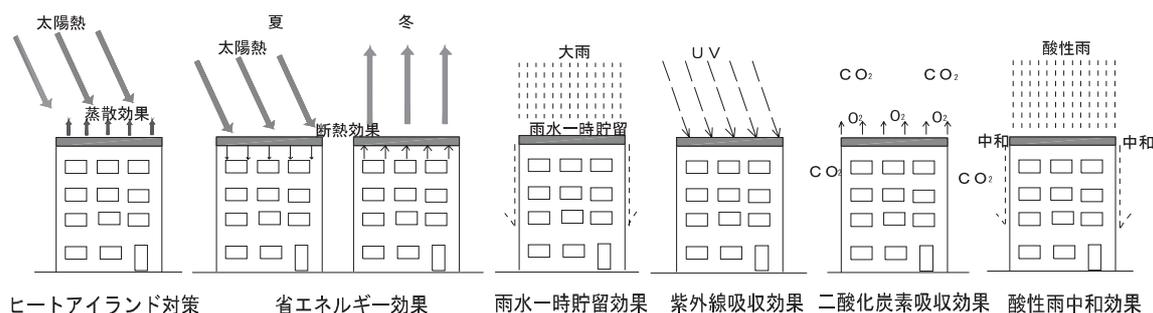


図-1 屋上緑化の効果

## 3 技術の概要

本屋上緑化技術は、粉碎したカキ殻をベースにパーライトを混入し、保水性が高く軽量で植物の生育環境に適した基盤材による緑化技術である。屋上緑化基盤材の重量は、既存建築物への適用を考慮し建築基準法施行令で定められている積載荷重の  $60\text{kg}/\text{m}^2$  以下としている。またカキ殻の性状が多孔質という特徴から他の一般土壌に比較して保水性、耐乾燥性に優れ、散水等の維持管理の省力化が可能

である。一般土壌の有効水分量と最低基盤厚を基に、その保水量を  $16 \text{ \%}/\text{m}^2$  以上確保するように設定した。また、カキ殻の性状が弱アルカリ性であることから酸性雨の中和効果も期待できる。

#### 4 室内実験

カキ殻を利用した基盤の性状に、保水性・耐乾燥性・酸性の中和効果があることを確認するために、以下の室内実験を行った。

##### 4.1 保水性実験

保護マットを敷いた容器 ( $267\text{mm} \times 385\text{mm}$ ) にカキ殻+パーライト ( $t=37\text{mm}$ ) を入れ 24 時間水に浸し、 $25^\circ$  傾け排水穴より水が出なくなった時点を飽和重量として重量を測定した。次にそのサンプルを乾燥炉に入れ、適宜重量を測定し重量変化がなくなった時点を絶乾重量として重量を測定した。保水量は飽和重量-絶乾重量であり、測定の結果は飽和重量  $3,111.7\text{g}$ 、絶乾重量  $1,373.4\text{g}$  であり保水量は  $1,738.3\text{g}$  であった。また、サンプルの保水率は  $127\%$  であり、 $1 \text{ m}^2$  当りの保水量は  $21.2 \text{ \%}$  となった。この値は設定保水量 ( $16 \text{ \%}/\text{m}^2$ ) を満足するものであり、所定の保水性の確保が可能であった。

##### 4.2 耐乾燥性実験

###### (1) 耐乾燥性比較実験

保護マットを敷いた 2 つの容器 ( $267\text{mm} \times 385\text{mm}$ ) に、カキ殻+パーライト ( $t=37\text{mm}$ ) と比較用として一般的な屋上緑化材として用いられる軽量土壌を入れ保水性の比較実験を行った。実験は、サンプルを乾燥炉で絶乾状態にした後に同量 ( $143\text{ml}$ ) の水を入れ、12 時間置いてから乾燥炉 ( $30^\circ\text{C}$  に設定) にいれて時間毎のサンプル重量を計測して蒸発量を算出した。

サンプルの経過時間と蒸発量の関係を図-2 に、実験状況を写真-1 に示す。

図-2 に示すとおり、保水性においてカキ殻+パーライトの配合材が軽量土壌より優れていることが確認できた。

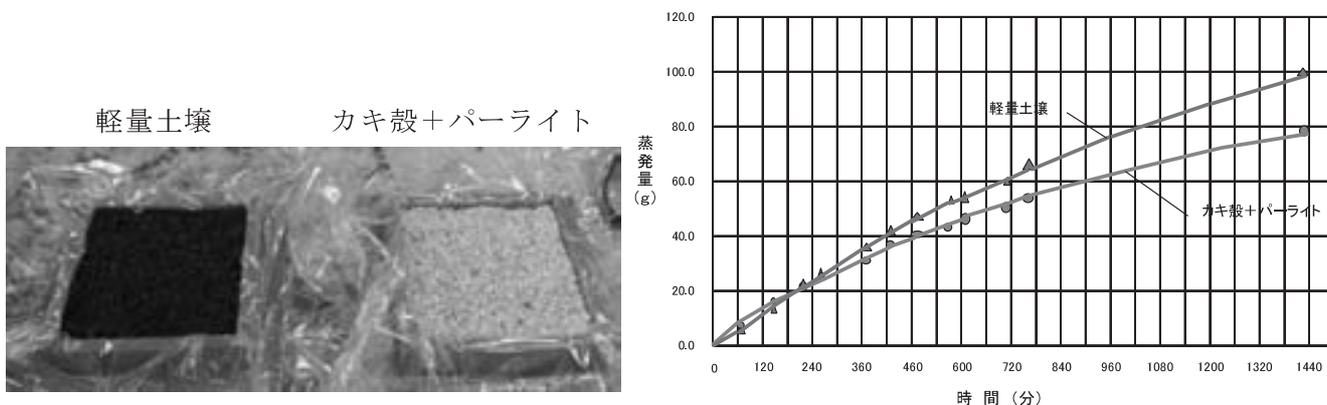


写真-1 耐乾燥性比較実験状況

図-2 経過時間と蒸発量の関係

## (2) 耐乾燥性確認実験

カキ殻+パーライト配合材を飽和状態にし、真夏日を想定した 30℃の乾燥炉に入れ適宜重量を測定し、夏季晴天時の耐乾燥性に対する確認実験を実施した。測定の結果乾燥状態になるまで約 9 日間を要した。この実験から、夏期の散水頻度は 1 回/週程度まで省力化できると考えられた。

## 4. 3 酸性雨の中和効果確認実験

カキ殻を水洗いし、乾燥状態にした後に水槽に入れ、カキ殻が浸るまで酸性水 (pH4.7) をポンプにより循環させながら時間毎の pH 値を計測することにより、酸性雨の中和効果の確認を行った。試験の結果 30 分程度で弱酸性まで中和され、その後の pH 上昇もないことから、酸性雨に対する中和効果が確認された。

経過時間と pH 値の変化を図-3 に、実験状況を写真-2、3 に示す。

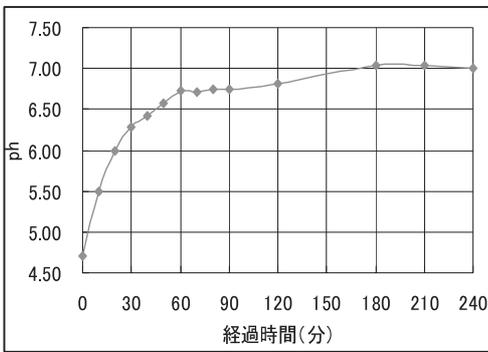


図-3 時間経過と pH 値の変化



写真-2 実験状況

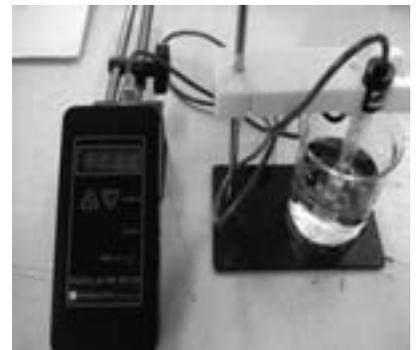


写真-3 pH 計測状況

## 5. 実証実験

「カキ殻を利用した屋上緑化施設」の効果を実証するために、(株)本間組本社の屋上に実証実験施設を作り (図-4、図-5、写真-4 参照)、基盤各層の温度計測及び基盤層の水分量の計測を行った。屋上表面・基盤表面・基盤下の温度及び気温の計測結果を図-6 に示す。

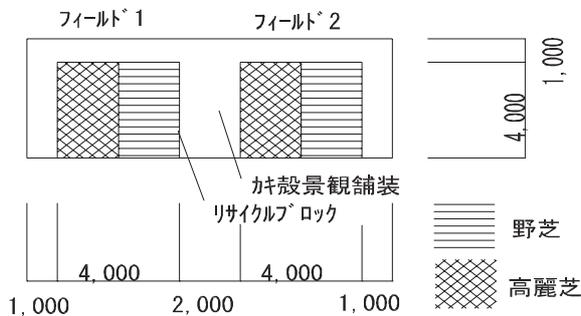


図-4 実験施設平面図

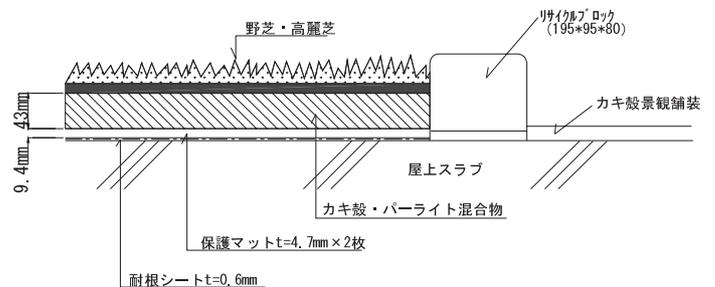
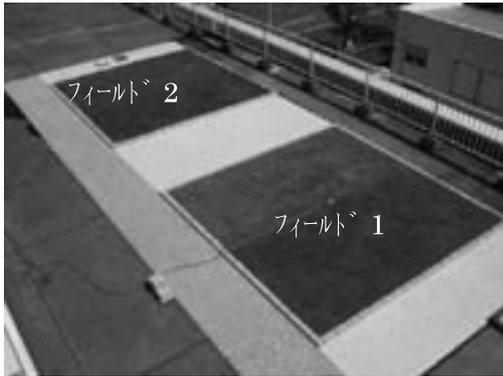
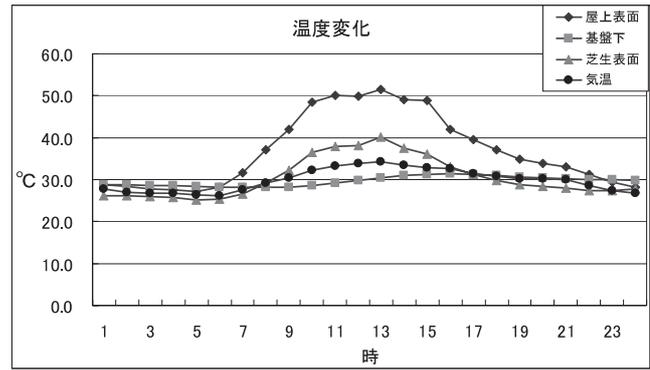


図-5 基盤断面



写真－４ 実験施設全景



図－６ 温度変化

実験施設はフィールド F1、F2 の 2 箇所設置し散水を晴天時 2 日おき (F1)、8 月中 1 度の散水 (F2) で生育状況を比較した。

観察の結果、生育状況に大きな違いはなく、室内実験での乾燥性の結果と同様に 1 週間無散水でも生育は可能であることが確認できた。

また、温度上昇の抑制効果については、気温 34.3°C でコンクリート表面温度は 51.5°C まで上昇しているが、芝表面温度は 40.1°C であった。

これは芝の蒸散効果による温度低下でありヒートアイランド現象を抑制する効果である。また、同時に基盤下温度が 30.5°C とコンクリート表面に比べ 20°C 以上も低く、かつ一日中 30°C 前後に安定している。これは芝と土壌基盤の断熱効果によるもので、省エネルギー効果が確認できた。

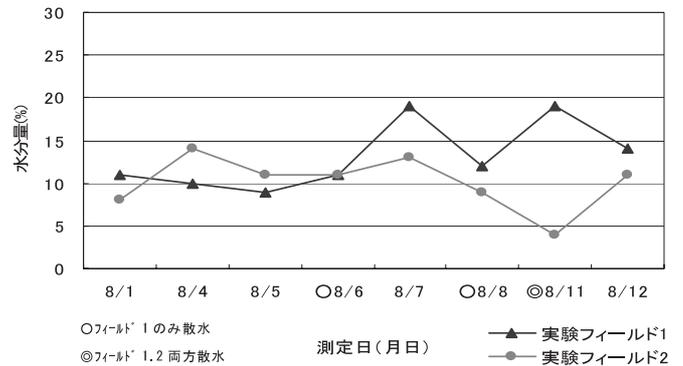
また、酸性雨の中和に関しては、降雨の pH5.53 がカキ殻基盤層を通過すると pH6.62 に中和されることを確認した。【酸性雨の目安として pH5.6 以下とする場合が多い：気象庁 HP より】

## 7 おわりに

今回の実験結果から、カキ殻には芝の生育に必要な保水性があることとその持続性が高いことが検証できた。カキ殻を利用した屋上緑化技術において、本来の主目的である植物の蒸散作用によるヒートアイランド現象の抑制、植物及び土壌基盤による断熱効果により建物の省エネルギー化が可能であることが明らかとなった。また、酸性雨の中和効果についても確認することができた。

また、今回使用したカキ殻の成分は Fe・Mg・P 等の微量の元素を含んだ炭酸カルシウムであることが分析の結果わかっており、これら微量成分が植物の生育に効果的に働くものと期待される。今後は、芝以外の多種多様な植物や屋上菜園も可能になるよう基盤材の改良を進めていきたいと考える。今までの各試験及び実証実験にあたり、カキ殻の粉碎材料を提供して頂いた佐渡市の加茂湖漁協ならびに関係各位に謝意を表します。

水分量測定(フィールド比較)



図－７ 水分量測定

# MLT工法による減容化システム

株式会社本間組 土木事業本部 土木部 担当課長 ○岩野 明  
 同 係 長 馬場 敏哉  
 同 係 長 阿部 顕二郎  
 同 係 長 大野 武志  
 同 技術部 担当課長 川浦 栄太郎

## 1 はじめに

廃棄物の処分場については、建設費用が高額であることや建設用地の確保が困難であることなどから新たな処分場の確保が難しい状況にある。また、既設処分場の残余量には限りがあるため、廃棄物を安定的に処理できる新たな方策が求められている。

本技術は、土砂を排出せずに穴を削孔する「無排土孔壁（MLT）工法」の技術を応用し、廃棄物を掘り固め圧縮して減容化する技術である。また、廃棄物を減容化することにより、埋立スペースをより効率的に活用することが可能となり、受入廃棄物の増量や処分場の延命化に繋がるものである。

本報告では、MLT工法による廃棄物減容化技術の概要と、MLTソイル（株）と共同で実施した特殊大型スクリーによる砂地盤における減容化試験結果について報告する。

## 2 MLT工法による廃棄物減容化技術の概要

MLT工法は、攪拌翼・圧縮翼をもつ特殊スクリーにより掘削土砂を孔壁に押し込み、間隙容積を低減させ孔壁を自立させることで無排土削孔を行う技術であり、硬質地盤に鋼矢板や地すべり抑止杭などを打設する際の補助削孔工法として開発されたものである。MLT工法は、「無排土削孔」「孔壁の自立」が大きな特徴となっており、MLT工法の特殊スクリーで掘削した土砂は、攪拌翼で効率よく攪拌された後、圧縮翼によって孔壁周面に押し込めるため地上に排出されない（図-1参照）。

また、地山の間隙に土粒子を押し込めると、土粒子同士が順序よく噛み合っ配列するため間隙が少なくなる。これにより孔壁周面の強度が増し、孔壁の自立が可能となる（写真-1参照）。



写真-1 孔壁の自立状況

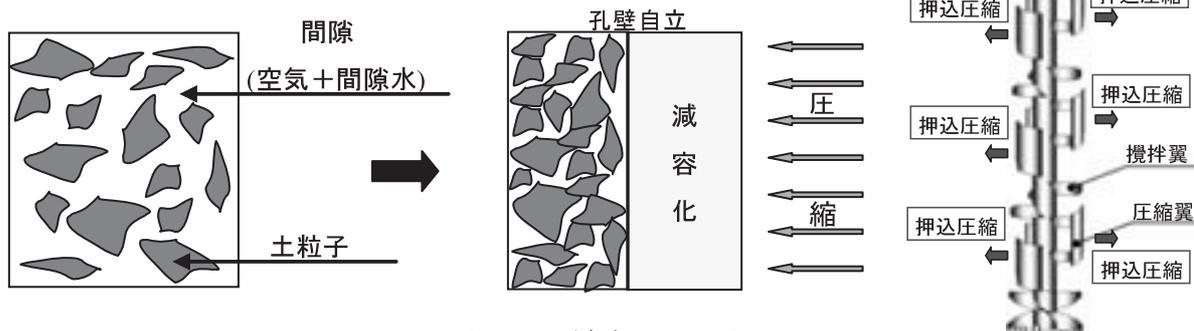


図-1 減容化の原理

本技術は、MLT工法のこの特徴を応用し、廃棄物処分場において従来の方法で締め固めた廃棄物地盤をさらに水平方向から締固めることにより、残存する空隙中に廃棄物を押し込んで廃棄物の容積を減らし、新たな埋立空間を確保するものである。

### 3 試験内容

#### 3.1 試験概要

今回実施した試験は、廃棄物減容化の要素開発試験として、廃棄物を圧密するための大型の機械器具、装置等の開発を行い、当該装置による処分場を模擬した砂地盤の減容化試験を実施したものである。一般的なMLT工法の特大型スクリーウの外径はφ650mmであるが、廃棄物処分場における作業効率を考慮し、新たに開発したφ1,500mmの特大型スクリーウを用いて試験を実施している。

試験項目としては、当該装置の施工性能を把握するための試験（施工性能把握試験）と処分場に設置してある擁壁や側面および底面遮水シートに対する影響を把握するための試験（作用圧力確認試験）の2種類である。試験実施フローを図-2に示す。

なお、試験は新潟県北蒲原郡聖籠町東港の弊社所有作業ヤードにおいて実施した。

#### 3.2 施工性能把握試験

施工性能把握試験では、新たに製作したMLT工法の特大型スクリーウ（φ1,500mm）をはじめとする使用機器の性能確認を行うとともに、孔壁の自立確認を行った。孔壁の自立は、孔壁部のアーチアクション効果によって成立するため、削孔径が大口径になるほど孔壁の自立は困難になる。そのため、大口径削孔に対する孔壁の自立確認を行うとともに施工方法、施工手順の確認を行った。

また、削孔前および削孔完了後の削孔周辺地盤高の変化と、削孔部への土砂投入量から減容化率の算定を行った。

試験に用いた特大型スクリーウの形状および写真を図-3、写真-2に示す。また、全周回オールケーシング掘削機（エクセル機380ps）による削孔状況を写真-3に示す。

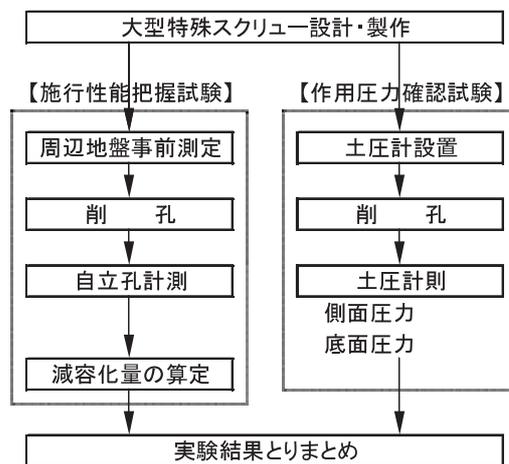


図-2 試験実施フロー

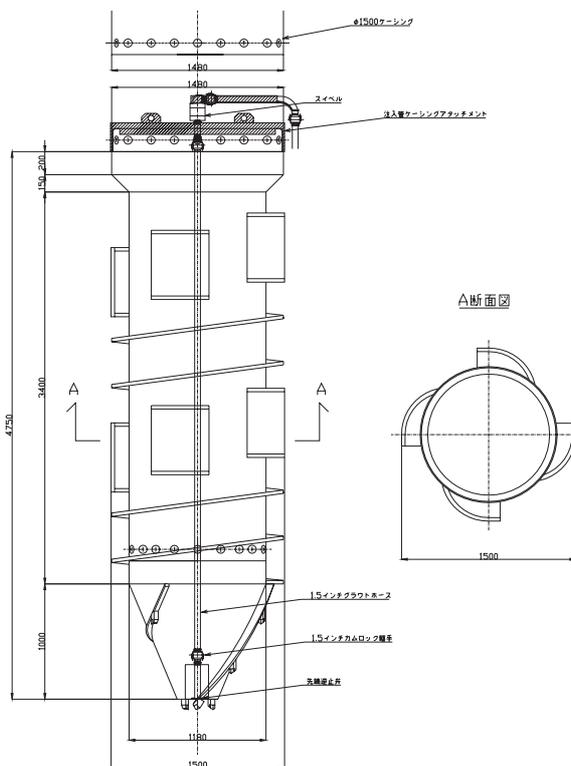


図-3 特大型スクリーウ



写真-2 特殊大型スクリュー



写真-3 削孔状況

### 3.3 作用圧力確認試験

作用圧力確認試験では、地盤内に土圧計を設置し、削孔の進行に伴い変化する作用側面圧力および底面圧力を連続計測した。また、測定された圧力から廃棄物処分場に構築される擁壁、側面および底面遮水シートの安全性に対する確認を行った。土圧計の設置位置概念図と土圧計設置状況を図-4と写真-4に示す。

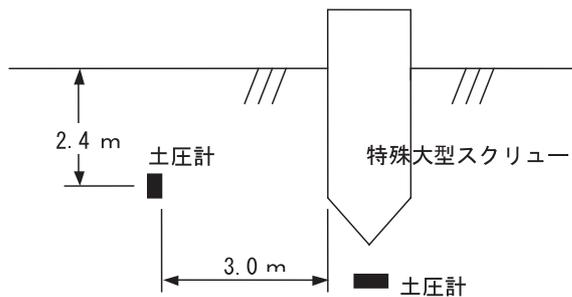


図-4 土圧計設置状況



写真-4 土圧計設置状況

## 4 試験結果

### 4.1 施工性能把握試験結果

削孔完了後、スクリューを引抜いた状態で孔壁自立状況について計測を行った。削孔深5mに対する孔壁の自立深は3m~2.4mの範囲であった。特殊大型スクリューについては、削孔効率を高めるためケーシング下端より上方2.3m間は圧密翼を設けていない。そのため、掘削下端より上方2.3m間は圧密されない状態であり、その影響により削孔深と自立深が相違したものと考えられる。

また、孔壁の自立確認とあわせ減容化率の測定を行った。減容化率の算定は、削孔前、削孔完了後、埋戻し完了後の削孔穴周辺地盤高さの測定と、埋戻しに用いた砂の検収により行った。削孔に伴う周辺地盤の変状（盛上がり）はなく、削孔体積に対する減容化率は38%であった。

今回の試験は、N値18の締まった砂地盤に対して行った。これに対し、減容化の対象としている廃棄物処分場は、今回試験を実施した砂地盤よりルーズな状態が想定されるため、エクセル機による大口径減容化は十分可能であると考えられる。

孔壁の自立形状を図-5に、孔壁の自立状況を写真-5に示す。

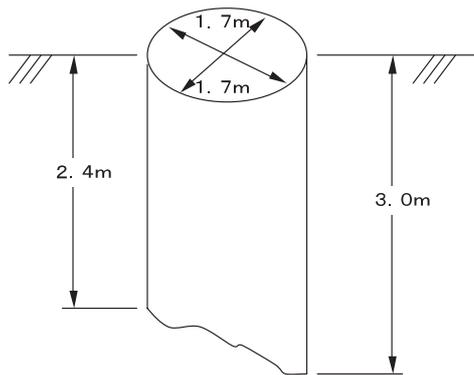


図-5 孔壁の自立形状

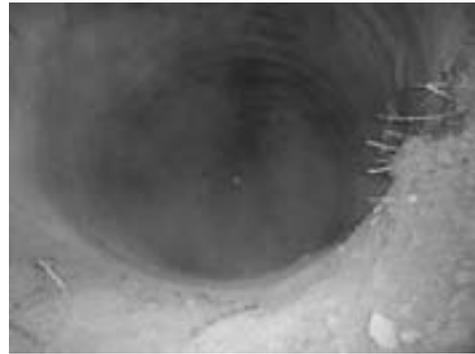


写真-5 孔壁自立状況

#### 4.2 作用圧力確認試験結果

削孔時の作用側面圧力計測結果を図-6に、作用底面圧力計測結果を図-7に示す。

削孔箇所から3m離れた土圧計設置箇所の作用側面圧力は、最大で0.28kgf/cm<sup>2</sup>であり、削孔に伴う圧力増加は、0.05 kgf/cm<sup>2</sup>と非常に軽微な値であった。また、削孔時の底面圧力は、オーガー先端を土圧計に近接させるに従って増加するものの、オーガー先端を土圧計から50cmに近接させた場合においても、増加土圧は0.39kgf/cm<sup>2</sup>であった。また、1mの離れにおける増加土圧は0.11kgf/cm<sup>2</sup>であった。土の単位体積重量を1.8tf/m<sup>3</sup>と仮定すれば、この値は、それぞれ2.2m、0.6m分の土被り加重による作用圧力と同程度であり、オーガ先端を近接させた場合においても、1m程度の離間距離を確保すれば、削孔に伴い底面に与える影響はほとんどないと考えられる。

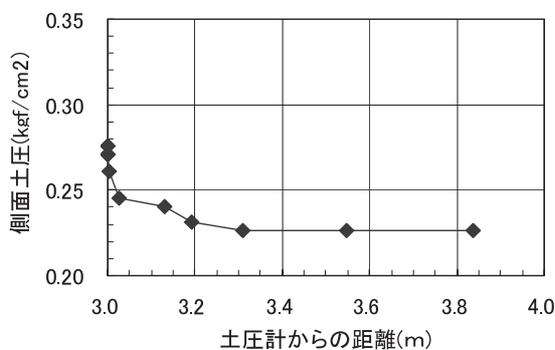


図-6 削孔時の作用側面圧力計測結果

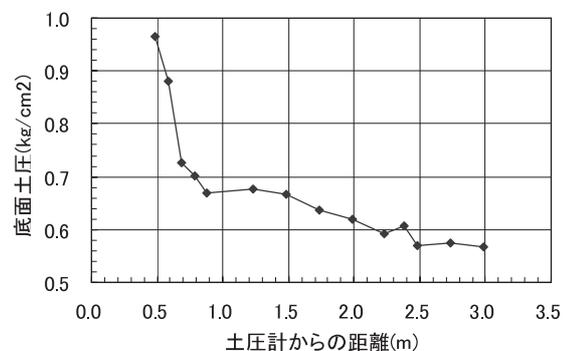


図-7 削孔時の作用底面圧力計測結果

#### 5 まとめ

今回の試験により、エクセル機を用いた特殊大型スクリーによる無排土削孔と孔壁の自立が可能であることが確認できた。また、削孔に伴い側面および底面に与える影響は軽微であり、スクリーからある程度の離間距離を確保すれば、擁壁や遮水シートの安全性に対して問題がないことも確認できた。

廃棄物処分場については、今回試験を行った砂地盤に比べルーズな状態が想定されるものの、廃棄物の性状により埋立状態が様々に相違することが予想される。実際の廃棄物処分場における減容化試験により、工法として精度を高め、廃棄物対策に資する技術として確立させていきたいと考える。

■主催 北陸地方建設事業推進協議会「平成20年度 建設技術報告会」実行委員会  
北陸地方整備局／新潟県／富山県／石川県／新潟市／東日本高速道路(株)新潟支社  
中日本高速道路(株)金沢支社／(社)日本土木工業協会北陸支部  
(社)日本道路建設業協会北陸支部／(社)建設コンサルタンツ協会北陸支部  
(社)日本建設機械化協会北陸支部／(社)新潟県建設業協会／(社)富山県建設業協会  
(社)石川県建設業協会／北陸土木コンクリート製品技術協会  
(社)プレストレスト・コンクリート建設業協会北陸支部／北陸PC防雪技術協会  
新潟県融雪技術協会／(財)新潟県建設技術センター／北陸地質調査業協会  
(社)日本埋立浚渫協会北陸支部／(社)北陸建設弘済会

北陸地方建設事業推進協議会「平成20年度 建設技術報告会」実行委員会事務局  
(国土交通省 北陸地方整備局 北陸技術事務所内)  
〒950-1101 新潟県新潟市西区山田 2310-5 TEL: 025-231-1281 (代)  
ホームページアドレス <http://www.hrr.mlit.go.jp/hokugi/>