

平成19年度  
建設技術報告会報文集

平成19年11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、その素晴らしいを十分に活かし、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の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、無駄なくスピード一にコスト縮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が、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12回目となります。

今回の33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、コスト縮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るものです。

建設技術報告会実行委員長  
平田 五男  
(北陸技術事務所長)

## 北陸地方建設事業推進協議会「平成19年度 建設技術報告会」プログラム

### = 第1会場【越後（東）】 =

#### ▼ 開会式・記念講演

9:20 ~ 9:30	開会式（開会挨拶）	北陸地方整備局 企画部長	橋場 克司
9:30 ~ 10:15	記念講演	北陸地方整備局 地方事業評価管理官	岩田 英二

#### ▼ 第1会場 報告技術

10:35 ~ 10:53	③	安定性に優れた被覆ブロックの開発 錦織 和紀郎	[㈱不動テトラ ブロック環境事業本部 技術部]
10:53 ~ 11:11	③	非鋼纖維を混入したトンネル覆工コンクリートの品質向上に関する検討 歌川 紀之	[佐藤工業㈱ 技術研究所]
11:11 ~ 11:29	③	超高強度纖維補強コンクリートブロックを用いた耐震補強工法 平松 一夫	[㈱奥村組 技術本部 建築部]
11:29 ~ 11:47	③	大成リアルタイム地震防災システムの開発と適用 坂下 克之	[大成建設㈱ 技術センター 土木技術研究所 土木構工法研究室]
11:47 ~ 12:05	③	無人化施工における3次元バックホウコントロールシステムの適用 藤沢 秀行	[㈱大本組 技術本部 技術開発部]
12:05 ~ 12:55		休憩	
12:55 ~ 13:13	③	災害用トイレの開発 坂内 幸介	[北陸地方整備局 北陸技術事務所]
13:13 ~ 13:31	③	空洞の存在により複雑な崩壊を生じた長岡市妙見町の県道地震灾害復旧 七沢 正人	[新潟県長岡地域振興局 災害復旧部 河川改良第一課]
13:31 ~ 13:49	③	中心市街地における雨水貯留管の整備 中島 正人	[新潟市下水道部 東部地域下水道事務所]
13:49 ~ 14:07	④	ダイオキシン類汚染底質の焼成無害化処理技術 ソイルクリーンシステム(ソックス工法)について 金井 実	[㈱本間組 土木事業本部 技術部]
14:07 ~ 14:25	④	瓦ダスト舗装HA(サーモスカラーコンクリート) 淀瀬 博文	[㈱佐藤渡辺 技術研究所]
14:25 ~ 14:43	④	表基層対応の振動軽減舗装の開発と適用事例 尾本 志展	[㈱NIPPOコーポレーション 技術研究所 研究第一グループ]
14:43 ~ 14:53		休憩	
14:53 ~ 15:11	④	加熱表面処理工法による路面維持 本間 悟	[福田道路㈱ 技術研究所]
15:11 ~ 15:29	④	アーバンクール(遮熱型)低臭タイプの開発 小柴 朋広	[世紀東急工業㈱ 技術本部 技術研究所]
15:29 ~ 15:47	④	粘性土における植生基盤改良実績と環境負荷低減への取組み 松川 晃之	[鹿島建設㈱ 北陸支店 土木部]
15:47 ~ 16:05	④	プラズマ岩盤破碎技術(PAB工法) 北原 成郎	[㈱熊谷組 土木事業本部 機材部]
16:05 ~ 16:23	④	新潟市内汚染サイト抽出微生物のバイオレメディエーション適応性の検討 小林 正利	[㈱福田組 技術部]
16:23 ~ 16:41	④	T R D発生泥土リサイクルシステムについて 五十嵐 秀樹	[㈱本間組 土木事業本部 技術部]

#### ▼ 総評・閉会

16:50 ~ 17:00	総評・閉会 北陸地方建設事業推進協議会「平成19年度 建設技術報告会」実行委員長 平田 五男 (北陸地方整備局 北陸技術事務所長)
---------------	---

技術報告テーマ：

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19年度 建設技術報告会」プログラム

### = 第2会場 【越後（西）】 =

#### ▼ 第2会場 報告技術

10:35 ~ 10:53	⑥	構造物診断装置の開発 佐藤 栄治	[北陸地方整備局 新潟港湾空港技術調査事務所]
10:53 ~ 11:11	⑥	新・新潟市民病院の建設技術 清水 隆志	[新潟市建築部 公共建築第1課]
11:11 ~ 11:29	⑥	特殊改質アスファルトによるリフレクションクラック抑制工法 島崎 勝	[大成ロテック㈱ 技術研究所]
11:29 ~ 11:47	②	アルミナセメント系耐硫酸性モルタル 佐藤 英頼	[㈱加賀田組 事業企画本部]
11:47 ~ 12:05	②	鉄筋腐食抑制含浸系表面保護工法 プロテクトシリC I T 柏崎 隆幸	[㈱アドヴァンス 技術部]
12:05 ~ 12:55		休憩	
12:55 ~ 13:13	②	全ての鋼材を被覆仕様としたプレテン桟の製作と架設～質場橋施工報告～ 武田 祐二	[オリエンタル建設㈱ 北陸支店]
13:13 ~ 13:31	②	小規模アンダーパス工法(C O M P A S S 工法)の開発 加藤 健	[鉄建建設㈱]
13:31 ~ 13:49	②	高強度R C プレキャスト舗装版の開発とその施工例 若山 裕泰	[㈱ガイアートT・K 新事業推進室]
13:49 ~ 14:07	②	道路建設工事における情報化施工 山口 達也	[鹿島道路㈱ 機械部]
14:07 ~ 14:25	②	遮水型排水性舗装工法(P O S M A C) 小河 浩幸	[東亜道路工業㈱ 北陸支社 技術部]
14:25 ~ 14:43	②	フォームドアスファルトを用いた予防的維持工法の検討 荒尾 慶文	[日本道路㈱ 技術部 技術グループ]
14:43 ~ 14:53		休憩	
14:53 ~ 15:11	②	韌性モルタルライニング工法 仲丸 政美	[㈱アドヴァンス 技術部]
15:11 ~ 15:29	①	耐久性の向上を目的とした低空隙率の開粒度アスファルト混合物に関する検討 高橋 光彦	[大成ロテック㈱ 技術研究所]
15:29 ~ 15:47	①	空気を熱媒とする路面融雪装置A C C E S S の開発 藤野 丈志	[㈱興和 水工部]
15:47 ~ 16:05	⑤	新潟東西道路を対象としたC C T V 映像を活用した交通調査実験 松田 真宜	[エヌシーアイ(㈱)]
16:05 ~ 16:23	⑤	側溝修繕用暗渠蓋（リペアリッド）の開発 長崎 文博	[藤村ヒューム管(㈱) 開発部]

技術報告テーマ：

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	
安定性に優れた被覆ブロックの開発	13
非鋼纖維を混入したトンネル覆工コンクリートの品質向上に関する検討	17
超高強度繊維補強コンクリートブロックを用いた耐震補強工法	21
大成リアルタイム地震防災システムの開発と適用	25
無人化施工における3次元バックホウコントロールシステムの適用	29
災害用トイレの開発	33
空洞の存在により複雑な崩壊を生じた長岡市妙見町の県道地震災害復旧	37
中心市街地における雨水貯留管の整備	41
ダイオキシン類汚染底質の焼成無害化処理技術 ソイルクリーンシステム（ソックス工法）について	45
瓦ダスト舗装HA（サーモスカラーコンクリート）	49
表基層対応の振動軽減舗装の開発と適用事例	53
加熱表面処理工法による路面維持	57
アーバンクール（遮熱型）低臭タイプの開発	61
粘性土における植生基盤改良実績と環境負荷低減への取組み	65
プラズマ岩盤破碎技術（PAB工法）	69
新潟市内汚染サイト抽出微生物のバイオレメディエーション適応性の検討	73
TRD発生泥土リサイクルシステムについて	77
3. 第2会場 報告技術	
構造物診断装置の開発	81
新・新潟市民病院の建設技術	85
特殊改質アスファルトによるリフレクションクラック抑制工法	89
アルミナセメント系耐硫酸性モルタル	93
鉄筋腐食抑制含浸系表面保護工法 プロテクトシルCIT	97
全ての鋼材を被覆仕様としたプレテン桁の製作と架設～質場橋施工報告～	101
小規模アンダーパス工法（COMPASS工法）の開発	105
高強度RCプレキャスト舗装版の開発とその施工例	109
道路建設工事における情報化施工	113
遮水型排水性舗装工法（POS MAC）	117
フォームドアスファルトを用いた予防的維持工法の検討	121
韌性モルタルライニング工法	125
耐久性の向上を目的とした低空隙率の開粒度アスファルト混合物に関する検討	129
空気を熱媒とする路面融雪装置ACCESSの開発	133
新潟東西道路を対象としたCCTV映像を活用した交通調査実験	137
側溝修繕用暗渠蓋（リペアリッド）の開発	141

# 技 術 概 要

## 安定性に優れた被覆ブロックの開発

テーマ：自然災害からの安全確保

主な施工場所：河川(海岸)

技術の概要：安定性が極めて高く、経済性や環境との共生にも優れた新しい被覆ブロックを開発した。人工リーフの被覆材に用いた場合、従来の被覆ブロックの1/3～1/8の質量で安定性を確保でき、幅広い設計条件に対して4t以下のブロックを使用できる。ブロックの大型化、工費の増大といった従来の被覆ブロックの課題を解決した。

氏名	勤務先	TEL・FAX	勤務先所在地
発表者 錦織 和紀郎	株式会社不動テトラ ブロック環境事業本部技術部	TEL 03-5644-8585 FAX 03-5644-8587	〒103-0016 東京都中央区 日本橋小網町7-2 ペンてるビル11F

開発年度：H17.4～H19.3

適用実績：なし

公的機関の認定等：なし

発表の経過：なし

非鋼纖維を混入したトンネル覆工コンクリートの  
品質向上に関する検討

テーマ：自然災害からの安全確保

主な施工場所：道路

技術の概要：本報告では、非鋼纖維を混入した覆工コンクリートの配合試験を行い、ベース配合(3種類)、非鋼纖維(3種類)および混入率(2水準)が曲げ靶性に及ぼす影響を検証した。その結果、曲げ靶性1.40N/mm<sup>2</sup>以上を満足するには、ベース配合および非鋼纖維の種類にかかわらず、混入率0.3%が不可欠であった。

氏名	勤務先	TEL・FAX	勤務先所在地
発表者 歌川 紀之	佐藤工業株式会社 技術研究所	TEL 046-270-3091 FAX 046-270-3093	〒243-0213 神奈川県厚木市森の里青山14-10

開発年度：なし

適用実績：なし

公的機関の認定等：なし

発表の経過：なし

## 超高強度纖維補強コンクリートブロックを用いた耐震補強工法

テーマ：自然災害からの安全確保

主な施工場所：共通

技術の概要：鉄筋コンクリート造または鉄骨鉄筋コンクリート造の既存骨組の内側に、超高強度纖維補強コンクリートブロックを組積した補強壁を増設し、ブロック相互間および既存骨組とブロックの間をエポキシ樹脂により接着接合を行う耐震補強工法である。規則性のある小開口を設けることができ、通風・採光・デザイン性を有する。

氏名	勤務先	TEL・FAX	勤務先所在地
発表者 平松 一夫	株式会社奥村組 技術本部建築部	TEL 03-5427-8587 FAX 03-5427-8104	〒108-8381 東京都港区芝5-6-1

開発年度：H17.4.1～H19.3.31

適用実績：なし

公的機関の認定等：建築技術認証・証明事業における建築技術性能証明  
H19.3 財團法人日本建築総合試験所

発表の経過：2007年度日本建築学会大会 H19.8.29

## 第一会場

### 大成リアルタイム地震防災システムの開発と適用

テーマ：自然災害からの安全確保

主な施工場所：共通

技術の概要：避難安全性やBCPのための有効な技術として、大成リアルタイム地震防災システムを開発した。同システムは、気象庁の緊急地震速報を受信し、地震の大きな揺れが到達する前に揺れ大きさと到達時刻を予測・配信するシステムであり、パソコン表示、警告灯、館内放送等の警報ツールを有する。いくつかの適用例を紹介する。

氏名	勤務先	TEL・FAX	勤務先所在地
発表者 坂下 克之	大成建設株式会社 技術センター 土木技術研究所 土木構工法研究室	TEL 045-814-7231 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：H16.12.1～H18.4.1

適用実績：石油精製プラント新設工事 H18.7.1～H19.8.31 新日本石油精製株式会社

公的機関の認定等：なし

発表の経過：大成建設技術センター報 第39号 H18.12

### 無人化施工における

テーマ：自然災害からの安全確保

#### 3次元バックホウコントロールシステムの適用

主な施工場所：砂防

技術の概要：本システムは、2台のGPSおよびブーム、アーム、バケットに取り付けた各チルトセンサー等の情報からバケットの刃先位置を3次元座標を求めることができ、予め3次元設計データを作成しておくことで、丁張り無しの施工が可能となるシステムである。このシステムを雲仙普賢岳の無人化施工に適用し実用性の確認を行った。

氏名	勤務先	TEL・FAX	勤務先所在地
発表者 藤沢 秀行	株式会社大本組 技術本部技術開発部	TEL 086-227-5156 FAX 086-227-5176	〒700-8550 岡山県岡山市内山下1-1-13

開発年度：H18.2.17～H18.11.30

適用実績：赤松谷川4号床固工工事 H18.2.17～H18.11.30 九州地方整備局

公的機関の認定等：なし

発表の経過：日経コンストラクション H18.11.10 技術フラッシュ

### 災害用トイレの開発

テーマ：自然災害からの安全確保

主な施工場所：共通

技術の概要：近年の災害で、避難所のトイレを我慢しようとして体調を崩したり、高齢者や要援護者が仮設トイレを使えないなどが社会問題となり、災害時におけるトイレ整備が必要な状況となっている。このため、災害時のトイレについて、現状の問題点や確保すべき機能等を整理・検討し、災害用トイレを試作したものである。

氏名	勤務先	TEL・FAX	勤務先所在地
発表者 坂内 幸介	北陸地方整備局 北陸技術事務所	TEL 025-231-9922 FAX 025-231-1283	〒950-1101 新潟県新潟市西区山田2310番地5

開発年度：なし

適用実績：なし

公的機関の認定等：なし

発表の経過：北陸地方整備局管内事業研究会 H19.9

**空洞の存在により複雑な崩壊を生じた  
長岡市妙見町の県道地震災害復旧**

テーマ：自然災害からの安全確保

主な施工場所：道路

技術の概要：中越大震災により長岡市妙見町の県道にて大崩落が発生した。信濃川に傾斜する流れ盤形状の崩壊が上流横渡地区の国道被災箇所にも生じたが、妙見においては更に磨き砂採掘跡空洞の存在により複雑な崩壊形状となった。本報告では、すべり頭部残存土塊の抑止アンカー工と空洞充填工とを組み合わせた復旧工事について報告する。

氏名	勤務先	TEL・FAX	勤務先所在地
発表者 七沢 正人	新潟県長岡地域振興局 災害復旧部 河川改良第一課	TEL 0258-38-2683 FAX 0258-38-2654	〒940-0865 新潟県長岡市四郎丸町173-2

開発年度：なし

適用実績：一般県道小千谷長岡線16年災道路災害復旧工事  
H18.1.20～H19.3.25 新潟県土木部

公的機関の認定等：なし

発表の経過：なし

**中心市街地における雨水貯留管の整備**

テーマ：自然災害からの安全確保

主な施工場所：道路

技術の概要：新潟駅の北側に位置する万代地区は、標高が低く平坦地であることから集中豪雨時の浸水被害が問題となっている。  
当事業は浸水被害の解消を目的に、泥土圧シールド工法で2800mmの雨水貯留管を整備する事業であり、中心市街地の直轄国道の地下という制約の多い現場状況のもとで工事を行っている。

氏名	勤務先	TEL・FAX	勤務先所在地
発表者 中島 正人	新潟市下水道部 東部地域下水道事務所	TEL 025-281-9560 FAX 025-281-9566	〒950-1146 新潟県新潟市 中央区太右エ門新田1422番地3

開発年度：なし

適用実績：万代排水区局所貯留排水施設設置工事（新潟市中央区南万代町他 地内）  
H16.12.17～H20.2.15 新潟市長 篠田 昭

公的機関の認定等：なし

発表の経過：なし

**ダイオキシン類汚染底質の焼成無害化処理技術  
ソイルクリーンシステム(ソックス工法)について**

テーマ：環境の保全と創造

主な施工場所：河川

技術の概要：本システムの無害化処理技術は、焼成処理により底質のダイオキシン類の無害化を図るものである。国交省河川局河川環境課の公募技術として、実証試験および実用化試験を経て『底質ダイオキシン類対策技術一資料集』(平成19年3月)に掲載されたものである。報告会では、本システムおよび各種試験結果の概要を報告する。

氏名	勤務先	TEL・FAX	勤務先所在地
発表者 金井 実	株式会社本間組 土木事業本部 技術部	TEL 025-229-8459 FAX 025-223-5040	〒951-8650 新潟県新潟市 中央区西湊町通三ノ町3300番地3

開発年度：S58～H19.1

適用実績：H16.12～H19.12 国土交通省河川局河川環境課、底質ダイオキシン類対策技術公募

公的機関の認定等：なし

発表の経過：雑誌『HEDORO(ヘドロ)』 社団法人底質浄化協会発行 H18.2

## 第一会場

### 瓦ダスト舗装HA(サーモスカラーコンクリート)

テーマ：環境の保全と創造

主な施工場所：道路

技術の概要：開発目的：粉碎した廃瓦を骨材として用いた歩道用コンクリート舗装、廃瓦の有効利用として開発、開発成果：特には瓦本来が持つ保水性から得られる路面温度の低減効果、瓦が持つ色合い、表面仕上げ方法による景観性、現場混合の他生コン工場利用など、課題：吸水率が非常に高く、表面水管理が難しい。

氏名	勤務先	TEL・FAX	勤務先所在地
発表者 淀瀬 博文	株式会社佐藤渡辺 技術研究所	TEL 029-885-8148 FAX 029-885-8157	〒300-0420 茨城県稻敷郡美浦村郷中2801-1

開発年度：H16.3

適用実績：東雲地区環境整備工事 H18.12～H19.3 北陸地方整備局高田河川国道事務所

公的機関の認定等：富山県リサイクル認定制度 H18.7 富山県生活環境文化部環境政策課  
石川県リサイクル認定制度 H18.9 石川県環境部環境政策課

発表の経過：なし

### 表基層対応の振動軽減舗装の開発と適用事例

テーマ：環境の保全と創造

主な施工場所：道路

技術の概要：バイロペーブは、路床・路盤を強化することなく、表基層部分で交通振動を軽減するアスファルト舗装です。特に、都市部での幹線道路などで、短期間の工事で交通振動の改善を図りたい場合に効果的です。

氏名	勤務先	TEL・FAX	勤務先所在地
発表者 尾本 志展	株式会社NIPPOコーポレーション 技術研究所 研究第一グループ	TEL 03-3471-8541 FAX 03-3450-8806	〒140-0002 東京都品川区東品川3-32-34

開発年度：H12.11.1～H18.3.31

適用実績：9号長板地区外環境整備工事 H19.3.13～ 近畿地方整備局豊岡河川国道事務所

公的機関の認定等：なし

発表の経過：第10回北陸道路舗装会議 H18.6.6

### 加熱表面処理工法による路面維持

テーマ：環境の保全と創造

主な施工場所：道路

技術の概要：加熱表面処理工法は、路上表層再生工法の技術を用いた低コストの表面処理工法で、新規材料の使用や舗装廃材の発生は少なく、それに伴う運搬も少ないため、リサイクルや環境負荷の軽減に有効な技術である。この技術は、路上表層再生工法の利点を生かし、部分的な改良を行ったもので、舗装の予防的維持・修繕においての適用価値は高い。

氏名	勤務先	TEL・FAX	勤務先所在地
発表者 本間 悟	福田道路株式会社 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番地

開発年度：H18.4.1～H19.5.31

適用実績：なし

公的機関の認定等：なし

発表の経過：日本道路会議 H19.11.1～H19.11.2 (エントリー済)

**アーバンクール(遮熱型)低臭タイプの開発**

テーマ：環境の保全と創造

主な施工場所：道路

**技術の概要：**遮熱性舗装は、太陽エネルギーの吸収を抑制する特殊な遮熱塗料により、夏季のヒートアイランド現象の緩和、熱帶夜の減少、歩行者環境の改善等に寄与するが、施工時の臭気が課題となっている。本技術は、塗料の改良等により、従来の1/3程度に臭気を低減した車道用遮熱性舗装である。

氏名	勤務先	TEL・FAX	勤務先所在地
発表者 小柴 朋広	世紀東急工業株式会社 技術本部 技術研究所	TEL 0282-55-2711 FAX 0282-54-1036	〒329-4304 栃木県下都賀郡 岩舟町大字静和1081-2

開発年度：H14. 11

適用実績：鶴屋町一丁目時間貸駐車場新設工事 H17. 9. 26～H17. 9. 26 東急ライフィア株式会社

公的機関の認定等：新技術情報提供システム(NETIS) H18. 7 国土交通省関東地方整備局関東技術事務所  
[アーバンクール(遮熱型) (KT-060055-A)]

発表の経過：(社)道路建設業協会 第15回舗装技術に関する懸賞論文

**粘性土における植生基盤改良実績と環境負荷低減への取組み**

テーマ：環境の保全と創造

主な施工場所：共通

**技術の概要：**粘性が強く透水性のほとんどない灰色泥岩が主体の劣悪な現地土壤において、植生基盤として良好な基盤改良を行うため、2年間にわたる試験施工を実施し、環境に配慮した施工方法の改善を行なながら約45,500m<sup>2</sup>の基盤改良を完了したので、その施工実績について報告する。

氏名	勤務先	TEL・FAX	勤務先所在地
発表者 松川 晃之	鹿島建設株式会社 北陸支店 土木部	TEL 025-243-3766 FAX 025-246-8953	〒950-8550 新潟県新潟市中央区万代1-3-4

開発年度：H15. 12. 1～H17. 12. 31

適用実績：谷浜地区都市公園整備事業敷地造成その2工事  
H18. 4. 1～H18. 9. 30 上越市土地開発公社

公的機関の認定等：なし

発表の経過：なし

**プラズマ岩盤破碎技術(PAB工法)**

テーマ：環境の保全と創造

主な施工場所：共通

**技術の概要：**近年、土木工事も都市化に伴い住宅地や近接構造物等の騒音、振動など周辺環境に与える影響対策が重要な問題となってきた。こうした背景により「水と電気だけで岩を割る」ことに注目し開発した環境に優しいプラズマによる破碎技術である。課題として施工性及び施工能力の更なる向上に取組んでいる。

氏名	勤務先	TEL・FAX	勤務先所在地
発表者 北原 成郎	株式会社熊谷組 土木事業本部 機材部	TEL 03-3235-8627 FAX 03-5261-5576	〒162-8557 東京都新宿区津久戸町2番1号

開発年度：H12. 5～H12. 8

適用実績：安中地区歩道設置工事 H16. 3. 27～H17. 3. 11 国土交通省高崎河川国道事務所

公的機関の認定等：新技術情報提供システム(NETIS) H16. 11 国土交通省  
[PAB工法(プラズマによる破碎技術) (KK-040024)]

発表の経過：建設の機械化 H14. 7. 25

**新潟市内汚染サイト抽出微生物の  
バイオレメディエーション適応性の検討**

テーマ：環境の保全と創造

主な施工場所：共通

**技術の概要：**地方都市においては地価が安いため経済的理由から土壤汚染対策が遅れている。地方都市の土地流動化を促すための安価な対策技術が求められ、バイオレメディエーションが注目されている。本報告では新潟市内汚染サイトから石油分解微生物を抽出し、それらのバイオレメディエーション適応性について検討した結果を報告する。

氏名	勤務先	TEL・FAX	勤務先所在地
発表者 小林 正利	株式会社福田組 技術部	TEL 025-227-5511 FAX 025-227-3522	〒951-8061 新潟県新潟市 中央区西堀通2番町778号

開発年度：なし

適用実績：なし

公的機関の認定等：なし

発表の経過：なし

**TRD発生泥土リサイクルシステムについて**

テーマ：環境の保全と創造

主な施工場所：共通

**技術の概要：**本システムは、発生泥土を泥土と砂分に分け、泥水を施工に再利用することで従来工法の50%の排泥減量化を可能とし、砂分は土木材料の埋戻し等に有効利用するリサイクルシステムである。報告会では、平成15～16年に新潟県内で施工した実績に基づき、システムの概要および施工結果を報告するものである。

氏名	勤務先	TEL・FAX	勤務先所在地
発表者 五十嵐 秀樹	株式会社本間組 土木事業本部 技術部	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番地3

開発年度：H12.6～H15.3

適用実績：3・4・11西新発田五十公野線道路改良工事 H15.11～H16.2 新潟県新発田土木事務所

公的機関の認定等：なし

発表の経過：協会アクションプログラム実行発表会 H17.5 新潟県建設業協会主催

## 構造物診断装置の開発

テーマ：その他

主な施工場所：港湾

技術の概要：ケーソンを用いた重力式防波堤の維持管理においては、ケーソンの滑動等を未然に防ぐためにケーソン内部の状態を把握しなければならないが、これには厚さ4～5mの上部工を削孔する必要があった。連続波レーダーを利用した構造物診断装置により、上部工を削孔することなくケーソン内部の状態を探査することが可能になった。

	氏名	勤務先	TEL・FAX	勤務先所在地
発表者	佐藤 栄治	北陸地方整備局 新潟港湾空港技術調査事務所	TEL 025-222-6115 FAX 025-227-3225	〒951-8011 新潟県新潟市中央区入船町4-3778

開発年度：H11

適用実績：なし

公的機関の認定等：なし

発表の経過：土木学会 第59回年次学術講演会 H16.9.8

## 新・新潟市民病院の建設技術

テーマ：その他

主な施工場所：共通

技術の概要：新・新潟市民病院は、ウィリアム・オスラーの理念に基づく『患者とともににある全人的医療』を基本理念とし、地域連携による市民医療の確保に努めながら、質の高い総合的な医療の実現と医療関係者の安心・安全の確保を目指し、免震構造やCFT構造を取り入れ、地域の中核的な基幹病院・災害拠点病院として整備するものです。

	氏名	勤務先	TEL・FAX	勤務先所在地
発表者	清水 隆志	新潟市建築部 公共建築第1課	TEL 025-228-1000 FAX 025-229-5190	〒951-8550 新潟県新潟市 中央区学校町通1-602-1

開発年度：なし

適用実績：新潟市民病院移転新築工事 H17.2.3～H19.10.15 新潟市長 篠田 昭

公的機関の認定等：なし

発表の経過：なし

## 特殊改質アスファルトによるリフレクションクラック抑制工法

テーマ：その他

主な施工場所：道路

技術の概要：新潟県関川村の一般国道113号では、コンクリート舗装上のアスファルトオーバーレイ層にリフレクションクラックが発生し、舗層等により修繕工事を実施していた。その一部区間において、特殊改質アスファルトを使用したSMAによる試験施工を実施した。その概要と供用後3.5年経過時の追跡調査結果を報告する。

	氏名	勤務先	TEL・FAX	勤務先所在地
発表者	島崎 勝	大成ロテック株式会社 技術研究所	TEL 048-541-6511 FAX 048-541-6500	〒365-0027 埼玉県鴻巣市上谷1456番地

開発年度：H12.4.1～H14.3.31

適用実績：関川舗装修繕工事 H15.3.7～H15.11.28 北陸地方整備局新潟国道事務所

公的機関の認定等：新技術情報提供システム(NETIS) H19.3 国土交通省関東地方整備局関東技術事務所  
[リラクスアスファルト (KT-060129-A)]

発表の経過：第10回北陸道路舗装会議 H18.6.6

## アルミナセメント系耐硫酸性モルタル

テーマ：良いものを安く

主な施工場所：共通

技術の概要：下水道関連施設のコンクリートにおいては、硫酸による化学的腐食の耐久性を向上させることが課題となっている。化学的腐食によって変状を生じたコンクリートに対する断面修復材として、耐硫酸性に優れ、施工性を向上させたアルミナセメント系耐硫酸性モルタルを開発し、その暴露試験結果の報告を行う。

	氏名	勤務先	TEL・FAX	勤務先所在地
発表者	佐藤 英頼	株式会社加賀田組 事業企画本部	TEL 025-247-9162 FAX 025-241-4957	〒950-8586 新潟県新潟市中央区八千代1-5-32

開発年度：なし

適用実績：なし

公的機関の認定等：なし

発表の経過：第24回土木学会関東支部新潟会 研究調査発表会  
H18.11.21 暴露試験の経過報告を行った

## 鉄筋腐食抑制含浸系表面保護工法 プロテクトシルCIT

テーマ：良いものを安く

主な施工場所：道路

技術の概要：プロテクトシルCITは、コンクリート表面に塗布するだけで深く浸透し、その外観を変えることなく塩化物イオンの浸入を阻止する吸水防止層を形成するとともに、鉄筋の不動態皮膜を再生、強化し、腐食を抑制します。

	氏名	勤務先	TEL・FAX	勤務先所在地
発表者	柏崎 隆幸	株式会社アドヴァンス 技術部	TEL 025-244-4131 FAX 025-244-4136	〒950-0912 新潟県新潟市中央区南笹口1-12-12

開発年度：なし

適用実績：なし

公的機関の認定等：新技術情報提供システム(NETIS) H18.6 国土交通省  
[鉄筋腐食抑制工法「プロテクトシルCIT」(HR-060004-V)]

発表の経過：なし

全ての鋼材を被覆仕様としたプレテン桁の製作と架設  
～質場橋施工報告～

テーマ：良いものを安く

主な施工場所：共通

技術の概要：塩害対策仕様のプレテンション方式の単純中空床版桁橋として、初めて被覆PC鋼材(スープロ鋼材)と被覆鉄筋(スープロ鉄筋)をセットで使用した橋梁である。本稿にてその製作および架設について報告を行う。

	氏名	勤務先	TEL・FAX	勤務先所在地
発表者	武田 祐二	オリエンタル建設株式会社 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丁目3番7号

開発年度：H3

適用実績：質場橋上部工工事 H18.11～H19.4 新潟県佐渡地域振興局

公的機関の認定等：建設技術審査証明書(第0319号) H16.2 財団法人土木研究センター

発表の経過：なし

## 小規模アンダーパス工法(COMPASS工法)の開発

テーマ：良いものを安く

主な施工場所：道路

技術の概要：道路と鉄道、道路と道路等の単独立体交差(アンダーパス)構造物の施工に用いる新しい工法として、COMPASS工法を開発した。本工法は、歩道断面等の小規模な構造物を対象としており、ワイヤーソーによる地盤切削と鋼板挿入による簡易な防護工と礫、玉石の切削能力の確保により工法全体のコストダウンを図っている。

	氏名	勤務先	TEL・FAX	勤務先所在地
発表者	加藤 健	鉄建建設株式会社	TEL 03-3221-2293 FAX 03-3239-1685	〒101-8366 東京都千代田区三崎町2-5-3

開発年度：H15.4.1～H18.3.31

適用実績：JR烏山線滝・烏山間国道294号線道橋(歩道)新設工事  
H19.1.22～H20.3.31 JR東日本

公的機関の認定等：なし

発表の経過：土木建設技術シンポジウム2006 H18.7.31 「小規模アンダーパス工法の開発」

## 高強度RCプレキャスト舗装版の開発とその施工例

テーマ：良いものを安く

主な施工場所：道路

技術の概要：従来のPPC(プレストレス)プレキャスト版に変わる舗装版で現在、重交通箇所で急速施工などの目的で採用されています。版同士を繋ぐ特殊継手が特徴で、繋結した版が一体構造となり、隅角・目地部の耐久性が向上する。また、簡単にリフトアップができるため、ライフコストサイクルコストの低減が可能となった。

	氏名	勤務先	TEL・FAX	勤務先所在地
発表者	若山 裕泰	株式会社ガイアートT・K 新事業推進室	TEL 03-5261-9213 FAX 03-5261-9649	〒162-0814 東京都新宿区新小川町8-27

開発年度：H15.3.31

適用実績：津川舗装修繕その他8工事等で全14箇所  
H14.1～H19.2 国土交通省・横浜埠頭公社・NEXCO・徳島県 等

公的機関の認定等：新技術情報提供システム(NETIS) H17.3 国土交通省中部地方整備局  
[高強度RCプレキャスト舗装版(CB-020006)]

発表の経過：土木学会 論文集 H18.4 Vol.62 No.2, 181-193

## 道路建設工事における情報化施工

テーマ：良いものを安く

主な施工場所：道路

技術の概要：三次元マシンコントロールシステム(3D-MC)は設計、測量、施工の管理データを一元化し、直接、施工機械を制御することが可能である。本報告はトータルステーションタイプ及び高精度GPSタイプの3D-MCシステムを搭載した建設機械の道路建設における有効性及び今後の建設現場における情報化施工に関して述べる。

	氏名	勤務先	TEL・FAX	勤務先所在地
発表者	山口 達也	鹿島道路株式会社 機械部	TEL 03-5802-8015 FAX 03-5802-8046	〒112-8566 東京都文京区後楽1-7-27

開発年度：H12.4.1～H16.3.31

適用実績：北海道縦貫自動車道剣淵舗装工事(他) H15.7.1～H17.3.31 旧 日本道路公団(他)

公的機関の認定等：新技術情報提供システム(NETIS) H15.10 国土交通省  
[三次元マシンコントロールモータグレーダ(HK-030023-A)]

発表の経過：建設機械(2003年3月号) H15.3 その他多数

## 第二会場

### 遮水型排水性舗装工法(POSMAC)

テーマ：良いものを安く

主な施工場所：道路

技術の概要：本技術は、混合物層の下部に遮水機能を有する排水性舗装を一層で構築する技術であり、省資源、省エネルギー、施工時間の短縮、大幅なコスト縮減が期待できる。

氏名	勤務先	TEL・FAX	勤務先所在地
発表者 小河 浩幸	東亜道路工業株式会社 北陸支社 技術部	TEL 0250-21-4255 FAX 0250-21-4260	〒956-0015 新潟県新潟市秋葉区川口580-26

開発年度：H16年度

適用実績：中田町舗装修繕工事 H17.8.12～H17.12.26 北陸地方整備局新潟国道事務所

公的機関の認定等：新技術情報提供システム(NETIS) H16 国土交通省  
[遮水型排水性舗装(POSMAC) (KT-040084-A)]

発表の経過：第14回舗装技術に関する懸賞論文・道路建設 H17.7

### フォームドアスファルトを用いた予防的維持工法の検討

テーマ：良いものを安く

主な施工場所：道路

技術の概要：舗装の性能低下を遅延させる目的で比較的低コストな方法で維持を行う、「予防的維持」の考え方方に注目、我が国の道路事情に適応した予防的維持工法の開発を目的として、フォームドアスファルトをチップシール工法に適用した「フォームドドレッシング工法」を検討し、室内試験、試験施工による評価を行った。

氏名	勤務先	TEL・FAX	勤務先所在地
発表者 荒尾 慶文	日本道路株式会社 技術部 技術グループ	TEL 03-3571-4896 FAX 03-3289-4489	〒105-0004 東京都港区新橋1-6-5

開発年度：H15.4～H17.9

適用実績：応急修繕工事(埼玉県東松山市葛袋) H18.9 埼玉県

公的機関の認定等：なし

発表の経過：第15回舗装技術に関する懸賞論文 H19.5.22

### 韌性モルタルライニング工法

テーマ：良いものを安く

主な施工場所：河川

技術の概要：特殊軽量ポリマーセメントモルタルに纖維を混入した韌性モルタルを使用することにより、高い耐久性・耐摩耗性を発揮する新しいライニング工法です。

氏名	勤務先	TEL・FAX	勤務先所在地
発表者 仲丸 政美	株式会社アドヴァンス 技術部	TEL 025-244-4131 FAX 025-244-4136	〒950-0912 新潟県新潟市中央区南笹口1-12-12

開発年度：なし

適用実績：なし

公的機関の認定等：新技術登録制度 H17.12 社団法人農業農村整備情報センター

発表の経過：なし

**耐久性の向上を目的とした低空隙率の  
開粒度アスファルト混合物に関する検討**

テーマ：雪に強い地域づくり

主な施工場所：道路

**技術の概要：**積雪寒冷地での冬期の摩耗等に対する耐久性の向上を目的に、低空隙率とした開粒度アスファルト混合物について検討した。その結果、空隙率を10%程度とすることで、耐久性の向上が可能なほか、開粒度アスファルト混合物としての機能も保持できる混合物配合を得ることができた。現在、実路における供用性を確認中である。

氏名		勤務先	TEL・FAX	勤務先所在地
発表者	高橋 光彦	大成ロテック株式会社 技術研究所	TEL 048-541-6511 FAX 048-541-6500	〒365-0027 埼玉県鴻巣市上谷1456番地

開発年度：H18.10

適用実績：なし

公的機関の認定等：なし

発表の経過：なし

**空気を熱媒とする路面融雪装置ACCESSの開発**

テーマ：雪に強い地域づくり

主な施工場所：道路

**技術の概要：**空気を熱媒体とする空気融雪ACCESSは、タイルを敷くだけで暖かい空気が循環する融雪部を構成できる、施工及び補修が容易なシステムである。実験施設による融雪試験を通じ、空気の風量と温度および放熱量の関係を理論的に検討した結果、ボイラ等の熱源設備の温排気により十分な融雪効果を得られることが確認された。

氏名		勤務先	TEL・FAX	勤務先所在地
発表者	藤野 丈志	株式会社興和 水工部	TEL 025-281-8816 FAX 025-281-8835	〒950-8565 新潟県新潟市中央区新光町6番地1

開発年度：H14.4～H16.3

適用実績：月浦ランプ橋消雪設備工事(空気熱媒体融雪工) H18.9.27～H19.3.23 金沢河川国道事務所  
平成18年度空気熱媒体融雪システム適用性調査業務委託 H18.9.27～H19.3.23 北陸技術事務所

公的機関の認定等：新技術情報提供システム(NETIS) H17.6 北陸地方整備局  
[空気融雪ACCESS (HR-050001-V)]

発表の経過：寒地技術シンポジウム H18.11.30

**新潟東西道路を対象としたCCTV映像を活用した交通調査実験**

テーマ：ゆとりと福祉

主な施工場所：道路

**技術の概要：**交通量や旅行速度調査は人手観測が基本であり調査コスト、自専タイプの道路では交通安全上の観点などの問題がある。一方で新潟東西道路には高密度にCCTVが設置されている。本報告では、新潟東西道路のCCTV映像を解析し、交通量・旅行速度の取得を行うシステム開発とその精度検証、実用化に向けた課題を整理する。

氏名		勤務先	TEL・FAX	勤務先所在地
発表者	松田 真宜	エヌシーアイー株式会社	TEL 025-285-8540 FAX 025-285-3531	〒950-0964 新潟県新潟市 中央区網川原1丁目4番11号

開発年度：H18

適用実績：CCTVを活用した交通データの自動取得  
H19.1～H19.3.15 北陸地方整備局新潟国道事務所

公的機関の認定等：なし

発表の経過：The 10th INTERNATIONAL CONFERENCE OF HONG KONG SOCIETY FOR TRANSPORTATION STUDIES H17.12.10

## 側溝修繕用暗渠蓋(リペアリッド)の開発

テーマ：ゆとりと福祉

主な施工場所：道路

技術の概要：本技術は、老朽化した歩道の既設側溝の上部を撤去し、蓋のみを交換して修繕する工法に用いる側溝修繕用蓋です。

蓋の上面にアスファルト舗装を被せて蓋のガタツキ、段差が解消でき、尚且つスマートに雨水排水ができる排水機構も備えており、歩道バリアフリー、維持管理に配慮した高機能な歩道に修繕できます。

氏名	勤務先	TEL・FAX	勤務先所在地
発表者 長崎 文博	藤村ヒューム管株式会社 開発部	TEL 0257-22-3144 FAX 0257-21-4624	〒945-0061 新潟県柏崎市栄町7-8

開発年度：H17.12

適用実績：湯沢国道管内構造物補修工事 H18.2.6～H18.3.14 国土交通省東北地方整備局

公的機関の認定等：なし

発表の経過：なし

# 第一会場 報 告 技 術

# 安定性に優れた被覆ブロックの開発

(株)不動テトラ ブロック環境事業本部技術部 担当部長 ○錦織 和紀郎  
北陸ブロック環境営業部 部長 西田 耕一  
総合技術研究所水理研究室 室長 松本 朗

## 1 はじめに

近年、海岸・港湾構造物が設置される水深帯においても来襲波高が大きくなってきており、被災等を受け難い構造物が望まれている。このことは人工リーフの場合にも同様であり、その被覆材等に使用される被覆ブロックは、高波浪の来襲にも耐え得る高い安定性に加え、経済性にも優れたブロックが求められている。

被覆ブロックの経済性を向上させる1つの方法は、使用するコンクリート量を低減させることであり、そのためにはブロックを薄型化することが考えられる。しかしながら、波浪による被覆ブロックの被災は、作用する鉛直波力（揚圧力）が被覆ブロックの自重を上回ることにより生じることが従来から指摘されている。ブロックの薄型化は波力に対する抵抗力を減じることになるため、薄型化による経済性の向上と安定性の向上の両立は難しいという課題があった。

そこで、安定性および経済性に優れた新しい被覆ブロックを開発することを目的に、基礎的な水理模型実験や数値解析を実施し、安定性の向上に効果の高い開口部の大きさや配置を系統的に検討した。また、それらの結果を基に新しい被覆ブロックの形状設計を行うとともに、現地への適用性を確認するため、人工リーフを対象とした安定実験等を実施した。

## 2 ブロックの設計

### 2.1 ブロック開口部の分散効果の検討

まず、開口部の分散効果を調べるために、開口部を集中して1個設けた場合と、分散して複数設けた場合に作用する鉛直波力の測定を行った。試験体は、外寸の等しい以下の3通りである。

- 1) 試験体1：開口部なしの試験体
- 2) 試験体2：平面積で20%の開口部を中心部に有する試験体
- 3) 試験体3：平面積で10%の開口部を2箇所（合計20%）波の進行方向に分散して有する試験体

実験結果を図-1に示す。ここで、鉛直波力（揚圧力）Fは、水の単位体積重量 $w_0$ 、波高Hおよび開口部を除く平面積Aで無次元化し（無次元揚圧力f、式(1)）、図-1の縦軸は、各試験体に作用するfと開口部のない試験体1の場合のf（=f1）の比として表示している。

$$f = F / w_0 \cdot H \cdot A \quad (1)$$

図-1より、開口部を設けた試験体2および試験体3の無次元揚圧力は、試験体1に比べて小さいことが判る。開口部のあるブロックは平面積Aも小さい（80%）ので（厚さは同一のため重量もAに比例して80%）、自重の減少以上に揚圧力が低減する。また、試験体2と試験体3を比較すると、10%の開口部を波の進行方向に分散させて2個設けた試験体3の方が、20%の開口部を中心に集中させ

た試験体2よりも揚圧力が効果的に低減され、浮き上がりに対する安全性が向上することが判る。この結果に基づき、開口部は分散して配することとした。

## 2.2 ブロック開口部の位置の検討

分散させる開口部の位置については、数値計算<sup>1)</sup>を行い、最も揚圧力低減効果が高くなる位置に配することとした。

計算は2次元で行い、20%の開口部を中央に集中させた場合（図-2中① $e = 0$ ）および10%の開口部（2箇所）の間隔 $e$ を変化させた場合（図-2中②～⑥）の計6種類を対象とした。図-2は、計算結果として、開口部の間隔を変化させた場合の揚圧力の合力 $F_z$ を、開口部を中央に集中させた場合のそれ $F_z(e=0)$ との比で示したものである。

図-2より、開口部の間隔 $e$ をブロック長 $L$ の0.5倍となるように配置したときに揚圧力の合力が最小となる。

## 2.3 ブロックの形状設計

以上の検討結果に基づき、形状設計を行った新しい被覆ブロックの形状を図-3に示す。4箇所の長円形開口部と中央1箇所の円形開口部の合計面積は、1個のブロックの支配面積（基本長の2乗）の19.4%になる。また、4箇所の長円形開口部の中心は、ブロック基本長の約0.5倍の間隔とした。

なお、従来の被覆ブロックの開口部面積は、1個のブロックの支配面積の2～6%程度である。また、大半のブロックは開口部がブロック中央にしかないため、充分な揚圧力低減効果が得られていないものと考えられる。

## 3 人工リーフ被覆材としての安定性

開発した被覆ブロックの現地への適用を図るために、人工リーフの被覆材とした場合を対象に安定実験を実施した。

### 3.1 実験条件および実験方法

図-4に実験断面を示す。ブロックの質量を現地量で4tとすると実験縮尺は1/52であり、実験に用いた捨石は、「人工リーフ設計の手引き(改訂版)」<sup>2)</sup>を参考に、10～500kg/個(模型量で0.06～1.5g/個)程度の混合粒径の碎石とした。実験条件を表-1に示す。実験では、不規則波(有義波周期 $T_{1/3}=1.5\text{ s}$ 、2.0s)を作成させ、ブロックの挙動を観察した。このとき、ブロックの大きさの半分以上の移動やめくれ上がりを被害と定義した。実験では、ブロックの移動が生じないような小さな波から作用させ、波高を増加させていき安定限界を把握した。また、同一波高レベルでの波の作用は、1000波を標準とした。なお、波高を増加させる際、ブロックの積直しは行わなかった。

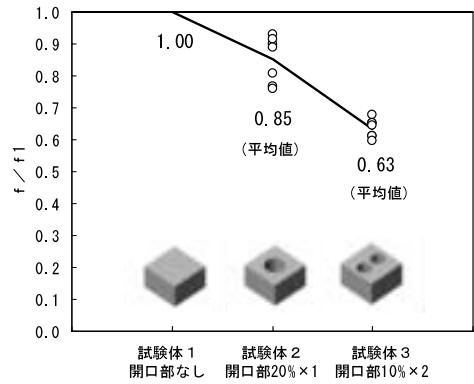


図-1 開口部分散の効果

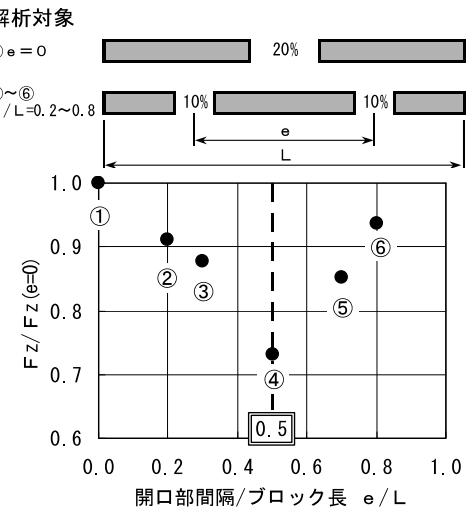


図-2 開口部の位置の検討



図-3 新しい被覆ブロック

表-1 実験条件

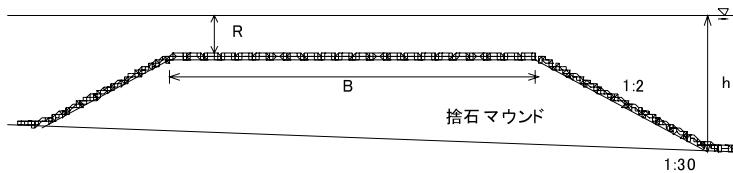


図-4 実験断面

法先水深 $h$	25cm
ブロック天端上水深 $R$	0~10cm
天端幅 $B$	100cm
法面勾配	1:2
海底勾配	1/30
不規則波	修正Bretschneider -光易型スペクトル
有義波周期 $T_{1/3}$	1.5s, 2.0s
ブロック模型質量	29.3g

### 3.2 実験結果

実験結果を図-5に示す。図-5の横軸はブロック天端上水深  $R$  と作用有義波高  $H_{1/3}$  の比、縦軸は安定数  $N_s$  である。ここで、図-5は無被害(被害率  $D = 0\%$ )における安定数(被害の生じなかつた最大の波高に対する安定数)の平均的な値を示している。実験においては波高を漸増させているため、図-5に示した実線が安定限界に相当する。ここで、周期が安定性に及ぼす影響は小さかった。

図-5には従来の被覆ブロックの安定数  $N_s$  の範囲を併記しているが、開発した被覆ブロックは、従来の被覆ブロックと比較して著しく安定性が向上し、安定数  $N_s$  は1.4~2.0倍程度である。波浪の作用に対する被覆ブロックの安定質量  $M$  はプレブナー・ドネリー式(式(2))により求められ、安定数  $N_s$  の3乗に反比例する。このことより、開発した被覆ブロックは、同一の設計条件に対して、従来の被覆ブロックの1/3~1/8の質量で安定性を確保できる。

$$M = \frac{\rho_r \cdot H_{1/3}^3}{N_s^3 \cdot (S_r - 1)^3} \quad (2)$$

ここに、 $\rho_r$ :コンクリート密度、 $\rho_w$ :海水の密度、 $S_r$ :コンクリートの海水に対する比重( $= \rho_r / \rho_w$ )、 $H_{1/3}$ :法先水深における設計有義波高である。

開発した被覆ブロックの質量を4tとし、図-5の安定数を基にブロック天端上水深と安定限界波高の関係を求める図-6のようになる。図-6より、安定限界波高は6.1~7.0mであり、開発した被覆ブロックは4tのような小型のブロックでも現地の人工リーフへの適用性が高い。

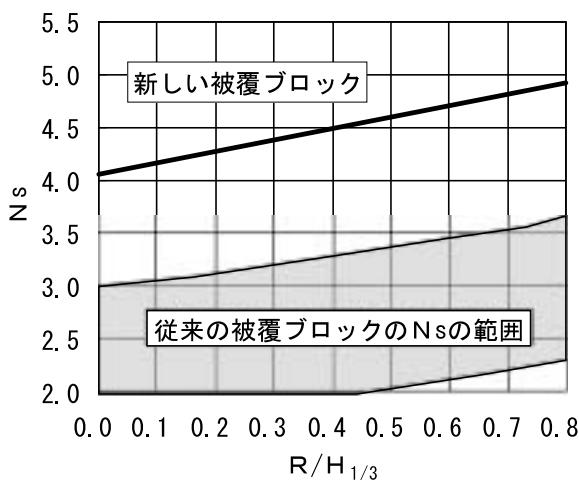


図-5 安定実験結果

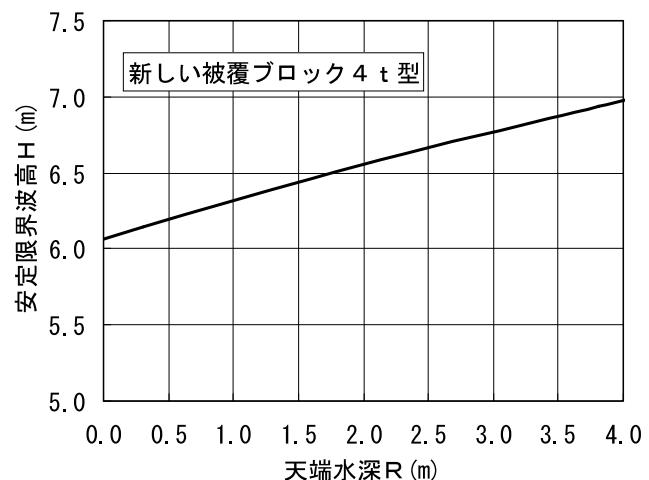


図-6 4t型の安定限界波高

### 4 経済性

被覆ブロックの製作・据付費においては、生コンに関わる工費(材料・打設)の割合が最も大きく、

概ね50～70%を占めている。単位被覆面積当たりに使用する生コン量を4 t型で比較すると、開発した被覆ブロックは $0.32\text{m}^3/\text{m}^2$ 、従来の被覆ブロックは $0.40\sim0.67\text{m}^3/\text{m}^2$ である（20～50%程度低減）。また、開発した被覆ブロックは安定性が高いため、従来の被覆ブロックよりも小型のブロックを使用することができ、このような生コン量の差は更に大きくなる。

以上のことより、開発した被覆ブロックは、経済性においても優れていると言える。

## 5 環境との共生

近年、人工リーフの建設をはじめとした公共事業においては、防災機能に加えて、海域環境との共生機能も求められるようになってきている。一般に、海域に設置したコンクリートブロックは、多様な生物生息の場を提供することが知られており、このコンクリートの基質上に着生する海藻等は、特にブロックの稜線付近に着生し易い傾向にある<sup>3)</sup>。また、魚類や貝類等の移動性の動物は、ブロック内部や配列により形成される空隙を棲み家、隠れ家として利用する。

このようなことから、海藻等の着生し易い稜線の長さを4 t型で比較すると、従来の被覆ブロックの稜線長が18～27mであるのに対し、開発した被覆ブロックの稜線長は約33mとかなり長い。また、多くの空隙を有するため、海域生物の多様な生育環境を提供するブロックであることが判る。

## 6. むすび

安定性、経済性および環境との共生機能に優れた被覆ブロックを開発した。その特徴および現地への適用性をまとめると、次の通りである。

### 1) 安定性

- ・従来の被覆ブロックと比較して著しく安定性が高い。人工リーフの被覆材に用いた場合、同一の設計条件に対して、従来の被覆ブロックの1/3～1/8の質量で安定性を確保できる。
- ・4 t型の場合の安定限界波高は6.1～7.0mであり、小型のブロックであっても現地の人工リーフ被覆材としての適用性が高い。

### 2) 経済性

- ・同質量の従来の被覆ブロックに比べ、生コン量を20～50%程度低減できる。また、安定性が高いため、従来の被覆ブロックよりも小型のブロックを使用することができ、経済性に優れる。

### 3) 環境との共生

- ・海藻等の着生し易い稜線が長く、また、多くの空隙を有するため、海域生物の多様な生育環境を提供する。

## 参考文献

- 1) 磯部雅彦ら：数値波動水路の耐波設計への適用に関する研究－VOF法基本プログラムの作成－，海洋開発論文集，Vol. 15, pp. 321-326, 1999.
- 2) (社)全国海岸協会：人工リーフの設計の手引き(改訂版)，95p., 2004.
- 3) 山本秀一ら：相模湾西部海域におけるカジメ場造成試験，水産土木，Vol. 23, No. 1, pp. 13-18, 1986.

# 非鋼纖維を混入した トンネル覆工コンクリートの品質向上に関する検討

佐藤工業(株) 技術研究所

主任研究員 ○歌川紀之

佐藤工業(株) 技術研究所

主任研究員 宇野洋志城

佐藤工業(株) 土木事業本部技術部 課長

小泉直人

## 1 まえがき

道路トンネルや鉄道トンネルでは、覆工コンクリートからのコンクリート片のはく離やはく落防止が維持管理を進める上での課題となっている。はく離、はく落の原因は、多くは施工時の充てん不良、締固め不足やコールドジョイントなどと考えられている。そこで、近年、高速道路などの大断面トンネルを中心に、はく離やはく落を防止し長期的な耐久性を向上させるため、鋼纖維やポリプロピレンやビニロンなどの化学纖維を混入させた纖維コンクリートが用いられるケースが増えている。

本報告では、現在、高速道路のトンネルで用いられている非鋼纖維コンクリートの配合に比較し、低コストかつ高品質で、施工性が良い、新たな配合を考え、配合実験によりその適用性を検討した。新たな配合として、セメントの一部をフライアッシュに置換えた低発熱配合および石灰石微粉末を加えた高流動配合を検討した。そこで、3種類の配合（NEXCO 標準配合〔現状配合〕、低発熱配合、高流動配合）に対し、トンネル覆工で使用実績のある3種類の非鋼纖維（PP：ポリプロピレン、PVA：ビニロン、PET：ポリエチレンテレフタレート）を0.3%混入し、スランプや空気量などのフレッシュ性状試験および曲げじん性試験などを実施した。また、コストの追求のため、纖維混入率を0.2%に下げた配合も検討対象とした。

これらの結果から、新しい配合の纖維補強コンクリートの適用の可能性を判断するとともに、纖維の量や種類が、曲げじん性に与える影響を検討した。

## 2 配合試験

配合試験では、最初にフレッシュ性状を満足するように、3種類の示方配合を決定した。本試験では、上述したように、配合3種類、纖維3種類、混入率2水準の計18ケースの試験を実施した。

### 2. 1 配合決定のための基準

NEXCO の纖維補強覆工コンクリート（T3-1）の基準（トンネル施工管理要領〔纖維補強覆工コンクリート編〕平成18年10月）に準拠し、配合を決定した。ここで用いた基準を表・1に示す。

表・1 配合決定のための基準

スランプ	空気量	単位セメント量	単位水量	水セメント比	圧縮強度 (材齢28日)	曲げじん性 (材齢28日)	フロー値
15±2.5cm	4.5±1.5%	270kg/m <sup>3</sup> 以上	175 kg/m <sup>3</sup> 以下	55%以下	18N/mm <sup>2</sup>	曲げじん性試験の供試体4本の設計基準線0.545N/mm <sup>2</sup> を下回らず、平均が管理基準線1.4N/mm <sup>2</sup> 以上	50cm程度以上

## 2. 2 使用した繊維

現在、トンネル覆工で実際に用いられている材質が異なる PP、PVA、PET の 3 種類の繊維を試験に用いた。各繊維の物理的性質を表-2 に示す。それぞれの繊維で、形状（長さ、断面積）が異なることが分かる。また、PP は密度は小さいこと、PVA は引張強度が大きいこと、PET は PVA と同様な密度、PP と同等な引張強度を有することが分かる。

1 本当たりの付着強度と引張強度から、ハッチ部分の強度で各繊維の抵抗力が決まる。理想的に繊維中心に切断面がある場合は、PP は引張で切断し、PVA および PET は付着部分で破壊することが予想され、1 本当たりの強度は PP がもっとも大きいことが分かる。さらに繊維混入量を加味し、1m<sup>3</sup> 当たりの引張抵抗力に換算すると、PP が 3 種類の繊維の中では大きな引張抵抗力を有することが分かる。

表-2 各繊維の物理的性質 (\*繊維混入率 0.3% の場合)

品名	素材	繊維長 (mm)	直径 (mm)	断面積 (mm <sup>2</sup> )	質量 (mg)	密度 (g/cm <sup>3</sup> )	付着強度 (N/本)	引張強度 (N/本)	引張抵抗力 *(kN/m <sup>3</sup> )	繊維本数 *(本/m <sup>3</sup> )
PP	ポリプロピレン	48	0.90 (幅) 0.50 (厚)	0.385	16.82	0.91	217.5	204.2	33143	162,307
PVA	ポリビニール アルコール樹脂	42	0.66	0.342	18.67	1.30	151.4	296.5	31630	208,891
PET	ポリエチレン テレフタレート	40	0.70	0.400	21.12	1.32	164	209.6	30754	187,500

## 2. 3 示方配合

示方配合を決定するために配合試験を実施し、表-3～表-5 に示す配合をベース配合とした。それぞれの材料の諸元を表-6 に示す。

表-3 NEXCO 標準配合

Gmax (mm)	W/Cw (%)	水結合材比* (%)	空気量 (%)	s/a (%)	水結合材比* = W/(C+FA+LS)						
					W	C	FA	LS	S	G	Ad
20	51.5	51.5	4.5	52.0	175	340	0	0	888	838	P×0.8%

表-4 低発熱配合

Gmax (mm)	W/Cw (%)	水結合材比* (%)	空気量 (%)	s/a (%)	水結合材比* = W/(C+FA+LS)						
					W	C	FA	LS	S	G	Ad
20	59.9	51.5	4.5	52.0	175	292	48	0	883	830	P×0.7%

表-5 高流動配合

Gmax (mm)	W/Cw (%)	水結合材比* (%)	空気量 (%)	s/a (%)	水結合材比* = W/(C+FA+LS)						
					W	C	FA	LS	S	G	Ad
20	54.9	35.0	4.5	60.0	175	319	0	181	934	634	P×1.0%

表-6 各材料の諸元

セメント (C)	フライアッシュ (FA)	石灰石微粉末 (LS)	細骨材(S)	粗骨材(G)	混和剤(Ad)
高炉セメント B 種, 密度:3.24g/cm <sup>3</sup> , 比表面積: 3780cm <sup>2</sup> /g	フライアッシュ II 種, 密度:2.28 g/cm <sup>3</sup> , 比表面積: 4100 cm <sup>2</sup> /g	密度:2.71g/cm <sup>3</sup> , 比表面積: 4730 cm <sup>2</sup> /g	厚木市飯山華厳産砂岩 系碎石, 表乾密度:2.56 g/cm <sup>3</sup> , 吸水率:2.5%, 粗粒率:2.90	厚木市飯山華厳産砂岩 系碎石, 表乾密度:2.61 g/cm <sup>3</sup> , 吸水率:2.5%, 実積率:58.1%, 粗粒率:6.77	高性能 AE 減水 剤 (ポリカルボ ン酸エーテル 系), 密度:1.07 g/cm <sup>3</sup>

## 2. 4 試験結果

フレッシュ性状および硬化後性状の試験結果を表-7に示す。圧縮強度試験はJIS A 1108〔コンクリートの圧縮強度試験方法〕、曲げじん性試験はJSH 730-2003〔繊維補強覆工コンクリートの曲げ靱性試験方法〕に準拠し実施した。

表-7 試験結果

配合	物性値	ベース	PP 0.2%	PP 0.3%	PVA 0.2%	PVA 0.3%	PET 0.2%	PET 0.3%
NEXCO標準	スランプ(cm)	19.0	13.0	12.5	16.0	16.0	17.5	17.5
	空気量(%)	3.2	3.2	3.8	3.0	3.2	4.2	3.7
	練上り温度(℃)	16.5	18.0	18.5	19.0	17.5	19.5	19.0
	圧縮強度(N/mm <sup>2</sup> )	43.9	52.9	50.5	49.1	47.8	47.9	50.0
	曲げ強度(N/mm <sup>2</sup> )	4.97	3.99	4.21	5.38	3.87	5.62	3.62
	曲げ靱性(N/mm <sup>2</sup> )	—	1.33	2.18	1.13	1.79	1.00	1.31
	繊維本数 引張／有効	—	27/46	41/81	44/90	51/98	43/78	45/87
低発熱	スランプ(cm)	20.5	17.0	17.0	14.5	15.5	16.0	17.5
	空気量(%)	3.1	3.4	3.5	3.3	3.5	3.3	3.9
	練上り温度(℃)	17.5	19.0	19.0	18.5	19.0	17.0	17.0
	圧縮強度(N/mm <sup>2</sup> )	36.1	42.3	39.9	41.7	40.3	39.8	42.2
	曲げ強度(N/mm <sup>2</sup> )	4.45	3.98	3.59	3.44	3.67	3.63	3.54
	曲げ靱性(N/mm <sup>2</sup> )	—	1.15	1.88	1.17	1.82	1.11	1.34
	繊維本数 引張／有効	—	30/55	54/92	43/81	63/122	27/55	43/85
高流動	スランプ(cm)	60.0×60.0	57.0×55.0	57.0×57.0	60.0×56.0	52.0×50.0	62.0×60.0	57.0×55.0
	空気量(%)	3.1	3.6	4.2	3.5	3.0	3.9	4.6
	練上り温度(℃)	18.0	19.0	19.0	18.5	18.0	16.5	16.5
	圧縮強度(N/mm <sup>2</sup> )	58.4	61.8	62.4	60.3	61.7	60.6	60.6
	曲げ強度(N/mm <sup>2</sup> )	5.89	4.47	4.86	4.66	4.67	4.64	4.42
	曲げ靱性(N/mm <sup>2</sup> )	—	1.39	1.67	1.17	1.87	1.25	1.75
	繊維本数 引張／有効	—	40/70	48/95	38/73	70/133	27/60	49/96

### 2. 4. 1 フレッシュ性状

表-7から、NEXCO 標準配合および低発熱配合では全ての配合で、空気量  $4.5 \pm 1.5\%$  と非鋼繊維混入時のスランプ  $15 \text{ cm} \pm 2.5 \text{ cm}$  の基準値を満足している。また、高流動配合においても空気量  $4.5 \pm 1.5\%$  と高流動コンクリートの基準となるフレッシュ性状（スランプフロー50cm 以上程度）を満足していることを確認した。

### 2. 4. 2 硬化後性状

図-1に圧縮強度と曲げ強度の関係を示す。図-1に示すように、圧縮強度については、すべての配合で基準となる強度 ( $18 \text{ N/mm}^2$ ) を満足している。また、配合の種類により、圧縮強度が異なり、低発熱配合( $40 \text{ N/mm}^2$ )<標準配合( $50 \text{ N/mm}^2$ )<高流動配合( $60 \text{ N/mm}^2$ )の順番となっている。低発熱配合はセメントをフライアッシュで置換えたためにやや強度は低くなったものと考えられる。なお、高流動配合で、強度が大きくなった理由は微粉末効果の表れと考えられる。

図-2に曲げ強度と曲げじん性の関係を示す。図-2に示すように曲げ強度と曲げじん性の間には相関は認められない。全ての配合で混入率0.2%では、曲げじん性の基準値 $1.40\text{N/mm}^2$ を満足していない。また、PPとPVAの混入率0.3%では、どの配合でも基準値を満足しているが、PETはNEXCO標準配合、低発熱配合では基準値を満足していない。このような場合は、混入率を増やす必要があるものと考えられる。

破断面で観察された纖維の有効本数と曲げじん性の関係を各纖維ごとに図-3に示す。各纖維とともに本数が増えることにより、曲げじん性が大きくなっていることが分かる。近似直線の傾き（本数に対する強度）はPPが大きい。これは、表-2に示したように、PPの引張抵抗力が大きいことと符号する。一方、PVAは纖維本数を多くすることで、曲げじん性の基準をクリアするものと考えられる。

### 3まとめ

トンネル覆工の新しい纖維コンクリートの配合を検討した結果、通常の纖維混入量0.3%では、低発熱型および高流動型の配合の適用性が確かめられた。また、はく離、はく落抑制効果となる曲げじん性については、コンクリートの圧縮強度、曲げ強度よりも、纖維本数および引張抵抗性の大きさに影響を受けることが分った。

参考文献：馬場弘二、伊藤哲男、城間博通：覆工コンクリートのはく離・はく落抑制を目指した鋼纖維補強仕様の確立に関する研究、日本道路公団試験研究所報告、pp.91-108,vol.39(2002-11).

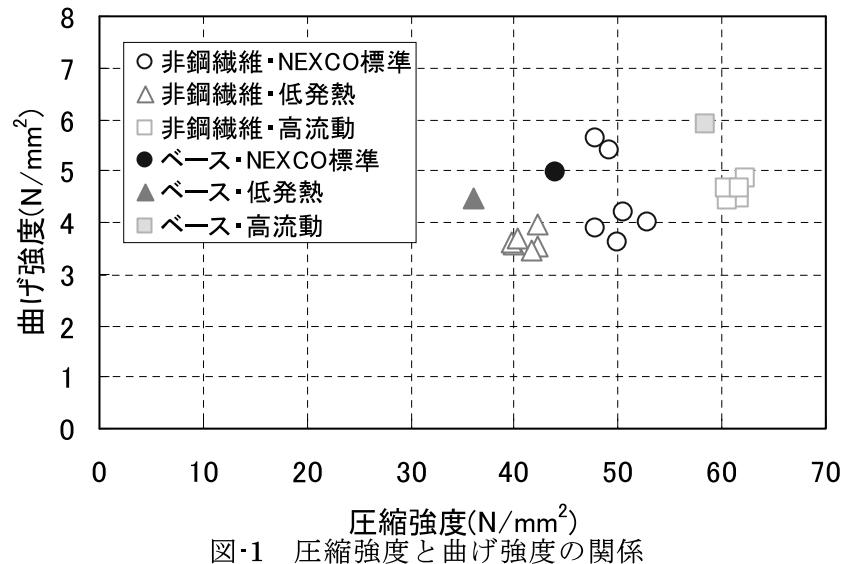


図-1 圧縮強度と曲げ強度の関係

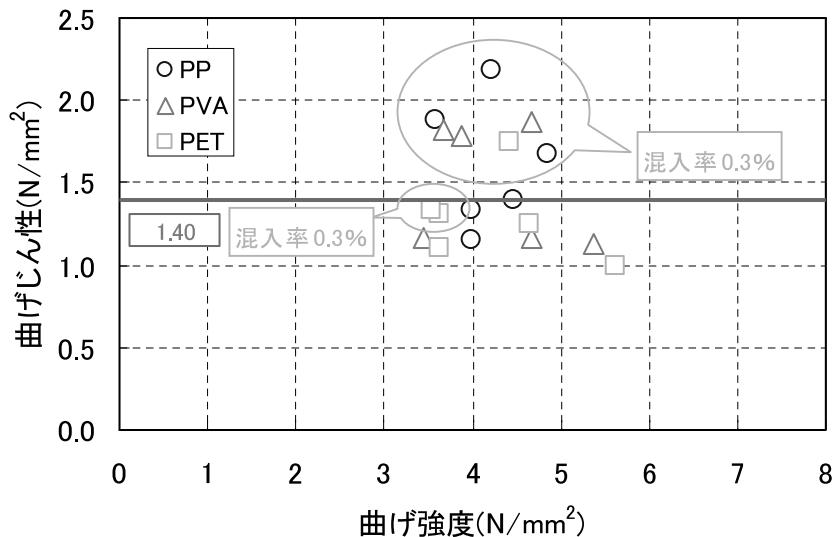


図-2 曲げ強度と曲げじん性の関係

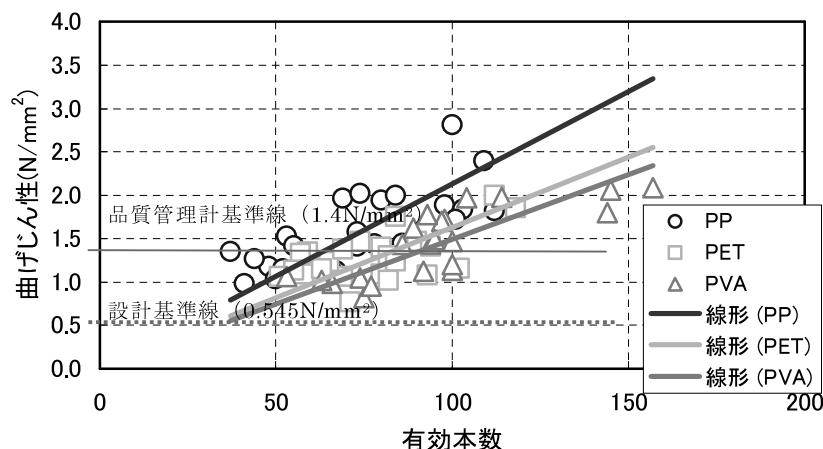


図-3 有効本数と曲げじん性の関係 (全供試体)

図-3には品質管理計基準線( $1.40\text{N/mm}^2$ )と設計基準線( $0.545\text{N/mm}^2$ )が示されている。

# 超高強度繊維補強コンクリートブロックを用いた耐震補強工法

(株) 奥村組 技術本部建築部 技術開発課課長 平松 一夫

## 1 まえがき

近年、鉄筋コンクリート造または鉄骨鉄筋コンクリート造の既存建物の耐震補強工法として、居ながらの施工を可能とする「アンカー無し工法」や「通風や意匠性を有する耐震壁」など新しい工法が増加している。今般、超高強度繊維補強コンクリートブロックを用いた、あと施工アンカーが不要な耐震補強工法（以後、超高強度繊維補強コンクリートブロック工法と記述）を開発した。要素実験ならびに架構の水平加力実験を行い増設耐震壁として有効であることを確認できたので、その結果について報告する。

## 2 工法の概要

超高強度繊維補強コンクリートブロック工法（図-1）は、既存骨組の内側に超高強度繊維補強コンクリート製のブロックを組積し、ブロック相互及び既存骨組とブロックをエポキシ樹脂により接着接合する耐震補強工法である。ブロックは、基本タイプの八角形ブロックと既存骨組との取り合い部分に設置する台形ブロックおよびコーナー部の三角形ブロックなどで構成され、八角形ブロックには穴開きタイプと無開口のウェブタイプがある。基本タイプのブロックが八角形であるため、壁面に規則性のある開口を設けることができ、通風・採光を確保したデザイン性のある耐震補強壁を構築できる。

## 3 接着接合部の一面せん断実験

エポキシ樹脂を用いて接着する超高強度繊維補強コンクリートブロックと既存骨組との接合部のせん断強度を確認するため、接着接合部の一面せん断実験を行った。

### 3. 1 試験体概要

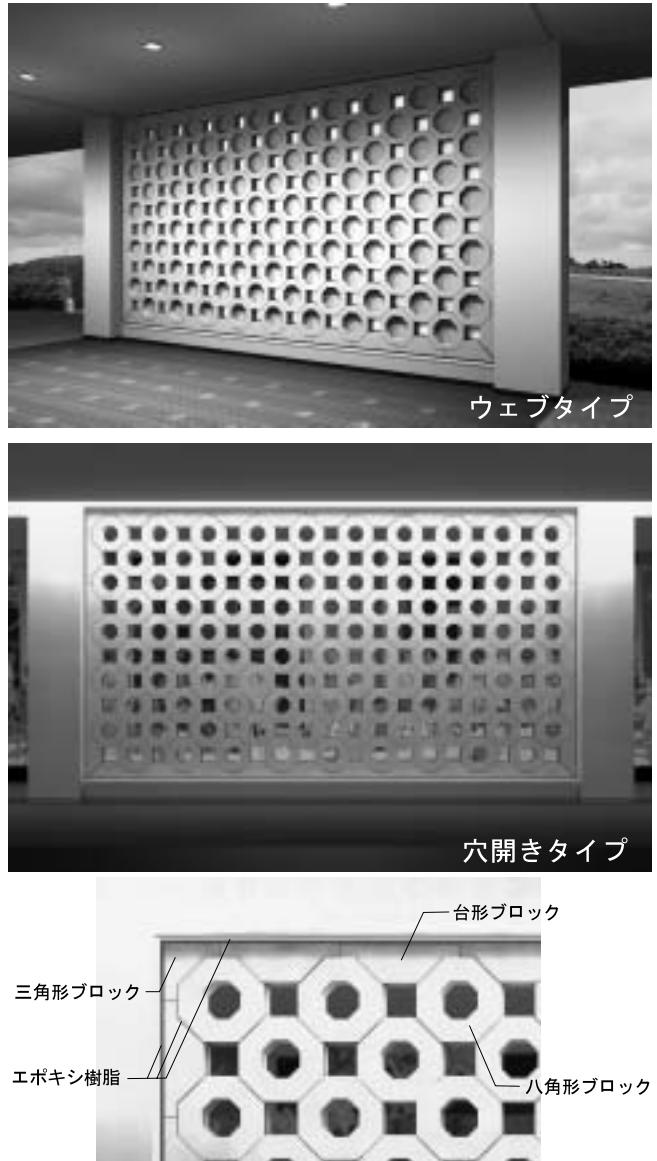


図-1 本工法の概要

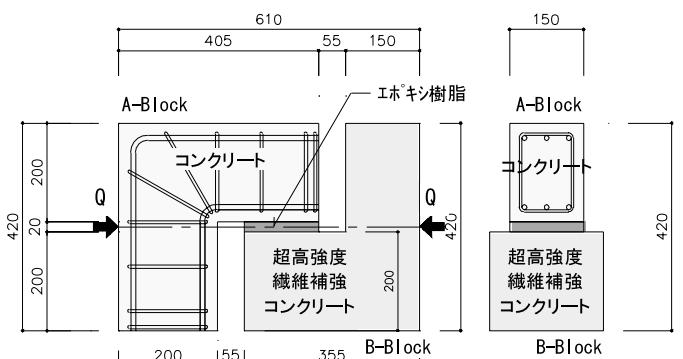


図-2 一面せん断実験試験体例

試験体一覧を表-1に、試験体の一例を図-2に示す。実験因子は、コンクリートの表面処理状態、接着剤の種類および厚さとした。超高強度繊維補強コンクリートの表面処理はワイヤーブラシ掛けとした。

超高強度繊維補強コンクリートには太平洋セメント(株)の鋼繊維混入超高強度繊維補強コンクリート(Ductal-FM)を使用した。これは、架構の水平加力実験においても同様である。

### 3. 2 実験結果

実験結果を表-2に示す。いずれの試験体も接着界面より内側のコンクリート面でせん断破壊が生じ、コンクリートの表面処理状況や接着剤の種類・厚さによる差異は見られなかった。

同表に接合面のせん断終局強度の実験値を併記する。せん断終局強度( $\tau_{ju}$ )は、既往の文献3)で示される提案式による計算値( $\tau_{ju} = 0.08 \sigma_{BC}$ ,  $\sigma_{BC}$ :コンクリートの圧縮強度)を上回り平均値は $0.127 \sigma_{BC}$ であった。

### 4 架構の水平加力実験

#### 4. 1 試験体の概要

試験体は実大の約1/2.5の寸法で、ブロックの形状寸法を実験因子とした3体である(図-3、表-3参照)。No.1、No.2はブロックのウェブ厚さを変えたものであり、No.3はウェブを取り除いてフランジ部(外周部)のみとしたものである。

#### 4. 2 使用材料

コンクリート、鉄筋、超高強度繊維補強コンクリートの材料試験結果を表-4に示す。

エポキシ樹脂にはトーホーダイトAC406TW、CP300TWを使用した。ブロック相互およびブロックと下梁間は高粘性エポキシ樹脂(AC406TW)を、ブロックと柱・上梁間は注入用エポキシ樹脂(CP300TW)を用いた。

#### 4. 3 実験方法

左右の柱に一定軸力( $N_c = 0.1 \cdot \sigma_{BC} \cdot A_c$ ,  $\sigma_{BC}$ :

表-1 一面せん断実験試験体一覧

試験体	実験因子					
	A-Block		B-Block		接着剤	
	材質	表面処理	材質	表面処理	種類	厚さ
CD-1	コンクリート	WB	超高強度繊維補強コンクリート	WB	CP-300TW	20mm
CD-2		CD				AC406TW
CD-3		WB				10mm

1)接着面の表面処理

WB:ワイヤーブラシで均す程度

DC:ダイアモンドカッパによる研磨

超高強度繊維補強コンクリート、コンクリートとも接着面は型枠面  
2)剥離材:超高強度繊維補強コンクリートの型枠は「アクアコートα40(信越産業製)」を塗布

コンクリートの型枠には未使用(塗布無し)

3)試験体は3週間ほど日中20°C(夜間は外気温5°C程度)で養生

4)超高強度繊維補強コンクリートの圧縮強度 $\sigma_{BC}=228N/mm^2$ (実験時3本の平均値)

5)コンクリートの圧縮強度 $\sigma_{BC}=27.7N/mm^2$ (実験時3本の平均値)

表-2 一面せん断実験の結果

試験体	破壊モード	実験結果		
		実験値	計算値	実/計
		$e\tau_{ju}$	$b\tau_{ju}^{*1}$	$e\tau_{ju}$
		(N/mm <sup>2</sup> )	(N/mm <sup>2</sup> )	(N/mm <sup>2</sup> )
CD-1	接着界面より内部のコンクリートのせん断破壊	2.90	0.105 $\sigma_{BC}$	2.22
CD-2		3.70	0.134 $\sigma_{BC}$	2.22
CD-3		3.93	0.143 $\sigma_{BC}$	2.22
CD-1~3の平均		3.50	0.127 $\sigma_{BC}$	2.22
		1.58		

\*1 せん断強度計算値で、 $b\tau_{ju} = 0.08 \sigma_{BC}$ による

$\sigma_{BC}$ :コンクリートの圧縮強度

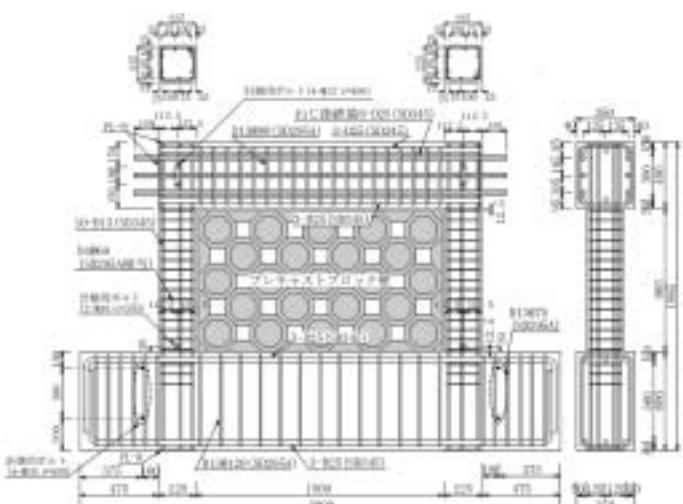


図-3 試験体の形状寸法および配筋詳細

表-3 実験因子

試験体	No. 1	No. 2	No. 3
基本ブロック			

柱コンクリートの圧縮強度、 $A_c$ ：柱1本の断面積)を載荷した状態で、水平方向に正負交番繰り返し載荷を行った(図-4)。載荷履歴は層間変形角が $(1, 2, 4, 6, 8, 10, 15) \times 10^{-3}$ radの順に2サイクルずつとし、その後、正加力方向への単調載荷を行った。

#### 4.4 実験結果

各試験体の荷重( $Q$ )－層間変形角( $R$ )関係を図-5に、最終破壊状況を写真-1に示す。各試験体とも $R=0.2 \sim 0.5 \times 10^{-3}$ rad時にブロック間接着部のひび割れが発生し、変形の増大に伴いひび割れ幅も拡大した。また、 $R=0.5 \sim 3.0 \times 10^{-3}$ radの間には柱にせん断ひび割れが発生した。

No.1は、 $R=6 \times 10^{-3}$ rad時にはブロックのウェブ部の圧壊が発生すると共に、 $R=7 \times 10^{-3}$ rad時には圧壊域の拡大と圧縮側柱脚部コンクリートの圧壊を伴うせん断ひび割れの拡大により荷重が急減し

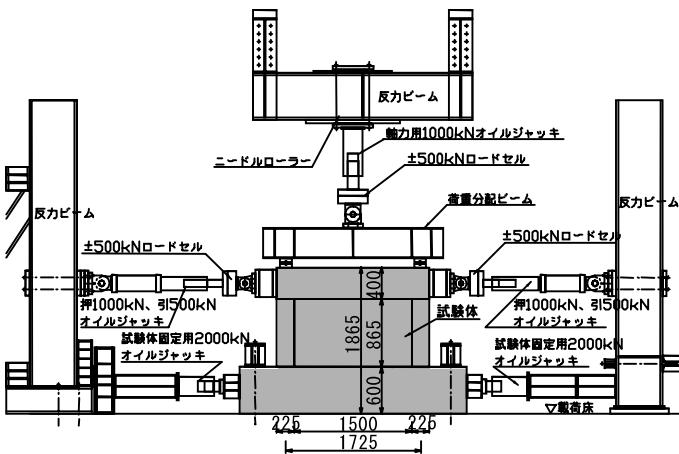


図-4 加力装置の概要

表-4 材料試験結果

(a) コンクリート				
圧縮強度 $\sigma_{BC}$ (N/mm <sup>2</sup> )	圧縮強度時 ひずみ度 ( $\times 10^{-3}$ )	ヤング係数 (kN/mm <sup>2</sup> )	引張強度 (N/mm <sup>2</sup> )	
26.8	1.98	24.2	2.68	

(b) 鉄筋				
呼び名	降伏強度 $\sigma_y$ (N/mm <sup>2</sup> )	引張強度 $\sigma_u$ (N/mm <sup>2</sup> )	降伏ひずみ $e_y$ ( $\times 10^{-3}$ )	伸び (%)
D4 (SD295A)	353	528	1.72	27
D13 (SD345)	375	558	1.83	27

(c) 超高強度繊維補強コンクリート				
圧縮強度 $\sigma_{BD}^{*1}$ (N/mm <sup>2</sup> )	圧縮強度時 ひずみ度 ( $\times 10^{-3}$ )	ヤング係数 (kN/mm <sup>2</sup> )	引張強度 <sup>*2</sup> (N/mm <sup>2</sup> )	せん断強度 <sup>*3</sup> (N/mm <sup>2</sup> )
218.0	4.58	54.2	19.6	42.3

\*1: 試験体形状は  $\phi 50 \times 100$ mm

\*2:  $\phi 100 \times 200$ mmの割裂試験による

\*3: 100×100×400mmの2面せん断試験による

土木学会規準「鋼纖維補強コンクリートのせん断強度試験方法(JSCE-G 553-1999)」に準拠

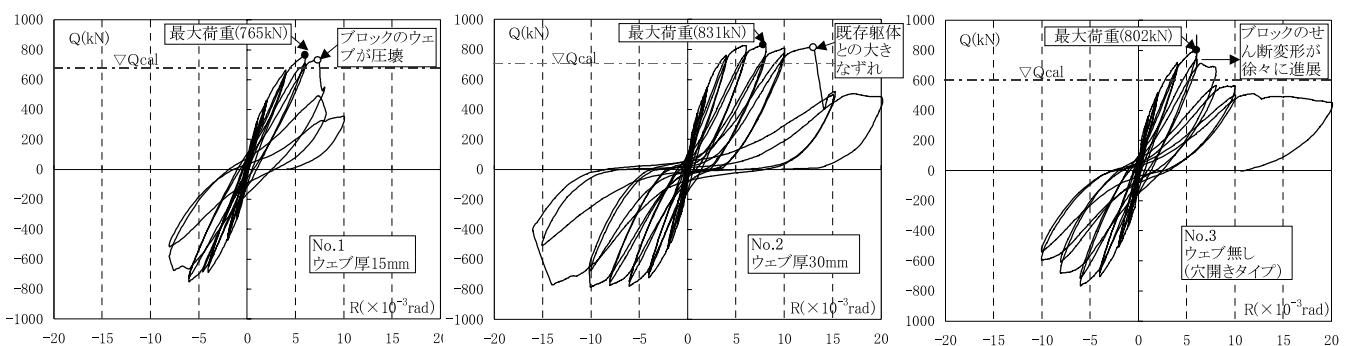
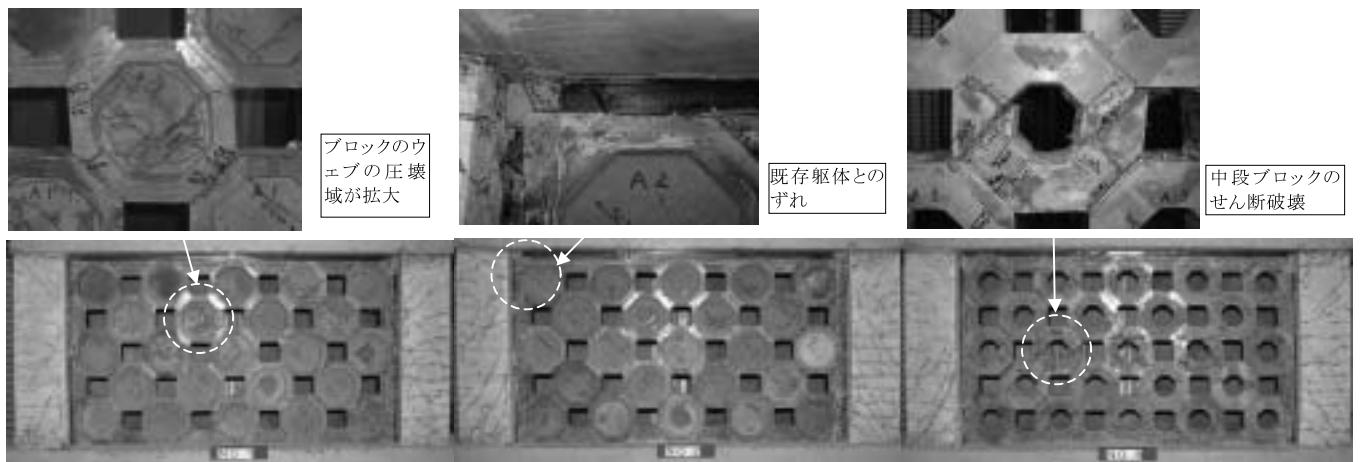


図-5 荷重－層間変形角関係



[No. 1]

[No. 2]

[No. 3]

写真-1 最終破壊状況

た。No. 2 は、 $R=13 \times 10^{-3}$ rad 時まで荷重が低下しなかったが  $R=13 \times 10^{-3}$ rad 時に加力梁下部とブロック間の接着部のずれ変形に伴い荷重が急減した。No. 1 とは異なり、ブロックのウェブ部の圧壊はみられなかった。No. 3 は、 $R=6 \times 10^{-3}$ rad 以降、中段のブロックのフランジ部において斜めまたは水平方向のひび割れが拡大して同ブロックのせん断変形が進展し荷重が低下した。荷重の低下の度合いはウェブの有る No. 1、No. 2 よりも小さかった。

#### 4. 5 せん断終局強度の評価

せん断終局強度の実験値と推定値の比較を表－5 に示す。推定値 ( $Q_{cal}$ ) は、材料試験等の結果を基に文献 1) に準じて算出した。すなわち、破壊モードとして、補強壁要素の破壊と接着接合部の破壊の 2 種類を考え、それらの強度の小さい方の値とした。

ウェブの有る No. 1, 2 のブロック壁のせん断終局強度  $wQ' su$  は、横一列に並ぶブロックの 75% がせん断強度に達すると仮定して計算した。ブロック単体のせん断強度はウェブ断面積（図－6 参照）に超高強度繊維補強コンクリートのせん断強度を乗じて算定した。

一方、ウェブの無い No. 3 では超高強度繊維補強コンクリートの曲げ強度 ( $f_b$ ) を文献 2) より  $f_b = 30 \text{ N/mm}^2$  として、ブロック単体のせん断強度を仮定して（図－7 参照）  $wQ' su$  を算出した。

いずれの試験体も推定値は実験値を安全側に評価し、実験と計算での破壊モードは一致した。

#### 5. まとめ

鉄筋コンクリート造の架構に、超高強度繊維補強コンクリートブロックを組積しエポキシ樹脂により接着接合した耐震補強壁の水平加力実験を行った結果、増設耐震壁として有効であり、せん断終局強度は文献 1) に準じて評価できることがわかった。

#### 6. あとがき

本工法は、騒音・振動・粉塵の発生が少ないと、ブロックがエレベータで搬入可能であることなどにより、建物を使用しながらの施工が可能である。今般、（財）日本建築総合試験所の建築技術性能証明を取得したことを契機に、今後は実建物への適用を積極的に進めていきたい。

#### 【参考文献】

- 1) (財) 日本建築防災協会、「2001 年版 既存鉄筋コンクリート造建築物の耐震改修設計指針 同解説」、2003
- 2) (社) 土木学会、「超高強度繊維補強コンクリートの設計・施工指針（案）」、2004
- 3) 小宮敏明、益尾 潔、「鉄骨増設プレース補強用の接着接合部および間接接合部の終局耐力」、コンクリート工学年次論文集、Vol. 22、No. 3、2000

表－5 せん断終局強度の実験値と推定値との比較

試験体	実験値		推定値 (材料試験による推定強度)			
	$Q_{max}$ (kN)	推定破壊	$Q_{su1}$ (kN)	$Q_{su2}$ (kN)	$Q_{cal}$ (kN)	$Q_{max}$ $/Q_{cal}$
No. 1	765	ブロック	681	704	681	1.12
No. 2	831	接着部	1205	704	704	1.18
No. 3	802	ブロック	601	704	601	1.34

<せん断終局強度推定値  $Q_{cal}$  の計算方法>

$$Q_{cal} = \min(Q_{su1}, Q_{su2})$$

$$Q_{su1} = wQ' su + \alpha_1 \cdot Q_{c1} + \alpha_2 \cdot Q_{c2}$$

$$Q_{su2} = Q_j + pQ_c + \alpha_2 \cdot Q_{c2}$$

$Q_{su1}$  : ブロックで破壊する場合のせん断終局強度(N)

$Q_{su2}$  : 既存梁との接着接合部で破壊する場合のせん断終局強度(N)

$wQ' su$  : ブロック壁のせん断終局強度(N)

$Q_{c1}, Q_{c2}$  : 引張側、圧縮側柱の終局強度(N)

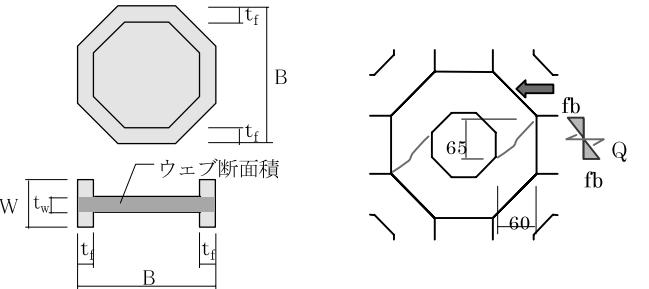
$Q_j$  : 上梁または下梁とブロック間の接合強度(N)で

接着接合部せん断実験の結果より、

$$\tau = 0.127 \sigma_{bc} (\text{N/mm}^2) \text{ と仮定して算定する}$$

$pQ_c$  : 引張側柱頭部のパンチングシア強度(N)

$\alpha_1, \alpha_2$  : 変形状態を考慮した低減係数



図－6 ウェブ断面積

図－7 ブロックのせん断強度

# 大成リアルタイム地震防災システムの開発と適用

大成建設	技術センター	土木技術研究所	課長	○坂下 克之
	技術センター	土木技術研究所	次長	志波 由紀夫
	技術センター	建築技術研究所	次長	長島 一郎
	技術センター	技術企画部	課長	末田 隆敏

## 1 はじめに

大成建設では、地震時の避難安全性や事業継続性のための有効な技術として、緊急地震速報を利用した「大成リアルタイム地震防災システム」を開発した。気象庁が配信する緊急地震速報は、地震の発生直後に震源に近い地震計でとらえた観測データを解析して、震源や地震の規模を直ちに推定して知らせる情報である。今年10月より一般への提供が開始され、今後広く国民へ浸透していくことが期待される。ただしテレビ等の一般提供では情報内容が限られるため、ポイント毎の予測震度や地震到達時間など、顧客のニーズに合った情報・警報を提供するシステムが必要である。本報告ではまずシステムの概要について報告し、さらにシステムの建設工事現場への適用例について紹介する。

## 2 システムの概要

大成リアルタイム地震防災システム<sup>1)</sup>は、地震発生時に緊急地震速報を受信し、その震源位置やマグニチュードの情報から対象とする地点の予測震度や地震動到達時刻を予測し、地震到達前に様々な警報ツールでそれらの情報を配信するシステムである。大成建設では2005年3月から本システムの運用を開始し、現在まで多くの実証データを取得するとともに、さまざまなノウハウを蓄積している。システム構成を図-1に示す。警報ツールとして、パソコン表示システム、携帯メール配信システム、警告灯点灯システム、電光掲示板表示システム、緊急館内放送システム、可搬型無線警報システム等のメニューにより構成される。

オフィスなどのパソコンを常時使う環境では、パソコン表示システムが有用である。平常時はパソコンは通常通りに使用でき、警報が配信されたときにそれが画面上にポップアップ表示される。表示内容は、日本地図上にプロットした震央位置、対象地点における予測震度、大きな揺れ（主要動）が到達するまでの予測余裕時間である。予測余裕時間はカウントダウン表示される。

建設工事現場や工場で作業員の安全避難や危険作業中止に使う場合は、警告灯点灯システム、電光掲示板表示システム、緊急館内放送システム、可搬型無線警報システム等が有用である。警告灯点灯システムは、震度に応じた色を点灯させるとともにブザーを鳴らす。また、可搬型無線警報システムは、有線の引き回しが困難な屋外作業所に適用することができる。

携帯メール配信システムは、警報の即時性はあまりないが、地震時に離れた場所にいる関係者へも連絡でき、地震時の初動態勢の早期確立および事業継続性の向上に有用である。

また本システムでは、対象とする地点における地盤データや過去の地震観測記録を予め分析しておき、緊急地震速報から予測震度を計算する際、それらの分析情報を用いて予測震度の精度を高めることができる。また、今後発生が懸念される東海地震や宮城県沖地震等の大地震については、予め震源位置やマグニチュードのデータベースを構築しておき、どの地震が発生したかを瞬時に推定するシナリオ地震判定機能も有している。



図－1 大成リアルタイム地震防災システムの構成

### 3 建設工事現場への適用例

以下に本システムの建設工事現場への適用例を報告する<sup>2)</sup>。建設業界では、建設工事中の地震による災害を軽減する目的で緊急地震速報を用いたシステムを利用する意義が大きい。しかし建設工事現場で利用するに当たっては、システムの設計面および運用面において、緊急地震速報を用いたシステムがこれまで多く適用されている工場・オフィス・家庭などとは違った職場環境への対応が必要となる。

本システムを導入した現場は、宮城県仙台市内の新日本石油精製株式会社仙台製油所における石油精製プラント新設工事現場で、基礎工事・鉄骨工事が主な工事内容である。導入期間は、2006年10月から2007年9月である。本システム導入の目的は、地震時（特に当該地域で発生が懸念されている宮城県沖地震）のクレーン作業の安全性向上、工事事務所内の職員の安全性向上、地震時初動態勢の強化である。

警報ツールは以下のように構成した。

- ①現場クレーン車の操作室内に警告灯を1台（予測震度3以上で作動）
- ②工事事務所内の各職員のパソコン画面に警報を表示（予測震度1以上で作動）
- ③工事事務所内に警告灯を1台（予測震度3以上で作動）
- ④施主事務所および建設作業関係者に携帯電話メール（予測震度3以上で作動）

このうち、①のクレーン車の警告灯は無線方式とし、警告灯・無線受信装置を含む機器類一式をボックスに納めたポータブルセットとした。

また今回システムを導入した製油所内では地震計がいくつか設置されており観測が行われている。そこで震度予測にあたっては、それらの情報を活用して、当サイトに適した震度予測の式を設定した。写真-1に工事現場の状況を、写真-2にクレーン車内の警告灯の様子を示す。



写真-1 システムを導入した工事現場の状況



写真-2 クレーン車内警告灯

警報時には利用者は冷静かつ的確に避難行動が取れるようにしなければならない。そこでシステム導入にあたっては、工事関係者に対し、警報時の行動指針およびシステムのしくみや限界などを1シートで記載したマニュアルを作成・配布し、説明会および実際に警報器を作動させての実践訓練を実施した。説明会の様子を写真-3に示す。またマニュアルに記載した警報時の工事現場用の行動指針を表-1に示す。ここに示した行動指針は、現場職員との議論や、クレーンオペレータへのヒアリング等から、現場の実情に最も適した方法を模索した結果である。



写真-3 工事関係者への説明会

表－1 警報時の行動指針 工事現場用

震度	クレーン内 警告灯	行 動 指 針
3	黄色	クレーンオペレータ： 警告灯が作動したら、吊り上げ（地切り前・地切り後とも）・吊り下ろし・旋回中の場合はそれらを停止し、配信を受けたことを周囲の作業員に知らせるために、クラクションを3回鳴らす。クレーンオペレータの判断で、安全な場所に吊荷を下ろす。
4		
5弱以上	赤色	クレーン周囲の作業者： クレーンのクラクションが3回鳴ったら、吊荷から離れ、転倒・落下のおそれのあるものから離れた安全な場所に退避して、揺れに対して身構える。

システムを導入した2006年10月から2007年7月までにシステムが就業時間中に警報を配信した地震は約40回である。震度1～2の地震がほとんどであるが、2007年7月16日10時13分に発生した新潟県中越沖地震では震度3を配信した。クレーンはそのとき稼動していなかったが、「約50秒前からパソコン表示のカウントダウンが始まり、ほぼカウントダウンゼロと同時に長い横揺れを感じた。」という事務所職員のコメントが得られており、地震防災システムとして有効性を發揮した。他の地震についても、震源距離にもよるが概ね10～30秒程度の余裕時間があり、警報として有用であったことが確認されている。

#### 4 おわりに

緊急地震速報を利用した地震防災システムは、直下地震では警報が間に合わない、予測震度に誤差を含む、などの課題はあるものの、たとえ10秒前でも地震が来ることが予めわかれば、避難安全性を高め初動態勢を早期に確立できる。これにより事業継続性を確保し、防災・減災への効果が格段に高まると期待される。一方でシステムの工事現場等への適用を普及させていく際には、システム全体や個々の機器に求められる仕様、警報時の行動指針の策定、利用のための教育・訓練のあり方など、課題がいくつか挙げられる。今後は、これらの課題を整理し、緊急地震速報を利用した地震防災システム利用技術のさらなる高度化を進めていきたい。

#### 謝辞

新日本石油精製株式会社仙台製油所様には、当社担当工事に地震防災システムを導入していただきました。システムの構築に際しては、同製油所ACE建設プロジェクト関係者の皆様に多大なるご協力を賜りました。ここに記して感謝の意を表します。

#### 参考文献

- 1) 長島一郎他：大成リアルタイム地震防災システム システム開発と展開，大成建設技術センター報，第39号，06，2006年
- 2) 坂下克之，志波由紀夫，末田隆敏：緊急地震速報の建設工事現場への適用とその課題，第29回土木学会地震工学研究発表会報告集，2007年8月（投稿中）

# 無人化施工における 3次元バックホウコントロールシステムの適用

株式会社大本組 技術本部技術開発部 ○藤沢秀行  
株式会社大本組 土木本部土木部 浅野正照

## 1 はじめに

3次元バックホウコントロールシステムとは、建設機械を3次元CADで制御する3次元マシンコントロールシステムのバックホウ（油圧ショベル）版であり、各種センサーにより自身の位置と姿勢を知ることで、丁張りを設けることなく3次元データに基づいて作業を行うシステムのことである。

既に、ブルドーザやモーターグレーダにおいては、トータルステーションやGNSS(GPS+GLONASS)を使用した3次元マシンコントロールシステムの搭載事例は多く、さらに、ブレードの自動制御なども行っており、均し作業の自動化を実現している。特に、曲面施工においては丁張りの使用に比べ、工程にも品質にも大きな効果が得られている。

一方、3次元バックホウコントロールシステムは、ブルドーザやモーターグレーダに比べ動作系統が複雑なためか、自動制御事例は少なく、オペレータへのガイダンスシステムとなっているのが現状である。

しかし、その効果は大きく、3次元データを元に施工するため丁張りが不要となり、省力化を図ることが可能である。さらに無人化施工においては、有人による丁張り作業ができないため、従来は無人測量機で状況を確認しながら施工していたが、本システムを搭載することにより、格段に効率的なバックホウ作業が可能となることを実現場で検証した。

本稿では、3次元バックホウコントロールシステムを雲仙・普賢岳の無人化施工に適用した事例を紹介する。

## 2 システム概要

今回導入したシステムは、海外で多くの実績を有するTrimble社製のGCS900(グレードコントロールシステム)を、1.4m<sup>3</sup>級の無線遠隔操作式バックホウに現地で搭載したものである。写真-1～3に



写真-1 GPS受信機

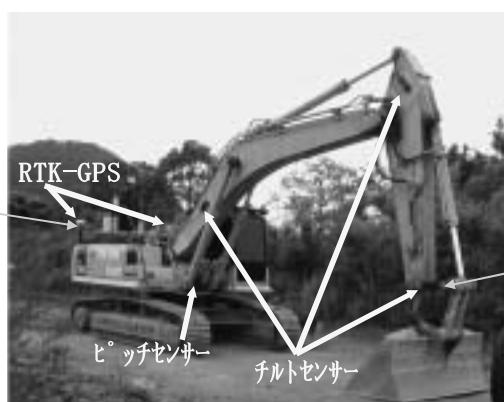


写真-2 GPSおよびセンサーの設置状況



写真-3 チルトセンサー

示すように、バックホウ後部に2台のRTK-GPSのアンテナ内蔵受信機を取り付け、ピッチセンサーを本体中央に、チルトセンサーをブーム、アーム、バケットにそれぞれ取り付けた。標準システムでは、オペレータ用の情報はキャビン内のディスプレイに表示されるため、無人化施工用にその画面をカメラで撮影し、遠隔操作室に無線伝送できるように改良したところに特徴がある。

本システムのGNSS受信機の振動・衝撃に対する耐久性およびその時の衛星捕捉性能は、海外での振動試験やフィールドテストで実証済みである。また、汎用性についても、通信に車載ネットワークの業界標準規格であるCAN(Control Area Network)を使用し、センサーのPlug&Playを実現しており、システムの変更、拡張が容易にできるものとなっている。

## 2. 1 測定原理

図-1に示すようにマスターGPSで位置を検出し、スレーブGPSで方位角を検出する。さらに2台のGPSで傾斜角（ロール角）も計測し、ピッチセンサーで前後方向の傾斜角（ピッチ角）を計測するとブームのピン（回転軸）位置が計算できる。そこから、図-2に示すように、ブーム、アーム、バケットに取り付けたチルトセンサーにより、それぞれの回転角を検出し、バケットの刃先位置の3次元座標を計算する仕組みになっている。

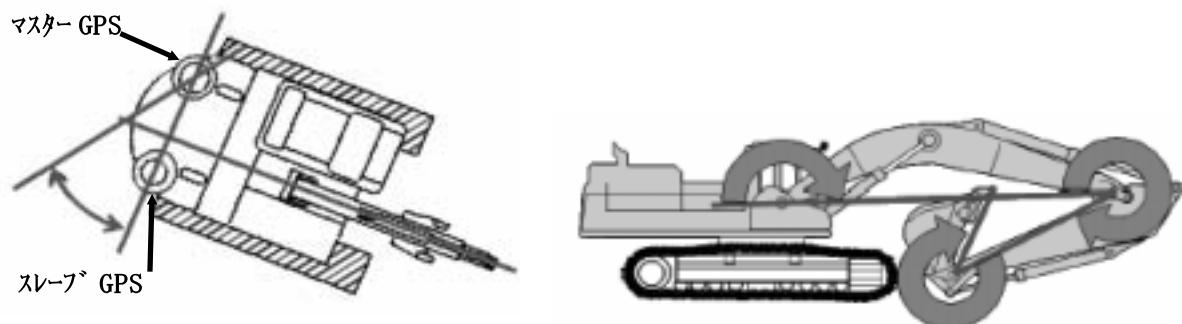


図-1 GPSによる位置と方位角の検出

図-2 チルトセンサーによる角度算出

## 2. 2 キャリブレーション

3次元バックホウコントロールシステムの機器を取り付けた後、バケットの刃先位置を正確に算出するため、キャリブレーションを行う必要がある。

キャリブレーションは、地盤が水平で上空が開けた場所にバックホウを設置して行う。大きく分けて、重機寸法の計測、GPSキャリブレーション、チルトセンサーキャリブレーションからなる。基本的に、GPS取り付け位置と、ブーム、アーム、バケットの各回転軸、およびバケットの刃先位置の相対位置関係を規定する作業である。

各回転軸の位置関係の計測は、トータルステーションとターゲットシートを用いて、ブーム、アーム、バケットを段階的に動かしながら行い、約2時間で終了する。

## 2. 3 設計データの作成

キャリブレーションが終了しただけでは、刃先の位置がわかる計測システムでしかない。丁張りの



写真-4 キャリブレーション状況

代わりになる3次元設計データを組み込むことで、初めて本システムが活用できる。

このデータは、3次元CADによりTINサーフェスモデルを作成し、本システム用のフォーマット変換を行い、CFカードでディスプレイから組み込むことができる。実際に使用したモデルを図3、4に示す。

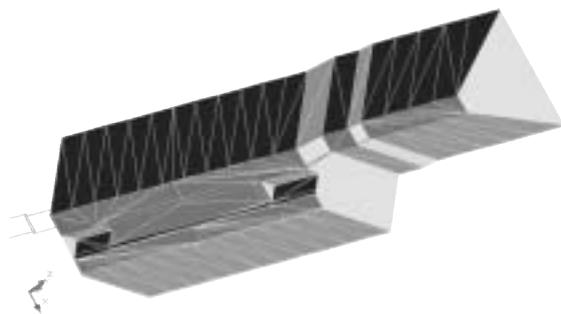


図-3 掘削用サーフェスモデル

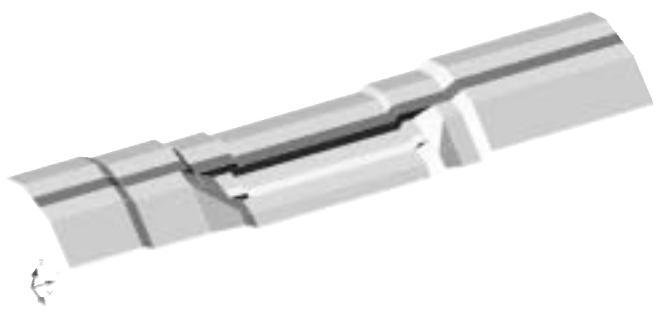


図-4 盛土用サーフェスモデル

### 3 無人化施工への適用

二次災害の恐れのある場所などでは、作業員の安全を確保するため、安全な場所から建設機械を遠隔操作する無人化施工が行われる。大規模な無人化施工では、モニタを見ながら複数の建設機械を同時に遠隔操作し、除石工事や砂防堰堤、床固め工事等を行っている。

本システムは、床固め工事の堤体掘削と堤体完成後の盛土整形に主に利用した。

#### 3. 1 ディスプレイ画像の伝送

無人化施工に適用するには、ディスプレイ情報を遠隔操作室に伝送しなければならない。そこで、ディスプレイをカメラで撮影し映像を無線伝送する方式とした。また、ディスプレイには、平面図、横断図、縦断図を切り替えて表示する機能があり、その画面切り替えには無線式押しボタンスイッチを使用した。写真-5にキャビン内状況を示す。

#### 3. 2 施工状況

オペレータは、遠隔操作室でバックホウ搭載カメラ映像と本システムのディスプレイ映像を見ながら作業を行った。写真-6に遠隔操作状況を示す。

ディスプレイには、サーフェスモデルから作成した設計ラインが、バックホウの向きに合わせて表示される。無線式押しボタンスイッチによる画面切り替えで、平面図、横断図、縦断図が表示され、同時にXYZ座標がリアルタイムに表示される。表示項目や表示位置についてはカスタマイズも可能である。写真-7～9に各ディスプレイ画面を示す。

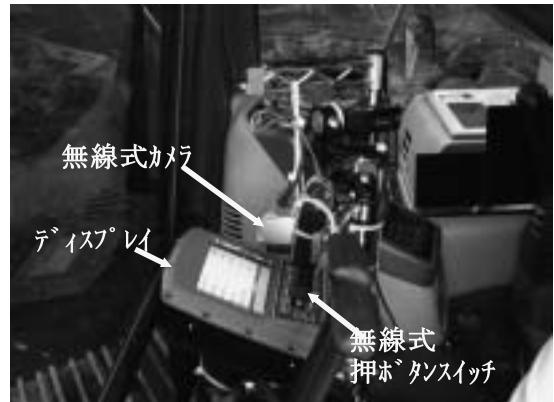


写真-5 キャビン内状況



写真-6 遠隔操作状況

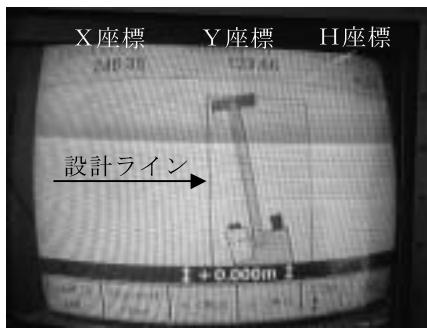


写真-7 平面図



写真-8 縦断図

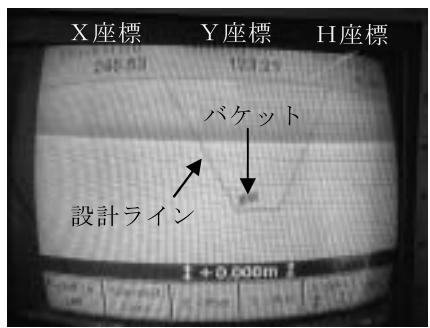


写真-9 横断図

### 3. 3 施工結果

#### 3. 3. 1 精度検証

測量精度の検証を行うため、バケット刃先にターゲットシートを貼り付け、トータルステーションとの比較を行った。ブーム、アーム、バケットの各動作および旋回動作により 16 ポーズの姿勢をとり、そ

の時の座標値の測定差平均と標準偏差を求めた。結果は表-1 に示すように、出来形規格値±100mm に対して最大の測定差平均が 23mm であり、十分満足できる精度が得られた。

#### 3. 3. 2 施工能力

従来の無人化施工では、写真-10 に示す無人測量機で切り出し位置をマーキングし、掘削途中に位置確認を頻繁に行いながら施工していたため、余分に時間がかかっていた。

本システムを使用することにより、掘削と同時に掘削箇所の座標が確認できるため、これらの問題は解決され、より効率的に施工ができ工程短縮に寄与することができた。また、当初懸念されたシステムのタイムラグの問題も無く、オペレータの評判も良かった。

### 4 おわりに

3 次元バックホウコントロールシステムは、本来、搭乗運転で使用され、丁張り不要のシステムとして大規模土工では有効利用されている。今回の適用で、無人化施工においても、工程、品質の面で良好な施工結果をもたらすことが実証できた。さらに、最初のキャリブレーションだけで、約 4 ヶ月間の過酷な使用にも耐えることができ、その耐久性の高さも評価できた。

また、今回の施工を通して、この技術が施工の合理化に有効なイノベーションツールになっていくことを実感することができた。

最後になりましたが、国土交通省様、(株)ニコン・トリンブル様をはじめ、ご協力いただいた関係各位に誌面を借りて深甚の謝意を表します。

### <参考文献>

- (1) 永井知子：“Trimble GCS900 グレートコントロールシステム 油圧ショベルへの導入”，建設機械 2007. 1, pp. 16-19

表-1 精度検証

	測定差平均	標準偏差
X	10mm	24mm
Y	14mm	41mm
H	-23mm	21mm



写真-10 無人測量機

# 災害用トイレの開発

北陸技術事務所 防災技術課長 斎藤 明  
(前) 防災技術係長 近藤 進  
防災技術係長 ○坂内 幸介

## 1 はじめに

平成16年に発生した新潟県中越地震では、肺塞栓症などのいわゆるエコノミークラス症候群で死亡する例が社会問題となった。この要因として、自家用車内で居住することによる運動不足や、トイレを我慢しようと水分を控えることが一因と指摘されている。

また、災害時に使用可能なトイレの数量不足やし尿の運搬・処理の問題から、被災地の衛生状態の悪化が危惧され、その対応が課題となっている。

このように、近年頻発している災害時において、トイレ事情がクローズアップされている。このため、災害時におけるトイレの整備が必要と考え、現状の問題点や確保すべき機能等を整理・検討し、災害用トイレを試作した。この内容について報告する。

## 2 現状の問題点

常設トイレ本体や上下水道が被災すると、多くのトイレが使用不可能となる。被災地においては、上下水道が復旧し避難施設等のトイレが使用可能となるまでの間が、特にトイレ需要が高まる。

また、災害復旧現場では、トイレが整備済みであることはあまり期待できなく、トイレ機能の確保が必要となる。

現在、災害時においては、仮設トイレを調達して対応するケースが多い。

仮設トイレは、レンタル業者から調達する場合が多く、イベント会場や工事現場等の様々な場所で用いられており、数も比較的豊富である。

H16新潟県中越地震では2,491基、H19新潟県中越沖地震では1,958基の仮設トイレが設置された。

しかし、トイレに対する不満も多い。内閣府が実施した、新潟県中越地震に関する住民アンケートでも、避難所生活におけるトイレの不満が上位にあげられている（図-1参照）。



写真-1 仮設トイレの設置例

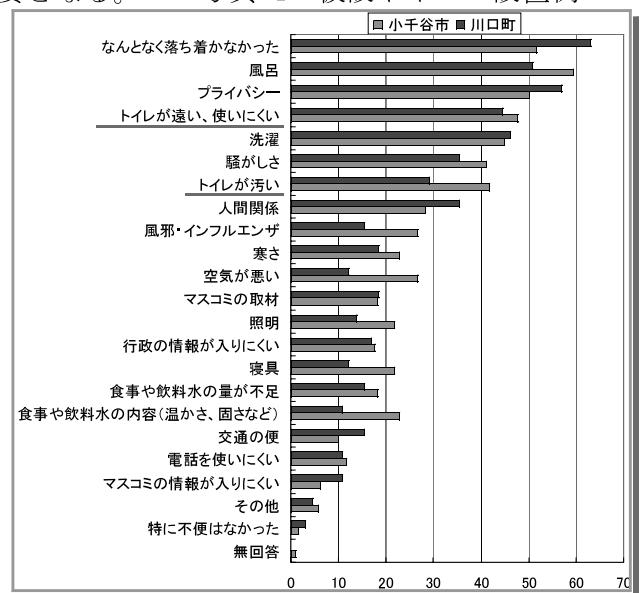


図-1 避難所の不満 (内閣府アンケート)

さらに、災害時要援護者に着目してみると、表-1のような意見があり、災害時のトイレ対策が十分でないといえる。

表-1 災害時要援護者の介助者の声

- ・仮設トイレが和式で、身体が不自由な人が無理に使おうとしたが、身体のバランスを崩し、トイレの外まで倒れてしまった。
- ・洋式のトイレがなかったので腰痛になった。
- ・トイレに行けなかつたのがつらかった。
- ・身障者用トイレや洋式トイレでない場合、排泄介助の労力が増え、限界がある。

出典：「災害時要援護者の避難対策に関する検討会」H17.10.3内閣府

最も多く出回っている汎用型仮設トイレの特徴をまとめると、表-2のとおりである。

構造が簡素で安価なことから汎用性がある反面、使い勝手・快適性で劣っており、これらの原因がトイレを控える要素になっていると考えられる。

表-2 仮設トイレの特徴

メリット	<ul style="list-style-type: none"> <li>・数が多くレンタルで容易に調達できる。</li> <li>・電気や上下水道が整備されていないところでも使用できる。</li> </ul>
デメリット	<ul style="list-style-type: none"> <li>・和式が多く、高齢者や要援護者が使いづらい。</li> <li>・内空間が狭く段差もあるため、車イス利用者の利用が困難。</li> <li>・水洗式は、洗浄水がなくなると使用できない。汚れやすい。(給水体制に左右される)</li> <li>・し尿貯留タンクが満杯になると使用できなくなる。(汲み取り体制に左右される)</li> <li>・臭い。</li> <li>・暗い。</li> </ul>

### 3 災害用トイレの検討

被災地における、トイレに関する課題・ニーズを整理すると、図-2のとおりである。

現状の問題点・課題

- ・常設トイレの使用は期待できない。
- ・要援護者や高齢者の使用が困難。
- ・トイレ室内が狭く、雨具や着衣の着脱が容易でない。
- ・仮設トイレには照明がないものも多く、夜間の使用に困る。
- ・バキュームカーを配備できない場合は、トイレが使用できない。
- ・仮設型水洗トイレは洗浄水の頻繁な補給が必要。
- ・被災地では、洗浄水の確保が困難な場合が往々にしてある。
- ・し尿タンクがすぐに満杯になってしまう。
- ・水洗トイレであっても、構造によって臭気がこもる場合がある。
- ・微生物による自己処理型の場合、冬季は処理能力が低下する。

現場のニーズ

- 安心空間
- ・バリアフリー対応であること。
  - ・脱衣が容易にできるスペースがあること。
  - ・清掃がしやすく衛生的であること。
  - ・照明があること。

- 可搬性・機動性
- ・迅速に現場に持ち込めること。
  - ・簡単に移設できること。
  - ・バキュームカーの配備がなくともトイレが使える工夫がされていること。

- 貯留・処理能力
- ・洗浄水の補給等の手間が極力かからないこと。
  - ・水をあまり使わないこと。
  - ・処理場への搬入回数が少ないこと。
  - ・臭気のこもらないこと。
  - ・処理能力または貯留能力が高いこと。
  - ・冬季でも機能が低下しないこと。

図-2 現状の問題点・課題と現場のニーズ

#### 4 災害用トイレ(試作機)の概要

以上の検討を踏まえ、災害用トイレを試作した。試作したトイレの特徴を表-3に示す。

表-3 災害用トイレ(試作機)の特徴

- 洋式便器を採用し、身体障害者や高齢者にも使いやすいよう配慮。
- バリアフリー対応(多目的ブース)。
- 迅速に移動・設置・撤去できる車載型。災害対策支援車にも普通トラックにも対応。
- 車載のままでも据え置きでも利用可能。
- 超節水型吸引式水洗便器を採用し、長期化も考慮(給水・汲み取り)。
- 吸引式のため、便器下に便槽を配置する必要がなく、バリアフリー対応が可能。  
臭気も強制的に吸引し、臭気対策が図れる。
- し尿処理方法は、貯留して汲み取り処理を想定。長期化する場合は、汲み取りや外付けタンクへの貯留、または、直接マンホールへ放流することも可能で、現場状況に応じて、様々な処理方法に柔軟に対応可能。
- トイレ室を3室確保し、各々が分割・独立して使用可能。
- 電気がない場所でも使用可能とするため、発動発電機を付属。また、長期化への対応として、商用電源にも対応。

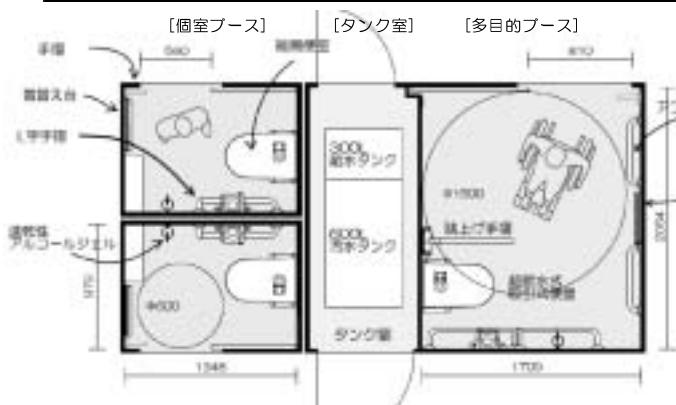


図-3 災害用トイレ平面図



写真-2 災害用トイレ(車載時)

#### 5 利用状況

本試作トイレは、平成19年5月26日荒川水防演習で、仮設トイレに併設して稼働した。

そこでは、リピーターが多かったこと、幼児等の家族連れで多目的ブースを利用する頻度が高いことが特徴的であった。バリアフリー対応で広く安心して使えること、きれいで衛生的なことから、本トイレの方を選択したと推察される。

また、平成19年7月16日に新潟県中越沖地震が発生した。早速、災害現場に投入することとした。地震発生当日に現場に向けて出発、同日現地到着・設置作業を行い、夜から稼働を開始した。

配備先は、柏崎市災害対策本部の判断により、要援護者の割合が多いと想定された柏崎市総合福祉センターとなった。

利用者の声は、以下のとおりで、総じてたいへん好評であったと判断される。

- 要援護者や年配者に配慮されており、水洗ボタン等もわかりやすい。

- ・水洗式で快適であり、非常に良い。
- ・衛生的、きれい、広い、使い心地がよい。
- ・仮設トイレと違い、施錠がしっかりとるので安心。
- ・洋式トイレに慣れた現代人に最良のトイレ。
- ・どこでも使えるのがよい。

一方、改善点として以下の要望が出された。

- ・高齢者は摺り足の様に歩くので、バリアフリー対応となっていない2基の個室ブースについても、ステップが高いためスロープ化してほしい。
- ・オムツ交換ベッドや乳幼児対応装備があるとよい。



写真-3 車イスで利用する被災者

今回は、下水道マンホールに接続し、し尿を直接放流する方式としたが、1回配管部で詰まりが発生した。マンホール接続部で逆勾配箇所があったことが原因であると思われ、設置時の排水勾配について改善し、信頼性の向上を図る必要がある。

## 6まとめ

被災地や演習会場でのこれらの反応から、この災害用トイレは好意的に評価されており、社会的ニーズとして高いものがあると判断される。

他方、災害用トイレが普及していくには、コストが鍵となると考えられる。しかし、災害用トイレは、災害時のみならず平常時においても（いつでも）、様々な場所で（どこでも）使え、し尿処理方法も現場状況に応じて柔軟に対応できるという利点がある。

平常時から活用でき、災害時に効果を發揮する多機能トイレとして整備することは、社会的に見ても価値が高い。

このトイレは、現状では1台しかなく、避難生活を送っている多くの方々に利用してもらうことはできないが、今回の災害で得られた本試作トイレの有用性を活かし、防災の啓発を図っていき、災害用トイレの普及に努めたい。そして、災害に強い社会の構築・醸成に資することを願う。

最後に、このトイレの開発に携わっていただいた、日本トイレ協会並びに関係者の方々に感謝を申し上げます。



図-4 災害用トイレの活用イメージ

# 空洞の存在により複雑な崩壊を生じた長岡市妙見町の 県道地震災害復旧

新潟県糸魚川地域振興局地域整備部 高峰 正俊  
新潟県長岡地域振興局地域整備部 中川登志彦  
新潟県土木部道路建設課 安井 和也  
○新潟県長岡地域振興局災害復旧部 七沢 正人

## 1 はじめに

平成16年10月23日17時56分に発生した新潟県川口町の地下13kmを震源とするM6.8の中越大地震は、新潟県内において尊い生命を奪い各所に甚大な被害をもたらし、記憶に新しい本年7月16日に発生した中越沖地震と同様に断層のずれによる地震であると言われている。最大震度は川口町で7、長岡市・小千谷市で6を観測し、斜面崩壊が多発したなか本報告では長岡市妙見町の一般県道小千谷長岡線の大規模崩落現場について紹介する。

## 2 崩壊地の概要

長岡市妙見町の1級河川信濃川右岸沿いにJR上越線と隣接して南北に走る一般県道小千谷長岡線は、平成10年の国道17号小千谷バイパス開通により県に移管された延長約2.5kmの県道である。県道の北側は妙見堰、南側は国道17号小千谷大橋に接続しており、この区間はバイパスを廻るより距離が短く信号も少ないとから当該路線を通行する車両が多く、日交通量は約8,100台となっている。

また、長岡方面から旧山古志村へ通じる国道



写真-1

291号へも当該路線を利用した方が最短となることや、バス路線でもあることから、旧山古志・小千谷市東山地域にとって生活上非常に重要な路線となっている。

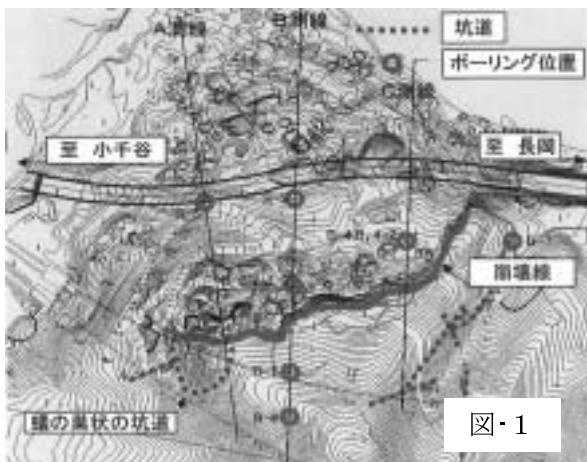
崩壊はJR上越線榎崎トンネルの南側坑口に近い斜面で、幅250m、長さ（奥行き）140m、厚さ（推定）30mにも及び、崩壊土砂は現道より最大で約100m信濃川方向に移動した。（写真-1）この崩壊により、通行中の車両4台が崩壊に巻き込まれ、母娘2名の尊い命が犠牲となり、男児が奇跡的にレスキュー隊により救出された映像はテレビを通じ全国へ放送され、中越大震災を象徴する崩壊現場となった。

崩壊箇所の地質は、新第三紀鮮新世の白岩層（約300万年前の地層）で、砂質泥岩、泥質砂岩、凝灰質砂岩／泥岩からなっており、地層は信濃川方向へ下方約22°傾斜する流れ盤の形態となっている。また、凝灰質砂岩層には、磨き砂採取のため広範囲にわたって採掘された坑洞が存在している。

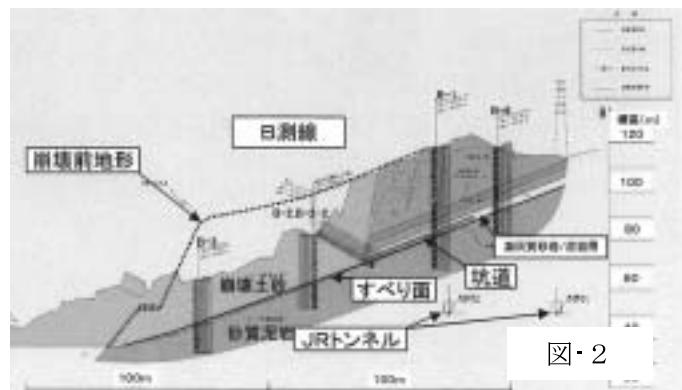
### 3 道路災害復旧に向けて

震災直後は余震活動が活発であり、斜面残存土塊も不安定であることから二次災害防止のため地質調査・詳細測量を実施せず航測図によるペーパーロケーションで作成した横断面図にて災害査定を受けざるを得なかった。査定時の復旧計画は、切土とアンカー工を主体とし、被災前とほぼ同じ位置に路面を復旧するものであった。また、この年は21年ぶりの豪雪であったため、大雪の中で他の多くの箇所と一緒に査定を受けた。その後、協議設計解除に向けより詳細な測量・調査・設計を実施した。

余震活動が収まり、平成17年の雪融けと同時に7地点9孔の地質調査ボーリングを行った。当該箇所の主構成である泥岩は極めてスレーキング（乾湿の繰り返しで細粒化）しやすく、その中でも砂質泥岩中に狭在する凝灰質の砂岩は透水性が高く酸化褐色化し脆弱であることから「すべり面」を形成したと考えられる。また、崩壊地に戦時中の工場疎開跡の空洞や磨き砂採取跡の坑道があるとの情報もあった。ボーリング調査前の地表踏査で7つの坑道を確認し、ボーリング調査を進める中でも空洞の存在が確認され、B-1孔においては深度35m付近で高さ約1.5mの空洞が確認された。



図・1



図・2

被災の原因としては、当該地区は信濃川に下る流れ盤で、凝灰質砂岩で構成する層理面に沿った崩壊が発生しやすい条件を有しており、信濃川上流に隣接している横渡地区の崩落と同様に地震動によって層理面に沿った大崩壊が発生したと考えられる。妙見町においては更に、地下空洞の存在により複雑な垂直変位が生じたものと推定される。（図・1、図・2）

### 4 実施設計

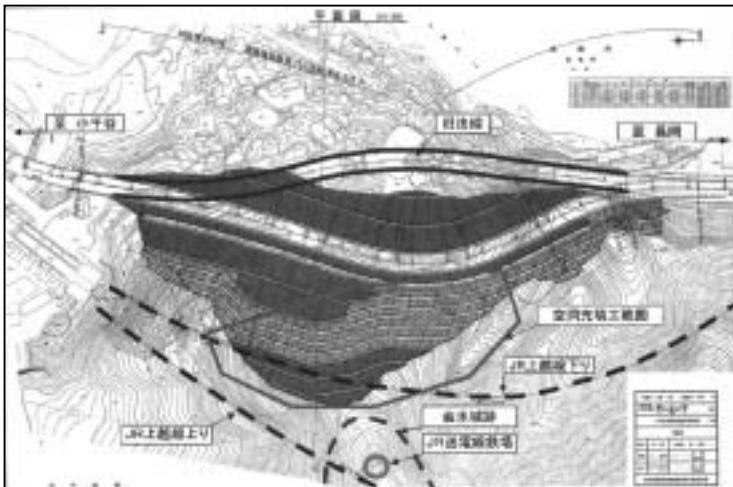
以下の方針により、協議設計解除・設計変更解除を得た。

1. ルート選定については保存、復旧の様々意見があったが、比較検討を行い最終的に経済性に優れ、工事工程が短い現道に近いルートで復旧する案を最適案とした。また、一度崩れるとすぐにもろくなり転圧しても沈下しやすい地質性状であるため、道路を崩壊部ではない山側の基盤上に復旧することとした。
2. 崩壊頭部にある鉄塔、遺跡に対しては掘削にからないように切土勾配を安定勾配（1割）より勾配を立てた6分勾配とし、すべり面背後の潜在的なすべり（地すべり頭部残存土塊）に対して、グランドアンカー工にて抑止を行うこととした。
3. 坑道・空洞に対してはアンカー削孔時及び定着時に支障となることから、セメント系可塑状

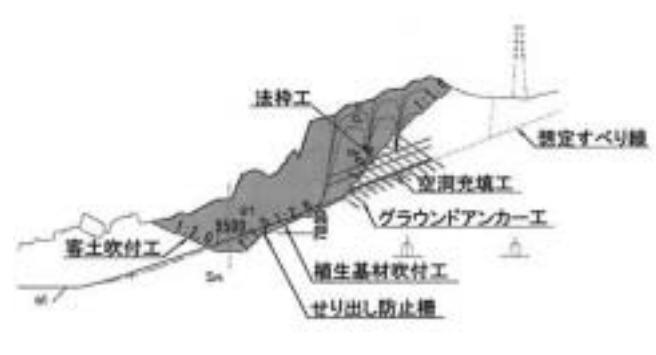
注入材により充填を行ない、施工にあたってはアンカー孔を利用して観察カメラを挿入し坑道の位置、向きを確認してから行うこととした。

- 近接する、JRトンネルへの影響については、協議の結果影響が予測される範囲について変位観測、トンネル覆工裏面の充填工事を行うこととした。

地震後査定時からは、法線変更による土工量の低減、アンカー工配置計画の見直しにより工事費が低減された計画となった。(図・3、図・4)



図・3



図・4

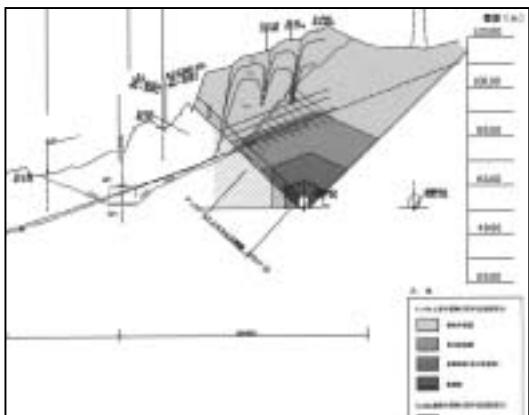
## 5 工事実施

協議設計及び工事の発注で17年度が終わったため、現地着手したのは、雪解け後の18年4月となった。工事は早期完成を図るため、土工事・アンカー工を3工区に分割して発注した。その他に空洞充填工、舗装工の併せて4JV1業者で行うこととした。工事にあたって最大の問題となったのは27万m<sup>3</sup>もの残土の処理であったが、長岡市内で陸砂利を採取している砂利採取販売組合と積込を県、残土処理場の敷均しを組合、運搬費を折半するという条件で協定を結ぶことができ、概ね12km以内の4カ所で処分することが可能となった。次に問題となったのは工期であるが、実質工期が約11ヶ月しかなく工期短縮のため、昼夜の作業体制で施工する等、19年3月末に開通させるべく極めて厳しい工程管理を余儀なくされた。

現地に入ってからは、掘削に伴い頻繁に現れる亀裂、空洞、注入してもなかなか上がってこない充填材、基本試験により当初計画からの数々の修正を行ったアンカー工等々に対して対応を迫られたこととなった。特に空洞充填については、その後の工法、工程に影響を与える重要な工種でありその成否が問題となっていたが、7月下旬から9月上旬の間に昼夜で約6,000m<sup>3</sup>を注入し概ねの充填を完了することができた。充填材注入工は、坑道のみならずスレーキングしやすい地山の亀裂にも浸透し、掘削後の地山安定にも繋がった。また、土工事においては切土肩背後の孔内傾斜計等を使用し背後土塊の安定を確認しながらの掘削、100t級のブルドーザ及び3.5m<sup>3</sup>級バックホウなど短期間における大土工に適した大型機械を使用しているのも空洞充填と合わせて本工事の特徴である。

—工事概要— 復旧延長；354m、掘削土量；約27万m<sup>3</sup>、

アンカー工；826孔／総延長18,000m、空洞充填工；約7,700m<sup>3</sup>



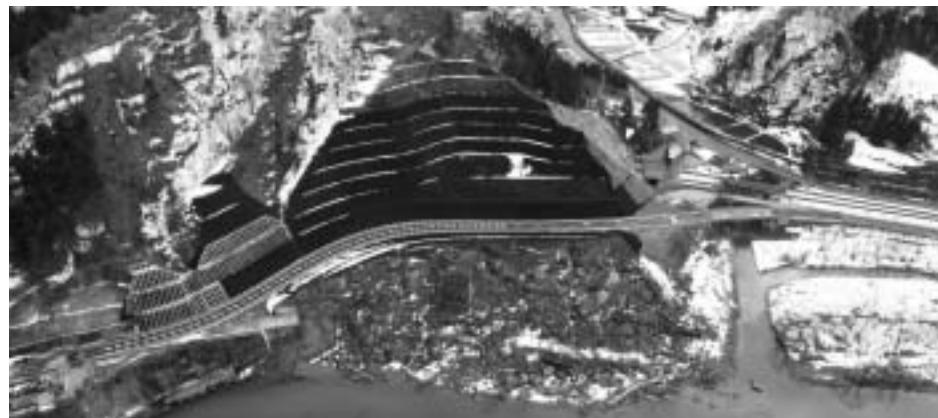
図・5 JR トンネルへの影響



写真・2 妙見町と横渡地区崩落箇所(H18.9.26)



写真・3 空洞状況



写真・4 開通間近の妙見町復旧現場

## 6 おわりに

ご指導頂いた国土交通省河川局防災課をはじめ、関係各位のご熱意ご努力により、平成19年3月24日に開通することが出来、感謝申し上げます。この復旧が中越大震災からの復興への手助けとなり、道路利用者の安全を守る立場の方々に広く引き継がれて行くことも必要と感じます。

## 参考文献

- 1) 山本一富・高峰正俊・中川登志彦・安井和也（新潟県）横山久平・堀川滋雄・森山哲朗・田村憲孝（サンコーコンサルタント株式会社）瀬戸康志・五十嵐敏幸（株式会社村尾技研）：妙見岩盤崩壊箇所における調査及び対策工設計について、日本地すべり学会新潟支部－新潟県中越地震と地すべり（その5）順調に進む被災地の地すべり対策－
- 2) 安井和也（新潟県）：一般県道小千谷長岡線道路災害復旧－地震動による大規模崩落より全壊した道路の復旧－、新潟県中越大震災の記録（新潟県土木部）

# 中心市街地における雨水貯留管の整備

新潟市下水道部東部地域下水道事務所 ○中島 正人  
野沢 博志

## 1 はじめに

新潟市は本州日本海側のほぼ中央に位置し、信濃川・阿賀野川の二大大河の河口に発達した港町です。そのため、地形は平坦であり海拔ゼロメートル地帯が多いことなどからポンプによる強制排水を余儀なくされています。

新潟駅の北側に位置する万代地区は、標高が低いことや下水道が合流式で整備されたことによって、現在の降雨確率強度に直すと3年確率(19mm/hr)での整備基準でしかないことなどから、近年多発している局所的な集中豪雨による浸水被害が問題となっています。

本事業は万代地区の浸水被害の解消を目的に泥土圧シールド工法で $\phi 2,800\text{mm}$  の雨水貯留管を整備する事業ですが、施工場所が中心市街地であり工事ヤードの確保が困難なことや敷設ルートが直轄国道の地下という条件があるため、施工にあたって独自の工夫を凝らしています。

## 2 万代排水区局所貯留管設置工事の概要

$\phi 2,800\text{mm}$  貯留管 L=1,282.5m (泥土圧式シールド工法)

$\phi 1,500\text{mm}$  流入管 L=59.6m (泥濃式推進工法)

$\phi 1,200\text{mm}$  流入管 L=51.4m (泥水式推進工法)

分水人孔 4箇所

本貯留管は、大雨時に既設下水道管の流下能力を超えた余剰雨水を分水人孔から越流させて貯留することによって、流域の降雨確率強度を10年確率(49.9mm/hr)に向上させます。貯留した余剰雨水は晴天時に既設下水道管に戻して処理します。

図-1 施工場所の航空写真



施工場所は全域が密集した市街地であり（図－1 施工場所の航空写真参照）、発進立坑は古くからの木造家屋やホテル・オフィスビルが混在して建ち並んでいる中の狭隘な公園用地に設けています。（防音ハウス面積約 810 m<sup>2</sup>）また、到達立坑や分水人孔の築造箇所は市道内であり、作業にあたって全面通行止めや車線減少などの交通規制を行なっています。

なお、シールド管は6車線の直轄国道（国道7号明石通り）を占用して築造することから、推進中の地表面の沈下等には細心の注意を払う必要がありました。

### 3 狹小な立坑からのシールド機の発進

発進立坑は下流の貯留管（H15年竣工）を施工したときに到達立坑として築造したものであり、本工事でも到達立坑として使用することを予定していましたが、実施設計の段階で当該地以外に用地が確保できないこととなつたために発進立坑として利用せざるを得なくなりました。

したがつて面積が狭く、通常の発進方法で施工するには内空断面が不足しており、発進方法を工夫する必要がありました。（表－1 発進方法の比較参照）

通常の発進方法はシールド機後方に仮組みセグメントを組立て、それを反力にシールド機に装備しているジャッキで推進しますが、本工事では仮組みセグメントの代わりに鋼製ストラットを設け、シールドジャッキとは別に設けた元押しジャッキを使用してシールド機を推進しました。

この方法により、仮組セグメントの組立・解体が不要となり、またストラットの上部が大きく開口しているので、排泥作業が安全にできるというメリットもありました。

表－1 発進方法の比較

	立坑寸法	反力受材	稼働ジャッキ	ジャッキ諸元
通常の発進方法	縦 10.5m×幅 7.5m	仮組セグメント	シールドジャッキ	1000kN×1350st×12本
本工事の発進方法	円形 φ9.0m(内径)	鋼製ストラット	元押しジャッキ	1500kN×500st×10本

※ シールド機寸法 φ 3.69m、L=7.11m エントランス t = 0.956m

写真－1 発進状況



①シールド機設置完了

②押輪設置状況

③元押しジャッキで推進

※ (株)不動テトラの特許工法 PAT.3412066

### 4 直轄国道下における地盤改良の施工

本貯留管は、R30 の急曲線や流入管と -9.7m で地中接合を行なう場所があるため地盤改良が必

要でした。粒径の揃った細砂で構成されている新潟市周辺ではジェットグラウト系の工法が最も実績があるためこれまで多くの現場で採用されてきました。

本工事においても当初はジェットグラウト系での地盤改良を予定していましたが、改良箇所が直轄国道の地下であり、管理者との協議の結果、除雪等の維持管理面での都合から覆工板の設置は好ましくないという回答だったので、それぞれ別な工法での施工を検討して採用しました。

#### 4. 1 急曲線部の地盤改良

既設下水道管（Φ1,800mm）と接続するためにシールド管は終点の約180m手前で左に曲がりますが、地下埋設物の関係でR30の急曲線を2箇所設けて到達立坑に到達させなければなりません。

道路管理者協議後、覆工板の設置が不要な工法を検討した結果、薬注工法の中で高強度（設計一軸圧縮強度 $1.2\text{ MN/m}^2$ ）の改良が可能な「恒久グラウト工法」（試験施工結果 $\sigma=1.5\text{ MN/m}^2$ ）によって急曲線防護壁を造成し、曲線掘進時の反力を得ることとしました。

また、セグメント組立完了後、早期に地山反力を得るために曲線区間では遮へい袋付きセグメントを採用する事で、テールボイドを確実に充填し地表面沈下等の影響を小さくできました。

これらの補助工法の結果、高精度の線形でシールドトンネルを施工する事ができました。

写真-2 急曲線部の施工



①急曲線部地表状況 (国道7号)

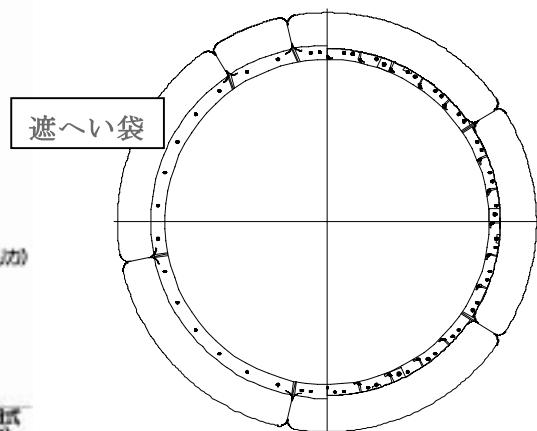
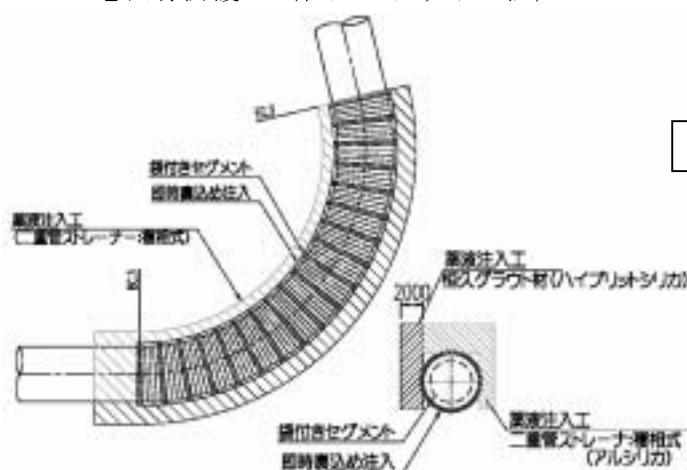
②急曲線防護工施工状況

③遮へい袋付きセグメント

図-2 急曲線部の施工 (恒久グラウト工法+遮へい袋付きセグメント)

急曲線防護工 (恒久グラウト工法)

遮へい袋付きセグメント



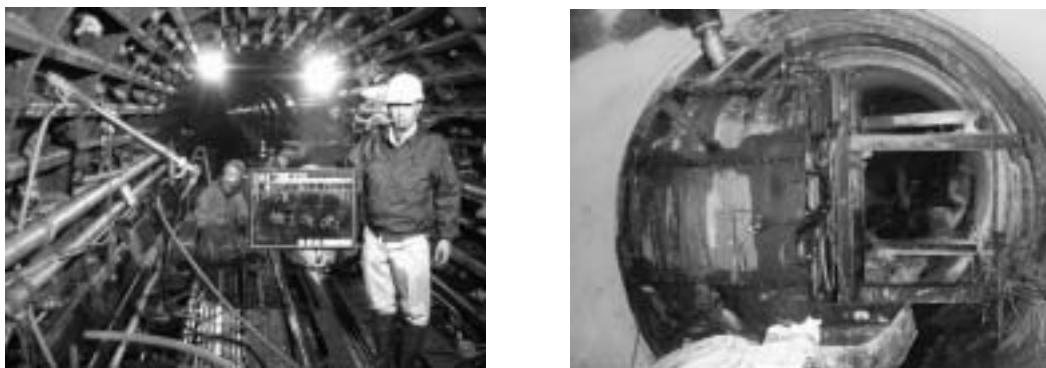
#### 4. 2 流入管接続部の地盤改良

貯留管に余剰雨水を流入させるために推進工法で流入管渠を築造しますが、地中で貯留管と接続する部分には到達防護工として地盤改良工が必要となります。

ここでも急曲線防護と同様、覆工板の設置が不要な工法を検討した結果、シールド坑内から施工が可能で浸透性に優れ高い止水性が得られる「低圧浸透注入工法」による地盤改良を採用することにしました。また、更に安全に作業を行なうために到達用エントランスを設置して接続させます。

(注：本稿作成時にはまだ地中接合は施工しておりません。)

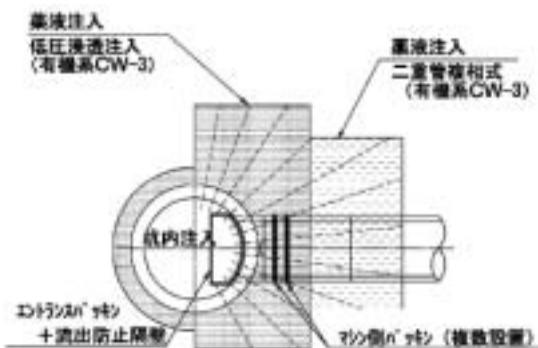
写真－3 地中接合部の施工



①低圧浸透注入工法施工状況

②到達エントランス（施工例）

図－3 改良箇所の施工断面図



#### 5 終わりに

現在、残りの分水人孔築造工や発進基地の復旧工を施工中ですが、工事沿線の自治会・町内会、近隣住民の皆様ならびに関係する企業のご理解・ご協力を頂き、無事竣工を迎えるべく進めております。

新潟市では合流地域の雨水改善事業を進めていますが、その多くが既成市街地であり、今回の工事のように作業用地の確保が難しいことや幹線道路に影響を与えないための対策が必要であることなど、各現場とも似たような課題を抱えています。

本稿の執筆にあたって、請負企業である不動テトラ・白石・櫛谷・本間道路特定共同企業体の皆様より多大なるご協力を頂きましたことを厚くお礼申し上げます。

# ダイオキシン類汚染底質の焼成無害化処理技術 ソイルクリーンシステム（ソックス工法）について

株式会社本間組 土木事業本部技術部 技術開発研究室 担当課長 金井 実

## 1 はじめに

現在、各地の河川や港湾などの公共水域において、有害物質を含む底質が確認されている。特に、食物連鎖による生物への蓄積および長期間摂取による生物への悪影響が懸念されるダイオキシン類については、対策が緊急の課題となっている。

このような状況の中、(株) 本間組、株木建設(株)、日本リサイクル技術(株)、(株) アクトリーの4社は、ダイオキシン類や有害重金属を含む汚染底質の除去から建設資材として有効利用するまでのトータルシステム、ソイルクリーンシステム（ソックス工法）を共同開発した。

なお、本技術については、平成16年度の本報告会でシステム概要と無害化試験結果について報告したが、今般国土交通省河川局河川環境課より公募された、底質ダイオキシン類無害化に関する「分解無害化処理実証試験」および「分解無害化処理実用化試験」に応募し、ダイオキシン類汚染底質の無害化処理試験を実施した。本報では、ソイルクリーンシステムを構成する技術の概要および上記実用化試験について報告する。

## 2 技術の概要

上述のとおり、本技術はダイオキシン類や有害重金属を含む汚染底質の除去、分級・減容化、無害化および無害化処理土を造粒し、建設資材として有効利用を可能にする一連の処理システムである。システムの全体概要を図-1に示す。

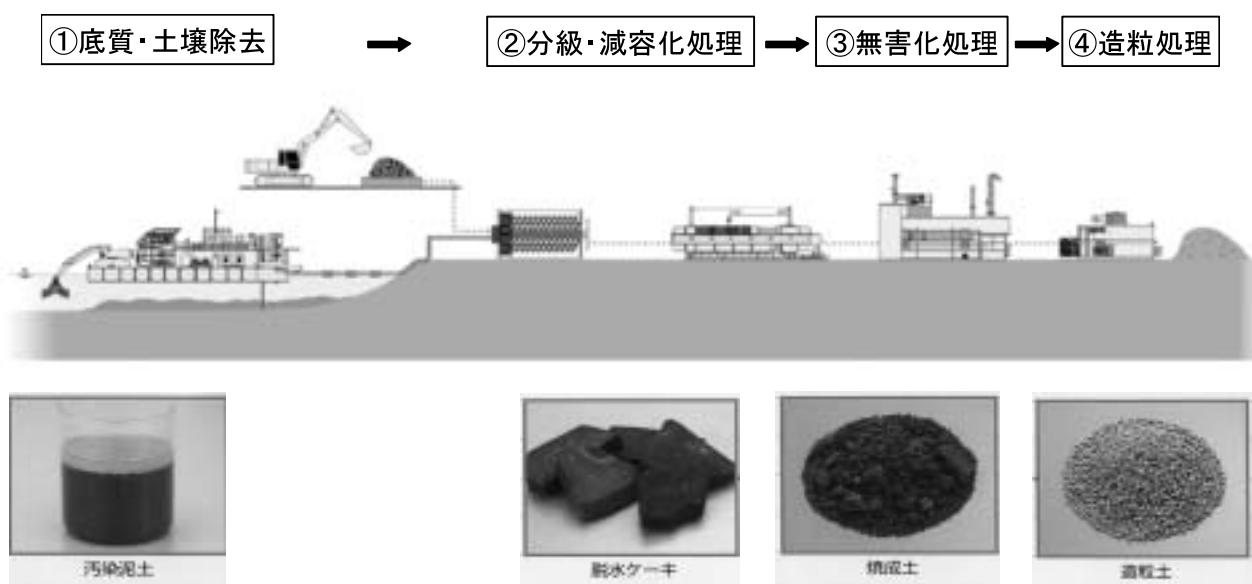


図-1 ソイルクリーンシステム概要図

### 3 実用化試験

#### 3.1 実用化試験のフロー

実用化試験は、当局から提供された河川底質に対し、前処理工程（分級・脱水）を含む無害化処理を実施した。実用化試験のフロー図を図-2に示す。また、前処理および無害化処理の概要を以下に示す。

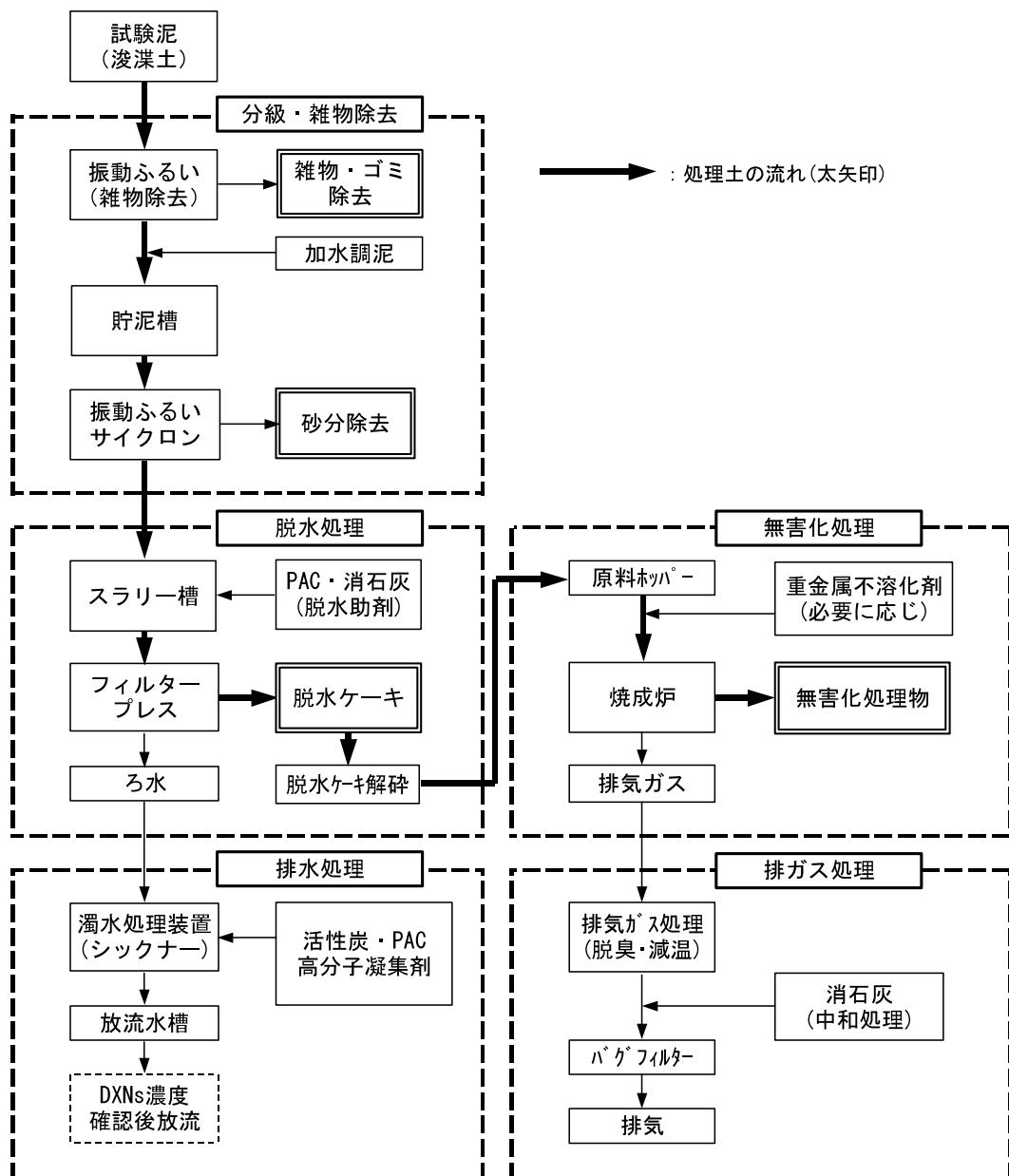


図-2 実用化試験のフロー図

##### 3.1.1 分級・脱水処理・排水処理（前処理工程）

- ① 試験泥を処理プラントまで運搬した後、振動ふるいによって異物雑物の除去を行った。
- ② 試験泥に対して加水を行った後、振動ふるいとサイクロンにより砂分と細粒分（シルト・粘土分）に分級し、細粒分をフィルタープレスにより脱水処理した。
- ③ 脱水処理で発生したろ水は、排水処理を行い、ダイオキシン類の濃度を確認した後に放流した。

### 3.1.2 無害化処理・排ガス処理

- ①分級・脱水工程で製造した脱水ケーキを解碎し、焼成炉で無害化処理を行った。
- ②無害化処理の前後で試料を採取し、ダイオキシン類濃度を測定した。
- ③無害化処理時に発生する大気放出ガスの試料を採取し、ガス処理効果の検証を行った。
- ④無害化処理は、原泥当り 100kg/h と 180kg/h の 2通りの処理速度で試験を実施し、処理速度に対する処理能力の確認を行った。

### 3.2 実用化試験の結果概要

本試験結果については、他の試験結果を含め本年4月に国土交通省河川局から公表された「底質のダイオキシン類対策技術資料集」に詳細が示されているが、本技術については、同資料集の実用性に関する評価で「分解無害化処理については、有効性が明らかになった。」という評価を得た。実用化試験結果を表-1に示す。また、前処理および無害化処理の個別の結果を以下に示す。

表-1 実用化試験結果

△	原泥	分級・脱水・排水処理				無害化・排ガス処理	
		原泥	分級物	前処理底質	放流水	無害化底質	大気放出ガス
	ダイオキシン類濃度 (pg-TEQ/g)	減量化率 (%)	ダイオキシン類濃度 (pg-TEQ/g)	ダイオキシン類濃度 (pg-TEQ/g)	ダイオキシン類濃度 (pg-TEQ/L)	ダイオキシン類濃度 (pg-TEQ/g)	ダイオキシン類濃度 (ng-TEQ/m <sup>3</sup> /h)
測定値	720	62	130	870	0.0019	0.4*	0.012
目標値	—	40以上	150	—	1	150	0.1

\* : 連続試験における平均値

#### 3.2.1 前処理および無害化処理の結果

- ①排水処理が確実に行われたため、放流水に含まれるダイオキシン類濃度は、目標値 1pg-TEQ/L に対し、0.0019 pg-TEQ/L であった。  
(図-3 参照)

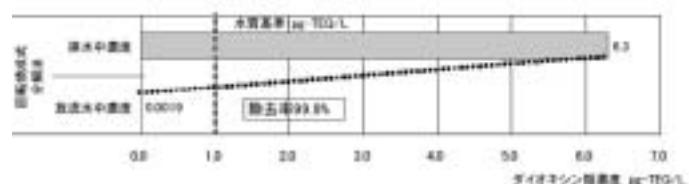


図-3 放流水中ダイオキシン類濃度

- ②無害化処理が確実に行われたため、無害化処理物のダイオキシン類濃度は、目標値 150pg-TEQ/g に対して、処理工程を通して 0 ~ 1.2pg-TEQ/g であった。(図-4 参照)

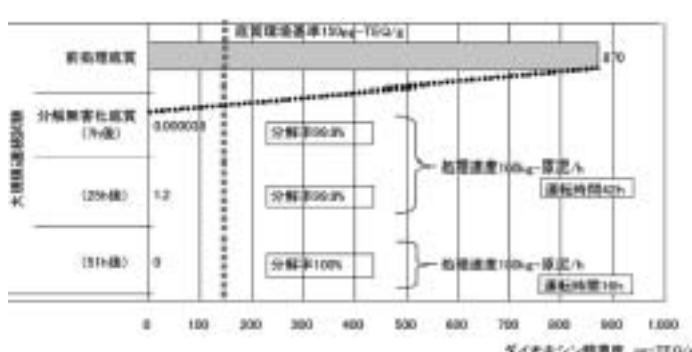


図-4 無害化処理物ダイオキシン類濃度

③排ガス処理が確実に行われたため、大気放出ガス中のダイオキシン類濃度は、目標値(0.1ng-TEQ/m<sup>3</sup>N以下)を達成した。(図-5参照)

(以上、図-3～図-5：底質のダイオキシン類対策技術資料集より抜粋)

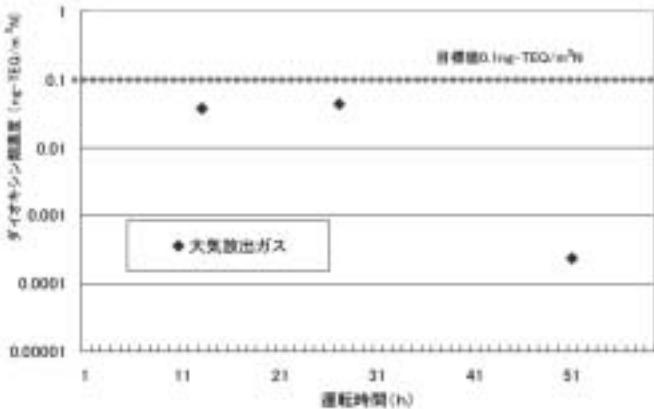


図-5 放出ガス中ダイオキシン類濃度

### 3.2.2 焼成物の材料特性

技術の概要に述べたとおり、本システムでは、焼成物を建設資材として有効利用することを最終目的としている。そこで、ダイオキシン類の無害化を確認した後、土質性状を確認するための粒度試験と強度特性の確認をするためのCBR試験を実施した。土質試験結果を表-2に示す。粒度試験の結果、均等係数Ucは10.4と10を超える値を示し、「粒度分布が良い」材料であることが分かる。

また、CBR値は38.9という値を示し、盛土材および路床材として利用が十分な強度を有することが分かる。

表-2 土質試験結果

項目	値
粒径	礫分(2～75mm)% 45.1
	砂分(0.075～2mm)% 52.6
	シルト分(0.005～0.075mm)% 2.3
	粘土分(0.005mm未満)%
	最大粒径mm 19
	均等係数Uc 10.4
	50%粒径mm 1.6
分類	10%粒径mm 0.24
	礫質砂
平均 CBR %	38.9

## 4 終りに

今回の実証試験および実用化試験を通して、本システムのダイオキシン類汚染底質処理に対する有効性が明らかとなった。また、前処理時の排水処理および無害化処理時の排ガス処理を確実に行うことで、ダイオキシン類の処理系外への放出量が最小限に抑制されていることもわかった。さらに、無害化処理物の建設資材としての有効利用の可能性についても確認することができた。今後は、本システムがダイオキシン類を含有する汚染底質の無害化処理対策の一助となることを願うものである。

今般の実証試験および実用化試験に当っては、試験の機会を提供して頂いた国土交通省河川局河川環境課ならびに関係各位に謝意を表します。

## 参考文献

国土交通省河川局河川環境課：『底質のダイオキシン類対策技術資料集』平成19年3月

# 瓦ダスト舗装HA（サーモスカラーコンクリート）

株式会社佐藤渡辺 技術研究所室長 浅野 嘉津真  
主任研究員 ○淀瀬 博文

## 1 はじめに

日本への瓦の伝来は、飛鳥寺の建立時(588)とされ、瓦は様々な歴史とともに進化し、昨今、日本建築も様変わりして顧客のニーズも多様化している中、今なお瓦の葺き替え工事も頻繁に行なわれ、屋根瓦の葺き替え工事や家屋解体等から発生する廃瓦は、年間 70 万トン程度といわれている。瓦ダスト舗装HA（HA：ハードタイプ）は、廃瓦を破碎し粒度調整して再資源化してものを主骨材としたセメントコンクリート歩道系舗装であり、本報告では、その特徴である保水性と夏場の温度低減効果およびその自然で優しい色合いから得られる意匠性について報告するものである。



写真－1 瓦ダスト舗装HA

## 2 瓦ダスト舗装HAの開発

瓦ダスト舗装は、廃瓦のリサイクルを目的に、瓦自身が持つ焼成した色合いを利用した舗装材をコンセプトに開発をおこなった。

瓦ダスト舗装は、いったん処分場に持ち込まれた瓦を破碎し、粒度調整を行ったものに高炉セメントと混和剤を少量加え、いわゆる、セメント処理舗装材として、歩道や広場への適用を考慮した開発を行ない、転圧施工タイプとして現場施工を実施した。しかし、積雪寒冷地の場合、冬期の舗装表面の凍害から、表面の剥がれやポットホールが生じ、表面の維持が難しいと判断した。

この改善策として、セメント量を増量し、均一な混合物の舗設を想定して水量を増量することで、転圧施工タイプから生コン同様の流し込みタイプとした瓦ダスト舗装HAの開発を実施した。

## 3 破碎瓦と瓦ダスト舗装HAの配合

瓦ダスト舗装HAに用いる破碎瓦の試験結果を表－1 に示す。

表－1 破碎瓦の比重と吸水率の例

産地	見かけ比重 (g/cm <sup>3</sup> )	表乾比重 (g/cm <sup>3</sup> )	かさ比重 (g/cm <sup>3</sup> )	吸水率 (%)
新潟	2.554	2.264	2.077	8.98
富山	2.511	2.163	1.932	11.94
山形	2.617	2.358	2.196	7.34
福島	2.631	2.288	2.076	10.18
静岡	2.647	2.271	2.043	11.18
愛知	2.601	2.320	2.144	8.25

現在では、三州瓦（愛知県）、淡路瓦（兵庫県）、石州瓦（島根県）などが有名な産地であるが、かつては全国で生産されていた事や焼成温度が異なることなどから比重や吸水率の他、硬さや色合いなども異なっている。しかし、表-1から、いずれの瓦も高い吸水率を持つ事が分かる。

また、この硬さの影響から、破碎される瓦の粒度についても差がみられ、特にコンクリートに自然で優しい色合いを与える瓦の微粒分量に違いがある。

表-2は、設計圧縮強度 $18\text{N/mm}^2$ 、スランプ8cmにおける瓦ダスト舗装HAの配合例である。

表-2 瓦ダスト舗装HAの配合例

スランプ (cm)	水セメント比 (%)	単位量(kg/m <sup>3</sup> )			
		水	高炉セメント	瓦	混和剤
8	80	230	287	1455	1.44

配合の特徴は、主骨材とする破碎瓦を標準として20~0mmを用いるもので、このため瓦の微粒分量の影響から単位水量が多くなる傾向がある。また、セメントは、硬化後の舗装体の色合いを考慮して高炉セメントB種を用いている。

表-3は、破碎瓦の一部を砂に置換した場合の例である。

表-3 瓦ダスト舗装HA(砂入り)の配合例

スランプ (cm)	水セメント比 (%)	単位量(kg/m <sup>3</sup> )				
		水	高炉セメント	瓦	砂	混和剤
8	68.4	190	278	1151	384	1.39

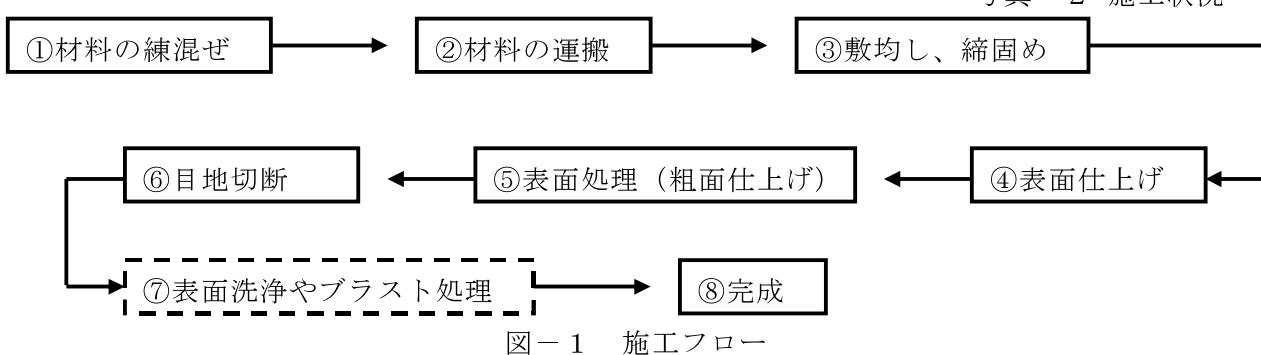
前述、主骨材とする破碎瓦は標準として20~0mmを用いているが、5mm通過量が少ない破碎瓦も多く、このような場合には、5mm以下の破碎瓦を細骨材として加える事が有効である。しかし、生コン工場で混合する場合は、予備のビンを2本必要とし、その対応が困難な場合が多いため、置換材として砂を用いる。このことで単位水量が減少することやスランプが安定する傾向が見られる。



#### 4. 瓦ダスト舗装HAの施工

施工フローを図-1に示す。

写真-2 施工状況



施工方法は、一般的の歩道コンクリート舗装同様に行う。

- ①材料の練混ぜ：練混ぜは、生コン工場、現場に配置したミキサーやアジテータ車などで行う。
- ②材料の運搬：アジテータ車、タイヤシャベル、一輪車など現場の状況に合わせ用いる。
- ③敷均し、締固め：敷均しと締固めは、人力施工の他、簡易フィニッシャなどを用いる。
- ④表面仕上げ：パワートロエルなどを用い、平滑な仕上げとする。
- ⑤表面処理：標準の仕上げとして、粗面仕上げを施す。
- ⑥目地切断：打設の際の目地板の配置や打ち込み目地の他、現場の状況に応じてエンジンカッターによる切断を行う。
- ⑦表面洗浄やブラスト処理：粗面仕上げを標準としているが、瓦の露出度合いの必要に応じて、硬化後のレイタンス処理と、表面洗浄やショットブラストによる研掃を行う。



写真-3 簡易フィニッシャ



写真-4 パワートロエル



写真-5 奥：施工直後  
手前：1年経過



写真-6 レイタンス除去

## 5 瓦ダスト舗装HAの性能

### 5. 1 現場打ちタイプと廃瓦ブロック

瓦ダスト舗装HAは、現場打ちの廃瓦を有効利用したコンクリート舗装である事から、小面積から大面積および園路などの線形に対しても自由度の高い施工が可能である。しかし、小面積への対応はコストの面で割高になり、二次製品化の対応が望まれていた。

性能試験では、開発中の廃瓦ブロックについても一部試験を行い、併せて報告する。

### 5. 2 保水性能と路面温度低減効果

保水性能は、厚さ 5cm における、60°C 24 時間乾燥した際の最大保水量で比較した。

表-4 瓦ダスト舗装HAおよびブロックの最大保水量

瓦産地およびブロック	富山産	愛知産	赤瓦ブロック	いぶし瓦ブロック
最大保水量 (kg/m <sup>2</sup> )	10.4	6.9	7.1	6.1

測定の結果、瓦ダスト舗装HAおよびブロックの最大保水量は、舗装体全面に保水性能を有するため、保水性舗装で示される 3~4kg/m<sup>2</sup> 以上の最大保水量を大きく上回る結果が得られる。

室内試験として、ライト照射による（庫内 20°C）各舗装材の表面温度上昇について計測した。

ライト照射 4 時間後に、密粒度アスコン表面が 60°C に達する設置において、いぶし瓦ブロックが 54°C、

富山産瓦ダスト舗装HAが51°C、赤瓦ブロックが46°Cであり、路面温度の低減効果が認められた。測定結果を図-2に、測定状況を写真-7に示す。

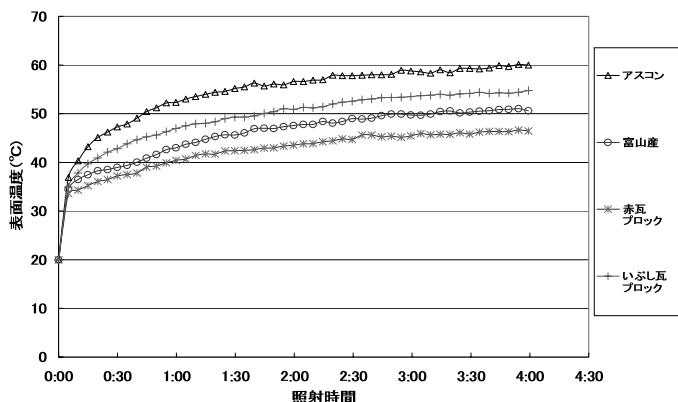


図-2 ライト照射による表面温度測定

密粒アスファルト舗装および富山産瓦ダスト舗装HAについて $2\text{m}^2$ の試験施工を行い、真夏日の表面温度の低減効果について接触型温度計を用いて測定を行った。結果を図-3に示す。13時における外気温度は34°C、アスファルト舗装表面温度61°C、瓦ダスト舗装HA 50°Cでアスファルト舗装に比べ10°Cの低減効果があった。

### 5. 3 瓦ダスト舗装HAの硬化収縮ひずみ

硬化収縮ひずみ測定は、富山産瓦ダスト舗装HAと歩道用コンクリートの供試体作製時( $10 \times 10 \times 40\text{cm}$ )に埋設タイプのひずみゲージを中心配置し、打設直後から計測を開始した。図-4は打設から24時間経過後をイニシャルとした測定結果である。結果から概ね歩道用コンクリート同様の収縮を示し、当面、目地間隔や舗装構成など歩道用コンクリート同様にすることが妥当と考えている。

### 6まとめ

瓦ダスト舗装HAは、破碎した廃瓦を用いたセメントコンクリート歩道系舗装である。瓦は、高い吸水率を持ちコンクリートにすることで自然で優しい色合いを示す。仕上げ面は、粗面仕上げを標準としているが、瓦の露出度合いの必要に応じて、硬化後のレイターンス処理と表面洗浄やショットブラストによる研掃を行ない、意匠効果を高めることができる。真夏日の表面温度は、アスファルト舗装に比べ10°C程度の低減効果が確認された。硬化収縮ひずみの測定から歩道用コンクリート同等の収縮が見られ、目地間隔や舗装構成など歩道用コンクリート同様にすることが妥当と考えている。



写真-7 ライト照射の測定状況

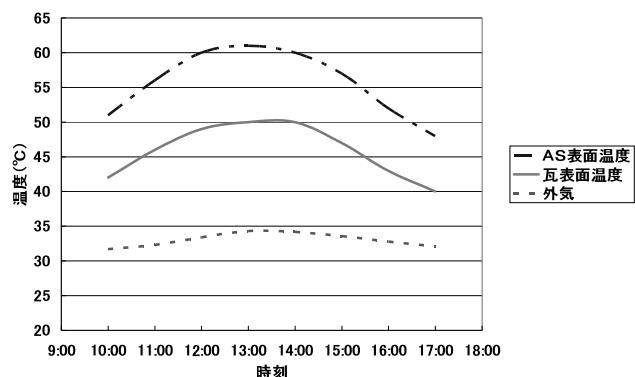


図-3 暴露試験における表面温度測定

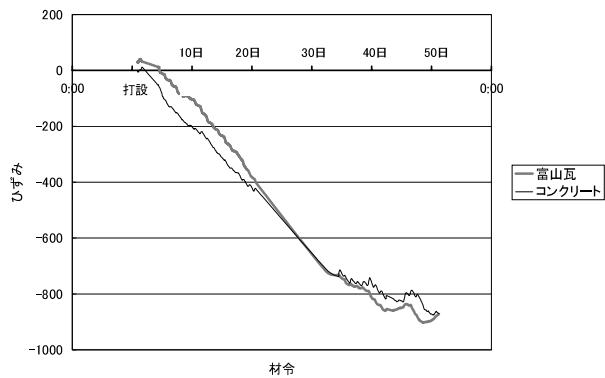


図-4 収縮ひずみ測定

# 表基層対応の振動軽減舗装の開発と適用事例

(株)NIPPO コーポレーション 技術研究所 研究第一課長 ○尾本 志展  
(株)NIPPO コーポレーション 技術研究所 副主任研究員 岩間 将彦  
(株)NIPPO コーポレーション 工務部 特殊工法担当課長 山岸 宏

## 1. はじめに

都市部の幹線道路などでは、車両走行に伴う交通振動が大きな問題となる場合がある。その発生原因としては、舗装構造からみると路面の平たん性不良や路床・路盤の支持力不足などが挙げられる。このため、従来より舗装での交通振動軽減対策としては、路面の平たん化や舗装構造の強化（路床改良や路盤強化など）等が有効とされている。しかし、路面の平たん性改善による方法は、交通の供用に伴い平たん性が損なわれていくため振動軽減効果の持続性に課題がある。また、構造強化による方法は、路床または路盤までの厚層打換えを伴うため工期が長くなり、多大な費用を要することやその間工事渋滞を招くなどの問題があり、その実施が困難な場合が多いのが実情である。

そこで、これらの課題を解決するために、より短期間で改善可能な持続性のある表基層対応の振動軽減舗装を独立行政法人土木研究所と共同で開発<sup>1),2)</sup>し、これまでに土木研究所走行実験場での試験施工や実路での施工により耐久性や振動軽減効果を確認してきた。本論文は、この振動軽減舗装の開発過程とそれら実路での適用事例について報告するものである。

## 2. 表基層対応の振動軽減舗装の開発

### 2.1 開発方針

本舗装の開発にあたっては、表基層は振動減衰性能が高く平たん性が長期にわたり良好に維持されるような耐久性の高い舗装構成が有効であると考えた。そこで、まず最初に、室内試験により表基層用の各種混合物などについて振動減衰特性を評価し、その結果をもとに振動減衰性能の高い表基層構成を選定した。その後、土木研究所走行実験場において試験施工を行い、その妥当性を検証した。

### 2.2 室内試験結果

図-1は、室内試験<sup>1),3)</sup>より得られた各種混合物の振動減衰特性の結果を示したものである。図中の損失係数は、幅10cm、厚さ5cm、長さ50cmの供試体を円形のタイヤチューブの上に載せ、電磁加振器によりその供試体中央を加振させ周波数応答関数を測定し、その結果から半値幅法により算出した値である。また、推定振動低減量は、ストレートアスファルト（以下、ストアス）を使用した密粒度ア

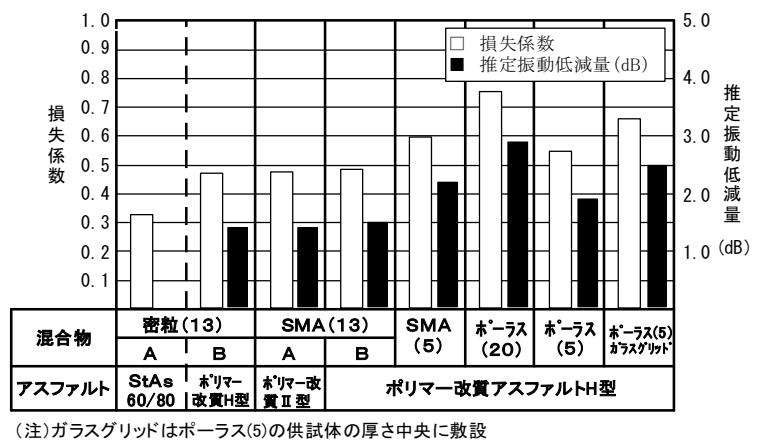


図-1 各種混合物の振動減衰特性

スファルト混合物(13)（以下、密粒(13)）を基準とし、各混合物と密粒(13)のそれぞれの損失係数を用いて、制振材料における振動低減量の評価式を利用して推定した値である。

図-1に示すように、碎石マスチック混合物(13)（以下、SMA(13)）と同混合物(5)（以下、SMA(5)）、高空隙のポーラスアスファルト混合物(20)（以下、ポーラス(20)）はどれもストアス使用の密粒(13)より大きな損失係数を示し、高い振動減衰効果を有している。なかでも、ポーラス(20)は最も優れた振動減衰性能を有している。また、バインダーとしては、ポリマー改質アスファルトH型を使用することで振動減衰性能を向上でき、ガラスグリッドは混合物内に敷設すると損失係数が向上するため制振シートとしての利用が期待できることが確認された。

## 2.3 表基層の構成

上記試験結果より、本舗装では図-2のように基層にポーラス(20)とSMA(5)を設け、その上に制振用シートとして網目状のガラスグリッドを敷設し、表層に高耐久性のSMA(13)を設ける表基層構成とした。また、混合物のバインダーはいずれもポリマー改質アスファルトH型を使用することにした。

## 2.4 土木研究所走行実験場での検討結果<sup>1),2)</sup>

表-1は、施工直後と促進載荷試験後（49kN換算輪数15万回載荷）に荷重車（後軸重117.6kN）を走行させて試験施工区間36mの中央で振動レベルを測定した結果を示したものである。なお、本舗装と密粒度舗装の表基層構成は表-2のとおりである。

表-1より、荷重車の走行位置から約1m離れた地点では、本舗装は、密粒度舗装より施工直後で約1dB、促進載荷試験後で約3dB振動レベルが軽減されていることが確認された。また、促進載荷試験結果では、耐久性も良好であった。以上のことから、図-2に示した本舗装の表基層構成は振動軽減効果や耐久性からみて妥当であると判断し、実路への適用を図ることにした。

## 3. 市街地道路での適用事例<sup>4)</sup>

### 3.1 施工箇所の概要

施工は、千葉県内の市街地における市道で実施した。施工区間は幅員3m、延長40mの2車線で、舗装計画交通量は250以上1000（台/日・方向）未満、大型車としては主にバスが通行している箇所である。施工箇所の路面性状は表-3のとおりであった。

### 3.2 施工および振動の測定方法

施工断面は、既設舗装のアスファルト層が厚さ15cmであったことからそれを全て切削し、基層のポーラス(20)を8cm、SMA(5)を3cmとし、その上にガラスグリッドを敷設して表層のSMA(13)を4cm

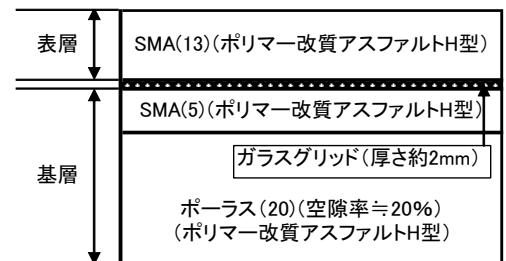


図-2 表基層構成

表-1 試験施工での振動測定結果

舗装種	測定値		振動レベル(dB)	振動軽減効果(dB)
	施工直後	促進載荷後		
本舗装	65.0	63.1	1.2	3.2
密粒度舗装	66.2	66.3	—	—

注)振動レベルは荷重車の走行位置より約1m離れた位置での値

表-2 試験施工での表基層構成

	本舗装	密粒度舗装
表層	SMA(13):40mm	密粒(13):70mm
基層	上面にガラスグリッド敷設 SMA(5):25mm ポーラス(20):75mm	粗粒(20):70mm

注)バインダーは本舗装はどれもポリマー改質アスファルトH型、密粒度舗装はどれもストアス

表-3 施工箇所の路面性状と路床CBR

車線	ひび割れ率 (%)	平たん性σ (mm)	最大わだち 掘れ量 (mm)	路床のCBR(%)	
				FWDによる 推定値	採取土の 実測値
左車線	1.3	3.7	6	7.9	—
右車線	21.4	6.4	25	5.9	7.3

とする層構成とした。施工は片側車線を2日ずつで行い、一日目に切削からSMA(5)の舗設までを、翌日にガラスグリッドの敷設とタックコート、SMA(13)の舗設を実施した。なお、ガラスグリッドは人力で敷き拡げた後、基層表面と密着するようにタイヤローラを走行させ、その後専用釘で固定した。

振動測定は、施工前と施工後で施工区間中央の路面状況が良くない右車線側の歩道外端（官民境界）の位置で行った。測定はJIS Z8735に準拠し、振動加速度センサーにより10時から24時において毎正時から10分間（1時間おき）にわたり振動レベル（鉛直方向、体感補正）を測定した。振動軽減効果は、各測定時間内の最大振動レベル $L_{max}$ と時間率振動レベル $L_{10}$ で評価した。なお、 $L_{10}$ に影響する測定時の大型車の台数は、ほとんどの時刻で施工前より施工後の方が同数か僅かに多い状況であった。

### 3.3 振動測定結果

施工前と後に測定した各時刻における最大振動レベル $L_{max}$ と時間率振動レベル $L_{10}$ の値を、図-3と図-4に示す。両図をみると、施工後の $L_{max}$ と $L_{10}$ は、どの時刻でも施工前より小さな値を示している。このことから、本舗装の施工により振動が軽減されたことがわかる。そこで、この結果より、各時刻における値の変動を考慮して、 $L_{max}$ と $L_{10}$ の平均値とともに振動低減量を評価した。その結果を表-4に示す。

表-4より、本舗装の施工によって $L_{max}$ は平均で10.2dB、 $L_{10}$ は5.8dB低減されたことがわかる。なお、施工後の平たん性 $\sigma$ は左車線で1.8mm、右車線で2.2mmと施工前より改善されていた。したがって、表-4の振動低減量は、本舗装自体と平たん性改善による2つの振動軽減効果によるものと考えられる。

そこで、道路交通振動 $L_{10}$ の予測式を利用して、平たん性改善による振動低減量 $\Delta L_{10\sigma}$ と本舗装自体による振動低減量 $\Delta L_{10P}$ を下記式から推定してみた。

$$\Delta L_{10\sigma} = 8.2(\log_{10} \sigma_b - \log_{10} \sigma_a) \quad \cdots (1)$$

$$\Delta L_{10P} = \Delta L_{10} - \Delta L_{10\sigma} \quad \cdots (2)$$

ここに、 $\sigma_b$ 、 $\sigma_a$ ：施工前と施工後の平たん性

振動測定側の右車線の $\sigma$ の値を用いて、推定した結果を表-5に示す。同表より、本施工では $L_{10}$ は平たん性改善により3.8dB、本舗装自体により2.0dB低減したものと推測される。したがって、 $L_{10}$ での振動低減量でみれば、本舗装を施工したことで、平たん性を単に改善した場合よりも1.5倍程度大きな振動軽減効果が得られたものと判断できる。

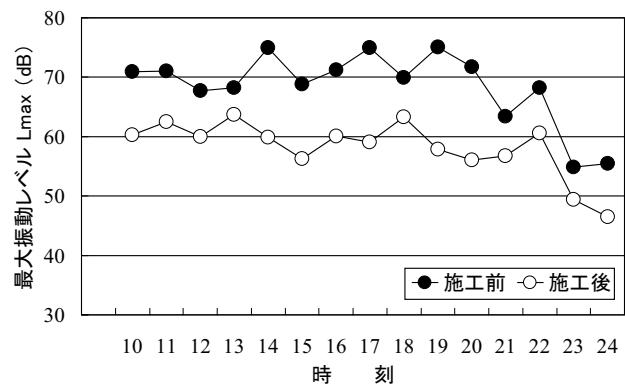


図-3 最大振動レベル $L_{max}$ の測定結果

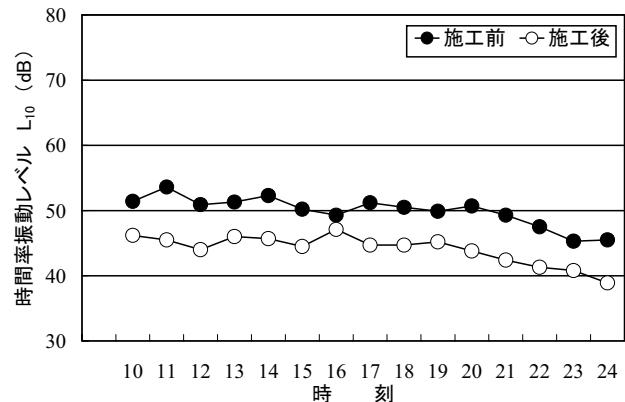


図-4 時間率振動レベル $L_{10}$ の測定結果

表-4  $L_{max}$ および $L_{10}$ の平均値と振動低減量

評価項目	施工前	施工後	振動低減量
最大振動レベル $L_{max}$ (dB)	68.4	58.2	$\Delta L_{max}=10.2$
時間率振動レベル $L_{10}$ (dB)	49.9	44.1	$\Delta L_{10}=5.8$

表-5 本舗装自体による推定振動低減量

振動低減量 (dB)	平たん性改善による 推定振動低減量(dB)	振動軽減舗装による 推定振動低減量(dB)
$\Delta L_{10}=5.8$	$\Delta L_{10\sigma}=3.8$	$\Delta L_{10P}=2.0$

## 4. 国道での適用事例

### 4.1 施工箇所の概要

施工は、兵庫県内の国道で実施した。施工区間は幅員 3.6~5.9m、延長 180m で、既設舗装のうち片側車線だけを本舗装で施工した。舗装計画交通量は 1000 以上 3000 未満（台／日・方向）、大型車としては主にトラックが通行している箇所である。既設路面の平たん性  $\sigma$  は 3.7mm であった。

### 4.2 施工および振動の測定方法

施工では既設舗装を 12.5cm 切削し、基層のポーラス(20)を 6cm、SMA(5)を 2.5cm 舗設した後、ガラスグリッドを敷設した。その後、タックコートを散布して表層の SMA(13)を 4cm 舗設した。施工は昼夜連続して一日で行った。振動測定は、施工前と後に 6 時から 23 時まで施工車線側の歩道外端部（官民境界）で、市街地道路の場合と同様な方法で行った。なお、 $L_{10}$  に影響する測定時の大型車台数は、施工前より施工後が両車線合わせて約 100 台多かった。このため、振動軽減効果は  $L_{max}$  で評価した。

### 4.3 振動測定結果

施工前と後の  $L_{max}$  の測定結果を図-5 に示す。同図をみると、施工後の  $L_{max}$  は、ほとんどの時刻において施工前より小さな値を示している。これより、本舗装の施工により振動が軽減されたことがわかる。そこで、市街地道路の場合と同様に  $L_{max}$  の平均値より振動低減量を評価した。その結果を表-6 に示す。

本施工では、施工後の平たん性  $\sigma$  は 1.9mm と施工前より小さくなっていた。このことから、表-6 に示した振動軽減効果には平たん性改善による効果も含まれているものの、片側車線の施工だけでも  $L_{max}$  は平均で 5.8dB 低減されていることが確認された。

## 4. まとめ

表基層対応の振動軽減舗装を開発し、市街地道路と国道で施工を行った。その結果、官民境界での最大振動レベル  $L_{max}$  は施工前に比べ大きく低減し、時間率振動レベル  $L_{10}$  の振動低減量でみれば、平たん性を単に改善した場合より 1.5 倍程度大きな振動軽減効果が得られることを確認できた。このことから、表基層の切削オーバーレイにより本舗装を施工することで、道路交通振動を軽減できることが立証された。今後は、本舗装の有用性をより多くの現場で検証していきたいと考える。最後に、本舗装の開発や現場の提供ならびに施工にご協力を戴いた関係各位に対して深く謝意を表します。

**【参考文献】** 1)新田：振動軽減型舗装の開発、舗装、pp.26-30、2004.1 2)独立行政法人土木研究所ほか：交通振動の軽減のための舗装技術の開発共同研究報告書、共同研究報告書第 290 号、2003.2 3)尾本ほか：アスファルト混合物の振動減衰特性に関する検討、土木学会第 57 回年次学術講演会講演概要集第 V 部門、pp.5-6、2002 4)尾本ほか：表基層対応の振動軽減舗装に関する実路での検討、第 10 回北陸道路舗装会議報文集、pp.226-229、2006

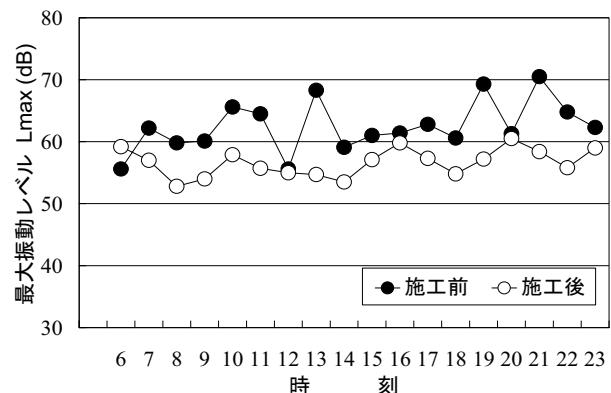


図-5 最大振動レベル  $L_{max}$  の測定結果

表-6  $L_{max}$  の平均値と振動低減量

評価項目	施工前	施工後	振動低減量
最大振動レベル $L_{max}$ (dB)	62.5	56.7	$\Delta L_{max} = 5.8$

# 加熱表面処理工法による路面維持

福田道路株式会社 技術研究所 ○ 本間 悟  
福田道路株式会社 技術研究所 藤井政人  
福田道路株式会社 新潟本店 増井裕明

## 1 はじめに

我が国の道路舗装は、これまでの建設を主体とする整備から、維持修繕を主体とする整備に移行しており、これらにかかる費用が、急激に増加することが予測されている。このような背景から、既存の舗装を効率的に維持管理し、出来るだけ長期間使用することが望まれ、直轄国道の道路管理においても、修繕工事とは別に、従来維持として行なわれた補修工法を予防的修繕<sup>1)</sup>として計画的に実施する方針が出された。

予防的工法として路面の性能を回復する手法は、シール材注入、切削工法、表面処理工法、薄層オーバーレイ工法などがあり、それぞれの現場状況に応じた工法が適用される。

加熱表面処理工法は、路上表層再生工法の技術を用いた、現位置再生でコストや環境負荷の軽減に有利な低コストの路面補修工法である。

## 2 加熱表面処理工法の概要

加熱表面処理工法は、ひび割れやわだち掘れなどの発生により、傷んだアスファルト舗装路面を対象にした表面処理工法であり、主に走行性の改善を目的とした路面補修工法である。また、路面の破損の程度が拡大しないうちに予防的工法として実施することにより、舗装寿命の延命化も期待できる。

加熱表面処理工法で路面の補修を実施した場合、図-1に示すように、深いクラックは残るが走行に影響をおよぼす浅い路面付近のクラック、わだち掘れ、パッチングなどの補修跡などが無くなり、路面全体の道路のサービスレベルが改善される。切削オーバーレイ工法のように、劣化した舗装を完全に修繕するわけではないが、走行性はそれと同程度に回復することが可能である。

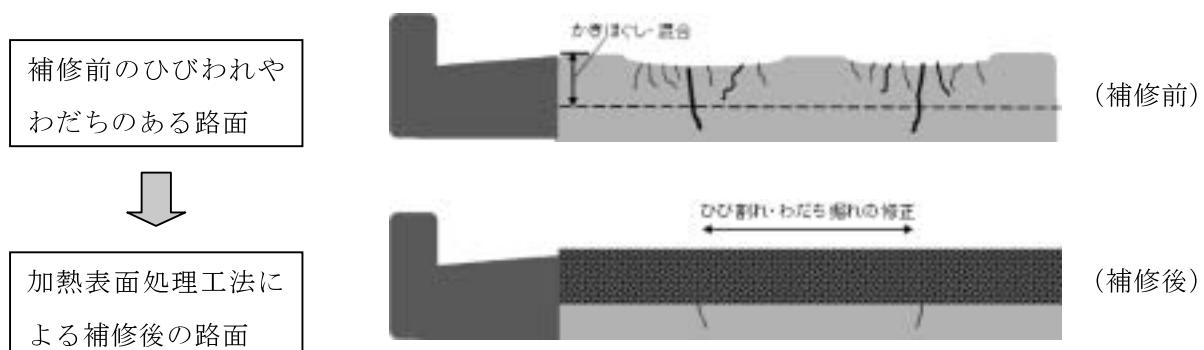


図-1 加熱表面処理工法による補修の概略図

### 3 施工方法

#### 3. 1 施工手順

加熱表面処理工法の施工手順は、図-2に示すように路面を加熱した後、専用のアスファルト乳剤散布装置付き路上表層再生機（HD-RM、写真-1）でアスファルト乳剤の散布（写真-2）から路面のかきほぐし・混合・敷きならしを行い、ローラで締固める。

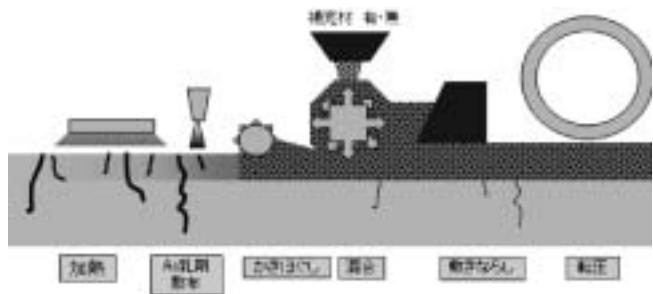


図-2 施工手順

#### 3. 2 機械編成

従来の路上表層再生工法は、処理深さが4~5cm程度で加熱工程に多くのエネルギーが必要であった。加熱表面処理工法は、処理深さを1~2cmと薄層にすることで、ヒータ車を従来の半分程度にでき、施工編成を小規模にすることができる。機械編成を図-3に示す。

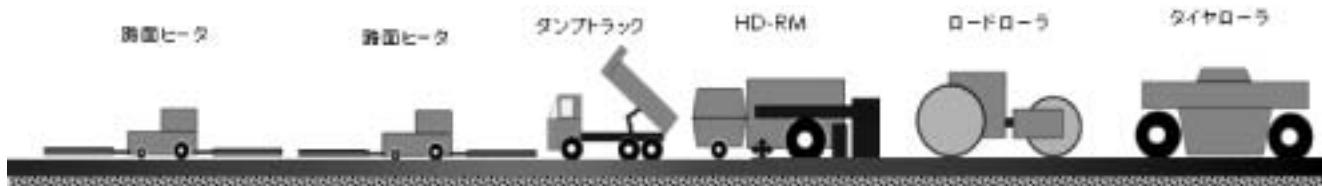


図-3 機械編成



写真-1 アスファルト乳剤散布装置付き路上表層再生機



写真-2 アスファルト乳剤散布状況

#### 3. 3 施工方法の特長

加熱表面処理工法による路面補修は、施工高さを現況の路面に合わせて舗設することを標準としている。そのため、取り付け道路などがあり設計高さの変更が難しい箇所などにも適用できる。施工方法は大きく分けて2種類あり、新規アスファルト混合物の使用を最小限に抑えたリフォーム方式と、新規アスファルト混合物を加えて路面の補強も兼ねたリミックス・リペーブ方式がある。

加熱表面処理工法と他の維持修繕工法の比較を表-1に示す。

### 3. 3. 1 リフォーム方式

既設路面のひび割れやわだち掘れが比較的軽度の場合や、埋設工事などの舗装復旧工事などにおける段差解消などの場合は、新規混合物の使用を最小限に抑えアスファルト乳剤を添加・混合した既設混合物を舗設する。

この補修方法は、新規アスファルト混合物の使用がわずかで、現位置において既設舗装を再生するので舗装資材のリユースが可能で、運搬工程の省略によるコスト削減、運搬車両の排気ガスの減少による二酸化炭素排出量削減などの環境負荷の軽減も期待できる。

### 3. 3. 2 リミックス・リペーブ方式

走行性を改善する補修方法として有効なオーバーレイ工法は、わだち掘れやひび割れなどで傷んだ既設路面の上に新規アスファルト混合物を舗設することから、安価に走行性を改善することができる工法である。しかし、ひび割れが多い路面においては、シール材注入工法などの事前処理が多く必要となり、それによる交通規制も必要となる。

これに比べ、新規アスファルト混合物を用いるリペーブ・リミックス方式による加熱表面処理工法は、既設路面の加熱・かきほぐし処理により軽度のひび割れを処理した上で舗装全幅をオーバーレイすることができる工法であり、路面の補強と車両の走行性向上が期待できる。

表－1 路面補修工法の比較

		加熱表面処理		オーバーレイ (薄層オーバーレイ)	路上表層再生	切削オーバーレイ
		リフォーム	リペーブ・リミックス			
適用	ひび割れ	○	○	△	△	◎
箇所	わだち掘れ	△	○	○	◎	◎
	平坦性低下	○	○	○	◎	◎
使用機械	路面ヒータ車 路上表層再生機 ローラ 資材運搬車両	アスファルトイニッシャ ローラ As 乳剤散布機 資材運搬車両	路面ヒータ車 路上表層再生機 ローラ 資材運搬車両	路面切削機 路面清掃車 アスファルトイニッシャ ローラ As 乳剤散布機 資材運搬車両		
機械編成の規模	中	小	大	大		
施工コスト	小～中	小～中	中	大		
施工概要	既設路面の表層 1～2cm 程度を加熱、かきほぐし、アスファルト乳剤を添加混合した既設混合物を舗設する工法。	既設路面を加熱・かきほぐし処理により、ひび割れを処理し、同時にオーバーレイする工法。 再生層の上に新規混合物を敷きならすリペーブ方式と、新規混合物を補充材として再生材と均一に混合して敷きならすリミックス方式がある。	既設舗装表面に新規混合物で新たに表層を構築する工法。 既設舗装のひび割れの多い路面では、シール材注入工等の手間が多くかかる。	既設舗装の表層を路上混合により処理厚 $t=5\text{cm}$ 程度で、加熱・かきほぐし、必要量の新しいアスファルト混合物や再生添加剤を加えて、これを敷きならし、新たな表層を構築する工法。リミックス方式とリペーブ方式がある。	既設舗装の表層または表層+基層を切削し新規混合物を新たに構築する工法。 表層（表層+基層）部分が更新されるので路面性状は新設時と同等まで回復する。 材料費ならびに廃材および新材の運搬に費用がかかるため施工コストが高くなる	
適用	維持工事	維持工事	維持工事 修繕工事	修繕工事	修繕工事	

#### 4 施工費用の比較

加熱表面処理工法と他の路面補修工法とのコスト比較を図-3に示す。

加熱表面処理工法は、切削オーバーレイ工法と比較するとアスファルト混合物の使用量が少なく、廃材の運搬・処分もほとんど無いため工事費用を低減できる。また、シール材注入を含めたオーバーレイ工法と比較すると、加熱表面処理工法は低コストとなり、ひび割れが多くシール材注入の量が多い路線では、加熱表面処理工法は有効である。

#### 5 施工例

当社構内において加熱表面処理工法の試験施工を実施した。写真-3に示すように、切削による凹凸やパッチングなどのある路面が、施工後には凹凸やひび割れが無くなり路面が平滑になった。また、写真-4に示すように、施工前にあったひび割れは、かきほぐした舗装表面から  $t=2\text{ cm}$  の深さまでは完全に無くなり、それ以下の数cmもひび割れ幅が小さくなることが確認された。

#### 6 おわりに

加熱表面処理工法は、現位置における再生工法である路上表層再生工法と薄層オーバーレイ工法の各利点を有効に活用し、また既存の施工機械で対応できる技術として開発したものである。

現在、国の直轄国道のほか地方の幹線道路や生活道路、農道などでも、道路の維持修繕費用の削減が進められ、低コストで道路のサービスレベルを維持する工法の開発が望まれている。

本工法は、コスト削減のみならず環境負荷の低減にもつながることから、路面の維持工法として普及させるよう今後も技術開発を進めたい。

#### (参考文献)

- 1) 国土交通省道路局国道・防災課：「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」、道路、2006年8月

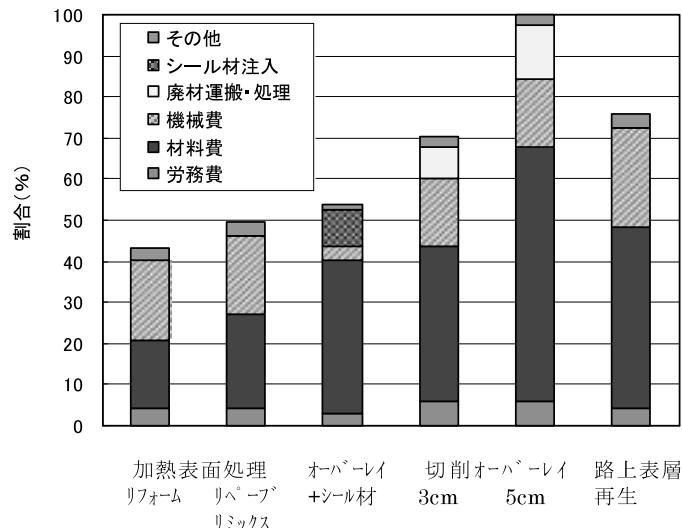
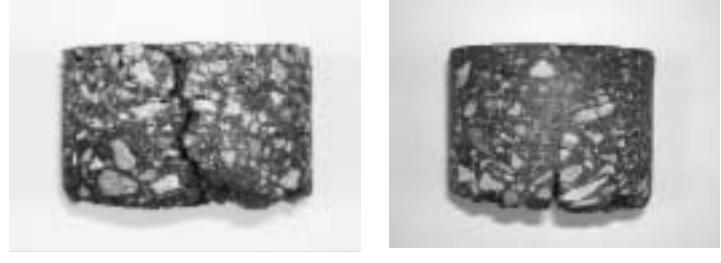


図-4 直接工事費の比較（切削オーバーレイ 5cm を 100 とする）



施工前 施工後

写真-3 施工前後の路面状況



施工前 施工後

写真-4 施工前後のひび割れ状況

# アーバンクール(遮熱型)低臭タイプの開発

世紀東急工業株式会社 技術研究所 研究員 小柴 朋広

## 1 はじめに

遮熱性舗装は太陽エネルギー中の舗装体を温める波長の多くを反射することにより、舗装体から大気への熱の伝搬を低減させることで、ヒートアイランド現象や熱帯夜等の暑熱環境改善に寄与するところから、急速に施工実績を伸ばしている。

一般的に車道用の遮熱性舗装には、排水性トップコート工法にも用いられている MMA 樹脂を主成分とした遮熱塗料が用いられている。しかしながら MMA 樹脂は揮発性が高いため、施工時に臭気が拡散しやすい。この臭気自体は特別人体に影響を及ぼすものではないが、飲食店街や駅前など人通りの多いところでの施工においては、現場周囲の環境に対する配慮が求められていることから、臭気を低減させるための検討を行い、実用化に至った。

本文は、施工時の臭気を低減した車道用遮熱性舗装「アーバンクール（遮熱型）低臭タイプ」の開発に関する検討結果をとりまとめたものである。

## 2 開発の目的

通常、車道用の遮熱性舗装に用いられる遮熱塗料には高強度、高耐候性、速硬性が求められることから、MMA 樹脂を主成分とするもの（以下、MMA タイプ）が多い。しかし、MMA タイプを用いて作業を行った現場においては、吹付け作業時の臭気に対する苦情等が発生していることから、施工時の臭気を大幅に低減することを目的として、「アーバンクール（遮熱型）低臭タイプ」（以下、低臭タイプ）の開発を行った。

## 3 低臭気型遮熱塗料の概要

低臭化を目的とした材料には、臭気および揮発性が MMA タイプの塗料よりも低く、かつ車道へ適用することを考慮すると、MMA 樹脂と同等の強度、耐候性、速硬性等を有することが求められる。この条件を満たす材料についての調査を行った結果、ビニルエステル樹脂を用いた低臭気型遮熱塗料（以下、低臭塗料）が適当であると判断し、実用化に向けて検討を行った。

### 3.1 樹脂の性質

低臭塗料に用いられているビニルエステル樹脂は、変性エポキシ樹脂の一種で、エポキシ樹脂よりも硬化速度が速く、低温硬化性に優れ、低粘度であるため作業性が良好な樹脂である。また、一般的な条件下での硬化時間は 10~30 分程度であり、硬化後の強度も MMA 樹脂と同等である。

### 3.2 臭気

低臭塗料に用いられているビニルエステル系樹脂は、MMA 樹脂のような不快感を与える臭気は無く、

また揮発性も低いため、施工時の現場内環境が改善できると考えた。そこで、臭気の定量的な評価として臭気測定器による測定、および感覚的な評価として実際に遮熱性舗装を施工している現場作業員を対象としたアンケート調査を行った。

### 3.2.1 臭気測定器による測定結果

現在、塗料の臭気の強さについては規定された指標が無いため、いくつか提案されている測定方法のひとつである簡易的な臭気測定器を用いて、塗料の静置時と吹付け作業時の臭気のレベルを測定した。本測定器の評価指標である CIAQ 値(Composite Index of Air Quality)による測定結果を表-1 に示す。また、CIAQ 値による一般的な臭気のレベルを表-2 に示す。これより、低臭タイプは MMA タイプと比較して施工中の臭気が 1/3 程度になっていることが確認できた。

表-1 臭気の測定結果 (CIAQ 値)

測定条件	低臭タイプ	MMA タイプ
静置状態	20	108
施工時	35	91

表-2 CIAQ 値による一般的な臭気のレベル

測定場所	CIAQ 値	測定場所	CIAQ 値
(無臭)	(1)	公衆トイレ	10~40
居間	1~8	喫煙室	30~90
事務所	5~20	下水道	50~100

### 3.2.2 アンケート調査

施工時の臭気について、現場作業員 14 人を対象にアンケート調査を行った。

その結果図-1 に示すように、人間が感じる臭気の評価についても明らかに差が生じていることが確認できた。

## 4 実施工による適用性の検討

実際の現場における低臭タイプの適用性を検証するため、駐車場において試験施工を行った。

### 4.1 施工方法

低臭タイプの施工は、基本的には MMA タイプと同様に行う。ただし、低臭塗料は常温ではやや粘度が高いため、加温式の吹付け装置を用い、40~60°C 程度に加温しながら塗布作業を行う。施工手順を以下に示す。

#### ①マスキング・清掃

路面標示・マンホール等をマスキングし、路面の塵埃やゴミ等を清掃する。

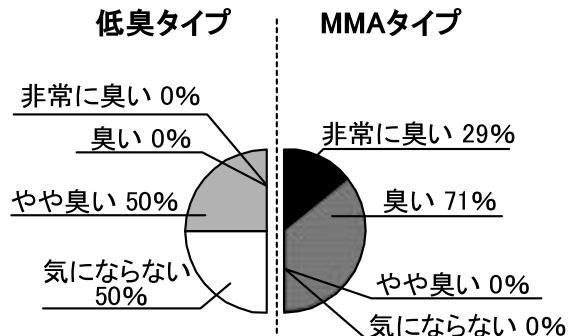


図-1 アンケート結果



写真-1 吹付け状況

## ②下塗り

塗料に硬化剤を投入・攪拌し、加温しながら 2 液型のスプレーガンにより 所定量を吹付ける。

(写真-1 参照)

## ③すべり止め骨材散布

下塗り硬化前に、骨材散布機によりすべり止め骨材を所定量散布する。

## ④上塗り

塗料に硬化剤を投入・攪拌し、加温しながら 2 液型のスプレーガンにより 所定量を吹付ける。

## ⑤養生・片付け

塗膜が硬化した後（10～30 分後）、マスキングを取り除き、周囲を清掃する。

## 4.2 駐車場における施工

低臭タイプの現場における路面温度低減効果および耐久性等を確認するため、民間の駐車場（神奈川県横浜市）において施工を行い、施工直後および供用 1 年後に追跡調査を行った。

### 4.2.1 施工概要

- 施工時期：平成 17 年 9 月
- 施工規模：460 m<sup>2</sup>
- 舗装構成：密粒度 As 混合物 5cm、碎石路盤 15cm
- 塗料の色：明度 50 のブルーグレー

### 4.2.2 路面温度低減効果

新設の密粒度アスファルト舗装に対する低臭タイプの路面温度低減効果を確認するため、晴天日に路面温度の測定を行った。接触型温度計による測定結果を図-2、サーモグラフィーによる路面温度の分布を写真-2 に示す。

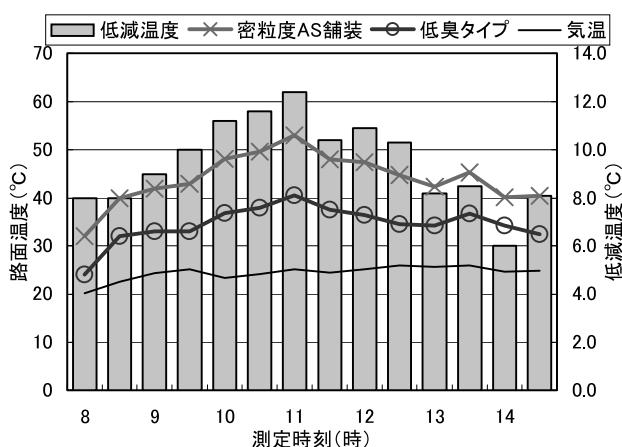


図-2 路面温度測定結果



写真-2 サーモグラフィー撮影結果

これより、表-3 に示すように低臭タイプは密粒度舗装に対し、施工直後に接触型温度計で約 12°C、サーモグラフィーにおいても 12~13°C の路面温度低減効果が確認できた。さらに供用 1 年後の追跡調査結果においても、約 11°C の温度低減効果を示し、明度の変化も無いことから、屋外における紫外線劣化等の影響もほとんど無いことが確認できた。

表-3 追跡調査結果

測定項目	施工直後	1 年後
最大低減温度 (°C)	12.3	10.8
明度 (L*)	48.5	48.6

#### 4.2.3 塗膜の耐久性

駐車場は、車輌によるタイヤの据え切りが頻発するため、舗装表面の塗膜にとっては過酷な条件下にあるが、供用 1 年後における路面状況の観察では、剥離や摩耗などの損傷も見受けられず、良好な状態であった。供用 1 年後の路面状況を写真-3 に示す。



#### 5 検討結果

本検討結果を整理し、以下に示す。

写真-3 1年後の供用状況

- ①低臭タイプは MMA タイプに対して施工時の臭気が 1/3 程度であるが、硬化速度、塗膜の剥離抵抗性、および路面温度低減効果は同程度であることが確認できた。
- ②駐車場での実施工を行い、追跡調査では供用 1 年後においても良好な路面性状を維持していることが確認できた。

#### 6 おわりに

本検討により、作業環境に配慮した低臭化施工が十分可能であることが確認できた。

また、本工法については、再生アスファルト混合物としての再利用についても検討を行っており、遮熱性舗装が施工された切削材が特に問題なく再利用できることも室内検討で確認している。

低臭タイプは人通りの多い飲食店街等での施工を目的として開発した工法であるが、適用範囲をさらに広げるため、現在、重交通路線での試験施工を行っている。今後は、その結果をもとに本工法の適用箇所の拡大を検討したい。

# 粘性土における植生基盤改良実績と環境負荷低減への取組み

鹿島建設株式会社 北陸支店 土木部 谷浜造成工事次長 田中 久人  
鹿島建設株式会社 北陸支店 土木部 谷浜造成工事課長 ○松川 晃之

## 1 はじめに

新潟県上越市の海岸丘陵地帯の谷浜地区において、事業区域約 71ha に及ぶ自然と調和した広域都市公園の造成工事を行っている。

今回、粘性が強く透水性のほとんどない劣悪な現地土壤において、環境に配慮した施工方法の改善を行なながら、約 45,500 m<sup>2</sup>の良好な植生基盤改良を完了したので、その施工実績について報告する。

### 1.1 報告の概要

本報告の概要は、以下の 3 点である。

- ① 土壤改良材の検討により良好な品質を確保
- ② 改善で作業効率向上
- ③ 廃棄物削減による環境負荷の低減



写真-1 基盤改良範囲（斜面部）全景

## 2 施工実績

### 2.1 土壤改良材の検討

#### 2.1.1 現地土壤

現地土壤は、粘性が強く透水性がほとんどない泥岩が主体であることから、植物の健全な生育は望めず、粘性土に適合した植生基盤改良が必要であった。

#### 2.1.2 植栽試験施工①

植栽試験施工①として、植栽に不適な現地土に有機質系・無機質系土壤改良材の混合比率を変えて配合し、枯損率、樹高・草丈等の調査、土壤化学性検定等の追跡調査を 2 年間実施した。

その結果、有機質系改良材ではメタン発酵堆肥が樹木の活着に有効であり、無機質系改良材の比率が上がるほど、枯損数が減少する傾向が見られた。

#### 2.1.3 植栽試験施工②

次に最適な土壤改良材の配合を決定するために、2 回目の植栽試験施工を実施した。試験施工では、改良土の透水性・排水性を重視し、無機質系・有機質系改良材の組合せ・配合比率を変えて実施した。

その結果、無機質系改良材として、保水性の良い真珠岩パーライトと排水性の良い黒曜石パーライトを混合させて使用することとした。

有機質系改良材は、腐食に富み、透水性・膨軟化等の改善効果があるモミガラ堆肥を、排水性の劣

表-1 土質条件

土 質	灰色泥岩が主体		
土質構成 (%)	土砂	軟岩 I	軟岩 II
	60	16	24
一軸圧縮強度	1.4~9.2N/mm <sup>2</sup>		



写真-2 植栽試験施工①状況

る平地部に採用し、樹木の活着率が高かったメタン発酵堆肥を、風の影響を受けやすい斜面部に採用了。

なお、基盤改良の仕様は、改良厚さ 50cm の全面改良である。基盤改良配合を表-2 に示す。

#### 2.1.4 改良効果の確認

基盤改良施工後、現場透水試験と現場貫入試験を行い、改良効果の確認を行った。

透水性は、施工前の 22.3mm/h から、改良後 300mm/h に改善した。土壤硬度も施工前の 1.16cm/drop から、改良後は 2.87cm/drop に改善した。

以上の結果から、植生環境が向上されていることを確認した。



写真-4 現場透水試験



写真-5 現場貫入試験（長谷川式）

## 2.2 攪拌方法の改善

### 2.2.1 攪拌方法の改善

基盤改良の施工方法として、当初、改良地点で砂と 3 種の改良材（有機質肥料 1 種、パーライト 2 種）を 4 層に繰り返し敷均した後、スタビライザーで攪拌する方法で行っていた。（場内攪拌）

しかし、攪拌しても改良材の混合状況が不均一になりやすかつたため、改良範囲外で予め砂と 3 種

表-2 基盤改良配合

土壌改良材		配合率 (%)
砂		10.0
有機質系改良材	有機質堆肥	10.0
無機質系改良材	真珠岩パーライト 黒曜石パーライト	7.5 7.5

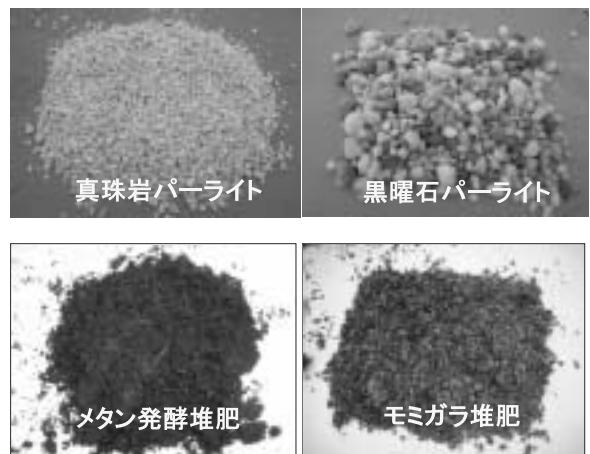


写真-3 無機質系・有機質系改良材

表-3 現場透水試験の判断基準

最終減水能 (mm/h)	植生基盤としての判定
10以下	× 不良
10～30	△ やや不良
30～100	○ 良
100以上	◎ 優良

表-4 現場貫入試験の判断基準

段階 (cm/drop)	軟らかさの表現	判定
0.7以下	固結	× ×
0.7～1.0	硬い	×
1.0～1.5	締まった	△
1.5～4.0	軟らか	○
4.0より大	膨軟すぎ	△



写真-6 改良土攪拌状況

の改良材を混合した後、改良地点へ運搬して1層で敷均して攪拌する方法に変更した。(場外攪拌)  
この改善により、改良材を効率よく、均一に攪拌することができるようになった。

## 2.2.2 改善効果

改良材の混合ムラをなくすために施工方法を改善した結果、次のような効果も得られた。

- ①使用重機台数の減少
- ②作業効率の向上
- ③重機の稼働時間短縮と燃料使用量の減少

場内攪拌と場外攪拌の使用機械比較表を表-4に示す。

この結果、工期短縮とCO<sub>2</sub>の排出量30%削減を達成した。

表-4攪拌方法による使用機械比較表

	場内攪拌	場外攪拌
使用機械	バックホウ0.7m <sup>3</sup> ×3台	バックホウ0.7m <sup>3</sup> ×2台
	バックホウ0.4m <sup>3</sup> ×1台	バックホウ0.4m <sup>3</sup> ×1台
	クローラダンプ×2台	クローラダンプ×2台
	ブルドーザ×1台	ブルドーザ×1台
	スピラizer×1台	スピラizer×1台
日施工数量	420m <sup>2</sup> /日	750m <sup>2</sup> /日
総燃料使用量	51,460L	36,000L

## 2.3 廃棄物の削減

### 2.3.1 廃棄物の削減

基盤改良工事は土壌改良材を大量に使用するため、フレコン(約6,300袋)がそのまま産業廃棄物となってしまい、処分量が膨大になる。

そこで、写真-7に示すようにフレコンを破かずに再利用できる施工方法に改善した。

### 2.3.2 廃棄物の削減効果

フレコンの再利用方法として以下の4つの方法を実施した。

- ①堆肥工場で再利用し、現場に再搬入(25%)
- ②解体業者の産廃分別用やチップ化工場で再利用(15%)
- ③堆肥会社が離島への出荷用に再利用(40%)
- ④現場内のチップ材、除草の集積に再利用(10%)

以上の結果、廃棄物の削減効果として、フレコンの再利用率90%を達成することができた。

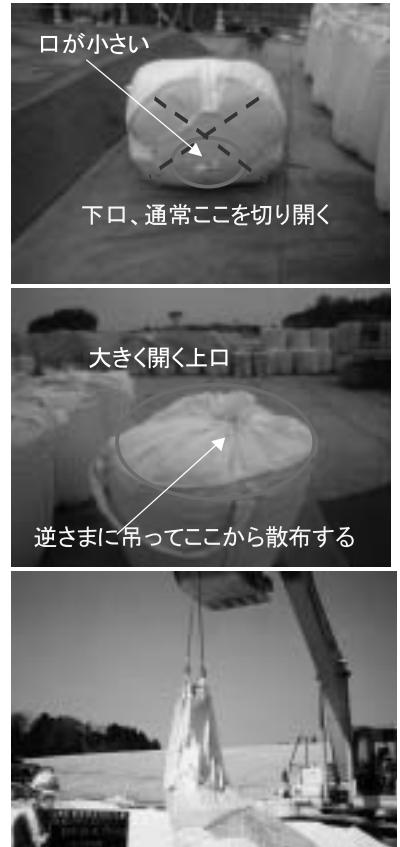


写真-7 フレコン施工方法

## 3 結び

本報告は、透水性の悪い粘性土に適合した大規模な植生基盤改良工の施工実績と、環境に配慮しながら改善した施工方法等について記述した。今後、同種工事施工の一助となれば幸いである。

最後に、工事を進めるにあたり、多大なるご指導・ご協力を頂いた関係各位に深く感謝申し上げます。

# 「プラズマ岩盤破碎技術（PAB工法）」

株式会社 熊谷組 機材部 北原 成郎

## 1 はじめに

最近の環境意識の高まりから、硬岩破碎技術は、より高度な技術開発が求められている。プラズマ岩盤破碎技術は、高圧放電により発生するプラズマで岩盤・転石やコンクリートなどの構造物を破碎する工法で、PAB（Plasma Acoustic Blasting）工法と呼んでいる。平成10年から本格的な開発を開始した新しい破碎技術である。硬岩やコンクリートなど圧縮強度が大きいものは、ブレーカーで破碎する場合、大きな騒音・振動が発生する。また強度が大きいほど破碎しにくく、破碎機械が大型化するため、施工条件によっては周辺環境や閉所などでは機械工法が採用できない場合もある。火薬による破碎はその危険性からかなり適用条件に制約が生じる。こうした中で Pab 工法は、環境条件の厳しい対象に対して適用している。ここでは、工法の概要とその適用例を紹介する。

## 2 工法の概要

### 2. 1 技術概要

本技術は電源から充電器を介してコンデンサに蓄積したエネルギーを対象物体内に挿入した電極棒の先端で一気に放電させることによってプラズマを生成し、その時に発生する衝撃波により岩等の対象物を破碎するものである。図-1 技術概要図を参照。

電気エネルギーのみを利用し、化学物質や金属などの反応に頼らないことがこれまでの放電技術と異なる点であり、騒音、振動が少なく破片の飛散が無いこと、また、電圧を調整することにより破碎力を調整することができるため、変電所や橋梁など重要構造物の近傍でも施工できることなどが特徴である。また使用する電極は繰り返し利用できる固定電極であるため、破碎状況に応じて繰り返し同じ孔で放電することができるため、必要以上に対象物を破壊することが少ない。

### 2. 2 作業手順

作業は図-2に示すように、以下の手順を繰り返す。

①始めに削岩機等で電極より一回り大きい削孔径の孔を削孔する。通常は事前に施工しておく。

②水を孔に注入する。クラック等で水が溜まらない場合はゲル化液を入れる。

③電極（プローブ）を孔に挿入し、充電を開始する。充電時間は1分以内。

④充電が終了したら、放電を行い、破碎する。

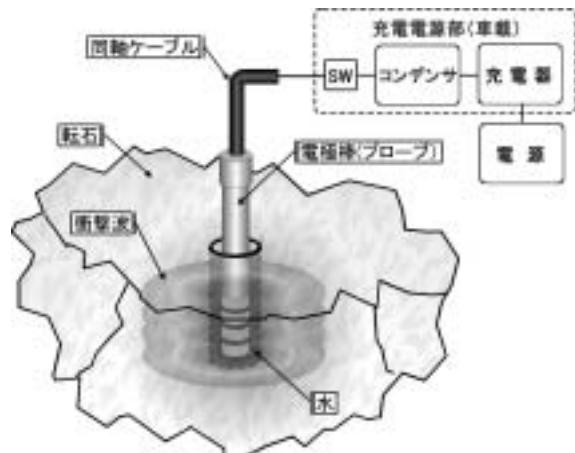


図-1 技術概要図

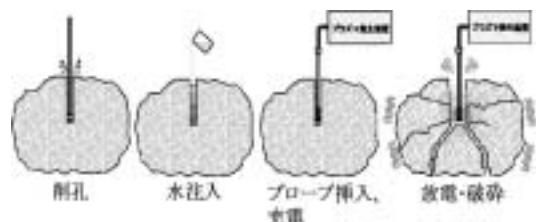


図-2 岩破碎手順

### 3 PAB 装置の概要

本装置の構成要素は、主に充電電源部と電極棒（プローブ）およびそれらを接続するケーブルから成る。図-3には、全体システムの概略を示し、以下、個々の構成要素について記述する。

#### 3. 1 充電電源部全体構成

充電電源部の仕様を表-1に、基本回路を図-4に示す。これらは充電器、接地回路、制御・インターロック回路、コンデンサ、スイッチ、出力コネクタなどで構成する放電回路である。充電部全体のインダクタンスはエネルギー効率を重視して  $0.5 \mu H$  と小さい値に押さえるよう設計している。

#### 3. 2 充電器

充電器にはインバータ式を用いて交流 200V を直流に変換している。容量が 12kW であるため、300kJ の充電時間は約 25 秒になる。電源は 3 相 200V, 25kVA の一般的な工事用ディーゼル発電機を用いている。

#### 3. 3 コンデンサおよびスイッチ

1 個の容量が  $333 \mu F$  の直流コンデンサを 6 個並列に接続しており、全体の蓄電容量は 2mF である。単位体積当たりの蓄積エネルギーが非常に大きいため、6 個積み重ねても  $1m \times 1m \times 0.7m$  程度である。

スイッチには平板大気圧ギャップ式を採用した。平行に配置された平板を空圧アクチュエータで駆動し間隔を狭めることで自発的にギャップ間に放電を起こし、出力コネクタへと電流が流れる仕組みである。

#### 3. 4 電極棒（プローブ）

プローブはインピーダンスの低減と構造的強度を確保するため同軸構造になっている。外部導体は放電時の耐衝撃性を考慮し鋼製パイプを用いている。

回路の特性として放電エネルギーが極大になる外部負荷抵抗値（放電抵抗値）が存在し、放電エネルギーの極大値は回路抵抗を小さくするほど大きくなる。そのため、充電電源部の抵抗値を小さくし、さらに写真-1に示すように、プローブ先端の放電部には複数のギャップを設けて放電抵抗が回路の最適値に近づくよう工夫している。

各ギャップ間で放電が起こるため、複数個のアークが発生するようになったことと、エネルギー効

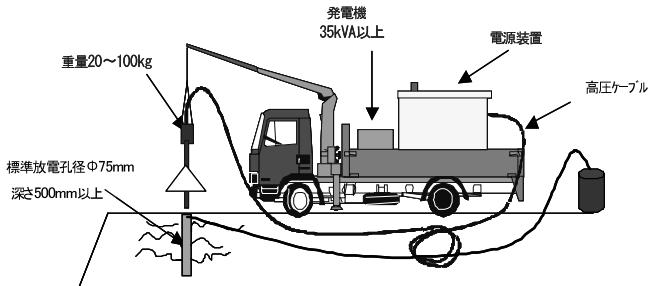


図-3 プラズマ破碎システム概要

表-1 電源装置仕様

項目	主要諸元
外形寸法	L2.6×W1.4×H1.7m
重量	3ton
コンデンサー容量	2mF
定格電圧	22kV
定格エネルギー	480kJ
定格ピーク電流	300kA
必要電源	25kVA

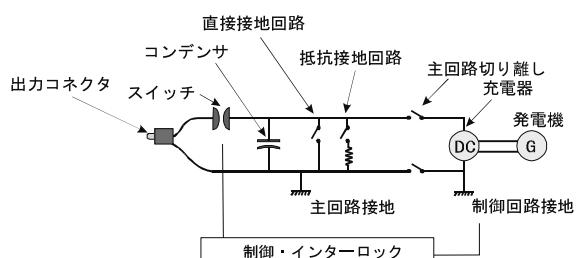
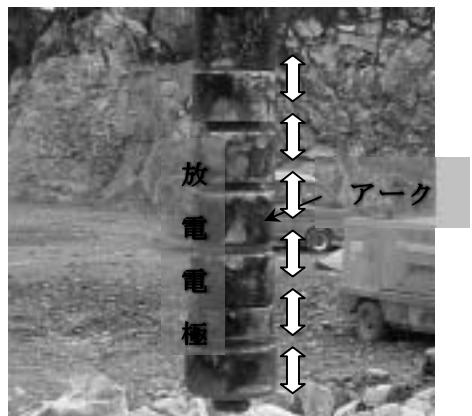


図-4 パルス電源用回路

率が向上したことの相乗効果で破碎力が飛躍的に増大した。プローブの長さは 1.0 m～3.0m、外径は 50mm と 25 mm の 2 種類がある。

### 3. 5 ケーブル

ケーブルはプローブと同様、インピーダンス低減のため、同軸構造である。ケーブルには放電時に数百 kA にも及ぶ大きな電流が流れるため、外縁部には強固な補強層を設けているが、扱い易さを考えて、柔軟性を重視した構造になっている。全長は約 30m しているが、同軸コネクタにより延長が可能である。



## 4 施工事例

### 4. 1 岩盤および転石破碎事例

当工法の本来の開発目標である硬岩破碎事例を以下に示す。

写真-2 は、住宅造成工事に伴う花崗岩の転石破碎事例である。花崗岩の目の無い大きな転石は“しわく”(粘っこい)ブレーカでは破碎が困難であったが、PAB 工法では容易に破碎できた。

写真-3 は沖縄採石場における岩盤破碎事例であり、近辺に菊の栽培畑及び宅地があり、発破作業が行えずブレーカによる掘削を行っていたが、硬岩のため、なかなか破碎できなかったが、PAB 工法により施工した。いずれの事例においてもブレーカで困難な対象物に対する無発破での PAB 工法の施工能力が実証できた。



写真-2 花崗岩 転石破碎例



写真-3 採石場跡地での岩盤破碎例

### 4. 2 コンクリート構造物破碎事例

はじめに示す解体事例は市街地での新設の高架橋工事に伴う既設の橋脚解体工事である。

解体は上部のウイング不から基礎のフーチングまで P A B 工法で放電破碎した。

二次破碎は使用機械が限定され、バックホウのバケットのみで行った。鉄筋量の多いコンクリート構造物も、放電によって内部のコンクリートも細かく粉碎する事ができた。

解体前を写真-4 に、2 次破碎解体作業状況を写真-5 に示す。

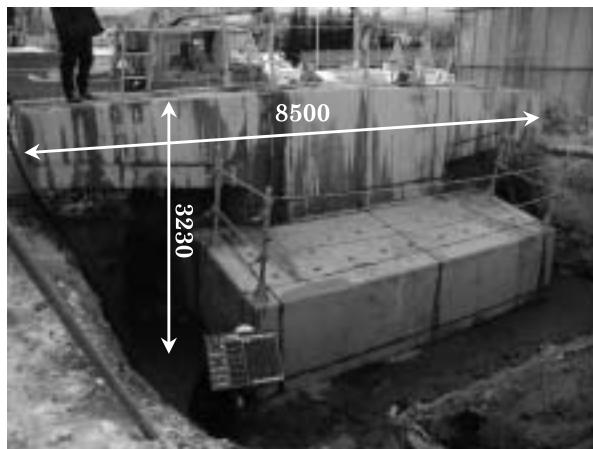


写真-4 解体前の橋脚



写真-5 解体時の作業状況

次に示す事例は、市街地を通る国道の歩道整備工事において、新しくボックスカルバートを敷設するにあたり、既設コンクリート重力式擁壁と水路を 100m にわたって破碎したものである。従来の大型油圧ブレーカによる工法は、近隣の民家やレストランに対する騒音障害および通過車両や歩行者に対する安全確保の問題があること、また、静的破碎工法では施工能力が低いため工程遅延の恐れがある上、経済性の点でも不利であることなどから、PAB 工法が採用された。

施工手順は以下のとおりである。(図-5 参照)

- ① 延長方向に 1.5m ピッチで削孔した孔内で放電し、工区全線の擁壁および水路の壁にクラックを発生させる。
- ② オープンピット工法のメッセルを地山に貫入させて地山の安定を確保する。
- ③ 0.45m<sup>3</sup> 級バックホウにより壁を撤去して残碎をダンプトラックに積み込む。
- ④ ボックスカルバートを構築した後埋め戻す。
- ⑤ ②～④の作業を繰り返す。

作業中は騒音、振動および安全に対する苦情も無く、10 日間で無事放電作業を完了した。重力式擁壁破碎に要した 1 孔当りの平均的な放電エネルギーは 1,130kJ／孔で、放電回数は 5 回／孔であった。

## 5 おわりに

近年の周辺環境から、解体工事の騒音・振動を少なくしたいとの問合せが多い。今後更にシステム全体の合理化を図ると共に、立坑等の基礎掘削工事、硬岩トンネルの無発破工法、構造物等の近接工事などへの開発普及を図っていきたい。

## 6 参考文献

- 1) 北原・垣内：プラズマによる破碎技術の開発、建設の機械化、No.629、2002 年 7 月,pp.39-4

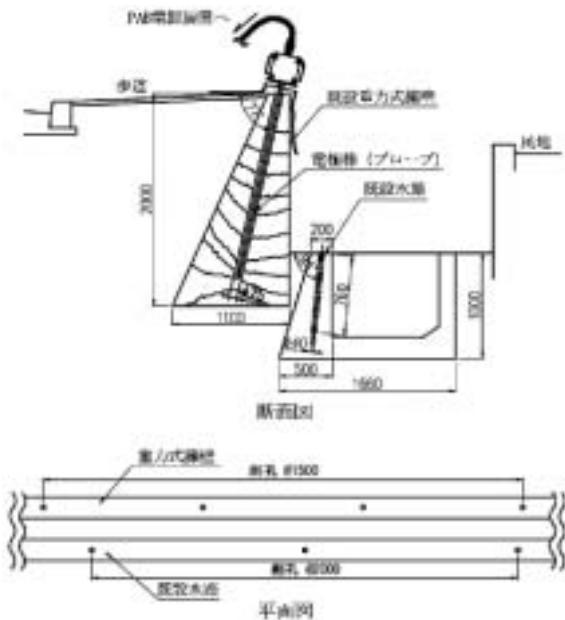


図-5 PAB 工法破碎概要図

# 新潟市内汚染サイト抽出微生物の バイオレメディエーション適応性の検討

(株) 福田組 技術部 ○小林正利

同 小日向隆

長岡技術科学大学 福田雅夫

(株)セレクト 濱戸祐志

## 1 はじめに

土壤汚染対策は大都市圏を中心に推進されている。しかし、地価が低い地方都市等においては、土壤汚染が懸念される土地の調査・対策費用がネックとなって土地の流動化が阻害されている。これらの土地はブラウンフィールドとよばれ、環境省では、現在、この問題に対応すべく土壤汚染対策法の強化および支援策を検討している。これとともに低コスト土壤汚染浄化技術が求められており、バイオレメディエーション技術に対する期待は大きい。

バイオレメディエーションは微生物による有機物分解作用を応用した技術であり、微生物の活性度にその効果は依存する。外来微生物を導入して利用するバイオレメディエーション技術（バイオオーエンテーション）の適用では、汚染現場の土着微生物を使用することは環境特性に適した効果的な処理が期待される。本研究においては、このような環境特性を考慮して新潟県内汚染サイトから土着微生物を抽出し、バイオレメディエーション技術への適応を検討した。

本研究においては、新潟市および長岡市内の複数の汚染土壤サイトから油汚染土壤試料（砂質土壤）から微生物群を分離した。軽油、灯油、ガソリンを基質とした培養試験を実施した結果、最も高い増殖性を示した新潟市採取 No.8 菌（以下、No.8 菌）を選抜し、この No.8 菌を対象として石油分解特性の検討を行った。

## 2 No.8 菌の各石油成分分解特性

No.8 菌の石油成分分解特性をガスクロマトグラフィ（GC/MS）により評価した。

### 2.1 試験方法

250  $\mu$ l の軽油、灯油を気体で供給した 50ml 液体培地において、No.8 菌を添加した系と滅菌した微生物を添加したコントロール系をそれぞれ 5 日間培養した後、n-ヘキサン抽出物を調整し、GC/MS 測定により各炭化水素成分の分解性を評価した。

### 3.2 試験結果

軽油標準物質、および 5 日間培養後のコントロール系、No.8 菌系の GC/MS チャートを図 1~3 に示した。軽油液体培地を 5 日間培養することにより、コントロール系においてピーク①～③は大きく減少した。マスフラグメントによるライブラリーサーチの結果から、これらのピークは①Nonane、②Decane、③Undecane 等のアルカンと考えられる。また、No.8 菌を添加することによりピーク②～⑥までのピークの減少が認められた。この結果から②Decane から⑥Tetradecane までを資化できると考えられる。また、灯油においても同様の結果が得られた。

### 3 土壤中における石油分解特性

#### 3.1 試験方法

2mm メッシュを通過した砂質系土壤に軽油 5,000ppm を添加し模擬汚染土壤を作成し、軽油で培養した No.8 菌を添加した。また、比較として、No.8 菌を添加しない模擬汚染土壤、およびコントロール系として滅菌した模擬汚染土壤について試験を実施した。

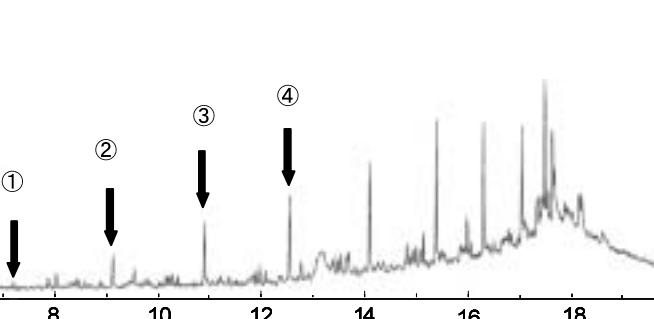
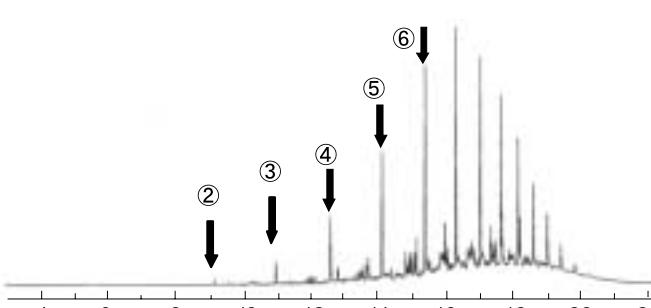
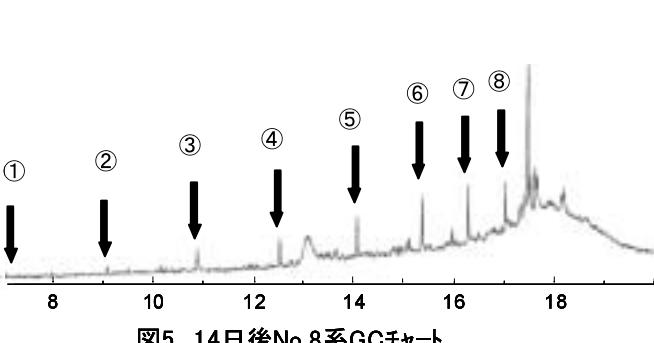
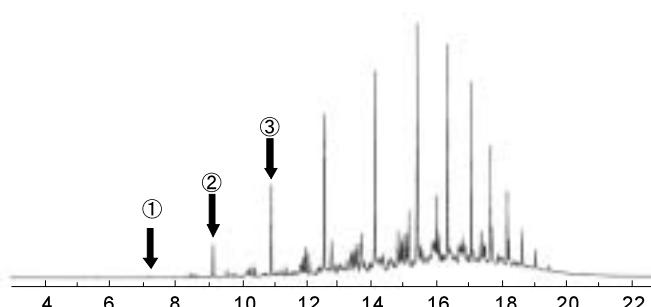
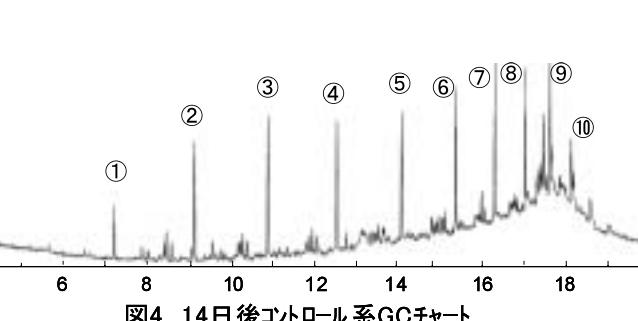
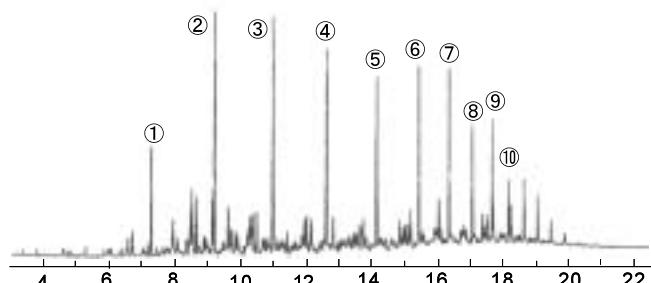
また、微生物の増殖に必要な無機塩を供給し、水分率は全ての系で 30% となるように調整した。培養温度を 30°C として毎日バイアル瓶の蓋を空けて土壤を攪拌して酸素供給を行った。所定期間培養後に、残存する軽油成分を n-ヘキサンにて全抽出し、固相カラムにて色素を除去した後に、残存する石油成分の GC-MS 解析を行った。

#### 3.2 試験結果

14 日後の結果を図 4~6 に示した。

図 4 は No.8 汚染土壤から単離した微生物群を添加した系であり、①Nonane、②Decane、③Undecane、④Dodecane、⑤Tridecane、⑥Tetradecane、⑦Pentadecane、⑧Hexadecane の分解が確認された。

図 6 は、土壤に培養液を添加した系であるが、図 5 と比較すると弱いものの、土壤中の微生物によ



り低級の炭化水素成分の分解が確認できた。

土着微生物によっても若干は分解が生じて  
いるが、No.8 汚染土壤から単離した微生物  
群添加系ではさらに強い分解が認められた。

#### 4 抽出微生物の同定

No.8 菌について各石油成分に特化した  
分解微生物の選抜を可能にするため、それ  
ぞれの石油成分の分解を担当すると思われ  
る主要微生物種の解明を目的とした。No. 8

菌を灯油、アルカン、芳香族（ナフタレン）を炭素源として  
培養し、各基質で増殖した微生物種を調査した。微生物種は  
増殖したコンソーシアから抽出した DNA を用いて 16S リ  
ボソーム RNA 遺伝子を PCR 増幅して単離し、遺伝子配列  
を分析して推定した。

##### 4.1 試験方法

16S rDNA 増幅の際の PCR の条件は表 1 に、増幅と配列  
決定に用いたプライマーは表 2 に示す。

##### 4.2 試験結果

上記 3 種類の炭素源を添加した液体培地で培養後の菌液か  
ら抽出した DNA と凍結 No.8 菌から直接抽出した DNA を用  
い、PCR で 16S rRNA 遺伝子を増幅した。増幅した rRNA  
遺伝子を用いて PCR にてゲル濃度勾配電気泳動法 (DGGE)  
用 DNA 断片を調整し、この DNA 断片を DGGE を用いて解  
析した。

その結果、それぞれのサンプルで複数のバンドが観察され  
た（図 7）。この結果から、集積培養後の菌液中に複数の菌が  
存在してコンソーシアを形成していること、凍結保存されて  
いた No. 8 中では存在比の低かった菌がそれぞれの基質で  
の培養によって集積されていることが示唆された。またバン  
ドのパターンにおいて、灯油で集積したコンソーシアとナフ  
タレンで集積したコンソーシアが類似していること、No.8  
菌とアルカンで集積したコンソーシアは灯油やナフタレンで  
集積したコンソーシアと共に通すると思われるバンドが見られ  
るもの、基本的に異なるコンソーシアとなっていることが  
示唆された。DGGE 解析で検出された各バンドの微生物種を  
推定するため、各バンドの塩基配列を決定した。決定した塩

表1 PCR 条件

プライマー	8F, 1492R (終濃度0.2+M)
鑄型	菌液をフェノール／クロロホルム処理した上澄
反応温度	94°C 1 min. 60°C 1 min. 72°C 1 min.
	25 サイクル

表2 プライマー配列

8F	5'-AGAGTTGATCCTGGCTCAG-3'
1492R	5'-GGCTACCTTGTTACGACTT-3'
518F (DGGE 用)	5'-CCA GCAGCC GCG GTA AT-3
907R (DGGE 用)	5'-CCGTCAATTCTTTRAGTT-3'

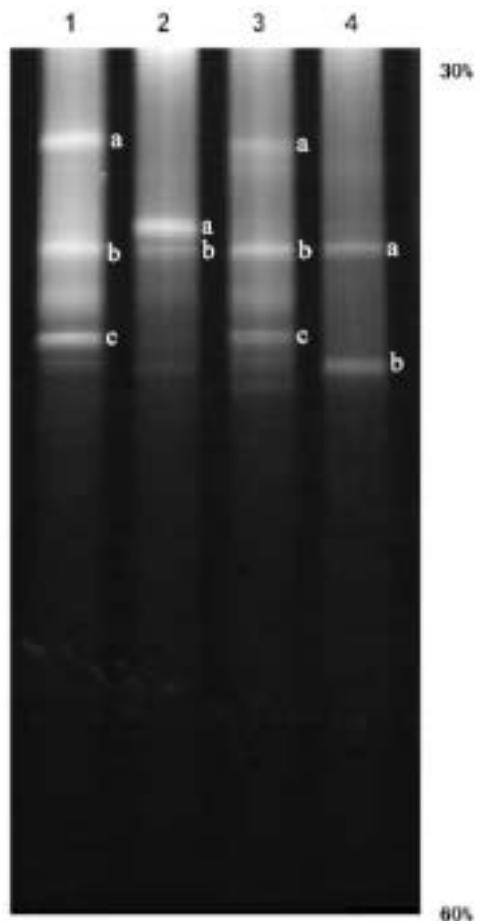


図 7 DGGE 解析

各レーンのアルファベットはレーンごとの主  
要バンドを示している。図右端の數  
字は変性剤(尿素)のパーセント濃度を  
示す。

- レーン 1. ナフタレン生育コンソーシア
- レーン 2. アルカンミックス生育コンソーシア
- レーン 3. 灯油生育コンソーシア
- レーン 4. No.8 菌

基配列（大腸菌は配列で 448～856 塩基に相当する 408 塩基前後）を基に DNA 配列データベースを検索した結果、各バンドの微生物種が表 3 のように推定され、それらの系統樹を図 8 に示した。

表3 DGGE解析で検出された各集積培養菌

1)ナフタレン集積培養菌	2)アルカン集積培養菌	3)灯油集積培養菌	4)No. 8菌
1-a) Alcaligenaceae 科	2-a) Chryseobacterium 属 (Flavobacteriaceae 科 Flavobacteria)	3-a) Alcaligenaceae 科	4-a) Comamonadaceae 科
1-b) Achromobacter 属 (Alcaligenaceae 科 $\beta$ )	2-b) Comamonas 属 (Comamonadaceae 科)	3-b) Alcaligenaceae 科	4-b) Aquabacterium 属 (Comamonadaceae 科 近縁)
1-c) Stenotrophomonas 属 (Xanthomonadaceae 科 $\gamma$ )		3-c) Stenotrophomonas 属 (Xanthomonadaceae 科 $\gamma$ )	

また、塩基配列が同一であることから 1-a と 3-a および 1-c と 3-c が同一の種と思われ、灯油分解後期のコンソーシアはナフタレン集積後のコンソーシアと類似していることが確認された。また、ナフタレンや灯油およびアルカンで集積した各コンソーシアと No.8 菌で共通すると思われるバンド（1-b, 2-b, 3-b, 4-a）は、互いに異なる種に由来することも明らかになった。ナフタレンや灯油およびアルカンで集積した各コンソーシアに含まれる細菌種は合計で少なくとも 6 種（1-a/3-a, 1-b, 1-c/3-c, 2-a, 2-b, 3-b）あり、No.8 菌にはこれら 6 種が主要細菌種（4-a, 4-b）以外に含まれていることが明らかになった。

これらの結果から No.8 菌には多様な微生物種が含まれており、基質によって異なる微生物集団が増殖し、それぞれの基質に応じたコンソーシアが形成されることが示唆された。灯油ならびにナフタレンで生育した菌のパターンが類似していることは、灯油で培養したコンソーシアの形成に灯油中の芳香族成分が大きくかかわっているものと考えられる。

## 5 まとめ

新潟県内土壤汚染サイトから抽出された No.8 菌に飽和炭化水素に対する高い分解性が示された。また、No.8 菌はフェノール分解菌である Pseudomonas 属細菌や石油分解菌である Acinetobacter 属細菌を含む多様な微生物種の集合体であることが明らかとなった。

No.8 菌のようなコンソーシア（微生物集団）を汚染土壤浄化工事に導入する場合には、汚染成分の組成や浄化の進行状況に応じて、コンソーシアを培養増殖させる基質を適切に選択することが重要であると考えられる。

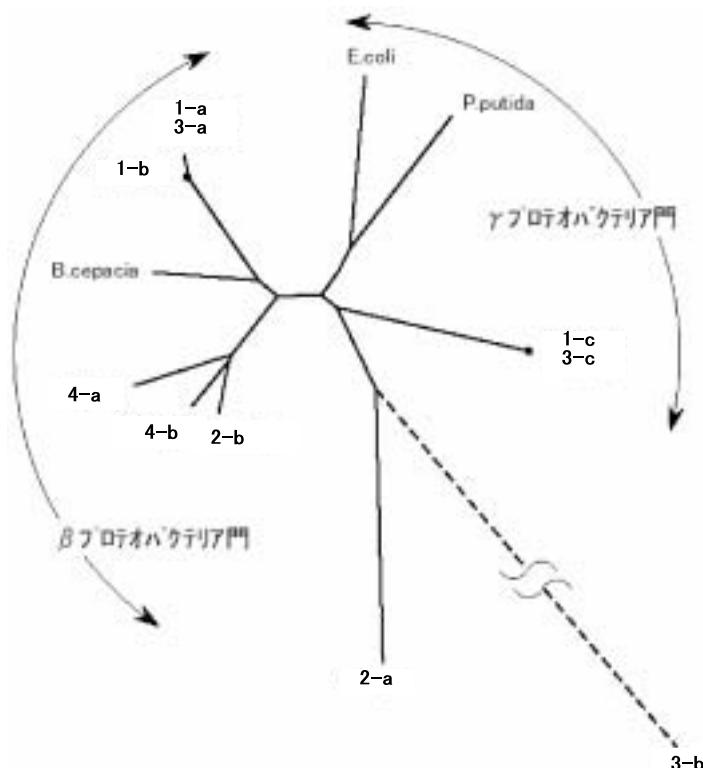


図 8 No.8.菌に含まれる細菌種の系統樹(16SrDNA 配列による)

# TRD発生泥土リサイクルシステムについて

株式会社本間組 土木事業本部 技術部 担当課長 五十嵐 秀樹

## 1 はじめに

建設産業では、全産業廃棄物排出量の約20%、最終処分量の約30%を建設廃棄物として処分していることから、建設副産物の発生抑制、再生利用の促進が緊急の課題として取りあげられている。地中構造物等の建設工事では、地盤掘削に先立ち、土留・止水を目的としたソイルセメント地中連続壁を構築するが、その際、施工土量の60～90%の泥土が発生する。その泥土は建設汚泥にあたり、そのほとんどが産業廃棄物として処分されているのが現状である。

弊社では、TRD工法（ソイルセメント地中連続壁工法）の発生泥土減量化を目指し、TRD発生泥土リサイクルシステムを開発した。

本報告では、TRD発生泥土リサイクルシステムの概要および施工について報告する。

## 2 発生泥土リサイクル技術の概要

TRDリサイクルシステムは、発生泥土中（含水比 約50～60%）の水分及び細粒分を掘削液や固化液の材料として有効活用することで産廃処分量の減量化、材料の節約及びコストの縮減を図る循環型リサイクルシステムである（図-1、図-2、写真-1、写真-2、写真-3 参照）。

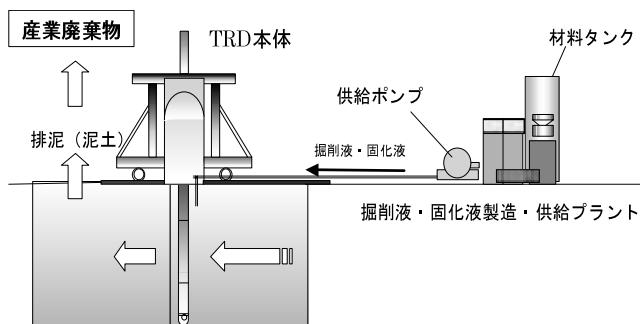


図-1 従来方式

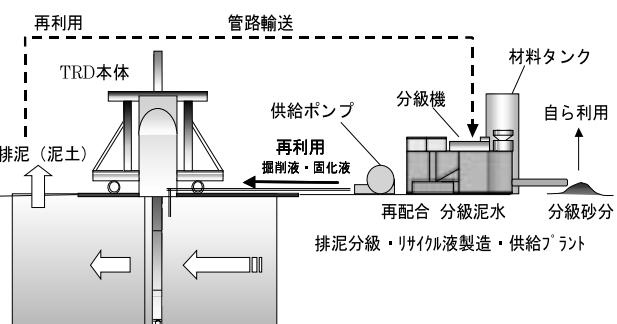


図-2 リサイクル方式



写真-1 発生泥土



写真-2 分級機・分級砂分



写真-3 分級泥水

### 3 施工実績の紹介

#### 3.1 工事概要

本工事は、新発田駅の北東に位置し、JR羽越線との立体交差部（アンダーパス）に取り付く東側アプローチを構築する工事であり、その仮設土留壁（ソイルセメント地中連続壁）をTRD工法により施工したものである。土留壁は、壁厚0.55・0.65m、深度10~22mと階段状に変化している。

表-1に工事概要、表-2に土留壁の形状、側面図・標準断面図を図-3、図-4に示し、現場の全景を写真-4に示す。

表-1 工事概要

工事名	3・4・11 西新発田五十公野線改良工事
工事場所	新発田市東新町二丁目地内
工事概要 延長・幅員	延長:185.0m 幅員:13.2m
擁壁工	延長:160.9m コンクリート:3,400m <sup>3</sup> 鉄筋:260t
連続地中壁	TRDソイルセメント地中連続壁:4,099m <sup>2</sup>
地盤改良工	Superjet-Midi工:4,434m <sup>3</sup> 薬液注入工:1,500m <sup>3</sup>

表-2 ソイルセメント土留壁の形状

区間	左側			右側		
	壁深度 (m)	壁厚 (m)	水平距離 (m)	壁深度 (m)	壁厚 (m)	水平距離 (m)
U-14	21.7	0.65	9.60	22.0	0.65	9.60
U-15	21.2	0.65	15.60	21.5	0.65	15.00
U-16	20.7	0.65	15.00	21.0	0.65	15.00
U-17	17.7	0.55	14.85	18.0	0.55	14.40
U-18	15.2	0.55	15.30	15.5	0.55	14.85
U-19	14.7	0.55	14.85	15.0	0.55	14.85
U-20	10.2	0.55	15.30	10.5	0.55	15.30
U-21	10.0	0.55	15.30	10.0	0.55	15.30
U-22	11.5	0.55	15.30	11.5	0.55	15.30

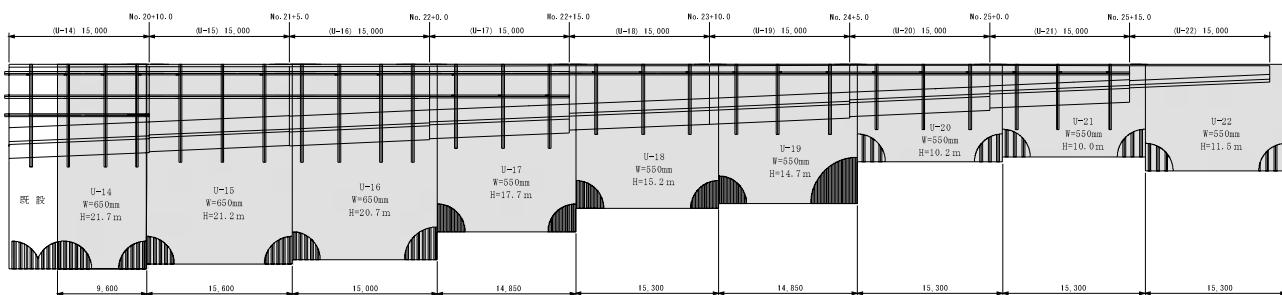


図-3 側面図

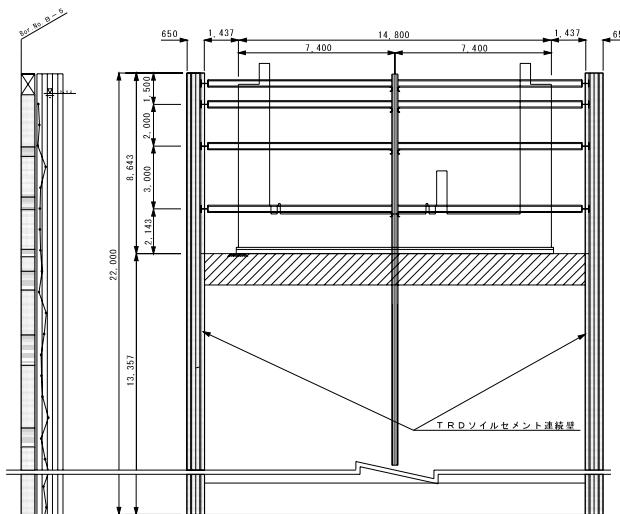


図-4 U-14 標準断面図



写真-4 現場全景

### 3.2 施工状況

TRDリサイクル施工の状況を図-5に示す。

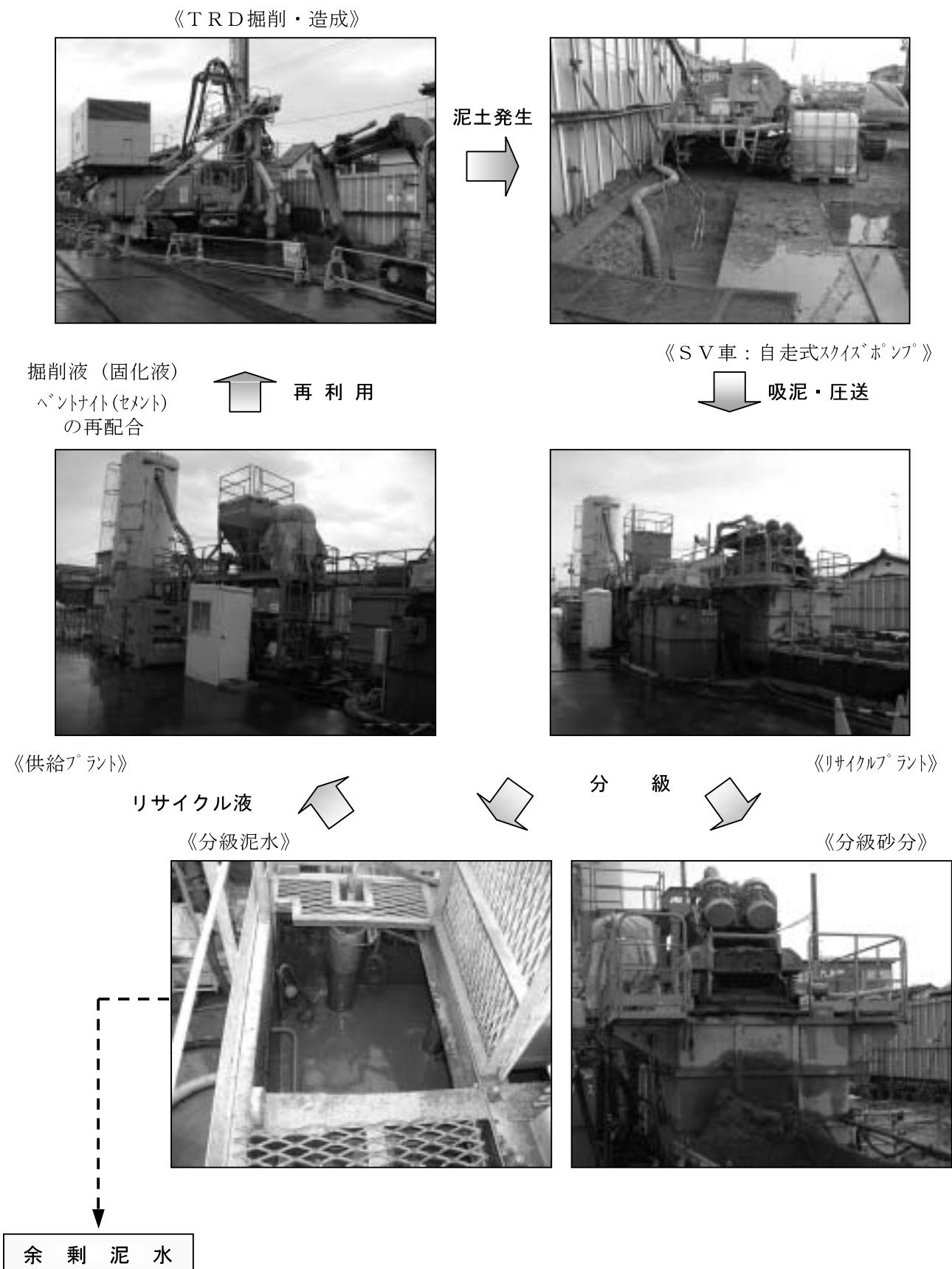


図-5 TRDリサイクル施工の状況

### 3.3 施工結果

T R D リサイクル施工を行った佐渡および新発田現場の発生泥土量の結果を表-3に示す。

#### 2件の施工実績よ

り、従来の施工方法

で発生する予定泥土量と比較し、実施排出量（分級砂分＋余剰泥水）は45～48%

であり、約50%の泥土がリサイクルされたことになる。また、図-6に示す粒径加積曲線からも分級砂分は、シルト・粘土分の少ない土であり、埋戻し等の材料として利用することも可能と考えられる。

図-7は、分級砂分の経過日数とコーン指数の関係を表したものであるが、分級当日でコーン指数は $200\text{kN/m}^2$ 以上であり、ダンプによる場外搬出も可能である。

3日経過するとコーン指数は $400\text{kN/m}^2$

を超えることから第3種処理土と同様で、埋戻し・盛土等に使用できる性状となる。一軸圧縮強さについて、ウェットサンプルで試料を採取し、その7日・28日強度の結果は、図-8の通りであり、設計基準強度（ $500\text{kN/m}^2$ ）を満足するものであった。

表-3 発生泥土減量化率

現場名	土 質	A 予定泥土量 (従来方式)	B 実 施 排 出 量			C=A-B 削減量	C/A 減量化率
			分級砂分	余剰泥水	計		
佐 渡	砂礫土	$400\text{m}^3$	$100\text{m}^3$	$80\text{m}^3$	$180\text{m}^3$	$220\text{m}^3$	55%
新発田	砂質土	$2,327\text{m}^3$	$456\text{m}^3$	$648\text{m}^3$	$1,104\text{m}^3$	$1,223\text{m}^3$	52%

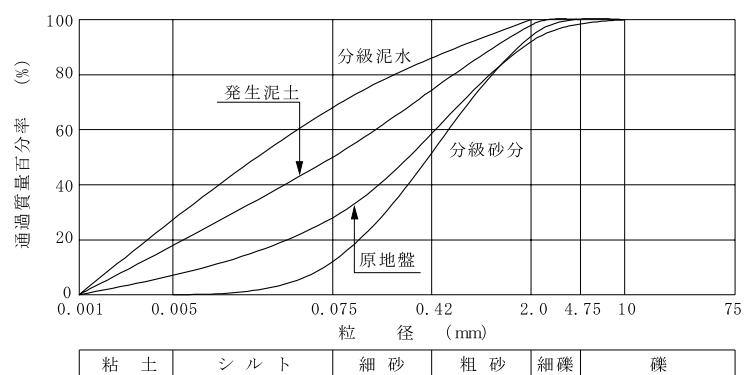


図-6 粒径加積曲線

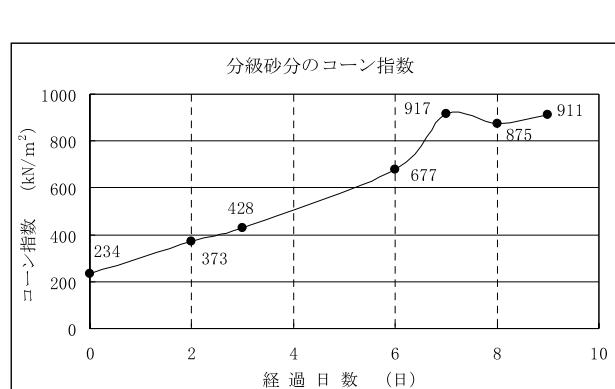


図-7 コーン指数の変化（分級砂分）

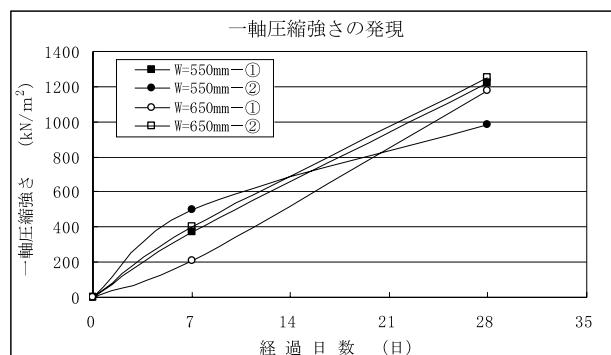


図-8 一軸圧縮強さの発現

### 4 終わりに

T R D 工法は、機械の安定性に富み、止水性が高いソイルセメント地中連続壁工法である。本技術は、この工法にリサイクル技術を加え、高い品質と環境に配慮した工法となっている。今後は余剰泥水の処理等に改良を加え、さらに環境負荷の低減を図るシステムを目指したいと思います。

## 第二会場 報 告 技 術

# 構造物診断装置の開発

新潟港湾空港技術調査事務所 施工技術課長 野田 登  
施工技術課 係長 ○佐藤 栄治

## 1 はじめに

防波堤は、港内の静穏を保ち船舶の安全航行や停泊、円滑な荷役を行う上で重要な構造物である。ケーソン式の防波堤は、海底地盤上に形成した捨石マウンド上にケーソンと呼ばれるコンクリートの函を設置して建設される。ケーソン内部は隔壁によりいくつかの枠に区切られており、各枠にはケーソン重量を増加させて安定化を図るために中詰材が充填される。中詰材の上には蓋コンクリート、さらにその上には高さ4~5m程度の上部コンクリートが打設される。ケーソン式防波堤の構造の一例（消波ブロック被覆堤）を図-1に示す。

消波ブロック被覆堤においては、長期間波浪に晒されることで、消波ブロックによりケーソン側壁が削られて破孔し、中詰材が流出する場合がある。中詰材の流出は、マウンドの洗掘や不等沈下によりケーソンが割れる場合にも発生する。中詰材が流出するとケーソンの質量が小さくなり、滑動しやすい危険な状態となる。

一方、近年、公共事業の実施に関わる予算は減少傾向にあり、社会資本の新規整備は年々難しくなっていることから、既存のインフラを長期間使用するための維持管理が重要である。ケーソン式防波堤の維持管理においては、ケーソン内部の中詰材の状況を調査し、危険な状態にあるケーソンを把握する必要があるが、これには上部コンクリートを削孔しなければならず、多大な費用と時間を要する。

本稿では、以上の背景を踏まえて開発した、防波堤ケーソンの内部調査を非破壊で効率良く行うことと可能とする、構造物診断装置について述べる。

## 2 構造物診断装置の構造と原理

### 2.1 構造物診断装置の構造

構造物診断装置は、写真-1に示すとおり牽引車、送信アンテナ及び受信アンテナで構成される。牽引車上にはデータ収録用パソコンを収納したパソコンラック及びパソコン電源用の発電機を積載する。送信アンテナ及び受信アンテナを図-2に示す。送信アンテナには送信信号の生成と送受信信号の処理を行う制御器、A/D・D/A変換器及び電源用バッテリーが内蔵されている。送信アンテナ筐体の外側には距離計センサが付属する。受信アンテナは、収録データのS/N比を向上させるため2台構成としており、それぞれに受信器の電源用バッテリーを内蔵する。送信アンテナと受信アンテナには、

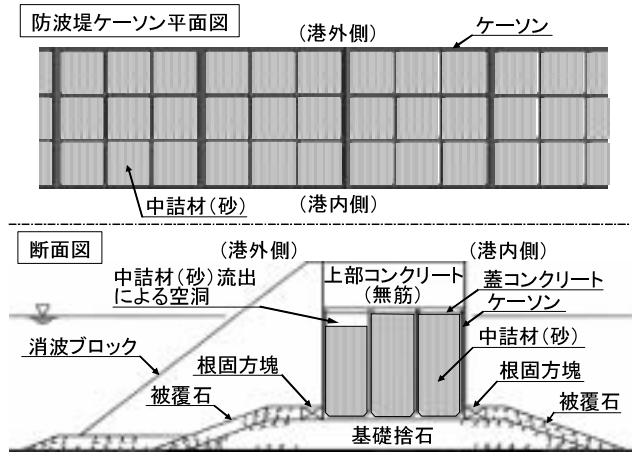


図-1 ケーソン式防波堤の構造

測線変更時の方向転換を容易にするための自在輪が付属する。各アンテナ間及び送信アンテナとデータ収録用パソコン間の信号伝送はノイズの影響を避けるため、光ファイバーケーブルにより行う。

## 2.2 構造物診断装置の原理

構造物診断装置は、ケーソン内部の中詰材が流出することで発生する空洞（以下、ケーソン内部の空洞という）を、電磁波を利用した地中レーダ法により探査するものである。地中レーダ法ではパルス・レーダを利用した探査装置が一般的に使用されているが、探査可能深度は最大で2~3m程度であるため、上部コンクリート厚が4~5m程度であるケーソン内部の空洞探査には適用できない。そこで、本装置では連続波レーダ方式を採用し、厚さ4~5m程度の上部コンクリート直下のケーソン内部の空洞探査を可能としている。探査原理を図-3に示す。制御器で生成した信号は送信アンテナに送られ、送信アンテナからケーソンの上部へ電磁波として出力される。電磁波の周波数帯域は1~40MHzであり、195kHz刻みで低域から高域に向けて階段状に遷移する。送信アンテナから出力された電磁波は電気特性の異なる境界面（ケーソン内部の空洞等）で反射し、送信アンテナと一定間隔に保たれた受信アンテナに入射する。受信アンテナに入射した電磁波は受信信号として制御器を経由し、データ収録用パソコンに測定データとして収録される。

## 3 自動診断プログラム

ケーソン内部の空洞の状況はデータ収録用パソコンに収録した測定データを自動診断プログラムにより解析して診断する。構造物診断装置では、プロファイル法という探査方法を用いてケーソン内部の空洞を探査している。プロファイル法では、反射波の受信記録を測定点の位置に並べて図化することにより、測線下の反射断面（時間断面）を得る。このとき、ケーソンの上部コンクリート内を伝わる電磁波の伝播速度が予め分かっていれば、受信された電磁波の往復走時間を距離に変換することによりケーソン内部の空洞の有無と大まかな深度を知ることができる。波形プロファイル画像の一例を図-4(a)に示す。また、受信された電磁波についてスペクトル解析を行い、周波数特性を調べること

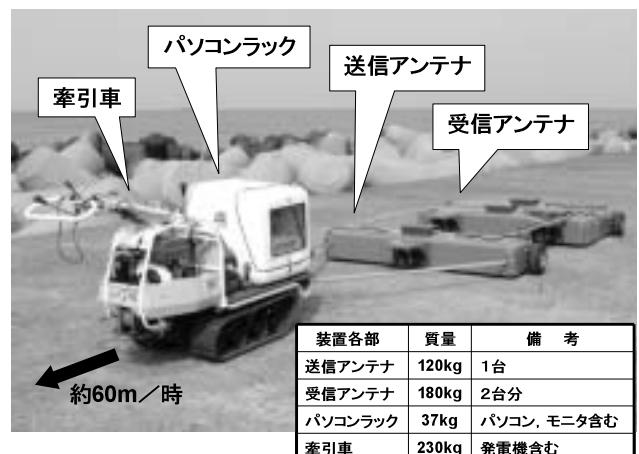


写真-1 構造物診断装置の構成

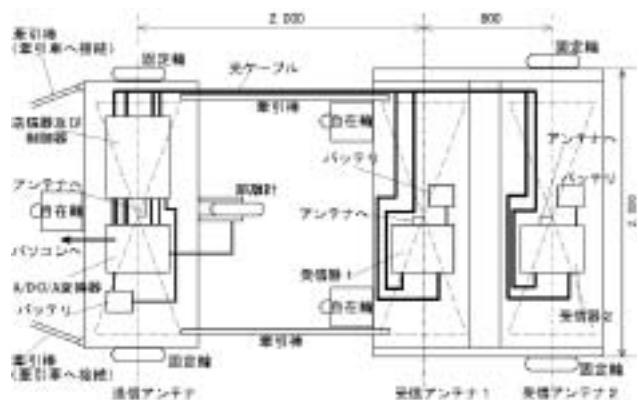


図-2 送信アンテナ及び受信アンテナ

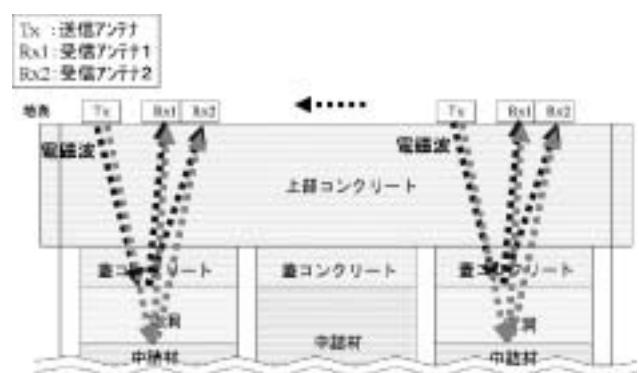
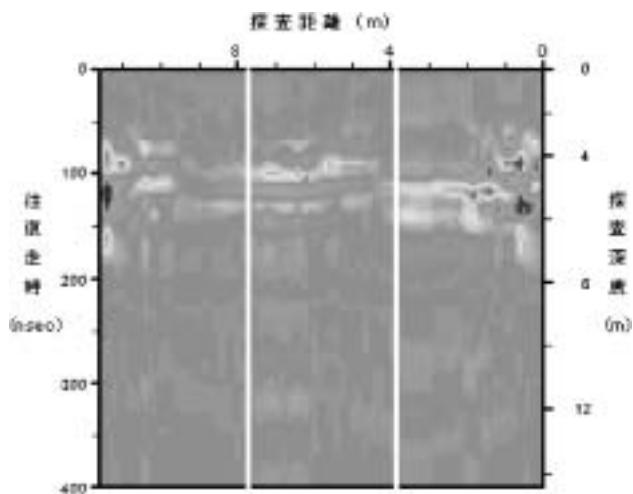
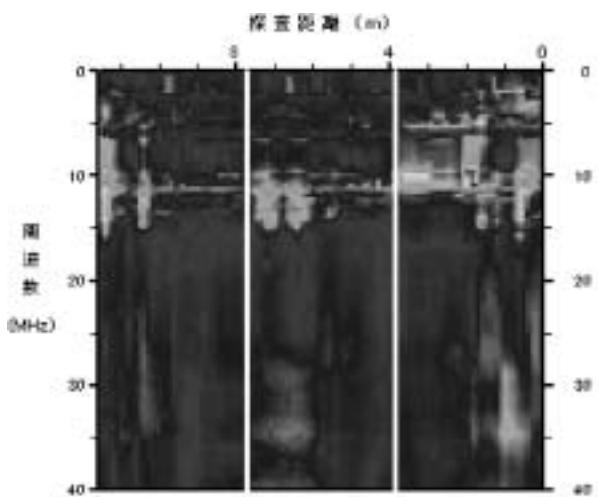


図-3 探査原理



(a) 波形プロファイル画像



(b) スペクトルプロファイル画像

図-4 画像ソフトによる解析結果（一例）

測定位置	金沢港	ケーン番号	No.H-20
測定日	平成17(2005)年8月17日	測定箇所	港外側から1箇所
ファイル名	H20-2.p1.dsk	スペクトル	H20-2.spc
ケーン状況	3	報告距離	
計測結果	H20海水 H20海水 H20海水	電磁波速度: 9.721156e+10cm/sec 上部空ガラス厚: 4m	
ケーン内部イメージ			
コンピュータ種			
補助ファイル名			

図-5 自動診断プログラムによる診断結果（一例）

表-1 自動診断プログラムの診断パターン

表記	解説
A (海水)	空洞が存在する可能性が高い。空洞が存在するとすれば、その厚さが30cm以上で、空洞の内部には海水が充填されていると推定される。別途、削孔などの確認調査を行う候補として選定するべき箇所。
B (海水)	空洞が存在する可能性がある。空洞が存在するとすれば、その厚さは30cm以下で、空洞の内部には海水が充填されていると推定される。削孔などの確認調査をすぐに行う必要は無いが、今後経過を観察すべき箇所。時間において構造物診断装置による探査を行うことも有効である。別途目視調査や潜水調査などのデータがある場合には、それらを含めて総合的に判定することが望ましい。
A (空気)	空洞が存在する可能性が高い。空洞が存在するとすれば、その厚さが30cm以上で、空洞の内部には空気が充填されていると推定される。別途、削孔などの確認調査を行う候補として選定するべき箇所。
B (空気)	空洞が存在する可能性がある。空洞が存在するとすれば、その厚さは30cm以下で、空洞の内部には空気が充填されていると推定される。削孔などの確認調査をすぐに行う必要は無いが、今後経過を観察すべき箇所。時間において構造物診断装置による探査を行うことも有効である。別途目視調査や潜水調査などのデータがある場合には、それらを含めて総合的に判定することが望ましい。
C	ケーン上面が海面以下であるにもかかわらず、空気と同じように反射波形が反転している。コンクリート内部に空隙や隙間が存在する、あるいは蓋コンクリートの落ち込み、木材など異物の存在が考えられる。ケーン内部に空洞はないが、上部コンクリートが劣化している可能性がある。別途目視調査や潜水調査などのデータがある場合には、それらを含めて総合的に判定することが望ましい。
D	空洞の可能性はほとんどない。

によっても、ケーン内部の空洞の有無を確認することができる。スペクトル解析結果の一例（スペクトルプロファイル画像）を図-4(b)に示す。ケーン内部の空洞が厚いほど低い周波数の電磁波が反射されるので、同時にケーン内部の空洞の厚さも概ね判断することができる。

本装置の開発当初は、波形プロファイル画像及びスペクトルプロファイル画像に基づき、技術者がケーン内部の空洞の状況を診断していた。しかし、このような診断方法では、同一の測定データを用

いても技術者個人が持つ判断基準、あるいは経験や熟練度の違いにより診断結果に個人差が生じることがある。自動診断プログラムでは、波形プロファイル画像及びスペクトルプロファイル画像を作成する過程で生成される数値データを利用し、ケーソン内部の空洞の状況を技術者に代わり自動で診断する。本プログラムにより、技術者による個人差を排除した診断結果を得ることができるだけでなく、地中レーダに関する専門知識を持たない技術者でもケーソン内部の空洞の状況を診断することが可能である。本プログラムによる診断パターンを表-1に、診断結果の一例を図-5に示す。

#### 4 構造物診断装置の取り扱い方法

構造物診断装置は、牽引車、パソコンラック、送信アンテナ、受信アンテナ、発電機、牽引棒、距離計センサ、光ケーブルに分割した状態で保管される。本装置の運搬はクレーン付きトラック(4t) 1台で、組立及び測定は3名程度で可能である。

1日当たりの探査距離は、条件にもよるが300~400m程度である。また、本装置のデータ収録用パソコンには自動診断プログラムが組み込まれており、測定データ収録後、その場で直ちに解析して診断結果を得ることが可能である。

#### 5 おわりに

構造物診断装置は、防波堤ケーソンの探査用に特化した装置であり、厚さ4~5m程度の上部コンクリート直下の空洞の状況を探査するための専用設計がなされている。

本装置による診断結果とボーリングによる空洞調査結果との整合率は、新潟東港及び金沢港で実施した現地実験により、7割以上であることを確認している。本装置は、現段階においてケーソン式防波堤用の非破壊探査装置として十分実用的な性能を有していると考えられる。

現在、新潟東港において構造物診断装置を活用中であり、自動診断プログラムによる診断パターンの更なる細分化を目指して、データを蓄積していきたいと考えている。

最後に、構造物診断装置の開発に際して、ご指導ご協力頂いた関係者の皆様に厚く御礼申し上げます。

#### 参考文献

- 1) 社団法人日本港湾協会：港湾の施設の技術上の基準・同解説（下）、第7編外郭施設、運輸省港湾局監修、1999
- 2) 平井洋次、赤岡肇、佐藤栄治：構造物診断装置の開発、土木学会第59回年次学術講演集、pp.187-188, 2004
- 3) 鈴木敬一：構造物診断装置の開発と適用事例、海洋調査協会第23回技術発表会予稿集、pp1-11, 2006
- 4) 鈴木敬一、笠井弘幸、野田登、佐藤栄治、前田武：港湾構造物診断装置による非破壊試験法、コンクリート構造物の非破壊診断シンポジウム講演概要集、pp33-42, 2007
- 5) 佐藤栄治：構造物診断装置による港湾構造物の非破壊探査、作業船No.287、pp29-34, 2007年4月

# 新・新潟市民病院の建設技術

新潟市建築部公共建築第1課 建築第2係長 清水隆志

## 1 はじめに

新潟市民病院は、ウィリアム・オスラーの医療人としての理念に基づく、『患者とともにある全人的医療』を基本理念に掲げ、質の高い総合的医療の実現と地域医療機関などとの連携による市民の医療の確保に努めるとともに、新潟市とその周辺地域の中核病院としての役割を果たしてきました。

今回、21世紀にふさわしい新時代の病院の実現を目指して鳥屋野潟南部に移転新築することとなり、地域の中核病院であるということは言うまでもなく、下越サブ三次保健医療福祉圏における基幹病院として、災害拠点病院として、臨床研修指定病院としての重責を担いながら、外来患者の利便性の向上と診療体制の充実を図るとともに、将来の医療環境の変化に柔軟に対応し、環境共生と新しい街との調和を基本理念に建設されているものです。



ウィリアム・オスラー



病床数や医療科目は以下のように計画されました。

病床の種別（5種）と病床数（660床）		診療科目（30科目）
病床の種別	病床数	
一般病床	505	血液科、内分泌代謝科、腎臓原病科、精神科、神経内科、呼吸器科、消化器科、循環器科、総合診療科、小児科、外科、心臓血管外科、呼吸器外科、整形外科、脳神経外科、小児外科、皮膚科、泌尿器科、産科、婦人科、眼科、耳鼻咽喉科、放射線科、麻酔科、歯科口腔外科、感染症科、病理科、リハビリテーション科、形成外科、乳腺科
救命救急・循環器病・脳卒中センター	50	
周産期母子医療センター	57	
こども病床	40	
感染症病床	8	

## 2 建築概要

以下に新・新潟市民病院の建築概要を記します。

名 称	新潟市民病院
所 在 地	新潟市中央区鐘木4 6 3番地7
用途地域	都市計画区域内（市街化調整区域）
防火地域	指定なし
工 期	平成17年2月3日から平成19年10月15日（建築物関係）
敷地面積	79, 999. 98 m <sup>2</sup>
建築面積	12, 717. 45 m <sup>2</sup> (病院棟+付属棟)
延床面積	50, 632. 01 m <sup>2</sup> (病院棟)
構 造	CFT造・鉄骨造（免震構造）
規 模	地上11階（設備階を含む）、塔屋1階、地下なし
階 高	1・3階=5.1m、2階=4.8m、設備階=4.2m、4~8階=4.15m、10階=5.25m
軒 高	GL+49. 735m
最高高さ	GL+50. 500m
外 装	磁器質タイルPC版打込み、一部複層塗装材吹付け
屋 根	アスファルト防水、押えコンクリート
基 础	現場形成杭（ストレート杭・抜底杭）
そ の 他	屋上にヘリポート（飛行場外着陸場）を設置

## 3 取り入れた建設技術

新・新潟市民病院については、前述したように地域の基幹病院・災害拠点病院としての重責を担う使命があることから、居住する人々や建物本体、附帯設備のさらなる安全性の確保を目的に免震構造やCFT造を採用しています。

### (1) 免震構造の採用

地震発生の際、病院を訪れる人々や入院患者、医療に携わる人々の不安感を取り除き、パニック発生を防止するとともに、器物の転倒や窓ガラスの破損による二次災害を防止し、さらには、医療機器やOA機器などのニューメディアを保護することができる免震構造にはさまざまなスペック構成があります。

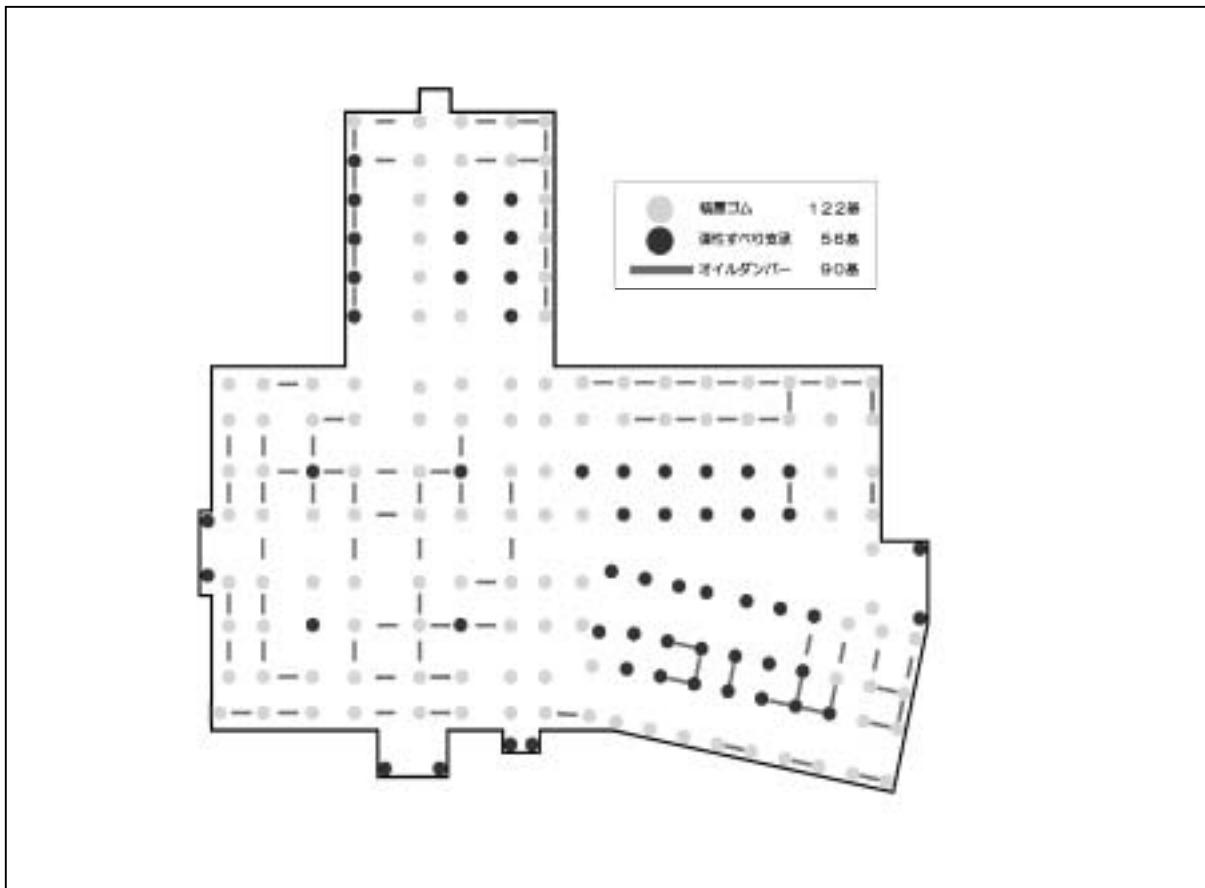
この建物に使用した免震構造システムは、天然ゴム系積層ゴム支承122基、弾性すべり支承56基、オイルダンパー90基から構成されています。

免震装置は、半地下の免震層に設置され、地震発生時、全方向（360度）に700mm変位することができるよう設計されております。先般7月16日に発生した新潟県中越沖地震では、当然のこと被害がなく、建物の変位は40mmから最大70mmが観測され、残存変位は20mmでありました。

免震装置



免震装置配置図



## (2) CFT 造 (Concrete Filed Steel Tube) の採用

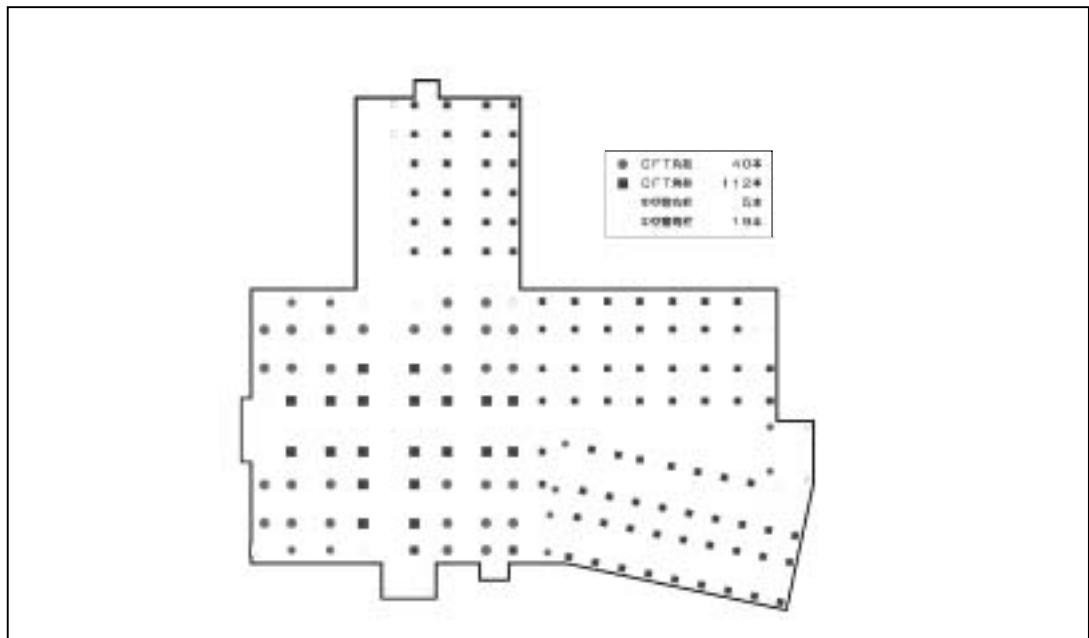
CFT 柱は、RC 造・SRC 造・S 造に続く第4の新しい構造システムとして、旧建設省が1985年から1989年までの5ヶ年計画で実施した『新都市ハウジングプロジェクト』から生まれたもので、円形あるいは角形の鋼管の中に高強度のコンクリートを密実に充填した「鋼管柱」のことです。CFT 柱の特性は、鋼管がコンクリートを拘束し、剛性・耐力・変形・耐火、そして施工性等の面で優れた性能を発揮するものです。(以上、(社) 新都市ハウジング協会 HP から引用)

新・新潟市民病院の建築においては、延床面積 50,000 m<sup>2</sup>以上、柱の軸長さ約 50m、可能な限り自由度のある診察病棟や入院病棟の展開、更には、広く高い天井の開放感のあるエントランス空間の構成など、比較的、高い階高と長い柱間隔を必要とし、自由度のある設計と工期短縮の要求に対してメリットを発揮することができ、鉄筋・型枠工事が不要なことから型枠資材の省資源化にも繋がる CFT 造を採用したものです。

以下に、採用の諸元を記します。

構造材	内 容			
鋼管柱 (CFT 柱)	丸柱の数	40本	左記長さ	最長 56m
	角柱の数	112本	左記長さ	最長 56m
充填コンクリート	呼び強度	46~52 N / mm <sup>2</sup>	セメント	普通ポルトランドセメント
	スランプ	60cm プロー	添加剤	高性能 AE 減水剤

CFT柱配置図



#### 4 おわりに

公共施設に係る建設技術の一例として、新・新潟市民病院の「免震構造」と「CFT 造」を取り上げたところですが、ここ最近、数件の地震発生による人的被害や物的被害を鑑みれば、市民の安心・安全をさらに探求し、市民を護る公共施設の整備を図りたいと願うものであります。

#### 5 参考：ウィリアム オスラー (William Osler)

1849年7月12日—1919年12月29日 カナダオンタリオ生まれの医学者、内科医。

オスラーは初め、トロント大学で聖職者を目指したが、のちに自然科学に対して強い関心を抱くようになり、医学へ転向した。トロント大学医学部に入学後マギル大学医学部に転学し、卒業後、英国・ドイツ・オーストリアなどへの留学中にきわめて広範な研究を行い、後の経歴の基礎を築いた。

マギル大学、ペンシルベニア大学、ジョンズ・ホプキンス大学、オックスフォード大学の教授を努め、カナダ、米国、英国の医学の発展に多大な貢献をした。

また、医学教育にも熱意を傾け、今日の医学教育の基礎を築いた。

# 特殊改質アスファルトによるリフレクションクラック抑制工法

大成ロテック㈱	技術研究所	課長代理	○島崎 勝
同	技術研究所	課長代理	紺野 路登
同	北陸支社	課長代理	岡崎 国洋

## 1 はじめに

コンクリート舗装にアスファルトオーバーレイ層を施工した場合、早期にリフレクションクラックが発生する事例が見受けられる。これらリフレクションクラックの抑制対策に関し、これまでに数多くの研究がなされ、種々の対策工法が実用化されている。

現在、瀝青系のクラック抑制シートの使用やジョク層を設ける等がリフレクションクラックの抑制工法として用いられているが、筆者らはアスファルトオーバーレイ層に用いるアスファルト混合物にリフレクションクラック抑制効果を付与することを考えた。従来のアスファルトに比べて、たわみ性や応力緩和性および低温域での脆性を大幅に改善した特殊改質アスファルトを用いることでリフレクションクラックの抑制効果を期待したものである。

ここでは、開発した特殊改質アスファルトのリフレクションクラック抑制効果に関する室内評価試験結果と実道における効果の検証結果について報告するものである。

## 2 特殊改質アスファルト

開発した特殊改質アスファルトは、ポリマー改質アスファルトII型（以下、改質アスファルトII型と称す）と同等の耐流動性を有するほか、低温域での変形性、応力緩和性に優れるといった特徴を有する。

### 2. 1 バインダ性状

表-1 バインダの基本性状

項目	単位	特殊改質アスファルト	改質アスファルトII型	StAs(60/80)
針入度(25°C)	1/10mm	177	55	69
軟化点	°C	84.0	61.5	48.0
伸度(15°C)	cm	100+	86.0	100+
伸度(4°C)	cm	90	54	7
フラーク脆化点	°C	-23	-11	-12
60°C粘度	Pa·s	11,300	1,457	208
曲げひずみ(-10°C)	(×10 <sup>-3</sup> )	384	—	49

特殊改質アスファルトの性状を改質アスファルトII型およびStAs(60/80)と比較し表-1に示す。

表-1に示すとおり、特殊改質アスファルトは、改質アスファルトII型やStAs(60/80)にくらべ針入度が177 (1/10mm) と大きいにも関わらず、軟化点が改質アスファルトII型より高い。また、フラーク脆化点や4°Cの伸度および-10°Cでの曲げひずみなど、低温域での脆性やたわみ性などに優れている。

図-1はBBR試験で得られる温度とm値の関係を示したものである。BBR試験は米国SHRPで用いられている低温クリープ試験で、m値はスティフネスの時間変化の傾きを表し、値が大きいほど応力緩和性状に優れることを示す。

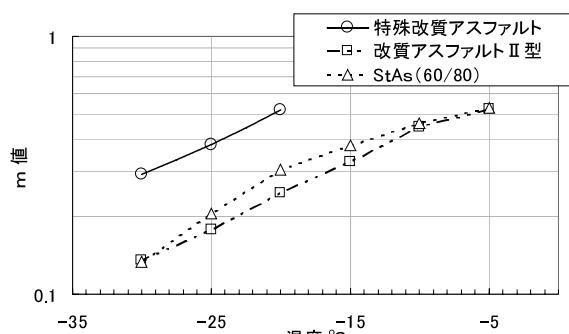


図-1 BBR試験結果

特殊改質アスファルトのm値は他のアスファルトと比較して2倍程度大きく、応力緩和性に優れおり、低温域で発生するクラックの抑制が期待できる。

## 2. 2 混合物性状

リフレクションクラックの発生抑制効果を室内で確認することを目的に、クラック貫通試験および舗装下面に働く引張りひずみに対する疲労抵抗性を評価する繰り返し曲げ試験を実施した。

試験に用いた混合物はコンクリート舗装上のオーバーレイを想定し、防水性や耐久性に優れるSMA混合物とした。

配合を表-2に示す。また、特殊改質アスファルトのほか、比較として改質II型およびStAs(60/80)を用いたSMA混合物についても試験を実施した。

### 2. 2. 1 クラック貫通試験

クラック貫通試験は写真-1を示すようにホイールトラッキング試験を応用した試験<sup>1)</sup>で、3mmのスリットを設けた左右のゴム支床上のコンクリート版にSMA試験体を設置し、一定荷重の車輪を走行させる。車輪の走行により、SMA試験体の下部からクラックが生じ、試験体の上部に向かって成長して貫通する。

試験を開始してからクラックが試験体の表面まで貫通する時間（クラック貫通時間）で評価を行う。

クラック貫通試験結果を図-2に示す。特殊改質アスファルトを用いたSMA試験体（以下、特殊改質SMA）のクラック貫通時間は165分で、改質アスファルトII型を用いたSMA試験体（以下、改質II型SMA）と比べて1.5倍程度、StAs(60/80)を用いたSMA〔以下、StAs(60/80) SMA〕と比べて約2.5倍程度大きくなつた。

### 2. 2. 2 繰り返し曲げ試験

繰り返し曲げ試験は、供試体寸法4×4×40cmで2点支持2点載荷方式で実施した。なお、試験条件のひずみおよび周波数は、文献<sup>2)</sup>を参考に予備試験を実施し、試験条件を以下のように設定した。

#### (試験条件)

試験温度：5°C

ひずみ制御、ひずみ700μ、周波数5Hz

繰り返し曲げ試験結果を図-3に示す。特殊改質SMAの破壊回数は180,000回程度で、改質II型SMAの15,000回程度、StAs(60/80) SMAの2,100回程度に比べると12倍、86倍大きな値を示した。

表-2 SMA混合物の配合

アスファルト量 (%)	ふるい目の開き(mm)と通過質量百分率(%)							
	19.0	13.2	4.75	2.36	0.600	0.300	0.015	0.075
6.0	100	98.4	40.2	27.6	19.8	16.6	11.4	8.9



写真-1 クラック貫通試験

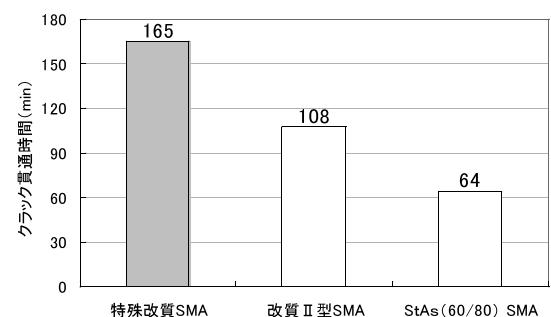


図-2 クラック貫通試験結果

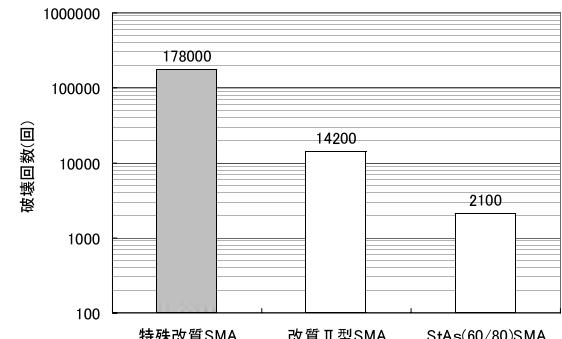


図-3 繰り返し曲げ試験結果

### 3 実道におけるリフレクションクラック抑制効果の検証

実道における試験施工は、平成15年8月に新潟県岩船郡関川村の関川舗装修繕工事（一般国道113号線）の一部区間で実施した。関川舗装修繕工事はリフレクションクラック遅延対策として、コンクリート舗装上に加熱型高ゴム化アスファルトによるジョグ層（ $t=30\text{mm}$ ）を施工し、その上に改質II型アスファルトを用いた密粒度アスファルト混合物(13F)（ $t=30\text{mm}$ ）を施工するものであった。その工事の一部区間ににおいて、特殊改質SMAを含めた3断面のSMAによる試験施工を実施した。

以下に、試験施工の概要と施工後47ヶ月までの追跡調査結果について示す。

#### 3. 1 施工

試験施工の断面は、当該修繕工事の断面を含む図-4の4断面である。断面①～③は、既設コンクリート舗装の上に改質アスファルトII型を用い

断面①	断面②	断面③	断面④
特殊改質SMA(13) $t=4\text{cm}$	改質II型SMA(13) $t=4\text{cm}$	密粒(13F) $t=4\text{cm}$	密粒(13F), $t=3\text{cm}$
改質II型SMA(5mmTOP), $t=2\text{cm}$			ジョグ層, $t=3\text{cm}$
既設コンクリート舗装			

図-4 舗装断面

たSMA（5mmTop）（以下、改質II型SMA(5)）を防水層およびリフレクションクラック抑制層として設け、表層に特殊改質SMAほか2種の比較用アスファルト舗装を施工した。また、比較断面④は、当該修繕工事における断面である。表-3に試験施工に用いた各種SMA混合物の配合を示す。

表-3 試験施工に用いた各種SMA混合物の配合

アスファルト混合物の種類	アスファルト量(%)	ふるい目の開き(mm)と通過質量百分率(%)					
		19mm	13.2mm	4.75mm	2.36mm	0.3mm	0.075mm
改質II型SMA(5mm Top)	7.9	100.0	100.0	94.2	41.7	15.5	10.3
特殊改質SMA(13mmTop)	6.0	100.0	97.6	39.6	27.2	13.3	8.7
改質II型SMA(13mm Top)	6.2	100.0	97.6	40.6	28.9	14.6	9.6

#### 3. 2 追跡調査結果

施工後27ヶ月、47ヶ月後において、路面性状測定（ひびわれ・わだち割れ・平坦性）を実施した。

##### 3. 2. 1 路面性状調査結果

施工後27ヶ月、施工後47ヶ月における路面性状測定結果を図-5に示す。

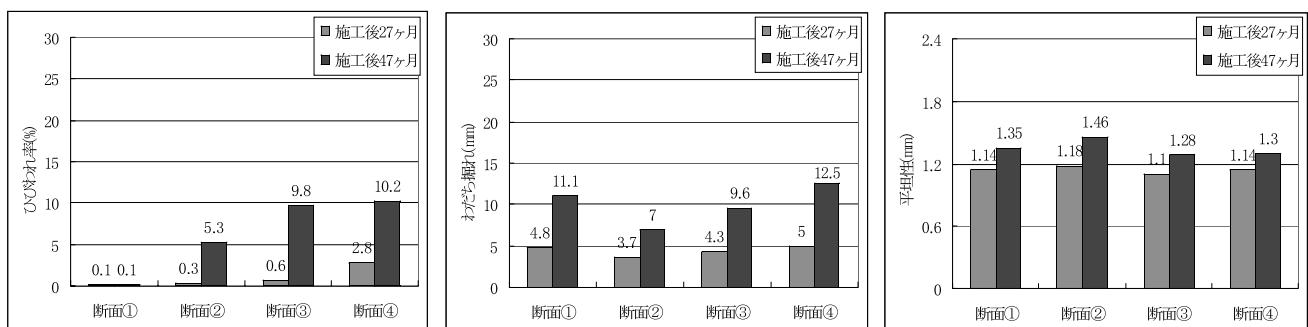


図-5 路面性状調査結果

施工後47ヶ月後の路面性状において、

- ①特殊改質SMAによる断面①のひびわれ率は0.1(%)と最も小さく、リフレクションクラックの抑制効果に優れることが実道で確認された。
- ②特殊改質SMAによる断面①のわだち掘れ量は11.1(mm)であり、実道での耐流動性・耐摩耗抵抗性には問題がないことが確認された。
- ③特殊改質SMAによる断面①の平坦性は1.35(mm)であった。他工区の平坦性は1.26～1.46(mm)で断面①の平坦性は同等の値を示しており、実道での耐流動性・耐摩耗抵抗性には問題がないことが確認された。

### 3. 2. 2 目視観察結果

施工後6ヶ月、21ヶ月、27ヶ月、47ヶ月後において現場踏査を行い、路面の目視観察を行った。

断面①の特殊改質SMAは施工後21ヶ月で一部に微小クラック（リフレクションクラック以外のクラックと想定される）が見られたが、その後クラックの増加・成長は見られない。

断面②～③は、施工後21ヶ月で一部箇所にリフレクションクラックが発生し、その後においてクラックの成長とクラック数の増加が見られたものの、発生の時期が遅く、さらにクラックの増加やその進行の程度も顕著ではない。これに対し、当該修繕工事のジョグ層を適用した断面④は、施工後一冬を経過した6ヶ月経過時点で、多数のリフレクションクラックが発生し、その後、クラック数の増加、さらにクラックによる損傷の程度が増大が見られた（写真－2）。



写真－2 路面状況(47ヶ月：断面④)

表－4 目視観察結果

	目視によるクラック観察結果			
	施工後6ヶ月後	施工後21ヶ月後	施工後27ヶ月後	施工後47ヶ月後
断面①	なし	なし	一部に微小クラック発生	一部に微小クラック発生
断面②	なし	一部にリフレクションクラック発生	リフレクションクラックに変化なし	リフレクションクラック若干数増加
断面③	一部に微小クラック発生	一部にリフレクションクラック発生	リフレクションクラック若干数増加	リフレクションクラック若干数増加
断面④	多数リフレクションクラック発生	リフレクションクラックの増加	リフレクションクラックの増加・成長	リフレクションクラックの増加・成長

### 4 おわりに

関川舗装修繕工事で行った試験施工の47ヶ月におよぶ供用性の追跡調査から、特殊改質SMAはリフレクションクラック抑制効果に優れており、耐流動性・耐摩耗抵抗性も問題がないことが確認された。

当該工法は関川舗装修繕工事以外にも数件の施工実績があり、今後それらの追跡調査を進め、リフレクションクラック抑制効果の持続性等の確認を継続する所存である。

### 参考文献

- 1) 池田：室内試験によるひび割れ防止材の評価方法、道路建設、昭和63年8月
- 2) 中村ほか：アスファルト混合物の疲労試験、土木技術資料、1994年9月

# アルミナセメント系耐硫酸性モルタル

株式会社加賀田組 事業企画本部 ○佐藤 英頼  
I C R 工業会 斎藤 文博

## 1 はじめに

新潟市江南区大渕の農業集落排水施設である大渕処理場は、昭和 63 年から供用を開始している処理場である。各処理槽の内壁には防食処理が施されておらず、躯体コンクリートが酸による化学的腐食で劣化していたため、機能強化（防食）工事が行われた。それは処理槽の劣化部分をウォータージェットではつり取り、耐硫酸性モルタルを使用して断面修復し、防食被覆を行うことで、処理場の耐久性を向上させる工事である。

耐硫酸性モルタルによる断面修復において、耐硫酸性モルタルはポルトランドセメント系、アルミナセメント系と 2 種類に分類され、施工性に優れたポルトランドセメント系の材料が多く使用されてきた。これまでのアルミナセメント系の材料は、耐酸性に優れているが、粘りが強いため施工性が低かったことからほとんど使用されなかつた。そこで当該工事においては優れた耐酸性はそのままで、粘りを抑えることで施工性を向上させた「I C R A R モルタル」を開発し、断面修復に使用した。新材料であったことから、平成 16 年 4 月から平成 19 年 4 月までの 3 年間に渡り同処理場の劣化の進んでいた処理槽にて暴露試験を実施し、ポルトランドセメント系耐硫酸性モルタルとの比較試験を行つた。その結果を報告する。

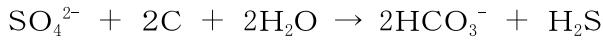
## 2 耐硫酸性モルタル

### 2.1 下水道施設におけるコンクリートの腐食劣化メカニズム

腐食劣化のメカニズムは図-2.1 よって説明でき、詳細は以下に述べる。

#### ① 嫌気性状態の下水、汚水中から硫黄塩還元細菌

によって硫化水素 ( $H_2S$ ) が生成。



#### ② 下水、汚水の流れの乱れや攪拌等により、液相から気相への硫化水素 ( $H_2S$ ) ガスの放散。

#### ③ 密閉されたコンクリート構造物の気相部内面の湿潤状態のコンクリート表面で好気性の硫黄酸化細菌の酸化作用により硫酸が生成。



#### ④ 硫酸とコンクリート中のセメント水和物との反応によるコンクリートの劣化。

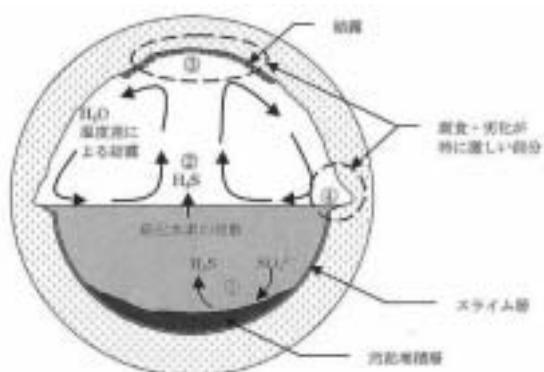


図-2.1 腐食劣化のメカニズム

## 2.2 アルミナセメント系耐硫酸性モルタル

コンクリートは、硬化に伴って水酸化カルシウム( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ )を生成することで、 $\text{pH} 12 \sim 13$ の高アルカリ性になっている。したがって、耐硫酸性モルタルであってもポルトランドセメントがベースとなっているものを使用すれば同様の化学反応が起こることから、再劣化する可能性が高い。

アルミナセメント系耐硫酸性モルタル(以下AC系と記述)は、アルミナセメントをベースとした高炉スラグ微粉末を配合している。したがってポルトランドセメント系耐硫酸性モルタル(以下PC系と記述)とは化学組成が

全く別のものになる(図-2.2 参照)。

AC系ではPC系において生成される水酸化カルシウム( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ )がほとんど生成せず、不活性の水酸化アルミニウム( $\text{Al}(\text{OH})_3$ )を生成する為、硬化体が緻密な構造になり耐硫酸性が向上する。

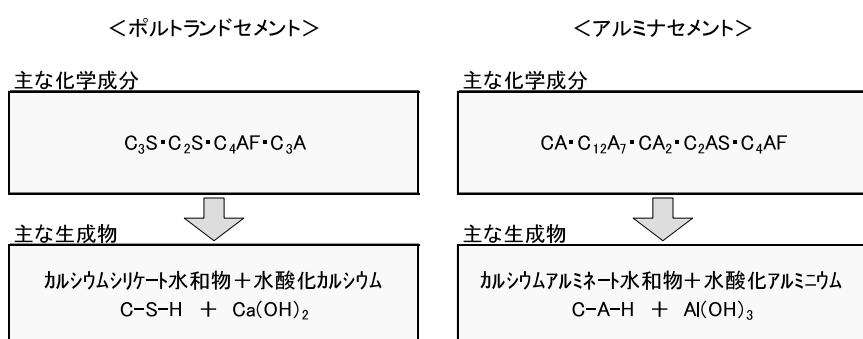


図-2.2 PC系とAC系の水和反応の違い

## 3 暴露試験

ICR ARモルタル(以下ARモルタルと記述)を、大渕処理場で特に劣化が進行していた槽内(嫌気性濾床槽第2, 3室)の人孔部に暴露した。人孔内にステンレス製のメッシュのかごを取り付け、供試体としてARモルタルと比較用にPC系、ポルトランドセメントモルタル(以下PLCと記述)を選定し、供試体は $\phi 75 \times 150\text{mm}$ 、 $40 \times 40 \times 160\text{mm}$ を各3本ずつ3セット用意した。概念図を図-3.1に示す。暴露期間は3年間で、目視によって供試体に大きな変化が確認された際、室内試験を行い、データ収集を行った。試験方法は表3.1に示す。

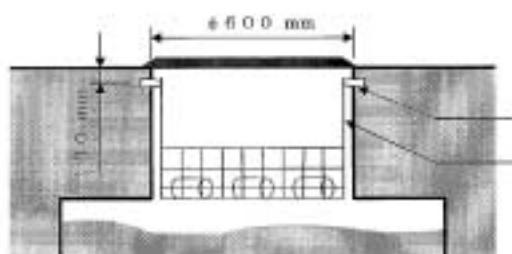


図-3.1 供試体設置概念図

表-3.1 供試体数量及び試験内容

供試体種類	供試体数量	試験内容		
$40 \times 40 \times 160\text{mm}$	3本×3set	圧縮強度試験	曲げ強度試験	長さ変化率試験
$\phi 75 \times 150\text{mm}$	3本×3set	中性化試験	質量変化率試験	

暴露試験開始から36ヶ月(平成19年4月)経過した写真を示す。またそれぞれの供試体に対して表-3.2を利用して劣化度のグレーディングを行う。供試体には鋼材が入っていないためコンクリートの表面状況、断面欠損からの判定とする。



写真-3.1 ポルトランドセメントモルタル(PLC)



写真-3.2 ポルトランド系耐硫酸モルタル(PC系)



写真-3.3 ICR ARモルタル

36ヶ月経過した（平成19年4月）供試体を回収し各種室内試験、及び強度試験を行った。結果を表-3.3, 3.4、グラフを図-3.2, 3-3に示す。

長さ変化率試験に関してARモルタルはほとんど変化がなかったが、PC系及びPLCは化学的劣化が進み、断面欠損が大きかったことから試験データとして不適であるため対象外とした（写真-3.4）。

耐硫酸性試験において、中性化深さはARモルタルが0.15mmとほとんど中性化を起こしていない

PLCは、最も劣化が進んでいる。全体的に茶色に変色し、表面を指触した感じは柔らかくケーキ状になっている。40×40×160mmの供試体が隅部から剥がれるよう劣化が進んでいるのが確認できる。

現状を評価すると化学的腐食が進行し、二水石膏が剥がれ出し、層状に脆弱化していることから加速期に当たると考えられる。（写真-3.1）

PC系は、表面状態として茶色に変色している。しかし指触した感じでは表面も硬く強度低下も小さいと思われる。

現状を評価すると表面から徐々に化学的腐食が現れ始めている。二水石膏の剥がれは始まっていないものの段階的には二水石膏やエトリンガイトが生成されている状態と判断できることから進展期と考えられる。（写真-3.2）

ARモルタルは表面がまだ灰色であり、変色もほとんど確認できない。黒っぽく見えるのは表面が湿潤状態であるためである。

現状を評価すると表面劣化が確認できることから化学的腐食はまだ始まっていないと判断される。したがって潜伏期と考えられる。（写真-3.3）

表-3.2 化学的腐食の劣化過程

グレード	劣化の過程	変状
I - 1	潜伏期	外観上の変状が見られない。
I - 2		コンクリート保護層に変状が見られる。
II	進展期	コンクリートに変状は見られるが劣化因子は鋼材位置まで達していない。
III - 1	加速期	コンクリートの変状が著しく、劣化因子は鋼材位置まで達しており、鋼材にも変状が見られる。
III - 2		コンクリートの断面欠損が大きく、鋼材の腐食量が大きい。
IV	劣化期	鋼材の腐食が著しく、変位・たわみが大きい。



写真-3.4 洗浄後の供試体

かったのに対し、PC系及びPLCはARモルタルの10倍以上の値となった。

圧縮強度に関してPC系はPLCよりは高い値を示しているものの、大気養生の供試体と比較して50%程度の強度低下を起こしている。それと比較してARモルタルは強度低下がほとんど起きていない。

表-3.3 室内試験結果

使用材料	長さ変化率 (%)	耐硫酸性試験	
		中性化深さ (mm)	重量変化率 (%)
ICR ARモルタル	0.18	0.15	-0.17
ボルトランド系耐硫酸性モルタル(PC系)	- (※)	1.83	1.59
ボルトランドセメントモルタル(PLC)	- (※)	1.75	0.41

※ 供試体が劣化により断面欠損を起こしたため、試験対象外。

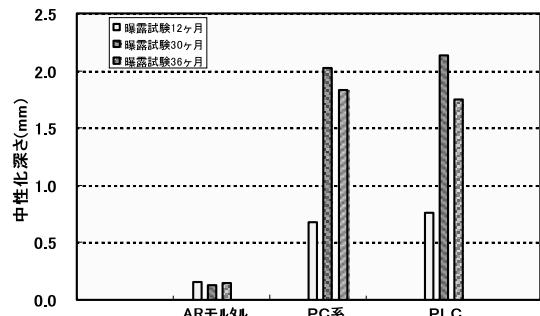


図-3.2 中性化深さ測定結果

表-3.4 強度試験結果

使用材料	大気養生 材齢1年 (N/mm <sup>2</sup> )	曝露試験 12ヶ月 (N/mm <sup>2</sup> )	曝露試験 30ヶ月 (N/mm <sup>2</sup> )	曝露試験 36ヶ月 (N/mm <sup>2</sup> )
ICR ARモルタル	78.3	81.1	75.8	76.5
ボルトランド系耐硫酸性モルタル(PC系)	63.6	40.8	32.0	31.6
ボルトランドセメントモルタル(PLC)	61.2	27.8	21.5	25.3

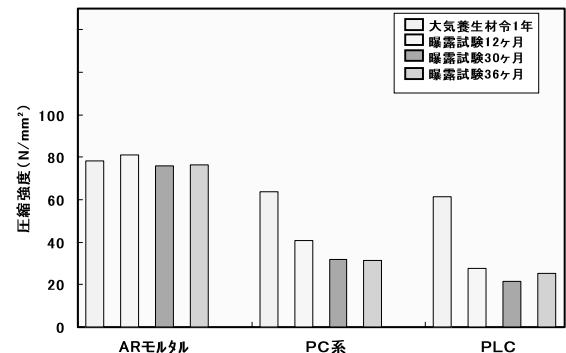


図-3.3 圧縮強度結果

#### 4 まとめ

ARモルタルはすべての点においてPC系より優れた試験結果となり、劣化をうかがわせる結果はなかったことから、アルミナセメントをベースとした耐硫酸性モルタルが、酸による化学的劣化に対して非常に抵抗性が高いことが証明できた。この試験結果から、下水処理場だけでなく、化学薬品工場や温泉施設等のような現場においても反映できる材料であると言える。

将来への展望として、現在の農業集落排水協会及び東京都下水道局の仕様では、耐硫酸性モルタルによる断面修復の後に防食被覆を行っているが、ARモルタルが防食性に優れた材料であることを証明できれば、腐食環境、耐用年数等の条件によっては樹脂による防食被覆を省略し、耐硫酸性モルタルの単独使用でコンクリートに防食性能を持たせることができると考えられる。

謝 辞 本実験は、新潟市に協力を依頼し、試験箇所を提供していただきて実施したものであり、関係の方々に謝意を表します。

#### <参考文献>

コンクリート診断技術 05 (社) 日本コンクリート工学会

# 鉄筋腐食抑制含浸系表面保護工法

## プロテクトシリC I T

株式会社アドヴァンス	技術部	部長	五十嵐 正之
株式会社アドヴァンス	技術部	課長	仲丸 政美
B A S F ポゾリス株式会社	推進営業部	マネージャー	奥山 圭也
B A S F ポゾリス株式会社	営業技術部	チーフ	○柏崎 隆幸

### 1. はじめに

20世紀のコンクリート構造物を造るという建設の時代から、21世紀に入りこのコンクリート構造物をより長く生かすという維持管理が重要視される近年、国土交通省より「コンクリート橋の塩害に関する特定点検要領（案）」が平成16年3月に発刊された。これはコンクリート構造物が塩害によって深刻な状態であることを示すと同時に社会資本を大切にすることを示している。すなわち、塩害でコンクリート構造物を直接劣化させる要因である鉄筋腐食を止めることがコンクリート構造物を維持管理していく上で大きな課題となる。塩害対策の例をあげてみると、コンクリート表面で劣化因子（塩化物イオン等）の侵入阻止をする表面保護や鉄筋に直接作用する亜硝酸塩を混入する工法、またその他にも断面修復工法、電気防食、脱塩工法等がある。

ここでは、コンクリート構造物の表面に塗布するだけで劣化因子の侵入阻止をする表面保護性能と鉄筋に保護層を形成する腐食抑制性能を併せ持つ工法を紹介する。

### 2. 鉄筋腐食抑制タイプ含浸系表面保護工法

#### 2. 1 特徴

この工法は、鉄筋コンクリート構造物の鉄筋腐食抑制機能を有した1材の含浸系表面保護材を使用したもので、コンクリートの表面に疎水層を形成し、鉄筋の周囲に保護層を形成する。工法の特徴を以下に示す。

- ① 水を媒体として侵入する塩化物イオンの侵入を阻止する。
- ② 透湿量は、塗布前と変わらないため水蒸気を出しコンクリート内部を乾燥状態にする。
- ③ ②の効果より電気抵抗値が大きくなり腐食電流を抑制する。
- ④ 透明な液体で外観及び質感に変化はない。
- ⑤ 含浸系表面保護材であるが上塗りが可能である。
- ⑥ 鉄筋を内在塩分から守る。

これらの特徴を可能にしたのは、この工法に使用するプロテクトシリC I Tというシラン系の材料が開発された為である。この材料は、アルキルトリアルコキシシランに化学的にアミノ基を結合させたもので、アミノ基がアルキルトリアルコキシシランと水酸基との反応を遅くらせる機能がある。コンクリート構造物でコンクリート中の水酸基と反応したアルキルトリアルコキシシランは、コンクリート表面に疎水層を形成するが、アミノ基によって反応が遅くなったりアルキルトリアルコキシシランは、鉄筋まで到達することにより鉄筋の酸化鉄の水酸基と反応し鉄筋に連続した保護層を形成する。

### 3. 鉄筋腐食抑制効果の確認

#### 3. 1 試験目的

鉄筋を内在した試験体にこの工法を適用し塩害促進試験を行い自然電位測定と鉄筋腐食の状態で鉄筋腐食抑制効果を確認した。

#### 3. 2 試験体の作製

図-1に試験体の概要を示す。(Aタイプ×2、Bタイプ×2)

Aタイプ：部分的に防錆処理無しで断面修復を行う事によりマクロセル腐食を発生させる。

Bタイプ：鉄筋全面をコンクリートで打設。

使用した鉄筋は、JIS G

3112:2004「鉄筋コンクリート用棒鋼」に規定する直徑19mmの丸鋼をJIS R 6252:1999「研磨紙」

に規定する#150研磨紙を用いて黒皮を研磨除去し、両端部にエポキシ樹脂を塗布した。使用したコンクリートは、表-1に示す配合のものとした。なお、

使用したコンクリート中のC1-量が4.8kg/m<sup>3</sup>となるように塩化物ナトリウムを添加した。また、

断面修復にはポリマーセメントモルタルを使用した。

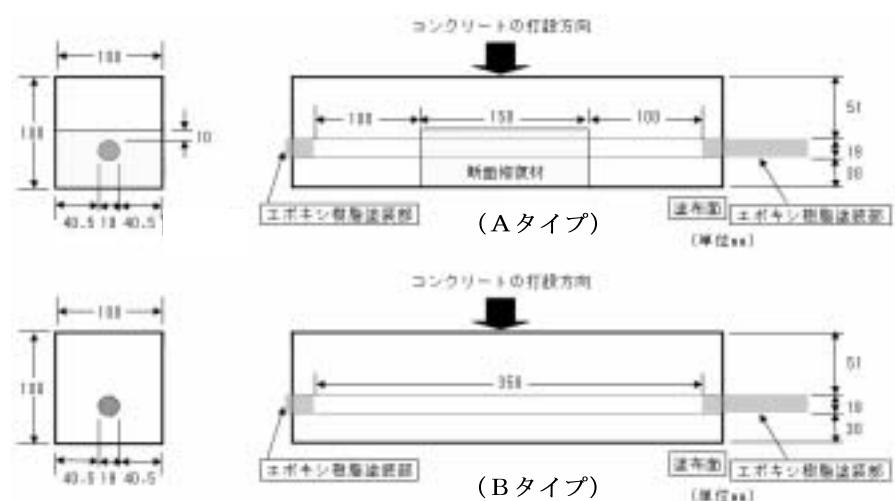


図-1 試験体

表-1 コンクリート配合及び物性

粗骨材の 最大寸法 (mm)	水セメン ト比(%)	細骨材率 (%)	単位量 (kg/m <sup>3</sup> )					C1-量 (kg/m <sup>3</sup> )
			水	セメント	細骨材	粗骨材	混和剤※)	
20	65.0	48.0	165	254	883	978	100	4.8

※) BASF ポゾリス社製AE減水剤標準形「ポゾリスNo.70」を250ml/Cで使用

使用したコンクリートの物性は、スランプ=10.5cm、空気量=4.5%、圧縮強度(28日)=37.8N/mm<sup>2</sup>であった。

#### 3. 3 試験工程

試験体に鉄筋腐食抑制タイプの含浸系表面保護材を塗布した試験体と塗布していない試験体の自然電位を測定し、鉄筋の腐食進行を確認した。自然電位は、塩害促進させる為「4日間気中乾燥→3日間塩水浸漬」を1サイクルとし25サイクルと55サイクルで測定し、55サイクル測定後、試験体を解体し鉄筋の腐食状況(孔食状況)を確認した。塩水浸漬状況を図-2に試験工程を図-3に示す。

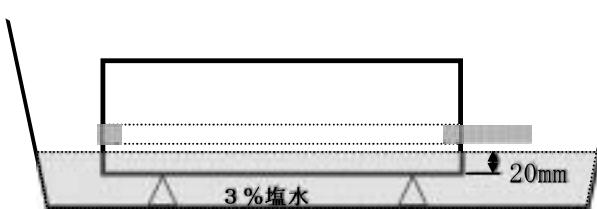


図-2 浸漬状況

### 3.4 試験結果

鉄筋の自然電位の測定箇所（1試験体7箇所）を図-4に示し、その測定結果を図-5に示す。

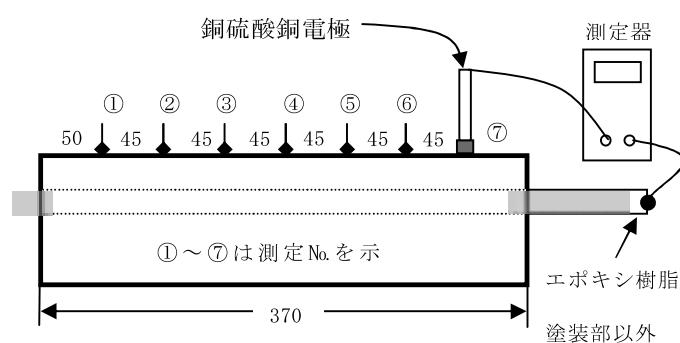


図-4 自然電位の測定箇所

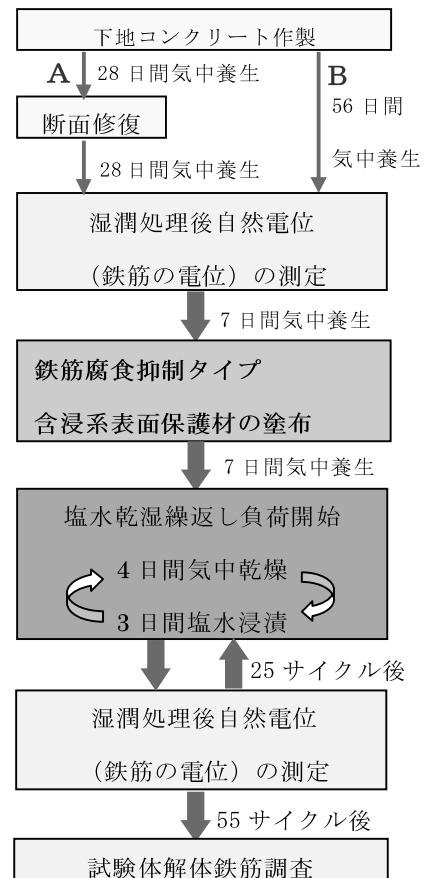


図-3 試験工程

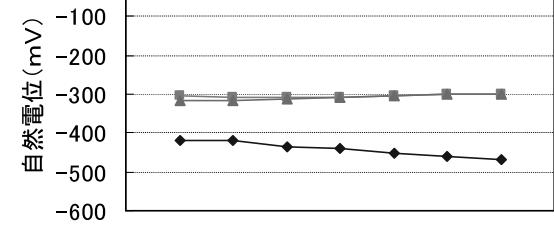
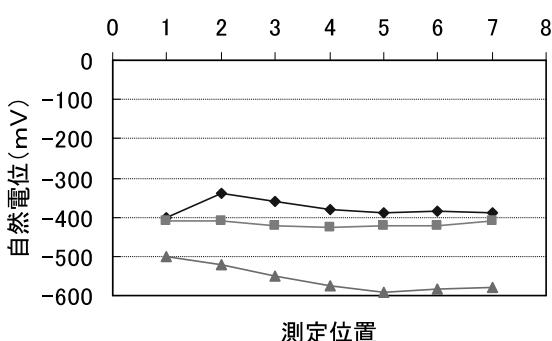
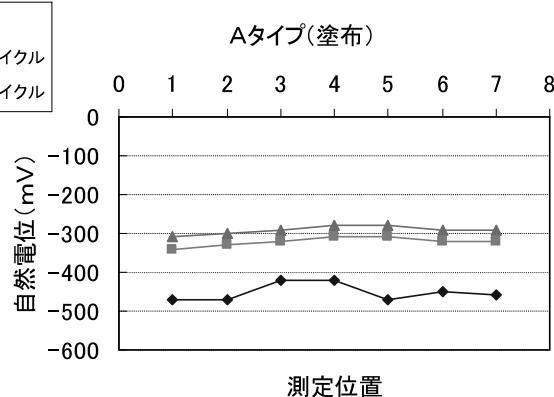
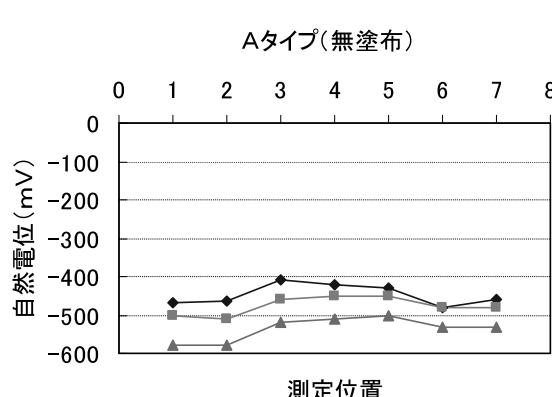


図-5 自然電位測定結果

自然電位の測定結果から無塗布の場合は、基準（促進試験前）と比較してAタイプ、Bタイプ共に

25、55サイクルとも電位は、卑の方向へ移動しているため鉄筋の腐食が進行したと判断できる。一方、塗布した場合は、Aタイプ、Bタイプ共に25、55サイクルとも電位が貴の方向へ移動しているため鉄筋の腐食が抑制されていることが確認できた。また、Aタイプで貴の方向に移動していることからマクロセル腐食に対しても効果があると考えられる。



写真一 Aタイプ断面修復部



写真二 Aタイプ端部



写真三 Bタイプ

写真一からもわかるようにAタイプの断面修復部は、塗布、無塗布共、鋸による孔食は見当たらないが断面修復された近く（写真二）では、無塗布は深い孔食が発生しており、塗布した部分では孔食が見られなかった。また、Bタイプは無塗布の鉄筋は、深くはないが大きな孔食が発生しており、塗布された鉄筋での孔食は見られなかった。

#### 4. 表面保護としての性能

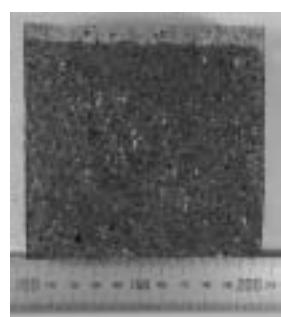
土木学会規格 JSCE-K 571-2005「表面含浸材の試験方法」によって含浸深さ（疎水層）試験、吸水率試験、透湿度試験（水蒸気透過性）、塩化物イオン浸透に対する抵抗性試験について行った。試験結果を表－2に含浸深さ（疎水層）を写真－4に示す。

表－2 土木学会規格 JSCE-K 571-2005「表面含浸材の試験方法」の試験結果

含浸深さ(mm)		吸水率試験			透湿度試験			塩化物イオン浸透に対する抵抗性試験		
各値	平均値	吸水率 (%)	吸水比 (%)	無塗布 (%)	透湿量 (g)	透湿比 (%)	無塗布 (g)	塩化物イオン 浸透深さ (mm)	浸透深さ比 (%)	無塗布 (mm)
7.5										
6.1	7.4	0.10	8.3	1.20	0.14	88	0.16	0.7	5.4	13.0
8.5										

#### 5. まとめ

以上の結果より鉄筋腐食抑制タイプの含浸系表面保護工法を行ったコンクリート構造物は、表面保護性能により塩化物イオンや水などの鉄筋腐食の要因となる劣化因子の侵入を阻止し、透湿度があるためコンクリート内部の水分（水蒸気）を出し電気抵抗（乾燥）を高め腐食電流を抑制すると考えられる。また、鉄筋腐食抑制性能により内在塩分が存在するコンクリートでも鉄筋を腐食から守ることが確認されコンクリート構造物を維持していく上で非常に有効な工法であることが確認できた。



写真四 疎水層

# 全ての鋼材を被覆仕様としたプレテン桟の製作と架設 ～質場橋施工報告～

オリエンタル建設株式会社 北陸支店 技術部  
東京支店 技術部

○武田 祐二  
阿田 芳久

## 1 はじめに

質場橋は新潟県佐渡市の海岸地域に位置するプレテンション方式PC単純床版橋である。本橋は、塩害対策区分S地区に位置していることから、塩害に対する耐久性を保証するための構造細目として「かぶり70mmの確保」と「別途保護対策」が必要となる<sup>1)</sup>。別途保護対策としては「塗装鉄筋の使用又はコンクリート塗装を併用」することが道路橋示方書によって規定されており、プレテンション方式の場合には表面塗装を採用するケースが多い。ただし、表面塗装材にはさまざまな製品が使用されているが、コンクリートとの接着性、耐アルカリ性、ひび割れ追従性、遮塩性、耐侯性などの要求性能を長期的に有することを確認したデータが少ないとことから、定期的な点検と塗り替えを前提としていることに注意を要する<sup>2)</sup>。

質場橋は「メンテナンスフリーの高耐久性プレテンションPC橋梁」というコンセプトに基づいて計画された橋梁であり、鉄筋およびPC鋼材の全てに熱可塑性樹脂被覆鋼材（通称、スープロ鉄筋およびスープロPC鋼材）を採用した点が特徴である。本稿では、熱可塑性樹脂被覆鋼材の特長について概説し、質場橋の主桟製作および現場での施工状況について報告する。



写真-1 質場橋全景

## 2 工事概要

本橋の工事概要を以下に示す。また、構造一般図および主桟断面図を図-1, 2に示す。

工事名：離島地域連携（県道改築・国債）

沢根拡幅質場橋上部工工事

形式：フレーテンション方式PC単純床版橋

橋長：9.800m

有効幅員：3.500m+9.000m+3.500m

荷重：B活荷重+压雪 1.000kN/m<sup>2</sup>

特殊条件：塩害対策区分S地区

発注者：新潟県佐渡地域振興局

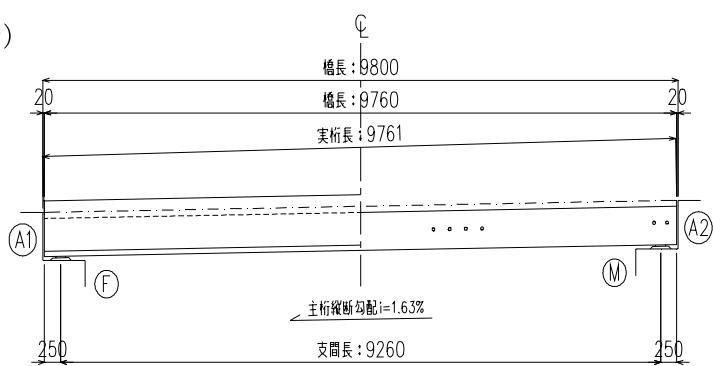


図-1 構造一般図（側面）

### 3 メンテナンスフリーを目指して行った塩害対策

#### 3.1 塩害対策の概要

PC構造物の耐久性を左右する要因としては、中性化や塩害などに起因する鉄筋やPC鋼材の発錆・腐食が問題となることが多い。質場橋では主に塩害が懸念される環境にあることから、塩害に対するメンテナンスフリーを目指して各種対策を行った。本橋で行った塩害対策方法の一覧を表-1に示す。コンクリートの表面塗装を行わないことを基本方針とすることから、使用する鋼材関係（鉄筋、PC鋼材、定着具、シースなど）は全て防錆塗装処理を行うこととした。なお、桁端面に関してのみ、コンクリートの表面塗装を行った。これは、桁端近傍にあるPC鋼材の切断面に配慮したものである。PC鋼材の切断面は工場で防錆処理が行われているものの、防錆性能が標準部と比較して劣る場合も想定されることから、今回はフェイルセーフの意味合いで表面塗装を併用することとした。

#### 3.2 スープロ鋼材の概要

##### 3.2.1 ピンホールの無い被覆材

スープロ鋼材（スープロ鉄筋、スープロPC鋼材）を写真-2に示す。スープロ鋼材は、被覆材の材料的な特性とその被覆加工方法に起因して、ピンホールと呼ばれる塗膜の不完全部分を生じない点が最大の特徴である。スープロ鋼材に使用される被覆材は、ナイロン系（鉄筋）およびポリエチレン系（PC鋼材）の熱可塑性樹脂である。熱可塑性樹脂は分子構造が線状であり、加熱時に変形しやすくなるという特徴を有している。その流動性の高さを利用して溶融押出成形による被覆加工を行うことで、樹脂の連続性が確保され、ピンホールを生じない被覆が可能となる。そのピンホールを生じないという特性から、粉体塗装を前提とする熱硬化性樹脂材料と比較して、より耐久性の高い材料であると判断された。

##### 3.2.2 その他の特徴

熱可塑性樹脂は成型後に樹脂が硬化した後においても柔軟性が損なわれないという特徴を有する。スープロ鉄筋は韌性に富む特性により、曲げ加工時に生じるひずみに被覆材の伸びが十分追従することが確認された。

PC鋼より線 N=23本  
SUPRO/BW 1S12.7

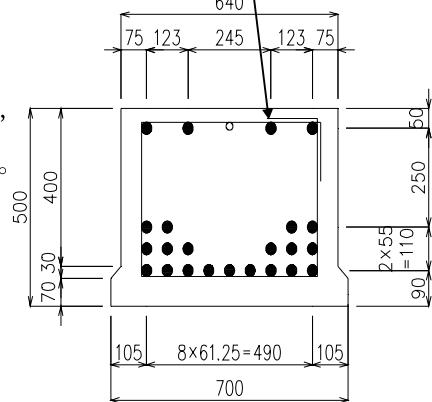


図-2 主桁断面図

表-1 質場橋の塩害対策方法

	項目	塩害対策の具体的な方法
主桁製作工	鉄筋	かぶせ70mmを確保 スープロ鉄筋を使用
	PC鋼より線	スープロPC鋼材を使用
	グリット筋(横筋用)	スープロ鉄筋を使用
	コンクリート表面塗装	側面、底面：無し 桁端面：フッ素系塗装
機組み工	シース	ポリエチレンシースを使用
	PC鋼より線	スープロPC鋼材を使用
	定着具	エボキシ樹脂塗装
	アンカーブレード	エボキシ樹脂塗装
地覆工 歩道分離工	鉄筋	かぶせ70mmを確保 スープロ鉄筋を使用

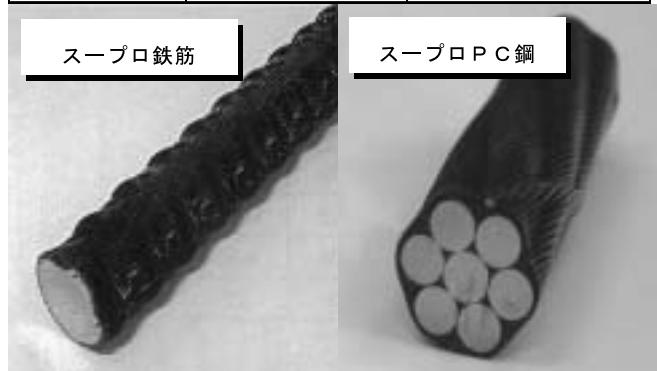


写真-2 スープロ鋼材

※写真は SUPRO/BW

また、PC鋼材の被覆材として要求される性能として、緊張作業時の伸びに追随することが必要となる。スープロPC鋼材に用いられるポリエチレン系の被覆材は鋼材の破断伸びまで追随する伸び性能を有しており<sup>3)</sup>、緊張作業によって耐久性が損なわれることはない。その他、紫外線劣化が少ないという特徴を有しており、すぐれた耐候性を示す材料であると考えられる。

#### 4 施工概要

##### 4.1 主桁製作

###### 4.1.1 スープロ鉄筋に関する事項

スープロ鉄筋の曲げ加工状況を写真-3に示す。曲げ加工によって想定される被覆材への影響は、曲げ位置外側面における引張作用と、曲げ加工機の軸部分と接触する内側面における被覆材のつぶれである。外側面に関しては、熱可塑性樹脂の特徴である伸び性能により、特別な配慮は必要ない。ただし、内側面のつぶれに関しては、曲げ加工機の軸心部分にMCナイロン製の緩衝材を使用して、被覆に過剰な衝撃を与えないように配慮した。その結果、被覆材に損傷を与えることなく曲げ加工できることが確認された。

###### 4.1.2 スープロPC鋼材に関する事項

スープロPC鋼材はコイル巻きしても巻き癖が付かないため、通常のPC鋼材と同様に運搬することができる。なお、各種被覆鋼材に共通する内容であるが、取り扱いの際には被覆を傷付けないような慎重な取り扱いが求められる。特に長尺物のPC鋼より線をコイルから引き出す際に、地面との接触面の養生が不完全な場合には被覆材を損傷させてしまう可能性がある。

本橋梁に関しては被覆材の損傷は生じなかつたが、仮に損傷を生じた場合に推奨される補修方法を写真-4に示す。まず、損傷した箇所の不純物や水分を丁寧に取り除く。清掃終了後、特殊ポリエチレン樹脂シートをヒートカッターで軽く押さえ、樹脂の溶融を確認しながら補修部を埋める。補修部に樹脂の余分な凹凸ができた場合には、カッターで軽くこすり平坦にする。最後に、ピンホールスターにてスパークテストを行い、ピンホールのないことを確認する。

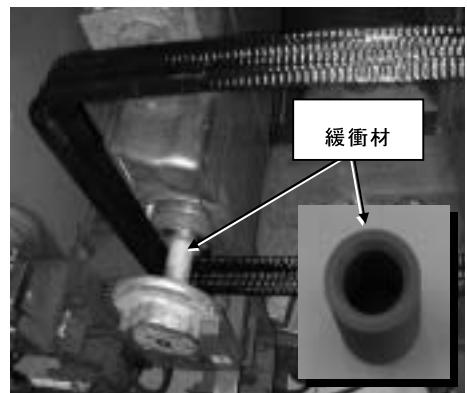


写真-3 曲げ加工状況

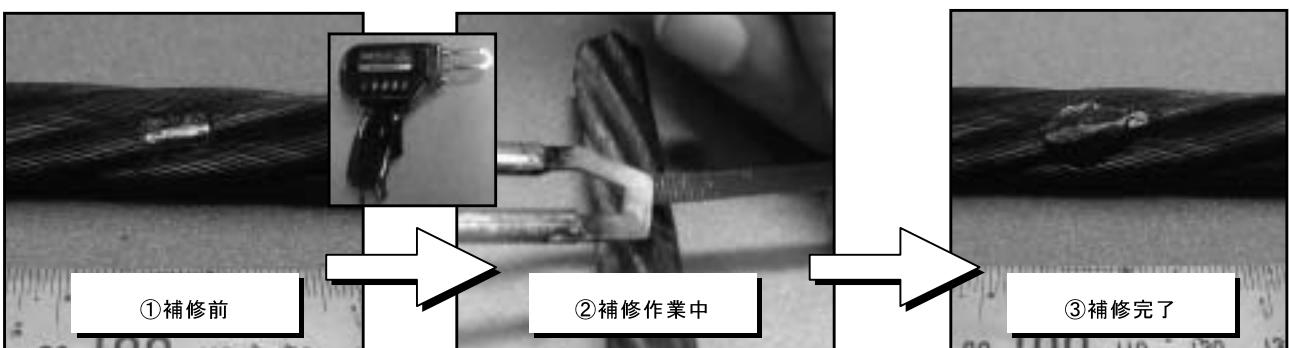


写真-4 被覆を損傷した場合の補修方法

###### 4.1.3 耐久性向上に関するその他の配慮

主桁内に配置する材料は全て塩害に対する耐候性が高い材料を使用するという観点から、横締め鋼材用のシースはポリエチレン製のものを使用した。また、結束線はステンレス製のものを使用し、全

て内側に曲げ込むなどの細心の注意を払った。また、地覆用にあらかじめ配置しておくサシ筋についてもスープロ鉄筋を使用したが、打設時にペーストが付着してしまうと撤去する際に被覆材を損傷させてしまうことが懸念される。そこで、打設時にはあらかじめテーピングして表面を保護した。

桁端部のコンクリート塗装作業状況を写真-5に示す。コンクリート表面塗装はプライマー、パテ、中塗り、上塗りの4層とし、上塗り材としてフッ素樹脂系の被覆材を使用した。

## 4.2 現場施工

### 4.2.1 横組工

横締めPC鋼材には、スープロPC鋼材(SUPRO/NB 1S21.8)を使用した。緊張作業後に施工するグラウトと、防食性能の高いスープロPC鋼材を併用することで耐久性の向上に配慮した。横締め緊張状況を写真-6に示す。横締め用の定着具およびアンカープレートにはエポキシ樹脂塗装による防錆処理を施して使用した。

### 4.2.2 橋面工

地覆および縁石の鉄筋には、スープロ鉄筋を使用した。スープロ鉄筋を使用するとともに、かぶりを70mm確保することによって、塩害に対する耐久性の向上に配慮した。

## 5 おわりに

近年では構造物をメンテナンスしながら永く使用するというアセットマネジメントの考え方方が広く認識されるようになってきた。このアセットマネジメントの考え方において重視される「ライフサイクルコストの低減」を実現するためには、初期品質として耐久性の高い構造物を建設することにより、点検や大掛かりなメンテナンスを極力減らすことが有効な手段と考えられる。その意味において、熱可塑性樹脂による被覆鋼材等を全面的に使用した質場橋が、メンテナンスフリーを目指した耐久性の高い構造物として計画・施工された意義は非常に大きいと考える。

最後に、本橋の製作・施工にあたりご協力いただいた関係者各位に、紙面をお借りして深く感謝いたします。



写真-5 桁端部塗装状況



写真-6 緊張状況

## 参考文献

- 1)道路橋示方書・同解説III, (社)日本道路協会, 平成14年3月
- 2)塩害に対するプレキャストPCげたの設計・施工資料, (社)プレストレス・コンクリート建設業協会, 平成17年3月
- 3)阿田芳久, 阿部浩幸, 田口保男, 千桐一芳:高耐久プレテンション部材の研究・開発, 第13回プレストレスコンクリートの発展に関するシンポジウム論文集, P673~P676

# 小規模アンダーパス工法（COMPASS工法）の開発

鉄建建設株式会社 エンジニアリング本部 加藤健

## 1 はじめに

近年、都市計画では、営業する鉄道や道路を横断するアンダーパス構造物の設計・施工が増加している。このような中、人道や水路ボックスなどの比較的小断面の横断構造物の施工においても、大断面の車道ボックスを対象としたアンダーパス工法を適用することが多くあった。このため、構造物規模に対し、工法上必要となる上部交通防護工及び補助工法が過大となることや、構造物の部材断面が大きくなるなど、不経済となることが指摘されていた。そこで、合理的な構造断面を実現でき、従来工法と比較して経済性に優れた小断面アンダーパス構造物の構築工法として COMPASS (COMPAct Support Structure) 工法を開発した。ここでは、COMPASS 工法の実用化にあたり実施した一連の施工試験の結果について報告する。

## 2 工法概要および開発課題

### 2. 1 COMPASS 工法の概要

COMPASS 工法（図-1）は、計画構造物の外周の地盤を地盤切削ワイヤーにより切削し、その後方から防護用の鋼板を挿入したのち、防護用の鋼板で囲まれた内部を刃口を用いて掘削しながら支保工を建込み、その支保工を巻き込んでコンクリートを打設することにより、非開削で小断面の横断構造物（SRC 構造）を構築する工法である。

### 2. 2 地盤切削機構および施工手順

本工法の地盤切削機構（図-2）は、一般的な切削で使用するワイヤー（ $\phi 11\text{mm}$ ）を採用している。防護鋼板の板厚は 22mm であるため、ワイヤーは先行 1 段・後行 2 段となるように取り回しを行っている。これにより、1 段の先行ワイヤーで地盤を切削後、2 段にセットされた後行ワイヤーで切削幅を広げ、防護用鋼板の挿入が可能となっており。ワイヤーの駆動は到達側に設置されている地盤切削装置の主プーリーの回転により行う。また、ガイドプーリーとは別の台車上に取り付けた鋼板を、PC 鋼棒を介して到達側に設置したジャッキによりけん引することにより、地盤内に鋼板を挿入する。施工手順を図-3 に示す。

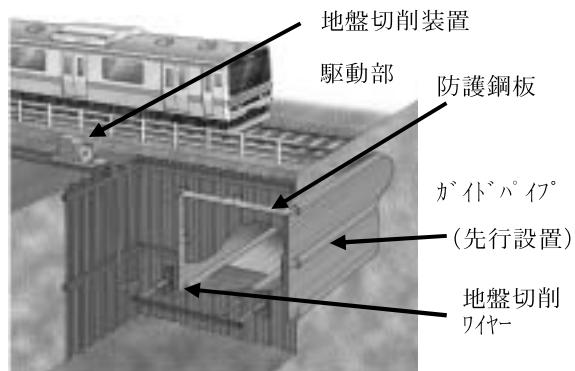


図-1 COMPASS 工法施工概要図

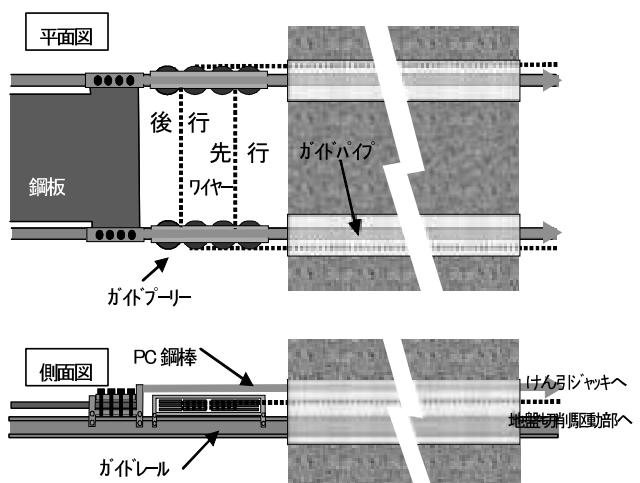
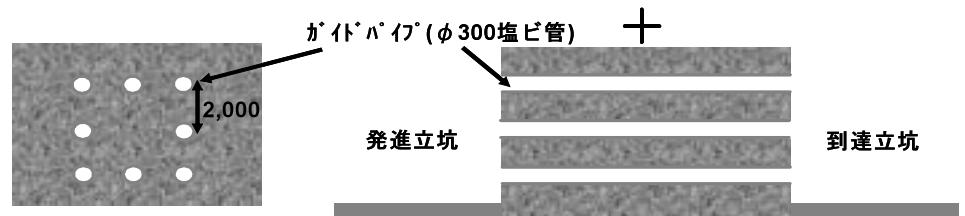


図-2 地盤切削機構詳細図

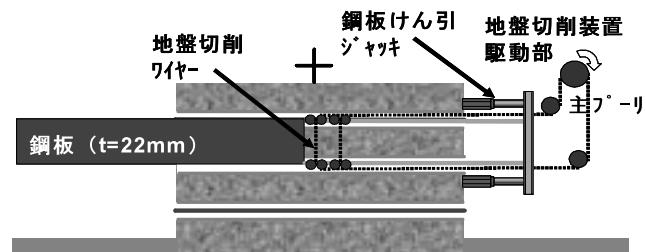
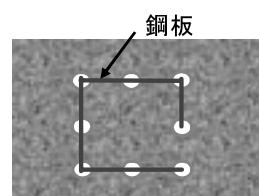
### ①ガイドパイプ設置

切削装置走行用のガイドパイプを、小口径推進工法等により設置する。



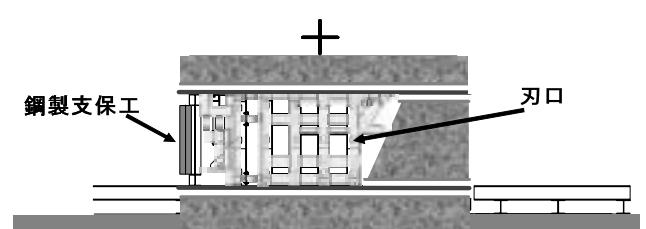
### ②地盤切削・鋼板挿入

地盤切削ワイヤーにより地盤切削を行い、同時にその後方に鋼板をけん引挿入する。



### ③掘削・支保工建て込み

鋼板により4辺囲まれた中を、刃口をけん引しながら掘削を行う。その後方で支保工の建て込みを行う。



### ④コンクリート打設

下床版コンクリート打設後、型枠支保工を組み、側壁・上床版と順じコンクリートを打設する。

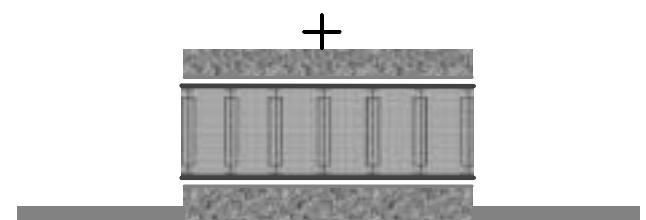
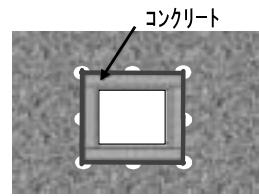


図-3 施工順序図

## 2. 3 工法の適用範囲

断面形状は内空で  $3.5m \times 3m$  程度、延長は  $15m$  程度を標準としている。対象土質は、砂質土・粘性土・礫・玉石混りの土質とし、軟岩・硬岩等は連続的な切削に対するワイヤーの耐久性などが確認されていないため、対象土質より除外している。また、土被りについては、本工法の地表面に対する影響が十分小さいことが試験施工により確認されているが、安全性を考慮して  $0.3m$  を制限値としている。

## 2. 4 開発課題

工法の実用化にあたっては以下に示す課題があった。

- ①鋼板挿入時に地山と鋼板との摩擦や付着により上載土を水平方向に動かす恐れがある。
- ②従来防護工（パイプループ等）に比べ、剛性の低い鋼板を防護工としているため、過大な鉛直変位が生じる恐れがある。
- ③鋼板挿入は、礫や玉石等の障害物がある地盤でも行える必要がある。
- ④上床版コンクリートは鋼板および型枠に囲まれた閉空間に打設することになり、自己充てん性が必要である。

そこで、地盤切削・鋼板挿入試験、鋼板内部刃口掘削試験、上床コンクリート打設試験を実施し、工法の実用性を確認した。

### 3 地盤切削・鋼板挿入試験

#### 3. 1 試験概要

試験概要を図-4に示す。試験は、発進・到達立坑間（延長 6.0m）に  $\phi$  80～350mm の礫を 20% 混入させて作成した模擬地盤において、到達立坑脇に設置した地盤切削装置により地盤切削ワイヤーをけん引切削すると同時に、押し輪・ジャッキからなるけん引装置により鋼板のけん引を行った。なお、作成した模擬地盤は、簡易動的コーン貫入試験を実施した結果、N 値換算で概ね 5 度であった。

計測は模擬地盤の鉛直および水平変位について行った。図-5に変位の測定位置平面図を示す。なお、鉛直および水平変位は土被り 0.3m の位置で測定している。

#### 3. 2 試験結果

図-6、7 に上床鋼板挿入時の鉛直変位および水平変位を示す。測定箇所によるばらつきは見られたが、鉛直変位は最大 6mm、平均すると 3～4mm 程度の隆起が、水平変位は到達立坑側へ最大 5mm、平均すると 2～3mm 程度到達立坑側への変位が見られた。



地盤切削・鋼板挿入試験状況（全景）



地盤切削・鋼板挿入試験状況（発進立坑）

図-4 試験概要

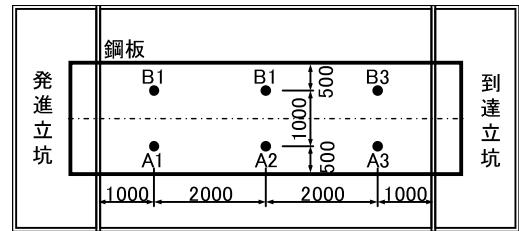


図-5 変位計測位置平面図

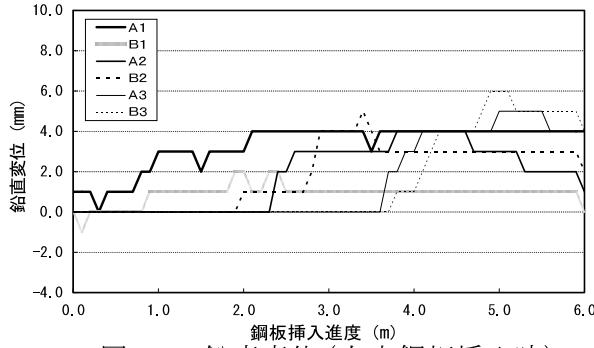


図-6 鉛直変位（上床鋼板挿入時）

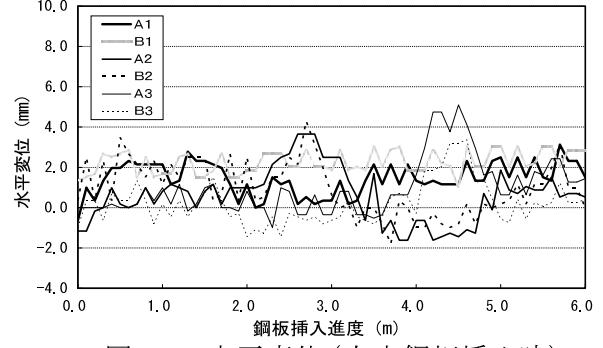


図-7 水平変位（上床鋼板挿入時）

### 4 鋼板内部刃口掘削試験

#### 4. 1 試験概要

地盤切削・鋼板挿入試験で 4 面に挿入された鋼板内を刃口にて掘削し、鋼製支保工（H-250×250, 1.0m ピッチ）の設置を行った。刃口のけん引は、刃口に取り付けた PC 鋼棒を到達立坑に設置した 4 本の油圧ジャッキでけん引することにより行った。本試験においても、鉛直変位は地盤切削・鋼板挿入試験同様、上床鋼板上部の土被り 0.3m で測定した。図-8 に測定位置平面図を示す。

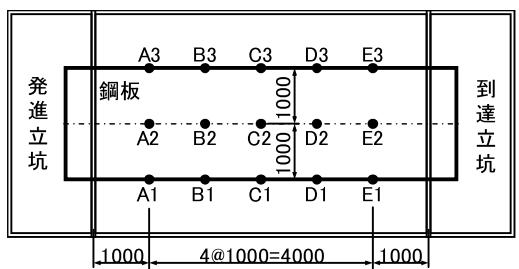


図-8 鉛直変位測定位置平面図

## 4. 2 試験結果

試験終了時の鉛直変位測定結果を図-9に示す。本試験では、最大23mmの沈下が生じた。これは、上床鋼板がやや上向きに設置されていたことにより、水平に引かれた刃口との間に隙間が生じて起きたものと想定されたため、鋼板の出来形に追随し、保持する高さ調整ローラーを考案し、この問題を解消した。図-10に高さ調整ローラーの概観を示す。

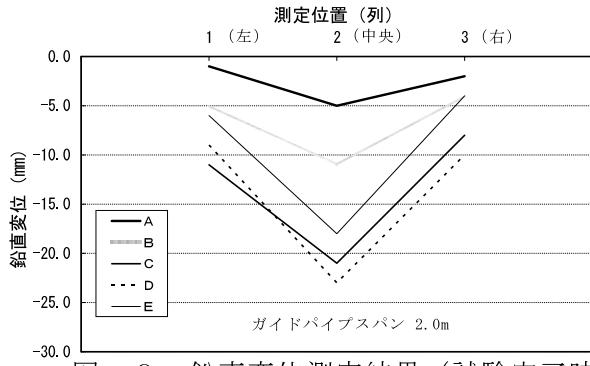


図-9 鉛直変位測定結果（試験完了時）



図-10 高さ調整ローラー試験状況

## 5 上床コンクリート打設試験

### 5. 1 試験概要

本試験では、上床版を模擬した型枠（鋼製支保工ピッチ1.0m）の片側から高流動コンクリート（充てん度ランク2相当）を打設し、その充てん性を確認した。試験状況を図-11に示す。

### 5. 2 試験結果

充てんは、中央部および端部とも骨材の偏りはなく、均一に分布していることが確認でき、材料分離等の品質劣化は見られなかった。また、端部のH形支保工および中央部のトラス形支保工回りにも十分充てんされていることが確認できた。図-12に試験体の切断面を示す。

## 6まとめ

施工試験を実施し、以下の結果が得られ、工法の実用性を確認することができた。

- ①地盤切削・鋼板挿入機構により、幅2.0m厚さ22mmの鋼板を礫混り地盤に挿入することができる。
- ②鋼板挿入時には、上部交通に悪影響を与えるほどの変位は生じない。
- ③掘削時に生じた23mm程度の沈下は、自動高さ調整ローラーを使用することで抑制可能である。
- ④上床版コンクリートはトラス形支保工・高流動コンクリートを使用することにより十分充填できる。

COMPASS工法は実施工レベルまでの開発を完了しており、現在、東日本旅客鉄道株式会社発注の2現場において、実現場での施工が行われている。

参考文献： 清水・渡邊他、小断面アンダーパス工法の開発、土木建設技術シンポジウム2006論文集（土木学会建設技術研究委員会）、2006年7月



図-11 支保工設置状況



図-12 試験体切断面

# 高強度 RC プレキャスト舗装版の開発とその施工例

株式会社ガイアート T・K 新事業推進室 ○若山 裕泰  
株式会社ガイアート T・K 新事業推進室 伊藤 彰彦

## 1 はじめに

昨今、国内の主要空港においては、航空機の大型化とともに交通量も増加していることから、空港の基本施設である滑走路・エプロン・誘導路等における舗装の老朽化が進み補修の必要性に迫られている。ところが、航空機の運航上、規制できない舗装区域があることから、運航時間避けた夜間の限られた時間で舗装修繕を行わなければならぬ、この条件下での施工方法はかなり限定されたものとなる。このような急速施工が可能な技術が求められていることから、コンクリート舗装分野における適切な施工方法として、耐久性が高く施工の迅速性に優れた高強度 RC プレキャスト舗装版（以下 PRC 版）を、国土交通省国土技術政策総合研究所、（株）ガイアート・K、ジオスター（株）の共同研究<sup>1) 2)</sup>にて開発した。PRC 版が本格的に採用されたのは、全国の空港で大阪国際空港が始めてである。ここでは、開発の背景、PRC 版の基本的構造および平成 18 年度に実施された大阪国際空港 E-5 誘導路改良工事について報告する。

## 2 PRC 版の開発の背景

これまで、従来のコンクリート舗装分野における補修では、プレキャストプレストレストコンクリート版（以下 PPC 版という）が採用されてきた。これは、前述の通り、限られた時間内で施工を完了させ開放できることや、破損が生じた場合に、特定の版のみを交換できるという利点があるためである。しかし、補修技術として優れたものである一方、連結部に破損箇所が集中することが問題視されてきた。

この PPC 版相互の連結には、丸鋼を円弧状に加工したホーンジョイント（図-1）が用いられている。この連結構造は、せん断力に対しては抵抗できるが、曲げに対する抵抗力は、ホーンジョイントの付着抵抗力程度しか期待できないものとなっている。航空機荷重が繰返し作用すると、舗装版の変状によって舗装版下に帶水している地下水や雨水が目地を介して、路盤材等とともに、地上に押し上げられる現象が発生する（ポンピング現象）。これが繰返されると、連結箇所近傍の舗装版下に空洞が生じ、曲げモーメントの影響が大きくなり、連結部が損傷するため、抜本的な解決策が望まれていた。このため、近年の建設コスト縮減の観点から施工が容易なコンクリート版を用いるとともに荷重伝達機能に優れた継手（ジョイント）で連結する技術を開発するに至った。

## 3 PRC 版の基本的構造

### 3.1 本体構造

PRC 版の構造を図-2 に示す。PRC 版はその強度・剛性を高めるために高強度コンクリート（設計基準強度  $60\text{N/mm}^2$ ）

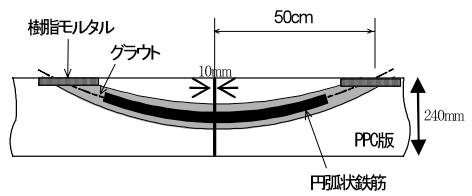


図-1 ホーンジョイント

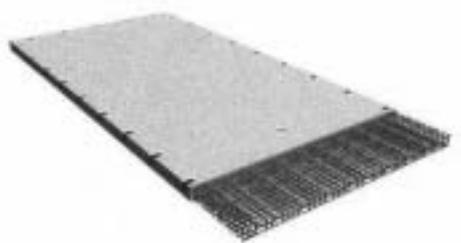


図-2 PRC 版の構造

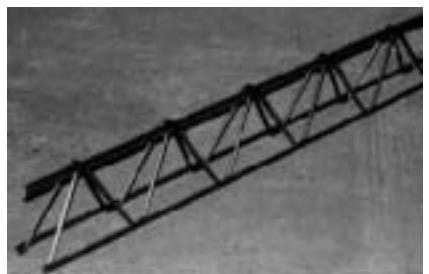


写真-1 ラチストラス鉄筋

と圧縮鉄筋・引張鉄筋を部分的に連結させたラチストラス鉄筋（写真-1）により構成され、PPC 版と同程度の版厚にすることができた。また、PPC 版に比べて版の剛性が高く変形しにくい構造<sup>3)</sup>を可能とした。

### 3.2 継手構造

PRC 版は、コッター式継手<sup>4)</sup>（写真-2）を用いて版と版を連結している。連結イメージは図-3 に示す通りである。コッター式継手は、あらかじめ製作時に PRC 版に埋め込まれる C 型金物、版据付後の連結に用いる H 型金物から構成されている。H 型金物を C 型金物に圧入することで目地部だけにプレストレスが導入され、舗装版の弱点になる目地部の剛性を高める構造である。H 型金物はボルトで固定し、荷重の繰返しによる抜出しを防止する構造とした。また、ボルト、H 型金物を取り外せば、版の部分交換を行うことも可能である。

## 4 大阪国際空港における E-5 誘導路改良工事

### 4.1 施工概要

本工事は、写真-3 に示すとおりエプロン部（航空機の駐機場）と 2 本の滑走路を結ぶエプロン誘導路の改良である。PRC 版施工箇所（3400m<sup>2</sup>）は、その周辺が PPC 版、NC 版および As 舗装に囲まれ、勾配変化点や航空灯火の配管・基台の設置などがある複雑な場所である。工期は平成 18 年 8 月から平成 19 年 1 月までの 5 ヶ月間であった。

### 4.2 PRC 版の製作

PRC 版は、和歌山県にあるジオスター（株）橋本工場において、52 種類、104 枚（標準的なサイズ：長さ 15m、幅 2.5m）を平成 18 年 10 月からおよそ 2 ヶ月間で以下の点に留意して PRC 版の製作を行った。

#### ① PRC 版の材料特性値

PRC 版の製作にあたり、コンクリートおよび鉄筋の材料特性を表-1 に示す。コッター式継手の材料特性値は、C 型金物の材質が FCD900 で引張強度が 900N/mm<sup>2</sup>、H 型金物の材質が FCD500 で引張強度が 500 N/mm<sup>2</sup> である。また、コッター式継手の締付け用ボルトは、規格品の六角ボルトでサイズが M22、材質が 12・9 で引張強度が 1220 N/mm<sup>2</sup> である。

#### ② PRC 版のすべり抵抗性

PRC 版のすべり抵抗性を確保するために、鋼製型枠（写真-4）の底面側に、すべり抵抗性を高めるための模様状のシート（写真-5）を貼り付け、この面が舗装表面になるようにコンクリート打設を行った。

#### ③ 流動化コンクリートの採用

PRC 版の鉄筋量が非常に多く（コンクリート 1 m<sup>3</sup>当たり 400kg 程度）、棒状バイブレーターの使用が困難なことから、型枠バイブルーターを使用した。また、より高いコンクリートの振動締固め効果を得るために流動化コンクリート（写真-6）を使用した。コンクリートの流動性を高めるために結合材の一部



写真-2 コッター式継手

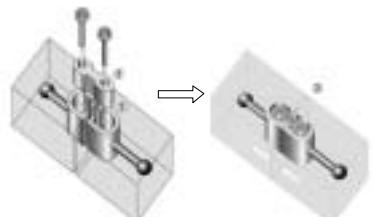


図-3 連結イメージ



写真-3 施工箇所

表-1 PRC 版の材料特性

高強度コンクリート	
設計基準強度	60 N/mm <sup>2</sup>
設計引張強度	3.5 N/mm <sup>2</sup>
基準曲げ引張強度	6.4 N/mm <sup>2</sup>
許容曲げ圧縮応力度	20N/mm <sup>2</sup>
弾性係数	35 kN/mm <sup>2</sup>
ポアソン比	0.15
単位体積重量	25 kN/m <sup>3</sup>
線膨張係数	1.0 × 10 <sup>-5</sup> / °C
鉄筋	
許容引張応力度	230 N/mm <sup>2</sup>
弾性係数	200 kN/mm <sup>2</sup>

に高炉スラグ微粉末を使用するとともに化学混和剤を使用した。流动化コンクリートの打設状況を写真-7に示す。

#### ④ひび割れ防止対策

PRC版の表面に発生するひび割れを極力少なくするために、表面側から厚さ方向に8cm程度の範囲（表面側の主鉄筋を覆う範囲）で長さ3cmのビニロン繊維 $(9.75\text{kg/m}^3)$ <sup>5)</sup>を混入させた補強コンクリートを先行打設した。また、コンクリートにはひび割れの低減を目的に、膨張材を標準的な使用量である $30\text{kg/m}^3$ 混入させ、ひび割れ防止に努めた。

### 4.3 PRC版の施工

平成18年10月下旬～12月下旬までのほぼ2ヶ月間でPRC版の設置が完了した。施工は、PRC版を1枚ずつ設置する方法で仮据付作業、本据付作業に分け、それぞれの作業時間は22:30～6:00までの7.5時間で並行作業を行った。標準的な箇所では1日6枚程度、灯器や既設舗装との接続箇所においては1日3～4枚で施工が進められ、図-4にその施工フローを示す。また、各作業の手順の詳細を以下に示す。

#### 4.3.1 PRC版の仮据付作業

- ① 既設コンクリート舗装（厚さ35cm～38cm）にカッターを入れ $5\text{m} \times 2.5\text{m}$ 角に切断し、吊り上げ用アンカーを取り付けた後に吊り金具を介して既設舗装を撤去する（写真-8）。
- ② 路盤製正は、粒度調整碎石（M-25）に高炉セメント（添加量3%）をプラントで混合・攪拌したものを、ダンプトラックで搬入し、振動ローラーおよびタイヤローラー等で転圧する。
- ③ 路盤製正後、ビニールシートを敷設する。これは、裏込グラウト材が十分に拡散し路盤への浸透を防ぐためである。
- ④ PRC版は、大型トレーラー（26t）で工場から1枚1枚現場まで運搬する。PRC版に内



写真-4 PRC版の鋼製型枠



写真-5 表面シート設置

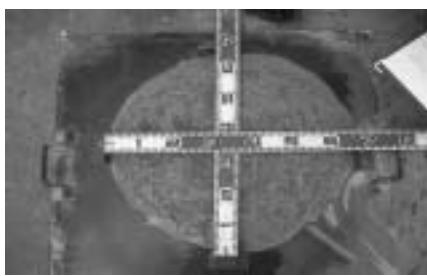


写真-6 流動化コンクリート

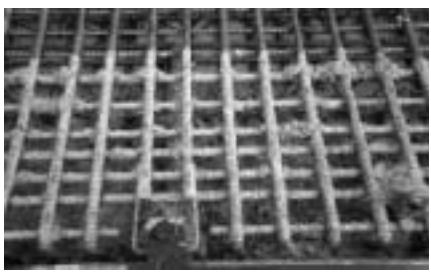


写真-7 流動化コンクリート打設

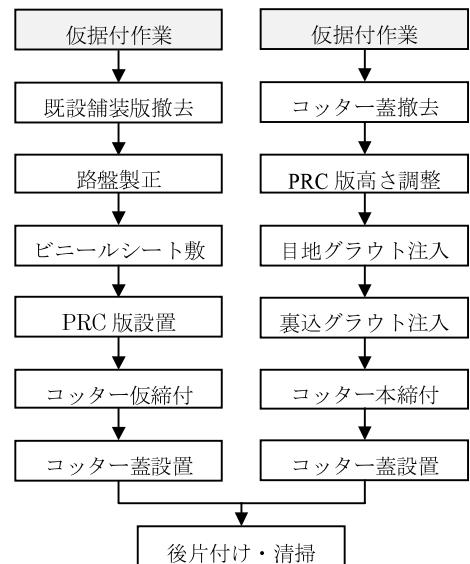


図-4 施工フロー



写真-8 既設舗装撤去



写真-9 PRC版仮据付

蔵された治具に特有の吊り金具を連結し、トラッククレーン（160t）を用いて所定の位置に仮据付を行う（写真-9）。

- ⑤ 高さ調整や本締め付け作業は翌日となるため、開放する前に、コッターワーク式継手を10N・m以下のトルクで仮締付けし、コッター蓋を設置する。

#### 4.3.2 PRC版の本据付作業

- ① 作業に先立ち、仮据付作業で設置したコッター蓋を外し、仮締付けしたコッターワーク式継手の解除する。PRC版に内蔵された高さ調整治具に六角ボルトを取付け、それをまわすことで治具の鉄板を路盤上に押し出し、それを反力として所定の高さまでミリ単位で調整する（写真-10）。
- ② 次にPRC版間の目地および版下と路盤の隙間にグラウト材を注入する。この目地グラウト材は、供用開始時の圧縮強度が $20\text{ N/mm}^2$ 、28日材令でPRC版のコンクリート設計基準強度と同等の $60\text{ N/mm}^2$ の強度特性を持ち、普通ポルトランドセメントおよびアルミニナセメントを主材とした無機系グラウト材である。
- ③ 裏込めグラウト材は、供用開始時で $3\text{ N/mm}^2$ 、材令28日で $6\text{ N/mm}^2$ の強度特性で主材は目地グラウトと同様である（写真-11）。
- ④ それぞれのグラウト材は2～3時間の養生で供用開始時の強度が発現することから、注入作業を午前3時前後に終了させ、養生時間内で再度コッターワーク式継手を10N・m以下のトルクで仮締付けし、コッター蓋を設置する。最後に、コッターワーク式継手の本締付け（写真-12）、PRC版表面の穴埋めなどの表面処理、マーキング等を後日行って全ての作業が完了となる。

### 5 今後の課題

空港におけるPRC版の実績は、平成16年度に福岡空港誘導路部でパイロット事業<sup>6)</sup>として、平成17年度に大阪国際空港エプロン部集水井周辺で試験施工が行われている。現在、両空港においてひび割れ発生状況、目地部段差等の供用性や継手の機能について追跡調査が行われているが、PRC版の耐久性および安全性が確認されるまで継続して調査を行う必要があると思われる。また、本工事においては、航空機が運行されない7.5時間内での急速施工性、品質、出来形等についての適応性が確認されたが、前記の実績例と同様に施工後の継続的な追跡調査を行うとともに標準施工体制、作業標準等を整備することも必要である。

#### 参考文献

- 1) 八谷好高ほか：高強度RCプレキャスト版舗装の空港への適用性、国土技術政策総合研究所資料、No.113、2003.9
- 2) 八谷好高ほか：RCプレキャスト版舗装による空港誘導路の急速補修、土木学会論文集F, Vol62, No2
- 3) 伊藤彰彦ほか：高強度RCプレキャスト舗装版の開発、第57回土木学会年次学術講演会
- 4) 伊藤彰彦ほか：空港舗装における高強度RCプレキャスト舗装版の設計に関する基礎検討、土木学会舗装工学論文集第8巻、2003
- 5) 博多港湾・空港事務所：RCプレキャスト舗装版による空港舗装について、空港技術シンポジウム資料、2005



写真-10 高さ調整



写真-11 裏込めグラウト注入



写真-12 コッター本締付

# 道路建設工事における情報化施工

鹿島道路株式会社 生産技術本部 機械部 山口達也

## 1 はじめに

近年の道路建設工事は、公共工事の品確法の施行に伴う総合評価方式の適用に代表されるように、より高い技術力が企業に求められるようになってきている。このような社会情勢の変動に伴い、要求される品質を確保すると共に施工を合理化するための新技術、新工法の開発に施工会社、メーカー共にこれまで以上の努力を重ねている状況である。新技術のなかでもコンピュータ或いは通信技術など情報化技術の分野の発展は目覚しく、各分野に大きな影響を与えており、道路建設分野においても例外ではない。これらの技術を応用することにより、現場作業の合理化を図る情報化施工が可能となり、測量データと CAD データの連携、ローラ転圧時の回数及び温度管理、トラックの運行管理、また舗装の平坦性向上システムなど、多岐に渡り積極的に取り入れられている。特に設計データを用いて直接、施工機械を制御することが可能な建設機械の三次元マシンコントロールシステム（以下 3D-MC : 3 Dimensional Machine Control System）は最先端の情報化施工技術として知られつつある。本報は道路建設工事における情報化施工の一例として、建設機械の 3D-MC を取り上げ、その機能と導入による効果を報告するものである。

## 2 情報化施工の道路建設機械への適用

### 2. 1 情報化施工における自動化の範囲

国土交通省「情報化施工のビジョン—21世紀の建設現場を支える情報化施工」（2001年3月）において情報化施工とは「情報技術を建設施工に適用して、多様な情報の活用を図ることにより、施工の合理化をはかる生産システムである。」と定義されている。

広い意味を持つ情報化施工ではあるが、ここでは情報技術を用いた道路建設機械の自動制御化といった観点で検討したい。現場作業においては作業条件が常に変化し一定ではないため、建設機械の作業装置はオペレータ操作に委ねる割合が多く、製造業における生産ラインの工作機械のようにすべてを自動化することは作業環境の安全性の面からも困難である。従ってオペレータの操作では困難な作業のみを支援させるシステムとして実用性を検討すべきであろう。これらのシステムを導入する目的は、操作員の技量に左右されることなく、高い施工品質と施工出来高を安定的に確保することにある。

### 2. 2 3D-MC の概要

3D-MC は施工エリアの三次元設計データを元に作成された制御データにより、ブルドーザやモータグレーダなどの建設機械の作業装置を制御するシステムである。このシステムは施工エリアの設計上の座標情

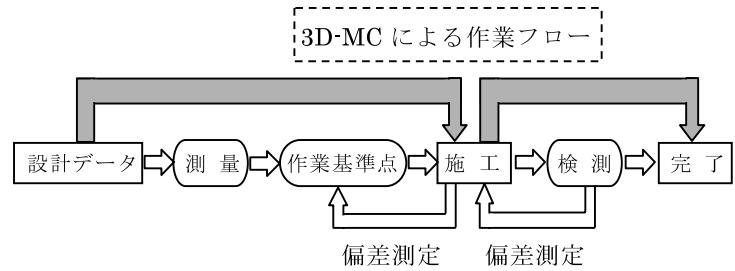


図-1 従来の施工手順と 3D-MC のプロセス

報と建設機械の作業装置が位置する実際の位置情報を照合することにより、自動的にその差異を補正し、要求される設計座標に沿った施工面を再現することが出来る機能を備えている。この機能により施工が完了した面と設計データとの差を自動計算させることができ、データの一元管理が可能となる。また施工時のオペレータの負担は大幅に軽減されるとともに、施工基準として必要とされる測量用丁張り杭の設置手間が大幅に削減することができる。3D-MC は位置情報の入手方法として、測位衛星からのデータを利用した GPS 方式と自動追尾トータルステーションを利用した方式に大別される。以下それぞれの方式の簡単な説明を行う。

### 3 3D-MC の種類と特徴

#### 3. 1 トータルステーションを応用した 3D-MC

トータルステーションは距離と角度を同時に測定できるほか、その結果が自動記録できるなど、従来のトランシットと光波測距儀の機能にマイクロコンピュータを備えた測量器である。これにコンピュータやプロッタなどを組み合わせてシステム化することで、観測から計算、帳票作成までが効率よく行われ、測量の大幅な省力化を図ることができる。これに自動追尾機能を備えることによりワンマン測量作業ができる機種もある。この自動追尾トータルステーション（以下 TS）の機能を利用して建設機械の自動制御を行うシステムは LPS（Local Positioning System）方式とも呼ばれる。

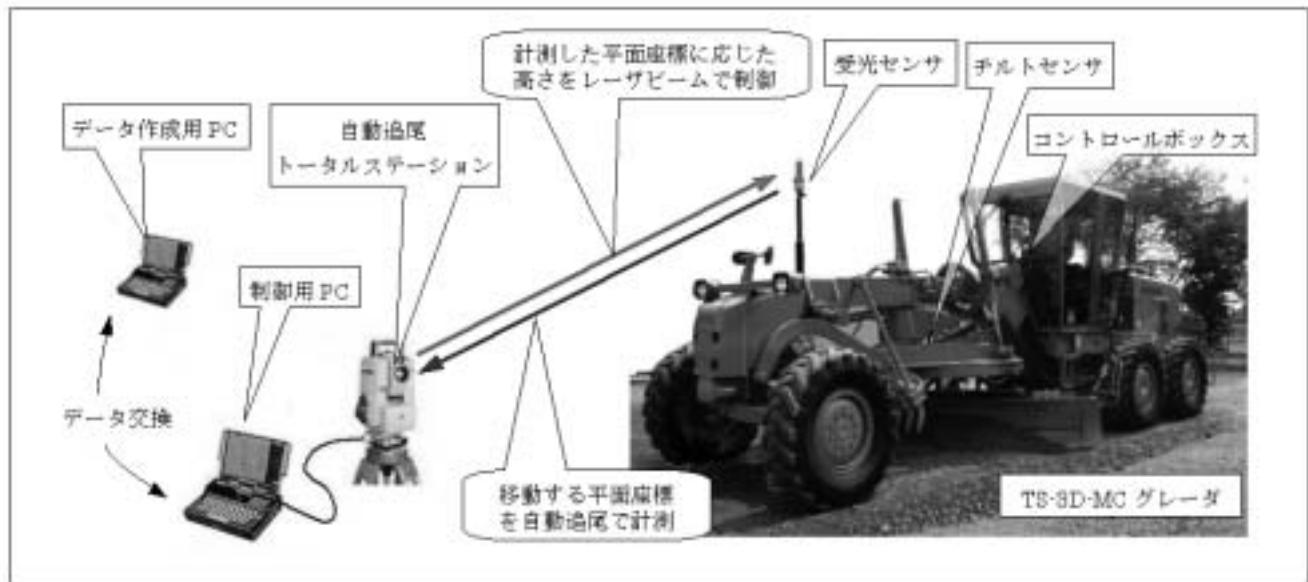


図-2 TS-3D-MC グレーダのシステム構成

TS による制御は、TS が測定した建設機械の位置情報を無線により建設機械のコントローラに送信し、その送られてきた位置情報を建設機械のコントローラに収められた制御データと照合することにより作業装置を制御するタイプと、TS から照射するレーザビームが直接、建設機械の作業装置を制御するタイプのものがある。現在、日本国内で使用しているのは後者のシステムが多い。TS を用いた 3D-MC の特徴は水平、垂直方向ともミリオーダで精度を管理できる点にある。

### 3. 2 GPS を利用した 3D-MC

GPS (Global Positioning System) はアメリカ国防省が管理する軍事衛星を利用した汎地球測位システムのこと、もともとは船舶や航空機などが自分自身の位置を把握するための航法システムであった。現在ではカーナビ等で普及し、一般にもその名称は知られている。測量分野においては既知点を参照せずに任意のポイントを測量できるという優位を備える。

GPS-3D-MC は GPS によりグレーダの位置情報を取得し、その位置情報をグレーダに備えられているコントローラに入力された施工エリアの設計データと比較して、その場所での高さ方向の差を補正することにより作業装置を自動制御するシステムである。

GPS-3D-MC は現場内に基地局が備えられていれば複数台の建設機械を同時に制御するとともに、測量作業も実施することが出来る合理的なシステムであるが、マシンコントロール時の精度は、水平方向で  $\pm 20\text{mm}$ 、垂直方向では  $\pm 40\text{mm}$  程度になる。垂直方向の仕上り（出来形）がミリオーダで要求される道路建設の精度としては不充分である。

### 3. 3 高精度 GPS-3D-MC : ミリメーターGPS

道路建設において GPS の導入をためらう要因となっているのが前述の垂直方向精度であるが、これを向上させたシステムが高精度 GPS (トプコン社製：ミリメーターGPS) である。TS 方式と同程度の垂直精度  $\pm 10\text{mm}$  を得ることが出来るものであり、道路建設に必要な精度を満足するものである。基本的な構成は GPS と同じであるが、最大の特徴は作業エリア内にゾーンレーザ発光器という垂直精度を補正する装置を設置することである。

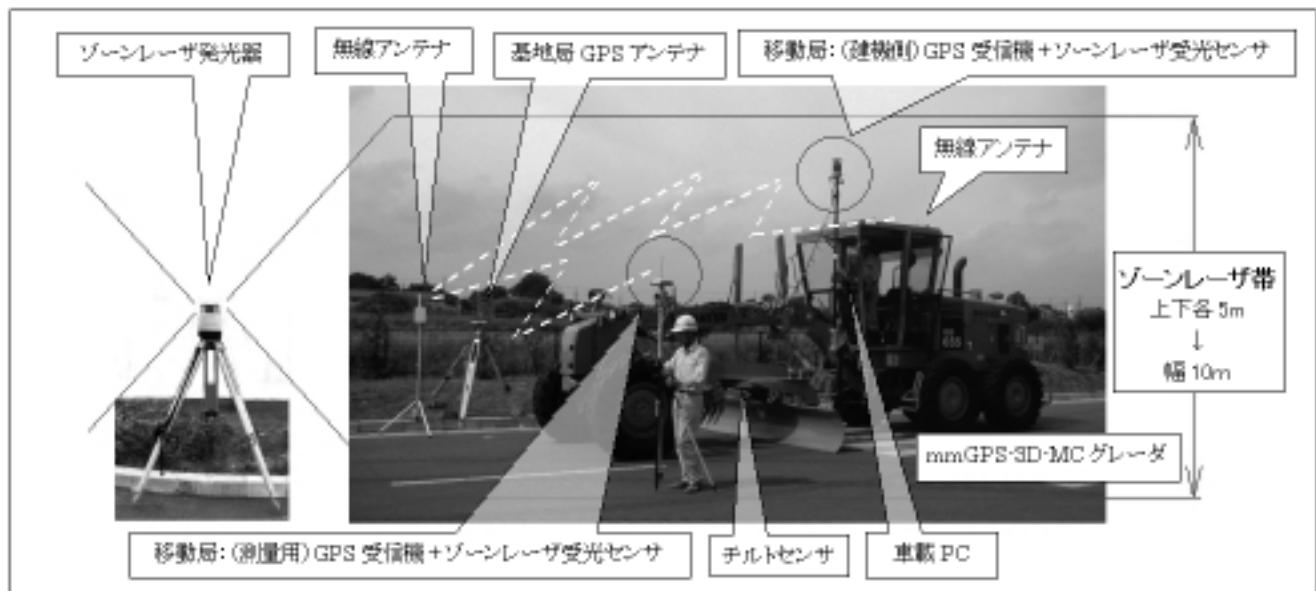


図-3 高精度 GPS-3D-MC グレーダの構成

ゾーンレーザ発光器はその名称どおり発光中心から上下に幅をもったレーザを照射するもので、GPS 受信機とゾーンレーザ受光センサを備えた建設機械あるいは測量器がこのゾーンレーザ帯域の範囲内にあれば、高い精度で垂直方向の座標を認識することが出来る。なお、レーザゾーン発光器による精度補正は垂直方向に対してのみ行われるので、水平方向の精度は従来のシステムと変わらない。

#### 4 実施工での 3D-MC 効果

従来の建設機械のオペレータは、数字によって指示された設計値と盛り或いは削りの差を目視と経験に基づいた勘を頼りに、移動する建設機械上で機械操作を行わなければならず高い技能を必要とした。3D-MC をモータグレーダへ適応して現場導入することにより確認された効果を以下に示す。なお TS と高精度 GPS とは全く別なシステム構成のものであるが、3D-MC グレーダとして得られた結果は概ね同じである。

##### ① 日当り施工量の向上：材料搬入などの条件

にもよるが従来の手動作業と比較して 1.5 倍程度の施工量が得られる。

② 仕上り精度の向上：従来の施工の場合、検測位置（丁張杭の位置）では仕上げ高さを許容値に入るように管理できるが、検測位置と検測位置の間ではオペレータの腕と勘に頼ることになる。3D-MC では検測位置において確認された仕上り高さを連続的に再現できるため、極めて精度が高く且つ平坦性の良い仕上り面が得られる。施工条件によるがこれまでの現場で確認された垂直方向精度は検測箇所の 80%以上が  $\pm 10\text{mm}$  以内に収まっている。

③ 仕上げ微調整量の適正化：グレーダによる敷均しの後、転圧ローラによって路盤を締固めるが、転圧による沈下分を見込んで仕上がり高さを自在に調整することができる。

④ 人員の省力化・安全性の向上：検測作業を大幅に省略できるので検測員を削減することができる。また、検測作業が省略されたため現場内でグレーダとの近接作業が低減されて接触事故が防止でき安全性を向上させることができる。

⑤ 同一データによる複数機械の制御：建設機械を問わず、同一制御データを使用して制御することができる。それぞれの機械が仕上げるべき高さの、設計面からのオフセット量を変更するだけである。TS、高精度 GPS ともに出来形測量も実施できるので測量データと設計データとをソフトウェア上で照合・自動計算させることにより、出来形管理を省力化することができる。

#### 5 おわりに

本報により、道路建設において高精度 GPS、TS 何れのタイプに限らず 3D-MC というシステムの概略をご理解いただけたと思う。情報化施工技術を駆使することにより現場の合理化をはかり、単位時間当たりの施工量を向上させることはコスト縮減効果のみならず、施工終了までに現場で建設機械稼動に伴う二酸化炭素の排出量も削減できることも示唆している。また近年深刻化しつつある熟練オペレータ不足問題の解決策の一つとして期待されている点も付記しておきたい。しかしながら現状では欧米と比較して未だ普及途上と言わざるをえないのが現状である。今後更なる普及に向けて、3D-MC のみならず情報化施工に応用可能な技術力の取得向上に努める所存である。



写真-1 TS-3D-MC グレーダの作業状況

# 遮水型排水性舗装工法 (POSMAC)

東亜道路工業株式会社 北陸支社  
東亜道路工業株式会社 北陸支社

技術部  
技術部長

○ 小河 浩幸  
小形 光治

## 1 はじめに

排水性舗装は排水機能と騒音低減機能を有することから、車両走行の安全性確保や沿道環境の改善といった観点より多くの支持を受け、施工実績も年々増加する傾向にある。一方で、排水性舗装では局部的な流動やポットホールなどの早期破損事例が多数報告されてきており、適切な対応策の確立が急務となっている。こうした排水性舗装特有の破損は、表基層間で剥離が生じ、基層の遮水性が乏しい場合に雨水の浸透により基層以下が急速に脆弱化することが主因と考えられ、基層の剥離抵抗性の向上や表基層間の付着改善等が必要となる。

基層の耐水性向上の観点からは、水密性の高いSMA等を用い排水性舗装を二層で構築する方法が挙げられる。しかし、施工時間の短縮や施工コストの縮減が求められている修繕工事においては、一概に基層を含めた修繕を実施するのではなく、既設舗装の構造的な健全度に応じた効率的な修繕工法が望まれている。これらの背景より、既設基層を利用した排水性舗装の一層施工に着目し、従来の排水性舗装の持つ機能を維持し、新たに遮水性能を付加すると同時に、付着性能を改善することを目的とした遮水型排水性舗装 (POSMAC : Porous Surface Mastic Course) が開発され、多方面で適用が拡大しつつある。以下では、遮水型排水性舗装の特徴と、その適用事例や取組みについて報告を行う。

## 2 遮水型排水性舗装の特徴

遮水型排水性舗装は、乳剤散布装置付アスファルトフィニッシャ (SPAF : Self Priming Asphalt Finisher) を用いて高濃度改質アスファルト乳剤を多量 (1.2L/m<sup>2</sup>以上) に均一散布し、即時分解させると同時に排水性混合物を敷きならし、締め固めて構築する排水性舗装である。多量散布された乳剤は老化した既設路面の微細なクラックの処理や基層との接着といったタックコート本来の目的に加え、表層下部の空隙へも浸透・充填する。これにより、基層への遮水性能が向上すると共に、表基層間での付着性能が改善され、舗装体としての耐久性が向上するといった新しい効果を持たせている。さらに、この部分は応力緩和層として働き、既設路面からのリフレクションクラックの抑制効果も期待できる。(図-1 参照)

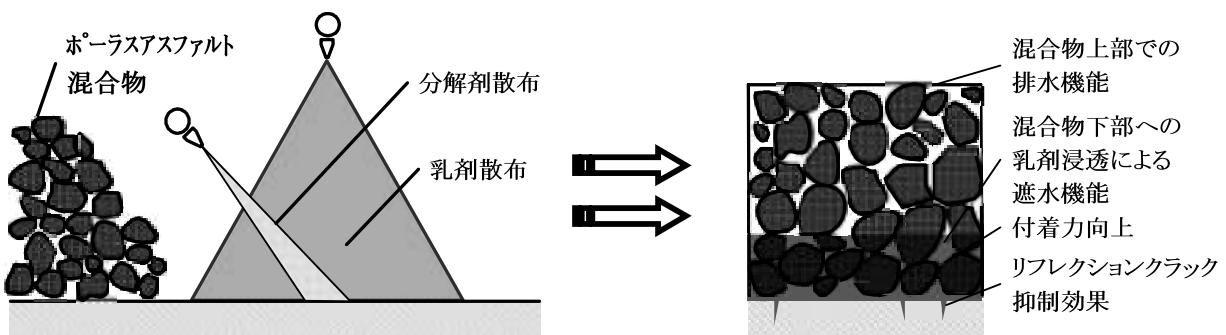


図-1 遮水型排水性舗装 (POSMAC) の特徴

### 3 遮水型排水性舗装に使用するSPA Fの機構

本工法で使用するSPA Fには、元々装備されている乳剤散布機構以外に、多量に散布される乳剤を即時分解させるための分解剤散布機構が追加装備されている。

多量散布される乳剤の均一な膜厚を確保し、かつ分解促進を可能とする主な特徴は以下となる。

- 距離センサーにより乳剤散布が管理されているため、SPA Fの施工速度に関係なく均一に乳剤散布が可能
- 混合物の敷均し直前で、乳剤散布と同時に分解剤を散布する強制分解機構（図-2参照）
- 多量の乳剤を一度に散布するのではなく、3層で重ねて散布し、その間に分解剤を挟んで散布することによる分解促進

### 4 高濃度改質アスファルト乳剤

高濃度改質アスファルト乳剤の性状を表-1に示す。この乳剤は遮水性能および分解性能等を向上させるため蒸発残留分を65%以上の高濃度としており、さらに均一な散布と日々の連続供給に対応が可能となるように機械安定性に優れたものとなっている。

表-1 高濃度改質アスファルト乳剤の性状

項目	品質	備考
エングラー度(25°C)	15以下	JIS K 2208準拠
ふるい残留分(1.18mm) %	0.3以下	JIS K 2208準拠
粒子の電荷	陽(+)	JIS K 2208準拠
蒸発残留分 %	65以上	JIS K 2208準拠
蒸発残留物	針入度(25°C) 1/10mm	60~100 JIS K 2208準拠
	軟化点 °C	48以上 JIS K 2207準拠
	タフネス(25°C) N・m	4.0以上 JEAAS準拠
	テナシティー(25°C) N・m	2.0以上 JEAAS準拠
貯蔵安定度(24h) %	1.0以下	JIS K 2208準拠

(参考)機械安定性を評価する室内試験(マーロン安定度試験)で5.0%以下

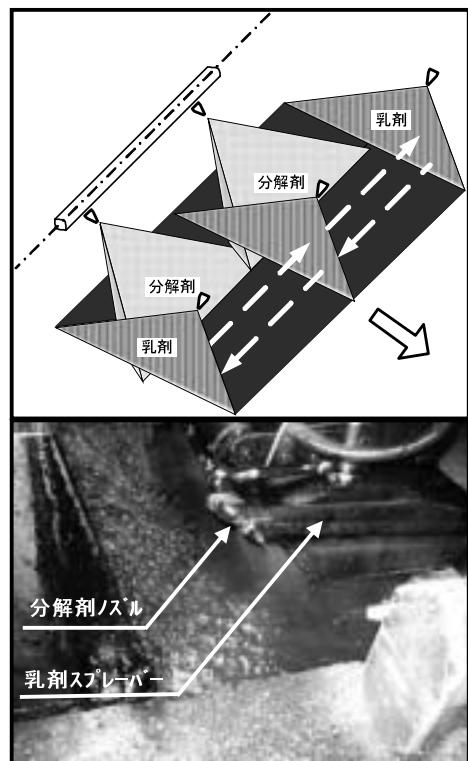


図-2 乳剤・分解剤同時散布

### 5 遮水型排水性舗装の現場での適用例

高濃度改質アスファルト乳剤の多量散布(1.2L/m<sup>2</sup>以上)が、“基層の剥離抵抗性”、“表基層間の接着性”、“基層への遮水性”等の改善に寄与することは、各種室内試験により報告<sup>1)2)3)</sup>が行われている。遮水型排水性舗装は現場においても同様な効果を再現させるために、通常の排水性舗装と変わらぬ良好な施工性を確保しつつ、これまでに述べたように機械・材料面で工夫を施している。

実道における遮水型排水性舗装の適用結果例について以下に示す。

#### 5.1 追跡調査結果例

遮水型排水性舗装は、切削オーバーレイ工法による一層構築が主な適用方法となる。本工法の供用性能の経時的な変化を確認するため、4 現場において追跡調査を実施している。これまでに実施した

追跡調査結果例を表-2、性能照査試験方法の概要を表-3に示す。

各現場とも施工性においては、通常の排水性舗装と変わらぬ良好な施工性、さらに乳剤の未分解による流出も見られず、乳剤の強制分解機構の有効性を確認している。また、通常の排水性舗装と同等の排水機能と騒音低減効果に加え、良好な遮水・付着性能、リフレクションクラック抑制効果を確認した。なお、既設基層の剥離抵抗性に関しては、修正ロットマン試験<sup>4)</sup>による圧裂強度の経年劣化により評価していく予定である。

表-2 追跡調査結果例

調査項目	現場A				現場B			現場C		現場D			
	事前	施工直後	施工3ヶ月後	施工1年後	事前	施工直後	施工1年後	事前	施工直後	事前	施工直後		
交通量区分	N <sub>5</sub>				N <sub>7</sub>			N <sub>7</sub>		N <sub>6</sub>			
施工時期	平成16年9月				平成17年9月			平成18年11月		平成19年6月			
施工厚	(mm)	50			40			50		50			
ポーラスアスファルト混合物 空隙率	(%)	20			20			20		17			
ひび割れ率(全体)	(%)	18.9	0.0	0.0	0.0	2.3	0.0	0.0	10.1	0.0	1.2	0.0	
ひび割れ率(局部)		31.3	0.0	0.0	0.0								
平たん性	(mm)	1.50	1.31	1.37	1.46	1.20	0.82	0.94	1.02	0.94			
わだち掘れ量	(mm)	2.4	1.6	1.4	2.2	7.0	3.2	4.8	15.8	3.6			
MCI		4.6	9.1	9.1	9.0	6.5	8.9	8.4	4.6	8.7			
舗装表面のたわみ量(D <sub>0</sub> )	(mm)	0.40				0.10			0.10		0.20		
タイヤ/路面騒音	(dB)	93.1	89.4	88.8	89.0								
既設基層の透水係数	(cm/s)	1.89E-06	不透水	不透水	不透水	3.70E-07	不透水	不透水	1.09E-06	不透水	6.64E-07	不透水	
既設基層の標準圧裂強度	(N/mm <sup>2</sup> )								1.28	1.25		0.80	
既設基層の水浸圧裂強度	(N/mm <sup>2</sup> )											0.42	
引張強度(表基層間)	(N/mm <sup>2</sup> )		1.10	1.20	1.00			1.36	1.54		1.07		1.02
浸透水量	(ml/15s)	—	1307	1280	1296	—	1277	1237		1250		1295	

注) 現場B、Cに関しては比較区間あり

表-3 性能照査試験方法の概要

調査項目	試験方法	試験条件	備考
既設基層の透水係数	アスファルト混合物の 加圧透水試験	24時間加圧(150kPa)後の10分間での透水量 透水が確認できない場合はさらに24時間加圧 (500kPa)	舗装調査・試験法便覧 B017T
既設基層の(水浸)圧裂強度	修正ロットマン試験 <sup>4)</sup>	載荷速度50mm/min、試験温度25°C	
引張強度	引張試験	載荷速度60mm/min、試験温度20°C	JEAAT-5
浸透水量	現場透水量試験方法	15秒当りの透水量	舗装調査・試験法便覧 S025

## 5.2 リフレクションクラック抑制効果

リフレクションクラック抑制効果に関しては、ホイールトラッキング試験機を使用したクラック抑制舗装評価試験<sup>5)</sup> (写真-1) を実施し、リフレクションクラック抑制シートと同等の効果が期待できることを確認<sup>3)</sup>している。しかし、現場においては、適切な評価方法がなく、前述した追跡調査を含め、路面性状による評価を実施している。鋼床版上において切削オーバーレイにより POSMAC を適用した例 (既設グース上の施工 t=4cm) を写真-2に示すが、供用後2年を経過してもひび割れの発生は認められていない。



写真-1 クラック抑制舗装評価試験



【POSMAC 施工前】



【POSMAC 施工後 2 年経過】

写真-2 現場でのリフレクションクラック抑制状況

## 6 遮水型排水性舗装の経済性

排水性舗装を表・基層の二層で構築する場合（排水性 5cm、粗粒度 5cm）の直工費を基準（100）として、一層構築となる遮水型排水性舗装と経済性を比較した結果を図-3 に示す。遮水型排水性舗装は直接工事費において、排水性舗装（二層構築）と比べ 34% 程度のコスト削減となる。また、切削費や廃材処理費等も考慮するとさらに経済性に優れた工法と言える。

## 7 おわりに

遮水型排水性舗装は排水性舗装特有の早期破損に対する有効な対応策の 1 つとして着目され、費用対効果に優れた工法でもあることから、既に 33 万 m<sup>2</sup> を超える施工実績を有している、本工法の普及に伴い、現場においては、施工直後での性能照査（遮水、付着、リフレクションクラック抑制、既設基層の剥離抵抗性等）に留まらず、供用性を含めた追跡調査を実施している。また、橋面舗装等への適用では、高濃度改質アスファルト乳剤の散布量を 1.6L/m<sup>2</sup> とするなどの試みを実施しており、今後多くの情報を発信していきたい。

最後に、遮水型排水性舗装研究会の各会員の方々には、情報提供など御協力をいただき、紙面をお借りして厚く御礼申し上げます。

## « 参考文献 »

- 1) 鎌田, 藤井, 久保 :「排水性舗装の側方流動破壊の発生要因と対応策に関する研究」, 土木学会舗装工学論文集, 第 11 卷, 2006. 12
- 2) 藤井, 鎌田, 久保 :「表基層の境界面の性状が排水性舗装の耐久性に与える影響について」, 土木学会第 61 回年次学術講演会, 5-154, 2006. 9
- 3) 横野, 井上, 伊藤, 松村, 松本 :「遮水型排水性舗装工法の開発」, 道路建設, No688, 2005. 7
- 4) 東, 篠塚, 坂本, 金井 :「アスファルト混合物のはく離抵抗性評価方法に関する研究」, 道路建設, No. 672, 2004. 1
- 5) 池田 :「室内試験によるひび割れ防止材の評価方法」, 道路建設, No487, 1988. 8

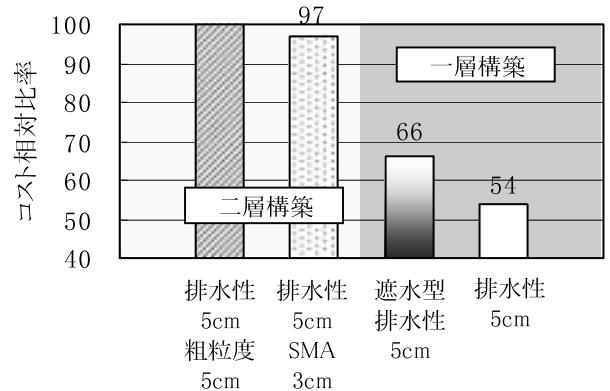


図-3 経済性の比較

# フォームドアスファルトを用いた予防的維持工法の検討

日本道路（株）技術部 技術研究所 岡本 信人  
日本道路（株）技術部 技術グループ ○荒尾 慶文  
日本道路（株）技術部 技術グループ 山川 真昭

## 1. はじめに

近年、舗装の維持修繕においては、舗装の性能低下を遅延させる目的で比較的低コストな方法で維持を行う、「予防的維持」の考え方が注目されている。予防的維持に適用する工法としては、表-1に示すとおり薄層オーバーレイや、チップシール等の表面処理工法が挙げられるが、このうち表面処理工法に関しては耐久性の不足、我が国における複雑な工事条件（小規模施工、早期交通開放等）に対応できること、等の理由により施工実績が伸びていないのが実状である。

そこで、我が国の道路事情に適応した予防的維持工法の開発を目的として、フォームドアスファルトをチップシール工法に適用した「フォームドドレッシング工法」を検討し、室内試験、試験施工による評価を行った。

本報文は、これらの検討結果についてとりまとめたものである。

## 2. フォームドドレッシング工法

### 2.1 概要

フォームドドレッシング工法（以下、本工法）は、発泡させたアスファルト（フォームドアスファルト）を用いてプレコートチップを路面に付着させる、新しい表面処理工法である。本工法の施工概念図を図-1に示す。

施工直後の路面は、プレコートチップが並ぶために粗面となるが、供用後は交通荷重による自然転圧により徐々に平滑化していく（写真-1）。

### 2.2 使用材料

#### (1) バインダ

本工法に用いるバインダには、プレコートチップの飛散を抑制する骨材把握力と、適切な発泡倍率を確保するための粘性が要求される。このため、ポリマー改質アスファルトをベースとした特殊アスファルトに、特殊添加剤を混入したものをバインダとして使用する。

#### (2) プレコートチップ

プレコートチップには、7号碎石と砂を混合した骨材に、ストレートアスファルトを1%程度コート

表-1 主な維持修繕工法の分類

工法名称	適用区分			施工コスト	施工時の環境負荷
	構造的対策	機能的対策	予防的維持		
打換え	○			高	多
切削オーバーレイ	○				
オーバーレイ	○	○			
薄層オーバーレイ		○	○		
表面処理工法 ・マイクロサーフェシング ・チップシール 等		○	○		

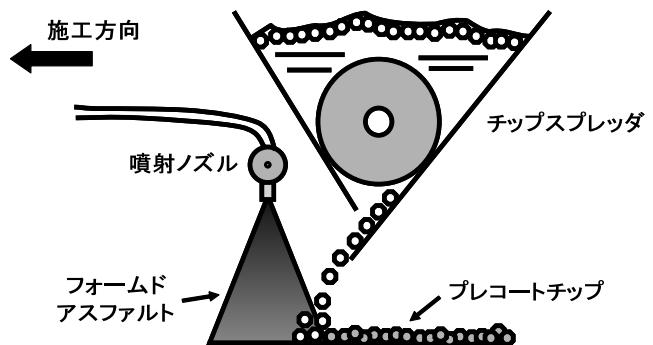


図-1 本工法の概念図

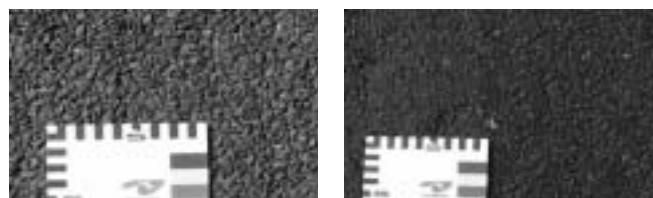


写真-1 本工法の施工面(左:施工直後、右:供用後)

イングしたものを使用する。

### 2.3 施工機械

本工法に用いるフォームドドレッサ（以下、施工機）の外観を写真-2に示す。また、施工機の諸元を表-2に、施工時の機械編成を表-3にそれぞれ示す。施工機は通常のアスファルトフィニッシャを改造したものであり、前方のホッパに供給されたプレコートチップを後部に搭載したチップスプレッダで散布する機構となっている。アスファルトは、チップスプレッダ前部に配した9本のノズルで路面に均一に散布される。

### 2.4 特徴

アスファルト乳剤に換えてフォームドアスファルトを用いることで、以下の特徴が得られる。

- (1) 分解・硬化のための養生時間を必要とせず、交通規制時間の短縮化が可能となる。
- (2) アスファルトが発泡し、容積が増大した状態でプレコートチップを被覆するので、プレコートチップの飛散抵抗性が向上する。
- (3) フォームドアスファルトは気温の影響を受けずに固着するので、通年での施工が可能である。

### 2.5 適用用途

本工法の適用用途としては、以下のようないものが挙げられる。

#### (1) 既設舗装の延命対策（予防的維持）

構造的な破壊は生じていないが、軽微なひび割れ等が発生している路面等に表面処理工法として用いることで、舗装の寿命を延ばすことができ、ライフサイクルコストの低減が期待できる。また、老朽化して表面が荒れた路面、すべり易くなつた路面等のリフレッシュが行える。

#### (2) ポーラスアスファルト舗装における基層（不透水層）の保護（遮水層としての適用）

排水機能層の下部に基層保護層として適用することで、不透水層への雨水の浸入を防ぎ、はく離による脆弱化を抑制できる。また、リフレクションクラック抑制層としても適用が可能である。

## 3. 室内試験による評価

### 3.1 評価項目と目標値

表面処理工法としての要求性能、評価方法、目標値を表-4に示す。

#### (1) 飛散抵抗性

主としてマイクロサーフェシング混合物の評価に用いる、ウェットトラック摩耗試験（JEAAT-1）で本工法の飛散抵抗性を評価した。目標値は、（社）日本アスファルト乳剤協会がマイクロサーフェシ



写真-2 施工機の外観

表-2 施工機の諸元

施工幅員(m)	1.15～1.9
標準施工速度(m/min)	7.5
重量(kg)	10,930
全長(mm)	7,180
全幅 (mm)	作業時 3,000 回送時 2,470
全高(mm)	2,650
材料積載量 (kg)	アスファルト 800 プレコートチップ 1,500
走行方式	ホイール式

表-3 施工時の機械編成

機械名称	台数	用途
施工機	1	アスファルトの噴射 プレコートチップの散布
タイヤローラ	1	転圧
ロードスイーパ	1	転圧後の浮き石除去

グ混合物の基準値としている  $540\text{g/m}^2$  以下とした。

#### (2) すべり抵抗値・きめ深さ

BPN を用いてすべり抵抗値を、サンドパッチを用いてきめ深さを評価した。また、供用による変化を確認するためにトラバース走行を行い、経時変化を測定した。トラバース走行の条件は以下のとおりとした。

- 試験温度 :  $45^\circ\text{C}$
- 輪荷重 :  $686\text{N}$  (ホイールトラッキング試験に準拠)
- 測定時期 : 走行前、および走行 2, 4, 6, 8 時間後

バインダとプレコートチップの散布量は、それぞれ  $1.0\text{kg/m}^2$ 、 $5.0\text{kg/m}^2$  として、プレコートチップへの砂の混入率を変化させた。また、比較のためにバインダ量を  $1.4\text{kg/m}^2$  に増やしたもの、および改質密粒アスコンについても試験を行った。

### 3.2 試験結果

#### (1) 飛散抵抗性

試験結果を図-2 に示す。プレコートチップに砂を混入することで、飛散抵抗性が向上することがわかる。砂の混入率が多くなるほどウェットトラック摩耗量は小さくなり、混入率 15% で目標値を満足する。また、バインダ量を増やすことでも飛散抵抗性が向上することがわかる。

#### (2) すべり抵抗値の経時変化

試験結果を図-3 に示す。トラバース走行前（作製直後）はいずれの条件でも目標値（60 以上）を満足する高いすべり抵抗値を示すが、トラバース走行によってすべり抵抗値は低下する。また、バインダ量を増やしたものはすべり抵抗値の低下量が大きいのに対し、砂を混入したものは低下量が小さく、改質密粒アスコンと同程度のすべり抵抗値が維持されていることがわかる。

#### (3) きめ深さの経時変化

試験結果を図-4 に示す。トラバース走行前（作製直後）は、バインダ量や砂の混入率によってきめ深さの数値に差が見られるが、トラバース走行後の早い時期に路面が平滑化し、きめ深さの差は少なくなることがわかる。それでも、本工法を施すことによって、適度なきめ深さが維持されているといえる。

表-4 評価項目・評価方法・目標値(表面処理工法)

要求性能	評価方法	目標値
耐摩耗性	ウェットトラック摩耗試験	$540\text{g/m}^2$ 以下
すべり抵抗性	BPN	初期値60以上
きめ深さ	サンドパッチ	—

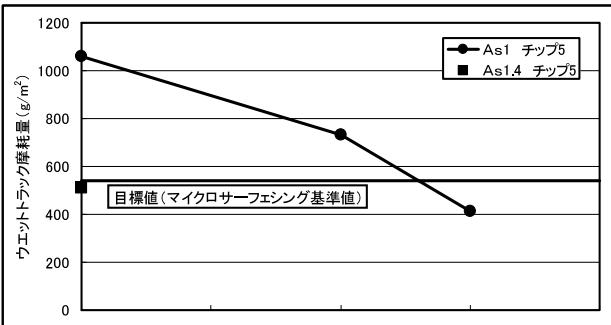


図-2 砂の混入量とウェットトラック摩耗量の関係

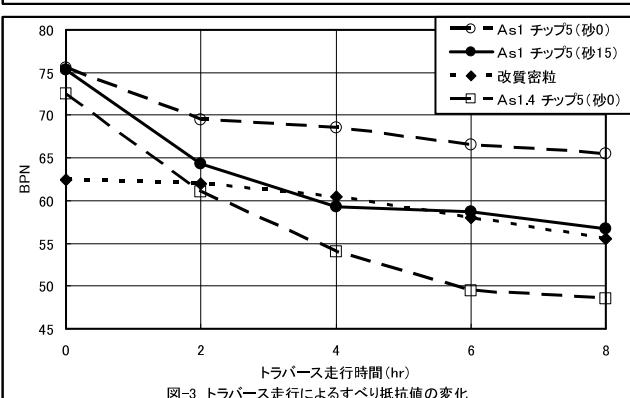


図-3 トラバース走行によるすべり抵抗値の変化

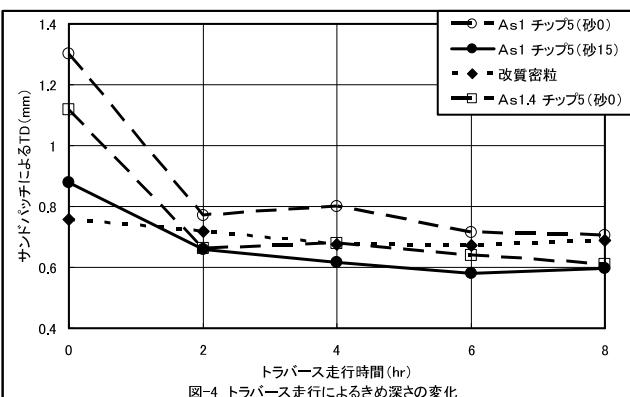


図-4 トラバース走行によるきめ深さの変化

#### (4) まとめ

以上の試験結果より、散布量をバインダ 1.0kg/m<sup>2</sup>、プレコートチップ 5.0kg/cm<sup>2</sup>（砂 15% 混入）とすることで、目標とした飛散抵抗性が確保でき、すべり抵抗性やきめ深さ等、表層として十分な機能を有することが確認できた。

### 4. 施工事例

#### 4.1 概要

実路に適用した際の供用性を確認することを目的として、下記の内容で試験施工を行った。

- 施工場所：埼玉県東松山市葛袋
- 路線名：埼玉県道東松山越生線
- 施工面積：296.4m<sup>2</sup>（延長 98.8m × 幅員 3m）
- 施工時期：2006 年 9 月

#### 4.2 施工結果

施工時の状況を写真-3 に示す。施工にあたっては、バインダの散布ムラ、プレコートチップの団粒化・材料分離等が懸念されたが、特に問題は見られず、良好な施工性が確認された。

本施工箇所では追跡調査を実施しており、その結果を図-5 に示す。

供用開始直後から OWP では路面の平滑化が始まり、きめ深さの値は BWP との差が生じているものの、すべり抵抗については十分な数値が確保できている。約 7 ヶ月経過した時点でもきめ深さの数値は低下しているが、すべり抵抗値に大きな変化は見られない。目視による観察では、施工直後から現在に至るまで、プレコートチップの多大な飛散等は見られない。

### 5. おわりに

室内試験と試験施工によって本工法の適用性、施工性等について検討を行った結果、表面処理工法としての適用が可能であることが確認できた。また、本報文では紹介できなかったが、基層保護層、およびリフレクションクラック抑制層として適用した事例もあるので、今後は各施工箇所の追跡調査によって長期供用性を確認する予定である。

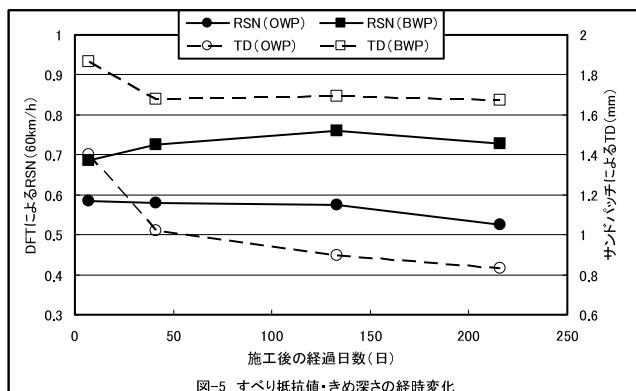
さらに、本工法はクラックシール、パッチング、局部打換等、他の工法と併用することにより、予防的維持工法としての適用範囲がさらに広まるものと期待される。

#### [参考文献]

- 1) 社団法人日本道路協会；舗装施工便覧（2006）
- 2) 高木幸雄他；フォームド・ドレッシング工法の開発、舗装、Vol. 41、No. 2（2006）



写真-3 試験施工状況



# 靭性モルタルライニング工法

株式会社アドヴァンス 技術部部長 五十嵐 正之  
株式会社アドヴァンス 技術部課長 ○仲丸 政美  
株式会社デーロス 技術営業部課長 谷本 竜也  
高靭性モルタル工法研究会

## 1 はじめに

わが国には道路施設や水利施設を含めて膨大な量の社会資本がストックされており、現在では高度成長期に急激に整備されたこれらの構造物を維持管理する時代へと遷り変わっているといえる。これらの社会資本ストックのうち、水路延長は数万 km に及び、経年劣化により低下した機能の回復および向上が望まれている。このような時代背景の中、劣化した水路構造物に対して現在すでに様々な更正工法が実施されているが、場合によっては予想以上の厳しい環境条件等により期待した耐久性向上が得られないといった報告が多いのが現状である。従来よりコンクリート保護や水路補修等で適用されている工法は樹脂系のライニング材が多くを占めるが、近年では耐久性や環境面などを考慮して、無機系材料が注目をあびている状況にあり、当社でもコンクリート構造物のライニング材として短纖維補強セメントモルタルである靭性モルタルの性能や施工性について、様々な検証を行った上で実施工への適用を提案するものとした。

## 2 短纖維補強セメントモルタルの特徴

この材料の特徴はプレミクスピリマーセメントモルタルに微量の PVA (ポリビニルアルコール) 短纖維や PE (ポリエチレン) 短纖維を混入することにより、内部で分散した短纖維が架橋効果を発揮し、曲げ応力などによる応力下でも若干変形追従する靭性を有していることである。躯体に応力が生じ、ひび割れが発生した場合においても脆性破壊を回避し、ひび割れ分散効果によりある程度の遮蔽性を保持することが可能である。また、ポリマーセメントモルタル等の無機系材料を薄塗りで用いた場合、最もネックになるのは乾燥収縮などにより発生する初期ひび割れであるが、これらの初期欠陥も極限まで抑えることができる弱点を克服した無機材料であるといえる。また、取り扱いにおいては汎用性が高く品質の安定したプレミクスピリマーセメントモルタルに指定量の短纖維を混入するといった簡単な配合で、多くのユーザーが比較的容易に高品質の材料を作成することができるメリットを有している。現場での簡易な製作過程で高性能な部材を生み出すことができる合理的な材料である。

## 3 物性試験

### 3. 1 配合検討

本材料は短纖維の混入率を増やすほど、高い靭性の効果を得ることが可能であるが、逆に均一な混練が困難になりワーカビリティが低下することや、コストが増大するといったデメリットも生じることになるため、最も経済的で高性能が得られる混入率の設定が不可欠であった。短纖維の混入率の設

定については事前の練混試験により、今回用いる短纖維では重量比で 2.0%以上混入すると短纖維自体の分散が不均一になると同時に流動性が著しく低下し、硬化材料の品質の低下及び圧送性能などの施工性の悪化が顕著に現れることが確認されたので、混入率 2.0%程度を上限に比較検討を行った。表-1に物性試験に用いた材料の配合を示す。

表-1 使用材料の配合

供試体タイプ	短纖維 (kg)	ポリマーセメントモルタル (kg)	水 (kg)	W/P (%)
プレーンタイプ	—	20	3.6	18
1.0%タイプ	0.2			
1.5%タイプ	0.3			
2.0%タイプ	0.4			

### 3. 2 試験結果

上に示した4種類の配合条件で作成した供試体により圧縮強度試験（供試体寸法：40mm×40mm×160mm）および、4点曲げ載荷試験（供試体寸法：900mm×100mm×20mm）を行った。試験の結果を図-1から図-4に示す。

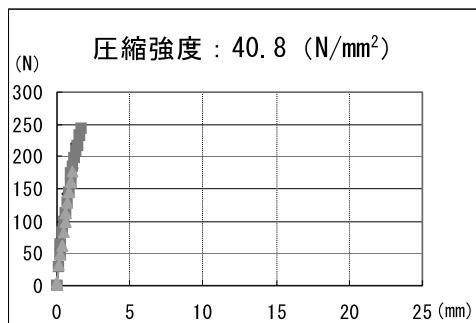


図-1 プレーンタイプ

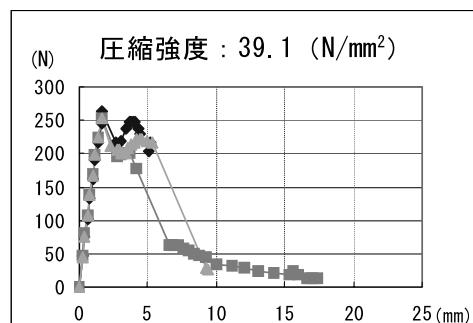


図-2 1.0%タイプ

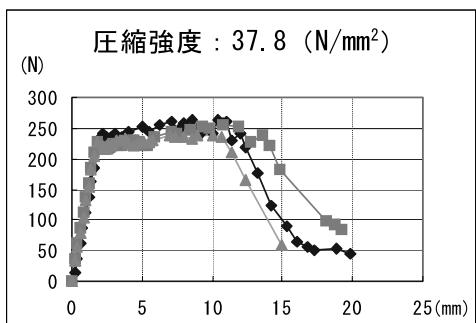


図-3 1.5%タイプ

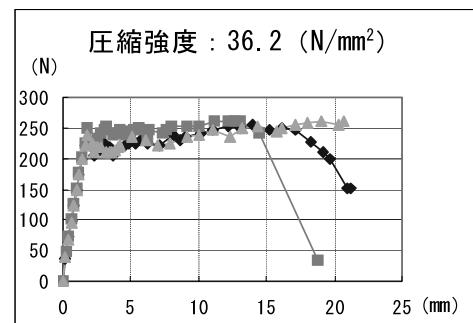


図-4 2.0%タイプ

供試体を用いた圧縮強度試験の結果、今回実施した試験の短纖維混入率の領域内では短纖維混入率を増加すると若干圧縮強度が減少する傾向が見られるものの、RC構造物の一般的な設計基準強度には問題のない数値であると判断した。4点曲げ載荷試験の結果からは短纖維の架橋によるひび割れ分散効果が目視により確認され、応力と歪の関係から韌性の向上が見られるが、短纖維混入率が 1.5%で曲げ韌性はほぼピークに達し、混入率 2.0%の韌性と大差が見られない結果が表れたことから、経済性や施工性も考慮も入れ実用化に向けて、短纖維混入率を 1.5%程度に設定するものとした。

## 4 施工事例

### 4. 1 開水路内面ライニングへの適用例

水路構造物への適用としては使用材料の適正な性能に加え、限られた節水期間内に確実に施工を行うことが最低条件であり工程の短縮が求められるが、本工法は下地処理工によりコンクリート表面処理を行った後に、プライマーを用いないで短纖維補強セメントモルタルを1層塗布するだけのシンプルな構造であるため、工期の短縮が可能である。図-5に本工法の一般的な施工フローを示す。

### 4. 2 下地処理工

ライニング工法を選定するにあたり、基本物性として既設躯体との長期的な付着力が重要であるが、母材自体が脆弱な場合や下地処理工が不十分であると接着力に問題が生じ期待した性能が得られないため、下地処理工の選定も重要なファクターである。下地処理工法としては往年の研究によりウォータージェット工法の高い付着力が明らかにされている<sup>1)</sup>ことや、各機関のマニュアル等でウォータージェット工法の標準化が推奨されている<sup>2)</sup>ことを踏まえ、20年以上経た水路の壁面にて接着力の比較試験を行った。比較の対象としたのはディスクサンダー工法、高圧洗浄工法およびウォータージェット工法の3種類の工法である。表-2に示す付着試験の結果の通り、本試験においてもウォータージェット工法による高い接着力が確認できたことから、ウォータージェット工法による下地処理工法を採用した。

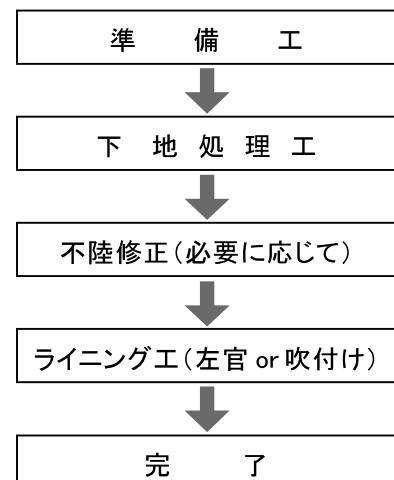


図-5 施工フロー

下地処理工	ディスクサンダー	高圧洗浄	ウォータージェット
付着力(kN/mm <sup>2</sup> )	0.95	0.68	1.80

表-2 下地処理工付着試験結果

### 4. 3 ライニング工

ライニングの工程は所定の配合により混練した短纖維補強セメントモルタルを施工部位や規模に応じて、左官もしくは吹付工法により施工面に均一(6mm～10mm)に塗布するものである。今回はその他の無機系ライニング材との性能比較を行うため、同一の下地処理工の条件下により、一般の薄塗用ポリマーセメントモルタルと超高強度ポリマーセメントモルタルを含めた3種類の工法により比較検討を行うものとした。

一般にポリマーセメントモルタルに短纖維を混入すると流動性が若干低下するため吹付施工の場合はポンプ圧送性などが悪化するが、AE減水剤等の混和剤による調整により実際に現場で計測した本材料のフロー値は135mm程度であり、ポンプ圧送性や左官作業には問題がなく、壁面でのだれ等の不具合も無く良好な施工面を形成することができた。

ウォータージェット工法による下地処理状況を写真-1に、吹付け状況を写真-2に示す。



写真-1 下地処理状況



写真-2 吹付け状況

#### 4. 4 経年劣化

施工後1年までの経年劣化について、付着力については表-3に示す通り韌性モルタルと超高強度セメントモルタルについてはいずれも母材破壊するほど高い付着力が得られた。一般ポリマーセメントモルタルは良好な数値を示しているものの、界面破壊の結果であった。いずれの材料においても1年経過後に付着力が低下する傾向などは見られなかった。また、乾燥収縮ひび割れの発生状況等を詳しく観察した結果、超高強度ポリマーセメントモルタルと一般ポリマーセメントモルタルには、予想通り細かい収縮ひび割れの発生が認められたが、韌性モルタルにはひび割れ等の発生は確認できず、良好な施工面を保持していた。

使用工法		韌性モルタルライニング工法	一般ポリマーセメントモルタル工法	超高強度セメントモルタル工法
付着力 (kN/mm <sup>2</sup> )	28日	2.99(母材破壊)	2.00(界面破壊)	3.26(母材破壊)
	1年後	3.40(母材破壊)	2.02(界面破壊)	3.61(母材破壊)

表-3 付着試験結果

#### 5 まとめ

従来のコンクリート保護や、水路内面補修に用いられる材料としては遮水性や接着性などの基本物性が高い樹脂系材料が多くの割合を占めているが、年間を通し屋外で厳しい環境下にさらされるコンクリート構造物の保護・補修材料には同等の性状を有するセメント系の材料が有効であると著者らは考えている。近年ではセメント材料の長所を生かしつつ、短所を改善するために微量の有機物を混合したセメント複合材料の研究および開発が盛んに行われており、短纖維によりひび割れの発生を抑制した本材料もその内の一つである。本材料は現在さらなる改良がすすめられ、より高韌性な物性を示すシリーズの作成やプレキャスト化に成功しており、連続纖維シートと組合せた構造物補強工法や耐震補強工法への応用など様々な構造物への活用が期待される。

#### 参考文献

- 1) 紫桃孝一郎、上東泰、野島昭二、吉田敦：ウォータージェット技術を利用した新旧コンクリート構造物の一体化処理、コンクリート工学、Vol. 38、No. 8、pp. 40-54、2000. 8
- 2) 日本農業集落排水協会：農業集落排水施設のコンクリート劣化点検・診断・補修の手引き（案）  
pp. 44-45、2002. 7

# 耐久性の向上を目的とした低空隙率の 開粒度アスファルト混合物に関する検討

大成ロテック(株) 技術研究所 課長代理 ○高橋 光彦  
同 北陸支社 課長代理 岡崎 匡洋  
同 技術研究所 係長 青木 政樹

## 1 はじめに

積雪寒冷地において排水性舗装を適用する場合には、除雪作業やタイヤチェーンによる骨材飛散および摩耗に対する抵抗性を考慮し、一般地域の目標空隙率20%に比べ、17%程度と小さく設定することが多い。しかし、山間部などの特に降雪量の多い箇所で、供用条件によっては、目標空隙率を小さく設定した場合でも、早期に骨材飛散や摩耗が発生する状況も見受けられる。

このような状況を踏まえ、今回、目標空隙率を17%程度に設定したポーラスアスファルト混合物よりも骨材飛散や摩耗に対する抵抗性（以下、耐久性とする）を向上させる混合物の配合検討を行った。その結果、空隙率を10%程度とすることで、耐久性が向上するとともに、排水性舗装としての機能もある程度保持できる混合物配合を得ることができた。

本文では、耐久性の向上に関する対応策、低空隙率とした開粒度アスファルト混合物の性状および実路における適用性について報告する。

## 2 開粒度アスファルト混合物の耐久性向上に関する対応策

現状のポーラスアスファルト混合物より耐久性を向上させるための対応策として、排水機能や騒音低減機能はやや低下するものの、目標空隙率を17%程度よりも小さく設定した開粒度アスファルト混合物（以下、開粒混合物とする）の適用を考えた。粗骨材の配合割合が多い開粒混合物とすることで、骨材飛散が生じた場合でも、ある程度の凹凸を有する路面を確保し、すべり抵抗の低下を抑制することを期待するものである。

そこで、目標空隙率を8%, 10%, 12%とした開粒混合物の配合について検討することとした。なお、バインダは、ポリマー改質アスファルトII型（以下、改質II型とする）を使用することとした。これは、寒冷地域に適用するポーラスアスファルト混合物に使用されるポリマー改質アスファルトH型－F（以下、改質H型－Fとする）に比べ、コストダウンを図ることを目的としたものである。

## 3 室内検討結果

### 3. 1 配合試験

舗装施工便覧（平成18年版）に示される「ポーラスアスファルト混合物の配合設計」をもとに、目標とした8%, 10%, 12%の空隙率が得られる開粒混合物の配合試験を行った。合成粒度を表-1に示す。なお、最適アスファルト量は目標とした空隙率8%で5.6%, 空隙率10%で5.5%, 空隙率12%で5.4%である。

### 3. 2 混合物の基本性状

各配合の最適アスファルト量における混合物の基本性状を確認した結果を表-2に示す。また、比較として、改質H型-Fを使用した空隙率17%のポーラスアスファルト

混合物の試験結果を併記する。試験結果から、以下の事項が確認できた。

- ①安定度は、空隙率の低下に伴い、大きくなる。
- ②残留安定度は、空隙率が大きくなるに伴い、低下するものの、基準値である75%以上を満足する。

- ③カンタブロ損失率は空隙率の低下に伴い、小さくなる。
- ④透水係数は、空隙率の低下に伴い小さくなるものの、ポーラスアスファルト混合物(空隙率20%)の基準値である $1.0 \times 10^{-2}$ cm/secを満足する。

### 3. 3 耐久性に関する試験

低空隙率とした開粒混合物の耐久性を確認するため、回転ラベリング試験、骨材飛散抵抗性試験および水浸ホイールトラッキング試験を実施した。なお、比較として、空隙率17%としたポーラスアスファルト混合物(以下、比較用混合物とする)についても併せて試験を行った。

#### 3. 3. 1 回転ラベリング試験

寒冷期のタイヤチェーン等による摩耗抵抗性の確認を目的に回転ラベリング試験を実施した。試験条件を表-3に示す。本試験では、各走行回数での摩耗断面積のほか、すべり抵抗値(BPN)の測定を併せて行った。試験結果を図-1および図-2に示す。

試験結果より、以下のことが確認できた。

- ①100,000回走行後の低空隙率とした開粒混合物の摩耗断面積は、比較用混合物に比べ10~30%程度小さくなった。
- ②空隙率10%, 12%の開粒混合物のすべり抵抗値は、比較用混合物と同程度の値であるものの、空隙率8%の開粒混合物は走行回数が増えるとともに、比較用混合物に比べ3~8程度小さい値を示した。

表-1 合成粒度

目標空隙率 (%)	合成粒度 (%)								
	19.0	13.2	9.5	4.75	2.36	0.60	0.30	0.15	0.075
8	100	99.9	81.5	38.1	31.3	15.5	9.7	7.1	5.5
10	100	99.9	80.5	34.7	28.4	14.4	9.3	6.9	5.4
12	100	99.9	79.6	31.8	25.8	13.4	8.9	6.8	5.3

表-2 混合物性状

目標空隙率 (%)	As量 (%)	空隙率 (%)	安定度 (kN)	残留安定度 (%)	カンタブロ損失率 (%)	透水係数 (cm/sec)
8	5.6	8.1	11.0	92.7	1.7	$1.8 \times 10^{-2}$
10	5.5	10.2	12.2	85.2	2.5	$4.7 \times 10^{-2}$
12	5.4	12.1	10.7	83.2	3.7	$6.1 \times 10^{-2}$
17(比較用)	5.0	17.4	7.7	91.8	6.9	$9.9 \times 10^{-2}$

※カンタブロ試験: 20°Cで実施

表-3 試験条件

項目		試験条件	備考
タイヤ種類		スタッドレスタイヤ	—
試験温度 (°C)		-10	—
養生時間 (h)		8以上	—
使用チャーン	種類	JIS D 4241	スタッドレスタイヤ単独でのブレード走行後(3,000回転後)に装着
	呼び名称	45179	
	本数(本)	7こま×9	
散水の有無		無し	—
走行半径 (cm)	60	試験機の中心から供試体中央までの距離	
テーブル速度 (km/h)	20	—	
タイヤ速度 (km/h)	20	—	
輪荷重 (kN)	1.47	—	
タイヤ空気圧 (kPa)	157	—	
シット幅 (mm)	±50	—	
走行回数 (回)	100,000	設定した走行回数※において、摩耗断面積、すべり抵抗値(BPN)を測定	

※: 走行回数は0, 5000, 10000, 20000, 40000, 70000, 100000回の6段階を設定

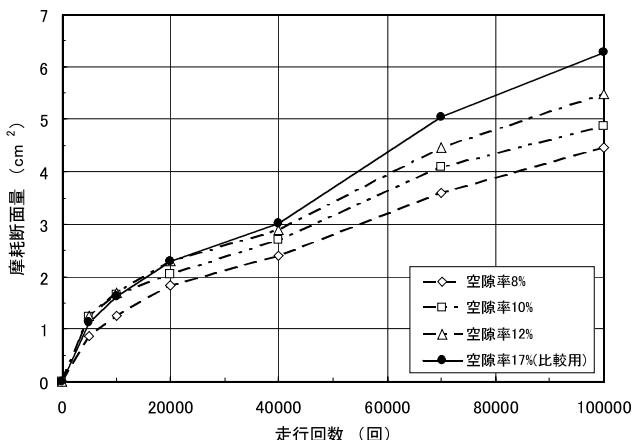


図-1 摩耗断面積

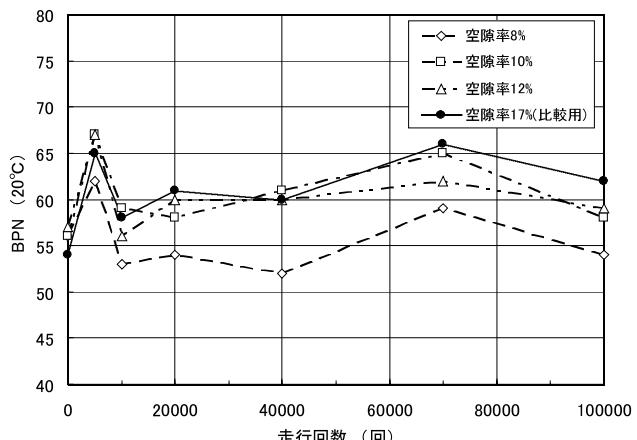


図-2 すべり抵抗値

### 3. 3. 2 骨材飛散抵抗性試験

写真-1に示す骨材飛散抵抗性試験機を用いて、タイヤのねじれによる骨材飛散に対する抵抗性を確認した。

当該試験機は、タイヤとテーブル(供試体)を別々に作動させ、交差点部等で発生するコーナリング、制動・駆動に伴う水平せん断を発生

させる。また、実際の小型トラック用のタイヤを用いるため、タイヤによる蹴り出しを再現している。試験条件を表-4に示す。なお、評価は、試験時間の経過とともに骨材の飛散損失率(試験前後の供試体の質量変化)により行った。試験結果を図-3に示す。

試験結果より、空隙率8%および10%とした混合物の骨材飛散損失率(240分)は比較用混合物に比べ、小さい値を示しているが、空隙率12%とした混合物は骨材飛散が増加する傾向を示した。

### 3. 3. 3 水浸ホイールトラッキング試験

空隙率を小さく設定することで、空隙内に水分が滞留することによるはく離が懸念されたため、水浸ホイールトラッキング試験により、耐水性の評価を行った。試験結果を図-4に示す。

試験結果から、低空隙率とした開粒混合物のはく離率は5%以下であり、比較用混合物の1/3程度の値であった。このことから、水分の滞留によるはく離の影響は小さいと考える。



写真-1 骨材飛散抵抗性試験機

表-4 試験条件

項目	試験条件
試験輪	5.00-10
接地圧 (MPa)	0.15
テーブル回転数 (rpm)	5
タイヤ回転数 (rpm)	10
走行半径 (cm)	10
試験温度 (°C)	50°C
供試体寸法 (cm)	40×40×5

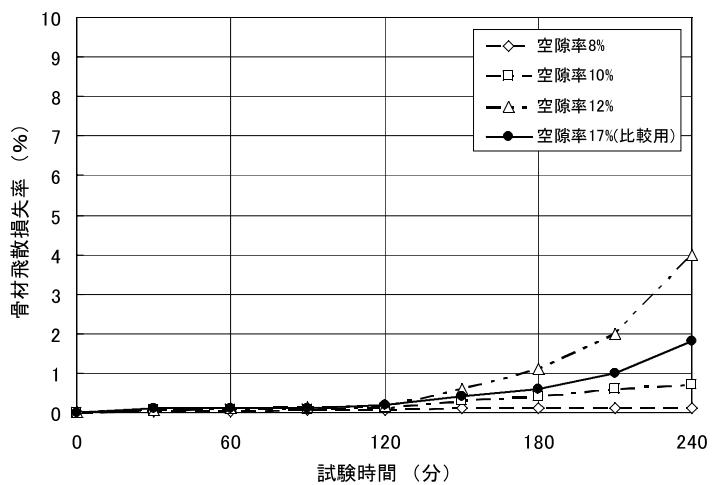


図-3 骨材飛散抵抗性試験結果

### 3. 4 室内検討結果のまとめ

以上の結果から、改質II型を使用し、空隙率を10%程度とすることで、 $1.0 \times 10^{-2} \text{ cm/sec}$ の透水性能を確保しつつ、改質H型-Fを使用した空隙率17%のポーラスアスファルト混合物に比べ、耐久性の向上が可能と判断した。

### 4 実路における適用性の検証

東日本高速道路㈱湯沢管理事務所が管轄する高速道路の一部（関越自動車道、上り走行車線）において、改質II型を使用した低空隙率の開粒混合物の実路における供用性を検証する機会を得た（平成18年10月施工）。

施工箇所は縦断勾配が4.5%の登り坂となっているほか、標高630mの位置にあり、冬期の降雪量が多い箇所である。施工箇所の平面図を図-5に示す。開粒混合物は空隙率8%および10%としたものを適用した。また、空隙率10%とした開粒混合物の手前には、性状比較用の改質H型-Fを使用した空隙率17%のポーラスアスファルト混合物が施工されている。施工後5ヶ月経過時点（一冬経過時点）の空隙率17%および空隙率10%の路面状況を写真-2および写真-3に示す。

目視の観察結果によると、施工後5ヶ月経過時点では、暖冬であった影響もあり、除雪作業やタイヤチェーン等の摩耗による損傷は少ない。また、空隙率の違いによる路面の損傷の差もほとんど見られない。  
(※なお、本章は東日本高速道路㈱湯沢管理事務所より頂いた情報をもとに記載したものである。)

### 5 おわりに

今後は、引き続き、低空隙率とした開粒混合物の実路における耐久性を確認したいと考えている。最後に、東日本高速道路㈱湯沢管理事務所に深く感謝申し上げます。

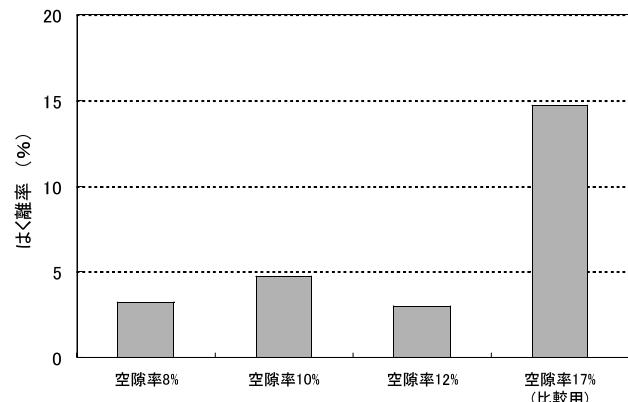


図-4 水浸ホイールトラッキング試験結果

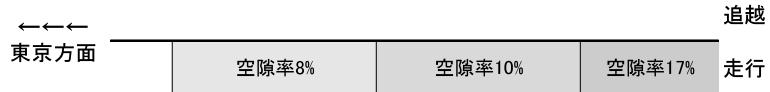


図-5 施工箇所の平面図



写真-2 路面状況(空隙率17%)



写真-3 路面状況(空隙率10%)

# 空気を熱媒とする路面融雪装置 ACCESS の開発

株式会社 興和 水工部 部長 池野 正志  
株式会社 興和 水工部課長代理 桑原 賢二  
株式会社 興和 水工部課長代理 ○藤野 丈志

## 1. はじめに

平成 12 年 10 月の交通バリアフリー法施行を受け、積雪寒冷地において冬期バリアフリーの実現に向けた様々な取組みが進められている。融雪システムに求められる条件を整理すると、①バリアフリーといえる水準の消雪サービスを提供すること、②維持・更新を含めたライフサイクルコストが普及を望める程度に低いこと、③可能な限りエネルギーを消費しない低環境負荷型であること、と考えられる。これら条件を満たすべく空気を熱媒体とする空気融雪 ACCESS を提案し、長岡市、新潟市、上越市で試験と開発を進めてきた。本論文では、空気融雪 ACCESS の基本熱設計、および NETIS 施行評価方式において試験施工した金沢市内の施設における融雪状況と放熱状況の結果を報告する。

## 2. コンセプト

### 2-1. 空気を熱媒体とする

空気を熱媒とすることの最大のメリットは、熱媒体循環用の配管に高い気密性を必要とせず、タイル形式で済む極めてシンプルな舗装構造となることである。ACCESS では図 1 に示す、舗装に空気が流れるダクトを付けたタイル形

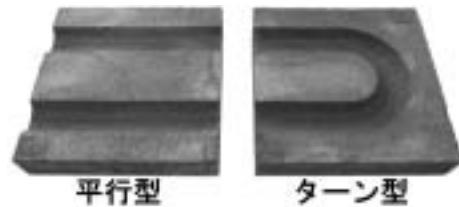


図 1 ダクト付タイル

式の平板 = ダクト付タイルを採用することとした。並べるだけで融雪装置の放熱部の施工が完了するから、施工が容易なだけでなく、埋設されているライフラインの維持管理後の復旧も容易となる。また、復旧時にもダクト付タイルに損傷がなければ再利用可能である。ダクトのパターンには平行タイプとターンタイプの 2 種類があり、十分な放熱が行なえるように、2 種の組み合わせにより空気循環のパターンを変える。以上のように、熱媒体を空気とすることで、従来の液体を熱媒体とした施設（たとえば温水ボイラ：熱媒体は不凍液）にないメリットが生ずるが、空気の密度は水の 1000 分の 1 で熱容量が小さいため、放熱量確保と融けムラ解消のための工夫が必要となる。

### 2-2. 温排気の利用

ACCESS は、暖かい空気を熱源および熱媒体としているので、従来の無散水融雪施設に見られるような熱源機により暖かい空気を作り出して融雪を行うことはできるが、最大のメリットは既存施設から排出される温排気を利用するにある。そこで、温排気を利用する ACCESS に主眼を置き、バリエーションとして温水を利用する ACCESS とあわせ、2 タイプについて試行・開発を行なっている。

#### (1) 温排気利用タイプ

均一な放熱を必要とする場合や、温排気がクリーンでない等、自由に排気できない場合は、図 2 (a)

のような折り返しパターンとし、路肩の雪のたまり部や歩車と横断歩道の境界部を融雪する場合は、図 2 (b)のような直通パターンを適用する。送気管と排気管の埋設位置はライフラインを避けるように、かつなるべく視覚障害者誘導用ブロック位置にする。これにより大雪時でも最低限の通行帯を確保できる。直通する場合の排気箇所はより融雪を行いたい場所により、排気点字タイル（点字タイルが最大融雪能力）、排気縁石（路肩のたまり部の融雪）、排気兼用排水溝を選択できる。

## (2) 温水熱交換タイプ

温廃水や温水を利用する場合、図 2 (c)のような循環パターンとし、熱交換を行なう配管を歩道中央か路肩に配置する。融雪能力は熱交換箇所で最大となるので、ここに視覚障害者誘導用ブロックを配置すると大雪時でも最低限の通行帯を確保できる。

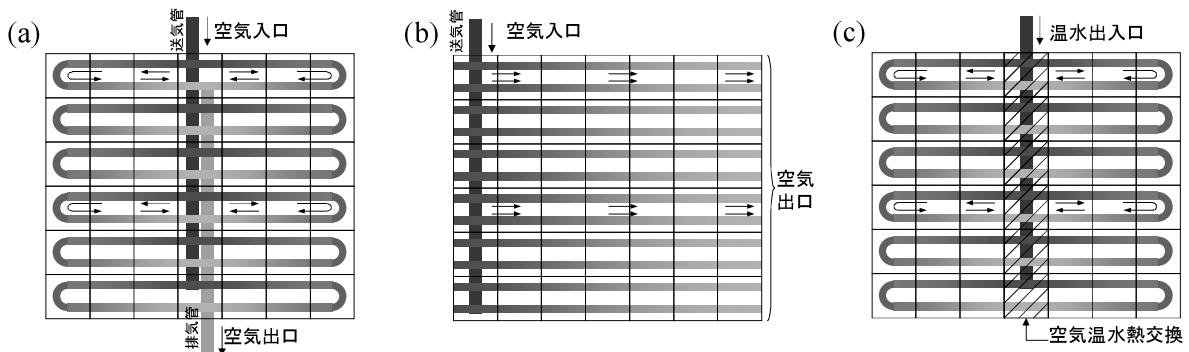


図 2 空気の循環パターン

### 3. 基本熱設計（熱交換量 $Q$ , 質量流量 $m$ , 送気温度 $T_{in}$ の関係）

ダクト付タイルの熱モデルを図 3 に示す。運転開始から十分な時間が経過して、定常状態での熱収支を検討する。また、ダクト内で下方への熱流は無視できると仮定する。断面積  $S$  のダクトに、温度  $T_{in}$  の空気（比熱  $C$ ）が、質量流量  $m$  で送気される。入口を原点とし、原点から  $x$  の位置の幅  $dx$  の帶状の部分における交換熱量を考える。空気が  $dx$  進む間に温度が  $dT$  だけ低下したとすると、空気が失う熱流量  $Q'$  は、

$$Q' = \rho C(Sdx) dT \quad \dots \dots \dots \quad (1)$$

である。一方、路面の表面温度を  $T_s$  とし、ダクト内面から路面への単位ダクト長あたりの熱通過率を  $K$  [W/m/K] とおくと、路面へ向かう伝導熱流量  $Q''$  は、通過時間が  $\rho Sdx/m$  で表されることから、

$$Q'' = K(T - T_s)(\rho Sdx/m) dx \quad \dots \dots \dots \quad (2)$$

と表される。この 2 つの基本式を基として、必要な熱交換量 = 単位面積あたり必要熱流量  $Q$  に対する必要な入口温度  $T_{in}$  を整理すると、

$$T_{in} = \frac{Q}{Cm \left( 1 - e^{-\frac{K}{Cm}} \right)} + T_s \quad \text{または} \quad T_{in} = \frac{Q}{\rho C q \left( 1 - e^{-\frac{K}{\rho C q}} \right)} + T_s \quad [\text{°C}] \quad \dots \dots \quad (3)$$

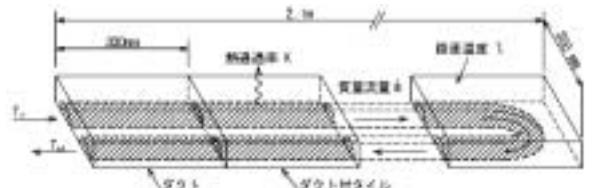


図 3 ダクト付タイル熱モデル

と求められる。ここで  $\rho$  は空気の密度（入口温度時）[kg/m<sup>3</sup>]、 $q$  は体積流量[m<sup>3</sup>/s/m<sup>2</sup>]である。式(3)は要求される必要熱流量に対して、何°Cの空気をどの位の風量でダクト付タイルに送り込めばよいか示すものである。

#### 4. 実証実験 (NETIS 試行調査)

##### 4-1. 実験施設

NETIS 施行施設の施設概要を図 4 に示す。融雪面積 59.2 m<sup>2</sup> で内 18.9 m<sup>2</sup>（幅 2.1 m、延長 9 m）は歩道を想定した。ACCESS に利用する暖かい空気には、月浦 IC の河川水加温散水消雪施設の加温ボイラの排気熱により、外気を熱交換により温めたものを利用した。熱交換器を通過するダクトとバイパスするダクトの風量を調節することによって、80°Cまでの空気を最大約 30 m<sup>3</sup>/min の風量で送ることができる。温度と風量ごとの放熱量は、歩道部全体に雪を乗せた状態で、空気の入口温度、出口温度および風量を測定して算出した。

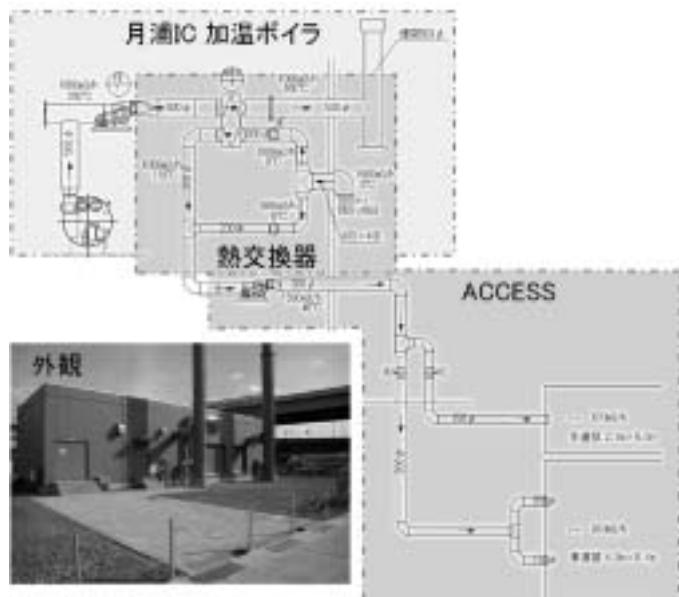


図 4 施設概要

##### 4-2. 実験結果

温度-風量-放熱量の測定結果を図 9 に示す。25~80°C程度の温風を 200~950 l/min/m<sup>2</sup> 送ることにより、165~650 W/m<sup>2</sup> の放熱量を得ることができた。また、降雪時に融雪状況を確認したところ、図 5 のように、おおむね均一の融雪効果を得ていることが確認された。

表 1 実験結果

試験パターン	単位面積あたり風量	送り出し温度	吐出し温度	平均熱伝達係数	平均放熱量
送風量	l/min/m <sup>2</sup>	°C	°C	W/m <sup>2</sup> /°C	W/m <sup>2</sup>
1/3	低	31.0	19	5.8	163
	中	31.0	17	6.8	230
	高	31.0	20	7	280
2/3	低	61.0	19	10.7	340
	中	61.0	20	12.3	450
	高	61.0	21	13.2	585
全量	低	91.0	21	15	470
	中	91.0	22	16.2	560
	高	91.0	21	16.5	650
2/5	低	61.0	12	8.7	175
	中	61.0	13	9.5	225
	高	61.0	19	11	300
1/5	高	20.0	12	5.3	200



図 5 融雪状況

##### 4-3. 温度-風量-放熱量線図

要求される融雪能力に対して、ACCESS が何°Cの空気をどの程度の風量必要とするかを知るには、式(3)により、 $Q$  [W/m<sup>2</sup>] に対し  $T_{in}$  と  $q$  を求めればよい。式の中で ACCESS の放熱能力を決定づけるものはダクト付タイルの熱通過率  $K$  [W/m/K] であるが、 $K$  を実験結果より図 6 の様に整理し、 $T_{in}$  と  $q$  を変

化させた場合の放熱量を、温度-風量-放熱量線図にまとめた。図7にNETIS施行施設で採用した温廃熱利用タイプ中央送排気折り返しパターンの温度-風量-放熱量線図を示す。なお、放熱量は上部放熱量と下部熱損失を合わせた必要熱量としている。

この線図を使うことにより、基本設計が容易に行うことができる。たとえば、30°Cの温排気があつたとき、150 [W/m<sup>2</sup>]の放熱量を得る設計では、線図により 480 [1/min/m<sup>2</sup>]の空気を送ればよいことが読み取れる。10 m<sup>2</sup>では 4,800 1/min/m<sup>2</sup> = 288 m<sup>3</sup> h<sup>-1</sup>が必要となり、別途損失ヘッドを求めておけば、これに対応できる送風機を選定することができる。

常温で使用する送風機は、使用温度範囲が40°C以下であるものが多く、これ以上の温度に対応するためには、コストのやや高い耐熱仕様の送風機が必要となる。また、既存の融雪装置でのエネルギー輸送にかける動力は、20 W/m<sup>2</sup>程度以下がほとんどである。ACCESSにおいても送風機に投入する動力を同程度とすると、ACCESSの圧力損失から見積もると、1000 1/min/m<sup>2</sup>程度が上限と見られる。そこで、ACCSSの基本的な熱設計範囲を空気入口温度の上限を40°C、風量の上限を1000 1/min/m<sup>2</sup>とすると、図6より最大400 W/m<sup>2</sup>程度までの平均融雪能力を得ることができることがわかる。

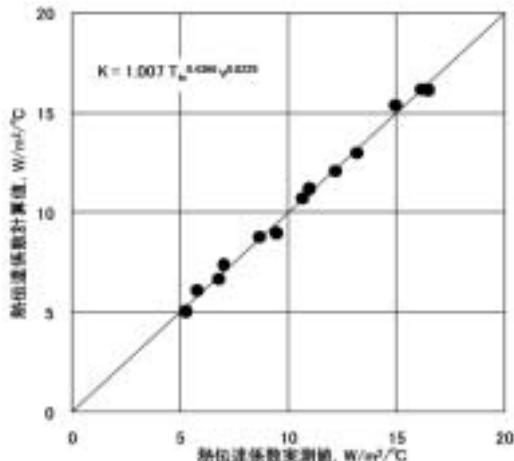


図6 熱伝達係数

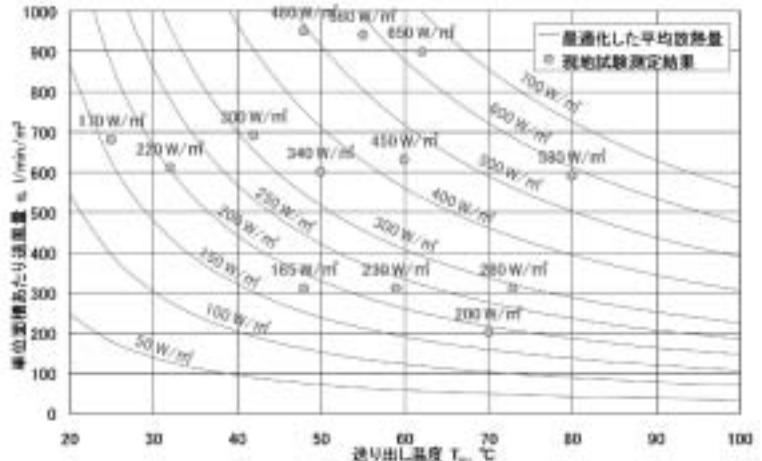


図7 温度-風量-放熱量線図

## 5. まとめ

空気を熱媒とする融雪技術（ACCESS）の普及にむけて、熱設計および試験施工による融雪効果の確認を行った。その結果、例えば通気量 1/min/m<sup>2</sup>で送風温度を 40°C とすると、出力 220 W/m<sup>2</sup>（上部放熱量は約 180 W/m<sup>2</sup>程度）を得ることが可能となることがわかった。ACCESSは、空気を熱媒体とし舗装をタイル形式にすることで、①空気は安全かつコストゼロ、②容易な施工性・維持管理、③温排気の利用による省エネルギー、④ライフサイクルにおける廃棄物の減少、と、従来型の融雪装置にないメリットを多くそなえる。今後、性能向上のためシステムの改良を継続し、ACCESSの普及を進めていきたいと考えている。

## 参考文献

- 1) 上村靖司 他、「空気熱媒体融雪システム ACCESS のバリエーションと熱設計」、寒地技術論文・報告集 Vol. 22、p481-486、1996

# 新潟東西道路を対象とした CCTV 映像を活用した交通調査実験

エヌシーイー株式会社 松田真宜

## 1 はじめに

交通量、旅行速度は、道路計画や道路事業評価などにおいて、必要不可欠な基礎的データとして利用されている。しかしながら、これらのデータの取得は調査員を配した人手観測が基本となっているため、特に自専道などのアクセスコントロールされた道路でのデータ取得については、調査コストの他に安全上の観点からも問題が大きく調査の実施が困難である。一方で、本稿で着目する CCTV は、新潟国道事務所管内の直轄道路(管理延長約 300Km)において約 78%と高いカバー率で整備されている。中でも新潟市を東西に横断する新潟東西道路はアクセスコントロールされた道路であり、約 12 万台/日と交通量が卓越しており、道路管理用の CCTV カメラが高密度に設置されている。これらは管理者が道路状況の確認などに利用しているものが主で、利活用の手法の検討が望まれている。

筆者らは、今までにビデオ映像から車種別交通量や車両挙動を取得する画像処理システム TrackerMを開発している<sup>1)</sup>。CCTV 映像と当システムを活用し、各種交通データの取得が可能となれば、人手観測が不要となるばかりでなく、既設のトラフィックカウンタと CCTV を活用し、IC 間交通量、旅行速度の取得が可能となる。これにより曜日・季節変動の分析、旅行速度の 5 分、10 分単位での集計が可能となり、新たな調査の実施の必要性が無くなるばかりでなく、リアルタイムでの渋滞予測やなど様々な解析・予測に応用可能なデータを蓄積可能な利点がある。本研究では CCTV 映像を TrackerM により画像解析し車種別の交通量や旅行速度を取得する手法を検討する。また、新潟東西道路にはトラフィックカウンタも設置されていることから、CCTV を用いた画像処理手法とトラフィックカウンタの時間帯別・天候別の計測精度検証を行う<sup>2)</sup>。

## 2 調査の概要

### 2.1 調査対象箇所

新潟東西道路区間のCCTVカメラおよびトラフィックカウンタが同一断面に設置されている桜木ICおよび一日市ICを調査対象箇所として選定した(図-1)。調査日は、天候が晴天、雨天、降雪のデータを取得できるよう3日間実施し、それぞれの調査日について朝ピーク時間(7:00～9:00)、オフピーク時間(13:00～15:00)、夕ピーク時間(17:00～19:00)の各2時間を調査対象日時に設定し、計32時間の映像を取得した。表-1に調査日・時間帯別の天候条件を整理する。取得データは、CCTV映像、トラフィックカウンタデータ(車種別交通量、時間帯別地点速度)、プローブカーによるGPS旅行速度調査データを設定した。なお、GPSによる旅行速度データは、調査日の周辺の交通状況の把握と調査箇所での区間旅行速度とCCTVを用いた画像解析およびトラフィックカウンタの地点速度との比較分析にも用いる。

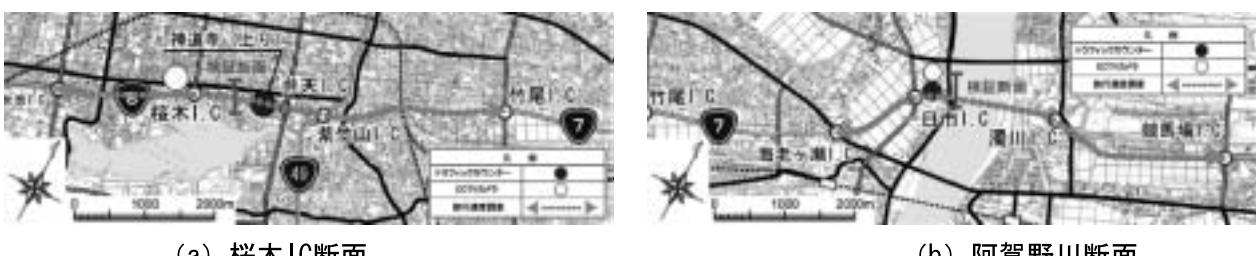


図-1 調査対象箇所

表-1 調査箇所・調査日時別天候条件

検証箇所	桜木断面					阿賀野川断面						
	時間帯		1月16日	2月2日	2月15日	1月16日		2月2日	2月15日			
7:00~8:00		-		-		強風		横光		-	強風	
8:00~9:00		順光		-		強風		横光		-	強風	
13:00~14:00		-		順光		強風				-	強風	
14:00~15:00		-		順光		強風				順光	-	強風
17:00~18:00		-		-		強風						強風
18:00~19:00		-		-		強風						強風

※ 天候が『-』の時間帯は、強風のためCCTVを管理目的に使用したため、映像を記録していない。

## 2. 2 検証用データの整理

精度検証を行うための比較データとして、CCTV目視による車種別の交通量データとGPSによる区間旅行速度データを整理した。

### ① 車種別交通量データ

車種別交通量データは、トライフィックカウンタのデータ出力が1時間単位の小型と大型の2車種であるため、桜木IC橋および一日市IC観測断面の本線交通量を上り下り別に1時間単位に小型・大型台数を用意した。

### ② 区間旅行速度データ

区間旅行速度は、桜木ICをカバーする女池IC～竹尾IC間、一日市ICをカバーする海老ヶ瀬ICから競馬場IC間にについて1時間当たり5回走行し、平均値を区間旅行速度として整理した。

## 3 CCTV映像の画像処理手法

TrackerMはDVD形式(Mpeg2)などの一般的な動画よりフレーム画像※を読み込み8×8ピクセルを1ブロックとして画像をブロック分割しブロック単位に画像中の車両の認識を行い、交通量や車両走行軌跡などの交通情報を取得するオフライン型のシステムである。車両の識別やトラッキングは図-2のフローに基づき行っている。以下および図-3にシステムの構成要素を示す。

### a. ディテクタ

ディテクタは交通画像中の車線毎にディテクタを設定する。道路に車両が存在しない場合としない画像のブロックの明度差およびディテクタ内のオプティカルフローに基づく平均ベクトル長の差が閾値以上になった場合に、車両の流入を検出する。また、車両がディテクタを通過している際は平均ベクトル長を累積し、ディテクタを車両が完全に通過しきったとき累積ベクトル長を閾値判定し、小型・大型の車種判定を行う。

### b. 車両オブジェクト

ブロック単位に車両領域の情報を管理し、画面中の車両を追跡し車種や車両の走行軌跡データ等を管理する。また、車両が画面中から消える際には車両オブジェクトも消滅し、この際に車両の走行情報をファイルに出力する。

※フレームは静止画であり、一般的な動画の場合は1秒間に30枚のフレームを持つ。

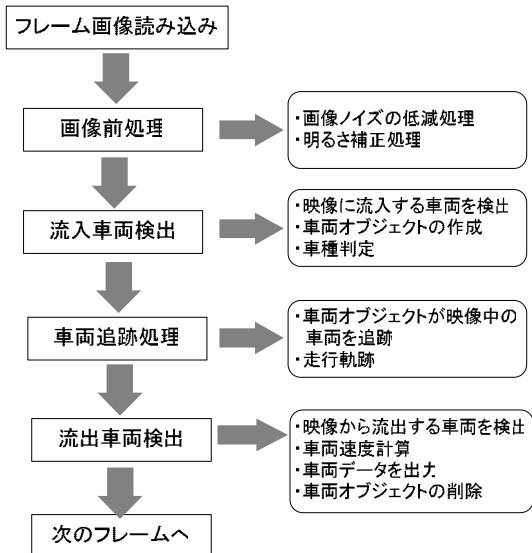


図-2 画像処理のフロー



図-3 TrackerMの構成要素

#### 4 比較・検証分析

##### 4. 1 交通量比較分析

図-4は桜木IC橋の1月16日および2月15日の上り区間(画面奥手となる)の朝ピーク1時間合計した晴天時の交通量の計測精度である。TrackerMの台数計測精度はほぼ100%であり、日照・気象条件がよい場合の車両台数の計測精度はきわめて高い。トラフィックカウンタは、全車平均で16%車両を多く観測している。図-5は、桜木IC橋の同日の1月16日および2月15日の雨天時ピーク時間での台数計測精度である。TrackerMの台数計測精度は92%に低下している。車種別の内訳を見ると小型車両の計測精度が低下する。精度低下の要因として雨天時にでは路面の色が黒色に近くなりダーク系の車両との判別ができない事やライト点灯による照り返しが考えられる(図-6)。この傾向は一日市ICにおいても同じであった。

図-7は、桜木IC橋の晴天タピーカー時における台数の計測精度である。TrackerMの台数計測精度は84%であり全体として少なく交通量を観測している。車種別内訳を見ると全車に比べ小型は少なく、大型車は多く観測されている。全車で少なく観測される要因は、コントラスト不足により路面と車両の判別ができないことが考えられ、大型を多く観測している要因はライトの路面への照り返しにより車長を実際よりも長く認識し、その結果大型車を多く誤認識しているものと考えられる。トラカンは全車で10%程度多く観測される傾向は朝ピーク時と変わらない。ここでトラカンに着目すると、トラカンは全体的に多く車両を観測する傾向があるが、今のところTrackerMの不得意とする天候不順時や夜間では、TrackerMの観測精度よりも高い結果となっている。

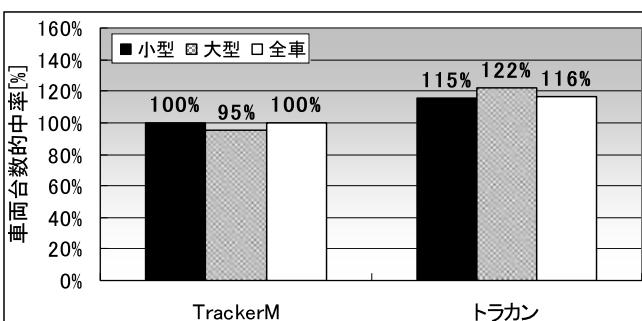


図-4 晴天朝ピーク時の交通量計測の的中率

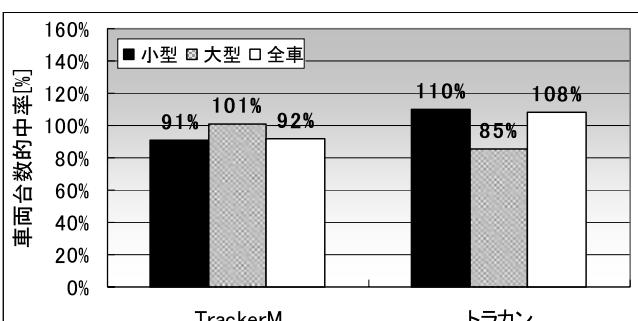


図-5 雨天朝ピーク時の交通量計測の的中率



図-6 車両の誤認識例

#### 4.2 旅行速度の比較分析

旅行速度はTrackerMの出力する車両軌跡に基づき画像中の20m区間の通過時刻より計算を行った。

図-8は2月2日の全時間帯について一日市IC観測断面において旅行速度を比較したものであり、旅行速度がよく一致していることがわかる。なお、その他の時間帯についても比較的旅行速度が一致していたが、渋滞を伴うピーク時間帯ではGPSによる速度(区間速度)とCCTV・トラカンの速度(地点速度)で差異が生じた。

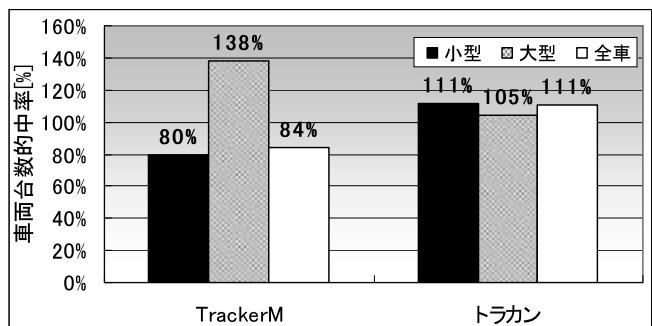


図-7 晴天時ターピーク時の交通量計測の的中率

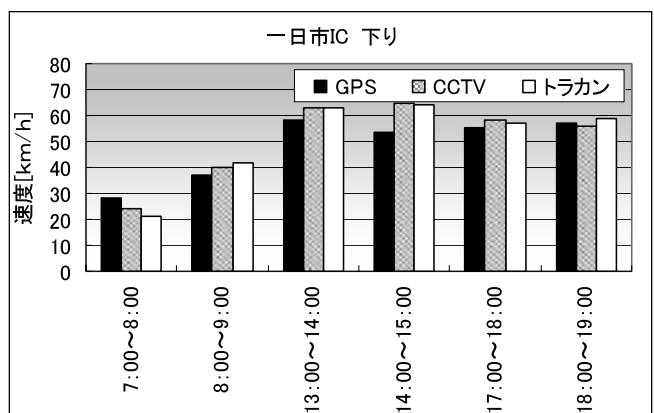


図-8 2月2日の一日市観測断面での旅行速度比較

#### 5まとめ

本稿では、新潟東西道路に設置されているCCTVを活用し、車両台数・旅行速度を画像解析から取得する手法を構築した。結果、日照・天候条件のよいケースではほぼ100%の観測精度を得ることができた。これはすなわち12時間の交通量観測精度が高いことを示している。今後は、雨天に強い画像認識アルゴリズムの開発や夜間の精度低下の対策として赤外線カメラ映像を導入した場合の精度検証などを行うことで日交通量を高精度に計測可能なシステムの開発が課題である。

謝辞:本報告は、平成19年2月に長岡技術科学大学が北陸地方整備局新潟国道事務所の委託で行った『CCTVを活用した交通データの自動取得研究報告書』をもとにさせていただきました。快く発表許可をくださいました長岡技術科学大学 松本教授様、新潟国道事務所様ならびに同事務所 遠藤課長様、川原係長様に感謝の意を表します。

#### 参考文献:

- 1) M.MATSUDA, S.MATSUMOTO and K.SANO, Traffic Detecting and Tracking for the Measurement of Traffic Flow at Intersections, The 10TH INTERNATIONAL CONFERENCE OF HONG KONG SOCIETY FOR TRANSPORTATION STUDIES, Dec, 2005.
- 2) 長岡技術科学大学、北陸地方整備局 新潟国道事務所、CCTVを活用した交通データの自動取得研究委託報告書、平成19年2月

# 側溝修繕用暗渠蓋（リペアリッド）の開発

藤村ヒューム管株式会社 開発部 ○長崎 文博  
東北藤村ヒューム管株式会社 営業開発部 小山田 美宣  
東北藤村ヒューム管株式会社 秋田工場 五十嵐 英

## 1 はじめに

歩道内に設置された側溝が老朽化すると歩行者の歩行性が著しく低下する。これまで側溝の修繕は、側溝本体と蓋を共に入れ替える工法が主流であった。しかし、歩道内の側溝は、上部に磨耗や欠けが生じても側溝本体は健全であることから、磨耗や欠けの生じた側溝上部を切断撤去し、蓋のみを入れ替えて修繕する工法が、工期短縮や施工空間の省スペース化、産業廃棄物削減などの施工性の観点から優位な修繕工法となっている。

本報告では、この修繕工法で更に、歩道バリアフリーの観点からも優位な修繕が行うことができる側溝修繕用暗渠蓋「リペアリッド」（以下、リペアリッド）の概要と性能試験結果について報告する。

## 2 リペアリッドの概要

### 2. 1 歩道内の側溝修繕の問題点とリペアリッドによる対策

側溝の老朽化部の切断撤去による側溝修繕工法の問題点とリペアリッドによる対策を表-1に示す。

蓋の入れ替え工法の場合、修繕後も蓋が歩道路面に表れるため、蓋の段差や手掛け孔、ガタツキにより歩行性が大きく改善されない問題が挙げられる。特に市街地などの歩道幅が狭い箇所では、側溝の上が歩道を兼ねている箇所も多く、歩行性の改善が大きな課題となる。

また、現場打ちコンクリートで頂版を構築し暗渠化する修繕工法の場合は、歩行性は改善されるが、養生期間が長く歩道を即日開放できないことと、排水孔が無いため雨水の排水が満足に行えない問題がある。

リペアリッドは、これらの問題を解決するため、蓋の構造について、集水構造を設けたプレキャストコンクリート蓋とアスファルト舗装の複合構造とした。これにより、アスファルト舗装による路面の平坦化、プレキャスト蓋の利用による歩道の早期開放、集水機構の設置による確実な雨水排水

修繕工法	概要図	課題	リペアリッドによる対策
蓋の入れ替え		歩行性が未改善 ・蓋の継目段差 ・手掛け孔 ・蓋のガタツキ	As 舗装による平坦化（暗渠化）
現場打コンクリート 頂版打設（暗渠化）		工期の長期化 ・養生時間	PCa 蓋の利用
		雨水排水性能低下 ・排水孔が無い	集水機構の設置

表-1 側溝修繕の課題と対策

の対策をとることができ、歩道バリアフリーに配慮した側溝修繕が行うことができる。

## 2. 2 リペアリッドの形状・施工構成

図-1にリペアリッドの形状、図-2にリペアリッドの施工形態を示す。リペアリッドは、歩行者の歩行に影響が無い蓋縁部に雨水集水のための半円形断面の導水路を蓋上に突起状に備えている。この導水路は、導水路内へのごみや砂利等の進入防止と歩行者の歩行性に配慮して、ZAM鋼板による鋼板蓋を取り付けている。リペアリッドの上は、導水路の天端と同じ高さまでアスファルト舗装を舗設することで暗渠化し、平坦な路面が構築できる構造としている。

雨水の排水経路は、アスファルト舗装表面より導水路へ流入し、導水路内の排水孔から側溝へ排水される。

## 2. 3 リペアリッドの施工工程

リペアリッドの施工工程（図-3）は以下の通りである。

- ①蓋の撤去、側溝破損部の切断撤去
- ②モルタルによる高さ調整、リペアリッドの設置
- ③リペアリッド上のアスファルト舗設

## 2. 4 リペアリッドの特長

リペアリッドは、次のような特長があげられる。

### (1)歩道のバリアフリー

アスファルト舗装による暗渠化で路面が平坦になり、歩行性が向上する。

アスファルト舗装面による路面の单一化で、歩道が広く感じられるようになり歩行者の安心感も向上する。（写真-1）

### (2)雨水集水性能

導水路は、歩道に平行して連続化し、確実な雨水集水が行える。半円形断面の導水路は、掃流性が

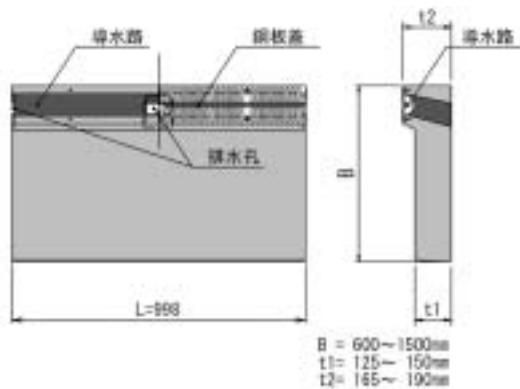


図-1 リペアリッド形状図

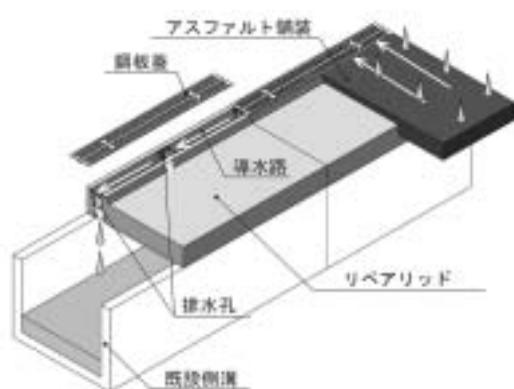


図-2 リペアリッド施工構成図

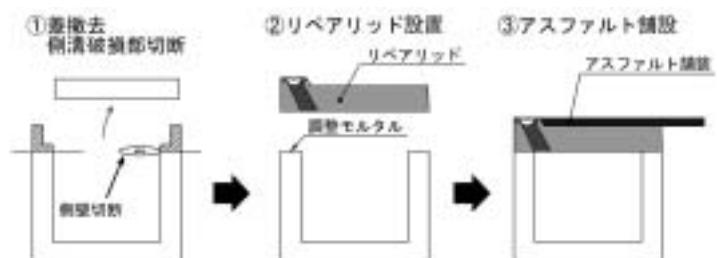


図-3 リペアリッドの施工工程



写真-1 リペアリッドによる側溝修繕状況

高く砂が堆積せずに集水性能を長期に渡り維持できる。(図-2)

### (3) 工期短縮

プレキャストコンクリート蓋とアスファルト舗装を利用して養生時間を無くし歩道の早期開放が可能となる。

### 3 リペアリッドの性能試験

リペアリッドによる歩行性と集水性能の効果を実証するため、性能試験を行った。試験概要と結果を以下に述べる。

#### 3. 1 歩行性能

走行性能を確認する為、ベビーカーによる修繕前の既設側溝蓋とリペアリッドおよび落ちふた式U形側溝用蓋（以下、落ちふた側溝蓋）の走行振動測定を行った。

測定は、ベビーカー（SG規格A型：車輪直径115mm）の前輪間センターに加速度センサを取り付け、速度3km/hで10秒間走行した時の振動加速度レベルのパワー平均値と最大値を測定した。

測定結果を表-2に示す。リペアリッドは、アスファルト舗装部と導水路部の鋼板蓋上で測定値に大きな差は無いことが確認できた。

また、修繕前の既設側溝蓋に比べパワー平均値で10dB程度、最大値で12dB程度の大幅な振動低減の効果が見られた。

リペアリッドと落ちふた側溝蓋と比較するとパワー平均値で7dB程度、最大値で9dB程度、リペアリッドの方が低い値を示した。

#### 3. 2 集水性能

リペアリッドの集水性能を落ちふた側溝蓋と比較した。試験概略図を図-4、試験状況写真を写真-3に示す。

集水試験は、側溝端部から一定距離Lから延長1m当たりに散水を行い、蓋から側溝に集水される1分間当たり集水量を測定した。また、供用後の集水性能の低下状況を評価するため、山砂1000mlを10分間の散水と共に流し、その後1分間当たりの集水量を測定した。

集水量の測定結果を表-3、散水量に対する蓋の集水量の



写真-2 走行振動測定状況

測定箇所	振動加速度レベル(dB)	
	パワー平均値	最大値
リペアリッド(As舗装部)	102.1	104.9
リペアリッド(導水路部)	102.7	105.0
既設側溝蓋(修繕前)	112.7	117.1
落ちふた側溝蓋	109.8	113.9

表-2 走行振動測定結果

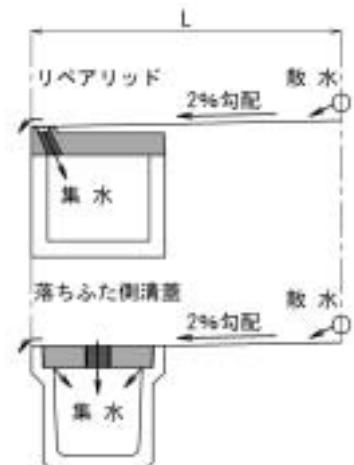


図-4 集水試験概略図



写真-3 集水試験状況

比率を図-5に示す。山砂流下前は、リペアリッド、落ちふた側溝蓋ともにほぼ同等の集水性能を示しが、山砂流下後は、リペアリッドは山砂流下前後で集水量に変化が無いのに対して、落ち蓋側溝蓋は山砂流下前に比べ25%～30%程度集水量が低下した。

リペアリッドは製品全長に渡る導水路が本試験での最大散水量25(1/min)を散水した場合でもオーバーフローしないことが確認できた。また、半円形状の導水路は流速が速く、山砂が導水路に堆積しないことから、山砂流下後も集水性能が低下しないことが確認できた。

一方、落ち蓋側溝蓋は、山砂流下前は蓋や側溝本体蓋受けの隙間から雨水が流入し集水しているが、山砂流下後は、この隙間に山砂が堆積することで集水量が大幅に低下し、散水が側溝を越流することが確認できた。

#### 4まとめ

振動測定結果より、リペアリッドによる側溝修繕は、従来の蓋の入れ替え修繕と比べて、不陸の無い平坦な歩道が確保でき、歩行性が大きく向上することが分かった。

集水性能については試験結果より、蓋の入れ替え修繕と比べて同等以上の集水性能があり、供用後も砂の流入による集水性能の低下は無く初期の集水性能を維持できることが分かった。

以上よりリペアリッドによる歩道の性能向上を確認できたが、特に歩道の平坦化による歩行性の向上については、本試験でのベビーカーや車椅子の走行性のみならず、高齢者や杖使用者の歩行性にも大きく貢献できると思われる。

また、アスファルト舗装による歩道平坦部の拡幅は、道路幅員に制約のある既設道路での歩道改修に大変有効であり、現在、通学路の歩道修繕などにも大きな効果をあげている。

今後は、車両乗入れ横断箇所に対応した蓋構造の検討や集水性能の更なる向上に向けた構造改良に取り組む予定である。

散水量	リペアリッド		落ちふた側溝蓋		単位:l/min
	山砂流下前	山砂流下後	山砂流下前	山砂流下後	
15	15.0	15.0	15.0	11.1	
20	19.1	19.2	19.3	13.3	
25	23.1	22.8	22.0	14.8	

表-3 集水量測定結果

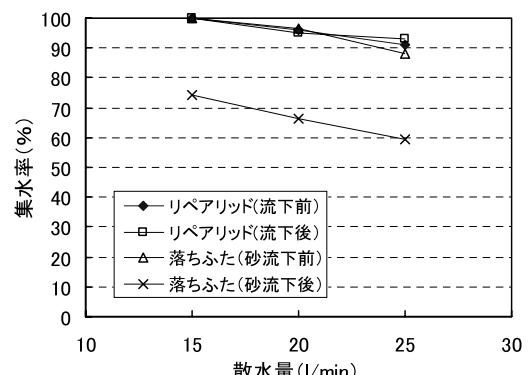


図-5 側溝蓋の集水率



写真-4 歩行者通行状況



写真-5 通学路の側溝修繕状況

(施工中)

■主催 北陸地方建設事業推進協議会「平成19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P C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 19 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/>