

平成 18 年 度
建設技術報告会報文集

平成18年10月

北陸地方建設事業推進協議会
建設技術報告会実行委員会

は　じ　め　に

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

また、21世紀にふさわしい真に豊かさを感じることでできる国民生活のためには、透明性の確保を図り、地域の実情に応じ、無駄なくスピーディーにコストダウンを図りつつ質の高い公共事業の執行及び自然災害に強い国土づくり並びに環境の保全・創造に向けて今後様々な課題を克服していかなければなりません、その中でも建設技術の開発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11回目となります。

今回の38課題の新しい技術も北陸で活用される技術というだけでなく、技術者の技術力の向上・習得の機会となれば幸いです。

国土交通省では、平成13年度に「公共工事における新技術活用促進システム」を創設し、平成17年度には、実績の少ない新技術の活用の促進等を図るため、現場での確実な試行を実施し事後評価を行うよう、再編・強化して、新技術の公共工事への活用を促進してきました。

今般、暫定運用の結果や新技術活用の実情等を踏まえ、有用な新技術の活用促進と技術のスパイラルアップを目的として、これまでのシステム全体を事後評価中心型に再整理し、「公共工事等における新技術活用システム」として平成18年8月1日より本格運用しているところです。

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

建設技術報告会実行委員長
平田 五男
(北陸技術事務所長)

＝ 第1会場【2階 多目的ホール】 ＝

▼ 開会式・基調講演

9:30	～	9:40	開会式（開会挨拶）		
			北陸地方整備局 企画部長	橋場 克司	
9:40	～	10:20	基調講演		
			新潟地方気象台 調査官	矢澤 易	

▼ 第1会場 報告技術

10:40	～	11:00	② 路面反射音による排水性舗装の排水機能評価手法の開発 本間 政幸 [北陸地方整備局 北陸技術事務所 機械課]
11:00	～	11:20	② 超高機能舗装について 岡本 信人 [日本道路㈱ 技術研究所 第二研究室]
11:20	～	11:40	② 交差点、鉄道横断アンダーパスの急速施工法（URUP工法） 井澤 昌佳 [㈱大林組 東京支社 土木技術本部 技術第五部]
11:40	～	12:00	② 北陸新幹線新黒部保守基地通路線高架橋へのS.Q.コンクリート構造の適用 清水 大輔 [前田建設工業㈱ 北海道支店 土木部]
12:00	～	12:10	ディスカッション（質疑応答）
12:10	～	13:00	休憩
13:00	～	13:20	② 新規橋梁（鋼橋）における無塗装仕様の海浜耐候性鋼材の採用事例について 沢村 直紀 [新潟県 新発田地域振興局 地域整備部 道路課]
13:20	～	13:40	② プレキャストアーチ式高架橋「すいすいSWAN工法」の開発 小林 修 [戸田建設㈱ 本社 アーバンルネッサンス部]
13:40	～	14:00	② 回収型掘進機「やどかり君」の開発 畑山 栄一 [㈱奥村組 技術本部 土木部]
14:00	～	14:20	② 小断面ニューマチックケーソン工法対応 DREAMⅢ型掘削機の開発 長崎 正幸 [大豊建設㈱ エンジニアリング本部 技術開発部 技術普及課]
14:20	～	14:30	ディスカッション（質疑応答）
14:30	～	14:40	休憩
14:40	～	15:00	① 地中熱利用システムについて 松浦 和也 [鉄建建設㈱ 技術センター]
15:00	～	15:20	① 半たわみ性凍結抑制舗装について 原 克也 [㈱植木組 本社 環境エンジニアリング部]
15:20	～	15:40	① 地熱利用ヒートパイプ融雪方式の施工と融雪効果 斎藤 貴典 [㈱興和 水工部]
15:40	～	16:00	① ソイルセメント地中連続壁を利用した地中熱活用技術 川浦 栄太郎 [㈱本間組 土木本部 技術部]
16:00	～	16:20	① PCシェッド点検判定要領（案） 若林 修 [北陸PC防雪技術協会（日本サミコン㈱）]
16:20	～	16:30	ディスカッション（質疑応答）

▼ 総評・閉会

16:40	～	16:50	総評・閉会 北陸地方建設事業推進協議会「平成18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

＝ 第2会場【4階 大研修室】 ＝

▼ 第2会場 報告技術

10:40 ~ 11:00	④	イソイル緑化工法の開発 田巻 尚 [小柳建設(株) 営業部]
11:00 ~ 11:20	④	天然重曹を用いた除草・抑草システム 藤井 政人 [福田道路(株) 技術研究所]
11:20 ~ 11:40	④	環境に配慮した回転貫入鋼管杭工法(その2) —エコロックパイルの品質について— 窪田 敬昭 [鹿島道路(株) E P事業部]
11:40 ~ 12:00	④	ボンテラン工法 長部 孝彦 [八千代エンジニアリング(株)]
12:00 ~ 12:10		ディスカッション (質疑応答)
12:10 ~ 13:00		休憩
13:00 ~ 13:20	④	風力発電システムによる環境の保全と創造 小泉 澄夫 [ユーシン建設(株)]
13:20 ~ 13:40	④	ハイブリッドショベルの開発 鹿兒島 昌之 [コベルコ建機(株) 要素開発部]
13:40 ~ 14:00	④	振動軽減型舗装の開発 山脇 宏成 [(株)ガイアートT. K 技術研究所]
14:00 ~ 14:20	④	重金属不溶化下水汚泥焼却灰入りアスファルト混合物について 大矢 昌樹 [(株)金沢舗道 生産部]
14:20 ~ 14:30		ディスカッション (質疑応答)
14:30 ~ 14:40		休憩
14:40 ~ 15:00	④	再生骨材を用いた保水性舗装の適用事例 高畑 浩二 [(株)NIPPONコーポレーション 北信越支店 試験所]
15:00 ~ 15:20	④	河川災害復旧工事等における「Hi-OSS」事例の紹介 三国 大輔 [日立建機(株) 東日本事業部 CS営業部]
15:20 ~ 15:40	②	井戸掘削工事における凝集剤を用いた泥水処理の低減方法 北 弘司 [(株)ホクコク地水 工事部]
15:40 ~ 16:00	②	表面改質材によるコンクリート構造物の延命化 宇野 洋志城 [佐藤工業(株) 本社 技術研究所]
16:00 ~ 16:20	②	C S M (カッターソイルミキシング) 工法 増田 浩二 [(株)間組 土木事業本部 技術第一部]
16:20 ~ 16:30		ディスカッション (質疑応答)

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

＝ 第3会場【5階 中研修室】 ＝

▼ 第3会場 報告技術

10:40 ～ 11:00	③	長岡工業高等専門学校の震災復旧工事 野口 英幸 [大成建設(株) 北信越支店 長岡高専環境整備作業所]
11:00 ～ 11:20	③	プレキャストブレースを用いた建築構造物の耐震補強 森山 毅子彦 [オリエンタル建設(株)建築支店工事部]
11:20 ～ 11:40	③	耐震ラップ工法(波形分割鋼板巻立て工法)の開発 大越 靖広 [㈱熊谷組 土木事業本部土木設計部]
11:40 ～ 12:00	③	中越地震により被災したアースダムの復旧実績(浅河原調整池復旧報告) 神戸 隆幸 [鹿島建設(株) 土木管理本部 土木工務部 ダムグループ]
12:00 ～ 12:10		ディスカッション(質疑応答)
12:10 ～ 13:00		休憩
13:00 ～ 13:20	③	急流河川用「侵食センサー」の開発 佐々木 博明 [パシフィックコンサルタンツ(株)水工事業本部 河川部]
13:20 ～ 13:40	③	シャッター付砂防えん堤構造に関する検討 青柳 泰夫 [パシフィックコンサルタンツ(株)水工事業本部 防災部]
13:40 ～ 14:00	⑥	苗吹付技術「バイオ・セル・ショット工法」の開発 出雲井 雄二郎 [㈱大本組 技術本部技術開発部]
14:00 ～ 14:20	⑥	低土被り区間の施工対策報告 山本 悟 [西松建設(株) 北陸支店 松ノ木トンネル出張所]
14:20 ～ 14:30		ディスカッション(質疑応答)
14:30 ～ 14:40		休憩
14:40 ～ 15:00	⑥	振動騒音に配慮した鋼管杭の打設 佐藤 裕一 [㈱新潟藤田組 建設部]
15:00 ～ 15:20	⑥	グレーチングストッパーSPの小型化と各種適用事例 中村 利明 [丸運建設(株) 舗道部]
15:20 ～ 15:40	⑥	交通渋滞等がドライバーに与えるストレス把握調査 白澤 晃 [開発技建(株)]
15:40 ～ 16:00	⑤	歩道用アスファルト系弾性舗装「ソフトウォーク」 青木 政樹 [大成ロテック(株) 技術研究所]
16:00 ～ 16:10		ディスカッション(質疑応答)

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	
路面反射音による排水性舗装の排水機能評価手法の開発	15
超高機能舗装について	19
交差点、鉄道横断アンダーパスの急速施工法（URUP工法）	23
北陸新幹線新黒部保守基地通路線高架橋へのS.Q.コンクリート構造の適用	27
新規橋梁（鋼橋）における無塗装仕様の海浜耐候性鋼材の採用事例について	31
プレキャストアーチ式高架橋「すいすいSWAN工法」の開発	35
回収型掘進機「やどかり君」の開発	39
小断面ニューマチックケーソン工法対応 DREAMⅢ型掘削機の開発	43
地中熱利用システムについて	47
半たわみ性凍結抑制舗装について	51
地熱利用ヒートパイプ融雪方式の施工と融雪効果	55
ソイルセメント地中連続壁を利用した地中熱活用技術	59
PCシェッド点検判定要領（案）	63
3. 第2会場 報告技術	
イソイル緑化工法の開発	67
天然重曹を用いた除草・抑草システム	71
環境に配慮した回転貫入鋼管杭工法（その2）－エコロックパイルの品質について－	75
ボンテラン工法	79
風力発電システムによる環境の保全と創造	83
ハイブリッドショベルの開発	87
振動軽減型舗装の開発	91
重金属不溶化下水汚泥焼却灰入りアスファルト混合物について	95
再生骨材を用いた保水性舗装の適用事例	99
河川災害復旧工事等における「Hi-OSS」事例の紹介	103
井戸掘削工事における凝集剤を用いた泥水処理の低減方法	107
表面改質材によるコンクリート構造物の延命化	111
CSM（カッターソイルミキシング）工法	115
4. 第3会場 報告技術	
長岡工業高等専門学校の震災復旧工事	119
プレキャストブレースを用いた建築構造物の耐震補強	123
耐震ラップ工法（波形分割鋼板巻立て工法）の開発	127
中越地震により被災したアースダムの復旧実績（浅河原調整池復旧報告）	131
急流河川用「侵食センサー」の開発	135
シャッター付砂防えん堤構造に関する検討	139
苗吹付技術「ビオ・セル・ショット工法」の開発	143
低土被り区間の施工対策報告	147
振動騒音に配慮した鋼管杭の打設	151
グレーチングストッパーSPの小型化と各種適用事例	155
交通渋滞等がドライバーに与えるストレス把握調査	159
歩道用アスファルト系弾性舗装「ソフトウオーク」	163

技術概要

路面反射音による排水性舗装の排水機能評価手法の開発

テーマ：良いものを安く

主な施工場所：道路

技術の概要：排水性舗装は、機能維持のため空隙の清掃が必要となるが、清掃車による清掃や、現場透水量試験のために車線規制を行い実施している。本稿では、現場透水量測定時間の短縮を行い、清掃作業の効率化、規制時間の短縮を目的として、非接触型で交通規制を伴わない路面反射音を利用した評価手法について開発を行った。

	氏名	勤務先・役職	TEL・FAX	勤務先所在地
発表者	本間 政幸	北陸地方整備局	TEL 025-231-9925	〒950-1101
		北陸技術事務所	FAX 025-231-1283	新潟県新潟市山田2310-5

開発年度：・H15～H17

適用実績：・排水性舗装清掃車の効率化に関する調査業務委託

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 H18.7.26

超高機能舗装について

テーマ：良いものを安く

主な施工場所：道路

技術の概要：平成15年より日本道路公団と共同開発、高機能舗装下面の不透水層に横断勾配を設け、走行路面横断勾配と排水路面横断勾配を別にする事で、走行安全性と排水性の向上を同時に図る。また、路面横断勾配を0%に近づけることで、バリアフリー対策等のユニバーサル化や、雨水の排水量増大と滞水時間短縮を可能にした工法。

	氏名	勤務先・役職	TEL・FAX	勤務先所在地
発表者	岡本 信人	日本道路株式会社	TEL 03-3759-4872	〒146-0095
		技術研究所 第二研究室	FAX 03-3759-2250	東京都大田区多摩川2-11-20

開発年度：・H15.10～H17.5

適用実績：・東海環状自動車道藤岡舗装工事 東海環状自動車道笠原舗装工事
H15.10～H17.5 日本道路公団中部支社

公的機関の認定等：なし

発表の経過：・土木学会 第60回年次学術講演会 H17.9

交差点、鉄道横断アンダーパスの急速施工法（URUP工法）

テーマ：良いものを安く

主な施工場所：道路

技術の概要：アンダーパス工事を短期間で施工する目的で開発したURUP工法はシールド工法により連続的に施工し、従来の1/3の期間で構築する工法です。専用のシールド機により世界初の地上発進・到達でき、立坑構築が不要となります。また、大断面を分割掘削することで小土被り掘進もできます。

	氏名	勤務先・役職	TEL・FAX	勤務先所在地
発表者	井澤 昌佳	株式会社大林組 東京支社	TEL 03-5769-1318	〒108-8502 東京都港区
		土木技術本部 技術第五部	FAX 03-5769-1924	港南2-15-2 (品川インターシティB棟)

開発年度：・H15.10

適用実績：・URUP実証実験工事（大林組技術研究所内） H16.11.18～H17.3.24 株式会社大林組

公的機関の認定等：・東京都新技術情報登録 H17.8 東京都建設局土木技術研究所

・港湾局新材料・新工法データベース登録 H18.4 東京都港湾局（港湾整備部）

発表の経過：・土木学会 「土木建設技術シンポジウム2005」 H17.7.26

北陸新幹線新黒部保守基地通路線高架橋への
S. Q. コンクリート構造の適用

テーマ：良いものを安く

主な施工場所：

技術の概要：北陸新幹線の黒部保守基地通路線高架橋に自己充てん型高強度高耐久コンクリート（S. Q. コンクリート）を適用した。柱や梁の断面を小さくすることで構造物の断面縮小や軽量化を図るとともに、自己充てん型の高耐久なコンクリートを用いることで、施工性と耐久性を高くすることが可能となった。

氏名	勤務先・役職	TEL・FAX	勤務先所在地
発表者 清水 大輔	前田建設工業株式会社	TEL 011-551-1810	〒064-8552
	北海道支店 土木部	FAX 011-552-5767	北海道札幌市中央区南11西11-2-1

開発年度：・H8～

適用実績：・北陸幹（糸・黒）、StBL他2箇所 H17.8～H18.3 独立行政法人鉄道建設・運輸施設整備支援機構

公的機関の認定等：・新技術情報提供システム（NETIS）登録 H17.6 国土交通省

発表の経過：・土木学会 自己充填コンクリート国際ワークショップ H10

新規橋梁（鋼橋）における無塗装仕様の
海浜耐候性鋼材の採用事例について

テーマ：良いものを安く

主な施工場所：道路

技術の概要：本工事は、一般国道290号のバイパス建設に伴う新規橋梁（鋼橋）架設工事である。本橋梁の架設箇所は、冬季間の飛来塩分量が多い箇所であり、こうした塩害対策および架設後の桁塗装塗替の維持管理費のコスト縮減を図るため、塗装塗替が不要である無塗装仕様の海浜耐候性鋼材を使用した事例である。

氏名	勤務先・役職	TEL・FAX	勤務先所在地
発表者 沢村 直紀	新潟県 新発田地域振興局	TEL 0254-26-9563	〒957-8511
	地域整備部 道路課	FAX 0254-26-6449	新潟県新発田市豊町3-3-2

開発年度：なし

適用実績：・国道290号交通連携（国道改築）事業 銚江沢川橋（上部工）工事（新潟県岩船郡関川村桂～胎内市銚江）
H16.12.22～H19.3.15 栗本鐵工所・JST・大川トランスティール特定共同企業体

公的機関の認定等：・新技術情報提供システム（NETIS）登録（KT-980189）国土交通省

発表の経過：なし

プレキャストアーチ式高架橋「すいすいSWAN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：「すいすいSWAN工法」は立体高架橋に係わる景観特性の向上を目指して開腹型アーチ架形式を基本とし、柱・梁・スラブなどの地上部の部材を全てプレキャスト化することで、1)工期の短縮・省力化、2)景観性の向上、3)施工時占用領域の縮小、4)アーチ梁形式による部材の軽量化を実現できます。

氏名	勤務先・役職	TEL・FAX	勤務先所在地
発表者 小林 修	戸田建設株式会社 本社	TEL 03-3535-1602	〒104-8388
	アーバンルネッサンス部	FAX 03-3564-0730	東京都中央区京橋1-7-1

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：・土木学会 第61回年次学術講演会 H18.9.20～22

回収型掘進機「やどかり君」の開発

テーマ：良いものを安く

主な施工場所：都市トンネル

技術の概要：推進工法やシールド工法では、掘進機が回収できない場合には溶断・解体する埋め捨て処分の方法がとられている。今回、掘進機を容易に解体・回収・再組立できる回収型掘進機「やどかり君」を開発した。本掘進機を用いることで、作業環境改善や工期短縮、回収した内蔵機器の再利用が可能になった。

氏名	勤務先・役職	TEL・FAX	勤務先所在地
発表者 畑山 栄一	株式会社奥村組	TEL 03-5427-8578	〒108-8381
	技術本部 土木部	FAX 03-5427-8104	東京都港区芝5-6-1

開発年度：・H14.8～

適用実績：・φ2000下水道管渠推進工事（埼玉県） H16.12.18～H17.9.30
千葉市（新港横戸町線3・4工区下水道施設移設工事）

公的機関の認定等：なし

発表の経過：・「北陸の建設技術」 H18.4

小断面ニューマチックケーソン工法対応
DREAMⅢ型掘削機の開発

テーマ：良いものを安く

主な施工場所：共通

技術の概要：①開発目的・・・完全無人化ニューマチックケーソン工法（New DREAM工法）における小断面化に対応する掘削機の開発。
②開発成果・・・対応可能な最小断面積を約40%～60%縮小することができた。（机上検討）、掘削機の施工性及び掘削能力（性能）を実施工で確認した。（実現場で実証）
③課題・・・完全無人化ニューマチックケーソン工法（New DREAM工法）における更なる小断面化（直径φ6.0m以下）への対応。

氏名	勤務先・役職	TEL・FAX	勤務先所在地
発表者 長崎 正幸	大豊建設株式会社 エンジニアリング本部	TEL 03-3297-7011	〒104-8289
	技術開発部 技術普及課	FAX 03-3297-7516	東京都中央区新川1-24-4

開発年度：・H14.12.24～H18.4.30

適用実績：・主要地方道大阪中央環状線鳥飼大橋架替下部工事 H17.6.1～H18.4.30
大阪府 牧方土木事務所（株式会社大林組）

公的機関の認定等：・新技術情報提供システム（NETIS）登録 H11.10 国土交通省関東地方整備局
・テーマ設定技術募集システム H15.11 国土交通省大臣官房

発表の経過：なし

地中熱利用システムについて

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：北海道などの厳しい気象条件下において、低温な地中熱のみを利用した融雪効果を確認するために、札幌市内において採熱試験および融雪試験を実施した。その結果、効果的な融雪及び凍結防止効果が得られることが確認できた。今後、採熱および融雪能力の定量的な評価や安全性の確保についての検討を行っていく予定である。

氏名	勤務先・役職	TEL・FAX	勤務先所在地
発表者 松浦 和也	鉄建建設株式会社	TEL 0476-36-2334	〒286-0825
	技術センター	FAX 0476-36-2380	千葉県成田市新泉9-1

開発年度：・H17.4.1～

適用実績：・札幌市手稲区星置

公的機関の認定等：なし

発表の経過：・土木学会 年次学術講演会 H18.9

半たわみ性凍結抑制舗装について

主な施工場所：道路

技術の概要：本工法は開粒度アスファルトの空隙部に塩分と少量のベントナイトを混入した特殊セメントミルクを全浸透充填した化学系の凍結抑制舗装であるが、本年度、柏崎市内で実施した国道8号の交差点部における試験舗装について報告する。

	氏名	勤務先・役職	TEL・FAX	勤務先所在地
発表者	原 克也	株式会社植木組 本社	TEL 0257-23-2260	〒945-0056
		環境エンジニアリング部	FAX 0257-21-3720	新潟県柏崎市新橋3-9表町ビル

開発年度：・H15.10～H16.11

適用実績：・市道柏崎市10-49号

公的機関の認定等：・新技術情報提供システム (NETIS) 登録 H18.2 国土交通省北陸地方整備局

発表の経過：・建設技術報告会 H17.9.15

地熱利用ヒートパイプ融雪方式の施工と融雪効果

主な施工場所：道路

技術の概要：深度15m～20m程度のボーリング孔にヒートパイプを挿入し、地熱エネルギーを取り出し、路面の融雪、凍結防止を行う地熱利用ヒートパイプ融雪は、電気もガスも油も使用しないランニングコストゼロの融雪方式である。本報では国道8号弁天ICにおいて、本融雪方式の施工を行い、その融雪効果を報告する。

	氏名	勤務先・役職	TEL・FAX	勤務先所在地
発表者	斎藤 貴典	株式会社興和	TEL 025-281-8816	〒950-8565
		水工部	FAX 025-281-8835	新潟県新潟市新光町6-1

開発年度：・H7.9.30～

適用実績：・弁天IC融雪設備工事 H16.9.9～H17.3.20 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：なし

ソイルセメント地中連続壁を利用した地中熱活用技術

主な施工場所：共通

技術の概要：地中熱は、道路融雪や空調設備の有望な熱源として注目されているが、ボーリング費用が高くなる等の課題があった。本システムは、造成中の連続地中壁に熱交換器を設置することにより、設置費用の削減を図る「ソイルセメント連続地中壁利用地中熱活用システム」である。

	氏名	勤務先・役職	TEL・FAX	勤務先所在地
発表者	川浦 栄太郎	株式会社本間組	TEL 025-229-8440	〒951-8650
		土木本部 技術部	FAX 025-223-5040	新潟県新潟市西湊町通三ノ町3300-3

開発年度：・H13.5～H16.10

適用実績：・西新発田五十公野線道路改良工事 (承認願いによる現地実証実験) H15.7.11～H18.3.15 新潟県新発田地域振興局

公的機関の認定等：・新技術情報提供システム (NETIS) 登録 H18.2 国土交通省北陸地方整備局北陸技術事務所

発表の経過：・土木学会関東支部 新潟会研究調査発表会 H17.11.15

PCシェッド点検判定要領（案）

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：PCスノー、ロックシェッドは北陸を中心にマニュアル類も整備され、全国で建設されています。しかしPCシェッド専用の点検、判定に関する資料は未整備に近く、今回道路管理者の維持管理業務の一助を目的として、上・下部工の構造物本体および山側・下側の斜面を対象とした点検要領(案)を作成しました。

	氏名	勤務先・役職	TEL・FAX	勤務先所在地
発表者	若林 修	北陸PC防雪技術協会 (日本サミコン株式会社)	TEL 025-286-5211 FAX 025-286-6638	〒950-0925 新潟県新潟市弁天橋通1-8-23

開発年度：・H16.9.17～H18.5.31

適用実績：なし

公的機関の認定等：なし

発表の経過：なし

イソイル緑化工法の開発

主な施工場所：共通

技術の概要：建設現場で伐採した樹木（根、幹、枝葉等）を現場内でチップ化し、堆肥化すること無く、生木のままだ面等の緑化施工面に吹付け、植生基盤材として有効活用する緑化工法です。又、下水道事業の汚泥発酵肥料と食品産業の海藻残渣を併せて活用する、ゼロ・エミッションとコスト縮減を旨とした技術です。

	氏名	勤務先・役職	TEL・FAX	勤務先所在地
発表者	田巻 尚	小柳建設株式会社	TEL 0256-35-8123	〒955-0047
		営業部	FAX 0256-33-3333	新潟県三条市東三条1-21-5

開発年度：・H14.11.1

適用実績：・赤崎地すべり表面排水路工事 H14.11.20～H14.11.30（阿賀野川工事事務所）

公的機関の認定等：・新技術情報提供システム（NETIS）登録 H16.3 北陸地方整備局北陸技術事務所

発表の経過：なし

天然重曹を用いた除草・抑草システム

主な施工場所：共通

技術の概要：天然重曹をブラストならびに水溶液にて散布し、法面の除草を行うシステムの開発。重曹は農薬取締法の『特定防除資材』に指定され、環境に害を与えない防除資材として認められている。この重曹を法面に生えた草に散布し、法面の除草・抑草を行うものである。

	氏名	勤務先・役職	TEL・FAX	勤務先所在地
発表者	藤井 政人	福田道路株式会社	TEL 0256-88-5011	〒959-0415
		技術研究所	FAX 0256-88-5012	新潟県新潟市大潟村古新田2031

開発年度：・H16.4～H18.4

適用実績：なし

公的機関の認定等：なし

発表の経過：なし

環境に配慮した回転貫入鋼管杭工法(その2)
ーエコロックパイルの品質についてー

主な施工場所：共通

技術の概要：平成17年度建設技術報告会において、エコロックパイル工法の支持力特性及び施工管理方法について報告した。本報文は、当該技術の代表的な適用例を紹介するとともに、杭体の健全性に関する実証実験結果について述べる。

	氏名	勤務先・役職	TEL・FAX	勤務先所在地
発表者	窪田 敬昭	鹿島道路株式会社	TEL 03-5802-8253	〒112-0004
		E P 事業部	FAX 03-5802-8083	東京都文京区後楽1-7-12（林友ビル）

開発年度：・H15.12.24

適用実績：・（財）日本建築センター性能評価書 H17.4.12～ 国土交通省北陸地方整備局長岡国道事務所他

公的機関の認定等：・建築基準法施行規則 第1条の3第1項本文の認定に係る性能評価
H15.12（財）日本建築センター

・国土交通大臣認定 H16.3 国土交通省

発表の経過：・北陸地方建設事業推進協議会 平成17年度 建設技術報告会 H17.9.15

テーマ：環境の保全と創造

ポンテラン工法

主な施工場所：共通

技術の概要：高含水比の建設汚泥、浚渫土砂、軟弱土、浄水汚泥等に古紙破砕物等を添加・混合することで脱水処理することなく、団粒固化し、盛土材や緑化基盤材にリサイクルする工法です。

	氏名	勤務先・役職	TEL・FAX	勤務先所在地
発表者	長部 孝彦	八千代エンジニアリング株式会社	TEL 03-5906-0175 FAX 03-5906-0805	〒161-8575 東京都新宿区西落合2-18-12

開発年度：・H11.4.1～H17.12.8

適用実績：・芋川河道閉塞緊急対策工事 H16.12.13～H16.12.25 北陸地方整備局 湯沢砂防事務所

公的機関の認定等：・先端建設技術・技術審査証明 H17.12 (財)先端建設技術センター

・テーマ設定技術募集システムによる技術の募集 H15.11

国土交通省大臣官房公共工事技術活用評価委員会

発表の経過：・資源・素材学会誌「資源と素材」2005.2.3 H17.3.25

テーマ：環境の保全と創造

風力発電システムによる環境の保全と創造

主な施工場所：共通

技術の概要：金沢大学教授が携わる産業創出機構の研究から始まった太陽光風力発電システム。異業種の方々の協力もあり、試行錯誤しながらの試作機。試運転を始めると風速が4m以下だと回らない。風きり音が高いと問題がおき、石川県の陶磁器メーカーと共同開発をし、完成したのがyushin200wタイプの風力発電システムです。

	氏名	勤務先・役職	TEL・FAX	勤務先所在地
発表者	小泉 澄夫	ユーシン建設株式会社	TEL 0763-33-6772 FAX 0763-33-6820	〒939-1308 富山県砺波市三郎丸56番地

開発年度：・H9～

適用実績：なし

公的機関の認定等：・新事業分野開拓事業 H17.11 富山県知事

発表の経過：なし

テーマ：環境の保全と創造

ハイブリッドショベルの開発

主な施工場所：共通

技術の概要：建設機械の省エネルギーを目的とし、ショベル本来の性能を損なうことなく燃費を低減可能なシリーズハイブリッドシステムを開発し、6tクラスのショベルに適用した。下水管理設工事を模擬した性能評価試験を実施し、60%以上の燃費削減効果があることを実証した。システムコストの低減が今後の課題である。

	氏名	勤務先・役職	TEL・FAX	勤務先所在地
発表者	鹿児島 昌之	コベルコ建機株式会社 要素開発部	TEL 082-874-1666 FAX 082-875-2237	〒731-0138 広島県広島市安佐南区祇園3-12-4

開発年度：・H11.10.1～H17.3.31

適用実績：なし

公的機関の認定等：なし

発表の経過：・平成17年度 建設施工と建設機械シンポジウム H17.11.15

振動軽減型舗装の開発

主な施工場所：道路

技術の概要：車両走行により発生する道路交通振動を抑制するために平成12～14年度に防振ゴムを利用した振動軽減型舗装の開発を（独）土木研究所と共同で実施した。その結果、通常舗装に比べ振動軽減効果が約7dbほどあることが確認されたが、耐久性に課題が生じた。その後、耐久性向上をさせる改良を行い、良好な結果が得られた。

	氏名	勤務先・役職	TEL・FAX	勤務先所在地
発表者	山脇 宏成	株式会社ガイアートT.K 技術研究所	TEL 0297-52-4751 FAX 0297-52-2579	〒300-2445 茨城県つくばみらい市小絹216-1

開発年度：なし

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 H17.10.27

重金属不溶化下水汚泥焼却灰入り
アスファルト混合物について

主な施工場所：道路

技術の概要：下水処理場から発生する下水汚泥焼却灰は、従来、環境安全面の問題により埋立処分されていました。本技術は、焼却灰に含まれる重金属を薬剤混練処理により不溶化し、アスファルト合材製造時に使用するフィラーの代替品として混入した下水汚泥焼却灰入りアスファルト合材であります。

	氏名	勤務先・役職	TEL・FAX	勤務先所在地
発表者	大矢 昌樹	株式会社金沢舗道 生産部	TEL 076-223-4858 FAX 076-263-6318	〒920-0043 石川県金沢市長田2-4-8

開発年度：・H7.6.1～H17.3.31

適用実績：・金沢市内及びその近郊 H17.5.27 石川県、金沢市

公的機関の認定等：・石川県リサイクル認定製品制度 H12.2 石川県
・石川ブランド優秀新製品認定制度 H17.5 石川県

発表の経過：・第25回日本道路会議 H15.11.6

再生骨材を用いた保水性舗装の適用事例

主な施工場所：道路

技術の概要：近年、道路環境の観点から環境を視点とした舗装の取り組みが進められている。また、アスコン塊の再資源化率の維持・向上も求められている。そこで、再生骨材を用いた保水性舗装の室内試験および試験施工を実施した結果、保水性舗装の路面温度抑制維持効果および新規と再生骨材を混入した混合物で差異がないことが確認できた。

	氏名	勤務先・役職	TEL・FAX	勤務先所在地
発表者	高畑 浩二	株式会社NIPPPOコーポレーション 北信越支店 試験所	TEL 025-246-0048 FAX 025-244-3792	〒950-0916 新潟県新潟市米山5-11-21

開発年度：なし

適用実績：・一般県道東金沢停車場線県単舗装道補修工事 (石川県金沢市小坂町)
H18.4.9～H18.4.10 石川県

公的機関の認定等：・新技術情報提供システム (NETIS) 登録 H16.3 国土交通省

発表の経過：・第10回北陸道路舗装会議 H18.6.6

河川災害復旧工事等における「Hi-OSS」事例の紹介

テーマ：環境の保全と創造

主な施工場所：河川

技術の概要：当社では、災害復旧工事(河川堤防改修)に伴い発生する建設発生土を有効活用するための工法として最適な機械を組合せた「Hi-OSS (ハイオス; 日立オンサイトスクリーニング&ソリューション)」の活用を各現場殿へのご提案、ご採用頂いている。本発表は、それらの事例に基づいた工法の紹介をするものである。

	氏名	勤務先・役職	TEL・FAX	勤務先所在地
発表者	三国 大輔	日立建機株式会社 東日本事業部 CS営業部	TEL 03-3830-8133 FAX 03-3830-8218	〒112-8563 東京都文京区後楽2-5-1

開発年度：なし

適用実績：・大河津可動堰工事、刈谷田川災害復旧工事など 信濃川河川事務所、長岡地域振興局

公的機関の認定等：なし

発表の経過：なし

井戸掘削工事における凝集剤を用いた泥水処理の低減方法

テーマ：良いものを安く

主な施工場所：共通

技術の概要：井戸掘削工事で発生する泥水は産業廃棄物として処理費用がかさみ、環境負荷も大きい。この泥水量の低減を目的として、市販の凝集剤を用いて泥水を清水と凝集沈殿物に分離し、泥水量を約60%に低減できた。今後は連続的な泥水濃度の変化に対応した管理基準を設け、凝集沈殿物の脱水方法を確立し、さらなる削減を目指す。

	氏名	勤務先・役職	TEL・FAX	勤務先所在地
発表者	北 弘司	株式会社ホクコク地水 工事部	TEL 076-241-7158 FAX 076-243-2422	〒921-8021 石川県金沢市御影町25-1

開発年度：・H16.5.8~H18.5.31

適用実績：・各さく井工事現場 H18.5.1~H18.5.31 株式会社アペックス

公的機関の認定等：なし

発表の経過：なし

表面改質材によるコンクリート構造物の延命化

テーマ：良いものを安く

主な施工場所：共通

技術の概要：コンクリート構造物の延命化に対しては、劣化部分の補修等の対策が主流である。筆者らは、劣化が顕著となる以前から予防保全の観点で表面改質材による耐久性の向上を試み、その効果を検証した。

	氏名	勤務先・役職	TEL・FAX	勤務先所在地
発表者	宇野 洋志城	佐藤工業株式会社 本社 技術研究所	TEL 046-241-2171 FAX 046-241-2176	〒243-0211 神奈川県厚木市三田47-3

開発年度：・H15.4.1~H18.3.31

適用実績：なし

公的機関の認定等：なし

発表の経過：なし

CSM（カッターソイルミキシング）工法

主な施工場所：共通

技術の概要：開発目的・・・水平多軸回転カッターを用いた掘削・攪拌方式により、工期、経済性および品質等に優れたソイルセメント地中連続壁を造成すること。
 開発成果・・・現在までに試験施工を含め土留め壁、遮水壁等において約10件の施工実績を有し、優れた施工性や品質・施工精度を確認した。
 課題・・・更なる低空頭化機械の開発。

	氏名	勤務先・役職	TEL・FAX	勤務先所在地
発表者	増田 浩二	株式会社間組	TEL 03-3588-5761	〒105-8479
		土木事業本部 技術第一部	FAX 03-3588-5755	東京都港区虎ノ門2-2-5

開発年度：なし

適用実績：・大野広域連合東部埋立処分場適正閉鎖工事 H17.3.16～H18.3.15 大野広域連合

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

発表の経過：・「都市再生に関する新技術」 H17.10.19 （社）日本土木工業協会

長岡工業高等専門学校の震災復旧工事

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：本工事は、2004年10月の中越大地震により学校全体が甚大に被災した、長岡工業高等専門学校の震災復旧工事であり、建築土木、計8工区で、震災前の状態を回復すべく施工された。土木工事では、崩壊した盛土法面を含む全体の地滑り防止対策として、抑止杭工事、軽量盛土工事、法面工事が計画された。

氏名	勤務先・役職	TEL・FAX	勤務先所在地
発表者 野口 英幸	大成建設株式会社 北信越支店	TEL 0258-30-1711	〒940-8532
	長岡高専環境整備作業所	FAX 0258-30-1712	新潟県長岡市西片貝町字上ノ山874-1

開発年度：なし

適用実績：・長岡工業高専環境整備（地滑り対策等）工事 H17.7.5～H18.10.30
独立行政法人国立高等専門学校機構

公的機関の認定等：・長繊維混入補強土一体緑化工法 H15.9 （財）砂防・地すべり技術センター
・全旋回方式場所打ち杭施工機（スーパートップ工法） H4.3 （社）日本建設機械化協会

発表の経過：なし

プレキャストブレースを用いた建築構造物の耐震補強

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：学校、病院等の公共建築構造物の耐震補強施工の報告です。プレキャスト部材としたブレースや外フレームを、構造物の外周に圧着させる工法です。現構造物の使用状態を変えずに耐震性能のみ向上させます。また、専門工場で作成したプレキャスト部材を用いる為、高品質を保ち、現地工程も大きく短縮出来ます。

氏名	勤務先・役職	TEL・FAX	勤務先所在地
発表者 森山 毅子彦	オリエンタル建設株式会社	TEL 03-3265-9811	〒102-0093 東京都千代田区
	建築支店 工事部	FAX 03-3263-4256	平河町2-1-1 (ORIKEN平河町ビル7F)

開発年度：なし

適用実績：・上山小学校大規模改造工事 H17.7.25～H17.8.31 新潟市

公的機関の認定等：・技術評価認定 H11.3 （財）日本建築防災協会

発表の経過：なし

耐震ラップ工法(波形分割鋼板巻立て工法)の開発

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：RC高架橋柱等の新しい耐震補強技術として耐震ラップ工法を開発した。本工法は分割した鋼板を用いることにより人力施工を可能とし、波形およびくさび形鉛直継ぎ目のかみ合わせ結合により現場溶接が不要な工法である。このため、従来の鋼板巻立て工法では施工が困難な狭隘な箇所での施工に優位性を発揮するものである。

氏名	勤務先・役職	TEL・FAX	勤務先所在地
発表者 大越 靖広	株式会社熊谷組	TEL 03-3235-8622	〒162-8557
	土木事業本部 土木設計部	FAX 03-3266-8525	東京都新宿区津久戸町2-1

開発年度：・H16.7.1～H18.3.31

適用実績：・耐震ラップ工法性能確認試験 H18.7.1～H18.3.31 西日本旅客鉄道株式会社

公的機関の認定等：・既存鉄道コンクリート高架橋柱等の耐震補強設計・施工指針 ～波形分割鋼板巻立て補強編～ H18.4 （財）鉄道総合技術研究所

発表の経過：・第61回土木学会年次学術講演会 H18.9.20

中越地震により被災した
アースダムの復旧実績（浅河原調整池復旧報告）

テーマ：自然災害からの安全確保

主な施工場所：河川

技術の概要：浅河原調整池（管理：JR東日本）は昭和20年の完成以来、発電用の調整池として役割を果たしてきたが、平成16年10月に発生した新潟県中越地震により堤体堤頂部に亀裂が生じる被害を受けた。本文では、被災状況、調査および発生原因の推定（JR東日本委員会報告書による）、復旧工事の施工実績等について報告する。

	氏名	勤務先・役職	TEL・FAX	勤務先所在地
発表者	神戸 隆幸	鹿島建設株式会社 土木管理本部	TEL 03-6406-7410	〒107-8388
		土木工務部 ダムグループ	FAX 03-5474-9145	東京都港区元赤坂1-2-7

開発年度：なし

適用実績：・信発浅河原調整池堤体他災害応急（中越地震）
H17.3.31～H18.2.6 東日本旅客鉄道株式会社上信越工事事務所

公的機関の認定等：なし

発表の経過：なし

急流河川用「侵食センサー」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

技術の概要：河川管理者が堤防などの施設管理の安全性の向上と住民の避難誘導が必要となる際の情報提供能力を向上させることを目指し、洪水時河道の侵食実態を時系列で計測できる地中通信技術を用いた「侵食センサー」と、浸透・侵食のモニタリングデータをリアルタイムで見ることができる「全自動計測システム」を新たに開発しました。

	氏名	勤務先・役職	TEL・FAX	勤務先所在地
発表者	佐々木 博明	パシフィックコンサルタンツ株式会社	TEL 03-3344-0845	〒163-0730 東京都新宿区
		水工事業本部 河川部	FAX 03-3344-1367	西新宿2-7-1（新宿第一生命ビル）

開発年度：・H16.11.13～H17.3.25

適用実績：・安倍川 国土交通省

公的機関の認定等：なし

発表の経過：なし

シャッター付砂防えん堤構造に関する検討

テーマ：自然災害からの安全確保

主な施工場所：河川

技術の概要：本報告は、既設のコンクリート砂防えん堤にシャッターを付けることで、砂防えん堤の機能向上を図ることを目的とし、候補地の選定や施設の構造について検討したものである。また、構造が簡単、操作が容易、維持管理が容易、経済的に安価、土砂の調節が確実、溪流の連続性が確保されることに配慮し、人為的操作を行う透過型のシャッター付砂防えん堤の構築について検討したものである。

	氏名	勤務先・役職	TEL・FAX	勤務先所在地
発表者	青柳 泰夫	パシフィックコンサルタンツ株式会社	TEL 03-3344-0818	〒163-0730 東京都新宿区
		水工事業本部 防災部	FAX 03-3344-0921	西新宿2-7-1（新宿第一生命ビル）

開発年度：・H17.8.2～H18.3.15

適用実績：・松本砂防事務所 国土交通省

公的機関の認定等：なし

発表の経過：なし

テーマ：その他

苗吹付技術「ピオ・セル・ショット工法」の開発

主な施工場所：河川

技術の概要：近年、グラウンドカバープランツ（GCP）と呼ばれる植物で雑草の発生を抑制し、花を咲かせて景観形成を図ろうとする取組みが全国各地で行われている。しかし、有効なGCPに種子で繁殖する植物はなく、もっぱらポット苗を人の手によって植付けている。そこで、植物の苗を機械で吹付けるという新たな緑化技術を開発した。

	氏名	勤務先・役職	TEL・FAX	勤務先所在地
発表者	出雲井 雄二郎	株式会社大本組	TEL 086-227-5156	〒700-8550
		技術本部 技術開発部	FAX 086-227-5176	岡山県岡山市内山下1-1-13

開発年度：・H9.7～H11.4

適用実績：・岩手県～宮崎県114件（約15万㎡） H11.8～H18.3 国土交通省他

公的機関の認定等：・第5回国土技術開発賞入賞 H15.9 第5回国土技術開発賞選考委員会

・テーマ設定技術募集システム選定 H17.2 公共工事技術活用評価委員会

発表の経過：・北陸の建設技術 vol.177 H18.3

テーマ：その他

低土被り区間の施工対策報告

主な施工場所：河川

技術の概要：本工事区間のうち中ノ俣川直下においては、①低土被り（最小7m）であること、②地盤の傾斜が高角度であること、③砂質層が挟在し部分的に透水性が高いこと等が確認されていた。そこで、本工事ではトンネル断面への河川水の流入防止と低土被り対策として、トンネル内部よりAGF-Rs工と薬液注入工を実施した。

	氏名	勤務先・役職	TEL・FAX	勤務先所在地
発表者	山本 悟	西松建設株式会社 北陸支店	TEL 0255-41-2192	〒949-1735
		松ノ木トンネル出張所	FAX 0255-41-2195	新潟県上越市大字土口字川原525

開発年度：なし

適用実績：・北幹、松ノ木T（西）他2工事 H17.6.22～H17.8.1
鉄道建設・運輸施設整備支援機構鉄道建設本部北陸新幹線建設局

公的機関の認定等：なし

発表の経過：なし

テーマ：その他

振動騒音に配慮した鋼管杭の打設

主な施工場所：河川

技術の概要：本工事は、信濃川より分流する関屋分水路河口の護岸構造物が、護岸矢板の腐食により背面土砂が流失、空洞化を生じ法面が陥没した護岸の災害復旧工事の中で、矢板に代わる護岸基礎として設計されたφ1100mm～φ1400mmの鋼管矢板打設作業で、振動騒音対策のため採用した鋼管パイラー機施工についての報告です。

	氏名	勤務先・役職	TEL・FAX	勤務先所在地
発表者	佐藤 裕一	株式会社新潟藤田組	TEL 025-230-2272	〒951-8131
		建設部	FAX 025-371-5551	新潟県新潟市白山浦2-645-1

開発年度：なし

適用実績：・H16.8.19～H17.8.31 北陸地方整備局信濃川下流事務所

公的機関の認定等：なし

発表の経過：・北陸の建設技術 3月号掲載 H18.3

グレーチングストッパーSPの小型化と各種適用事例

主な施工場所：道路

技術の概要：小型の側溝や柵等に設置されているグレーチング蓋の跳ね上がり防止を目的に、従来品を小型化し、同等の性能を持った専用金具を開発した。特徴として、小型U字溝180型のエンドアングル付グレーチング蓋から設置可能で、内蔵スプリングにより、金属疲労の軽減や騒音・盗難防止などにも効果を発揮する安全安心の製品です。

	氏名	勤務先・役職	TEL・FAX	勤務先所在地
発表者	中村 利明	丸運建設株式会社 舗道部	TEL 025-245-4317 FAX 025-245-4730	〒950-8738 新潟県新潟市幸西1-4-21

開発年度：・H17.10.1～

適用実績：・平成17年度11・55号維持工事 H18.1～H18.3 国交省 四国地整 徳島河川国道事務所

公的機関の認定等：なし

発表の経過：なし

交通渋滞等がドライバーに与えるストレス把握調査

主な施工場所：道路

技術の概要：近年のモータリゼーションの進展により、交通事故や交通渋滞の増加など、多くの社会問題を引き起こしている。これら諸問題はドライバーにストレスを感じさせ、安全で円滑な自動車交通には、交通渋滞等によりドライバーが感じるストレスを定量的に評価することが望ましい。本調査は、ドライバーのストレスを物理的反応として計測が可能であるGSR(皮膚電気反応)測定を実施したものである。

	氏名	勤務先・役職	TEL・FAX	勤務先所在地
発表者	白澤 晃	開発技建株式会社	TEL 025-265-2261 FAX 025-265-2227	〒951-8153 新潟県新潟市文京町22-21

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

歩道用アスファルト系弾性舗装「ソフトウオーク」

主な施工場所：道路

技術の概要：「ソフトウオーク」は、適度な衝撃吸収性・すべり抵抗性・透水性を備えたゴムチップ入りアスファルト系弾性舗装で、歩行者の膝への負担や転倒時の衝撃を和らげます。ゴムチップはリサイクル材を使用し、アスファルト合材工場での大量製造、一般の舗設機械での機械施工が可能のため、比較的安価に提供できる技術です。

	氏名	勤務先・役職	TEL・FAX	勤務先所在地
発表者	青木 政樹	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

開発年度：・H14.4～H17.3

適用実績：・H18.1.21～H18.3.30 福岡県筑後市役所

公的機関の認定等：なし

発表の経過：・道路建設(雑誌) H17.11.1 懸賞論文3等入賞

第一会場 報告技術

路面反射音による排水性舗装の排水機能評価手法の開発

北陸技術事務所 機械課長 本間 政幸

1. はじめに

排水性舗装は、空隙率の高い多孔質な構造により水や空気といった流体を通すことから、雨水を浸透させる排水機能、交通騒音を低減させる吸音機能を兼ね備えている。しかし、その機能も空隙の詰まりにより概ね 2 ～ 4 年後には失われてしまうため、機能を維持するには排水性舗装清掃車による清掃が必要となるが、清掃速度 (1 km/h) が遅いため交通規制を行い清掃区間を閉鎖して実施 (写真-1 参照) している。また、清掃前と清掃後に現場透水量を測定 (写真-2 参照) し、清掃効果の評価を行っているため、これら時間がかかる一連の作業に対する効率化が求められている。



写真-1 排水性舗装清掃作業



写真-2 現場透水量の測定

2. 概要

現場透水量の測定は、図-1 に示すとおり、横断方向 3 ヶ所 (OWP : 外側車輪位置、BWP : 外側車輪位置と内側車輪位置の間、IWP : 内側車輪位置)、縦断方向 3 ヶ所の合計 9 ヶ所、1 ヶ所当りは、3 回測定 of 平均値を採用するので、1 清掃区間で清掃前と清掃後を合わせ合計 54 回の測定が必要となる。



図-1 測定箇所例

本稿では、清掃作業の効率化を目的として、非接触型で交通規制を伴わない路面反射音を利用した評価手法について検討を行った。

3. 路面反射音の計測・評価システムの開発

排水性舗装の機能の一つである吸音機能に着目し装置の開発を行った。

開発コンセプトは以下のとおり。

- ①必要な時にパトロールカーに取付搭載が可能であること。
- ②パトロールカーに乗車する人が容易に操作できること。
- ③路面反射音を自動計測し、計測・評価結果を瞬時に確認できること。

3. 1 音源・受音装置の選定

装置の原理は、音源装置 (スピーカー) から音を放射し、排水性舗装面に当たって反射した反射音を受音装置 (マイク) で拾い騒音計で測定、「測定路面」となる排水性舗装の反射音と「基準路面」

となる密粒舗装の反射音との差で排水性舗装の空隙状態を判別するものである。各装置の選定は、音源装置の出力、安定性、再現性、指向性と車への搭載性を目的に検討を行った。(表-1、写真-3 参照)

表-1 音源・受音装置の仕様

○音源装置：ホーンスピーカー (TOA SC-715)
・試験音：ピンクノイズ (200Hz～5kHz)
・入力電圧：2V (RMS)、入力電力：0.5W (8Ω)
○受音装置：ホーン内埋め込み型 (TOA SC-715 + BION NL-06 7/8)
○ホーンの設定高さ：22 cm
○ホーンの設定間隔：50 cm
○ホーンの設定角度：鉛直下向き (0°)
○架台材料：鉄・アルミ



写真-3 音源・受音装置

音源・受音装置は、図-2 に示すとおり、エンジン停止時、アイドリング時、密粒舗装走行時 (10 km/h ~ 50 km/h) において、中心周波数帯域 (500Hz ~ 2kHz) での変化がほぼ一致していることから、車体本体から発生する騒音 (タイヤ音、マフラー音、エンジン音、風雑音等) の影響を受けないことを確認した。

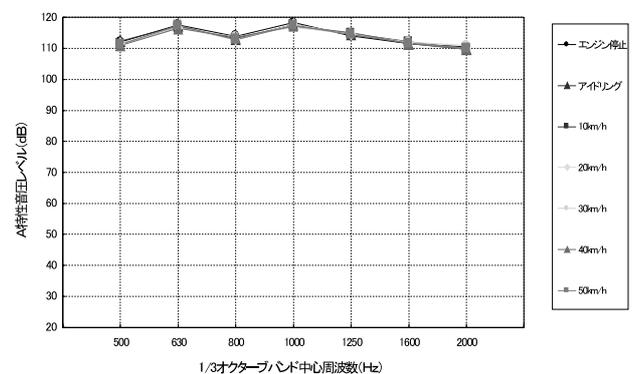


図-2 音源・受音装置の反射音測定

3. 2 計測・評価装置 (ハードウェア) の開発

システムの機器構成は、図-3 に示すとおりで、各機器はジュラルミンケースに収納しておき、必要な時にパトロールカーの後部及び座席に設置するようにした。(写真-4 参照)

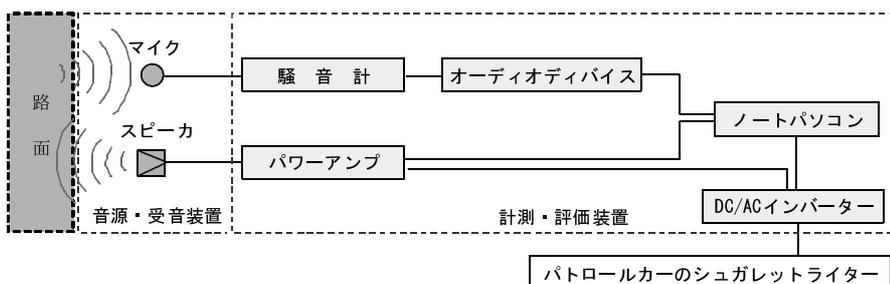


図-3 システムの機器構成図



写真-4 設置状況

3. 3 計測・評価装置プログラム (ソフトウェア) の開発

3. 3. 1 ソフトウェアの概要

計測・評価プログラムは、排水性舗装の吸音効果を表す「吸音率」を計測・評価するものとした。一般的に入射した音に対する反射しない音のエネルギーの割合を「吸音率」とするが、現場における正確な入射音の測定が困難であるため、本手法では、密粒舗装を「基準路面」として測定した反射音に対する排水性舗装を「測定路面」として測定した反射音のエネルギーの割合を「吸音率」と定義することとした。

図-4 は、空隙率の異なる排水性舗装（測定路面）の反射音エネルギーから密粒舗装（基準路面）の反射音エネルギーを差し引いた相対レベルを 1/3 オクターブバンド周波数帯分析を行った結果をグラフ化したものである。そこから分かるように中心周波数毎に相対レベルが異なることが分かる。例えば、排水性舗装（5mm、23%）では、1000Hz 帯で 3dB、1250Hz 帯で 4dB、1600Hz 帯で 2dB となる。そのため、吸音率の算出は、中心周波数毎の相対レベルのエネルギー平均値により求めることとした。（式-1 参照）

3. 3. 2 操作手順と CRT 画面

計測・評価装置プログラムの操作手順と CRT 画面は以下のとおり。

計測情報・条件を入力後、「計測開始」ボタンをクリックすると、計測の開始及び終了が自動的に実行される。（図 5～7 参照）



図-5 ソフトウェアの操作手順

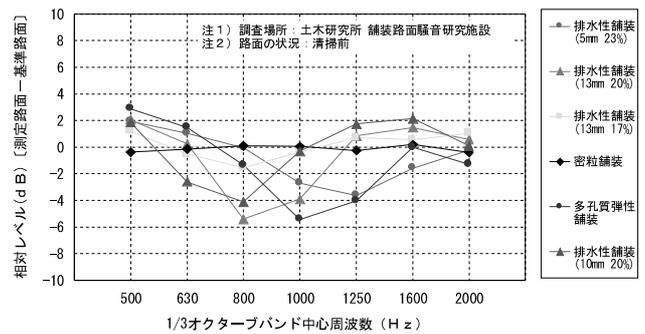


図-4 舗装構造の違いによる吸音効果

$$\alpha = [1 - 10^{(\Delta L / 10)}] \times 100 \quad \dots \dots \text{式-1}$$

$$\Delta L = -10 \log_{10} [10^{(-\Delta L_{f1} / 10)} + \dots + 10^{(-\Delta L_{fn} / 10)}] / n$$

α : 吸音率 (%)

ΔL : 計算対象周波数範囲 ($f_1 \sim f_n$ Hz) の相対レベルのエネルギー平均値 (dB)

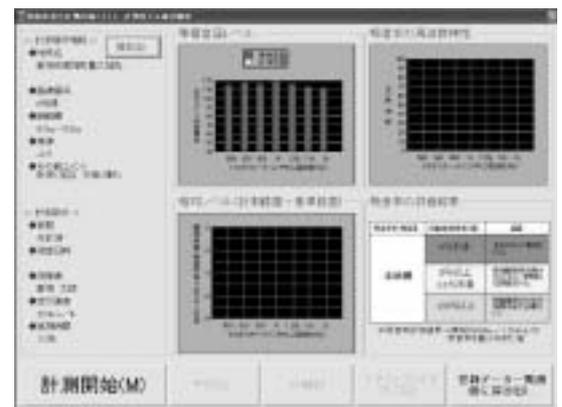


図-6 CRT画面（計測開始時）

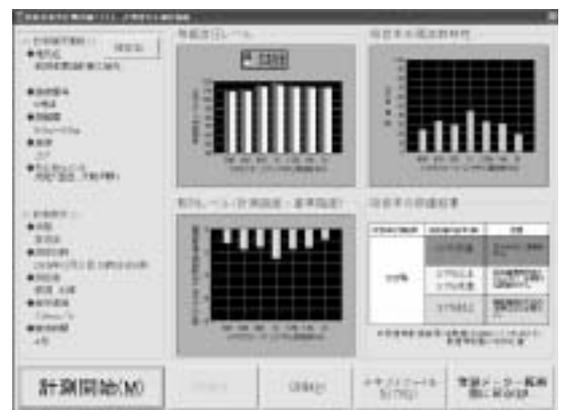


図-7 CRT画面（計測完了時）

4. 機能維持評価基準値の検討

排水性舗装清掃実施の判断基準となる機能維持評価基準値を「透水量」から「吸音率」に変更する

にあたり、平成 15～17 年度の現場透水量試験と路面反射音測定データのデータにより検討を行った。

4. 1 計算対象周波数範囲の特定

機能維持評価基準値は、現場透水量試験と路面反射音測定を同じ地点で実施した『地点評価』と、清掃区間内の地点データを平均した『区間評価』の透水量と吸音率の散布図を比較し、計算対象の周波数範囲のパターンを変え、相関係数が一番高くなる周波数範囲の特定を行った。その結果、相関係数が「0.9」と一番高い値となった 4 帯域（630～1250Hz）の計算対象周波数範囲を特定できたと共に、吸音率により排水性舗装の空隙状態を評価出来ることが確認できた（図-8 参照）。

4. 2 機能維持評価基準値（案）の設定

地点評価と区間評価で求めた 1 次回帰式と 2 次回帰式を比較した結果、傾き・縦軸との接点が 2 次回帰式の方が近似することから、吸音率による機能維持評価基準値の算出は区間評価の 2 次回帰式から求めることとし、現行基準の透水量 200 (ml/15s) に対する吸音率は 0%以下（図-9 参照）であるため、透水量 600 (ml/15s) に対する吸音率 8%未満で清掃することを提案した。（表-2 参照）。

5. まとめ

路面反射音の計測・評価システムにより排水性舗装の空隙状態を評価することが可能となったことから、現状の交通規制区間内における人力作業での現場透水試験が、交通規制なしで自動計測できるようになり、清掃作業の効率化及びコスト縮減、交通渋滞緩和が図られると期待される。

現場における聞き取り調査の結果では、1 清掃区間（測定回数 54 回）における現場透水試験に要する時間は現場条件により異なるものの、現場透水試験器 1～3 台で測定した場合、約 6.5～3.5 時間程度かかっていたものが、路面反射音測定の移動速度 30 km/h、清掃区間 500m、横断方向 3 回計測で約 3 分程度と大幅な改善となった。

6. あとがき

今後は、「排水性舗装の機能維持評価基準値」の精度を高め、「排水性舗装清掃要領（試案）・同資料編」の改訂に反映させる必要がある。最後に、本調査に御協力いただいた新潟国道事務所、長岡国道事務所の関係者の方々に感謝を申し上げます。

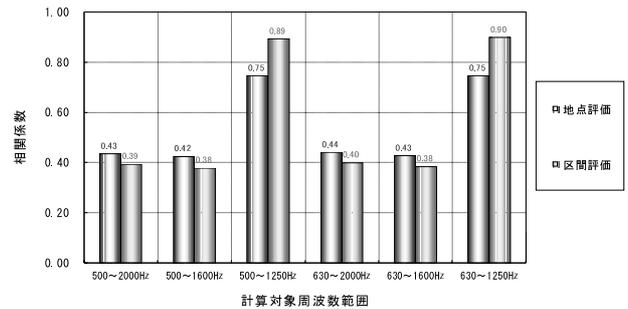


図-8 計算対象周波数範囲の相関性

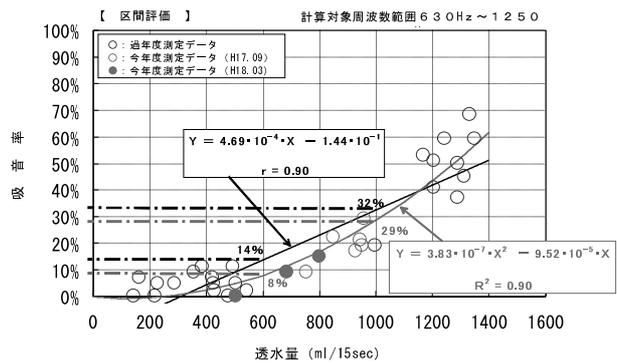


図-9 透水量と吸音率の関係(区間評価)

表-2 排水性舗装の機能維持評価基準値(案)

現行基準(案)	措置	改訂基準(案)
透水量 (ml/15s)		吸音率 (%)
200未満	速やかに清掃を行う。空隙つぶれ等、状況を判断して清掃による機能回復の見込みがあれば繰り返し行う。	8 未満 (透水量600ml/15s未満に該当)
200以上600未満	速やかに清掃を行う。	
600以上	目視観察等と一緒に、定期的に透水量試験を行う。	8 以上 (透水量600ml/15s以上に該当)

超高機能舗装について

日本道路株式会社 技術研究所 ○岡本 信人

1. はじめに

排水性舗装は、舗装体内部に空隙を有することで水はねやハイドロプレーニングを防止できるとともに、タイヤ/路面騒音を低減できる低騒音舗装として、その適用が飛躍的に高まってきた舗装である。

排水性舗装の導入により、雨天時に走行する車両の走行安全性は格段に向上したが、例えばS字カーブの反向点のように局所的に横断勾配がゼロになる箇所では、降雨量が多い場合、路面に浮き水が発生する現象が多く見られる。

超高機能舗装は、このような横断勾配がゼロの箇所においても、一般的な勾配を持った箇所と同様な排水能力を持つように舗装構造に工夫を加えた舗装である。

本報文は、超高機能舗装を含む数種類の排水性舗装を対象として実路規模の降雨試験を行い、貯留量と流出量による排水性能の定量的な評価を行った結果と、新設の高速道路に適用した施工事例を紹介するものである。

2. 超高機能舗装の概要

超高機能舗装とは、排水性舗装の表面の横断勾配とその基層部分（不透水層）との横断勾配を変え、たとえ舗装表面の横断勾配が小さくても不透水層に勾配を持たせることで高い排水能力を持たせようとした舗装である。

図-1は、高速道路等の反向点部における従来の滞水対策工法と超高機能舗装を適用した場合を比較したものである。これまでの滞水対策は排水機能層を厚くすることによって対応しているが、超高機能舗装ではさらに不透水層に勾配をつけることによって、①雨水の浸透量、および排水層内の貯水量を大きくすることで走行安全性を向上させる、②排水機能層内の雨水の滞留時間が短くなることで不透水層の耐久性を向上させる、ことを主な特長としている。

S字カーブにおいてこの舗装構造を適用した場合の断面の変化の例を図-2に示す。舗装表面は従来と同じように横断勾配が変化するが、不透水層の勾配は大きく変化する形となる。

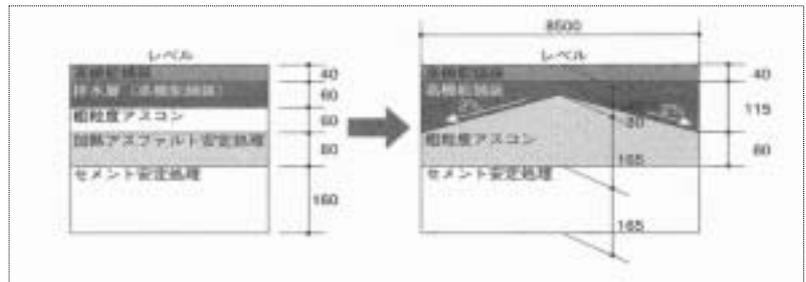


図-1 従来の滞水対策工法と超高機能舗装の比較(反向点)

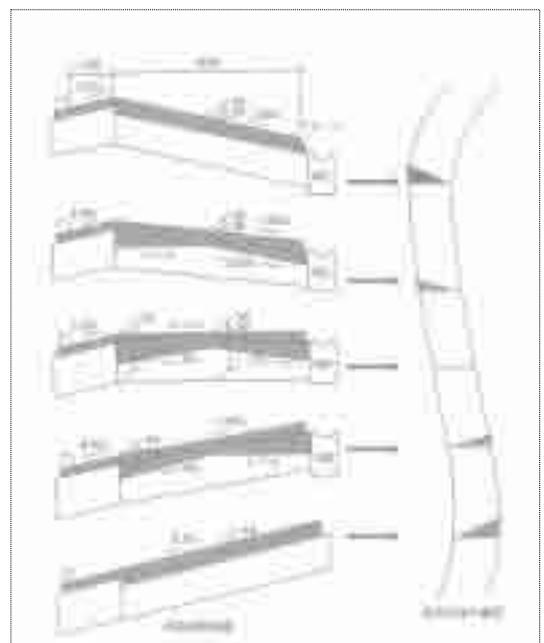


図-2 S字カーブへ適用した場合の断面変化例

3. 排水能力の検討

3. 1 降雨試験の概要

降雨試験の対象とした舗装構造を図-3に示す。各工区共、幅員は4m、延長は5mとし、排水機能層には一般的に使用される骨材最大粒径13mmの排水性アスファルト混合物を使用した。

また、試験に用いた降雨装置を写真-1に示す。

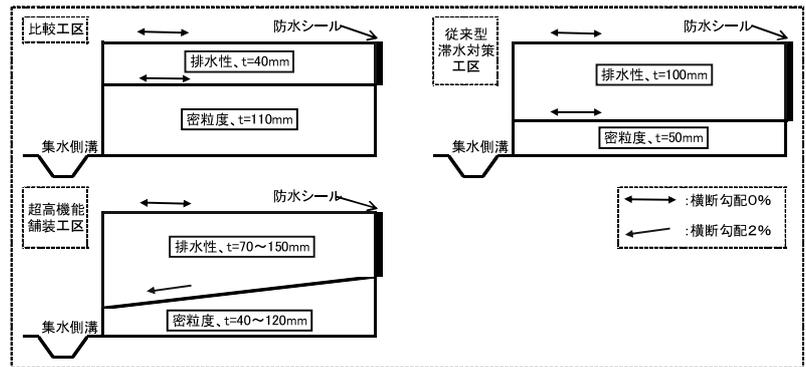


図-3 各工区の断面図

表-1 降雨試験における浮き水の発生状況

工区名称	排水機能層の横断勾配(%)		排水機能層厚 (cm)	降雨量 (mm/h)							
	舗装表面	不透水性層上面		3.0	4.0	4.5	5.0	6.5	8.0	10.0	15.0
比較工区	0	0	4.8	-	○	-	×	×	-	×	-
従来対策	0	0	11.3	○	-	○	○	-	-	×	-
超高機能	0	2	12.3	○	-	○	○	-	○	○	×

[注] (1) 表中の記号は ×: 浮き水発生あり。○: 浮き水発生なし。-: 試験実施せず。
 (2) 排水機能層厚はコア厚の平均
 : 浮き水が発生する領域

3. 2 降雨試験結果

降雨強度を3~15mm/hに変化させたときの、各工区の浮き水発生状況を表-1に示す。

また、降雨試験中における1分あたりの流出量と降雨時間の関係の一例を図-4に示す。表-1と図-4から以下のことがいえる。

- (1)排水機能層の層厚が同程度ならば、横断勾配を有する舗装の方が、浮き水が発生する降雨強度は高い。また、横断勾配が同じであれば、排水機能層の層厚が厚い方が、浮き水が発生する降雨強度は高い。
- (2)降雨開始からしばらくの間は、横断勾配の有無に関係なく流出量は同程度である。しかし、降雨が継続すると超高機能舗装工区では流出量が大きくなり、横断勾配を有しない工区では浮き水が発生するのにに対し、超高機能舗装工区では浮き水が発生しない。
- (3)降雨を停止した後も、超高機能舗装工区は流出量が大きく、雨水の排水能力が高い。

3. 3 排水性能の評価

排水性舗装の排水性能は、排水機能層内に降雨を貯留する貯留量と、降雨を側方へ流出させる流出量から構成される。降雨試験の結果に基づき、浮き水が発生したときの貯留量と流出量を算出した結果を表-2に示す。

(1)貯留量

排水機能層厚と貯留量の関係を図-5に示す。貯留量は表-2に注記したように、浮き水発生時の貯留量の降雨量換算値で表示している。

貯留量は排水機能層厚と横断勾配の影響を受け、排水機能層が厚くなると貯留量は増大し、横断勾配を有するものの方が貯留量は大きい。また、同じ排水機能層厚、横断勾配において降雨強度が高く



写真-1 降雨装置

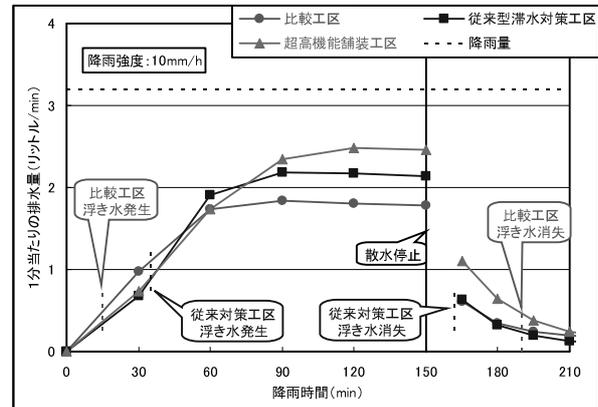


図-4 流出量と降雨時間の関係(降雨強度 10mm/h)

なると貯留量は多少低下する傾向にある。これは、路面への降雨が多くなったことにより、降雨が路面下へ移動する量に対して降雨強度が大きく、排水機能層全体が飽和状態に達する前に浮き水が発生することによって考えられる。

(2)流出量

流出部の排水機能層厚と、舗装幅員 4m、舗装延長 1m における単位時間あたりの流出量の関係を図-6 に示す。貯留量と同様に、流出量は排水機能層厚と横断勾配の影響を受けるが、降雨強度による影響は比較的小さいことがわかる。

(3)限界降雨量の算定

種々の舗装構造について、道路幅員、横断勾配、降雨強度をパラメータとして限界降雨量を算定した結果を図-7 に示す。限界降雨量とは、(降雨量-流出量)が貯留可能な量を超えた点の降雨量を示すものである。

この結果から以下のことがいえる。

1)従来型滞水対策 (T=10、i=0) の場合

降雨は舗装両端から流出し、舗装幅員の 1/2 が排水距離となる。降雨強度 10mm/h では限界降雨量は舗装幅員の影響を受けるが、降雨強度 20mm/h では限界降雨量は舗装幅員に係わらずほぼ一定の 10mm 程度となる。

2)超高機能舗装 (T=7~21、i=2) の場合

幅員の中心から両側へ横断勾配を設けるので、舗装幅員の 1/2 が排水距離となる。限界降雨量は降雨強度 20mm/h でも 45mm 程度と非常に高く、反向点等の浮き水抑制対策として有効といえる。

4. 超高機能舗装の施工事例

東海環状自動車道藤岡舗装工事、同笠原舗装工事において、反向点部ならびにサグ点について検討した結果、滞水対策が必要と考えられた箇所に超高機能舗装が適用されることとなった。

4. 1 施工上の課題と対策

(1)正確な仕上がり高さの確保

表-2 降雨試験による排水性能の評価結果

工区名称	排水機能層の横断勾配(%)		降雨強度 (mm/h)	浮き水発生までの貯留量と流出量		単位時間あたりの流出量 (cm ² /s)
	舗装表面	不透水性層上面		貯留量 (リットル)	流出量 (リットル)	
比較工区	0	0	4	10.09 (2.5)	7.09 (1.8)	2.90
			5	11.10 (2.8)	5.05 (1.3)	2.53
			6.5	12.888 (3.2)	4.27 (1.1)	2.62
			10	7.12 (1.8)	2.12 (0.6)	2.35
従来型滞水対策工区	0	0	10	29.93 (7.5)	16.25 (4.1)	6.10
超高機能舗装工区	0	2	15	44.92 (11.2)	72.68 (18.2)	12.87

[注](1)貯留量・流出量は舗装延長1m当たりの値である。
(2)貯留量・流出量の()内は降雨量換算値である。降雨量換算値は、(貯留量)/(舗装幅員×舗装延長)等から算出した。

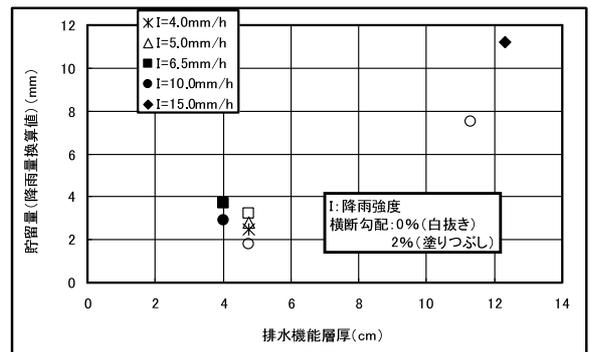


図-5 排水機能層厚と貯留量の関係

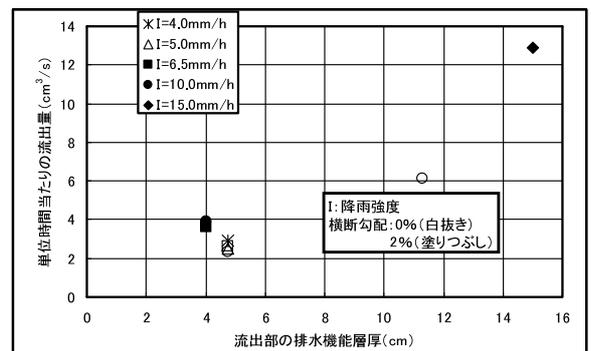


図-6 排水機能層厚と流出量の関係

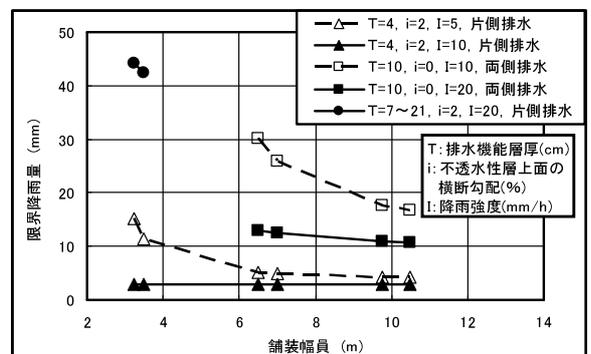


図-7 限界降雨量と車道幅員の関係

超高機能舗装では仕上がり高さが徐々に変化するため、精度の高い施工が要求される。今回の施工においては、不透水層（基層）、排水機能層共に二層施工として、上層の精度向上に留意した。排水機能層（表層）については、上層の施工は一般断面部分との連続施工を行い平坦性の向上を図った。

(2)厚層締固めの影響

高機能舗装用混合物は、施工厚さが厚くなるほど空隙率が小さくなる傾向があるので、試験練りにおいて標準の目標空隙率20%の混合物に加え、目標空隙率23%の混合物も出荷し厚さを変化させた転圧試験を実施した。その結果に基づき、下層には目標空隙率23%の混合物を使用することとした。

4. 2 施工

施工時の割付を図-8に示す。本線部の施工においては、不透水層下層以外はホットジョイントで施工を行った。

転圧は、不透水層（基層部）については初期転圧タンデムローラ、二次転圧15tタイヤローラ、仕上げ転圧25tタイヤローラを使用した。初期転圧にタンデムローラを使用したのは、初期転圧時に混合物の移動を極力少なくし、敷き均した所定の形状を維持するためである。また、高機能舗装下層部は初期転圧マカダムローラ、仕上げ転圧タンデムローラを使用した。厚層部分の空隙を確保するために、タイヤローラは使用していない。施工状況を写真-2に示す。

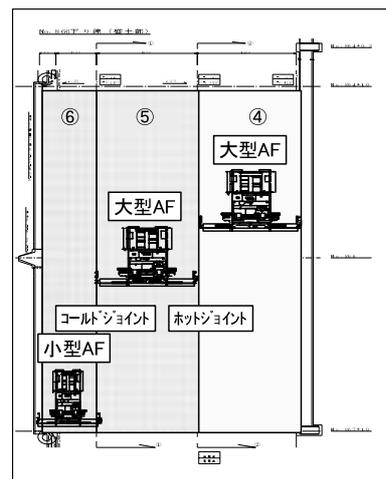


図-8 AFの組み合わせ

各層の間にはすべてタックコートを施した。特に高機能舗装の下層と上層の間ではタックコートによって空隙が詰まることも懸念されたが、実際に施工した結果では特に問題はなかった。施工においては、徐々に変化する舗装厚を制御するため、型枠高さ、センサーロープ高さを厳密にチェックすることが重要である。



写真-2 施工状況(高機能舗装下層)

5. まとめ

超高機能舗装は、横断勾配が確保できない場所での浮き水抑制対策として有効であることが確認された。本報文では高速道路における施工事例を紹介したが、超高機能舗装は高速道路のみならず、①右折レーン等により道路幅員が広く、縦横断勾配の取れない交差点、②バリアフリー対策として、高齢者や車いす利用者が頻繁に利用する病院、福祉施設の通路や駐車場、等への適用も可能である。

(参考文献)

- 1) 大川、原、帆苺；排水性舗装の排水挙動、舗装 27-7
- 2) 橋本；超高機能舗装について(舗装構造を工夫した排水性舗装)、アスファルト合材No.75
- 3) 岡本、田井；排水性舗装の排水性能に関する検討、土木学会第60回年次学術講演会
- 4) 矢嶋、飯田、大林；超高機能舗装の施工事例—東海環状自動車道藤岡舗装工事—、第26回日本道路会議

交差点、鉄道横断アンダーパスの急速施工法 (URUP工法)

(株)大林組 東京本社 土木技術本部 技術第五部長 三木 慶造
設計第一部長 横溝 文行
技術第五部主任 ○井澤 昌佳

1 はじめに

都市部の交差点や踏切では交通渋滞が慢性化しており、交通障害による物流の遅延、緊急車両の通行障害、排気ガスによる大気汚染など多くの課題を抱えている。交通渋滞の緩和対策としては立体交差化が有効であり、特に景観に与える影響の少ないアンダーパスに対する市場性が高い。アンダーパス事業では、工事完了時点で各種便益が期待できる一方で、工事期間中には騒音振動など周辺住民の生活環境に対する悪影響を長期間に及ぼし、工事に伴う二次交通渋滞の発生が避けられないのが現状である。工事期間の短縮と周辺環境への影響を最小限にする目的でURUP(UltraRapidUnderPass:ユーラップ)工法を開発した。本工法は専用開発したマトリックスシールドにより、アンダーパスの矩形断面を連続的に施工する、立坑を必要としない世界初のシールド工法である。本稿では、URUP工法開発の目的、概要、効果について述べる。また、現場への適用に先立って実施した、実証実験工事の結果について報告する。

2 URUP工法開発の目的

アンダーパス工事における従来工法には、開削工法と非開削工法がある。開削工法は、交差点を含む全線を地表から掘り下げてアンダーパスを構築、その後上部を埋めて再び道路を復旧させるものである。工期が長く、交差点内の作業が必要なため、工事による渋滞が長期間に及ぶという問題点があった。一方、交差点内で作業が不要なエレメントを推進・牽引する非開削工法でも立坑を構築し、掘削設備を設置してトンネル部を掘削、最後にアプローチ部を開削工法により構築するため、工事が3工程に分かれ、長い工期を要する。本工法は、上述した諸問題を解決する目的で開発したものであり、シールドを地上から直接発進させ、交差点下を小土被りで掘進し、再び地上に到達させる新しいシールド工法である。アンダーパスをシールドにより連続施工するため、大幅な工期短縮が実現できる。さらに、交差点内の作業も不要となり、立坑やアプローチ部の構築に伴う開削工法の省略により、騒音・振動の発生や工事による二次交通渋滞を最小限とすることで、周辺住民に及ぼす影響を軽減でき、交差点立体化事業を加速させることができる工法である。図-1にアンダーパス施工法比較概要図を示す。

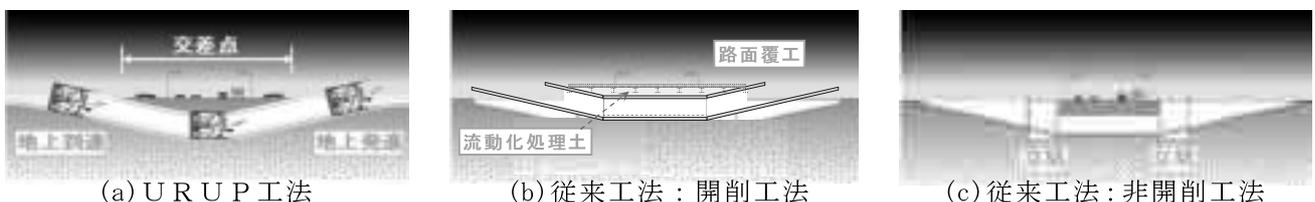


図-1 アンダーパス施工法比較概要図

3 URUP工法開発の概要

開発目的を達成するため、世界でも例のない地上発進・地上到達する新技術と小土被り掘進技術(シールド外径の半分程度)といった非常に困難なシールド技術を開発する必要があった。以下に示す本工法専用のシールド(以下、マトリックスシールド)を開発し、地盤変状解析などの机上検討を行った後、実証実験を行い本工法の成立性を確認した。

3.1 マトリックスシールドの構造

図-2に示すようにマトリックスシールドを正面から見た場合、道路2車線用のマトリックスシールドは1辺約3.5mの矩形シールド(以下、ヘッド)が2段×3列のマトリックス状に配置され、個別に掘進できる機構を有している。側部には地上発進及び到達時に側方の地盤変状を抑制する装置(以下、側部カッター)を装備している。側部カッターは地盤条件等により、必要な場合に装備するもので、アプローチ部を掘進する際、両側の土留め代わりに考案した。

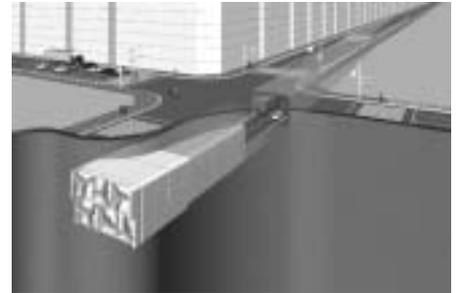


図-2 マトリックスシールド

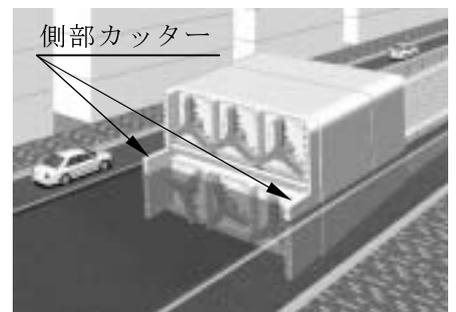
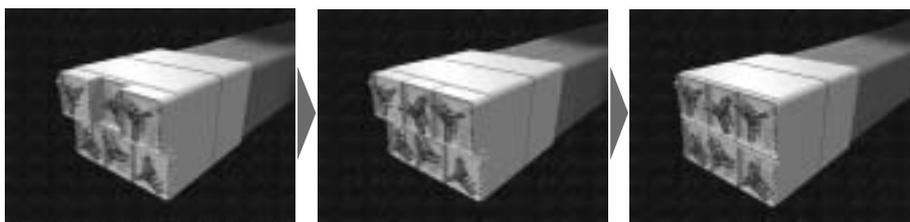


図-3 アプローチの掘進状況

3.2 小土被り掘進を可能とした技術

マトリックス状に配置された複数のヘッドには、それぞれ独立した掘進機能と切羽の安定を保つチャンバーを備えている。掘削断面を分割するため、一度に開放される範囲が小さくなり、地表面に与える影響を抑制することができる。さらに、施工管理面からは掘進中の切羽圧力低下などの不測の事態が発生した場合にも、影響範囲が限定されるため、安全性が高い機構といえる。マトリックスシールドの掘削手順は、①個別掘進による上段の左右部、②個別掘進による上段の中央部、③シールドジャッキによる下段全域部の掘進の順で行う(図-4)。交差点内には地中構造物が埋設されているため、地上から3.5m程度の土被りを要求され、交差点の両端では道路の勾配から2.0m程度の土被りとなる。一般的に、シールドを施工するために必要な土被りは、最近の施工例からシールド機外径の0.7~1倍程度であり、高さ7.0m程の道路2車線断面を一括で掘削する従来のシールドでは、シールド掘進が困難である。必要土被りを確保すると、トンネル深度が深くなり、アンダーパスの全長が長くなる。一方、本工法では図-5に示すように掘進単位が分割されたヘッドとなるため、土被りが2.0~3.5mであってもヘッド外径3.5mの0.7~1倍となり、施工可能である。従って、マトリックスシールドでは、小土被りを安全かつ経済的に施工することができる。



①上段ヘッド(左右部)掘進
②上段ヘッド(中央部)掘進
③下段ヘッド(全域部)掘進

図-4 トンネル部の掘削手順

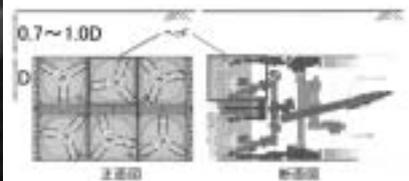


図-5 ヘッドと土被りの関係

4 URUP工法開発の効果

① 開削工法の省略に伴う工期短縮

立坑やアプローチ区間の開削工法が不要なため、道路2車線で延長約500mのアンダーパス工事では、工期を従来工法の約3年から1/3以下の10ヶ月へと短縮することができる。

② 工事に伴う二次交通渋滞の低減

交差点内の作業が不要なため、開削工法と異なり二次交通渋滞を緩和できる。また、道路4車線アンダーパスを施工する場合、道路2車線用のマトリックスシールドで、往路施工後にシールド機をUターンさせて復路を施工するという施工法が可能である。この場合には往路完成時点で部分的な交通開放が可能となり、交通渋滞を早期に低減することができる。

③ 環境負荷の低減

本工法は開削工事を伴わないため、騒音・振動の原因となる杭打機・大規模掘削重機などは使用しない。シールド設備は防音ハウスで囲うことにより騒音・振動を最小限とすることでき、工事期間も短いため、周辺環境に与える影響は小さい。また、構造に必要な断面のみ掘削するため、開削工法に比べて建設発生土量も少なくなり、環境負荷の小さい工法である。

5 実証実験工事の実施

世界的にも前例のない、シールドの「地上発進」「小土被り掘進」「地上到達」といった一連の手順による施工を実際に行うことで、URUP工法の実現性を確認した上で、机上検討よりも踏み込んだ施工技術を検証することを目的として、実証実験工事を実施した。

5.1 実証実験工事の概要

シールドは高さ2.15m、幅4.8mの泥土圧シールド（写真-1）であり、地上発進及び到達時のシールド掘削による側部地盤への影響を遮断する目的で装備された側部カッターの先行長さは、FEM解析をもとに1000mmとした。小土被り掘進時の地表面に与える影響を抑制し、一度に開放する範囲を小さくする分割掘削の効果を確認するため、ヘッドは横二連とした。ヘッドジャッキ、添加材注入装置及びスクリーコンベアを各ヘッドに装備して、それぞれ独立した掘進と切羽の安定を保つ機構としている。また、小土被り掘進時の表層地盤の引きずり込みを防止するため、シールド上部から滑材を注入することとし、滑材注入孔を4箇所設けた。線形は、交差点想定部の最大土被りを2.2mとし、シールド高さと同ーとした。シールドの方向制御性を確認するために、曲線半径300mの平面曲線、曲線半径100mの縦断曲線を設定した（図-7）。



写真-1 実験用シールド

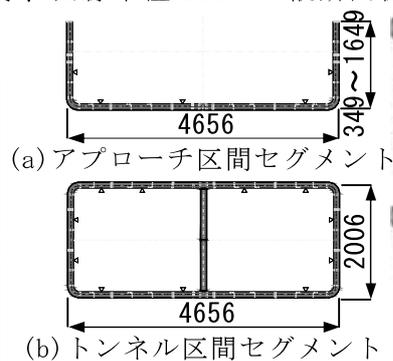


図-6 実験用セグメント

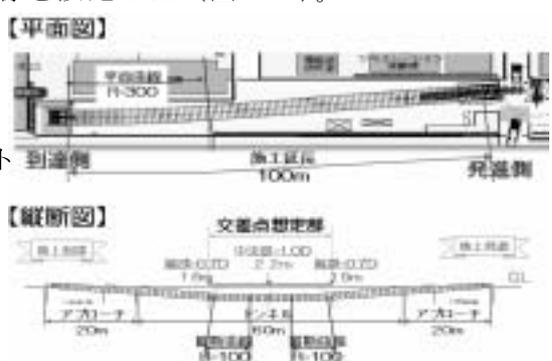


図-7 平面・縦断線形図

5. 2 実験結果

5. 2. 1 地上発進・到達

地上発進・到達は、本実験が世界初の試みであったが、掘進中に周辺地盤を目視で確認できるため、適正な切羽土圧・添加材注入量の管理が容易であり、写真-2に見られるように切羽前面以外の地盤を乱すことなく掘進できた。アプローチ区間の各測点（シールド側方1m）における最終地盤変位量を図-8に示すとおり最終地盤変位量は±3mm以内となり、側方地盤の変位抑制効果を確認できた。また、地上発進時に側部カッターの有無による周辺地盤への影響を検証した。側部カッターを使用しない場合においても、その値は5mm以内と小さく、この地盤においては、側部カッターの効果に差異が見られなかった。この結果から、側部カッターは地盤条件等により、必要な場合に装備するものとする。



写真-2 アプローチ掘進状況

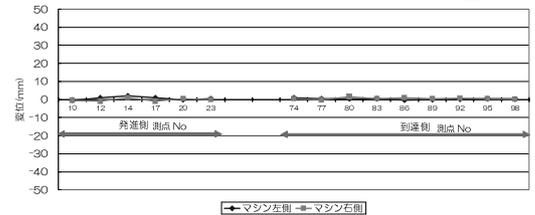


図-8 アプローチ区間の最終地盤変位量

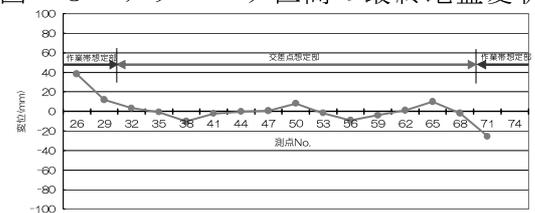


図-9 トンネル直上の最終地盤変位量

5. 2. 2 小土被り掘進

泥土圧シールド工法における切羽土圧は、主働土圧から静止土圧の間で管理するが、本工法では小土被り対策として、切羽土圧は全土被り圧を設定値とした。土被りが55~65cm以上でトンネル状態の掘削となり、トンネル全線にわたり切羽土圧を保持して掘進できた。その結果、交差点想定部では図-9に示すとおり最終地盤変位量が±10mm以内であった。切羽圧力、裏込注入圧力に加え、滑材を使用することにより地盤変位を制御でき、個別掘進による地盤変位抑制効果を検証することができた。また、滑材は室内実験による摩擦低減効果や空隙への充填性、裏込注入材との置換に対する性能を確認して、実証実験に適用し、その有効性を検証することができた。

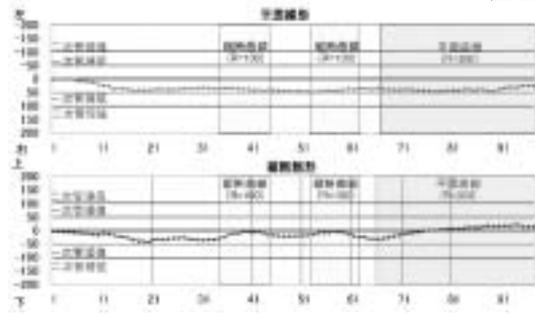


図-10 平面・縦断出来形図

5. 2. 3 掘進時の方向制御

本工法は前例のない掘進方法であったが、実証実験においてジャッキの選択や中折れ調整等の従来と同様な手法で、管理値±50mm以内の精度で施工できた(図-10)。



写真-3 シールド到達状況

6 おわりに

本稿では、URUP工法の概要と現場に適用可能であることを実証した実験工事について述べた。昨今、社会資本整備については、地域住民の理解と協力を確保しつつ、より低コストで環境面など質の高い事業を実現することが求められている。交差点・踏切の立体交差化について、この要請に応えるべく開発した、工事期間が短く環境負荷が少ないURUP工法のニーズは今後拡大していくものと考えている。

北陸新幹線新黒部保守基地通路線高架橋 への S.Q. コンクリート構造の適用

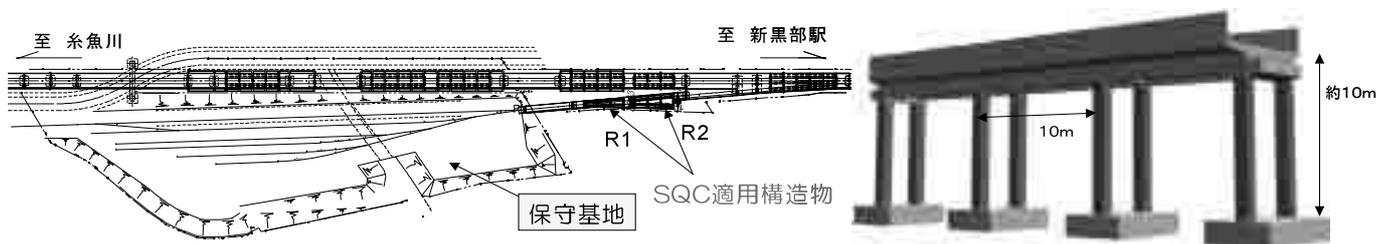
前田建設工業（株） 北陸支店土木部 酒井 康雄
北海道支店土木部 ○清水 大輔

1 はじめに

当工事は、整備新幹線事業の一環であり、北陸新幹線の上越－富山間の高架橋建設工事である。当工区は、富山県黒部市に位置し、新駅である新黒部（仮称）駅を含む 1256m の区間をラーメン高架橋、T桁橋およびPC橋の上下部工と保守基地を施工している。（図－1）

最近は、公共事業への投資が減少化する中で、大地震や洪水で被害を受けるコンクリート構造物は増加している。コンクリートは永久構造物と思われていた時代から、コンクリートの劣化（アルカリ骨材反応、塩害、中性化など）のメカニズムが解明され、これまで造られてきたコンクリート構造物を修繕・維持・管理する時代へ来ており、その費用は今後、増大していくものと思われる。

本稿は、耐久性向上による維持管理費低減対策として保守基地工事での通路線高架橋（図－2）で施工した自己充てん型高強度高耐久コンクリート（以後 S.Q. コンクリート（Super Quality Concrete）と呼ぶ）の設計・施工について報告するものである。



図－1 保守基地工事全体平面図

図－2 通路線高架橋概要図

2 S.Q. コンクリートの設計概要

2.1 S.Q. コンクリートの特徴

S.Q. コンクリートは、水セメント比 40%以下が標準で、良好な自己充てん性を持ち、自己収縮応力が小さいことと、水結合材比が小さいために設計基準強度が 60N/mm^2 以上期待でき、耐久性にも優れたコンクリートである。

S.Q. コンクリート構造物の特徴として、以下の点が上げられる。

①自重の低減

- ・高強度材料の使用による部材断面の縮小にともなう自重の低減

②耐震性能の向上

- ・高強度鉄筋の使用による終局曲げ耐力の増加
- ・高強度の自己充てんコンクリートと高強度せん断補強筋の併用によるせん断耐力の増加

③品質の向上、施工性の改善

- ・高強度コンクリート使用による耐久性（耐中性化、耐塩化物イオン）の大幅な向上
- ・自己充填コンクリートの使用による確実な充てん及び施工性の改善

2.2 従来設計と S.Q. コンクリート設計の比較

S.Q. コンクリート構造とは、2000年に土木学会で定められた「自己充てん型高強度高耐久コンクリート構造物設計施工指針（案）」¹⁾で「自己充てん型高強度高耐久コンクリートと高強度鉄筋あるいは普通鉄筋のどを使用し、必要に応じて鋼繊維補強を行ったコンクリート構造物」と定義されている。この S.Q. コンクリートの特徴を生かして、通路線高架橋を S.Q. コンクリート構造として設計を行い、従来設計との比較をした。

（図-3、表-1）柱部では S.Q. コンクリートを適用すると断面寸法が 800mm×800mm から 650mm×650mm へ小さくできる。合わせて縦梁・横梁の梁幅も 800mm から 650mm へ縮小化できる。鉄筋は、従来設計では主鉄筋、帯鉄筋とも SD390 であるが、S.Q. コンクリート設計では、主鉄筋を SD490、帯鉄筋を SBPD1275 として耐震性能を確保している。

また、柱断面が小さくなると鉄筋が密になり、コンクリートの締固めが困難になる場合があるが、S.Q. コンクリートは自己充てん性を有しているため、振動バイブレーターによる締固め作業を行わず、確実な充てんができるため、断面の縮小化による施工面でのデメリットを発生させない。

2.3 S.Q. コンクリートの製造と配合

コンクリートの製造は、市内の生コンプラントで製造した。練り混ぜはコンクリート中のセメント（低熱ポルトランドセメント）量が多いこととセメントの分散を良くする必要があることから、90秒練りとして、練り混ぜ量は1バッチあたり 2.25m³ 以内とした。運搬は、4.5m³ 積級のアジテータートラックを使用した。（運搬時間：約 20分）

S.Q. コンクリートの配合および品質管理試験と管理基準は次の通りである。（表-2、表-3）

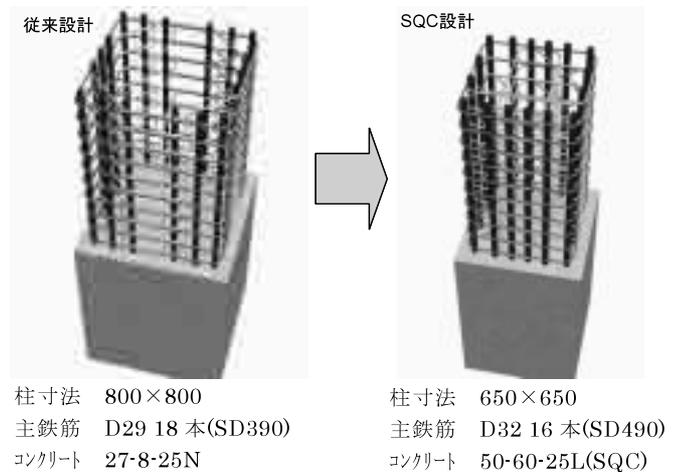


図-3 柱部の従来設計と S.Q. コンクリート設計の比較

表-1 柱部の従来設計と S.Q. コンクリート設計

項目	従来設計	S.Q. C設計
柱断面寸法	800×800	650×650
柱断面積	0.64m ²	0.42m ² (34%減)
主鉄筋	D29 18本 (SD390)	D32 16本 (SD490)
帯鉄筋	D13 @100 (SD390)	D10.7 @100 (SBPD1275)
コンクリート	27-8-25-N	50-60-25-L (S.Q.C)

表-2 S.Q. コンクリート配合表

設計基準強度	配合条件						単体量 (kg/m ³)				
	スランブフロー	空気量	粗骨材かさ容積	粗骨材絶対容積	水セメント比	細骨材率	水	セメント	細骨材	粗骨材	高性能 A E 減水剤
F _{ck} (N/mm ²)	SF (cm)	Air (%)	G/Glim (m ³ /m ³)	V _g (m ³ /m ³)	W/C (%)	s/a (%)	W	C	S	G	SP
50	60	4.5	0.49	0.302	33.0	53.5	157	476	918	816	3.09

表-3 品質管理試験と管理基準

検査項目	管理基準
スランブフロー	60±5cm
フロー50cm到達時間	3~20秒
U型充てん高さ	30cm以上
V漏斗流下試験	10~20秒
空気量	4.5±1.5%
コンクリート温度	5℃以上30℃以下
塩化物含有量試験	0.30kg/m ³ 以下
圧縮強度	設計基準強度以上

3 S.Q. コンクリートの施工

3. 1 試験施工

S.Q. コンクリートの施工に先立ち、自己充填性の確認を目的とした実物大模型の試験打設を行った。模型の部位は鉄筋が最も密となる柱、梁、桁受けの接合部とし、鉄筋は実際の施工と同じものを組立て、型枠は透明の亚克力板を使用して、全ての方向から充填性を確認できるものとした。(写真-1)

試験打設の結果、鉄筋の過密部でも流動性、自己充填性を確認することが出来た。



写真-1 実物大模型試験打設

3. 2 本施工

3. 2. 1 打設割付

当工事区間における高架橋構造物の基礎は、地表面にある堆積土の下2~4mの砂礫層を直接基礎としている。そのため今回は、基礎部は従来通り、普通コンクリート(27-8-40BB)を使用することとして、S.Q. コンクリートは柱部と梁・スラブのみに適用した。S.Q. コンクリートは普通コンクリートと比べて流動性が富んでいるため、型枠にかかる側圧は大きくなる。そのため、一般的に仮設計算において、液状の圧力を採用しており、打設高さが増すにつれて圧力が大きくなるため、今回型枠として使用するステンレスフォームでは、通路線の打設高さ(最大 8,747mm)を打設することが出来なかったことから、柱部を2回に分けて打設することとした。(図-4)

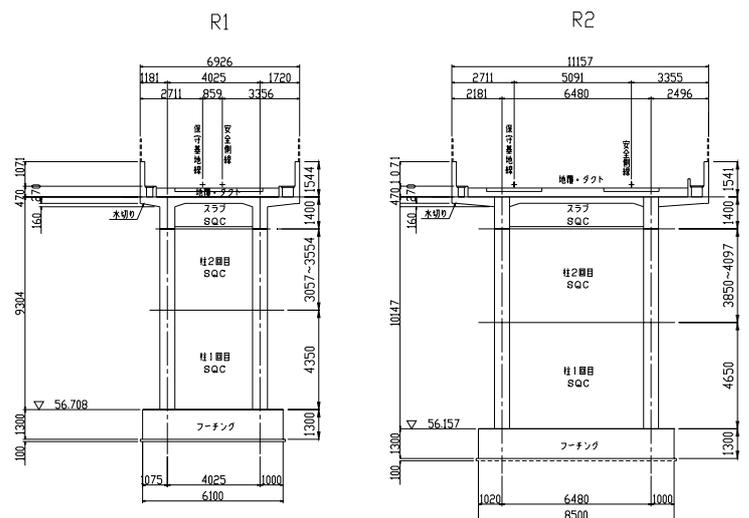


図-4 通路線高架橋打設割付

3. 2. 2 鉄筋の組立

高強度鉄筋を使用した場合、柱主筋の定着部のフックの曲げ半径が大きくなる。また、柱断面を小さくすることにより、柱・梁の接合部では鉄筋が極めて過密になる。(写真-2)このような場合、一般のコンクリートで施工すると、ジャンカや充填不良による定着部に付着の低下が発生することが考えられるため、構造的な欠陥が



写真-2 柱・梁接合部の過密配筋状況

発生する可能性がある。このような観点からも S.Q. コンクリートの自己充てん性を生かして、確実に充てんできるため、高強度コンクリート構造物を施工する場合には、自己充てん型のコンクリートを使用することが望ましい。この点で S.Q. コンクリートは、今回の構造物の設計・施工に理想的な材料であると言える。

3. 2. 3 S.Q. コンクリートの打設

S.Q. コンクリートの打設は、ポンプ車を使用して行った。柱は1リフトを4mとし、2回に分けて打設した。梁およびスラブは同日に打設した。なお、スラブは仕上がり面に段差や縦断・横断勾配があるため、S.Q. コンクリートと同一配合で、高性能 AE 減水剤の使用量を減らしてスランプ $18 \pm 2.5 \text{cm}$ とした配合で打設した。したがって、R1 及び R2 高架橋のそれぞれ3回の打設を行い、柱と梁の合計で約 190m^3 を使用した。いずれの打設においても大きなトラブルはなく、順調に施工することが出来た。

4 おわりに

本工事では S.Q. コンクリートと高強度鉄筋を用いて鉄道構造物の設計・施工を実施し、鉄道高架橋への S.Q. コンクリート構造の適用性を実証することが出来た。S.Q. コンクリートの高強度・高耐久性は、地震の多い我が国では有効である上に、維持管理に掛かる費用を減らす利点もある。また、部材厚をスリム化することにより、上載荷重が低減され、杭基礎などの場合は、杭の本数、径を小さくできるため、工事費の減少にもつながるなど、より経済的な設計・施工ができるため、今後ますますコンクリート構造物への適用が望まれる。

最後に本工事の設計・施工にあたり、ご理解とご支援を賜りました（独）鉄道建設・運輸施設整備支援機構北陸新幹線第二建設局の方々をはじめ、発注者、関係者の皆様に深く感謝致します。

（参考文献）

- 1) 土木学会：自己充てん型高強度高耐久コンクリート構造物設計・施工指針（案）、コンクリートライブラリー105、2001.6



写真-3 柱コンクリート打設状況



写真-4 梁・スラブコンクリート打設状況



写真-5 通路線高架橋完成

新規橋梁（鋼橋）における無塗装仕様の海浜耐候性鋼材の採用事例について

新潟県新発田地域振興局地域整備部道路課 技師 沢村 直紀

1 はじめに

鋼道路橋の腐食を防止する方法の一つとして、橋梁に使用する鋼材そのものに腐食速度を低下させる合金元素を添加することにより改質した耐食性材料（耐候性鋼材）の使用による防食法がある。

この耐候性鋼材は、鋼材表面に緻密なさび層（保護性さび）が生成され、これにより腐食の原因となる酸素や水から鋼材を保護し、それ以降の腐食の進展を抑制するという無塗装仕様の鋼材であるが、この鋼材は、今回の橋梁新設箇所のような架設地点における飛来塩分量が多い、また冬期間に多量の凍結防止剤を散布するような環境においては、安定した保護性さびの生成が期待されないことから、この鋼材の採用は難しい。

そこで、本橋梁では、こうした塩害対策および架設後の塗装塗替の維持管理費のコスト縮減を図るため、近年、開発されている従来の JIS 規定である耐候性鋼材に比べより塩分に対する耐食性に優れた無塗装仕様の海浜（ニッケル系）耐候性鋼材を採用したので、この事例について、報告する。

2 工事概要

今回、施工した橋梁は、一般国道 290 号の岩船郡関川村大字桂を起点とし、胎内市小長谷を終点とする事業延長約 6.4km の道路バイパスのうちの胎内市と関川村地内に流れている一級河川鍬江沢川に新規架設する橋梁である。本橋梁の設計条件および構造形式を下記の表および図に示す。

工事名：一般国道 290 号交通連携（国道改築）事業 鍬江沢川橋（上部工）工事

施工箇所：新潟県岩船郡関川村大字山本～胎内市鍬江地内

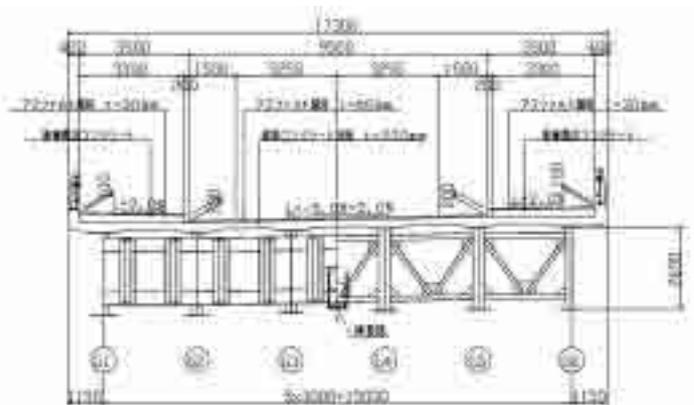
発注および受注者：発注者 新潟県、受注者 栗本鐵工所・JST・大川トランスティールJV

工事概要：延長 182.5m、（有効）幅員 6.5（16.5）m、鋼桁工 3 連（鋼重量 W=1,370 t）

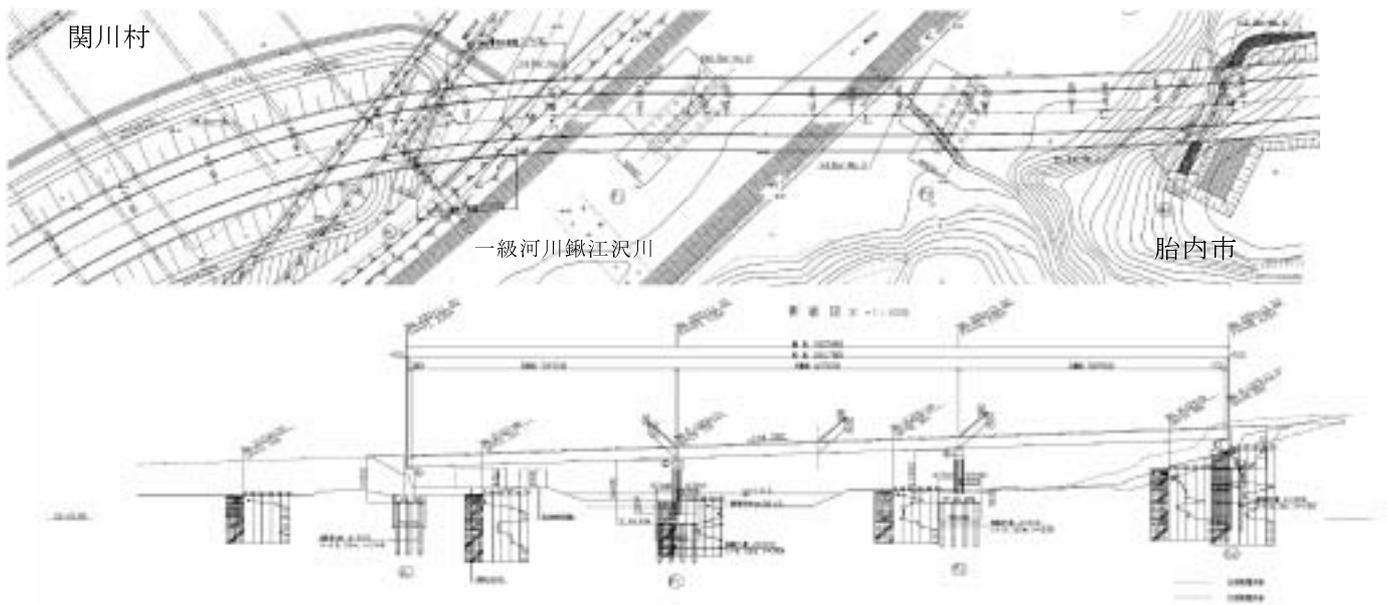
桁架設工 1 式（トラッククレーンベント架設工法）

表－1 橋梁設計条件

設 計 条 件	
形 式	3径鋼連橋鋼桁橋
橋 長	182.500m
支 間 長	58.90m+62.50m+58.90m
幅 員	0.40m+3.50m+0.50m+3.50m+0.40m
斜 角	A1, P2, A2:60° 00' 00" PI:45° 00' 00"
縦 断 勾 配	≒-3.0‰
横 断 勾 配	-5.0‰~2.0‰
舗 装 厚	アスファルト舗装 t=60mm
床 版	鉄筋コンクリート床版 t=220mm
設 計 車 量	B級車量
主 要 鋼 材	SMA400W-MOD, SMA490W-MOD SMA570WQ-MOD, S10TMR
適 用 示 方 書	鋼筋橋示方書・同解説 I～V（平成18年12月）



図－1 橋梁断面図



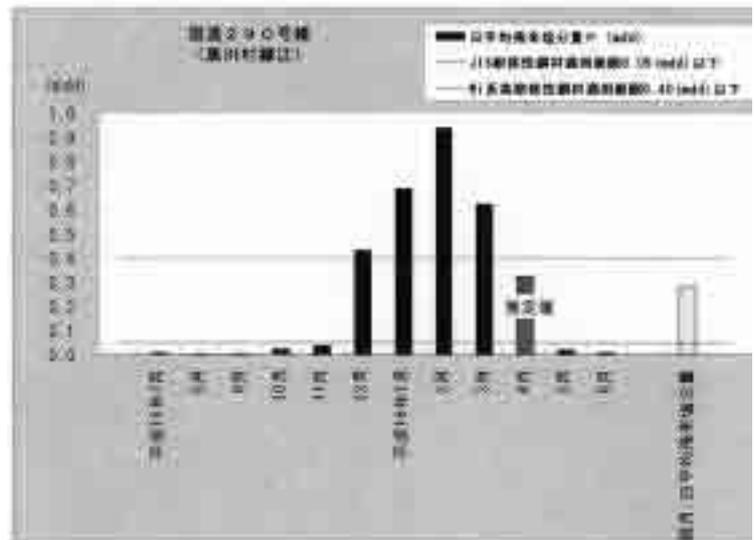
図－2 橋梁平面・側面図

3 橋梁架設地点での飛来塩分量

本橋梁の架設地点において、事前に飛来塩分量の測定調査（土研式タンク方法：日本道路協会発行「鋼道路橋塗装・防食便覧」付Ⅲ－3参照）を1年間実施した結果、日平均飛来塩分量は図－3のとおり、0.283mddであった（mdd：飛来塩分量（mg）／調査日数（day）／1（dm²））。

（（注）調査はH15.7月～H16.6月に実施しているが、H16.4月のみデータが採取出来なかったため、この前・後月のデータの平均値を当月分のもので推定し、上記値を算出している）

図－3 架設地点における飛来塩分量調査結果



本橋梁の架設位置は、日本海沿岸から約13km離れた地点ではあるが、調査の結果、このような高い飛来塩分値が判明したため、0.05mdd以下の値で採用可能な従来のJIS耐候性鋼材の採用は出来ず、本位置のような環境に対し、耐塩分性に優れ、近年の施工実績も増えてきているニッケル系耐候性鋼材を採用することとした。

4 ニッケル系耐候性鋼材の防食原理

従来のJIS規定による耐候性鋼材は、普通鋼材に一定量の銅（Cu）などの合金元素を添加することにより、鋼材表面に緻密なさび層を形成させ、このさび層が鋼材表面を保護することにより、それ以降のさびの進展が抑制され、腐食速度が普通鋼材に比べ低下することで鋼材の腐食による桁板厚の減

少を抑制するものであるが、この保護性さびは、適度な乾湿が繰り返され、かつ橋梁への飛来塩分量が少ない条件にて生成されるものであることから、前述のような塩分量の多い環境条件においては、この保護性さびの生成は期待出来ない。

そこで、腐食による板厚減少の抑制に有効な効果があるニッケル（Ni）の添加量を増やし、また耐候性に阻害するクロム（Cr）を無添加とし、耐塩分性を高めたものがニッケル系耐候性鋼材である。なお、このニッケル系耐候性鋼材の鋼材規格については、鋼材の化学成分である Ni と Cr の含有量以外については、全て耐候性鋼材の JIS 規定に準じている。

また、鋼材の防食メカニズムについて、塩分飛来環境における耐候性鋼材は、鋼材の地鉄界面に Cl^- （塩素）が濃縮生成されることにより、地鉄界面近傍の pH が酸性化し、腐食が進行していくのに対し、ニッケル系耐候性鋼材は、地鉄界面に Na^+ （ナトリウム）が生成、この外側に Cl^- が濃縮されるため、地鉄界面がナトリウムイオンによりアルカリ性となり、腐食を進行しにくくさせるものである。（鋼表面にアルカリ性で保護性のある内層さびが生成され、その外側に塩化物イオンを留めておく）

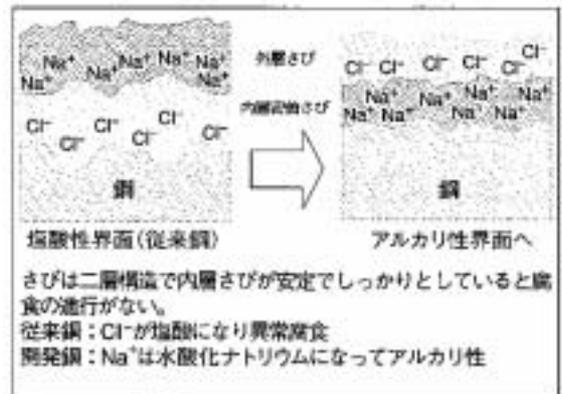


図-4 鋼材の地鉄界面図

5 ニッケル系耐候性鋼材の採用によるコスト縮減

本橋梁でのニッケル系耐候性鋼材の採用によるコストについて、一般的な塗装仕様の鋼材を使用した場合の橋梁と無塗装仕様である本鋼材を使用した場合の LCC（ライフサイクルコスト）を比較した結果、橋梁架設地点の地理的条件により、塗装仕様の場合のランニングコスト（塗装塗替費用（桁塗装および足場費用））に要する額に比べ、無塗装仕様の鋼材のインシャルコスト（桁およびボルト購入割高費用）は、約半分であることから、無塗装仕様鋼材を採用することでコスト縮減可能となる。

6 架設後の桁の状況

本橋梁は、昨年度の冬に桁を架設し、現在、架設後約半年が経過しているが、桁表面については、若干のさびむらは見られるが、今のところ、特に大きな問題はなく、今後、年月の経過とともに桁表面に均一な保護性さびが生成されていくと思われる（写真-1）。今秋には、橋梁床版を施工するが、この床版の施工にあたり、コンクリートなどが桁に付着すると、除去が難しく、さびの生成を阻害するため、十分留意して施工する必要がある。



写真-1 架設後状況写真

7 今後の維持管理

ニッケル系耐候性鋼材を採用した本橋梁は、架設後に適切な維持管理を行うことにより、計画・設計どおりの均一した保護性さびが生成され、無塗装仕様の塗装塗替不要となる橋梁となり、はじめてコスト縮減につながるものである。

よって、架設後の維持管理は、図-5の維持管理計画フロー（「鋼道路橋塗装・防食便覧」図-III. 6. 1）に従い、計画的かつ定期的な橋梁点検を行い、桁表面の保護性さびの生成状況や層状はくりさび（鋼材の表面から層を成してはがれるさびであり、板厚減少を早める）、その兆候であるうろこ状のさびなどの異常なさびの有無やこれらの素因である漏水・滞水などの状況を確認し、このさび評価により、健全度を判断していく必要がある。

なお、現時点においては、耐候性鋼材使用の橋梁における維持・補修方法については、基準化されたものはないが、今後の点検の結果、上記のような異常なさびが発生した場合には、発生原因とさびを除去、また補修が必要となった場合には、部分的な塗装を行うなどにより、対応することになる。

8 おわりに

新規に架設する橋梁数が年々減少するなかで、今後、既設橋梁の維持・補修費が莫大に増加するとともに対策が必要となる時期が集中することが予想されており、現在、橋梁管理者の課題となっている。

本事例のように新規橋梁計画時には、橋梁のLCCを考慮し、構造形式を決定することが必要であり、また工事後の適切な維持管理を行うことが橋梁の延命化につながるため、今後、本橋梁についても永年の健全であるように適切な維持管理を行っていきたい。

なお、最後に本稿の執筆にあたり、ご指導およびご協力頂きました栗本・JST・大川JV、株式会社構造技研新潟、新日鉄株式会社の担当者の皆様に感謝申し上げます。

注) 従来の耐候性鋼材にニッケルを添加し、製造された鋼材については、以前は「海浜・海岸耐候性鋼材」と呼ばれていたが、その名称における誤用を避けるために現在では、「ニッケル系耐候性鋼材」と一般的に呼ばれている。

参考文献

- 社団法人日本道路協会 鋼道路橋塗装・防食便覧 平成17年12月
- 新日本製鐵株式会社 海浜耐候性鋼について 平成13年5月
- 新技術活用促進システム登録 登録No. KT-980189

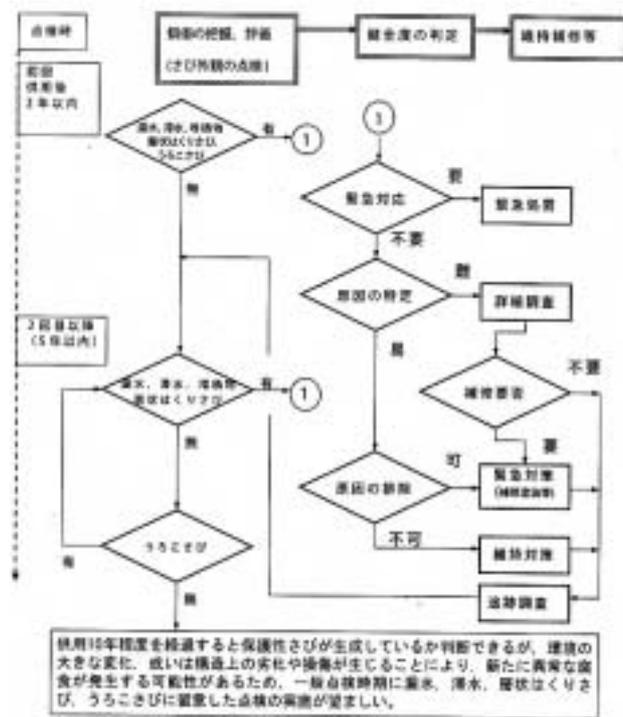


図-5 橋梁維持管理フロー

プレキャストアーチ式高架橋「すいすいSWAN工法」の開発

戸田建設(株) 本社 アーバンルネッサンス部 部長 浅野 均
主管1級 請川 誠
主管2級○小林 修
主管2級 佐藤 郁

1 はじめに

交通渋滞の解消や地域の活性化などを目的とした立体化事業が、都市再生の一環として推進されている。このような高架橋新設における最近の傾向としては、整備のスピードアップや周辺環境との調和がますます重要視されている。「すいすいSWAN (スワン) 工法」(Segment Wings for an Arched New-bridge) は、上記の要請に応えるため、フルプレキャストで構築しやすい高架橋構造とはどのようなものかという新たな発想から、(財)鉄道総合技術研究所による技術指導のもとにジオスター(株)と共同開発した工法である。本工法は、従来工法の梁・スラブ一体構造に対して、開腹型アーチ橋形式を応用したスラブ・アーチ梁の分離形式とすることで、フルプレキャスト化による急速施工を実現するとともに、アーチ梁の曲線美が映える景観配慮型の新しい高架橋形式である。

本報文は、「すいすいSWAN工法」の概要及び本工法の施工性を確認するために、実物大のプレキャスト部材を使用して実施した、組立性能確認試験結果について述べる。

2 工法概要

2.1 特長

本工法は、図-1に示すように、基礎杭及び地中梁の施工は従来工法と同様に場所打ちコンクリートとなるが、地上部はすべてプレキャスト部材を組立てる工法である。プレキャスト部材は、運搬を考慮し、短辺幅3.0m・高さ3.5m・重量294kN以下となるように3つの要素分割で構成している。

各プレキャスト部材の分割イメージを図-2に、概要を以下に示す。

- (1) スタンド：従来工法における柱の役割を果たしアーチ梁を支持する。場所打ちコンクリートにより構築した地中梁とは、スリーブ継手で一体化する。フーチングタイプの基礎形状にも、要素分割特性を保持しながら橋軸直角方向の配置を変更することで対応できる。
- (2) 半割アーチ梁：アーチ形状が有する耐荷性能と柔らかな曲線が醸し出す景観特性を併せもつ、本構造の最も特長的な部材である。組立・接合性を考慮して左右の半割アーチをそれぞれ1つのピースとして製造し、スタンドと半割アーチ梁はスリーブ継手、半割アーチ梁同士はループ継手で一体化する。

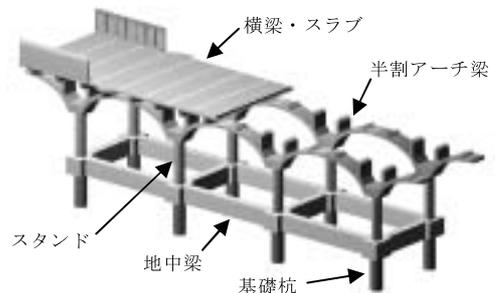


図-1 構造図

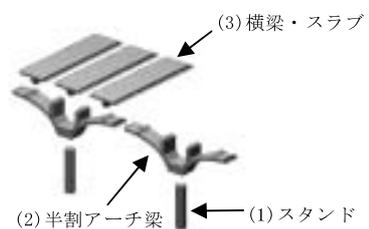


図-2 部材分割イメージ

(3) 横梁・スラブ：橋軸直角方向の剛性を確保するための横梁とスラブの役割を担う。従来工法では橋軸直角方向の柱同士を横梁で繋ぐが、アーチ曲線を引き立たせるため、本構造ではアーチ梁の上に、1 スパン当たり 4 本配置する構造としている。半割アーチ梁とはスリーブ継手、スラブ同士はループ継手で一体化する。

これら 3 種類のプレキャスト部材を用いた本工法の特長を以下に示す。

- ① プレファブ工法のため工期の短縮、省力化が図れる。
- ② 施工時占用幅を縮小できる。(基本的に高架橋幅内の作業スペースで施工が可能)
- ③ アーチ梁形式がもつ構造的合理性を追及でき、従来構造に比べ断面のスレンダー化及び躯体重量を軽減できる。
- ④ 部材の大半が工場製作によるため、高品質で環境に優しい施工を実現できる。
- ⑤ アーチ梁形式のもつ曲線美により景観特性を向上できる。

2. 2 構造特性

本工法と従来工法の耐荷機構の違いを示すものとして、最も大きな断面力が発生する地震時の曲げモーメント模式図を図-3 に、本工法の構造特性を以下に示す。

- ① アーチ梁、横梁、スラブで構成する骨組耐荷構造により、作用する曲げモーメントを小さくできる。
- ② 柱構造は、アーチ梁形式による柱アーム長の短縮効果により、曲げモーメントを小さくできる。
- ③ これより、地中梁及び基礎杭などの基礎部に作用する曲げモーメントを抑制できる。
- ④ アーチ梁やスラブは、作用する曲げモーメントの小さい位置で接合する。

このように合理的に部材分割されたアーチ梁形式とすることで、従来の構造に比べ、各部材に作用する曲げモーメントを小さく抑えることができ、部材断面を小さくすることや躯体重量を軽減することが可能となる。

2. 3 接合方法

本工法におけるプレキャスト部材の接合方法は、図-4 に示すようにスリーブ継手及びループ継手を使用する。これらの継手方法は、鉄筋継手指針¹⁾や各種マニュアル^{2)、3)}に規定されており、高架橋などで施工実績のある、信頼性の高い接合方法である。

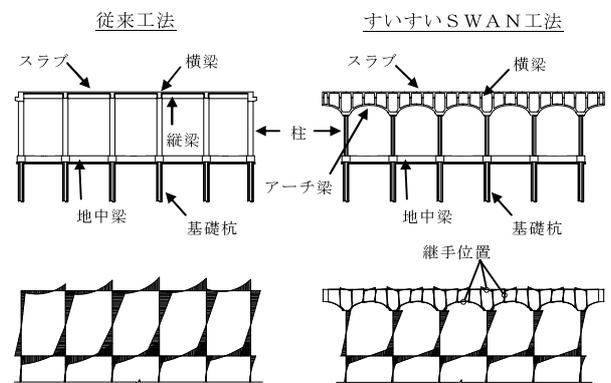


図-3 地震時曲げモーメント模式図

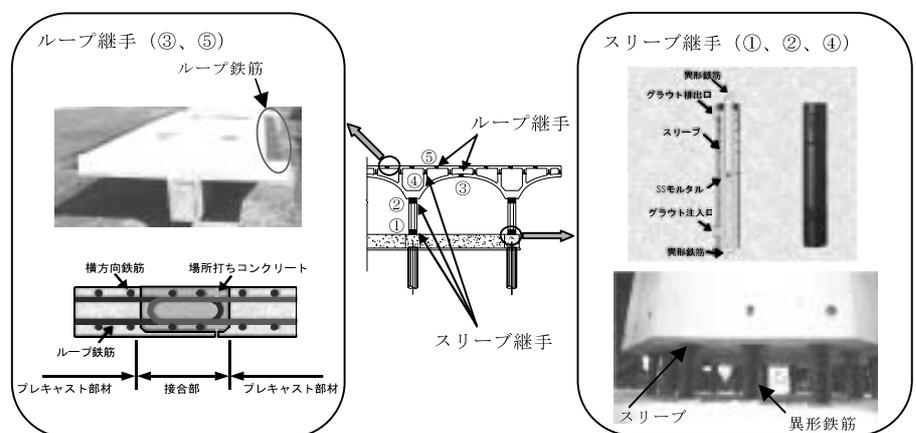


図-4 接合方法及び接合位置

2. 4 施工手順

本工法における高架橋の施工手順を図-5に示す。
 まず、場所打ちコンクリートにて基礎杭及び地中梁を構築する。次に、トレーラでプレキャスト部材であるスタンド、半割アーチ梁、横梁・スラブを搬入し、トラッククレーンで順次架設する。このとき、トレーラはスタンド間を搬入路として利用し、トラッククレーンも高架橋幅内で設置できるため、施工時占用幅を最小限とすることが可能である。防音壁などの橋面付帯工事は、横梁・スラブの進捗にあわせて適宜実施し、最後に、埋戻しを行い高架橋を完成させる。

3 実物大組立性能確認試験

3. 1 試験概要

実物大組立性能確認試験は、実物大のプレキャスト部材を用いて、本工法が高架橋幅内で実際に施工できることを確認するために実施した。試験モデルは、鉄道高架橋における複線断面及び道路橋における2車線断面を想定し、幅員9.32m、高さ7.0m、1スパン長10mのモデルとした。試験モデルの断面図及び側面図を図-6に示す。

3. 2 試験方法

試験方法は、実工事と同様の作業機械及び作業手順で行い、各プレキャスト部材における施工時間と出来形を測定した。試験の実施状況を写真-1に、組立完成全景を写真-2に示す。

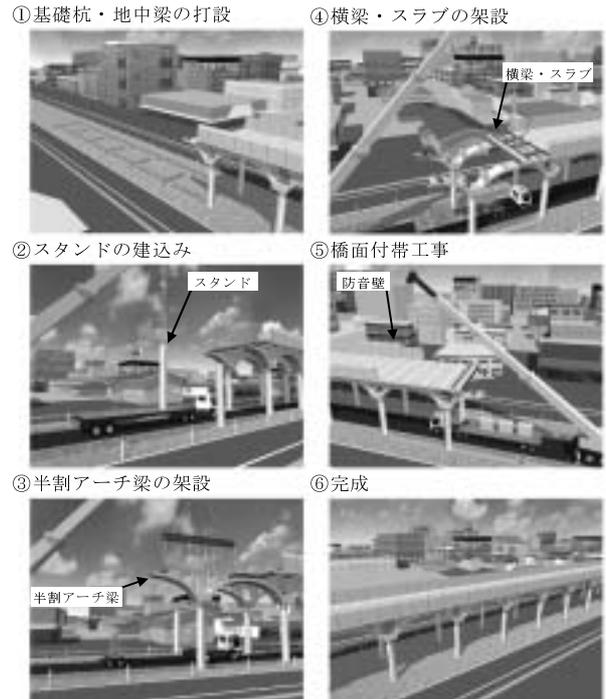


図-5 施工手順

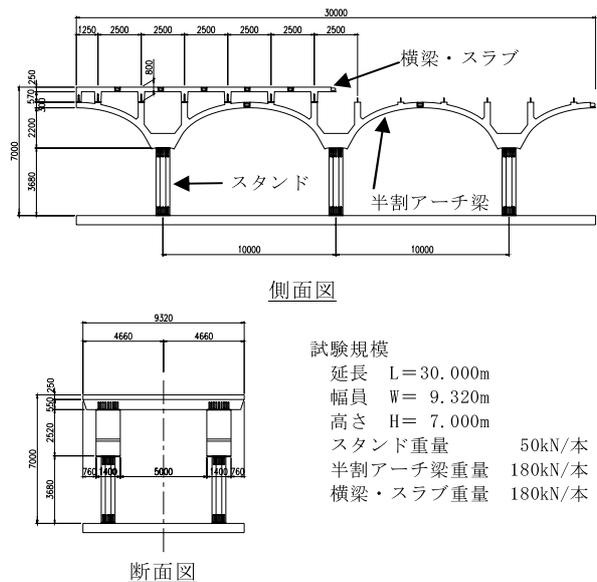


図-6 試験モデル

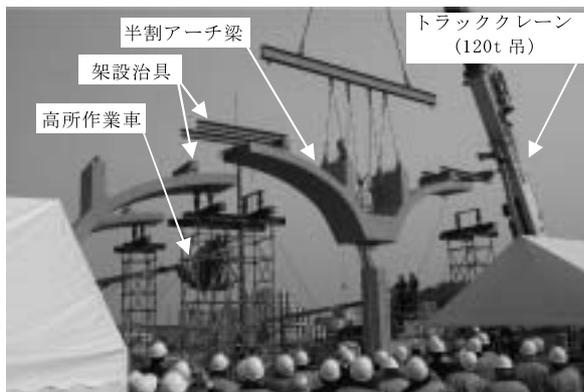


写真-1 半割アーチ梁架設



写真-2 組立完成全景

3.3 試験結果

まず、施工時間の測定結果を表-1に示す。高架橋幅内での施工による建込み・架設時間は、半割アーチ梁が最も長く90分、接合部のグラウト注入及びコンクリート打設は、いずれの接合部も25～30分であった。本試験結果に基づいて、橋長60mを施工する場合を計算すると、スタンド、半割アーチ梁、横梁・スラブの地上部は、1ヶ月以内で構築できる結果となった。

次に、出来形測定結果を表-2に示す。示方書⁴⁾及び自主管理に対する出来形は、許容値を十分に満足するものであった。

3.4 まとめ

今回実施した、実物大組立性能確認試験より得られた結果を以下に示す。

- ①プレキャスト部材は、高架橋幅内で、短時間かつ容易に施工することができる。
- ②1ヶ月以内で高架橋（60m当り）の地上部を構築できる。
- ③プレキャスト部材を使用しても、高架橋の出来形は、許容値を十分に満足することができる。

本試験結果を基に、従来工法と同一条件のもとで比較した結果を表-3に示す。

4 おわりに

「すいすいSWAN工法」は、3種類のプレキャスト部材を組立て開腹型アーチ式高架橋を構築することで、従来工法と比較して工期を約1/2に短縮できるとともに、景観にも配慮した工法である。

今後は、さらなる急速化、コスト削減を目指すとともに、本試験で得られた結果等を反映させた「設計・施工マニュアル」を作成し、工法としての技術確立を推進する予定である。

参考文献

- 1) (社)土木学会：コンクリートライブラリー49 鉄筋継手指針、1997.7
- 2) (社)プレストレスト・コンクリート建設業協会：PC床版設計・施工マニュアル（案）、1999.5
- 3) (財)鉄道総合技術研究所：ハーフプレキャスト工法を適用した鉄道ラーメン高架橋の設計・施工指針、1999.3
- 4) (独)鉄道建設・運輸施設整備支援機構：土木工事標準示方書、2004.3

表-1 施工時間測定結果

プレキャスト部材	建込み・架設	グラウト注入	コンクリート打設	備考
スタンド	30分	25分	—	5本の平均時間
半割アーチ梁	90分	30分	25分	5本の平均時間
横梁・スラブ	60分	30分	30分※	6本の平均時間

※5本の平均時間

表-2 出来形測定結果

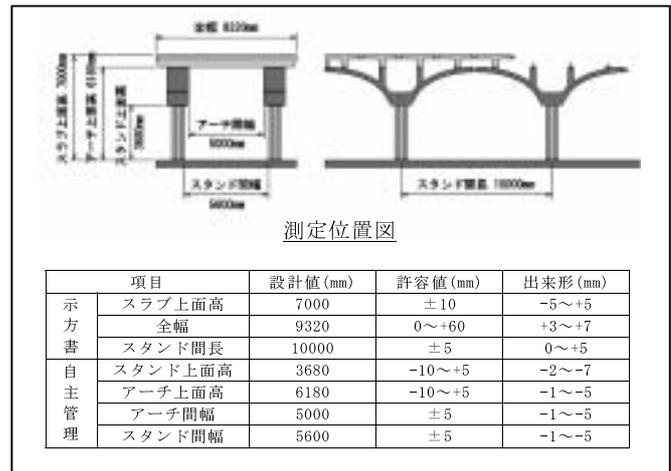


表-3 従来工法と本工法との比較

項目	従来工法 (ビーム・スラブ形式)	すいすいSWAN工法 (プレキャストアーチ形式)
施工時 占用幅	高架橋幅+トラッククレーン据付幅 	高架橋幅
現地 工期	約6ヶ月(60m当り) (基礎杭・地中梁2ヶ月+ 柱・梁・スラブ4ヶ月)	約3ヶ月(60m当り) (基礎杭・地中梁2ヶ月+ 柱・梁・スラブ1ヶ月)
躯体 重量	100%	94.3% (5.7%低減)
コスト	同程度	

2. 3 特長

回収型掘進機の特長を以下に述べる。

- ①掘進機はボルト接合を主体とした簡易解体構造であり、組立・解体作業の工期短縮が図れる。
- ②掘進機の主要部分の再利用が可能である。
- ③カッターと外殻の外径を変えることで、ひとつの内殻で数種類の掘進機外径に対応できる。
- ④解体時の溶断作業が従来の掘進機と比べて少なく、作業環境の改善と安全性の向上が図れる。

3 適用事例その 1¹⁾

3. 1 工事概要

工事概要を以下に示す（**図-3** 参照）。従来、内径 3000mm を超える地下管路は、道路法の制約を受けて推進管を一体で運搬できないことから、シールド工法または開削工法を用いて施工されてきたが、本工事では内径 3500mm の推進管を半円状に 2 分割して現地まで搬送し、現地にて組み立てて推進する「超大口径管推進工法」が適用された。

- ・ 施工場所：千葉市内
- ・ 施工法：超大口径管推進工法（泥土圧推進工法）
- ・ 敷設管：内径 3500mm 分割型 PC 推進管
- ・ 推進延長：187.6m

3. 2 「やどかり君」の採用

以下の理由により回収型掘進機が採用された（**写真-1** 参照）。

なお、今回の施工では回収型掘進機の外殻を 4 分割構造とし、現場への搬入・組立を容易にした。

- ①掘進機の外径寸法や重量が道路法の制約を受け、掘進機を一体化した状態で輸送するのが難しい。
- ②周辺の施工条件から到達部で 50 トンを超える大型クレーンの使用が難しく、掘進機を一体で回収できないことから、坑内を通して発進立坑側にカッターヘッドや駆動装置等の機器を回収する必要がある（**図-4** 参照）。

3. 3 施工結果

発進立坑内での掘進機の組立に 10 日要した。また、初期掘進（6 本）に 13 日、本掘進に 38 日を要し、当初目標日進量（3 本/日）の半分（1.5 本/日（12h））の結果となった。これは、掘進中ほぼ全線に亘ってコンクリートガラや木材等の障害物が出現し、排土装置の改良や障害物撤去作業に日数

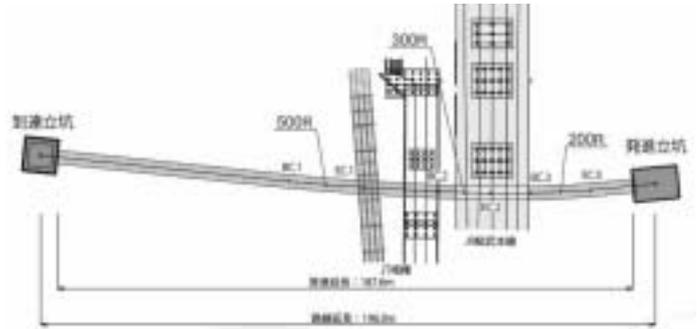


図-3 現場平面図



写真-1 φ4070 回収型掘進機

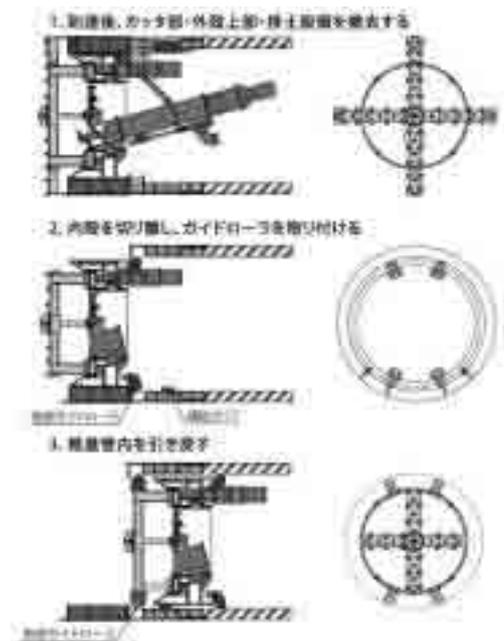


図-4 掘進機の回収手順

を要したため、障害物の出現がない場合には2本/日(12h)の施工は可能と思われる。

到達後の掘進機の解体・回収に10日要した。到達立坑での大型クレーンの使用が難しいことから、掘進機の cutterヘッド外周部および外殻上部を解体・撤去して到達側で回収した後、最も重量物である cutterを含む中殻・内殻は推進管内を通して発進立坑側にウインチで牽引して回収した(写真-2~4参照)。「やどかり君」を採用したことで、通常の解体作業で必要になるガス切断作業が大幅に減少し、良好な環境下での作業が可能になった。また、回収した掘進機を隣接する次工区の工事に再利用することで「やどかり君」の有用性が明らかになった。

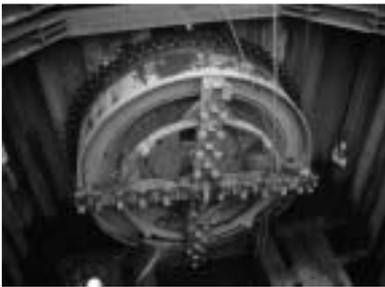


写真-2 掘進機到達



写真-3 外殻上部撤去(到達立坑)



写真-4 中殻・内殻の回収
(到達立坑より)

4 適用事例その2

4.1 工事概要

工事概要を以下に示す(図-5参照)。北側工区を施工後、No.1立坑で掘進機を回収し、再びNo.2発進立坑に掘進機を投入して南側工区を施工する。No.3立坑に到達後、掘進機の外殻を残置して中殻・内殻を解体・搬出する。

- ・施工場所：神奈川県内
- ・施工法：泥水式シールド工法(外径2130m)
- ・セグメント外径：2000mm(鋼製)
- ・施工延長：北側工区(No.2発進立坑~No.1到達立坑) 826m
南側工区(No.2発進立坑~No.3到達立坑) 1265m

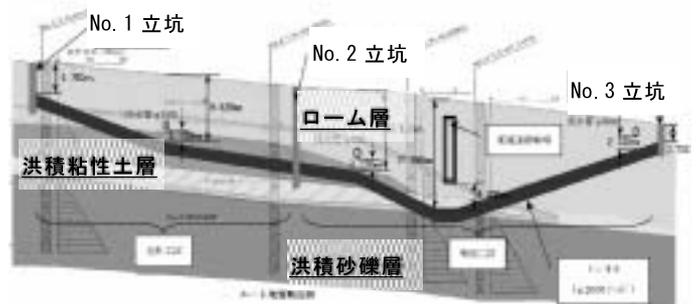


図-5 土質縦断面図

4.2 「やどかり君」の採用

到達後の掘進機内の溶断・解体作業に伴う劣悪な作業環境の改善と工期短縮を目的に、写真-5、図-6に示す泥水式の回収型掘進機が採用された。



写真-5 泥水式回収型掘進機

4.3 施工結果

4.3.1 掘進機の組立

掘進機の簡易組立を検証するために外殻と中殻・内殻を分割して現場に搬入して組立を行った。掘

進機の搬入・組立から立坑内への投入まで0.5日(組立は1時間)で作業を終了し、簡易に組立できることを確認した。

4. 3. 2 急速施工(北側工区)

掘進装備能力を大きくすることで、月進640m(実績26日:最大40Ring(30m)/日、平均33R(24.75m)/日)を達成した。

4. 3. 3 中間整備点検

No.1到達立坑から掘進機を引き上げた後、工場で掘進機の点検を行った。外殻・中殻・内殻の各接合部の止水性・耐久性は良好で、部材の変形・摩耗など外観においても特に異常は見られなかった。

4. 3. 4 掘進機の解体・搬出(南側工区)

南側工区施工後に掘進機の解体・搬出を行った(写真-6、7参照)。掘進機の解体作業は機内解体(4日)、中殻・内殻の解体・搬出(1日)の延べ5日で終了した。特に「やどかり君」の特長である中殻・内殻の掘進機からの引抜き作業は1時間で終了した。従来の解体・搬出方法では7日要するのに対して2日工程を短縮でき、解体が容易で、作業環境が大幅に改善した。

4. 3. 5 まとめ

掘進機をボルト接合主体とした簡易解体構造にすることで、短時間で掘進機の解体が可能なこと、従来の溶断による解体と比較して坑内の作業環境が良好に確保されることが分かった。また、その相乗効果として安全性と作業性が格段に改善された。その結果、坑内での解体・搬出作業の工程が2~3割程度短縮し、回収型掘進機の有用性を確認できた。

5 おわりに

「やどかり君」は作業環境改善・工期短縮、再利用を目的に開発を行ったもので、各方面から好評を得ている。施工実績は6件に達しており、既設立坑への接合以外に、現在、既設管渠への側面地中接合や正面地中接合にも適用中である(平成18年7月現在)。今後もこれらの施工を通じて「やどかり君」の改良・改善を行うとともに、普及展開に努めたい。

【参考文献】

- 1) 露崎格、河野稔「超大口径管推進工法の施工計画」第29回「最新の推進工法施工技術」講習会テキスト (有)日本プロジェクトリサーチ

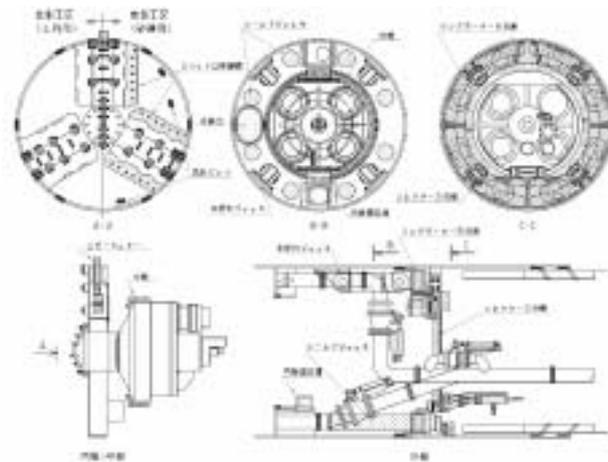


図-6 φ2130 泥水式回収型掘進機



写真-6 掘進機解体状況(機内)



写真-7 カッター引き上げ状況

小断面ニューマチックケーソン工法対応 DREAMⅢ型掘削機の開発

大豊建設(株) エンジニアリング本部 技術開発部 技術普及課 長崎 正幸

1 はじめに

ニューマチックケーソン工法は、遠隔操作による無人化掘削工法が一般化している。その中でもNew DREAM工法は、従来の無人化工法で高気圧下作業となっていた掘削機の日常点検や修理・回収作業及び地耐力試験等を大気圧下作業とし高気圧作業を100%削減した完全無人化ニューマチックケーソン工法である。

本工法は、これまでポンプ場施設、雨水地下貯留池、大型立坑等、比較的大規模なケーソンに適用するために開発しており、小規模な橋梁基礎等の小断面構造物には、従来型掘削機での完全無人化対応が困難であった。そのため、小断面構造物に対応可能な掘削機を開発し、適用範囲を拡大したので、工法の概要とその効果について述べる。

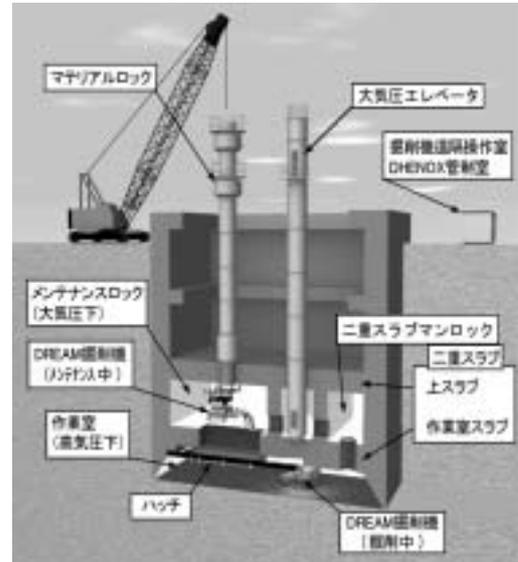


図-1 New DREAM工法の概要図

2 小断面对応 DREAMⅢ型掘削機の開発目的

本掘削機の開発は、一般国道に採用されている橋梁基礎において、大深度（水深 70m）でも安全確実に低コストで無人化施工が可能な掘削機の開発と掘削可能な強度が軟岩Ⅰクラスまで対応できる無人化掘削機の開発を目的とした。

3 New DREAM工法（小断面对応型）の概要

New DREAM工法は、完全無人化を達成させるために、二重スラブ、DREAMⅢ型掘削機、掘削機メンテナンスシステム、遠隔操作による地耐力試験装置、大気圧エレベータ、二重スラブマンロック、DHENOX（ヘリウム混合ガス）システムの要素技術を組合せて使用する。これらの構成要素技術のうち二重スラブ、DREAMⅢ型掘削機、掘削機メンテナンスシステム、遠隔操作による地耐力試験の概要について以下に詳しく述べる。

3.1 二重スラブ

作業室スラブの上部に上スラブを構築し、二重スラブ構造にすることにより、メンテナンスロック、二重スラブマンロック、大気圧エレベータ室を構築する。これにより作業環境・安全性が向上する。

橋梁基礎に使用する上スラブは、工事完了後に存置できるため撤去費が不要でコスト面でも優位性がある。また、ポンプ場等で二重スラブ構造で設計されている構造物では、構造物本体をメンテナンスロック等に活用できるため、更にコストが優位となる。

3. 2 DREAMⅢ型掘削機

本掘削機は、従来機（DREAMⅡ型）と同様に作業室スラブに懸架した天井走行式掘削機であり、地上からの遠隔操作により掘削作業を行い高気圧下の掘削作業の無人化を図る。

また、本掘削機は、小型化のために DREAMⅡ型に比べ機関出力やバケット容量が小さくなっているが、一般に使用されているケーソン掘削機に比べ機関出力が 1.5 倍（15kw→22kw）、バケット容量が 1.5 倍（0.15m³→0.23m³）となっており、小型ながら掘削能力は比較的大きく設計されている。このため、本掘削機はバケット、ブレーカーを装着することにより普通土から軟岩Ⅰクラスの掘削が可能であり、無人化施工の適用範囲が広い。

3. 3 掘削機メンテナンスシステム

掘削機メンテナンスシステムは、DREAM 掘削機をメンテナンスロックに回収して、大気圧下の状態で掘削機の日常点検・アタッチメントの交換・整備・修理・解体・回収作業を行うシステムである。また、作業室とメンテナンスロック間の掘削機の移動手段として、掘削機トラベリングシステムを採用している。このシステムは、三次元の移動システムであり、掘削機吊り上げ装置・スライドハッチ・横行装置・電線脱着装置・遠隔操作装置などから構成されている。



写真－1 遠隔操作室

掘削機メンテナンスシステムの概念図を図－2 に示す。

1)つり上げ装置の設置



2)掘削機走行、横行



3)掘削機吊上げ



4)掘削機回収完了



図－2 三次元移動システムによる回収手順概念図

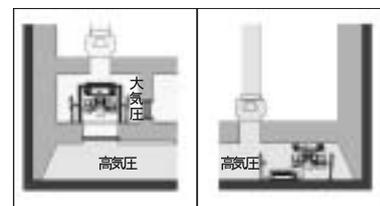
本システムを使用することにより、従来の無人化工法で発生する高気圧作業の殆どを削減できる。更に、作業員は高気圧下での作業から開放され作業環境が向上すると共に、高気圧障害の防止に効果がある。

3. 4 遠隔操作による地耐力試験

掘削完了後の地盤の支持力確認は、本掘削機に地耐力試験装置を装着して遠隔操作により地耐力試験を行うことが可能である。

遠隔操作による地耐力試験は、地耐力試験装置、遠隔操作装置及び本掘削機より構成されている。試験方法は、本掘削機をメンテナンスロック内に回収し、掘削バケットを取り外し掘削機に地耐力試験装置を取り付けた後、掘削機を作業室に移動させて遠隔操作により地耐力試験を実施する。試験完了後は、本掘削機をメ

<DREAM 工法> <従来工法>



図－3 掘削機解体作業の比較



写真－2 地耐力試験装置

メンテナンスロック内に回収する。

本試験装置を使用することにより、地耐力試験装置の設置・計測・撤去の一連の作業を地上からの遠隔操作で行うことができるため、従来の地耐力試験で発生する高気圧作業が削減され、高気圧障害の発生防止に効果がある。

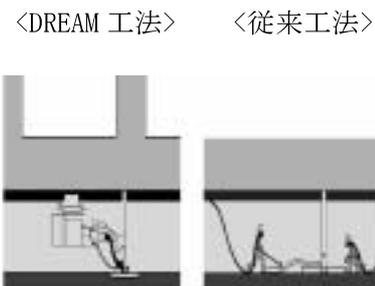


図-4 地耐力試験の比較

4 DREAMⅢ型掘削機開発の要求事項と対応

4.1 要求事項

本掘削機の主な要求事項は次の6項目とした。

- ①一般国道で使用される橋梁基礎工で無人回収できる形状寸法であること。
- ②従来から使用している艀装設備から搬入・搬出可能な形状寸法に分割できること。
- ③大深度（0.7MPa）で稼働可能であること。
- ④急曲線軌道で走行が可能であること。
- ⑤軟岩Ⅰの破碎掘削機能を有すること。
- ⑥掘削機重量を極力軽量化すること。

4.2 対応策

前項の要求事項に対応するために様々な検討を行ったが、DREAMⅡ型掘削機の技術の応用で大半の要求事項に対応可能であった。しかし、①・②・⑤・⑥の要求事項を同時に満足させることは、相反する項目もあるため、解決策を見いだすことが非常に困難であった。このため、主要部品の全てを見直し、機能・形状・重量・強度等を検証し本体仕様を決定した。

5 DREAMⅢ型掘削機と DREAMⅡ型掘削機の性能比較

DREAMⅢ型掘削機と DREAMⅡ型掘削機の性能比較表を下表に示す。

	DREAMⅢ型掘削機（今回開発）	DREAMⅡ型掘削機
掘削機全景		
電動機出力	22kw	37kw
バケット容量	0.23m ³	0.30m ³
最大作業気圧	0.7MPa	0.7MPa
掘削対応土質	普通土～軟岩Ⅰ	普通土～硬岩
適用最小面積	66m ²	210m ²
機体重量	4.3t	6.4t

6 DREAMⅢ型掘削機の開発成果

小断面对応型の DREAMⅢ型掘削機の開発により、①完全無人化工法に対応可能な最小施工面積を従来の約 30%~60%に縮小することができ、一般国道の橋梁基礎にも適用可能となった。

②本掘削機を現場で使用し、当初の要求事項が満足されていることが確認でき、New DREAM 工法の適用範囲の拡大が図れた。

①の具体的内容は、DREAMⅡ型掘削機での完全無人化工法に対応可能な最小施工断面は、矩形・円形・小判形のうち矩形が最小となり、最小施工面積は $S=210.2\text{m}^2$ (図-5) である。これに対して、DREAMⅢ型掘削機での最小施工面積は、矩形が $S=131.9\text{m}^2$ (63%)、円形が $S=109.4\text{m}^2$ (52%)、小判形が $S=66.2\text{m}^2$ (31%) となり従来の最小施工面積の約 30%~60%に縮減できることを確認できた。(図-6 参照)

②の具体的内容は、大阪府発注の橋梁架替工事の下部工工事(図-7、写真-3)において本掘削機の走行性、最大・最小掘削半径の確認、急曲線軌道部での作業性、軟岩Ⅰ程度の破碎機能等の施工性とブームの伸縮・掘削・積込み・旋回等一連の掘削動作など掘削能力(性能)及び従来使用している艀装設備での搬入・搬出が可能であることを実現場施工で確認した。

しかし、本工事は沈下深度が浅く、作業気圧が比較的低いことからメンテナンスロックによる回収を計画しなかったため、掘削機回収については本工事で確認できなかった。

7 おわりに

今回の小断面对応 DREAMⅢ型掘削機の開発により、従来の完全無人化対応可能な最小施工面積に対して約 30%~60%に縮小した施工面積でも完全無人化ニューマチックケーソン工法(New DREAM 工法)の対応が可能となり、一般国道に採用されている橋梁基礎等の小断面構造物など適用範囲の拡大を図ることができた。今後は、更なる小断面化(直径 ϕ 6.0m以下)の開発に努め、安全で高品質・低コストの地下構造物の施工に寄与していきたい。

参考文献

上月直昭：New DREAM 工法の開発、「建設技術展 2002 近畿」開発技術発表会論文集 P101-104

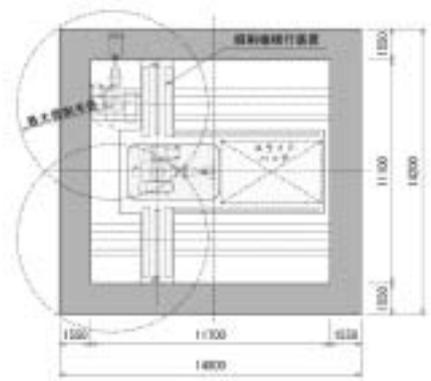


図-5 従来型最小断面(矩形)

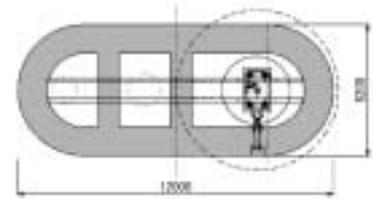


図-6 最小施工断面(小判形)

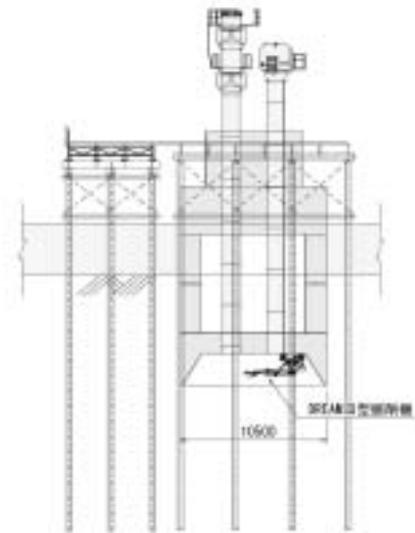


図-7 ケーソン施工計画図



写真-3 ケーソン施工全景

地中熱利用システムについて

鉄建建設株式会社 技術センター 地盤グループ 柳 博文
 鉄建建設株式会社 技術センター 地盤グループ ○松浦 和也

1 はじめに

北海道をはじめとする積雪寒冷地では、散水融雪の場合には路面凍結の恐れがあり、無散水融雪であるロードヒーティングが有効的である。特に、地中熱利用による融雪システムは初期費用が比較的高価であるが、ランニングコストと環境負荷の面で優位性が認められる。しかし、他の伝熱方式等と比べ低温な地中熱をエネルギー源とするため、厳しい気象条件下での地中熱単独の融雪利用の有効性については明確な評価はされていない。そこで設備の低コスト化の観点から、札幌市内において地盤から得られる低温度の熱エネルギーのみを活用した融雪試験を実施したので試験結果を報告するものとする。本融雪試験では、気象条件の厳しい積雪寒冷地においても、地中熱から得られる低温度エネルギーのみでも効果的な融雪効果が得られることが確認できた。

2 試験概要

融雪システムの概要を図-1に示す。熱交換杭は二重管方式とし外管がφ100mm、内管がφ50mmの塩ビパイプを用い、循環水は凍結防止のためポリプロピレングリコール50%を使用した。これら各構造部位の諸元を表-1に示す。熱交換杭の内管内部を下方方向に向かって流れる循環水は、熱交換杭下端で外管に移動し、外管内部を上昇する間に地盤より熱エネルギーを採取するものである。温められた循環水は一旦分岐し、各融雪舗装体に埋設された放熱管(φ15mm)へと流れ込む。放熱管内を流れることで熱エネルギーを放出(融雪)し、再び合流して熱交換杭の内管に戻る。当該システムはこの循環水を熱交換の媒体とした一連の作用により成り立つものである。放熱管は鋼管を使用し、舗装表面から50mmの位置に100mm間隔で埋設している。循環水は凍結防止のためポリプロピレングリコール50%を使用した。なお、融雪舗装体の脇には融雪効果の比較のため無対策の舗装を設置している。

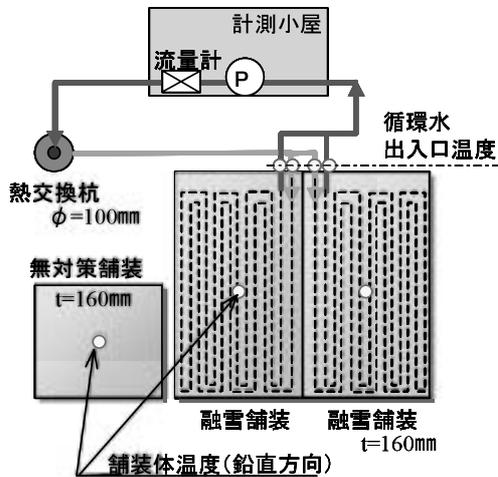


図-1 融雪システム概略図

表-1 融雪システム諸元表

部 位	仕 様, 形 状	数 量
熱交換杭	外管 VP100 内管 VP50	L=40m
循環水	ポリプロピレングリコール 50%	—
流量	Q=5L/min, 10L/min, 20L/min	—
融雪舗装体	2m×4m 2ブロック 21N/mm ² t=160mm	A=16m ²
無対策舗装体	2m×2m 21N/mm ² t=160mm	A=4m ²
放熱管	SGP-B 15A	—

3 採熱試験

融雪試験に先立ち、採熱試験においては、流量をパラメータとして $Q=20\text{L/min}$ から 15L/min 、 10L/min 、 5L/min と連続的に変化させ、最終的に最大流量 22.5L/min で試験を終了し、この時の熱交換杭の出入り口温度と深度方向の温度分布を測定した(図-2)。

施工箇所の初期地盤温度は、G.L. $-5\text{m}\sim-40\text{m}$ では外気温の変動による影響はほとんど受けておらず、概ね地盤温度は 11.0°C 前後で一定値を示している。なお、計測期間中の平均気温は約 2.0°C であった。

図-3に各流量と採熱量との関係を示す。図中の試験結果のほかに過去に行われた採熱試験結果¹⁾を合わせて記載する。採熱量においては熱交換杭の単位長さにおける熱量として比較している。文献¹⁾での採熱試験では、熱交換杭の杭長が 70m であり、PE二層管(外管内径 $\phi 90\text{mm}$ 、内管内径 $\phi 50\text{mm}$)が使用されている。循環水はプロピレングリコール20%である。

当該試験結果において、 20L/min までは流量の増加に比例して採熱量も増加しているが、 22.5L/min になるとその増加分は減少していることがわかる。また、文献¹⁾の試験結果との相違については、札幌市内との気象条件の他、当該試験は塩ビ管を使用しておりその熱貫流率がおおよそ文献¹⁾のPE二層管の $1/3$ であることが影響していると考えられる。

次に、各流量と熱交換杭の出入口温度差(循環水の温度上昇)との関係を図-4に示す。流量が多くなるに従いその温度差は小さくなっており、本試験の範囲においてはその関係は一次式で近似できることがわかる。

4 融雪試験

融雪試験は流量をパラメータとし、 5L/min 、 10L/min 、 20L/min で行い、各舗装体の鉛直方向温度分布及び融雪舗装体出入口部の循環水温度の計測を行った(図-5)。また、融雪量及び積雪量は、適時ロットにて直接測定している。

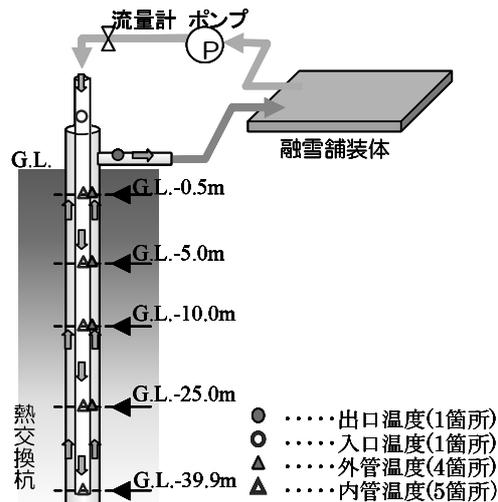


図-2 熱交換杭温度測定位置

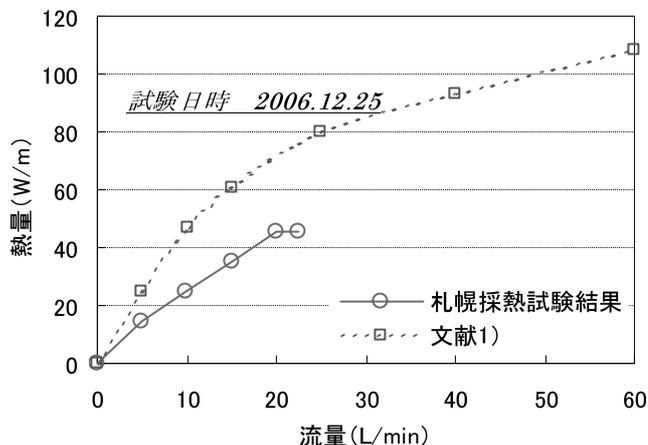


図-3 流量-採熱量関係

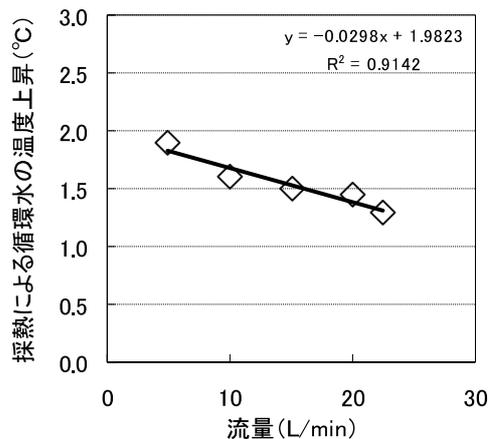


図-4 流量-採熱温度関係

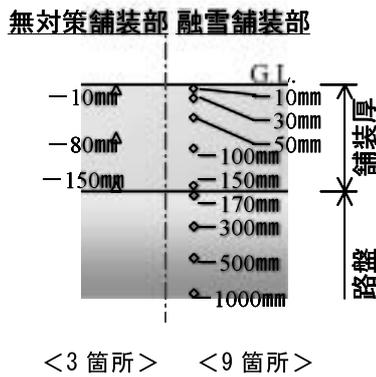


図-5 舗装体温度計測位置

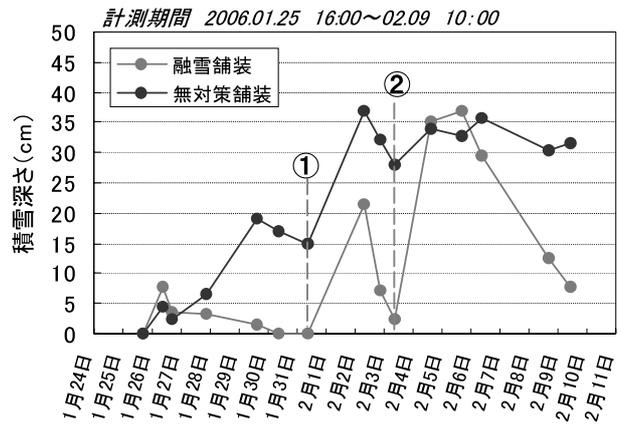


図-6 積雪量経時変化 (20L/min)

融雪試験では各流量について概ね2週間程度の連続運転を実施した。流量 20L/min 時の融雪試験の結果について図-6に示す。積雪深さの経時変化を見ると、30cmを超える積雪があった場合においても、降雪後概ね2~3日程度で完全に融雪されているのがわかる。なお、無対策舗装よりも融雪舗装の方が積雪深さの多い時点があるが、これは風により舞い上がった新雪が融雪部に堆積した影響であると考えられる。

図-6中の①②の時点についての状況を写真-1、写真-2に示す。写真-2において、この時点では完全に融雪は完了していないが、常時凍結状態にある無対策舗装に比べ、融雪舗装体表面部の雪はシャーベット状となっていることが確認できた。

次に、舗装表面と循環水の経時的な温度変化を図-7に示す。舗装出入口の循環水の温度差は概ね一定であり、安定した熱量の供給がされているのがわかる。また、積雪(融雪)時の舗装表面温度も融雪舗装、無対策舗装ともに一定値を示しており、融雪舗装体については外気温が -10°C を下まわっている状況においても表面温度は 0°C 以上を示し、舗装表面の凍結が防止されていることがわかる。

一方、完全に融雪されている状態(積雪ゼロ)では、舗装表面温度は外気温の影響を大きく受けて変動していることがわかる。



写真-1 融雪状況 (①)

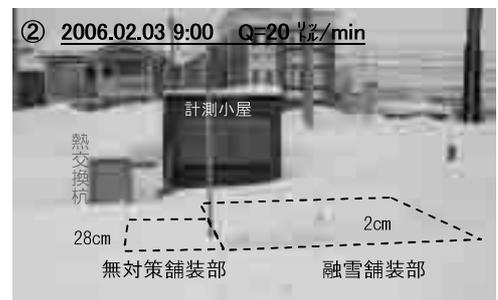


写真-2 融雪状況 (②)

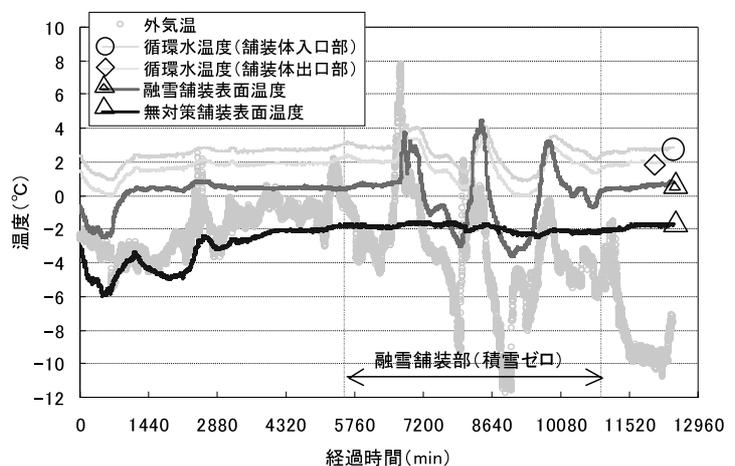
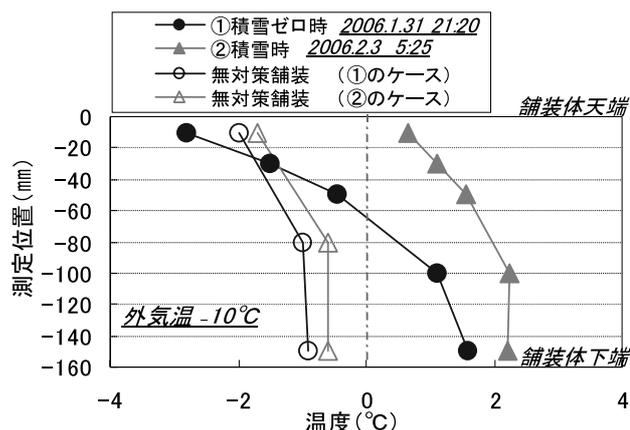


図-7 舗装及び循環水温度変化 (20L/min)

次に、積雪時（写真－２の状態）並びに積雪ゼロ時（写真－１の状態）の各状況における舗装体鉛直方向の温度分布を図－８に示す。

一旦融雪された後（積雪ゼロ時）には外気温（ -10°C ）の変動の影響を大きく受け、融雪舗装の表面は -3°C 近くまで低下し凍結する結果となった。しかし、積雪状況下においては、舗装表面温度は同じ外気温（ -10°C ）においても約 1°C 程度を示し、常に凍結・積雪状態にある無対策舗装に比べて放熱効果が現れているのがわかる。



図－８ 舗装体鉛直温度分布

5 まとめ

今回の試験において、外気温が -10°C を下回るような状況においても、低温度な熱エネルギーの利用による融雪システムの適用の可能性を示すことが出来た。

またこの他に、次のような知見が得られた。

- 1) 流量の増加とともに熱交換杭による採熱量は増加するが、 $20\text{L}/\text{min}$ 以上になるとその増加量は逓減する。
- 2) 流量の増加とともに熱交換杭の出入口温度差は小さくなる。この流量と熱交換杭の出入口温度差との関係は、一次式により近似できる。

今後においては、気象条件の厳しい積雪寒冷地での融雪舗装体の融雪能力を定量的に評価するとともに、凍結防止に対する評価と熱伝導率の異なる融雪舗装体の効果確認や、融雪後の走行・歩行等の安全性の確保についての検討を行う必要がある。また、熱交換杭の採熱能力についても地盤温度等の環境条件、熱交換杭の内外管の熱伝導率及び循環水の物性値の影響を加味して採熱能力の定量的な評価を行うことで更なる効率化が計れると考える。更には、循環水の流れの性質及び物性値が熱伝導に与える影響を把握する必要があると考える。

6 参考文献

- 1) 大木政弘ほか「掘削杭熱交換方式による地盤蓄熱と路面温度制御」水工学論文集、第41巻、1997
- 2) 福原輝幸ほか「放熱管を有する舗装体の融雪能力特性」水工学論文集、第36巻、1992
- 3) 福井県雪対策・建設技術研究所 年報地域技術第18号、2005.7

半たわみ性凍結抑制舗装について

株式会社 植木組 原 克也

1 はじめに

昨年当社は半たわみ性凍結抑制舗装「ソルベイグY21」を開発して実路の施工を実施したが、2シーズン目の冬季を経過した半たわみ性凍結抑制舗装について追跡調査を実施したのでその結果について報告する。また、本年、国道8号の交差点内の一部を本工法で試験施工を実施したのでその概要を報告する。

2 半たわみ性凍結抑制舗装の概要と特徴

2.1 概要

「ソルベイグY21」は開粒度アスコンの空隙部に塩分と少量のベントナイトを混入した特殊セメントミルクを全浸透充填させた半たわみ性凍結抑制舗装であり、その主な仕様は以下のとおりである。

表-1 開粒度アスコンの仕様

安定度：2.94kN 以上 、空隙率：25%
バインダー：高粘度アスファルト改質Ⅱ型
すべり抵抗値（充填後）：73.4

表-2 充填入セメントミルクの配合表(kg/m³)

セメントミックス (超速硬型)	塩	水	減水剤	硬化 遅延剤
1000	180	565	3.5	1.5

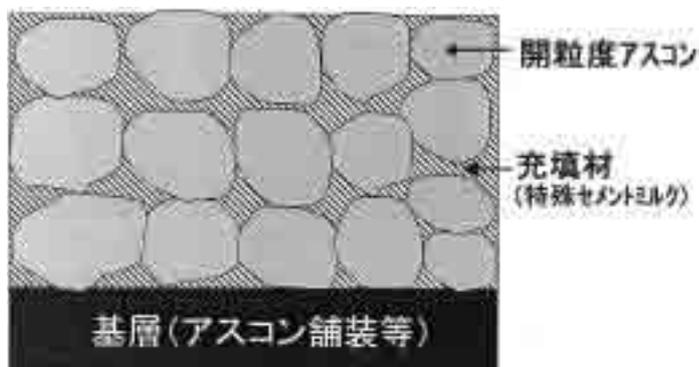


図-1 凍結抑制舗装のイメージ図

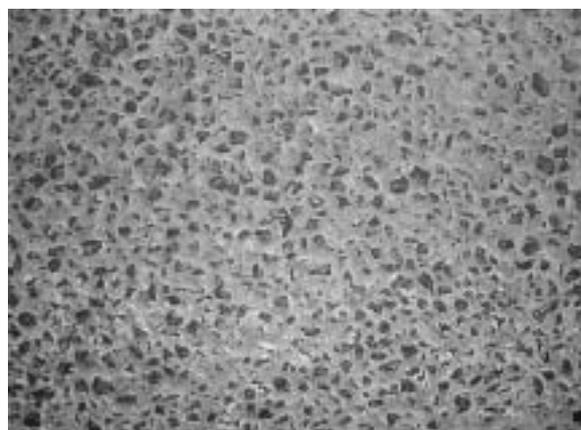


写真-1 舗装表面形状

2.2 特徴

- セメントミルクに混入したベントナイトの効果により混入可能な塩分量が増加し、塩分溶出特性が向上するとともに、塩分溶出量が同等である条件下で、他の製品と比較して氷着引張り力が小さく、圧雪等が舗装表面から剥がれやすい特性を持つこと。
- 半たわみ性凍結抑制舗装のため、夏場は耐久性や耐流動性を発揮し、舗装変形に対して強みを持つこと。

3 実路試験舗装の概要

実路の試験舗装を以下のように実施した。

- ・ 実施日時：平成 16 年 12 月、
- ・ 実施場所：新潟県柏崎市内の市道号
- ・ 実施面積：A=546 m²（幅 6.5m×延長 84m）

4 追跡調査について

4. 1 追跡調査の概要

実路舗装施工後、直近の平成 16 年度と平成 17 年度の 2 シーズンについて降雪日の現場の状況観察を実施するとともに、現場の舗装コアを採取して塩分溶出試験を実施した。

4. 2 現場の状況観察

施工後、1 シーズン目（平成 16 年度）の冬季は圧雪の剥がれ効果が十分に発揮され、満足できる結果を得た。（写真-3, 4 参照）また、2 シーズン目（平成 17 年度）の冬季についても、1 シーズン目には劣るものの圧雪の剥がれ効果を確認することができた。（写真-5 参照）



写真-5 圧雪の剥がれ状況（2シーズン目）

4. 3 塩分溶出量試験

4-3-1 塩分溶出量試験方法

塩分溶出試験は以下のように実施した。

- ・ 現場で採取した舗装コア（直径φ10 cm、h=5 cm）を塩ビ製パイプの中に設置し、周囲をシール防水して供試体を作成した。
- ・ 供試体の表面に水を 60cc 程度満たして、8 時間放置した後、塩分が溶出した表面水の塩分濃度



写真-2 実路施工状況（完了）



写真-3 機械除雪後の圧雪の剥がれ状況



写真-4 圧雪の剥がれ状況（1シーズン目）



写真-6 舗装コアの塩分溶出試験状況

を塩分濃度測定器で測定した。

- ・表面水を破棄して供試体を傾けて16時間自然乾燥させた。
- ・以上の手順を1サイクルとして5サイクル連続して実施して、その平均値をその時点の塩分溶出量とした。

4. 3. 2 試験結果

塩分溶出試験結果は以下の表-3に示すとおりである。

表-3 塩分溶出量の経年変化状況

舗装後の経過月数	4ヶ月後	7ヶ月後	18ヶ月後
塩分溶出量 (g/m ² ・h)	1.0	0.7	0.7

注1)塩分溶出試験は5回実施して平均化した。

塩分溶出量の経年変化状況から塩分溶出量は2シーズン目を終えて、明らかに減少していることを確認した。

一般的に化学系の凍結抑制舗装において効果が期待できる塩分溶出量がおおよそ1.0g/m²・hであることから、長期的な塩分溶出能力がまだ期待するところまでいっていないといえる。

この結果を踏まえて、セメントミルクの改良を行った。

5 セメントミルクの改良について

5. 1 改良点について

- ・初期の塩分溶出量を抑制し、全体的に平均化するため、水セメント比を4%程度減少させ、セメントミルクの強度を上げた。
- ・ベントナイトの量はほぼ改良前と同様とした。
- ・また、ドライバーの視認性を向上させるため、セメントミルクにセメント重量の2%程度、黒の顔料を混入し、舗装の明度を低減させた。

5. 2 室内試験結果

改良したセメントミルクを使用した半たわみ性凍結抑制舗装の室内試験を実施して塩分溶出特性について検証をした。その結果、初期の塩分溶出量は表-4に示すとおり、改良型の塩分溶出量は10回目の溶出試験で0.3g/m²・hまで低減し、当初の目標を下回る結果となった。

表-4 初期の塩分溶出量の変化

塩分溶出試験回数		1回目	4回目	10回目
塩分溶出量 (g/m ² ・h)	改良前	28.8	3.1	3.1
	改良後	22.8	1.3	0.3

この主な理由はセメントミルクの水セメント比の減少であるが、その他に、顔料による低減の可能性が大きい。しかし、その低減メカニズムを解明していないこともあり、今回、顔料混入による凍結抑制舗装の明度の低減を優先させ、改良したセメントミルクを使用して改良型の半たわみ性凍結抑制舗装を実施することとした。

6 国道8号の実路施工について

6.1 施工概要

改良したセメントミルクを用いたソルベイグ Y21 の試験舗装を図-2 に示す国道8号の交差点内の
の圧雪が残りやすい箇所で実施した。

- ・ 実施日時：平成 18 年 1 月
- ・ 実施場所：新潟県柏崎市内国道 8 号
- ・ 実施面積：A=30 m²（幅 2.0×延長 17m）



写真-7 凍結抑制舗装の完成状況(上り線)



図-2 交差点内の施工位置図

6.2 凍結抑制効果の確認

今年の冬季間についてその効果を確認した結果、
凍結抑制効果を確認することができた。

降雪の後、普通アスコン部（下り線）では通行
車両に踏まれた雪が路肩部に圧雪として残り、通
行の支障となっていた。一方、凍結抑制舗装部
（上り線）では圧雪がきれいに剥がれて車両の通
行はスムーズであった。



写真-8 普通アスコン部の圧雪状況(下り線)

7 終わりに

今回、開発した半たわみ性凍結抑制舗装ソルベ
イグ Y21 の実路施工における追跡調査を実施した
結果、塩分溶出量の低減状況を把握した。

また、本年、改良したセメントミルクを用いて
交差点内を一部を凍結抑制舗装を実施したが、舗
装の明度の低減効果および凍結抑制効果を確認す
ることができた。今後も、実路施工現場の塩分溶
出量および凍結抑制効果について追跡調査を実施するとともに、さらに本工法の改良を進めたい。



写真-9 凍結抑制舗装部の圧雪状況(上り線)

地熱利用ヒートパイプ融雪方式の施工と融雪効果

株式会社興和 水工部 部長 池野 正志
 課長 松原 誉
 課長代理 ○ 斎藤 貴典

1 はじめに

新潟国道事務所管内の一般国道8号弁天 IC には、機械除雪の効率化と冬期の安全な交通を確保することを目的として、無散水融雪施設（地熱利用ヒートパイプ方式）を設置した。この施設は深度15m～20m程度のボーリング孔にヒートパイプを挿入し、地熱エネルギーを取り出し路面の融雪、凍結防止を行うものである。この工法は電気も燃料も使用しないランニングコスト「ゼロ」の融雪方式であるとともに、動力を一切使用しないため環境に配慮した方式である。

本報告は、地熱利用ヒートパイプ融雪方式の施工状況及び融雪効果を報告するものである。

2 ヒートパイプ融雪原理

ヒートパイプは、密閉パイプ内部を真空にして作動液を少量封入したものである。一方の端（本システムでは採熱部）を加熱すると、内部の作動液が熱エネルギーを受け取って蒸発し、他端（本システムでは融雪部）へ高速で移動しながら凝縮潜熱を放出して液体に戻る。液体となった作動液は、重力によってもとの端へ戻る。この繰り返しによって、動力なしで融雪を行うことができる。地熱利用ヒートパイプ融雪方式のシステム図を図-1に示す。

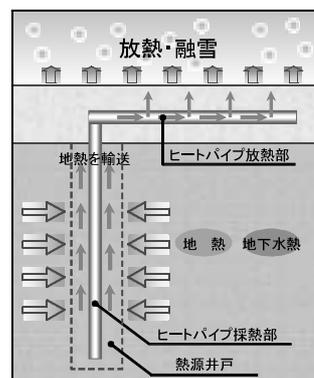


図-1 システム図

3 弁天 IC の融雪施設概要

弁天 IC は新潟バイパス及び周辺道路の交通負荷の軽減、新潟駅南地区へのアクセス向上等を目的に8号新潟バイパスと市道弁天線との交差箇所に建設されたインターチェンジである。

冬期除雪対策としては機械除雪が基本となるが、ランプ部については除雪車が後退作業することなく一筆書きでの除雪作業が望ましく、従来後退作業が発生する箇所について融雪施設の必要性が検討された。その結果、図-2に示す様に新潟西方向側の ON ランプ 140 m²、OFF ランプ側 117 m²に施設導入に至った。

この施設は、60cm 間隔に設置されたφ 100A の熱源井戸にヒートパイプを2～3本(主に3本)挿入されており、融雪及び凍結防止時には、ヒートパイプ内の作動液が地温と路温の温度差により

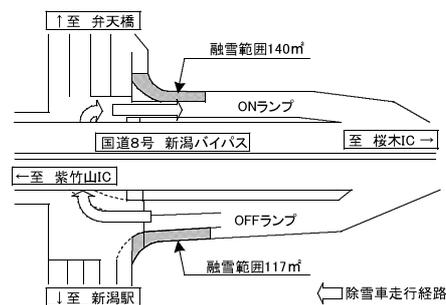


図-2 融雪範囲平面図

表-1 設計条件

項目	設計値	備考
外気温	-0.4℃	
平均風速	4.4m/sec	
平均日降雪深	6.0cm/day	
設計時間降雪量	1.5cm/h	
必要熱量	124W/m ² (融雪必要熱量)	凍結防止熱量: 43W/m ²

自然に動作し、地熱を地上の融雪部に移動させる。また、熱源井のケーシングはストレナ加工をされており、地下水の流動による熱の流入を得やすくしている。施設概要一覧については表-2に示した通りである。

表-2 施設概要一覧表

名称	規格・仕様	備考
熱源井	SGP100A 深度11.0m~19.5m×131本	
ヒートパイプ	SUS304L φ26.5 L=11.3m~26.3m×384本	
ヒートパイプ敷設ピッチ	200mm	
ヒートパイプ埋設深さ	75mm	
ヒートパイプ敷設勾配	1%~2%	
敷設面積	257㎡	
単位面積当たり必要熱量	124W/㎡	
全体融雪熱量	32kW	

4 施工状況

施工フローを図-3に示す。熱源井掘削位置に、埋設物や既存の占有物件の有無を確認し、支障物件を避ける様に配置計画を行い、井戸掘削位置を決定した。現場は地下埋設物等の支障物件が多数存在したため、この配置計画が重要な作業となった。さく井は、掘削速度が速く、移動が容易なロータリーパーカッション工法を用いてケーシング SGP100A を挿入して仕上げた。井戸深度は、放熱部の幅員長により 11 ~ 19.5m で、131 本設置した。その後、熱源井内に 2 ~ 3 本 (主に 3 本) のヒートパイプを束ね、採熱長を確認して挿入した。放熱部にスペーサ、メッシュを設置し、熱の伝わりと経済性を考慮しヒートパイプ放熱部をピッチ(200mm)、勾配(1 ~ 2%)に保ち設置した。全てを設置した後、舗装コンクリートを打設した。本施設の構造図を図-4、図-5に示す。

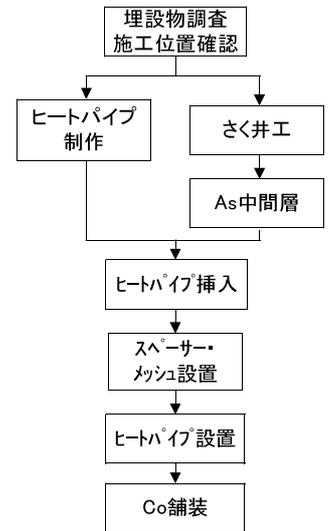


図-3 施工フロー

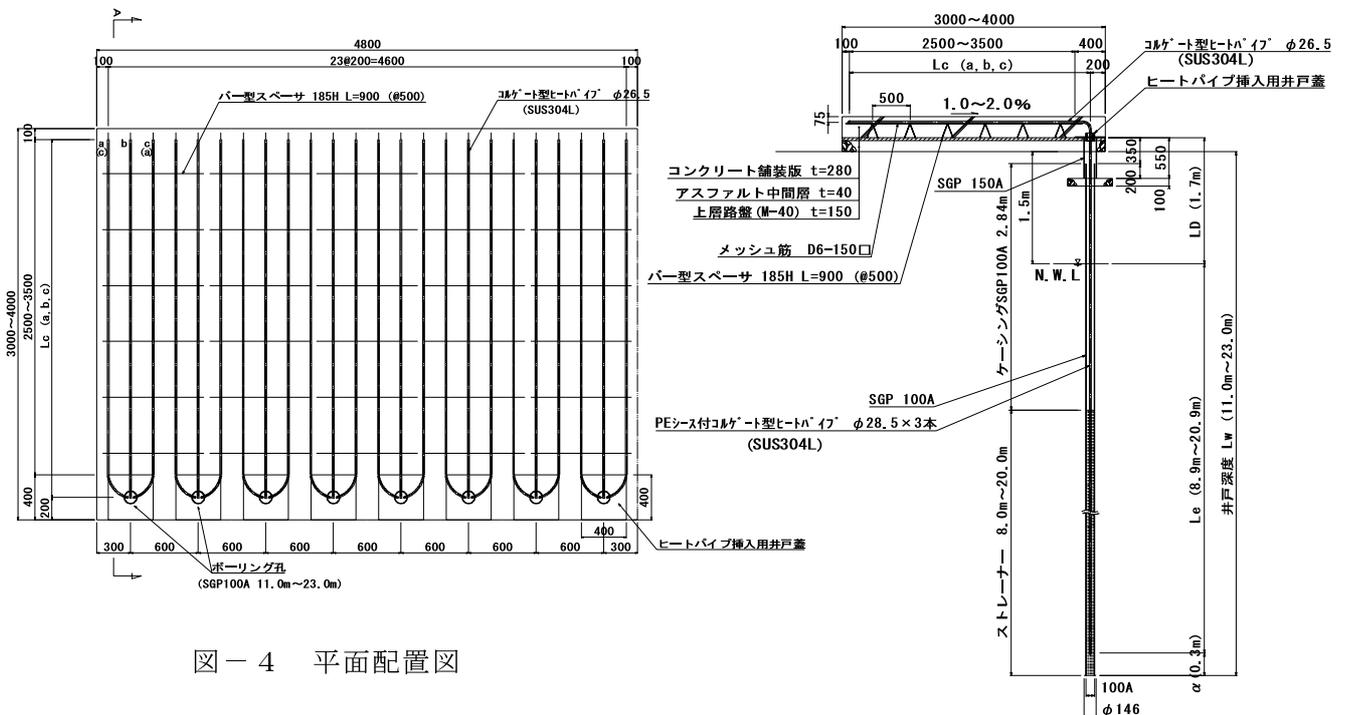


図-4 平面配置図

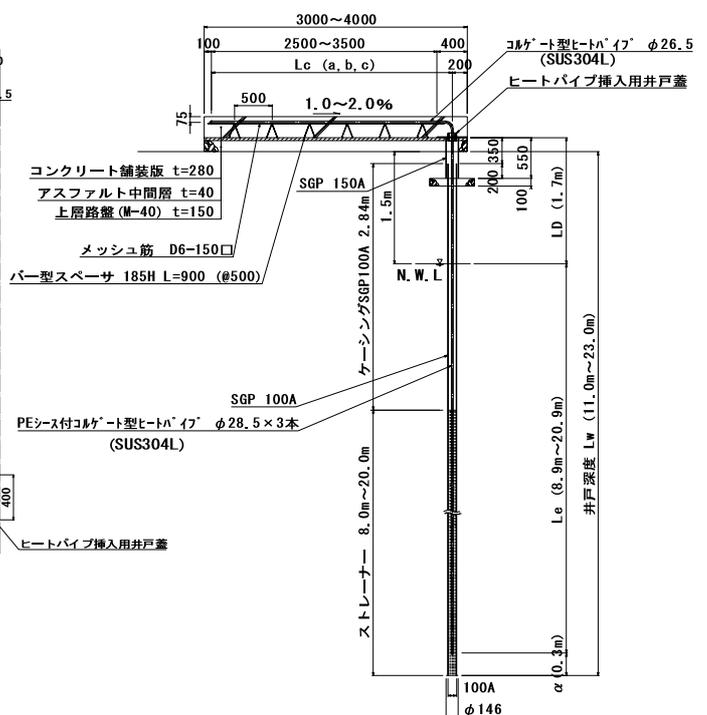


図-5 断面構造図



写真－1 ボーリング作業状況



写真－2 ヒートパイプ挿入作業



写真－3 据付完了 (ON ランプ)



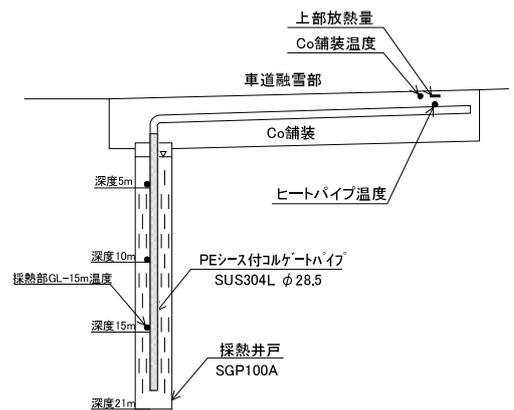
写真－4 据付完了 (OFF ランプ)

5 融雪効果

本施設には熱源井戸内の温度状況を測定するため井戸深度 5m、10m、15m のヒートパイプ採熱部に温度計を設置し、放熱部ヒートパイプ及び、コンクリート舗装内にも設置した。また、上部放熱量を確認するためにヒートパイプ放熱部の上部に熱流計を設置した。図－6 にセンサー設置図を示す。その観測結果(2005 年 12 月のデータ)を図－7 に示す。なお、降水量は新潟地方気象台のデータを付け加えている。

このグラフより、本施設は地温と舗装温度に差があれば自然に作動し地温により舗装が予熱されている。

降雪時やさらなる舗装の温度低下があると放熱量が増大し、設計上部放熱量 $111.6\text{W}/\text{m}^2$ ($124\text{W}/\text{m}^2 \times 90\%$) を上回っており融雪されている状況であった(12/16、12/18、12/20)。また、舗装温度が高い場合でも、放熱量は設計値まで達してはいないが融雪されている状況であった。この傾向は、冬期 1 シーズンの間みられ、舗装温度が 0°C を下回ることには無かった。



図－6 センサー設置図

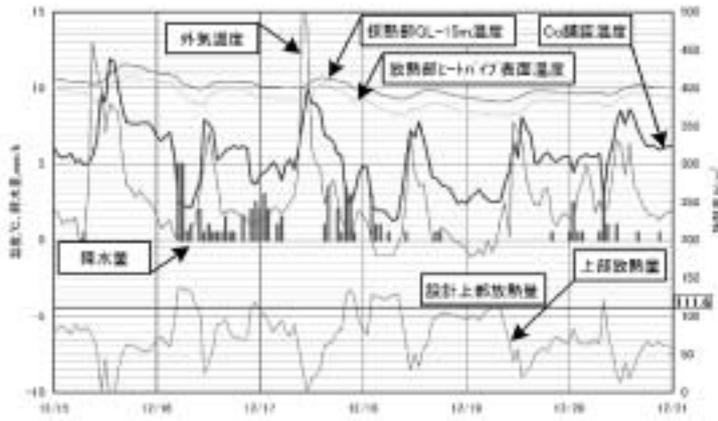


図-7 観測データ(2005/12)



写真-5 融雪状況 (ON ランプ 05/1/6)

6 まとめ

本工法は、ヒートパイプが地熱を放出し融雪するシステムであることから、熱源機械を利用した融雪工法と異なり、運転停止や加熱能力の増減を制御することは出来ない特徴を有している。放熱量は地温と舗装温度の差に依存しているが、シーズンを通じて融雪能力は維持された。

この工法に関しては、熱源器の設置スペースが不要であり、建設後には運転費やメンテナンス等

の維持費が掛からない。さらには、運転時の燃料も不要のため二酸化炭素排出も無く環境負荷が無い等のメリットが大きい。

しかし、現状の施工上の制約として以下の点が挙げられる。

- ・施工時において、終日通行規制が行えること。
- ・占有物件等地下埋設物が少ないこと。
- ・地熱がある（地下水があると供給面でなお優位）。

さらに、ボーリング工費、ヒートパイプ材料費が高価であり今後、この部分の低コスト化も大きな課題である。

最後に、計測データの提供及びご指導頂きました新潟国道事務所の皆様をはじめ、関係各位の皆様に対しまして、心より感謝申し上げます。

参考文献

路面消・融雪施設等設計施工要領 平成12年3月

表-3 月毎最大放熱量(設計放熱量 124W/m²)

日付	上部放熱量(Q)	放熱量(Q/0.9)	気象
	W/m ²	W/m ²	
2005/12/16	138.2	153.6	降雪時
2006/1/22	119.7	133.0	降雪時
2006/2/3	115.6	128.4	凍結防止
2006/3/12	126.2	140.2	降雪時

ソイルメント地中連続壁を利用した地中熱活用技術

(株)本間組 土木本部 技術部 川浦 栄太郎

はじめに

地中熱は、自然エネルギーの中でも「地域制限がない」「熱源が安定している」「環境に優しい」「ランニングコストが安い」ことなどから注目されているが、一般的にボーリングにより熱交換器を地中深く設置する必要があり、インシヤルコストが高くなる等の問題があった。

連続地中壁利用地中熱交換システム（以下、「連続地中壁熱交換システム」と記述）は、仮設壁として用いられる連続地中壁の造成中に、芯材に取り付けた熱交換器を埋設し、連続地中壁を熱交換器として利用することで、熱交換器を設置するためのボーリング費の削減を図った、融雪、クーリング、空調設備熱源などの地中熱活用技術である。

本システムの有効性を検証するため、新潟県新発田市内の JR 羽越線アンダーパス建設工事現場において、地中熱交換器の施工性及び採熱性能の把握と、地中熱源ヒートポンプを用いた現地融雪試験を実施した。以下に、システムの概要と試験結果を報告する。

1. 連続地中壁熱交換システムの概要

一般に連続地中壁は、地下掘削時の土留めや止水のための仮設壁として設置されるが、本体構造物の完成後は利用されないケースが多く見られる。連壁地中壁熱交換システムは、連続地中壁の芯材に地中熱交換器を取付ることで、連続地中壁の造成に合わせて、地中熱交換器の設置を行うものである。これにより地中熱交換器の設置コストを削減することができるだけでなく、本体完成後利用されることのない地中連続壁も有効に活用することができる。

連続地中壁熱交換システムのイメージを図-1 に示す。



図-1 システムイメージ図

2. 熱交換器の設置

本システムにおける熱交換器の設置では、TRD, SMW 等のソイルセメント地中壁の造成中に、芯材に取り付けた熱交換器を建込むことにより、連続地中壁の造成に合わせて熱交換器の設置を行うものである。前述のとおり、ボーリング費を削減することにより設置費の削減を図るものであるが、大前提として、主目的である連続地中壁本体の造成に支障をきたさない必要がある。連続地中壁の芯材の建込みでは、建込みスピードの維持と鉛直性の確保が重要となるが、熱交換器の先端部に抵抗低減カバーを設置することにより、片側に熱交換器を設置した芯材であっても、鉛直性を確保



写真-1 連続地中壁造成状況

しながら、通常の建込み速度で施工することが可能であった。このことから、連続地中壁への熱交換器の設置に関しては、熱交換器の芯材への取付け費用のみで、熱交換器の地中部への設置が可能であり、安価な費用で熱交換器の設置が可能なが確認できた。

今回の実証試験では、採熱性能の特性を把握するため、ダブルU型パイプ式、鋼管式、2種類の熱交換器を設置した。連続地中壁造成状況を写真-1に、それぞれの形式の熱交換器を図-2に、熱交換器設置状況を写真-2に示す。

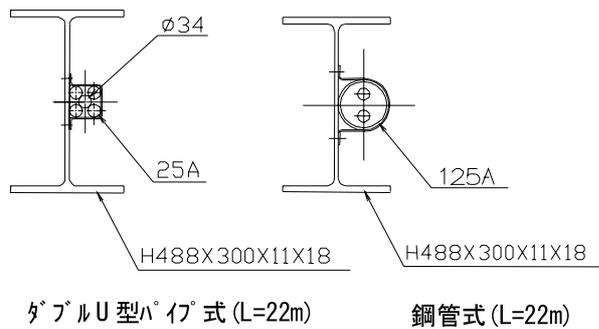


図-2 熱交換器

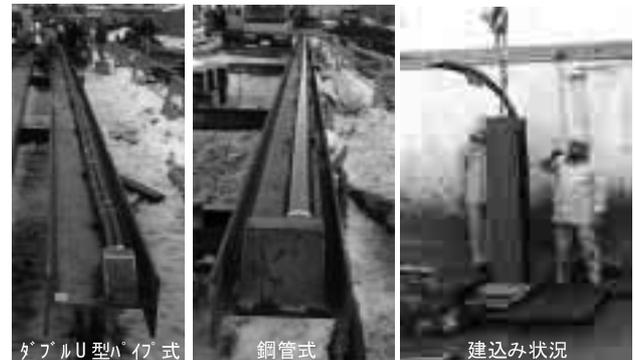


写真-2 熱交換器設置状況

3. 現地融雪試験

3.1 融雪試験概要

平成16年度の冬期に芯材に取付けた熱交換器を用いて現地融雪試験を実施した。試験では、JR羽越線アンダーパス建設工事現場に隣接する、場外歩行者通路に融雪路面(2.6m×15.0m=39㎡)を設け、地中熱源ヒートポンプによる融雪実験を実施した。

なお、融雪試験に先立ち前年度に、一定温度の不凍液を24時間連続供給し、その際の不凍液の還り温度、地中熱交換器内温度、地中温度等を計測し、地中熱の採熱可能量の計測を行った。その結果からヒートポンプ式地中熱利用融雪設備の熱源として有効に機能すると判断し融雪試験を実施した。試験設備の概要を図-3に、熱交換器及び地中温度測定位置(図中の数字部分に温度センサーを設置)を図-4に、融雪舗装断面を図-5に、設置状況等を写真-3～5に示す。

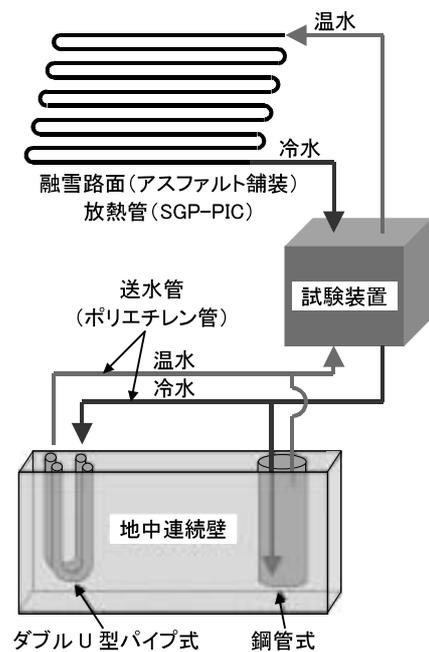


図-3 融雪試験設備の概要

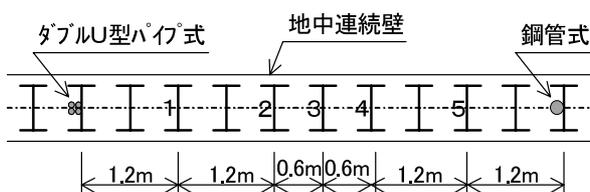


図-4 地中温度測定位置図

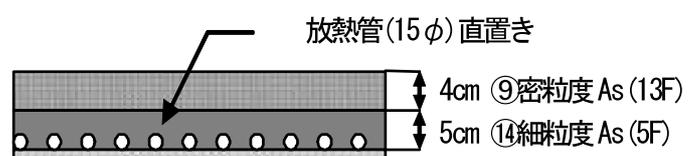


図-5 融雪舗装断面図



写真-3 放熱管設置状況



写真-4 地中熱源ヒートポンプ

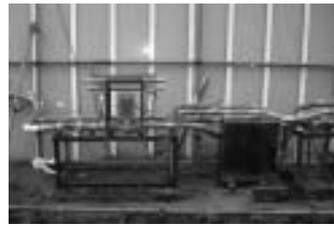


写真-5 降雪センサー

3.2 融雪試験結果

融雪試験は、平成16年12月23日～平成17年3月31日の間実施した。融雪装置には、降雪を感知する降雪センサーと舗装路面温度を計測する温度センサーを設置し、降雪を感知した場合及び路面温度が1℃以下（路面の凍結防止を考慮）となった場合に装置が作動する様に設定し、自動運転を行った。また、タイムラプスビデオ（超長時間録画が可能なビデオ）による融雪状況の連続撮影と、データの自動計測（1分間隔）を行った。

図-6、7に平成17年2月20日午前9:30～22日午前9:30（48時間）の連続地中壁内温度、放熱管水温と路面温度の計測結果を示す。

連続地中壁内温度は、どの深さにおいても、路面状況、天候等にかかわらず、ほぼ一定の温度を示していることが分かる（図-6参照）。特に深さ12mでは、約20℃と高い温度を示している。また、地表面下2m部分については、気温の影響を受け5℃前後と低い値となっている。なお、試験時は地中壁造成後約1年を経過しており、ソイルセメントの水和反応も終息していると考えられることから、この値はそのまま当該地点における地温であると考えられる。

放熱管送温度及び還水温度と路面温度については、融雪装置稼働しているときは、深夜及び路面に白く積雪が残る場合でも、0℃を下回ることなく常に2℃～3℃を保持しており（図-7参照）、路面は凍結していないことが分かる。

また、融雪設備が有効に機能するためには、設計値以上の送水温度と融雪熱量を確保する必要がある。図-8に試験期間中の日平均融雪熱量と日平均送水温度のデータを示す。このグラフから期間を通して融雪熱量と送水温度の実測値が共に安定して設計値を十分満足していることが確認できる。

また、写真-6に試験期間中で積雪量が最も多かった、平成17年2月20日PM2:00から2月21日PM2:00までの24時間の融雪状況を示す。この写真は、タイムラプスビデオ映像を3時間ごとに示したものであるが、録画した画像からは、全体を通して良好な融雪性能を発揮していることが分かる。降雪強度が

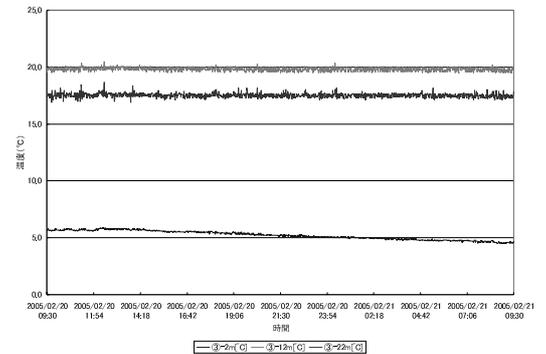


図-6 連続地中壁内温度

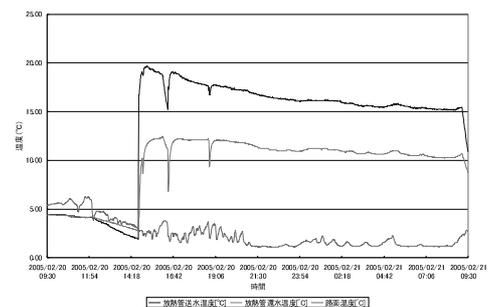


図-7 放熱管水温と路面温度

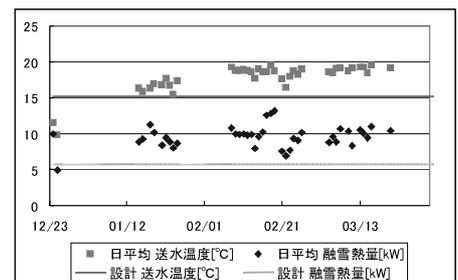


図-8 融雪熱量と送水温度

強くなると一時的に路面が白く(21日 AM11:00等)なるものの、その後30分程度でこの状態は解消される。また、一時的に路面が白くなくても、下層はシャーベット状であり、歩行者や自転車等の通行には何ら支障とならなかった。写真奥の既設舗装部分と比較しても十分な融雪性能を発揮していることが分かる。



写真一六 融雪状況写真

まとめ

以上、融雪試験の結果から連続地中壁を利用した地中熱利用技術は、熱交換器を埋設するためのボーリング費用を削減することが可能であり、かつ十分な融雪性能を有していることが分かった。

当技術は、連続地中壁の設置を伴う、道路トンネル出口の凍結防止、ポンプ場の駐車場及び道路融雪、管理建屋の空調熱源、地下歩道設置に伴う道路融雪及びクーリング(ヒートアイランド対策、アスファルト舗装面の流動抑制)、ビルの空調熱源などへの利用が考えられ、連続地中壁熱交換システムを利用することにより、低コストで多数の地中熱交換器の設置が可能となり、地中熱源の利用促進につながると考えられる。

最後に、実証試験に際し、試験フィールドの提供と試験に協力頂いた、アンダーパス建設工事関係者各位に謝辞を申し上げます。

【参考文献】

- 1) 川浦栄太郎, 深山剛: 地中連続壁を利用した地中熱活用技術について, 第23回土木学会関東支部新潟会研究調査発表会論文集, pp332-335, 2005. 10. 28

PCシェッド点検判定要領(案)

北陸PC防雪技術協会 技術部会長 若林 修

1 PCシェッド点検判定要領(案)の概説

PCスノーシェッドやPCロックシェッドは、設計・施工マニュアル類も整備され、北陸地方のみならず全国規模で施工されてきています。しかし、その一方でPCシェッド専用の点検、判定に関する資料は未整備に近く、道路管理者が行う点検による安全確保や維持管理に資するため、『PCシェッド点検判定要領(案)』(以下、要領案と呼ぶ)を作成しました。

要領案はA4版で40頁程度のボリュームがありますので、ここではその全体構成およびポイントと思われる部分を抜粋して紹介いたします。なお、要領案の全文は、2007年1月に発行される北陸PC防雪技術協会の機関誌“防災土木;第14号”に掲載される予定となっています。

以下に、要領案の全体構成を列記します。

- ・第1章 点検の位置付け……点検の目的、適用範囲、点検の流れ
- ・第2章 点検内容……斜面およびシェッド本体に対する点検の頻度、項目、方法、体制
- ・第3章 点検結果の評価……判定区分、補修・緊急対応・詳細調査の必要性の判定
- ・第4章 点検結果の記録
- ・参考資料……対策区分判定の方法、点検表、PCシェッドの構造概要と設計基準、標準形の変遷

2 要領案のポイント

2.1 適用範囲

要領案の適用範囲は、以下のとおりです。

- ・点検の種類……定期点検を対象
- ・構造物の種類……PCシェッド(PCスノー、ロックシェッド)
- ・点検の対象……山側斜面、谷側斜面、シェッド本体の上部工および下部工

2.2 点検業務のフローチャート

点検業務に関する各作業の流れを、以下の図(本項と次項)に示します。

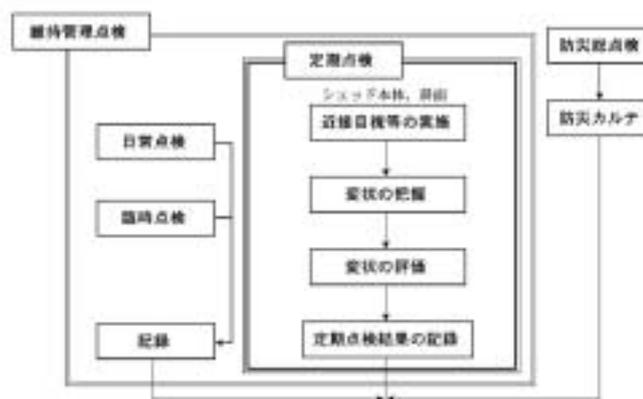
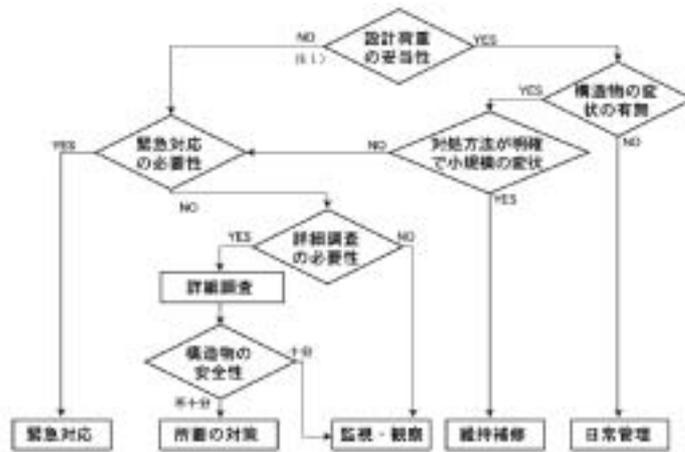


図-1 フローチャート(その1)



注1) 建設当初の設計荷重を対象にした妥当性のチェックであり、基準の変遷を含んだ現行の荷重での妥当性のチェックではない。

図-1 フローチャート(その2)

2.3 点検項目

点検項目は、点検対象により異なり、以下がその概要です。

- ・ 山側斜面・・・開口亀裂の規模および目の方向、連続する水平亀裂および目の方向、小崩落・落石、表土および浮石・転石の状況、地すべりの兆候、湧水状況
- ・ 谷側斜面・・・開口亀裂の規模および目の方向、連続する水平亀裂および目の方向、地すべりの兆候、湧水状況
- ・ 頂版上・・・土留壁、頂版上の状況(崩土、落石等)、緩衝材の厚さ
- ・ シェッド本体・・・上部工(主梁、横梁、柱、目地部)、支承部、山側受台、谷側受台、排水工、基礎工および路面

2.4 対策区分

上記それぞれの点検項目に対して点検を実施し評価を行い、その後必要となる対策を判定しなければなりません。以下に、判定内容の程度に応じて設定した対策区分を一覧します。

表-1 判定と対策区分

対策区分		判定内容
日常管理	A	損傷が認められないか、損傷が軽微で補修を行う必要がない。
監視・観察	B	状況に応じて補修を行う必要がある。
維持補修	C	速やかに補修等を行う必要がある。
緊急対策	E	構造の安全性の観点から、緊急対応の必要がある。
詳細調査	S	詳細調査の必要がある。

2.5 点検結果の評価の事例

各点検項目に対して点検を実施し、それぞれについて評価する際の目安を、シェッド本体を事例として、以下に紹介します。

表-2 シェッド本体の評価の目安

部位		対策区分の判定	評価方法の目安
PC シェッド 本体	上部構造	A	変状が見られない場合
	下部構造	B	ごく軽微なひび割れ、鉄筋の露出や錆汁が見られる状態であり、現段階では剥離等の損傷はなく耐荷性能の低下まで認められない場合
		C	全体的に大きな損傷はないが、部分的に剥離が生じており、損傷の規模が小さく措置のしやすい場所にある状況など、維持補修で対応することが妥当と判断できる場合
		E	うき、鉄筋の露出、剥離等が発生しており、他の箇所でも剥離落下を生じる危険性が極めて高く、また、部材の変形、傾斜、クラック等も生じており、PCシェッド構造の安全性が著しく損なわれ、交通障害や第三者被害が懸念され、緊急対応が妥当と判断できる場合
		S	目地部やその他の部分からの漏水や遊離石灰が著しく、うき、鉄筋の露出等もあるが、目視ではその範囲・規模が特定できない状況など、詳細調査を実施することが妥当と判断できる場合
	支承部	A	支承本体の変形やアンカーボルト・鋼部材の腐食等がなく、異常が認められない場合
		B	ごく軽微な支承本体のひび割れや鋼部材の腐食等が見られる状態であり、現段階では大きな損傷はなく支承機能が損なうほど低下していない場合
		C	支承周辺の土砂詰まりや杓座モルタルの劣化等があり、比較的容易に維持補修で対応することが妥当と判断できる場合
		S	ゴム本体のひび割れ、はらみ、ずれ、めくれや鋼部材の腐食等によって、支承の機能が多少懸念され、目視ではその範囲・規模が特定できない状況など、詳細調査を実施することが妥当と判断できる場合

第二会場 報告技術

イソイル緑化工法の開発

小柳建設(株) 営業部 部長 ○田巻 尚
環境保全部 係長 渡邊貞介

1 はじめに

イソイル緑化工法の開発について報告させていただきます。

平成12年に「建設リサイクル法」の制定、同時に、「循環型社会推進形成基本法」、「改正廃棄物処理法」、「資源有効利用促進法」、「食品リサイクル法」、「グリーン購入法」の5つの法律も整備され、これらの法律を一体的に運用し、循環型社会の形成を促進する。と伺っております。

本工法は、それらゼロエミッションの一環として、建設現場などで発生する伐採木・抜根等を堆肥化する事無く、生木のまま法面等の緑化施工面に吹付け、植生基材としてリサイクル活用する緑化技術です。本報では、施工事例を踏まえて報告致します。

尚、「イソイル」の名称は、海藻残渣を用いる事から、海藻を連想させる「磯」と「soil(土、土壌)」をあわせた造語です。

2 開発技術の概要

2.1 開発の骨子

コスト、管理面から堆肥化せず、生木のまま植生基材として使用することに重点を置きました。一般的に、未分解の生木では、栄養不足に加え、窒素飢餓や生育阻物質といわれるフェノールや樹脂により、植生(根)に障害を与える為、植生基材としては不向きであり、必ず堆肥化期間を十分にとり、生育阻害物質が分解され腐熟した物を使用しなければならないと言われておりました。

そこで、栄養分の補填、堆肥化の促進、堆肥化するまでの繋ぎ材となるもの(出来る限りリサイクル品)を現場内で加え、伐木・抜根を植生基材(バーク堆肥の代用品)として在来技術の植生基材吹付工に使用できる事を目標に、開発に取り組みました。

2.2 開発の目的及び設定条件

建設現場等で発生する伐木・抜根等を生木のまま法面等の緑化資材として活用することで、産業廃棄物の削減を図るとともに木材資源の有効活用を図り、環境負荷の低減と循環型社会の形成に貢献する事を目的とする。(ゼロエミッション、コスト縮減)

<設定条件>

- ① 伐木・抜根等を堆肥化せず、生木のまま使用する。(保管リスクの回避、コスト縮減)
- ② 生木の状態で植生基材としての機能を確保する。(植生可能)
- ③ ゼロエミッションの理念に則り、他産業リサイクル品を活用することで、循環型社会形成に貢献できるものとする。(グリーン購入法、食品リサイクル法等の推進)
- ④ 新たな機械の開発をせず、既存の機械による施工が可能なものとする。(既存機械の有効利用)
- ⑤ 既存の植生機材吹付工と同様な技術で施工出来るものとする。(従来技術)

2. 3 植生基盤材の配合内容

- ① 伐木・抜根のチップ：タブグラインダー（木質破砕機）25mm スクリーン通過材〔植生基材の主材〕〔グリーン購入法特定調達品目の法面緑化工法〕
- ② アガーライト：天草等から寒天成分抽出残渣〔保水材、接合材、食品リサイクル法〕
- ③ 汚泥発酵肥料：下水汚泥コンポスト〔グリーン購入法特定調達品目〕
- ④ ボカシ肥：新潟県の土着微生物群を培養した自然農法によるボカシ肥〔土壌改良材〕
- ⑤ 結合材：一般的に植生機材吹付工に使用されている結合材〔木質チップの固定〕
- ⑥ 化成肥料（被覆肥料）：植生安定までの遅効性肥料〔肥料〕

表-1 にイソイル緑化工法の植生基材配合量を示します。この配合は、プランターテスト及び、試験施工により導き出したものです。

表-1 イソイル緑化工法の植生基材 t=3cm 1,000 m²当り

名 称	仕 様	数 量	摘 要
木質チップ	25mm スクリーン通過材	42 m ³	生木（伐木・抜根等）
土壌改良材	アガーライト	1,050kg	天草等の海藻残渣
有機肥料	クリーンユーキ	1,617 m ³	汚泥発酵肥料
ボカシ肥	NEO ボカシ	441kg	土着微生物培養
接合材	ルナゾール AE	168kg	
化成肥料	被覆肥料	126kg	平成17年度から配合

2. 4 施工フロー

伐木・抜根を木材破砕機で破砕⇒ホッパー内で表-1 と選定した種子を混合し植生基材製作⇒モルタルコンクリート吹付機で法面に吹付ける。（図-1）（図-2）に示します。

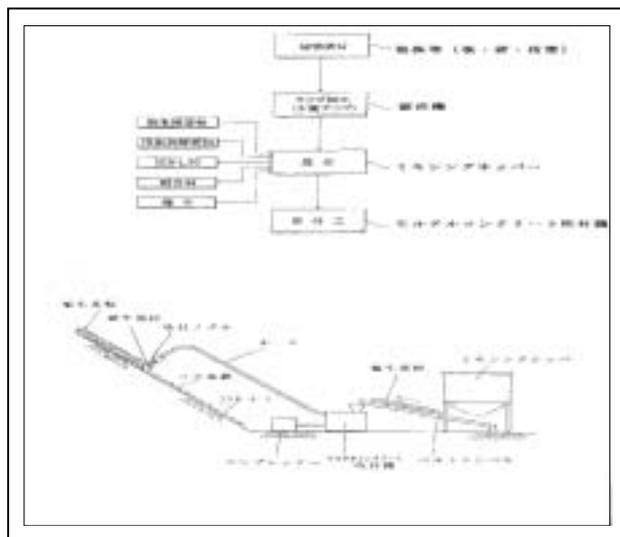


図-1

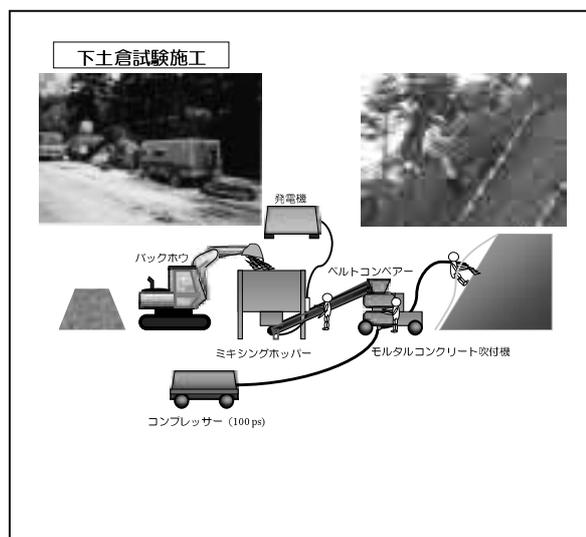


図-2

3 施工事例

3-1 赤崎地すべり表面排水路工事（阿賀町赤崎地先）

平成14年11月 上記工事に於いて、
現場発生木材（杉伐木）を使用したの法面緑化工
（イソイル緑化工法）について報告致します。
経過記録を（写真—1～4）に示します。

<法面調査結果>

- ・法面：切土、・法勾配：1：0.8～1.0、・土質：粘性土
- ・土壌硬度：27～32mm、・PH：5.59、・方位：北東
- ・年間降水量：2,209mm、・最高気温：34.7℃
- ・最低気温：-12.6℃

<工事概要>

- ・吹付厚：3cm、・基礎工：ラス張工、・面積：660 m²
- ・植生基材：表—1（化成肥料を除く）
- ・種子：トールフェスク、ケンタッキーブルーグラス
クリーピングレッドフェスク、ヨモギ、メド
ハギ、ヤマハギ、イタチハギ（7種配合）

<現況>

一部、法面が崩壊（ブルーシート部）してありま
したが、崩壊箇所以外の植生は順調でした。

播種した植物としては、イタチハギが大勢を占め
ながらも、ヨモギ、メドハギ、ヤマハギ等も見られ
ました。ただし、牧草類は確認できませんでした。

（写真—4）

<考察>

- ・植生：平成14年当時のイソイル植生基盤は牧草類に
とって肥料分不足の為、マメ科植物が初期か
ら優勢に生育したものと思われます。
- ・植生基盤：化成肥料を除いた「表—1」の配合で平
成14年11月法面に吹付け、間もなく降雪を
迎えました。翌春の融雪によるエロ
ージョンもなく、平成15年5月（施工後
約6ヶ月）には発芽し、現在に至っており
ます。従って、生木を使用する本工法でも
植生基材吹付工と同等と思われます。

着手前



写真—1

施工後約6ヶ月



写真—2

施工後約10ヶ月



写真—3

施工後約3年8ヶ月



写真—4（H18.7）

3-2 広域基幹林道今滝冬鳥越線（小貫工区）林道開設工事（加茂市狭口地内）

平成14年11月 上記工事に於いて発生した杉の根株を使用しての法面緑化工（イソイル緑化工法）について報告致します。

経過記録を（写真—5～7）に示します

<法面調査結果>

- ・法面：切土、法勾配：1：0.8、・土質：粘性土 軟岩、
- ・土壌硬度：17～37mm、・PH：4.73～5.23・方位：南西、
- ・年間降水量：2435.5mm、最高気温：38.8℃、最低気温：-7.1℃

<工事概要>

- ・吹付厚：3cm、・基礎工：ラス張工、・面積：1,592 m²
- ・植生基材：表-1（化成肥料を除く）
- ・種子：トールフェスク、クリーピングレッドフェスク、ヨモギ、ケンタッキーブルーグラス、メドハギ、ヤマハギ、イタチハギ（7種配合）

<現況>

先に報告致しました、赤崎地先と同様にイタチハギが大勢を占め、そこに、ヤマハギ、メドハギ、ヨモギが植生しております。

<考察>

ここも、赤崎地先と同様と思われます。

<その後>

同林道開設工事は平成15、16、17年度と継続され、本工法も継続採用頂くにあたり、平成17年度から化成肥料を加えハギ類以外の植生も促進させる試みを行った結果、ハギ類の占有が減少致しました。（写真—8）

尚、平成17年度からイタチハギの播種を取止めておりますが、法面の緑化は順調です。

4 おわりに

伐木・抜根を植生基材として使用するとき、未分解（生木）のままでは好ましくないと言われておりましたが、分解が進むまでの間、本工法のような補助的資材を加えることにより、植生基材として有効に活用できることを実証できたと思います。

最後に、施工の機会を与えて頂いた北陸地方整備局、新潟県長岡地域振興局、阿賀町の皆様ならびに、御協力を頂いた皆様に文末ながら厚く御礼申し上げます。



写真—5



写真—6



写真—7



写真—8

天然重曹を用いた除草・抑草システム

亀田郷土地改良区

松原 将

(株)帆苧組

宇野 義伸

福田道路(株) 技術研究所 ○ 藤井 政人

1 はじめに

道路や築堤法面では、盛土の流出を抑制するため、ある程度の草木の繁殖が必要である。しかし、草木の繁殖力は強く、春先や初夏にかけては多くの雑草も繁茂する。その結果、景観の悪化だけでなく、曲線部の多い道路では運転者の視野の妨げになり、安全な交通の確保に支障をきたす恐れもある。

これら雑草の処理は、刈取りや農薬散布によって除草されることが多い。しかし刈取り作業では、草刈費用のみならず刈草の運搬や処分に多くの費用を費やすと同時に、不安定な足場での作業等により作業事故を引き起こす危険性もある。また、農薬散布は農作物ならびに水産動物への害、さらには周辺地域の住民の健康にも懸念が示されており、環境への負荷の面から、農薬散布もまた望ましい手段とはいえない。

天然重曹を用いた除草・抑草システムは、食品添加剤としても使用される天然重曹を水溶液（十分に多い水に分散）または粉末（少量の水と混合）をブラスト散布することにより作業性と周辺環境への負荷を同時に改善できる、これまでの方法とはまったく異なる画期的な除草・抑草工法である。

2 特定防除資材

農薬取締法の改正により、農作物ならびにその周辺の除草に用いる薬品（農薬）は使用に当たって登録が義務付けられている。しかし、人畜無害である除草資材（食品添加剤等を主成分としたもの）については、無登録での使用が可能となる特定防除資材（特定農薬）として認められており、その一つが天然重曹である。

この工法で使用する天然重曹は、**写真-1**に示す米国ワイオミング州トロナ鉱山にて採掘される天然重曹である。この天然重曹を特殊精製法により軟結晶化したもの（以下、トロナという）を散布材として使用する。このトロナの粉末は**写真-2**のように、稜角に富んだ凹凸のある細長い結晶構造を持つ。そのため、粉末ブラスト散布の場合には、草木の葉茎に定着しやすくなる。また、水溶液散布の場合にも、水への溶解度が低いため粉末ブラスト散布に近い効果を発揮することが可能である。



写真-1 天然重曹(トロナ)

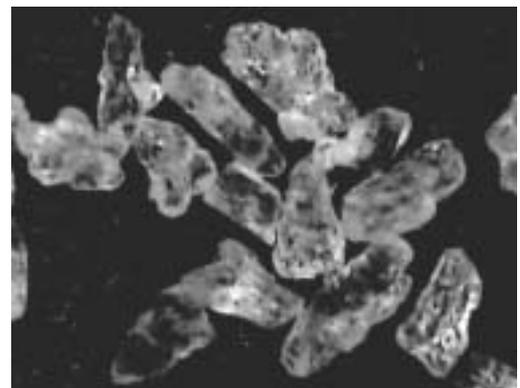


写真-2 トロナの結晶構造

3 トロナの成分

トロナの主成分は表-1 に示すように、99.9%が炭酸水素ナトリウム(一般的に『重曹』と呼ばれている)であり、植物に塩害を引き起こす塩化物や自然環境を害する重金属等はすべて環境基準を下回っている。

成分	含有量
炭酸水素ナトリウム (NaHCO ₃)	99.9%
塩素 (Cl)	15ppm(0.015%)以下
含硫化合物 (SOx)	15ppm(0.015%)以下
重金属	2ppm(0.002%)以下

4 枯草化のメカニズム

枯草化のメカニズムを図-1 に示す。植物の枯草化には物理的作用と化学的作用の2つが同時に作用することによるとされている。

【物理的作用】

鋭利な結晶が葉茎に損傷を与える。傷のついた箇所は溶け出したナトリウム分が植物に浸透することができ、枯草が進行することとなる。

【化学的作用】

根や葉から植物に吸収されたナトリウムイオンは、樹液中のイオンと水とのバランスを崩し、その結果、細胞を破壊し枯草化する。

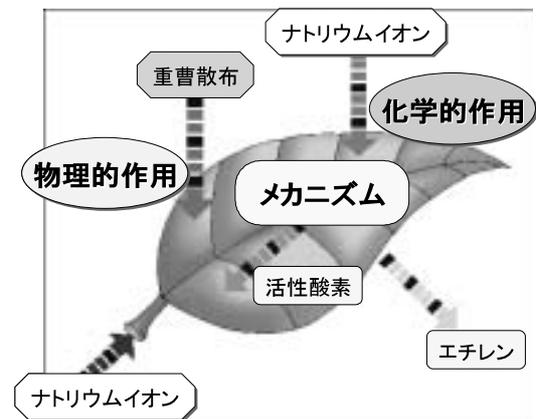


図-1 枯草化のメカニズム

5 抑草化のメカニズム

トロナの散布により枯れた草が再生育した場合、成長丈は元々の生育丈よりも短くなる(図-2)。そのため、数回の散布を繰り返すことで、散布間隔を除々に長くすることが期待できる。

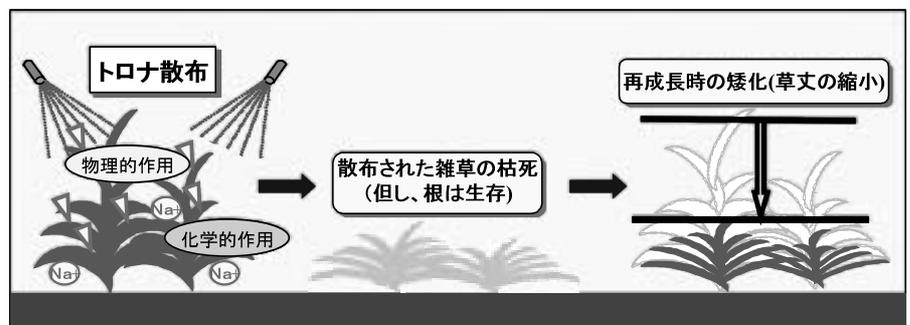


図-2 抑草化のメカニズム

6 安全性について

これまで述べてきたように、トロナには環境を害する成分は含まれていない。また、水溶液はpH=8.2程度の弱アルカリ性であり、散布により土壌や近隣水質のpHが変化することはない。

重曹の環境・人畜への安全性は特定防除資材であることからわかるように、絶対的な安全性を確保することができるといえる。

また、人力による草刈作業に比べ、草刈機等の機械を使用しないため、施工中の事故による怪我等を防止することができる。また、人畜無害であるため、皮膚の保護の為に手袋や吸引防止の防護マスク等も使用する必要はない。

7 除草・抑草効果の確認

新潟市亀田地内の排水路法面において、平成 16 年から三ヵ年計画でトロナの水溶液散布ならびに粉末散布による除草・抑草の試験施工を行っている。

写真-3 は、平成 16 年に夏、秋の年間 2 回、17 年に春、夏、秋の年間 3 回処理した箇所について、平成 18 年 6 月初旬に撮影したものである。写真撮影時点では、H17 秋の散布から約 8 ヶ月経過しているにもかかわらず、トロナ散布区間と未処理区間とでは草丈や草の種類に明らかな差が生じており、トロナによる除草・抑草効果が確認された。

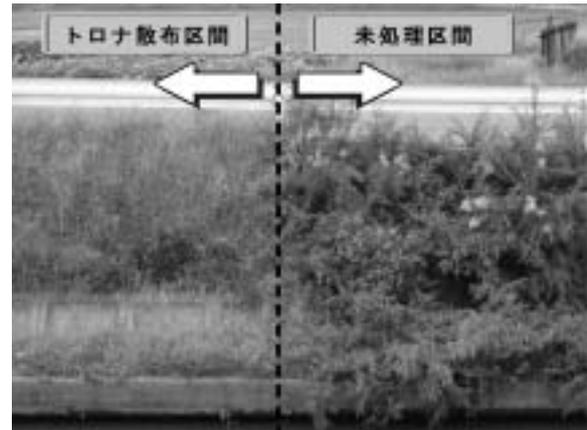


写真-3 トロナによる抑草効果
(左) トロナ散布区間 (右) 未処理区間
(写真撮影：平成 18 年 6 月)

8 実用化に向けた試験施工の実施

前述したように、平成 16 年からの試験施工では、トロナ散布による除草・抑草効果について確認した。

平成 18 年 6 月には、主に水溶液散布を中心として、トロナの水溶液濃度および散布方法を変化させた試験施工を実施し、標準的な作業条件を確立する目的として試験施工を実施した。

8.1 使用機械および施工方法

表-2 に試験施工に使用した機材を示す。機材の特長としては大型機械や特殊機械ではなく、積み込み、現場への運搬、作業中の移動すべてを 2t 車程度のトラックで可能であり作業性に優れている。

トロナ散布では、写真-4 に示すように、雑草に均一に散布し、さらに水圧にて雑草が倒れる程度の水圧に調整することが重要である。

8.2 施工条件

枯草化の効果は、水溶液散布の場合では水溶液濃度と散布量により効果に違うものと考えられる。そのため、今回の試験施工では以下の条件で実施した。

水溶液散布：水溶液濃度 4%、8% 散布量：1000ml/m²、500 ml/m²

表-2 使用機械

水溶液処理	粉末処理
水タンク	コンプレッサー
高圧噴射器	ホース
ホース	ブラスト機
噴射ノズル	
移動・運搬車(2t 車程度のトラック)	



写真-4 散布状況

9 試験施工結果について

平成 16 年からの試験施工、平成 18 年に実施した試験施工結果より得られた知見を以下にまとめる。

- 散布した翌日には、葉茎にネクロシス化（黒い斑点が現れる現象）が観られ、その後、約 1 週間で枯草となった(写真-5：右側)。ブラスト処理では枯草となる期間はさらに早く、早いところで

は散布したその日に葉が褐色化し、翌日には枯れる箇所も観られた。

- 水溶液散布の場合、ブラスト散布に比べて即効性には劣るが、草木の根から吸収したナトリウムが茎や葉に浸透するため、草木の生育が遅延化される傾向が観られた。
- 散布濃度の濃いものほど、枯草の効果は早期に発現する結果であった。
- 除草効果には草の種類により差異があり、セイタカワダチソウやカヤなど背丈が高い植物に対しては、特に良好な効果を示した。
- 散布箇所いずれにおいても草の根までは枯れてはいなかった。
- 散布箇所の土壌ならびに近隣水路の水質について調査を行った。散布前後において土壌の pH にはほとんど違いはなく、土壌に影響の無いことが確認できた。また、水質についても同様に、散布による影響はみられなかった。

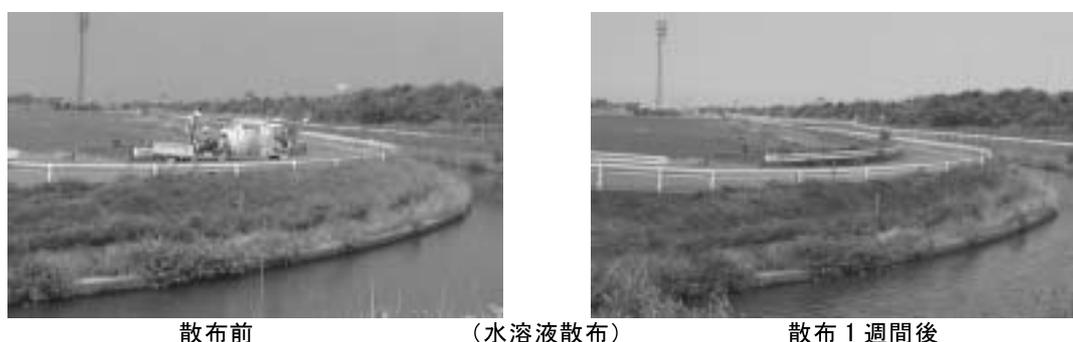


写真-5 平成 18 年に実施した試験施工区間の状況

10 まとめ

天然重曹を用いた除草・抑草システムの特長を以下にまとめる。

- 今回用いた天然重曹は、植物ならびに人畜に害を加える成分を含まない無公害型の除草材である
- 天然重曹の安全性については農薬取締法の『特定防除資材』に認定されており、生態系への安全性は広く知られている。
- 草刈等の除草作業や農薬散布と比較し、作業安全性の高い除草システムである。
- 粉末ならびに水溶液散布は、圧気型の散布機を使用し行うことができる。
- 枯草化が最も顕在化する時期は散布後約 1 週間程度である。
- 散布開始初期（2 年程度）に年数回の散布を行うことは、その後の草丈を低く抑えることが可能となり、散布回数を少なくすることに繋がるためより有効である。

11 今後の課題

天然重曹散布による除草システムが、環境に配慮した除草システムであることが今回の試験施工からも実証できた。今後、広く普及させていくには、本工法の効果や位置付けを明確にするとともに、施工コストに関する調査が必要である。そのためには、長期的な効果とより有効な施工方法について引き続き検討していく必要があると考える。

環境に配慮した回転貫入鋼管杭工法（その2）

—エコロックパイルの品質について—

鹿島道路(株)EP 事業部 担当部長 窪田 敬昭

1 まえがき

本報文は、平成17年度建設技術報告会において報告したエコロックパイル工法に関し、その支持力性能及び品質を確保するために実施した試験結果を報告するとともに、代表的な適用事例について紹介するものである。

2 翼取付部の強度試験について

前報1)にて本工法の鉛直支持力算定式の技術的根拠を報告したが、その概要は以下のとおりである。

- ① 国土交通省告示第1113号（平成13年7月）によって求められる地盤の長期許容鉛直支持力算定式（次式参照）において、支持力係数 α 、 β 、 γ の値をそれぞれ $\alpha=250$ 、 $\beta=0.70$ 、 $\gamma=0.15$ と設定している。

$$Ra = \frac{1}{3} \{ \alpha \bar{N} A_p + (\beta \bar{N}_s L_s + \gamma \bar{q}_u L_c) \psi \} \quad (1)$$

- ② 杭先端の有効断面積 A_p は、翼部に作用する地盤反力が二次元的に三角形分布であるとして、杭本体部の閉鎖断面積 A_o と翼部投影面積 A_w の1/2との和として設定している。

$$A_p = A_o + 0.5A_w \quad (2)$$

2.1 試験目的及び試験方法

上記設定条件を満足するためには、杭本体部と翼部との接合部（工場溶接によって接合される）の強度が、翼部に作用する地盤反力に対して十分安全であることが必要となる。そこで、地盤反力の合力が翼部に作用する位置に載荷重が作用するような受け台を作成し、200トンアムスラーによって翼取付部の強度を確認することとした。試験体としては、実物大のエコロックパイル先端部（補強鋼管部）を用い、最大径及び最小径の2種類の杭を対象とした。また、翼取付部の溶接仕様として、次の5種類について試験を実施した。

なお、エコロックパイル工法で実際に行っているのは、溶接仕様Cである（薄肉タイプの杭では、実質的に溶接仕様Aとなる）。また、翼取付部の強度試験は、栃木県産業技術センターにて実施した。

翼取付部の溶接仕様

- A：翼取付部の上下両面を脚長5mm以上で1層溶接する。
- B：翼部の上下両面に開先をとり、上下両面を多層の完全溶け込み溶接とする。
- C：杭本体と翼部のいずれか薄い方の部材厚に応じた脚長を確保し、上下両面を多層溶接する。
- D：翼部下面に開先をとり、下面のみの多層の完全溶け込み溶接とする。
- E：翼部上面に開先をとり、上面のみの多層の完全溶け込み溶接とする。

2.2 試験結果

試験結果を表—1及び表—2に示す。

最大径及び最小径ともに、先端地盤の平均N値を $N=50$ とした場合の翼部に作用する最大荷重 P_w に対して十分安全な翼取付部の強度を有していることが確認できた。また、全ての試験体について実施した

浸透探傷検査により溶接欠陥が生じていないことと、溶接仕様の種類による強度特性として、以下のことが分った。

- ①開先をとって完全溶け込み溶接とする方が、開先をとらずに多層溶接を行うより、大きな強度が得られるが、小径の杭では両面に開先をとることが難しい。
- ②地盤反力に対しては、下面溶接とする方が上面溶接より有効であるが、杭の引き抜き抵抗を考慮すると、両面溶接とすることが望ましい。
- ③二次元簡易モデルによる検討結果からは、部材厚に応じた溶接のど厚を確保すべきであるが、全周溶接を行うことにより、翼取付部の実際の強度は作用外力に対して十分な安全性を有する。
- ④破壊形式としては、偏心载荷となった一部の試験体を除いて、母材部の破断によるものであった。

表一 1 翼取付部強度試験結果 (1) - 杭本体径 D=114.3mm -

翼部最大作用荷重 P _w (kN)	溶接仕様	実測脚長 a (mm)	翼取付部強度 P (kN)		強度比 P/P _w
			実測強度 (平均値)		
377.7 翼径としては、 D _w =300mm を対象とする	A	6~8	557、603、584 (581)		1.54
	C	16~19	616、708、650 (658)		1.74
	D	4~10	864、860、780 (835)		2.21
	E	5~11	697、590、622 (636)		1.68

(注) 溶接仕様 B については、両面開先がとれないので、試験できなかった。

表一 2 翼取付部強度試験結果 (2) - 杭本体径 D=267.4mm -

翼部最大作用荷重 P _w (kN)	溶接仕様	実測脚長 a (mm)	翼取付部強度 P (kN)		強度比 P/P _w
			実測強度 (平均値)		
1416.2 翼径としては、 D _w =600mm を対象とする	A	6~10	2000 以上、1944*、2000 以上 (1981 以上)		1.40 以上
	B	7~23	2000 以上 (2000 以上)		1.41 以上
	C	20~24	2000 以上 (2000 以上)		1.41 以上
	D	7~24	2000 以上、2000 以上 (2000 以上)		1.41 以上
	E	7~17	1642* (1642)		1.16

(注) *印の試験体は、偏心载荷となり、溶接部が破断している。

3 機械式継手の強度試験について

3.1 試験目的及び試験方法

杭材を機械式継手によって接合する場合、接合部に作用する押し込み力、引き抜き力、せん断力、曲げモーメント、回転トルクなどの外力に対して、十分な強度を有する継手でなければならない。エコロックパイル工法で用いる機械式継手は、上下のカップリングが T 型の係合部によって、作用荷重に抵抗することになる。曲げモーメント以外の外力に対しては、メタルタッチ部のせん断強さによって抵抗するので、所定の断面積が確保できるよう、標準型継手の T 型係合部の掛かり高さ H 及びカップリング厚さ T を下記のように設定している (表一 3 参照)。

掛かり高さ : H=18.0mm~25.0mm

継手厚さ : T=30.0mm

そこで、実大の杭部材を機械式継手で接合した試験体を作製し、曲げ試験を行うことにより、機械式継手の曲げ強度を確認した。

試験装置の概要を図一 1 に示す。杭本体径に応じて、図一 1 の a、b を変えることにより、アムスラーの容量 (20 トン) 内での载荷重で試験可能とした。

なお、試験は、富山県工業技術センターにて実施した。

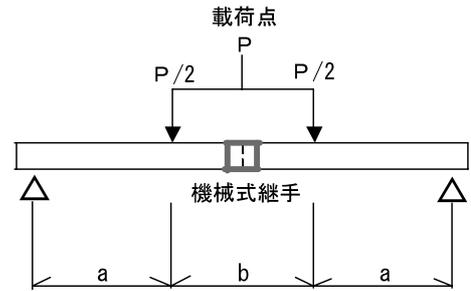
3.2 試験結果

標準型継手の試験結果を図一 2 及び図一 3 に示す。

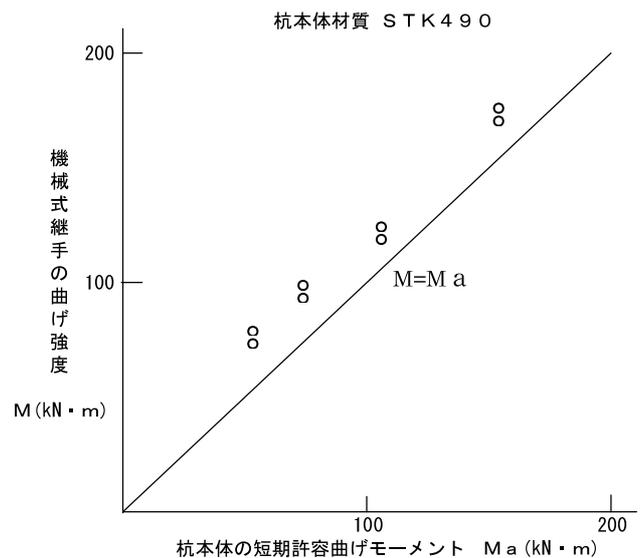
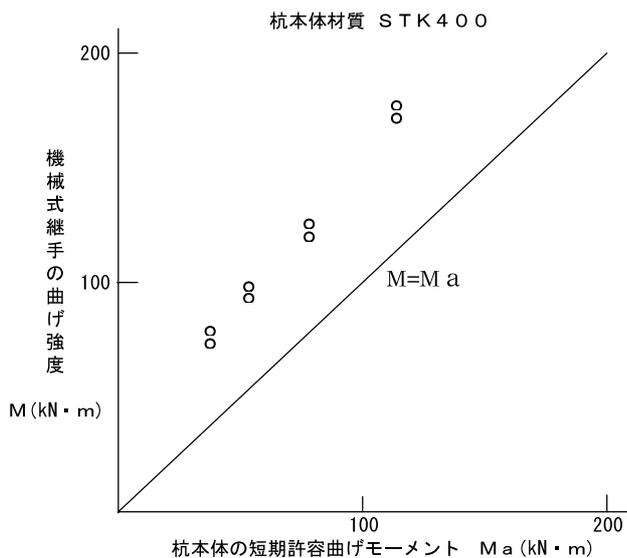
機械式継手の曲げ強度は、杭本体の短期許容曲げモーメント M_a に対し、材質 STK400 では約 1.6 倍、材質 STK490 では約 1.2 倍となっており、十分安全なことが確認できた。なお、機械式継手の材質は、STK490 を使用している（一部の杭本体径については STKM20A を使用しているものもある）。

また、本試験結果から次のことが言える。

- ① 従来、標準的に使用していた杭本体径と杭本体厚及び材質の組合せに対しては、表一 3 に示す標準型の機械式継手が適用できる。
- ② ただし、本体径 $D=267.4\text{mm}$ 、本体厚 $t=12.7\text{mm}$ で材質 STK490 の杭材同士を接合する特殊ケースに対しては、継手の掛かり高さを $H=35\text{mm}$ 、肉厚を $T=40\text{mm}$ とする特殊型継手に対応する必要がある。
- ③ 上記曲げ試験は軸力が作用しない試験条件で行われたが、軸力を作用させた試験条件では、曲げ抵抗が多少増加する傾向にある。



図一 1 荷重装置概要



図一 2 継手強度試験結果 (1) —STK400—

図一 3 継手強度試験結果 (2) —STK490—

表一 3 標準型機械式継手の適用範囲

杭本体径 D (mm)	杭本体厚 t (mm)								掛かり H (mm)	肉厚 T (mm)
	材質 STK400				材質 STK490					
165.2	5.0	7.1	—	—	7.1	—	—	18.0	30.0	
190.7	5.3	7.0	—	—	7.0	—	—	18.0	30.0	
216.3	5.8	8.2	12.7	—	8.2	—	—	20.0	30.0	
267.4	6.6	8.0	9.3	12.7	8.0	9.3	12.7	25.0	30.0	

(注) 網掛け部分が、標準型の機械式継手の適用可能な範囲となる。

4 代表的な施工事例の紹介

以下に、比較的厳しい施工条件下での施工事例を紹介する。

4.1 狭隘敷地における施工事例

- ① 再開発事業において、既存構造物を解体した後、新設の鉄骨建方作業に並行した基礎杭工事となり、狭隘作業現場での近接施工となった。
- ② 球場新築工事での外野席看板基礎杭設置工事において、突貫工事で進入路が使用できないため、杭打ち機械をクレーンで吊り上げて工事現場に搬入した。
- ③ 既設構造物（民家、階段等）との離隔距離が2.6mの敷地内で、組立歩道を既設道路から張り出して設置し、歩道部を拡幅する工事の基礎杭を回転貫入させた。

4.2 上空制限敷地における施工事例

- ① 鉄道用地の架線下での駅舎改築工事であり、き電停止後の夜間作業で短尺リーダーの打設機械を用いて基礎杭を回転貫入させた。
- ② 既設建物の一部を解体して増設する工事で、建屋内へ短尺リーダーの打設機械を搬入し、基礎杭を回転貫入させた。

4.3 近接施工事例

- ① 鉄道駅舎に新設するエレベーター基礎工事で、既設駅舎に近接して基礎杭を回転貫入させた。
- ② 既設工場の増設工事で、既設建屋に近接して基礎杭を回転貫入させた。

4.4 傾斜地における施工事例

- ① 動物園で飼育されているオランウータンのためのタワー基礎工事で、斜面上での施工となるため、リーダー長の大きな杭打機械を近接する路面に据え付け、基礎杭を回転貫入させた。また、ラムサウンディングにより、支持層深度を事前に確認した。
- ② 斜面上の河川標示板設置工事で、エコロックパイルを仮設杭として用いた杭打機械基礎を構築した後、基礎杭を回転貫入させた。

4.5 その他の施工事例

- ① 大学グラウンドの照明灯工事で、支持地盤の出現深さをラムサウンディング機で予め調査して杭長を設定した。

5 まとめ

以上、エコロックパイルの支持力性能及び品質に関する試験結果の報告及び施工事例を紹介した。

今後、さらなるコストダウンと品質向上を目指して、次のような計画を進めている。

- ・翼径の拡大（600mm ⇒ 700mm）による支持力向上
- ・先端地盤の平均N値に対する適用範囲の拡大（50 ⇒ 60）による支持力向上
- ・最大施工深さの適用範囲の拡大（30m ⇒ 34m）による工法の適用性拡大
- ・翼取付部の溶接仕様改善によるコストダウン
- ・翼形状の改善による貫入性能の向上
- ・翼部を含む補強鋼管部の一体的な製作による、より一層のコストダウン

最後に、上記試験の実施に際し、エコロックパイル本体の製作を担当する㈱オトフジ、並びに、機械式継手の製作を担当する㈱田定工作所のご協力を賜った。ここに、感謝の意を表する次第である。

【参考文献】

- 1) 窪田・山下：環境に配慮した回転貫入鋼管杭工法、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 平成17年度建設技術報告会報文集、平成17年9月
- 2) 鹿島道路㈱：小口径羽根付き鋼管杭「エコロックパイル工法」パンフレット

ボンテラン工法

八千代エンジニアリング株式会社 営業推進本部 営業企画部 長部 孝彦

1 はじめに

建設工事から排出される建設汚泥は現場内利用が難しく、現状ではごく一部再利用されるものを除き、大部分は産業廃棄物である「汚泥」として最終処分場に処分されている。ヘドロは、水域にたまった泥状の堆積物であり、一般的に脱水処理されて埋立て処分されることが多いが、土粒子が微細である為に降雨等で再泥化する。高含水比建設汚泥等のリサイクル率は低く、利用用途に応じた品質の確保を可能とする再生利用技術の開発が遅れていた。高含水比建設汚泥等のリサイクル率向上とコスト縮減に貢献し、現状の問題点を解決するためにボンテラン工法を研究開発した。



写真-1 高含水比建設汚泥

2 技術の概要

ボンテラン工法では改良方法を大きく二つに分けることができる。高含水比汚泥にボンファイバー（古紙破砕物）を添加・混合し、さらにセメント系固化材を添加して固める固化処理と、セメント系固化剤を添加しない非固化処理である。固化処理したボンテラン改良土は盛土・埋戻し土として建設工事の土工材料に再利用し、非固化処理土は再資源化施設にて処理することにより緑化基盤材として再利用する（自硬性汚泥は緑化基盤材には適合しない）。又、浄水場から発生する浄水汚泥は屋上緑化用軽量土壌として再利用が可能となる。従来のセメント系固化材による改良土（固化処理土）とボンテラン工法により固化処理した改良土（繊維質固化処理土）の違いは、ボンファイバー（古紙破砕物）を添加することにある。

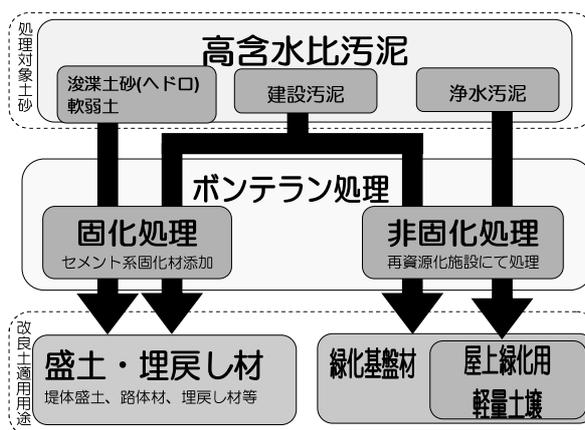


図-1 ボンテラン工法の処理フロー

2.1 ボンテラン工法の改良原理

ボンテラン工法の改良材はボンファイバー、水溶性ポリマー（ボンテラン-PS、ボンテラン-PG）である。水溶性ポリマーはボンファイバー混合時の高含水比汚泥を団粒化させ、疎水性を持たせることで普通ダンプトラックでの即時運搬を可能とした。即時運搬可能な状態にまで改良する原理を以下に示す。

- (1)高含水比汚泥は、図-2 の①に示すように土粒子が自由水の中で自由に動き回れる状態であるため、若干の降伏応力はあるものの、流体としての挙動を示す。

(2) ①の高含水比汚泥に、吸水性の高い繊維質物質であるボンファイバーを混入すると、②に示すように土粒子の周りの自由水の大部分をボンファイバーが吸水し、見かけの含水比が低下する。ボンファイバーの添加量は含水比に応じて増減させる。

(3) 水溶性ポリマーを添加し攪拌すると、③に示すように土粒子の周りの水に水溶性高分子が溶解し、土粒子の表面に吸着する。水溶性ポリマーの土粒子間の架橋・吸着効果により流動性を失わせ団粒化する。

(4) 攪拌によりせん断を与えると、水溶性ポリマーの持つ官能基と土中やボンファイバーに含まれる多価イオンが反応する事で凝縮し、④に示すように即時運搬可能な性状になる。盛土に再利用する場合は、セメント系固化材を添加・混合して、強度を発現させる。

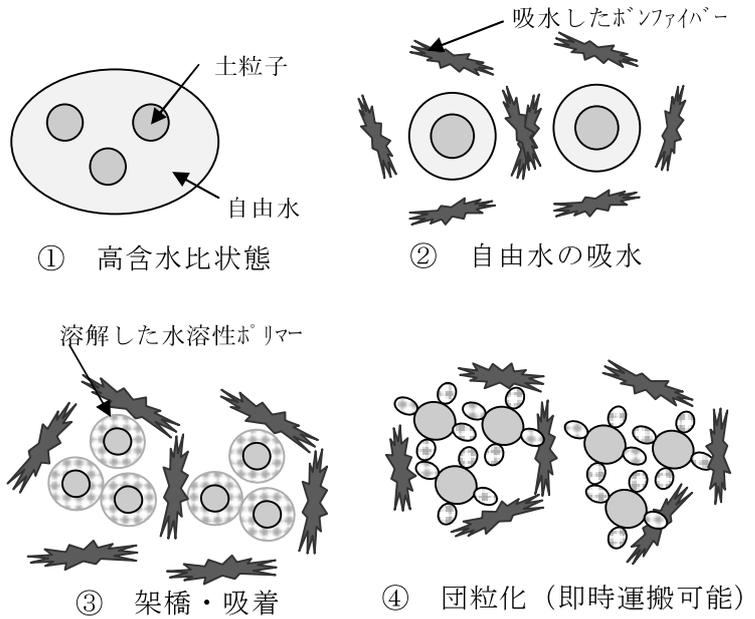


図-2 改良原理

水溶性ポリマーは汚泥の種類により使い分け、非自硬性汚泥にはボンテラン-PS、自硬性汚泥にはボンテラン-PG を用いる。水溶性ポリマーは即時運搬の為に薬剤であり、ボンテラン改良土の特徴である強度特性・劣化耐久性には一切貢献していない事を実験データにより確認した。改良ヤードが広く養生場所・養生時間（材齢7日程度）が確保でき、再利用場所へ即時運搬を必要としない浚渫土砂等のリサイクルでは水溶性ポリマーの添加は不要となる。緑化基盤材に再利用する場合には、緑化基盤材の品質特性である団粒化（通気性、透水性の向上）を図るために水溶性ポリマーの添加が必要となる。

4 盛土・埋戻し材にリサイクル

高含水比汚泥をボンテラン処理し、セメント系固化材を添加・混合して固化処理することで、盛土・埋戻し材として再利用でき、目的の強度を発現することができる。

4.1 ボンテラン改良土の変形特性

従来のセメント系固化材による改良土（固化処理土）の問題点は、数々の論文により、破壊に至るまでの圧縮ひずみが土より小さく、外力を受けると小さなひずみで破壊に至ってしまうことが明らかにされている。ボンテラン改良土は繊維質物質を混合することで、破壊ひずみが大きく、変形係数が小さく、残留強度の保持ができる特性を持ちあわせており、セメント系固化材による改良土の弱点を克服した。

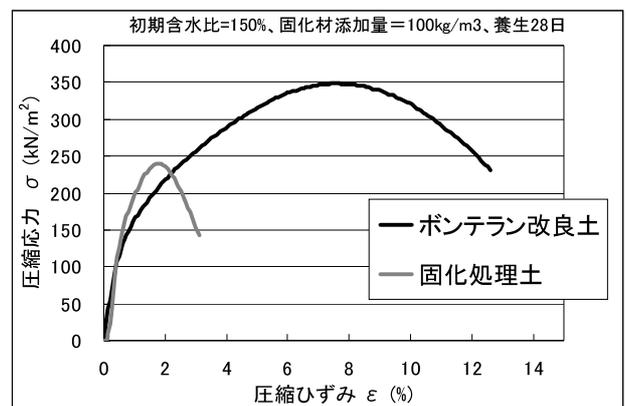


図-3 応力ひずみ曲線



樽型変形を起こし、応力の集中が繊維を通して分散され、粘り強く変形に耐えている

写真-2 ボンテラン改良土の破壊形状



明瞭なせん断面が現れ、局所的な変形を起こしている。小さなひずみで破壊してしまう。

写真-3 固化処理土の破壊形状

4. 2 ボンテラン改良土の耐久性

地下水位の変動（乾湿繰返し）・気温（凍結融解）の変化に対する劣化耐久性に優れた高耐久性改良土である。

4. 2. 1 乾湿繰返し試験

固化処理土は地下水位の変動による劣化が著しく耐久性が無い。劣化耐久性の指標となる乾湿繰返し試験（40℃炉乾燥2日、20℃水浸1日を1サイクルとした繰返し耐久性試験）からボンテラン改良土が高耐久性改良土であることが証明された。

表-1 健全度ランク

	クラック状況	欠落状況
A	外見上、ほとんど変化なし	
B	微細クラック、局部クラック発生	表面剥離が局部的に発生
C	明瞭なクラックが一部に発生	供試体の一部が僅かに欠落
D	明瞭なクラックが全体に発生	供試体がより大きく欠落
E	供試体の一部または全体が崩落（～20%程度）	
F	供試体が全体的に崩落、崩壊。供試体としての形は存在	
G	供試体全体が崩壊し、片々は塊状	
H	供試体全体が崩壊し、片々は細粒化～泥状化	

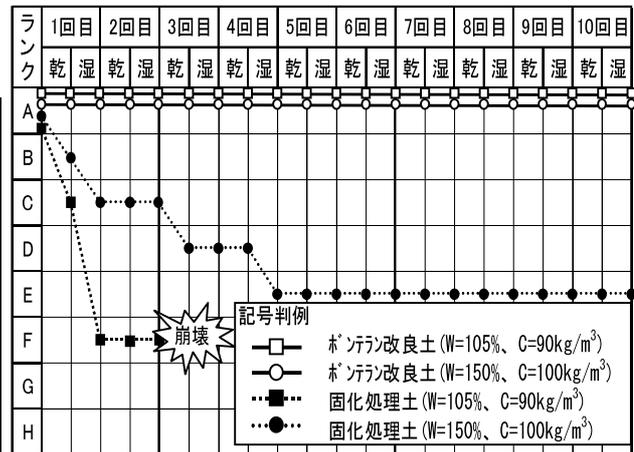


図-4 乾湿繰返しと健全度ランクの関係



10 サイクル終了時 W=105%、C=90kg/m³

写真-4 ボンテラン改良土の耐久性状況



2 サイクル終了時 W=105%、C=90kg/m³

写真-5 固化処理土の耐久性状況

4. 2. 2 凍結融解試験

寒冷地での使用を考慮して、凍結融解試験（-21℃で12時間凍結後、21℃で12時間融解を1サイクルとした耐久性試験）を固化処理土を比較対照として試験を実施した。凍結融解による過酷な条件において、固化処理土が強度低下を起こしたのに比べ、ボンテラン改良土（繊維質固化処理土）は強度が低下せず、劣化を起こしていないことを確認。凍結融解を受ける現場においても再利用可能である。

5 緑化基盤材にリサイクル

ボンテラン工法は高含水比汚泥を非固化処理(セメント系固化材を添加せずに団粒化)することで、土の pH を変化させることなく、保水性に優れた緑化基盤材としてリサイクル可能である。

5. 1 保水力

ボンテラン改良土壌は一般土壌の 4~7 倍の保水量と非常に多くの水分を保持できる。そのために給水の困難な公共施設等の緑化基盤材として再資源化を可能とした。

5. 2 保肥力

一般に地力が高い土とは土壌中の肥料成分が雨水、灌漑水によって流れず土壌に保持される土であり、陽イオン交換容量 (CEC) で表す。ボンテラン改良土壌は CEC が高く肥料効果が長く続くために、施肥の回数・量を減らすことができ、管理が容易になる。

5. 3 軽量性

用土は軽く、持ちやすく、輸送費が安いことが要求される。ボンテラン改良土壌の製品の容積比重は 0.5~0.6 と非常に軽量であり、運搬・施工性が向上する。

5. 4 団粒化

植物は水はけが良く、通気性の良い土壌にて良好に生育することが出来る。ボンテラン改良土壌の団粒化した土は透水性、通気性を満たした「良い土」となり、緑化基盤材としての条件を満足する。

(東北地方整備局発注：川原子道路改良工事)



写真・6 厚層基材吹付け工 (施工後 6 ヶ月)

6 屋上緑化用軽量土壌にリサイクル

産業廃棄物として処分されている浄水汚泥をボンテラン工法で改良することにより、更なる軽量性、抜群の保水性を有する屋上緑化用軽量土壌の製品化 (ボンテラン軽量土壌) に成功。都市のヒートアイランド現象の緩和、心理的効果など様々な効果が注目されている。

6. 1 優れた軽量性

屋上緑化では積載荷重が制限されるために軽量の土壌が求められる。ボンテラン軽量土壌は湿潤時重量で 0.68 であり、軽量性に優れている。

(工事名：大分市役所本庁舎屋上緑化工事)

6. 2 抜群の保水力優

屋上緑化では地下からの水分補給がない厳しい条件下のもとで緑化を成立させるために、保水力が非常に重要となる。ボンテラン軽量土壌は極めて高い保水力を有している。



写真・7 屋上緑化施工例

風力発電システムによる環境の保全と創造

ユーシン建設株式会社 代表取締役 小泉澄夫

1 はじめに

現在、全国各地で「地球温暖化・環境保全」について様々な活動が見られる。弊社は9年前から、「もったいない」という思いと北陸の自然の恵みを利用し、環境に配慮し今後需要が高まると考えられる自然エネルギー、風力・太陽光発電システムに参入したのである。開発については早くから、風力発電事業の取組をしている、陶磁器メーカーのニッコー㈱に協力を得ながら進めた。

本稿では従来からの天然エネルギーではなく、自然エネルギーを利用、それをあらゆる角度から見て作り上げてこそ環境の保全と考え、今後のハイブリッド発電の発展性を考慮しながら紹介する。

2 試作機から現在まで

北陸地方は太平洋側に比べると冬季の日照時間が極端に短く、逆に風力は夏季より多い特徴が見られる。従って、この期間を風力発電エネルギーで補うことにより、年間を通じて安定した電力が得られる。

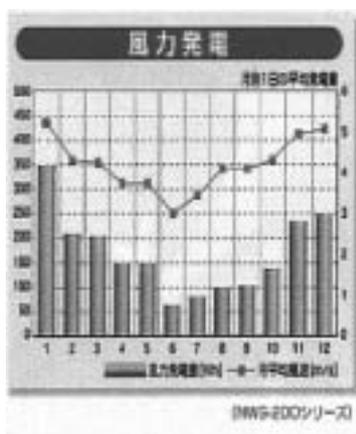


図-1 風力発電

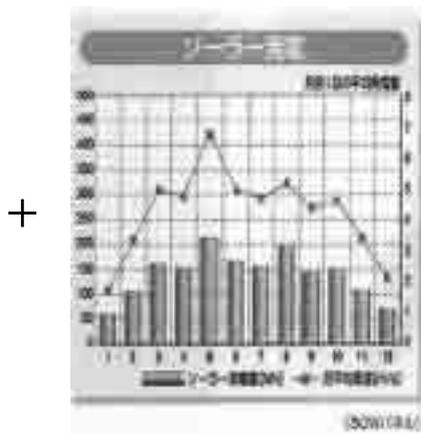


図-2 ソーラー発電

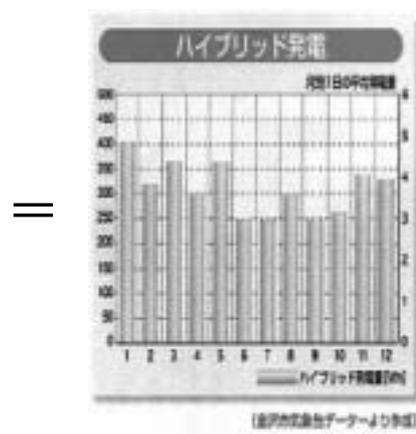


図-3 ハイブリッド発電

産学官の協力を得ながら、小型の風力発電システムを試作したが、4.0m以上の風速が回転初速度として必要であることや、風速10.0m以上では風切り音が大きく騒音問題が発生する等問題が起こり、その都度試行錯誤しながら、平成14年度に1号機が完成し弊社敷地内にて作動を開始した。

最大出力は200W以上となり、2.5m/sの微風からの発電が可能となった。

また、強風時には電氣的ブレーキ減速装置を設置し、スーパーエンジニアプラスチック製のブレードにより耐風速60m/sの高耐久性を実現した。

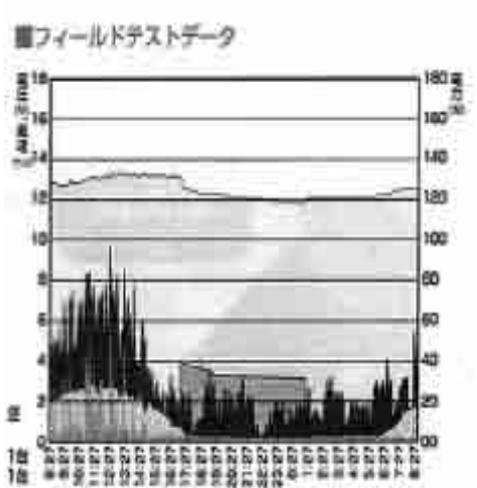


図-4 フィールドテストデータ



写真-1 1号機

その後更なる改良を加えた Yushin200w タイプは、公園内の照明、駐車場の照明（写真-3）に活躍中である。また、風力・太陽光発電を利用した、モニュメント、竣工記念にその土地をアピールする標示板等が取付けられ、案は様々な形を生み出していく。

また地区の名前、或いは会館の名前、時計の設置場所、照明の取付箇所等、風車は心を癒してくれる。設置された公園は多くの人が集まる憩いの場となると考える。

写真-2は、富山県内公共工事初の富山市役所バス停前設置の風力・太陽光発電システムである。



写真-2



写真-3

3 今後の利用として

3. 1 現場事務所での利用方法

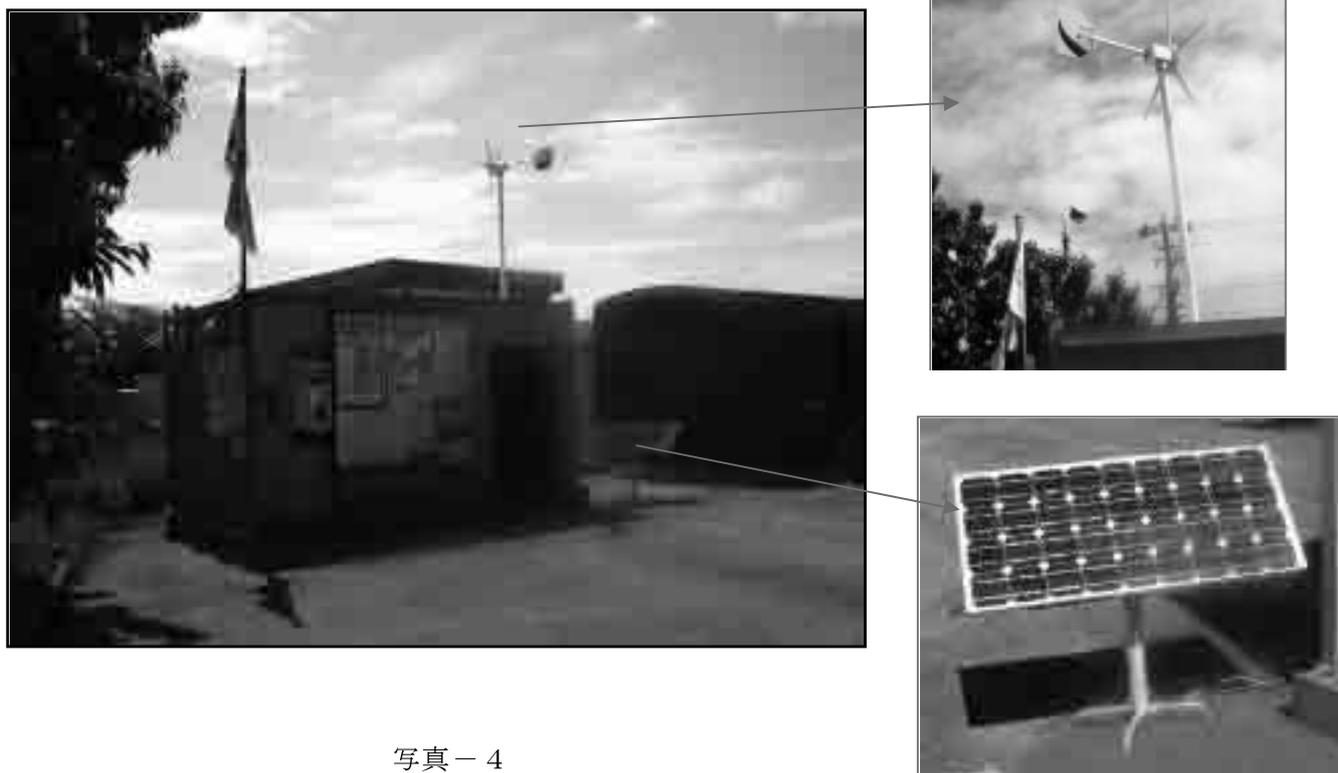
今後の利用として、広めていきたいのは工事現場事務所である。工事現場には様々の箇所がある。電気の取り込みが可能な場所、又、取り込みが不可能な箇所もある。そこで、どの場所においても、太陽と風の力で電気をつくる自然エネルギーシステム、低騒音、高効率、高耐久性、高安定性を備えたハイブリッド発電機の導入である。

現場事務所に小規模の風車・ソーラーパネル・蓄電器を取付け、電気の取り込みが不可能な箇所に環境に配慮した発電装置の設置を進めていく。

利用するのは、家庭用風力発電機である。風車はハウスの上に固定し、太陽光パネルは持ち運びができるように設置し、蓄電装置は事務所の中に設置をする。

日中に利用及び蓄電された電気は、夜間は（照明・カメラ・点滅灯）を設置しておけば防犯・安全面にも役立つ事になる。

図－1は、現場事務所の外の様子である。ソーラパネルは持ち運びが楽に出来るようになっている。羽は、風きり音の少ない羽形状で静かに発電し、内部はパソコン及び照明等を設置することとする。



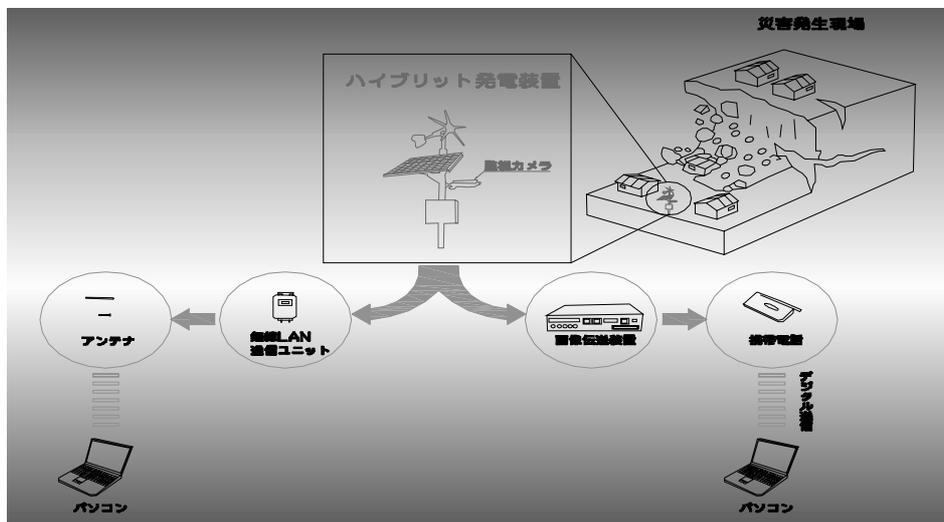
写真－4

3. 2 災害現場での利用方法

今現在、地球温暖化の影響であろう、世界各地で多くの被害が続出し、国内を見ても年々増加し地球環境が脅かされている毎日である。

弊社が考えたのは、風力・太陽光発電システムの設置方法である。システムはその場に常設するも

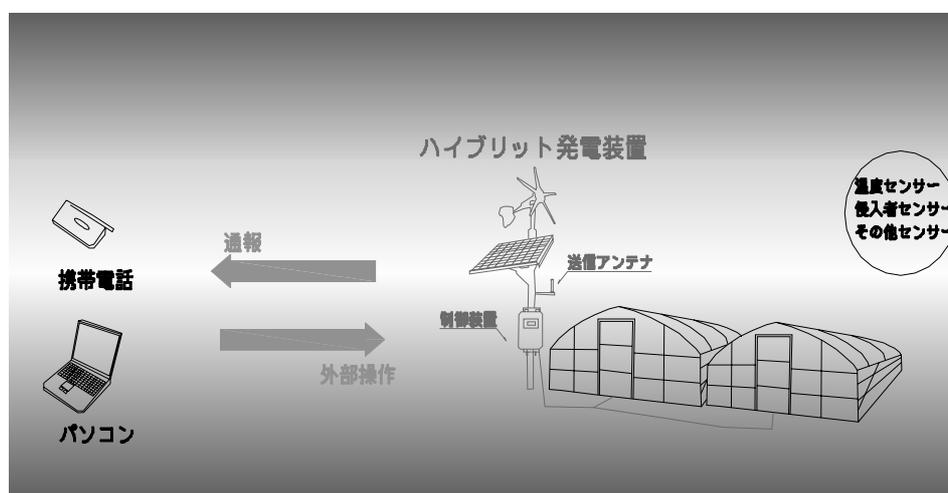
のと考えがちであるが、アルミを用いた支柱に変更し、持ち運び可能とした。アルミにすることによって気軽に場所を移動することが出来るのである。二次災害が予想される箇所を設置し、無線 LAN 等により安全な箇所での監視が可能となる。



図－5 災害監視システムモデル

3. 3 農園等での利用方法

農業の統合化を図る事により 1 箇所当たりのハウス規模が大きくなりにつれて維持管理が大変である。ハイブリッド発電を利用し温度管理センサー・侵入警戒センサー等を設置することにより、人件費の軽減・環境配慮を同時に達成することが可能となる。



図－6

4. おわりに

最後に現在 200w では各種制御装置を同時に稼働した場合電力不足になる等の問題点が浮上しており、1kw の研究・開発を推し進めているところである。本開発経緯については今後御報告したい所存である。

本ハイブリッド発電装置の開発に当たり多大なる協力いただきました、ニッコー株式会社様にお借りして深くお礼申し上げます。

ハイブリッドショベルの開発

コベルコ建機(株) 要素開発部 ハイブリッド開発 Gr ○鹿児島 昌之

1 はじめに

2008年～2012年に地球温暖化の温室効果ガス排出量を1990年比で5%以上削減することを目標に、各国・地域の削減数値目標を割り当てた京都議定書が平成9年12月のCOP3において採択され、平成15年10月にロシアが批准承認したことで、本年2月16日に発効した。しかし、我が国の温室効果ガス排出削減目標の6%は2002年度では7.6%増加し、13.6%の削減が必要となっており、法的拘束力のある数値目標の達成に向けて、「地球温暖化対策推進大綱」に基づき、省エネルギー対策は加速されようとしている。

我が国の温室効果ガス排出量の約1%が建設機械の燃料消費によるもので、その内、油圧ショベルが59%を占めるといわれている。その削減対策の手段として注目されているのが建設機械の省エネルギーやエネルギーの効率向上を目的するハイブリッドシステムの開発である。

以上のような状況下で、当社は省エネルギー効果40%以上を目標に、新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)および株式会社神戸製鋼所と共同で6トンクラスのハイブリッドショベルを開発し、実作業における省エネルギー効果の実証を行った。本報はその内容について報告する。

2 油圧ショベルのエネルギー状況

建設機械は、掘削などの高負荷作業と水平引き・均しなどの低負荷作業とを短時間に繰り返すため大きな負荷変動を受ける。代表的な建設機械である油圧ショベルでは、左右走行、旋回、ブーム、アーム、バケット用などの分散配置されたアクチュエータに対して高エネルギーを高応答に供給するために油圧システムが採用されている。現状の油圧システムでは最大負荷に対応出来るエネルギーを油圧ポンプより供給し、余剰エネルギーを熱として放出しつつ機械の動きを制御しているため、平均するとエンジン出力の約20%しか有効に活用されていない。現状の油圧ショベルの余剰エネルギーイメージを図-1、エネルギー伝達図を図-2に示す。

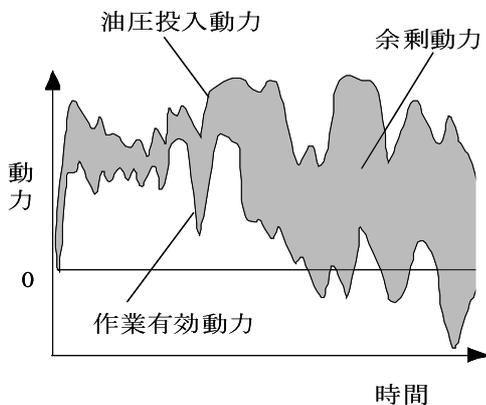


図-1 余剰エネルギーイメージ

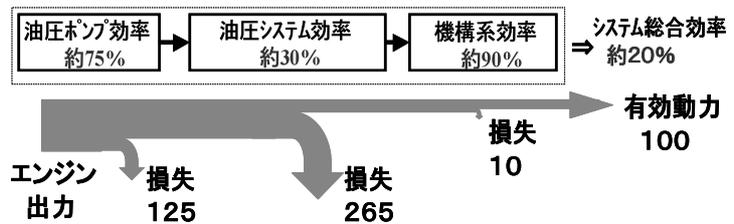


図-2 エネルギー伝達図

また、建設機械は重量物を上下左右に移動させる作業が多く、油圧ショベルアタッチメントの下降やクレーンの荷下げ作業などでは、位置エネルギーや運動エネルギーを熱として放出している。

3 ハイブリッドショベルの開発

3.1 システム構成および機器

図-3に当社で開発したハイブリッドシステムの構成を示す。6 tショベルを対象とし、図のようなシリーズハイブリッドシステムでショベルを構成した。従来ショベルは、エンジンにより駆動されるポンプからパワーを各アクチュエータに配分しているが、本システムでは、エンジンパワーを一旦電気に置き換え、電動機でポンプを駆動している。これにより、各アクチュエータに対して電氣的にパワー配分が可能となり、従来、油圧で発生していた、配分ロス等を低減することができる。さらにショベルのような負荷変動の激しい場合でも、負荷に対するエンジンパワーの過不足分を、バッテリーで補うことができるため、エンジン負荷を平準化し、従来ショベルより小さなエンジンを用いて、エンジン高効率運転が可能となり、燃費を向上させることができる。

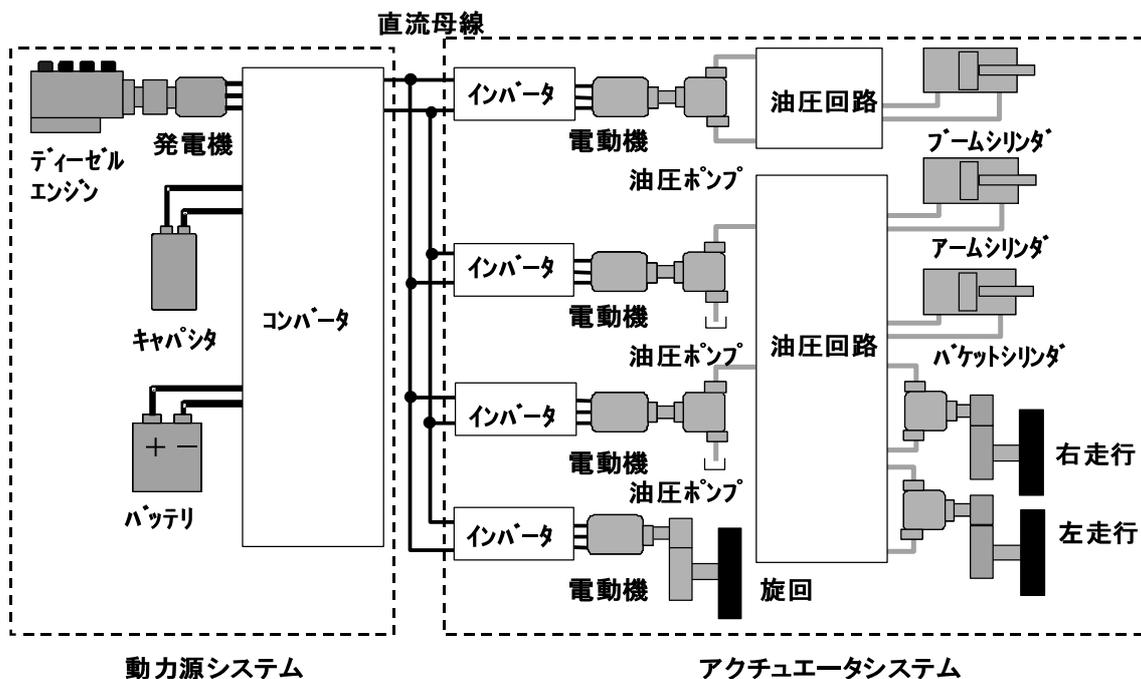


図-3 システム構成

動力源機器は主に自動車用に開発されたものをベースに製作した。写真-1～写真-3にこれらの機器の概観を示す。表-1に動力源各機器スペックを示す。これらのスペックは、ショベルの最大負荷作業条件から決定した

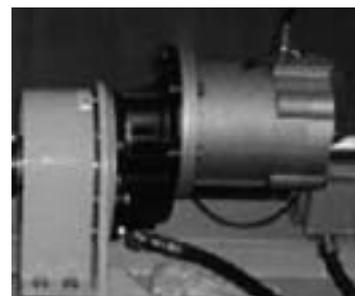


写真-1 発電機

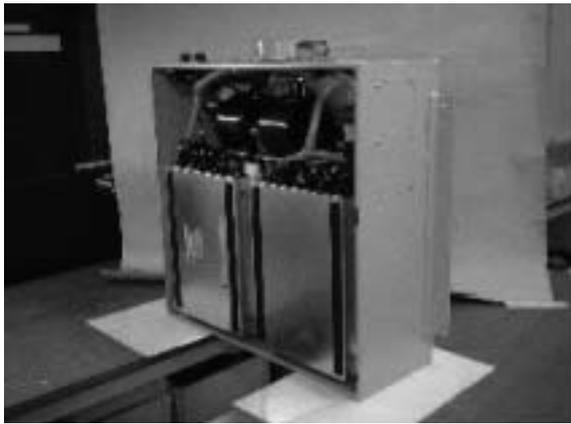


写真-2 メインバッテリー



写真-3 キャパシタ

表-1 動力源機器スペック

エンジン	定格出力	22kW/1600min ⁻¹
発電機	定格出力	22kVA/6600min ⁻¹
	定格電圧	180V
バッテリー	定格電圧	288V
	容量	6.5Ah
キャパシタ	最大電圧	304V
	静電容量	11.5F

3. 2 燃費評価試験

3. 2. 1 モード別燃費試験

燃費評価試験として、①掘削積込み作業、②積降し作業、③均し作業、④連続掘削作業の4種類のモード別作業時の燃費を計測した。

各作業において、掘削積込み作業は目標サイクルタイムを45秒とし、均し作業は、すき取り、水平引き、旋回均し、土羽打ち、押付け引きなど5種類の操作パターンの平均とした。

図-4にモード別燃費削減効果を示す。いずれの作業においても現行油圧ショベルと比較して大幅な燃費削減が可能であることが示された。

3. 2. 2 下水枝管理設工事燃費試験

弊社試験場内に、幅4m、長さ30mのアスファルト舗装道路を造成し、専門下水管工事業者に実証機を供与して、都市圏における下水枝管理設工事の模擬工事を実施した。舗装剥取りから下水管埋設と舗装修復まで、規程通りの1日工事を3回実施し、燃料消費データを採取した。

以上のような試験により、現行ショベルと燃費を比較した結果を図-5に示す。図のように60%以上の省エネルギー効果（当社現行ショベル比）を確認した。

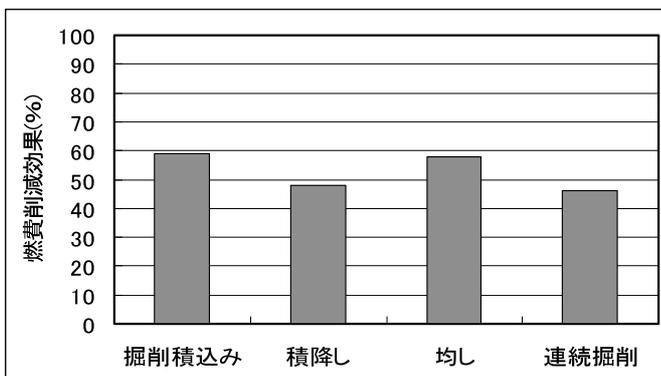


図-4 モード別燃費評価結果

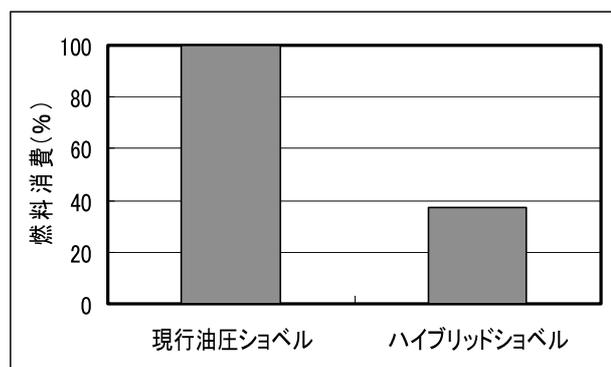


図-5 燃費評価結果

3. 3 試乗評価

ハイブリッドショベルは実作業におけるショベル機として、市場に出せるか否かを総合評価するために、新機種開発の社内試乗評価に基づき、専任評価オペレータによる試乗評価を実施した。さらに現行油圧ショベルとは機能が大きく異なるため、複数の土木工事業者の専門オペレータによる特別試乗評価を受けた。

各オペレータの評価結果を要約すると、実現場投入に際して特に問題はなく、作業性や操作性は、従来機と同等であり、土木工事業者からは低燃費性が高く評価された。しかし、住民からの騒音苦情が厳しく、より静かな機械が望ましいが、静か過ぎて共同作業をする作業員に危険ではという意見が出ていた。

4. 商品化への課題

油圧ショベルへのハイブリッドシステムの適用は燃費低減に有効な手段であることが示されたが、市場導入・普及については、今後以下のことが必要である。

(1) 機器コストダウンと小型化

電動機、バッテリーなどの電気機器は、ハイブリッドショベルに新たに付加されるものでコストアップ要因となっている。よって、これらの機器のコストダウンおよび小型化が必要となる。

(2) 油圧ショベル用電気機器

現存する汎用電気機器はショベル用にショベルの使用条件を考慮して設計されたものではない。よってショベルなどの使用条件を考慮した建設機械に適した電気機器の開発が必要である。

5. まとめ

本研究は新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)の共同開発テーマ「ハイブリッドショベルの研究開発」として実施したもので弊社と株式会社神戸製鋼所と共同して6トンクラスのハイブリッドショベルを開発し、実作業を模擬した操作性評価および燃費性能評価の結果から、現行油圧ショベルと同等の性能でハイブリッドショベルが自動車だけでなく建設機械でも省エネルギー効果を発揮し、60%以上の燃費低減が可能であることが実証された。

またこの成果を基に、より商品機に近いシステムを開発中であり、INTERMAT 2006に参考出展を行った。

参 考 文 献

- (1) 近藤宏一ほか、ハイブリッド車用電気式4WDシステムの開発、自動車技術会学術講演会前刷集 No.101-01、P13~16、2001年
- (2) 兼澤佳行ほか、ハイブリッドシステムによる掘削機械の高効率化、自動車技術会学術講演会前刷集 No.100-01、P17~20、2001年
- (3) 小見山昌之ほか、6トンクラス油圧ショベルのエネルギー効果評価モード、建設の機械化、N0626、P28、2002年

振動軽減型舗装の開発

(株) ガイアート T・K 技術研究所 主任研究員 山脇 宏成

1 はじめに

車両が走行することにより発生する沿道環境負荷の一つとして道路交通振動がある。道路交通振動の発生要因としては、路面の平坦性の低下、路床の支持力不足、交通荷重の超過などが考えられる。これらの要因に対して、鉄道軌道で用いられているフローティングスラブを参考に、防振ゴムを利用し確実に振動軽減効果が発揮できる振動軽減型舗装を平成 12～14 年度に当社と独立行政法人土木研究所、ジオスター（株）、日本エラストマー（株）との共同研究で開発を実施してきた¹⁾。その結果、振動軽減効果は確認されたものの、目地部分や表層の耐久性に課題を残した。これらの課題解決に向けて舗装構造を改良し追加試験を実施したところ、振動軽減効果は改良前のものと同等で舗装の耐久性が大幅に改善されたので報告する。

2 舗装構造

防振ゴムを利用した振動軽減型舗装は、路盤上に下部スラブを構築し、その上に防振ゴム付上部スラブを設置し、アスファルト混合物を舗設する構造である。防振ゴム付上部スラブには、工期短縮および版厚の軽減から高強度 RC プレキャスト舗装版²⁾を用い、版同士の連結は曲げモーメントを伝達するコッター式継手で緊結し、平面一体化構造を基本とした。また、表面からの振動が伝達しないよう上部スラブと路肩側舗装は縁を切る構造とした。改良後、試験施工で用いた舗装構造の平面図および断面図を図-1、2 に示す。

2.1 上部スラブ

上部スラブは防振ゴムで支えられるため、剛性の高いスラブが必要となる。そのため、改良後はスラブ厚を 25cm とし、コンクリートの圧縮強度が 60N/mm^2 、圧縮鉄筋と引張鉄筋を部分的に連結させ、更にトラス鉄筋を内蔵した高強度 RC プレキャスト舗装版を用いることとした。また、舗装厚を極力薄くするために、防振ゴムの取付け位置のスラブ厚は 18cm

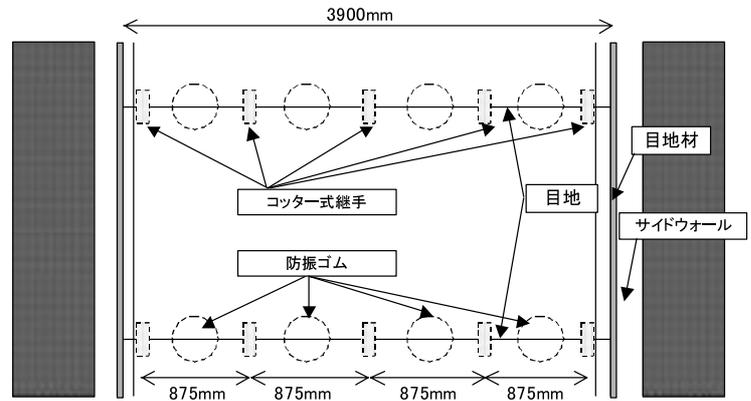


図-1 舗装構造平面図

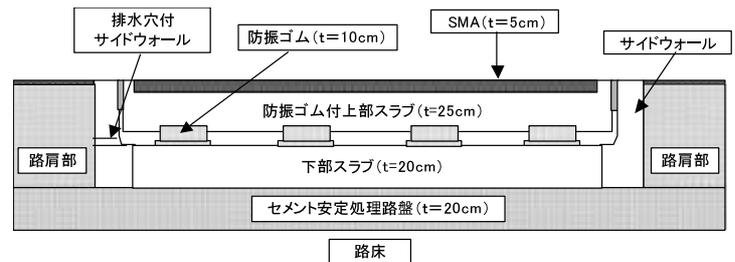


図-2 舗装構造断面図



写真-1 防振ゴム周辺のスラブ

とし、下部スラブと上部スラブ間の空間を狭くした（写真-1 参照）。なお、鉄筋量については、バネ支承場の梁構造として、軸重 235kN に衝撃等の割増した荷重が作用したときの断面力から RC 理論により決定した。

2.2 防振ゴム

防振ゴムの耐久性は、ゴムの厚さに対して 10% の変形量が許容変形量となる。そのため、防振ゴムの厚さは、振動軽減型舗装の舗装厚がかなり厚い構造となることから 100mm とした。防振ゴムの形状は二重の円筒形とし、外側の円筒部分が上部スラブと接着され、内側の円筒部分は外側の円筒部分が 10mm 以上変形したときに上部スラブと接する形状とした（写真-2、図-3 参照）。これにより想定外の重車両が走行した場合であっても、10mm 以上の変形が生じることを防止することが出来る。また、防振ゴムの配置は、改良後は目地部の変形量を抑えるために上部スラブの目地部直下の位置とし、上部スラブ 1 枚あたりの防振ゴムの個数は、改良前と同数となるようにした。防振ゴムのバネ定数の設定は、バネ支承と梁からなる 2 次元モデルで車両が載ったときの変形量が 10mm 以下になるようなバネ定数を解析で求め、それに対し小型試験体による振動試験を実施して 2,000kN/m とした。



写真-2 防振ゴムの概観

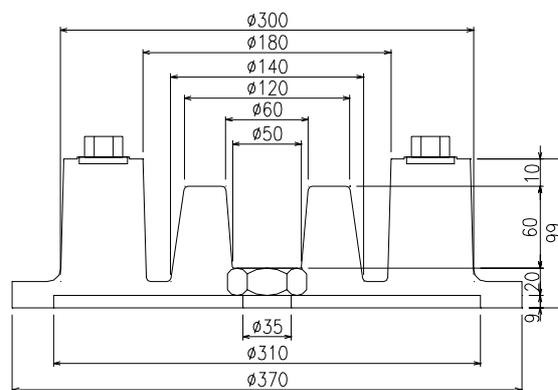


図-3 防振ゴムの断面図

2.3 目地構造

上部スラブ同士の接合部となる目地構造は、前述のように目地下に防振ゴムを配置することにより変形量を抑えるとともに、曲げモーメントを伝達できるコッター式継手を当初 3 個であったものから 5 個に増やし、目地部の剛性を高めた。図-4 に示すコッター式継手は、C 型金物①とくさび状の H 型金物②からなり C 型金物は上部スラブにあらかじめ内蔵されている。これによる目地部は上部スラブを防振ゴムの上に設置するときに上部スラブ同士を 7mm 程度隙間を開けて設置し、その間に無収縮高強度グラウト材を注入し硬化後、H 型金物を圧入し継手面③に圧縮力を導入し、ボルトで固定する構造となっている。

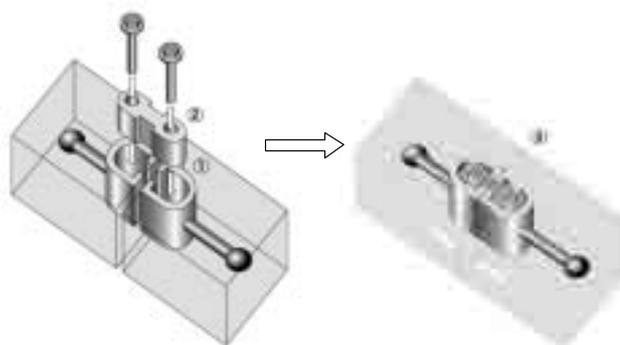


図-4 コッター式継手

3 実証試験

土木研究所舗装走行実験場に改良した舗装構造で再施工し、荷重車による促進载荷を行い耐久性および振動軽減効果の確認を実施した。

3.1 振動測定の概要

加振源として後軸荷重 58.8kN, 117.6kN の荷重車による走行と FWD (Falling Weight Deflectometer) により 49kN の衝撃荷重を荷重車走行中心位置で载荷した場合の 3 通りとした。振動測定位置は施工延長の中央位置とし、振動測定用のピックアップは、図-5 に示すように荷重車走行中心から 1.0m, 2.0m, 2.7m, 5.0m (加振源が荷重車の場合は 1.0m を除く) の位置に設置し測定した。なお振動測定は、施工直後と促進载荷後で累積 49kN 換算輪数が 39 万, 79 万, 119 万輪時に実施した。また、比較用として振動軽減型舗装に隣接する密粒度アスファルト舗装工区で同様に施工直後に測定を実施した。

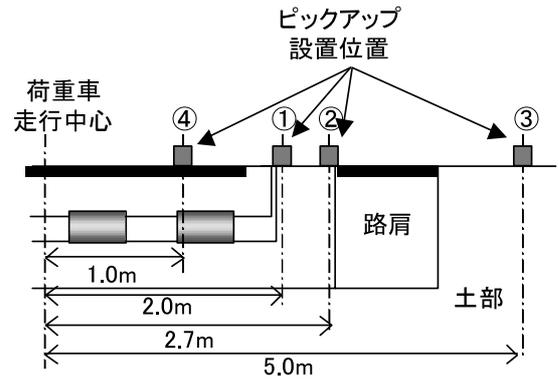


図-5 振動測定位置



写真-3 振動測定状況

表-1 施工直後の振動加速度レベル測定結果 (dB)

	载荷条件	測定位置 (m)			
		1.0	2.0	2.7	5.0
密粒度工区	117.6kN	-	74.9	70.3	68.5
	58.8kN	-	74.7	70.7	72.0
	FWD	90.0	84.4	80.1	80.9
改良前	117.6kN	-	65.2	62.8	64.3
	58.8kN	-	66.2	65.1	64.2
	FWD	96.5	76.2	74.4	70.2
改良後	117.6kN	-	66.2	62.8	64.3
	58.8kN	-	67.7	64.0	64.7
	FWD	93.0	74.4	70.7	64.7

3.2 施工直後の振動測定結果

施工直後の荷重車による振動加速度レベルの測定結果の一例を表-1 に示す。なお、振動加速度レベル値は、測定した振動加速度レベルのピーク値 (Z 方向) を示しており、10 回の測定の平均値としている。表-1 は、密粒度アスファルト舗装と改良前の施工直後および改良後の振動測定結果を比較したものである。表-1 より隣接する密粒度アスファルト舗装工区と比べると路肩部 (2.7m 地点) で、振動加速レベルは改良前で 5.6~7.5dB、改良後で 6.7~7.5dB 程度下がっており、振動軽減効果のレベルが改良前と改良後でほぼ同程度であることが分かる。

3.3 促進载荷後の振動測定結果

3.3.1 荷重車

施工直後、促進载荷試験で累積 49kN 換算輪数が 39 万輪, 79 万輪および 119 万輪に達した時に、軸重 58.8, 117.6kN に調整された荷重車を走行させ、振動測定した

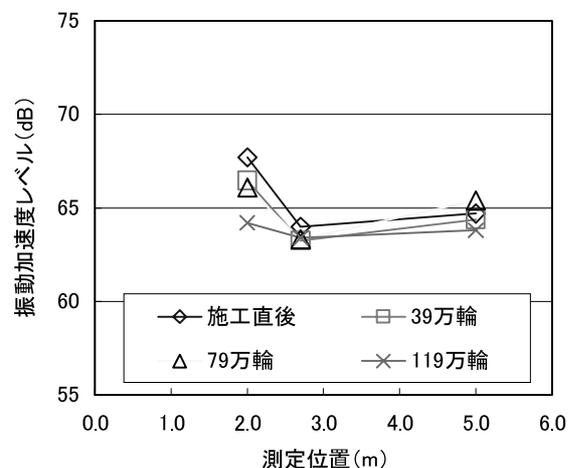


図-6 促進载荷後の振動加速度レベルの測定結果 (荷重条件: 58.8kN, 50km/h)

結果を図-6, 7 に示す.

軸重 58.8kN の荷重車による振動測定では, 測定位置が 2m で 119 万輪通過後の振動加速度レベルに差があることがわかる. しかし, 2.7, 5m の位置の各通過回数の振動加速度レベルがほぼ同程度であること, 軸重 117.6kN の荷重車による振動測定でも 2m の位置で各通過回数で振動加速度レベルに差が見られないことから, 計測に問題があったものと思われる. したがって, 促進載荷試験により路面性状が変化しても振動加速度レベルが大きく変化することが無く, 振動軽減効果が施工直後の状態を維持していると考えられる.

また, 横断方向について比較するとすべての測定ケースにおいて振動加速度レベルは 2.7m の位置で一番小さくなり, 次いで 5m の位置が小さくことが分かる. 5m の位置が 2.7m の位置より大きくなっている原因の 1 つとしては, 振動軽減舗装の施工延長が 40m 程度と短く, 施工ジョイントで発生する振動の影響を受けたことによるものと考えられる.

3.3.2 FWD

図-8 は促進載荷による振動軽減型舗装自体の振動特性の変化を把握するため行なった FWD による振動測定結果である. これによると測定位置 5m の地点(土部)では, 通過回数毎で差が見られるが, その他の測定位置ではほぼ同程度の振動加速度レベルとなっていることから, 振動軽減型舗装自体の振動特性は変化していないと考えられる.

4 まとめ

防振ゴムを利用した振動軽減型舗装の耐久性を向上させるために, 改良した技術で試験施工し検証をした結果, 119 万輪の載荷回数で路面の破損も見られず, 振動軽減効果も改良前と同等で, その効果の持続性も確認できた. しかし, この工法によると振動軽減効果が高いものの施工単価が非常に高いことや工期が長くなることから, 適用箇所が限定されることにならざるを得ない. このことから, 今後この点を改善して実施工に展開していく予定である.

参考文献 1) 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, 土木研究所共同研究報告書, 第 290 号, 2003.2 2) 八谷ほか: 高強度 RC プレキャスト版舗装の空港への適用性, 土木学会舗装工学論文集第 8 巻, 2003

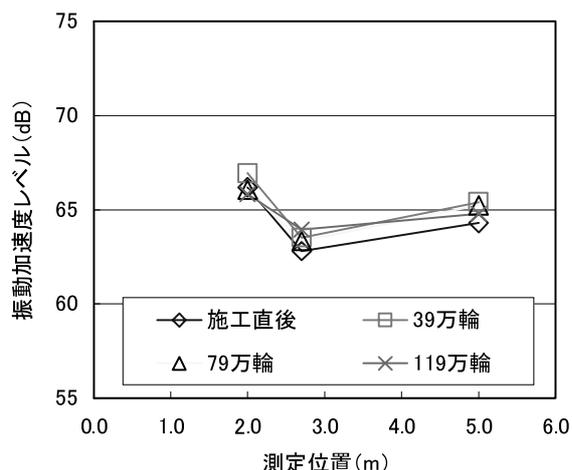


図-7 促進載荷後の振動加速度レベルの測定結果 (荷重条件: 117.6kN, 50km/h)

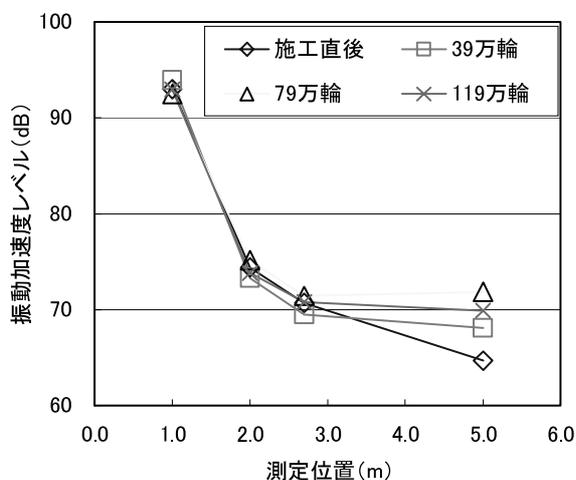


図-8 促進載荷後の振動加速度レベルの測定結果 (荷重条件: FWD)

重金属不溶化下水汚泥焼却灰入りアスファルト混合物について

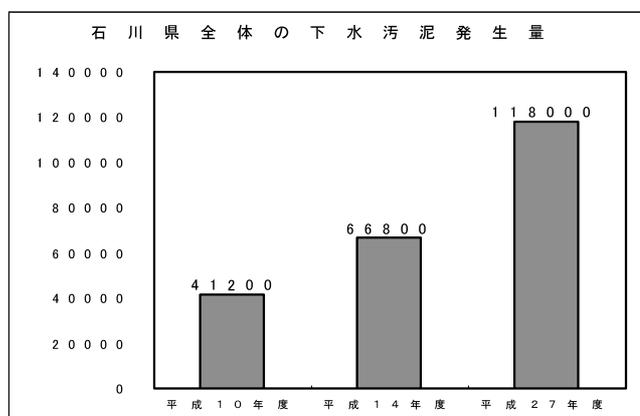
(株)金沢舗道 生産部 生産係長 ○大矢 昌樹
 生産部 工場長 松本 昌之
 総務部 企画課係長 山本 幸人

1 はじめに

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

グラフー1 石川県全体の下水汚泥発生量（脱水汚泥：m³/年）

（石川県環境安全部水環境創造課資料）



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

そこで、下水汚泥焼却灰の性状が、アスファルト混合物に用いるフィラーとほぼ同等であることから、下水汚泥焼却灰をフィラーの一部とし、下水汚泥焼却灰中の重金属類を不溶化（安定処理）させた重金属不溶化下水汚泥焼却灰入りアスファルト混合物として実用化することによって、資源循環型社会に寄与できると考えました。

表ー1 下水汚泥焼却灰の基本性状

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

本文は、平成7年度より研究・開発し実用化してきた重金属不溶化下水汚泥焼却灰入りアスファルト合材（「リビルドアスコン」）に関する試験結果、試験施工等技術的結果を報告するものです。

2 リビルドアスコン実用化の課題

2. 1 下水汚泥焼却灰の環境安全面と品質面

2. 1. 1 下水汚泥焼却灰の重金属不溶化処理

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

表－2 下水汚泥焼却灰の溶出試験結果

分析項目	基準値	測定値	分析項目	基準値	測定値	分析項目	基準値	測定値
カドミウム	0.01	<0.001	トリクロロエチレン	0.03	<0.002	1,3-ジクロロプロペン	0.002	<0.0002
シアン化合物	不検出	不検出	チオベンカルブ	0.02	<0.002	ベンゼン	0.01	<0.001
有機りん化合物	不検出	不検出	テトラクロロエチレン	0.01	<0.0005	四塩化炭素	0.002	<0.0002
鉛	0.01	<0.005	チウラム	0.006	<0.0006	シマジン	0.003	<0.0003
六価クロム化合物	0.05	<0.01	1,2-ジクロロエタン	0.004	<0.0004	ジクロロメタン	0.02	<0.002
ヒ素	0.01	0.04	1,1-ジクロロエチレン	0.02	<0.002	セレン	0.01	0.28
水銀	0.0005	<0.0005	シス1,2ジクロロエチレン	0.04	<0.004	PCB	不検出	不検出
アルキル水銀	不検出	不検出	1,1,1-トリクロロエタン	1.00	<0.0005	1,1,2-トリクロロエタン	0.006	<0.0006
基準値：土壌の汚染に係る環境基準値(mg/l)								

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

表－3 重金属不溶化下水汚泥焼却灰の溶出試験結果

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

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

表－4 重金属不溶化下水汚泥焼却灰の含有量試験結果

分析項目	基準値	測定値	分析項目	基準値	測定値	分析項目	基準値	測定値
鉛	150	51	水銀	15	<0.02	セレン	150	<0.2
カドミウム	150	3.4	シアン化合物	50	<1	フッ素	4000	190
ヒ素	150	14	六価クロム	250	<2	ホウ素	4000	22
基準値：土壌汚染対策法による含有量基準値(mg/kg)								

2. 1. 2 重金属不溶化焼却灰の品質面 表-5 重金属不溶化下水汚泥焼却灰入りフィラー

重金属不溶化焼却灰をアスファルト混合物製造時に使用するフィラーの一部とした際の品質面においては、(社)日本道路協会の定めるフィラーとしての品質を十分に満足しています。

項目		重金属不溶化下水汚泥焼却灰入りフィラー	目標値
ふるい目	600 μmm	100	100
通	300 μmm	98.1	-----
過	150 μmm	92.3	90~100
質	75 μmm	76.4	70~100
量	密度試験	2.671	-----
	加熱変質性試験	変化なし	変化なし
	フロー試験	41.1	50以下
	吸水膨張率	0.0	4以下
	剥離試験	合格	合格
	PI	NP	4以下

2. 2 リビルドアスコンの品質面

2. 2. 1 力学的特性評価

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

表-6 マーシャル安定度試験結果

混合物名	OAC (%)	密度 (g/cm ³)	空隙率 (%)	飽和度 (%)	安定度 (KN)	フロー値 (cm)
密粒(13F)再生30%	6.1	2.332	3.8	78.3	12.36	30
重金属不溶化下水汚泥焼却灰入り密粒(13F)再生30%	6.3	2.326	3.7	79.2	11.31	28
規 格 値	—	—	3~5	75~85	4.90以上	20~40

混合物名	OAC (%)	密度 (g/cm ³)	空隙率 (%)	飽和度 (%)	安定度 (KN)	フロー値 (cm)
一般的な透水性カラー合材	4.5	1.925	21.8	28.3	3.99	24
重金属不溶化下水汚泥焼却灰入り透水性カラー合材	4.7	1.928	21.4	29.6	3.68	23
規 格 値	—	—	—	—	3.43以上	20~40

また、高温時におけるアスファルト混合物の耐流動性を評価する指標である動的安定度においても、ホイールトラッキング試験の結果、一般の混合物と同様に規格値を満足しています。

表-7 ホイールトラッキング試験結果 (回/mm)

	一般的なアスファルト混合物	リビルドアスコン	規格値
密粒度アスコン(20F)改質材入り	2 2 5 0	7 5 9 0	1 5 0 0 以上
排水性アスコン(13)	7 0 0 0	7 8 8 0	3 0 0 0 以上

2. 2. 2 リビルドアスコン (カラー) におけるコスト縮減

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



写真-1 リビルドアスコン (カラー) 施工例

2. 3 リビルドアスコンの環境安全面

リビルドアスコンの環境安全面に対する評価は、溶出試験を実施し、環境省の定める「土壤の汚染に係る環境基準」を満足するか否かを基に評価します。溶出試験の結果、全項目において基準値以下となり、環境安全性に問題ありません。

表－8 リビルドアスコンの溶出試験結果

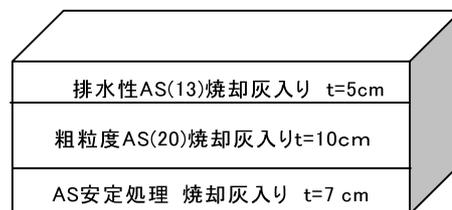
分析項目	基準値	測定値	分析項目	基準値	測定値	分析項目	基準値	測定値	分析項目	基準値	測定値
カドミウム	0.01	<0.001	トリクロロエチレン	0.03	<0.002	1,3-ジクロロプロペン	0.002	<0.0002	アルキル水銀	不検出	不検出
シアン化合物	不検出	不検出	チオベンカルブ	0.02	<0.002	ベンゼン	0.01	<0.001	PCB	不検出	不検出
有機りん化合物	不検出	不検出	テトラクロロエチレン	0.01	<0.0005	四塩化炭素	0.002	<0.0002	1,1,1-トリクロロエタン	1.00	<0.0005
鉛	0.01	<0.005	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

基準値：土壤の汚染に係る環境基準値 (mg/l)

3 リビルドアスコンの追跡調査結果

3. 1 試験舗装概要

- (1) 施工日：平成17年5月下旬
- (2) 施工場所：金沢市円光寺地内
- (3) 全施工面積：1010m²
- (4) 全使用合材量：222t（焼却灰使用量は2.8t）
- (5) 追跡調査面積：【区間1】110m² 【区間2】85m²



図－1 追跡調査区間舗装構成

3. 2 追跡調査結果

本現場における追跡調査は、施工後約1年間、「道路」として供用された状態で、MCI（維持管理指数）評価によるAS舗装性能試験及びAS舗装溶出試験を実施しました。調査の結果、AS舗装性能試験においては、各区間ともに8.8と良好な値を示し、また、AS舗装溶出試験においても全項目で基準値以下となり、「道路」としての供用性及び環境安全性に問題はありませんでした。

表－9 施工後1半年間経過時の現場採取サンプル溶出試験結果

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

基準値：土壤の汚染に係る環境基準値 (mg/l)

4 最後に

研究・開発してきたキレート処理技術並びにリビルドアスコンは資源循環型社会の構築、石川県環境総合計画における下水汚泥のリサイクル率の向上にも寄与できると自負しております。

今後とも品質、安全、コスト面及び「道路」としての供用性評価に十分に配慮し、またキレート処理した下水汚泥焼却灰を他の建設資材への利用も視野に入れ、取り組んでいきたいと思っております。

最後になりますが、キレート処理技術並びにリビルドアスコン舗装試験施工に御協力頂きました金沢市環境技術顧問、金沢市環境総務課、金沢市企業局ならびに関係各位の皆様方には改めて敬意を表する次第でございます。

再生骨材を用いた保水性舗装の適用事例

株式会社NIPPOコーポレーション 北信越支店 ○高畑 浩二
同 北信越支店 大西 啓之

1 はじめに

近年、日本国内における環境問題に対する関心の高まりから、道路舗装に対して環境負荷軽減が求められている。それに対応するため、騒音低減や路面温度低下など環境に寄与する舗装（以下、環境舗装）の活用に向けた取組みが官・民を問わず進められている。環境舗装には、新規混合物を用いるのが一般的¹⁾であるが、アスファルトコンクリート塊の再資源化の維持・向上を見据えたとき、再生骨材を当該舗装にも拡大利用していく必要がある。

本報告は、室内検討試験²⁾において路面温度上昇抑制効果が確認された、再生骨材使用の特殊開粒度アスファルト混合物（以下、再生特殊開粒度混合物）に保水材を充填する保水性舗装（以下、再生保水性舗装）の、実路における試験施工と施工直後の追跡調査結果についてまとめたものである。

2 保水性舗装の概念

保水性舗装は、図-1に示すように特殊開粒度アスファルト混合物の空隙部に吸水・保水性能を有した保水材を充填した舗装である。この舗装は、降雨等により保水材に保持した水分が蒸発する際の気化潜熱を利用して、路面温度の上昇を抑制する。一般の舗装よりも舗装体内の蓄熱量を低減することから、主に都市部における路面温度の上昇と蓄熱を抑制する舗装として普及・展開されている。

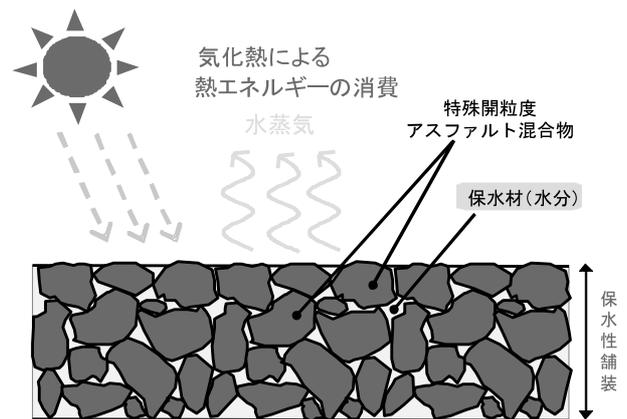


図-1 保水性舗装の概念

3 配合試験

再生保水性舗装の試験施工に先立ち、再生特殊開粒度混合物および再生保水性混合物の配合試験を行った。骨材配合は、再生骨材13~0mmを考慮して再生骨材配合率を0、10、20%とした。なお、品質目標値は東京都の品質規格³⁾を参考とした。

3.1 再生骨材の性状

試験施工で使用する再生骨材13~0mmは、富山県内のプラントで製造・貯蔵されている表-1に示す性状を有するものとした。

3.2 再生特殊開粒度混合物の配合

再生特殊開粒度混合物の目標空隙率は23%に設定した。これは、使用する再生骨材の粒度から東京都が推奨する空隙率25%

表-1 再生骨材の性状

項目		試験値
粒度	19mm	100
	13.2	100
	4.75	73.5
	2.36	58.1
	0.6	37.3
	0.3	26.7
	0.15	13.2
	0.075	9.4
旧アスファルト含有量 %		5.33
回収アスファルト性状	針入度 1/10mm	31
	軟化点 °C	59.0

を確保することが困難であるため、保水性舗装技術研究会の技術資料⁴⁾(空隙率=20~30%)を参考に設定した。再生特殊開粒度混合物の配合を表-2に示す。なお、再生骨材配合率20%は、プラントの計量機能を考慮して細骨材は使用しない配合とした。さらに、室内検討試験¹⁾の成果をもとに、再生用添加剤は使用していない。

3.3 混合物性状

再生特殊開粒度混合物およびそれに保水材を浸透させた再生保水性混合物の性状を表-3および表-4に示す。実施したすべての試験において、何れの配合率においても目標値を満足する結果が得られた。しかし、特殊開粒度混合物の透水係数、動的安定度は配合率が大きくなるにつれて多少ではあるが数値が小さくなっている。

4 試験施工

4.1 概要

再生保水性舗装の試験施工は、平成18年4月に石川県金沢市小坂地内で実施した。試験施工箇所は、事前調査の目視観察からひび割れ率が少なくとも20%以上であること、さらに事前に採取したコアからもひび割れが基層まで達していること等から、表・基層の打換えとした。

試験施工の断面図を図-2に、平面図を図-3に示す。

4.2 施工

再生特殊開粒度混合物の施工は、通常の機械編成による方法で実施した。また、保水材の充填作業では、舗装体内への充填を確実にするため振動ローラを使用した。

表-2 再生特殊開粒度混合物の配合

再生骨材配合率		0%	10%	20%	目標値
配合率	碎石6号	82	78	74	-
	粗砂	13	8	0	
	石粉	5	4	4	
%	再生骨材	0	10	22	
通過質量百分率	19mm	100	100	100	-
	13.2	98.4	98.5	98.6	90~100
	4.75	20.0	21.3	22.0	11~35
	2.36	17.0	17.3	17.0	10~20
	0.6	10.8	11.3	12.2	-
%	0.3	6.9	7.8	9.9	-
	0.15	5.5	5.6	6.9	-
	0.075	4.8	4.7	5.8	3~7
アスファルト量 %		4.0	4.0	4.0	4~6

表-3 再生特殊開粒度混合物の性状

再生骨材配合率		0%	10%	20%	目標値
密度	g/cm ³	1.927	1.923	1.928	-
理論密度	g/cm ³	2.506	2.504	2.502	-
空隙率	%	23.1	23.2	22.9	(23)
安定度	kN	7.21	6.51	6.44	4以上
フロ一値	1/100cm	28	29	27	20~40
透水係数(1×10 ⁻²)	cm/s	85.8	61.2	53.2	1.0以上
動的安定度※	回/mm	9,100	8,500	6,000	3,000以上

※再生特殊開粒度混合物単体(保水材なし)

表-4 再生保水性混合物の性状

再生骨材配合率		0%	10%	20%	目標値
曲げ強度	N/mm ²	1.9	2.1	1.8	1.0以上
動的安定度	回/mm	37,000	35,000	25,000	3,000以上

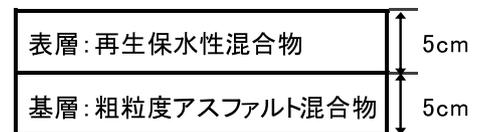


図-2 試験施工の断面図

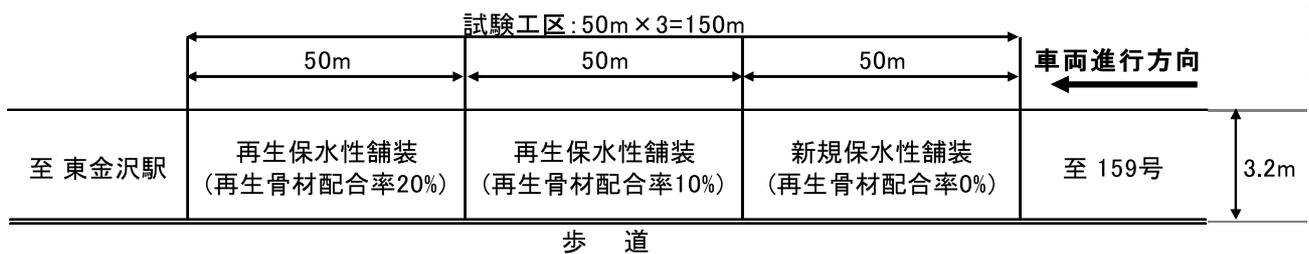


図-3 試験施工平面図

再生特殊開粒度混合物は、再生骨材を使用した配合の特性上、保水材充填作業などの舗設作業車等による骨材飛散を懸念したが、何れの配合率においてもそのような現象は認められなかった。

4. 3 追跡調査

試験施工の追跡調査項目を表－5に示す。調査は、①路面性状 ②保水能力 ③路面温度上昇抑制効果の確認を目的としている。

表－5 追跡調査の項目

調査目的	調査項目	調査方法	調査時期		
			施工後		供用後
			H18.4	H18.8	H19.8
路面性状	すべり抵抗性	振子式スキッドレジスタンステスター	○	○	○
		DFテスタ	○	○	○
	平たん性	3mプロフィルメータ	○	○	○
	わだち掘れ量	横断プロフィルメータ	○	○	○
	ひび割れ	スケッチ法	○	○	○
保水能力	保水量	切り取り供試体測定	○	—	—
路面温度 上昇抑制効果	路面温度の測定※	熱電対温度計による測定	○	○	○

※路面温度の測定前に、現地にて散水を行う。

4. 3. 1 路面性状

施工直後の追跡調査結果を表－6、7に示す。すべり抵抗性におけるBPNは、何れの配合率においても差は見られない。一方、動的摩擦係数は、再生骨材配合率の増加に伴い、若干低くなる傾向が認められた。これは、追跡調査時の目視観察から、保水材を充填した後の表面の仕上げ状態による影響と考えられる。

平たん性についても、目標値は満足するものの、再生骨材配合率の増加に伴い大きくなる傾向が認められた。これは、反対側車線の現状高さに合わせて施工したことや、1工区あたりの施工延長が50mと短いことなどが影響しているものと推測された。

わだち掘れおよびひび割れは、施工直後であり認められていない。

以上の結果から、再生骨材の配合率による路面性状への影響はないものと考えられる。

4. 3. 2 保水能力

保水量の測定結果を表－8に示す。保水量は全ての工区で目標値である3.0(kg/m²)を満足した。また、再生骨材の配合率の違いによる有意な差は認められなかった。

4. 3. 3 温度特性

平成18年4月に測定した舗装路面の温度を図－4に示す。再生保水性舗装は、試験舗装路面において、最大で7℃程度の温度上昇抑制効果があることがわかる。一方、降雨後の時間経過により温度上

表－6 すべり抵抗性調査結果

再生骨材 配合率	位置	動的摩擦係数 (μ)			BPN
		20km/h	40km/h	60km/h	
0%	OWP	0.60	0.54	0.50	60
	BWP	0.62	0.55	0.52	61
10%	OWP	0.53	0.47	0.43	61
	BWP	0.49	0.44	0.42	60
20%	OWP	0.49	0.43	0.40	60
	BWP	0.54	0.46	0.42	59

表－7 平たん性調査結果

再生骨材 配合率	位置	平たん性 (σ:mm)
0%	OWP	1.26
	BWP	0.98
10%	OWP	1.37
	BWP	1.47
20%	OWP	1.99
	BWP	1.75
目標値		2.4以下

表－8 保水量測定結果

再生骨材配合率	0%	10%	20%	目標値
保水量 (kg/m ²)	3.9	4.8	4.5	3.0以上

昇抑制効果が小さく
なっているが、降雨
3日後（4月19日）
の路面温度は既設路
面と比較しても3℃
程度低いことから効
果の持続性があるとい
える。なお、再生
骨材の配合率の違い
による有意な差は認め
られなかった。

今回は4月の測定
結果であるため、一
般的に言われている
保水性舗装の温度上

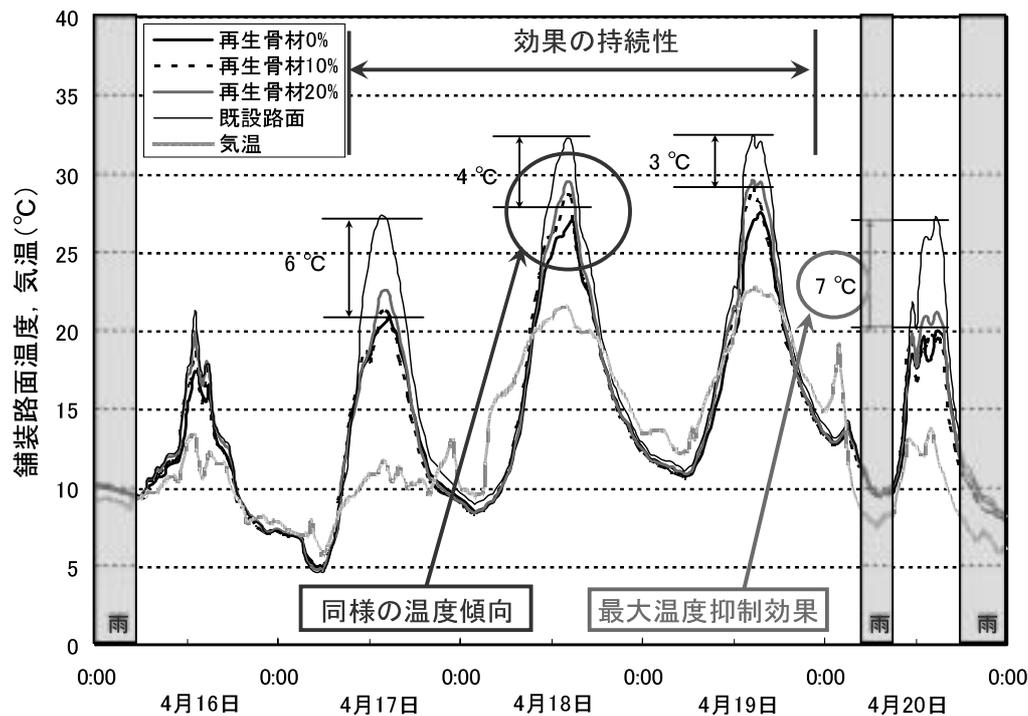


図-4 舗装路面温度測定結果

昇抑制効果（10～15℃）¹⁾が確認できなかった。そのため、最高気温が30℃を超えると予想される8月に測定を行って、注意深く観察していく必要がある。

5 まとめ

試験施工より得られた知見をまとめると、以下のとおりである。

- 1) わだち掘れ、ひび割れは確認されていない。
- 2) 平坦性は新規保水性舗装と比較して再生保水性舗装が若干大きい。
- 3) BPNは全ての配合率で同程度である。
- 4) 動的摩擦係数は新規保水性舗装と比較して再生保水性舗装が若干小さい。
- 5) 再生保水性舗装は新規保水性舗装と同程度の保水能力および温度上昇抑制効果がある。

上記2)、4)については、施工条件などにより発生した差と考えられる。そのため、再生骨材の配合率の違いによる影響はないといえる。

今後も追跡調査を行い、温度上昇抑制効果および路面性状等を確認していきたい。

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

【参考文献】

- 1) 社団法人日本道路協会：環境改善を目指した舗装技術（2004年度版），2005.3
- 2) 佃田智昭，加藤義輝，渡貫辰彦：再生骨材を用いた保水性舗装の検討，第10回北陸道路舗装会議，2006.6
- 3) 東京都建設局道路管理課，東京都土木研究所：保水性舗装（車道）設計・施工要領（案），2004.3
- 4) 保水性舗装技術研究会：保水性舗装技術資料，2003.5

河川災害復旧工事等における「Hi-OSS」事例の紹介

日立建機株式会社 東日本事業部 CS営業部 ○三国 大輔
営業本部 Hi-OSS推進部 高木 淳介

1 はじめに

新潟県中越地区では、平成16年7月の水害、同年10月に発生した地震災害において河川堤防の決壊、法面崩壊、陥没など大きな被害を受けた。現在、これらの早期復旧ならびに堤防機能の改善工事が急ピッチで実施されている。しかし、復旧に伴い掘削した建設発生土については、含水比が高い土砂や粘性土である比率が高く、また夾雑物も混入している土砂もあり、そのままでは土木資材として活用できない場合が多い。これらを扱う現場では、急を要する復旧工事でありながら、限りある資源を効率良く有効活用しなければならないという条件が付加されている。そこで当社では「Hi-OSS

SS（ハイオス；日立オンサイトスクリーニング&ソリューション）」（図-1）として、各現場の条件に合わせてモバイル製品（自走式施工機械）を組み合わせた現場内での最適処理・施工システムを提案し、3章で述べる工事等で採用頂いた。

今回は、河川災害復旧工事等にて稼働した「Hi-OSS」を構成する施工機械の自走式土質改良機「SR-G2000」、自走式フィンガスクリーン「FS165T」の機械特長ならびに、それらの稼働事例の一部を紹介する。

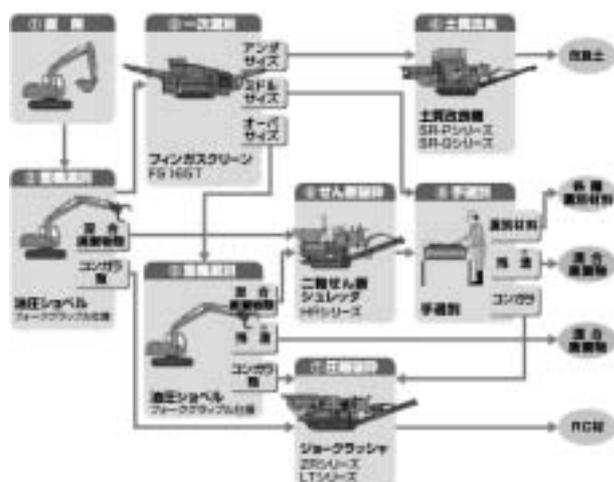


図-1 「Hi-OSS」組合せ例

2 機械の特長

2.1 自走式土質改良機「SR-G2000」

弱体化した堤防機能を改善するために施されるセメント安定処理工事をはじめ、土質改良工事に対応するために開発した。写真-1に外観を示す。主な特長は、混合方式に2軸パドルミキサ方式（写真-2）を採用していることである。これはシンプルな構造かつ、混合・攪拌効率が非常に高い方式であり、特に軟弱な土質に対して作業性と改良品質を確保することができる。



写真-1 「SR-G2000」外観

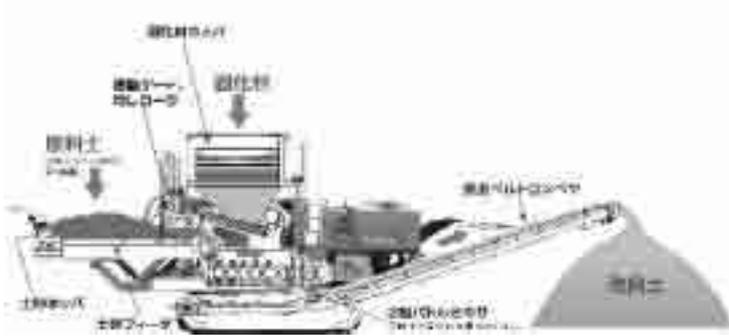


図-2 「SR-G2000」概略構造

図-2に概略構造を示す。以下その他特長を説明する。

- ① 2軸パドルミキサを用いている為、混合効率が良く、高粘性土から砂質土まで広範囲の土質に対応できる。
- ② 幅広で積込み作業のし易い土砂ホッパ及び揺動ゲートを採用することで粘性土に対しても安定した供給が可能になり、処理土量を確保できる。
- ③ 図-2に示す「均しローラ」により供給土砂体積を連続的に計測し、供給体積あたりに正確な固化材添加量制御を可能とした。
- ④ 油圧シリンダによる開放型混合機ケーシングにより、混合機内における土砂の閉塞時、またメンテナンス時の作業性が向上した。
- ⑤ 伸縮式固化材ホッパの採用により、運搬時分解作業が不要となり、トレーラによる一体輸送を可能とした。



写真-2 2軸パドルミキサ

2. 2 自走式フィンガスクリーン「FS165T」

建設発生土に混入した夾雑物の選別、不法投棄対策現場や最終処分場、碎石現場などの幅広い選別作業に対応するために開発した。写真-3に外観を示す。主な特長としては、目詰りの発生しにくい片持ち構造のフィンガバー構成による上段（トップフィンガ：7段）下段（ボトムフィンガ：15段）の2床式のスクリーンボックスを採用していることである（写真-4）。幅1,520mm×長さ4,880mmと選別対象物の移動方向に長い形状となっており、スクリーン上での選別時間を十分に確保できる構造となっている。

図-3にフィンガの概略構造を示す。以下その他特長を説明する。



写真-4 トップフィンガ



写真-3 「FS165T」外観

- ① スクリーン構造は湿った材料でも目詰まりしにくい片持ちのフィンガバーとし、トップフィンガは、強度の高いスウェーデン鋼を採用し、大きな塊状にも対応可能とした。
- ② バックホウなどによる選別対象物の直接投入が可能

能であるため、作業量を確保できる。

- ③ 必要に応じて2種類または3種類のふるい分け切替えを可能とした。
- ④ アンダコンベヤとミドルコンベヤは油圧駆動による折畳み式を採用しトレーラによる一体輸送を可能とした。

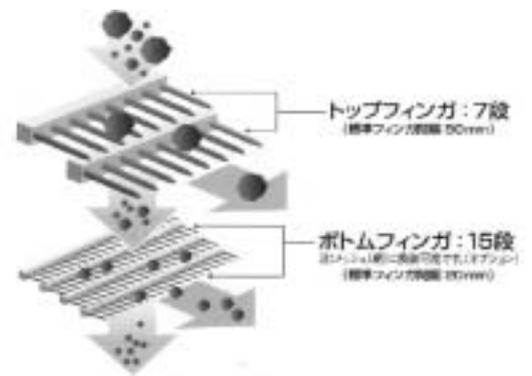


図-3 フィンガ構造概略

3 稼働事例の紹介

3.1 刈谷田川復旧関連工事における発生土の選別

河川堤防、河道掘削に伴い発生した建設発生土には、夾雑物が混入している場合がある。その一例として、葦が混入していた発生土（写真-5）の処理についての事例を紹介する。葦が多量に混入しているとセメント改良を施しても固化反応の妨げになり、またクッションの役割を果たし締め固めが困難な土になってしまう。さらに葦が根から再生してしまう恐れがあり、堤防機能を改善するためにはそのままでは再利用できない。そこで自走式フィンガスクリーン「FS165T」を活用して、予め改良した発生土から葦を選別することで、改良品質を確保することができた。



写真-5 葦が混入した発生土

また、旧堤防で利用していた籠石が掘削時に混入している事例もあった。この場合も同じく施工性と締め固め性の問題から、そのままでは再利用できるものではなかったが、「FS165T」を活用することで粘性の高い発生土からも目詰りすることなく効率良く籠石を選別することができた（写真-6）。選別され籠石と土砂は、それぞれが再利用可能な土木資材となる。写真-7にその選別状況を示す。



写真-6 籠石が混入した発生土



写真-7 選別状況

3. 2 大河津可動堰関連工事における河道掘削土の改良

老朽化に伴い本格的な改築工事に取り組んでいる大河津可動堰関連工事で、河道掘削に伴い発生した建設発生土を「SR-G2000」にて改良した事例を紹介する。高含水比、粘性土の比率が高い河道掘削土に対して有効な改良手段として「SR-G2000」による施工は高く評価された。従来の混合方式（バックホウによる混合）では十分な改良が困難であったが、「SR-G2000」を導入することにより、安定した土砂供給と要求される改良品質を確保することができた（写真－8）。また、混合作業時の粉塵の発生も抑制でき周辺環境への配慮も付加することにもなった。さらに、自走式のメリットを活かし、河川堤防内（河川敷）に設けられた施工ヤードにも容易に設置・撤去が可能で現場条件に合せた施工が可能となった。改良された土は養生後、被災した堤体の堤防機能を改善するための盛土材として搬出され、災害復旧向けの高性能な土木資材として活用されるとともに建設発生土のリサイクル促進という面においてもその効果を発揮することとなる。写真－9に改良工事の施工状況を示す。



写真－8 土砂供給状況



写真－9 改良工事施工状況

4 おわりに

以上のおり、河川災害復旧工事で当社が提案する「Hi-OSS」の一例を紹介したが、現場で発生する条件・処理方法は多種多様であり、これらの事例はその一片に過ぎないと思われる。当社としても今後は更に専門性、汎用性の両側面から製品の機能向上、様々な要望に対応できるシステムの開発に望む所存である。またCSR（Corporate Social Responsibility）の観点からも、自然災害の抑制・防止に対して有効な施工ができる機械、建設副産物リサイクル推進を担うことができる製品システムの開発にも合せて傾注していきたいと考える。

最後になりましたが被災された地域、住民の方々へ早期の復興をお祈り申し上げるとともに、当社機をご採用頂きました現場の皆様へ感謝申し上げます。

井戸掘削工事における凝集剤を用いた泥水処理の低減方法

株式会社ホクコク地水 工事部 ○北 弘司
 技術部 橋本 充弘
 根矢 晃
 鷹野 正宗

1 はじめに

泥水工法を用いた井戸掘削工事において、泥水処理に係る費用は全体工事費の20～30%程度を占め、環境問題等の観点からも処理費の低減は大きな問題である。このため泥水処理量の有効な低減方法の確立が当社での重要な課題である。

2 井戸掘削工事における泥水処理の現状

井戸掘削工事で処理対象となる泥水は、掘削中に添加した泥水と仕上げ工程中の導水作業において地下水によって徐々に希釈された泥水とであり、泥水総排出量は掘削体積の4～5倍程度に及ぶ。現状では、これらは全て産業廃棄物として処理している。

これまで当社は泥水排出量を低減するため、作泥機材や泥水の循環機材を充実させ、仕上げ工程の短縮や作泥量の低減を計ることに取り組んで来たが、大幅なコスト削減には至っていない。このため更なるコスト削減、省スペース化、環境負荷の軽減の観点から、新たな泥水処理の低減方法として市販の凝集剤に着目し、以下の試験を行った。

3 室内試験の目的・方法

本試験では泥水に添加する凝集剤の効果・適用範囲を把握し、現場における管理基準を設けることを目的とする。添加する凝集剤は、高分子凝集剤より比較的安価で、天然物を主原料とする無機系凝集剤を使用した。

現場で容易に測定できる管理基準項目として、「泥水比重」、「凝集剤添加量」に着目し、本試験において泥水の上澄液排除率(%) (=「上澄液量」/「泥水量」×100)を経時的に測定し、上澄液の水質試験を行った。試験には1ℓのメスリンダー(直径約6cm×高さ約35cm)と約15ℓの円筒型アクリル容器(直径約10cm×高さ約2m、以下「2m円筒型」

と記す)を用いた。2m円筒型は現場作業で使用するタンク(直径約2m×高さ約2m)の高さに合わせ、上澄液を採水できるように蛇口を設置したものである(図1)。

試験を行った泥水比重と凝集剤添加量の組合せは表1に示したとおりである。泥水比重は1.01～1.15に調整し、凝集剤添加量は泥水量に対する体積比(以下「体積比」と記す)1:1000、1:750、1:500、1:250とした。



図1 2m円筒型

表1 泥水比重と体積比の組合せ

	凝集剤添加量の体積比			
	1:1000	1:750	1:500	1:250
1.01	●	●	-	-
1.02	●	●	●	-
1.03	●	●	●	●
1.04	-	○	●	○
1.05	-	○	●	○
1.06	-	○	○	○
1.07	-	○	●	○
1.08	-	○	○	○
1.09	-	○	○	○
1.10	-	-	●	○
1.11	-	-	○	○
1.12	-	-	○	○
1.13	-	-	○	○
1.14	-	-	○	○
1.15	-	-	●	○

※○印はメスリンダーで実施した組合せ

※●印は2m円筒型で実施した組合せ

4 試験結果

4.1 泥水処理試験結果

<メスシリンダー (1ℓ)>

泥水比重・体積比別上澄液排除率(%)の経時変化を図2に示す。

上澄液排除率(%)は泥水比重の小さいものほど急激に増加しており、泥水比重の大きいものほど緩やかに増加する傾向がある。現場

作業の効率性を考慮し、即日処理の場合の30分後と一晩仮置きした場合の18時間後について、泥水比重と上澄液排除率(%)の関係を見ると図3、図4のようになる。

採算性を考慮すると体積比1:250では上澄液排除率70%以上、体積比1:500~1:1000では上澄液排除率50%以上が管理基準の目安となる。

この目安を満たすのは30分後では泥水比重1.01~1.03、体積比1:1000~1:500の場合であり、18時間後では泥水比重1.03~1.12、体積比1:1000~1:500の場合である。

<2m円筒型 (15ℓ)>

2m円筒型での上澄液排除率(%)の経時変化はメスシリンダーの場合と同様の曲線を呈するが、分離が遅くなる傾向を示す。

30分、24時間後について泥水比重と上澄液排除率(%)の関係を見ると図5、図6のようになる。

前述の管理基準の

目安を満たすのは30分後では泥水比重1.01~1.02、体積比1:1000~1:500の場合である。24時間後では泥水比重1.03~1.10、体積比1:500(~1:1000)の場合である。

4.2 水質試験結果

<関係法規>

水質汚濁防止法では工場及び事業場から公共用水域(河川・海)に排出される水に、表2に示した有害物質26項目、生活環境項目12項目の排水基準が定められている。但し、水質汚濁防止法に該当する排水規模は、1日当たりの平均的な排水の量が50m³以上のものである。井戸掘削工事の排水量

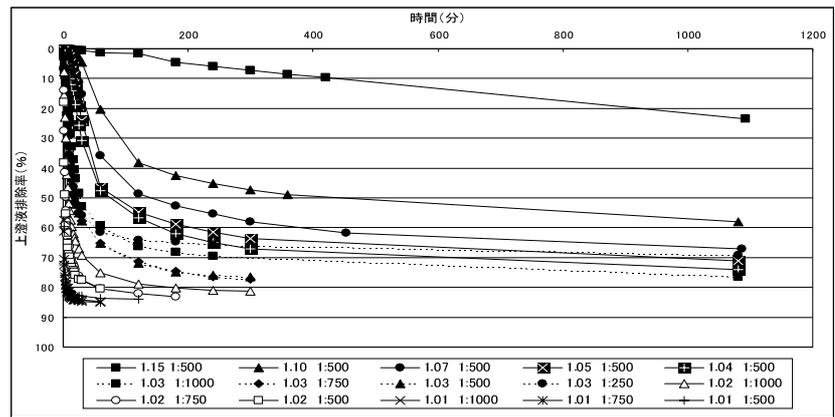


図2 泥水比重・体積比別上澄液排除率(%)の経時変化(メスシリンダー)

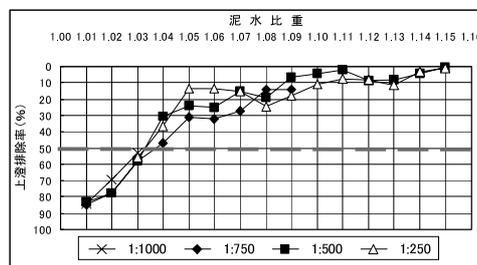


図3 体積比別の泥水比重と上澄液排除率の関係(30分後)

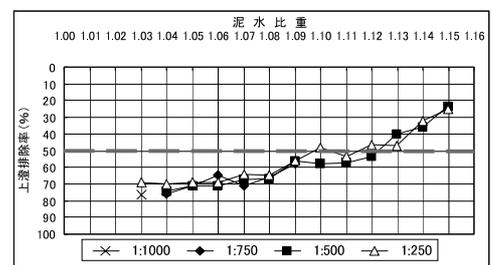


図4 体積比別の泥水比重と上澄液排除率の関係(18時間後(1080分後))

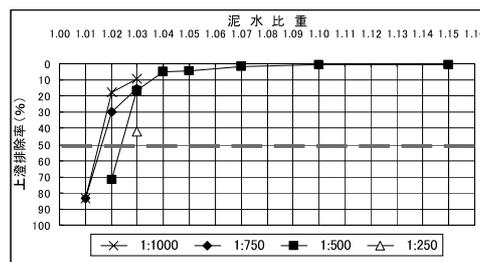


図5 体積比別の泥水比重と上澄液排除率の関係(30分後)

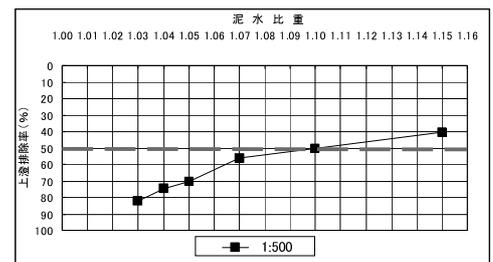


図6 体積比別の泥水比重と上澄液排除率の関係(24時間後(1440分後))

表2 排水基準項目

有害物質
カドミウム、シアン、鉛、六価クロム、砒素、水銀、アルキル水銀、PCB、ジクロロメタン、四塩化炭素、1,2-ジクロロエタン、1,1-ジクロロエチレン、シス-1,2-ジクロロエチレン、1,1,1-トリクロロエタン、1,1,2-トリクロロエタン、トリクロロエチレン、テトラクロロエチレン、1,3-ジクロロプロペン、チウラム、シマジン、チオベンカルブ、ベンゼン、セレン、フッ素、ホウ素、有機リン、アンモニア、アンモニウム化合物、亜硝酸化合物及び硝酸化合物
生活環境項目
pH、BOD、COD、SS、鉱油類、動植物油脂類、フェノール類、銅、亜鉛、溶解性鉄、溶解性マンガ、ン、クロム、大腸菌群数、窒素、燐

は 20~30m³/日程度であるため規制対象とならないが、上澄液がこれらの基準値を満足するのかわ質試験を行い把握する必要がある。

<水質試験項目>

1 検体（泥水比重 1.01、体積比 1:750）については排水基準全 38 項目を実施し、それ以外のは河川・湖沼の生活環境の保全に関する環境基準にも該当する pH、BOD、COD、SS の 4 項目のみ実施した。この 4 項目のうち、BOD、COD、SS は石川県の一部の地域で、排水基準より厳しい基準（上乘せ排水基準）が設けられており、本試験ではこの基準値を参考とした。

<水質試験結果>

排水基準全項目を試験した 1 検体の結果は、全て基準値以下であった。

pH、BOD、COD、

表3 水質試験結果

SS の 4 項目を試験した結果を表 3 に示す。30 分後の採水検体では、泥水比重 1.01、1.02（1 :

項目	基準値	単位	泥水比重、体積比、凝集剤添加後の採水までの時間											
			1.01 1:1000 30分	1.01 1:750 30分	1.02 1:1000 30分	1.02 1:750 30分	1.02 1:500 30分	1.03 1:1000 30分	1.03 1:750 30分	1.03 1:500 30分	1.03 1:500 24時間	1.04 1:500 24時間	1.05 1:500 24時間	1.07 1:500 24時間
pH	海域以外5.8以上8.6以下 海域5.0以上9.0以下	-	6.8	7.0	6.9	6.7	6.7	6.9	6.7	6.9	7.8	7.9	7.9	8.0
BOD	日間平均20mg/L (上乘せ排水基準)	mg/L	0.5未満	0.5未満	1.0	0.5未満	0.5未満	0.6	0.5	0.8	0.9	0.7	0.5未満	1.6
COD	日間平均20mg/L (上乘せ排水基準)	mg/L	0.5未満	1.0	0.9	0.6	0.8	1.3	1.1	0.6	1.9	2.5	2.7	3.2
SS	日間平均60mg/L (上乘せ排水基準)	mg/L	17.3	15.7	106	64.6	33.9	177	220	99.6	13.4	11.1	12.3	23.6

500 のみ）が基準値以下となっている。それ以外は SS のみが基準値を超過した。24 時間後の採水検体では、全て基準値以下である。

以上の結果から、現場作業(特に 30 分後)で処理するには、水質管理項目として SS を測定することが必要である。

4.3 まとめ

表4 管理基準項目案

採算性を考慮した場合の泥水比重・体積比別の上澄液排除率(%)と上記水

	泥水比重・体積比
現場作業(30分後)	1.01・1:1000、1.02・1:500
仮置き作業(24時間後)	1.03~1.10・1:500

質試験結果とから、泥水の管理基準項目として表 4 に示したものが提案される。

5 現場への適用性

室内試験結果から、泥水比重 1.02 では凝集剤添加後 30 分後の泥分が全体積の約 30%、泥水比重 1.01 では約 20%まで凝集・沈降し、かつ水質汚濁防止法に基づく水質基準を満足することが確認された。そこで本節では、この凝集・沈降作用を実際の現場に適用した場合に減量できる泥水処分量を試算する。検討は以下の掘削地質の異なる 2 つの事例について行う。

(1) 第三紀中新世の火砕岩類を掘削して井戸を施工した事例：現場①（掘削口径 φ 400mm、掘削深度 250m）

図 7 に現場①の導水作業中の泥水比重の変化を示す。なお泥水比重は泥水の搬出に用いたバキューム車 1 台毎に測定した。現場①の泥水比重は導水作業開始から 2 日間は 1.07 で推移し、3 日目以降に

低下する傾向を示している。なお凝集剤により 30 分以内で凝集処理が可能な泥水比重 (1.02 以下) となるのは導水作業開始から 6 日目以降である。現場①における泥水の総排出量は 120.3m³ (重量: 124.3t) であり、このうち泥水比重が 1.02 以下の泥水は 67.8m³ (重量: 68.7t) であった。

図 8 に凝集処理を行った場合の泥水排出量の変化を示す。泥水比重 1.02 以下の泥水に対して凝集剤を添加・処理した場合、泥水比重 1.02 以下の泥水排出量は 16.6m³ (重量: 17.6t) に減少し、総排出量では 69.1 m³ (重量: 73.2t) まで削減が可能である。これは凝集処理を行わない場合の総排出量の約 59% である。なお除去できる総清水量は 51.2m³ (日量 8.4~14.3 m³) である。

(2) 第四紀の玉石混り砂礫を掘削して井戸を施工した事例: 現場② (掘削口径 φ400mm, 掘削深度 100m)

図 9 に現場②の導水作業中の泥水比重の変化を示す。現場②の泥水比重は導水作業開始直後の 1.27 から徐々に低下し、3 日目以降に 1.02 以下となった。現場②における泥水の総排出量は 57.8m³ (重量: 62.8t) であり、このうち泥水比重が 1.02 以下の泥水排出量は 27.8m³ (重量: 28.3t) であった。

図 10 に凝集処理を行った場合の泥水排出量の変化を示す。泥水比重 1.02 以下の泥水に対して凝集剤を添加・処理した場合、泥水比重 1.02 以下の泥水排出量は 6.9m³ (重量: 7.4t) に減少し、総排出量では 36.9 m³ (重量: 41.9t) まで削減が可能である。これは凝集処理を行わない場合の総排出量の約 67% である。なお除去できる総清水量は 20.9m³ (日量 20.9 m³) である。

6 今後の課題

室内試験の結果をもとに現場に適用した場合、泥水排出量は従来の約 60% に低減できる可能性がみえた。これらを実行するには、まだいくつかの課題がある。それらを列挙すると以下ようになる。

- ① 室内試験で求めた上澄液排除率は、容器形状、攪拌方法により異なる可能性があり、現場の施設での直接の確認が必要である。
- ② 水質汚濁防止法に則った水質管理体制として、SS を現場で測定する体制が必要である。
- ③ 泥水比重 1.10 以下に対して、30 分後、24 時間後と段階的に凝集処理する場合には、それらの施設をどのようにするか、水質管理体制とともに検討が必要である。
- ④ 上澄液排除率が悪い泥水比重 1.10 を越える泥水や凝集処理後の沈殿物に対しては、新たな脱水処理方法、固化剤による処理等を検討することが必要である。

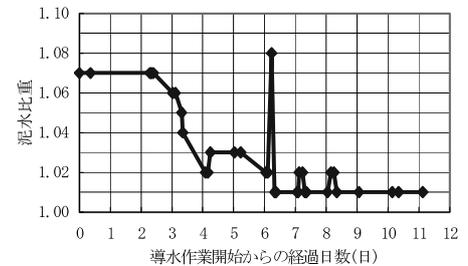


図 7 導水作業中の泥水比重の変化 (現場①)

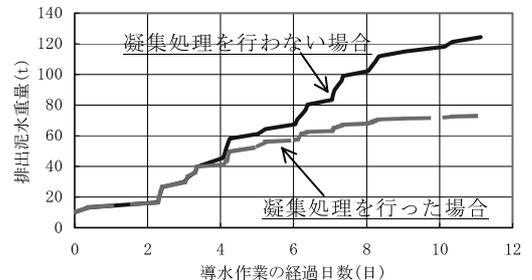


図 8 凝集剤を使用した場合の泥水排出量の変化 (現場①)

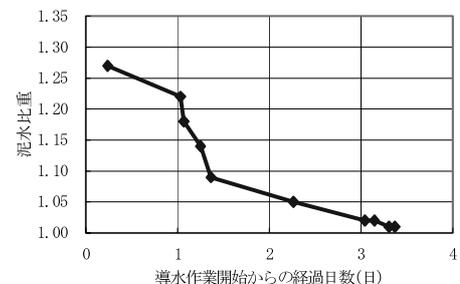


図 9 導水作業中の泥水比重の変化 (現場②)

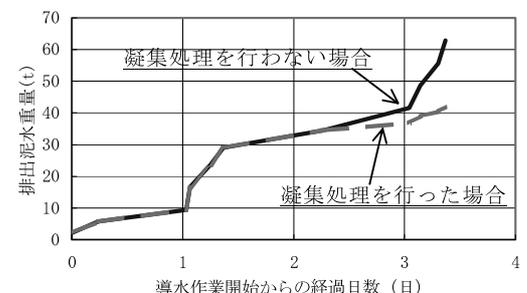


図 10 凝集剤を使用した場合の泥水排出量の変化 (現場②)

表面改質材によるコンクリート構造物の延命化

佐藤工業 本社技術研究所 主任研究員 ○宇野 洋志城
佐藤工業 土木事業本部 技術部 課長 伴 享
金沢工業大学 環境土木工学科 助教授 木村 定雄

1 はじめに

コンクリート構造物の延命化に対しては、既に劣化した部分を対象にひび割れ注入や断面修復あるいは表面被覆を施すのが一般的である。現在では保守点検における外観調査や劣化診断によって深刻な劣化が進行する前に情報を得ることも可能であるが、予防保全の概念は軽視されがちである。

そこで筆者らは、コンクリート構造物の劣化が顕著となる前に、予防保全の観点から表面改質材による耐久性能の維持・回復（向上）を試みることで、経済的な負担を軽減させたコンクリート構造物の延命化技術の確立を目指した。

本報告は、そのための性能評価試験を実施し、その効果を検証したものである。

2 延命化技術の概要

日本の社会基盤整備は昭和 30 年代後半からの高度経済成長期にピークを迎え、コンクリート構造物は現在まで約 100 億 m³ に達している。既に欧米諸国では建設市場の 5 割程度が維持補修であり、日本でも近い将来同じ状況に直面するものと考えられる。

そのため、近年コンクリート構造物の維持補修に関する技術開発が盛んに行われており、補修技術（材料・工法）は選択肢が多く、多様化の一途をたどっている。

本来、コンクリート構造物は要求性能（機能）ごとに有する耐久性能が異なり、供用期間中における環境条件の差異も伴って劣化が進行する度合は均一とは限らない。補修の方法やレベルも千差万別であり、かかる労力やコストは非効率的である場合が多い。

そこで、ある程度深刻な劣化状況を呈する前に補修を施すことは、設備・材料等の面で経済的な負担を軽くすることができる（ライフサイクルコスト面で有利）と考えられる。

一方、最近注目されている材料の一つに表面改質材（表面含浸材を含む）が挙げられる。その迅速で容易な施工方法により相当の効果が期待できるだけでなく、従来の表面被覆材と異なり下地のコンクリート面を隠さないことで劣化部分の目視確認が可能である（再劣化にも気付きやすい）。得られる効果に関する有益な情報は学会等でも取りまとめられており^{1),2)}、筆者らも定量的な評価を行うべく幾つかの室内試験を実施している^{3),4),5),6)}。

筆者らの目的は、今後増加する保安全管理に対する新しい概念および技術の確立であり、具体的には予防保全の観点から早期に表面改質材を適用してコンクリート構造物の延命化を図ることである。

3 表面改質材の特徴

今回選定した表面改質材は表面含浸材であり、コンクリート表面に塗布することでその成分を含浸

させ、コンクリート表層部もしくは内部に新しい機能を付与したり、コンクリート本来の機能を回復させる材料である⁷⁾。

比較した3種類の表面含浸材の主成分および設計塗布量を表-1に示す。各材料の特徴で際立つのは粒子の細かさであり、同じケイ酸塩系でも最も小さい材料

は平均径が7nm程度であるのに対し、他材料では5μmである。

4 性能評価試験

基本的な評価項目、評価方法は表面含浸材の試験方法(案)(JSCE-K571-2005)⁷⁾に準拠した。

塗布対象の試験体配合および使用材料の物性値を表-2、表-3に示す。前出の試験方法(案)では、W/C=50%としているが、既設コンクリート構造物の多くはW/C=50%以上である場合が考えられるので、W/C=55, 65%を加えた3水準のW/Cを設定した。なお、すべての試験体はモルタルとし、粗骨材の影響を排除した。含浸方法も、本来ならば5N/mm²程度の圧力で噴射する方法が推奨される材料も含まれていたが、施工方法の違いによる影響を排除するために刷毛による塗布で統一した。塗布手順は表-4に示すとおり、1回あたり100g/m²塗布(1日2回)を2日連続して行った。

主な評価項目のうち、含浸深さ、吸水率、中性化深さ、塩化物イオン浸透深さに加え、施工性について以下に記す。

5 試験結果および考察

5.1 含浸深さ

含浸深さの測定結果を図-1に示す。その結果、含浸深さに対してはW/Cの違いに比べて主成分の違いは殆ど影響を及ぼさないことがわかる。各材料ともW/Cが小さいほど含浸し難い傾向は同一であ

表-1 表面含浸材の主成分および設計塗布量

種類		主成分	設計塗布量
I	ケイ酸塩系	リチウムシリケート, ケイ酸ナトリウム	400 g/m ²
II	ケイ酸塩・シラン系	リチウムシリケート, メチルトリメトキシラン, ケイ酸ナトリウム	
III	超微粒子ケイ酸塩系	コロイド状ケイ酸ナトリウム	

表-2 示方配合

W/C (%)	単位量 (kg/m ³)		
	W	C	S
50.0	252	504	1512
55.0	276	502	1507
65.0	305	469	1406

表-3 使用材料および物性値

セメント	普通ポルトランドセメント	密度 3.16g/cm ³
細骨材	石川県手取川産川砂	表乾密度 2.57g/cm ³
		乾燥密度 2.51g/cm ³
		吸水率 2.50%
		粗粒率 2.85

表-4 塗布手順

1工程	塗布	温度・湿度・表面水分率測定後, 1分で100g/m ² 使用
	含浸	光沢が消えるまで静置
	塗布	1分で100g/m ² 使用
	含浸	光沢が消えるまで静置
	気中養生	24時間気中養生
2工程	塗布	温度・湿度・表面水分率測定後, 1分で100g/m ² 使用
	含浸	光沢が消えるまで静置
	塗布	1分で100g/m ² 使用
	含浸	光沢が消えるまで静置
	気中養生	24時間気中養生

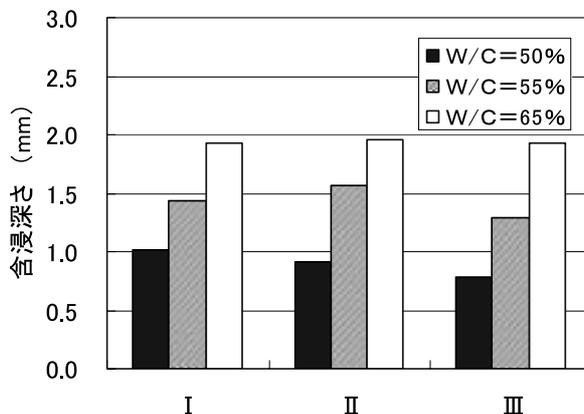


図-1 表面含浸材の含浸深さ

り、W/Cが等しければ各材料間で含浸深さに大きな差は認められない。

5. 2 吸水率

吸水量の測定結果および吸水比（＝塗布試験体の吸水量/無塗布試験体の吸水量）の比較を図-2に示す。

その結果、吸水に対する抵抗性（防水性）は材料の含浸深さに関係なく、主成分の違いによる影響が大きいことがわかる。W/Cが小さいほど吸水量は少なくなるが、材料別の吸水比はW/Cが変動してもほぼ一定の範囲におさまっていることから（I：0.67～0.69，II：0.62～0.83，III：0.31～0.50），主成分が同じならば同程度の防水効果を発揮し、とくに超微粒子ケイ酸塩系を主成分とする表面含浸材が優れている。

5. 3 中性化深さ

中性化深さの測定結果および中性化深さ比（＝塗布試験体の中性化深さ/無塗布試験体の中性化深さ）の比較を図-3に示す。

その結果、中性化に対する抵抗性は材料の含浸深さに関係なく、主成分の違いによる影響が大きいことがわかる。W/Cが小さいほど中性化深さは小さくなるが、材料別の中性化深さ比はW/Cが変動してもほぼ一定の範囲におさまっている（I：0.76～0.86，II：0.77～0.98，III：0.30～0.49）。とくに主成分を超微粒子ケイ酸塩系とする表面含浸材の中性化抵抗性が優れている。

5. 4 塩化物イオン浸透深さ

塩化物イオン浸透深さの測定結果および塩化物イオン浸透深さ比（＝塗布試験体の塩化物イオン浸透深さ/無塗布試験体の塩化物イオン浸透深さ）の比較を図-4に示す。

その結果、塩化物イオン浸透に対する抵抗性も中性化深さ同様に材料の含浸深さに関係なく、主成分の違いによる影響が大きいことがわかる。W/Cが小さいほど塩化物イオン浸透深さは小さくなるが、材料別の塩化物イオン浸透深さ比はW/Cが変動してもほぼ一定の範囲におさまっている（I：0.91～0.97，II：0.85～0.96，III：0.63～0.70）。とくに主成分を超微粒子ケイ酸塩系とする表面含浸材の

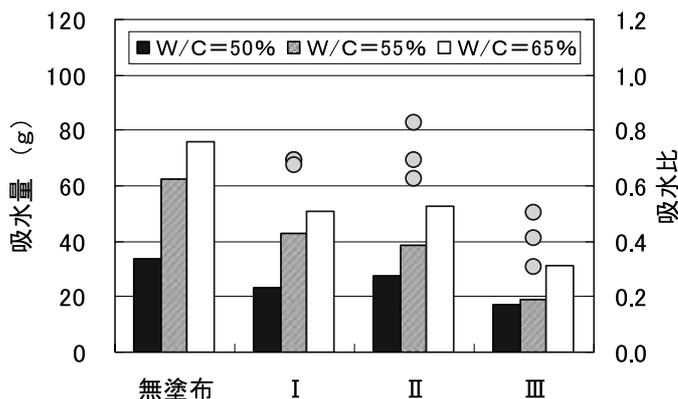


図-2 吸水量および吸水比の比較

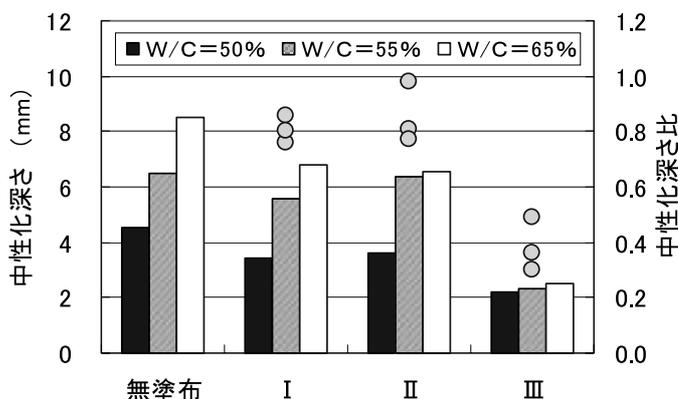


図-3 中性化深さおよび中性化深さ比の比較

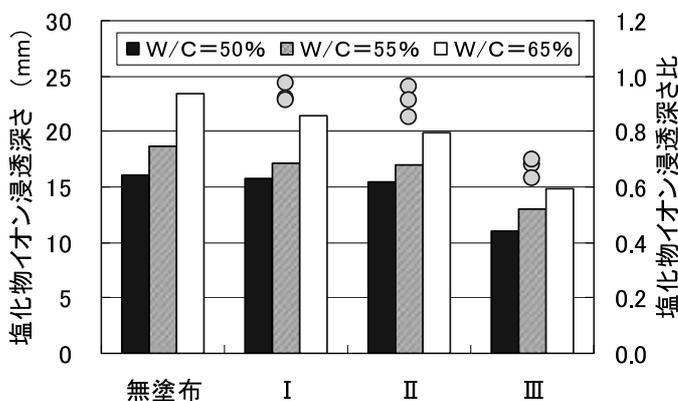


図-4 塩化物イオン浸透深さおよび塩化物イオン浸透深さ比の比較

塩化物イオン浸透抵抗性が優れている。

5.5 施工性

施工性の評価として設定した平均含浸・硬化時間（表面含浸材の塗布開始から目視により光沢が消えたと確認できるまでの平均時間）の測定結果を図-5に示す。ただし、塗布時における環境条件は気温 15～19℃、相対湿度は 44～54%RH であり、表面水分率も 5.0～6.7%と全てが均一ではない。

しかしながら、データのばらつきを差し引いて考えても、平均含浸・硬化時間は含浸深さに関係なく主成分の違いによる影響が大きいようである。W/Cが変動しても、材料別の平均含浸・硬化時間はほぼ一定の範囲におさまっている（I：3:57～5:43，II：6:51～8:07，III：3:08～3:53）。また、W/Cが大きいと細孔組織が粗いため、平均含浸・硬化時間が短くなるようである。中でも超微粒子ケイ酸塩系を主成分とする表面含浸材であればW/Cに関係なく最も含浸・硬化時間を短くできる。

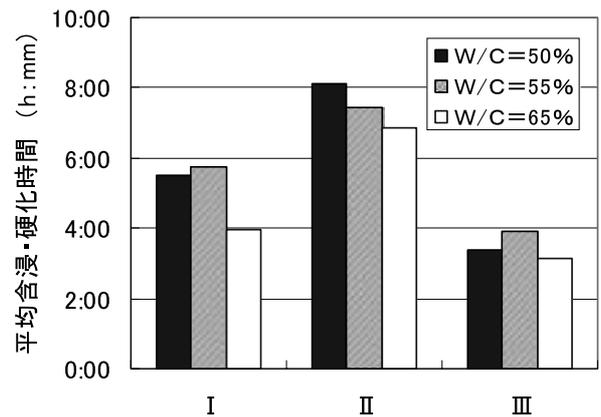


図-5 平均含浸・硬化時間

6 おわりに

性能評価試験の結果、刷毛塗りで表面改質を施した試験体は使用した表面含浸材に含まれる主成分の違いにより性能に大きな差がみられることがわかった。

一方、予防保全の観点から延命化に対する効果を検証するには、本来ならば新設のモルタル試験体を対象とするのではなく、ある程度劣化している試験体を対象として用意し、表面改質を施した後の劣化の進行を遅延させたり、機能を回復させる効果の有無で評価することが望ましいと考えられる。

そのため、現在も性能確認試験を継続する一方でマネジメント効果についても検証中である。

参考文献

- 1) 土木学会：コンクリートの表面被覆および表面改質に関する技術の現状，コンクリート技術シリーズ No. 58，2004. 2
- 2) 土木学会：コンクリートの表面被覆および表面改質技術研究小委員会報告，コンクリート技術シリーズ No. 68，2006. 4
- 3) 宇野洋志城，市野大輔，歌川紀之：含浸性表面改質材の効果に関する研究，コンクリート工学年次論文集，Vol. 27，pp. 1903-1908，2005. 6
- 4) 宇野洋志城，市野大輔：表面改質材による遮塩性の改善効果に関する考察，土木学会第 60 回年次学術講演会，V-216，pp. 431-432，2005. 9
- 5) 玉井功太，宇野洋志城，木村定雄：けい酸質系およびシラン系表面含浸材の基本性能の確認実験，平成 17 年度土木学会中部支部研究発表会，V-47，pp. 537-538，2006. 3
- 6) 乾川尚隆，宇野洋志城，木村定雄：けい酸質系およびシラン系表面含浸材の塗布環境と施工性に関する検討，平成 17 年度土木学会中部支部研究発表会，VI-3，pp. 553-554，2006. 3
- 7) 土木学会：表面保護工法設計施工指針（案），コンクリートライブラリー119，2005. 4

CSM(カッターソイルミキシング)工法 ーソイルセメント地中連続壁の新技术ー

株式会社間組 土木事業本部 技術第一部部長 佐久間 誠也
土木事業本部 技術第一部主任 ○増田 浩二

1 はじめに

現在、地中連続壁は、SMW 工法や TRD 工法など施工性や経済性に優れた原位置土攪拌混合ソイルセメント地中連続壁が主流となっている。しかしながら、これら従来の工法では、硬質地盤への適用に対し、先行削孔等の補助工法が必要となる場合も多く、工期、工費の増加につながる状況がみられている。

近年開発された CSM (カッターソイルミキシング) 工法は、硬質地盤においても補助工法を用いることなく、ソイルセメント地中連続壁の造成を可能にした工法である。

本稿では、これら CSM 工法の概要および施工事例について報告する。

2 CSM 工法の概要

2. 1 概要

CSM 工法とは、水平多軸回転カッター方式の地中連続壁掘削機と同様のカッター (Cutter) を用いて土 (Soil) とセメント系懸濁液を原位置で攪拌 (Mixing) し、等壁厚のソイルセメント壁体 (土留め壁・遮水壁等) を造成する工法である (図-1 参照)。その特長には以下のような点がある。

◆工期短縮・コスト低減

水平多軸回転カッターを用いた掘削・攪拌方式の採用により、岩盤・硬質地盤においても、先行削孔等の補助工法が不要もしくは軽減できるため、工期短縮、コスト低減が可能。

◆高い鉛直精度

カッターユニット部に傾斜計を内蔵し、運転席で掘削精度をリアルタイムで監視しながら (写真-1 参照) 修正掘削ができる。

◆優れた遮水性能

優れた攪拌性能とカッティングジョイントにより、高い遮水性を確保できる。

◆等厚な壁の造成

等壁厚のソイルセメント壁が造成されるため、芯材の間隔を任意に設置できるので、設計の自由度が高い。

◆高い安定性

カッターの駆動部がクレーバーの先端に配置されており、重心が低く安定性が高い。

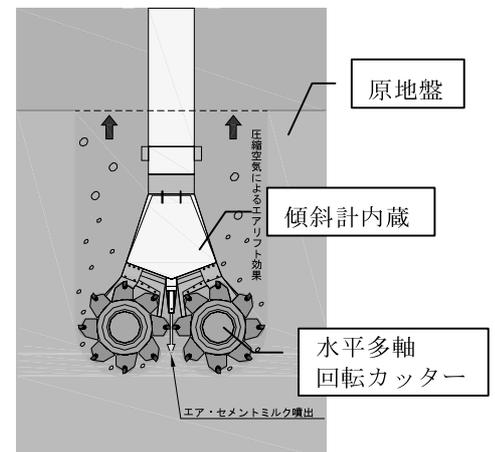


図-1 施工方法の説明



写真-1 リアルタイムモニター

2. 2 施工機械

CSM工法の施工機械には、水平多軸回転カッターを支持する方式により、ケリーバー方式と吊り下げ方式がある（表-1 参照）。

表-1 施工機械の比較

項目	ケリーバー方式		吊り下げ方式
概要・特徴	 <p>高剛性の棒状部材（ケリーバー）により水平多軸回転カッターを支持する。施工深度の増加に伴い、ケリーバーも長くなるため、機械高が高くなる。</p>		 <p>低空頭ベースマシンにホースドラムを装備し、カッターユニットを吊り下げ方式とすることにより、低空頭機械（15m程度）で大深度（最大65mまで）施工を可能とした。</p>
カッタートルク (kNm)	0~30	0~45	0~80
掘削深度 (m)	~35	~35	~65
掘削壁厚 (mm)	500~700	500~900	640~1,200
掘削幅 (mm)	2,200	2,400	2,800
カッター重量 (t)	3.7	5.1	7.4

吊り下げ方式では、掘削精度を確保するため、壁直角方向については、ヒンジ機構を有したガイドフラップ、壁平行方向については、ガイドローラを補助的に用い、左右のカッター回転数、回転方向を任意に変えることにより、方向制御、修正掘削が可能である（図-2 参照）。

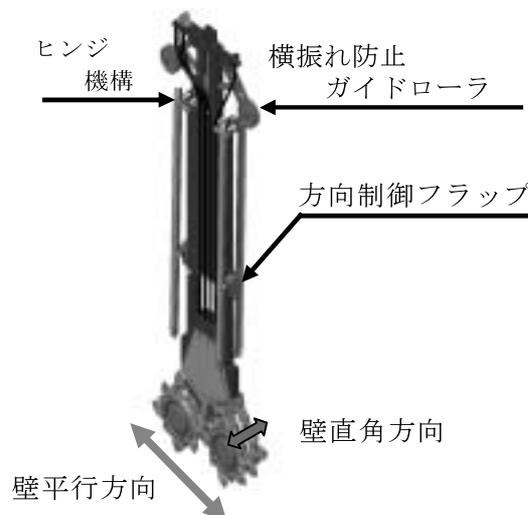


図-2 掘削制御機構

3. 施工事例

3. 1 ケリーバー方式の事例

工事名 : 大野広域連合旧東部埋立処分場適正閉鎖工事

工事場所 : 大分県豊後大野市

工期 : 平成 17 年 3 月～平成 18 年 3 月

工事概要 : 鉛直遮水壁 (壁厚 : 0.55m、深度 6.5～11.0m)

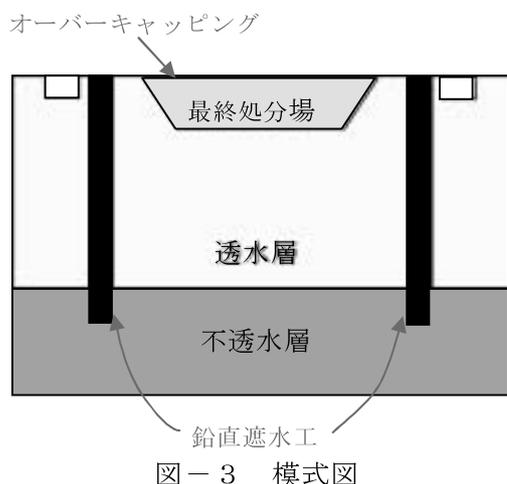


図-3 模式図



写真-2 施工状況

本工事は、適正閉鎖処分場工事において、鉛直遮水壁を施工する工事（図-3、写真-2参照）である。当初、遮水壁は硬質な岩盤層を含んでいるため、先行削孔を併用した従来工法で計画されていた。このうち、根入れ部分のみに不透水層となる岩盤層（砂岩頁岩互層：一軸圧縮強度 $40\text{N}/\text{mm}^2$ 程度）が存在する箇所において、先行削孔が不要な CSM 工法が採用された。その結果、CSM 工法は工期短縮、コスト低減に大きく寄与するとともに、品質においても、コアボーリング（写真-3参照）を実施し、透水係数と一軸圧縮強度などが所定の要求品質を満足することができた。



写真-3 コアボーリング

3. 2 吊り下げ方式の事例

吊り下げ方式については、機械の導入直後に行われた試験施工の事例を紹介する。

3. 2. 1 試験施工の目的・概要

吊り下げ方式の CSM 工法の施工能力および造成された壁体の品質を確認し、新しいソイルセメント地中連続壁工法の確立を目的として試験施工を実施した（写真-4参照）。



写真-4 施工状況

- ・ 施工時期：平成17年4月～平成17年6月
- ・ 工事内容：壁厚0.64m 深度40m
施工延長 8.0m（図－4 参照）

- ・ 土質条件：図－5 参照
- ・ 主要確認項目

掘削精度：1/250 以上

要求品質：透水係数 $1 \times 10^{-6} \text{cm/s}$ 以下

：一軸圧縮強度 0.6N/mm^2 以上

3. 2. 2 試験施工結果

(1) 鉛直施工精度

先行エレメント②における傾斜計の変位計測結果は、40mの施工深度において x（壁平行）方向では最大69mmであり、y（壁直角）方向では最大18mmとなった。原位置土攪拌混合ソイルセメント壁の一般的施工精度の1/150～1/200程度に対して、それぞれ1/580及び1/2200と高い施工精度が確認できた。これらの計測結果は機械の運転席に取り付けられたリアルタイムモニターにより確認した。

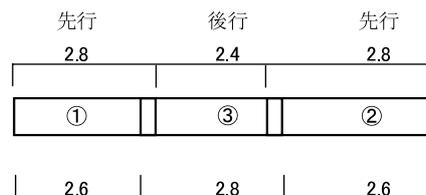
(2) 透水係数と一軸圧縮強度

透水係数と一軸圧縮強度については、従来からあるソイルセメント壁工法と同様の配合を設定しておりケーリーバー方式の実工事の実績からも問題はないものと考えられたが後行エレメント③において、コアボーリングを行い造成されたソイルセメント壁の要求品質の確認をおこなった。

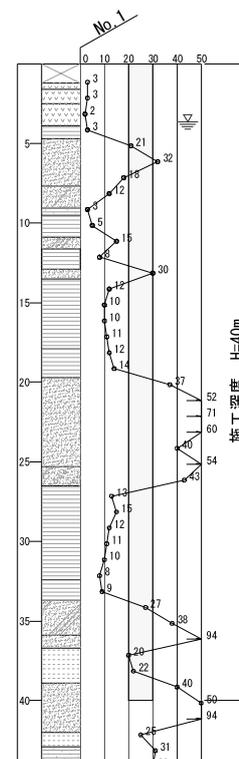
その結果、一軸圧縮強度については、深度方向で多少のばらつきが見られたが、要求品質（ 0.6N/mm^2 ）を満足する結果が得られた。また、透水係数については深度10mで採取した供試体において室内透水試験を実施した結果 $2.41 \times 10^{-8} \text{cm/s}$ の結果が得られ、要求品質である $1.0 \times 10^{-6} \text{cm/s}$ 以下を満足することを確認した。

4. おわりに

ソイルセメント壁に関する技術は、精度の確認方法や排泥量の削減技術などの面で新しい関連技術が開発され日々進歩してきている。CSM工法は、国内において平成18年5月末までに試験施工（5件）、建築土木工事の土留め壁、廃棄物処分場の遮水壁等、10件の施工実績を有している。また、本技術は新技術情報提供システム（NETIS）に登録（登録番号：KT-050014）されており、今後もソイルセメント地中連続壁の新技術として、更なる普及・発展を目指している。



図－4 エレメント平面図



図－5 土質柱状図

第三会場 報告技術

長岡工業高等専門学校 の震災復旧工事

大成建設株式会社 北信越支店 長岡高専環境整備作業所 野口 英幸

1 はじめに

1.1 工事概要

本工事は、2004年10月の新潟県中越大地震（マグニチュード 6.8、震源地北緯 37 度 17 分、東経 138 度 52 分、震源深さ 13km、震央距離 16.4km）により学校全体が被災した、長岡工業高等専門学校の震災復旧工事であり、建築土木、計 8 工区で、震災前の状態を回復すべく施工された。

建築工事は、被災規模により取壊し工事（2 工区）、新築工事（2 工区）、耐震補強・改修工事（3 工区）に分かれて施工された。

土木工事は、崩壊した盛土法面を含む全体の地滑り防止対策としての抑止杭工事、軽量盛土工事、法面工事であった。

本報告はこれらの内の土木工事に関するものである。

1.2 工事内容

工事名称：長岡工業高専環境整備（地滑り対策等）工事

工事場所：新潟県長岡市西片貝町 888 番地

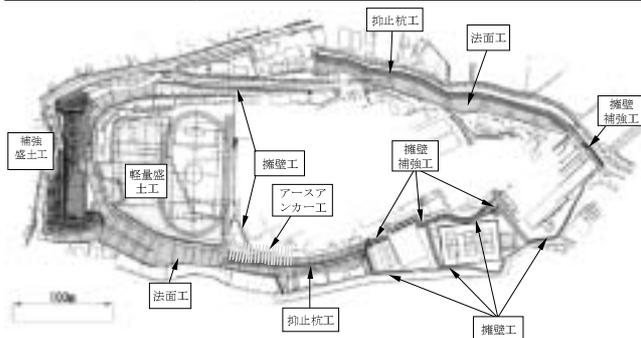
工期：2005.7.5～2006.10.31

発注者名：独立行政法人国立高等専門学校機構

施工者名：大成・植木・本間特定建設工事共同企業体

表－1 工事数量一覧表

名称	摘要	単位	数量	備考
抑止杭工	鋼管杭 φ 500, t=22 mm, L=12, 13, 15m	本	208.0	機械式継手
抑止杭工	鋼管杭 φ 500, t=12.5 mm, L=14m	本	36.0	機械式継手
アースアンカー工	Φ 115 mm, L=26.0m（定着長 9.0m）	本	35.0	
法面工	鋼管杭 φ 500, t=12.5 mm, L=14m	m ²	12,455.0	t=20cm
軽量盛土工	Φ 115 mm, L=26.0m（定着長 9.0m）	m ³	12,254.0	EPS 工法



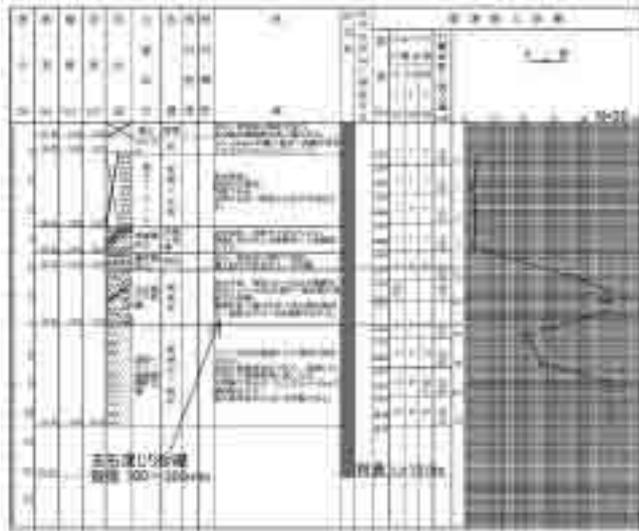
図－1 土木工事平面図



図－2 土木工事着手前状況

当該地は、地下水位が低く、地層に人頭大の玉石が存在しているため、削孔時間の短縮を目的として、全回転オールケーシング工法を採用した。また、鋼管杭（2本継）の継手を溶接継手とせず、ネジ式の機械式継手とすることにより、継手施工時間の短縮も実現できた。

その結果、降雪前に杭打を完了することが出来た。



図－7 ボーリング柱状図



図－8 抑止杭掘削状況

2. 3 軽量盛土工

グラウンド部分の地滑り対策としては、荷重軽減の目的でEPS工法が計画された。本工事では、使用材料に大型の発泡スチロールブロック（1個＝1m×2m×0.5m：0.2kN/m³）を使用した。

およそ8,000 m²という広範囲に12,254 m³のEPSを既存の土と置き換える今回の工事では、工期短縮と製品誤差から生じる施工精度の誤差を少なくすることが課題であった。



図－9 EPS設置計画図



図－10 EPS施工状況

個々の製品誤差（長さ±11 mm、幅±7 mm、厚み±5 mm）が存在することから、今回は、設置場所中央付近に直交する2本の基準線を設け、事前にEPS配置図を作成し、中央側より外側へ布設した。

配置長さ100mに対して設置誤差は+50 cm（片側25 cm）となり、精度の良い施工が実現できた。

また、事前に綿密な搬入計画を立案することで、遅滞なく現地へEPS材料を取り込むことがで

き、予定の工程通りに施工を完了することができた。

2. 4 法面工（長繊維混入補強土一体緑化工法）

既設盛土法面は、プレキャスト枠及び植生工で保護されている。

震災後の盛土地盤部は、盛土全体の滑落や移動は認められたが、法面表層については、既設法面工が機能しており短期的には安定が確保されると考えられた。

しかし、長期的には地震により劣化した法面表面から盛土内に降雨水や融雪水が浸透し、劣化を助長して表層崩壊を招く危険が考えられ、同規模の地震が再来した場合には法面崩壊を発生する危険が大きいため既設盛土を補強することになった。

長繊維混入補強土一体緑化工法は、2層による補強工法である。下層は、砂、セメントの混合物にポリプロピレン製の長繊維をエアの圧力により混入した土構造物とし、上層は、その土構造物の表面を厚層基材吹付工で緑化した。



図-1-1 下層施工状況



図-1-2 上層施工状況（厚層基材発芽状況）

3 おわりに

本工事は、学生が就学する敷地内での工事であり、通学時間帯、休み時間には多くの学生が工事現場に非常に近接した場所を通るため、第三者災害の防止に努めた。具体的には作業員教育の徹底、重機の旋回方向の限定化、工事車両の通行ルールの厳守等の対策を実施した。

また、当校には、土木工学を学ぶ環境都市工学科が設置されている。学生にとっては、本工事のように短期間に三種類（抑止杭工事、軽量盛土工事、法面工事）の大規模な地滑り対策を施工する現場は、生きた教材であったと思われる。一部の学生は、卒業論文のテーマとして抑止杭工や軽量盛土工を選択していた。

最後に学生、長岡高専職員並びに関係者、近隣住民の方々に、工事の期間中様々なお迷惑をおかけしながら、工事の進捗に理解を賜ったことと、国立高等専門学校機構様の多大なるご指導を頂いたことに深く感謝して本稿を終了します。

プレキャストブレースを用いた建築構造物の耐震補強

- 利エンタル建設株式会社 建築支店 工事部課長 森山毅子彦
利エンタル建設株式会社 建築支店 工事部主任 栗山 昌之
利エンタル建設株式会社 北陸支店 課長 武田 祐二

1 はじめに

昭和 56 年の新耐震設計基準の公布以前に建築された建築物は、現行基準に対して耐震性が十分でない場合が多い。その中で特に学校・病院建物は、その公共性から耐震補強が実施されている。耐震補強工事は、既に使用されている建物に対しての工事であり、施工条件として居ながら施工の要求が高く、また、学校建物などでは、生徒の安全性の面や、工事による騒音が授業に影響することもあり、夏休みなどの長期休暇中での短期間施工が要求されている。

本報では、外部からの取付けによる居ながら施工、補強部材をプレキャスト製品とし工期短縮が可能であるプレストレストコンクリートの技術を応用して開発したプレキャストコンクリートブレース工法（以下、PCa ブレース工法）の概要説明、および新潟県内での適用物件の概要について説明する。

2 PCa ブレース工法の概要

本補強工法の概略を図-1 に、ブレースを取り付けた建物の外観を写真-1 に示す。PCa ブレース工法は既存のコンクリート系建築物を対象にしており、2本1組のΛ型あるいはV型のブレース斜材を層間上下の既存梁にPC鋼棒により圧着接合する工法である。このブレースに既存建物の水平力を伝達させることで地震力の一部を負担させ、耐震性能を向上させる。ブレースの上端接合部は摩擦接合、下端接合部は固定接合としており、上端の摩擦接合部で入力水平力を制御することで、ブレースの脆性破壊による建物の急激な耐力低下を防止する構造である。ブレース軸方向には、プレストレスを与え、ブレース斜材の引張耐力を向上させる。補助柱は、既存梁のせん断耐力がブレースによって生じるせん断力より小さい場合、既存梁に入力されるブレースの鉛直力を補助的に支持する部材である。

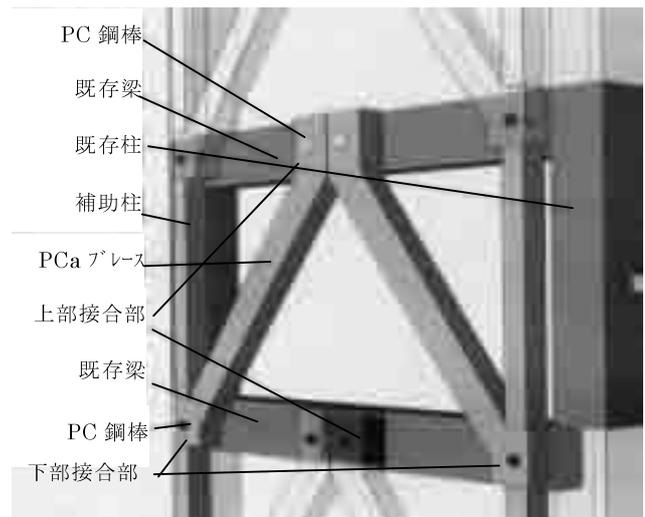


図-1 PCa ブレースの概要



写真-1 ブレース取付け外観（例）

ブレースと既存梁の接合部形状を図-2に示す。A型の場合、ブレース下部は下層梁両端に剛接となるように圧着力を決定する。ブレース上部と上層梁の接合部は、摩擦材を介してP C鋼棒を圧着することで摩擦制御機構を形成する。この接合により、摩擦材の摩擦係数と圧着力によって決定する水平力を超えると既存フレームとブレースの間に滑り変位が生じ、耐力を保持しながら摩擦減衰により地震エネルギーを吸収する。

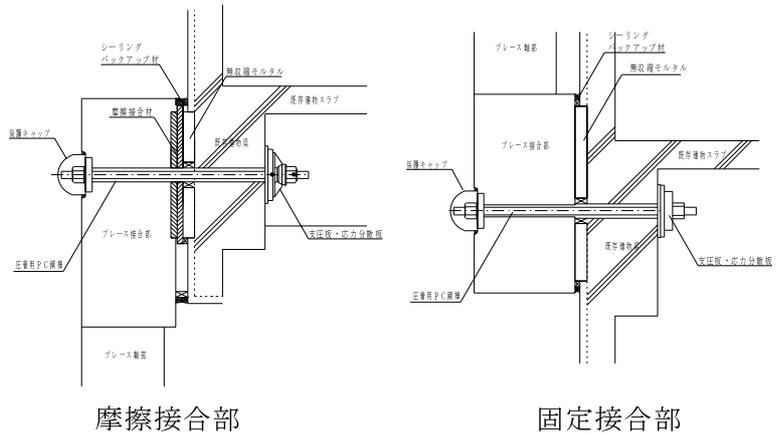


図-2 ブレースー既存梁の接合部形状

3 PC a ブレースの特徴

3.1 居ながら施工

ブレースを取付ける外壁側では、P C鋼棒支圧板取付けを行うために天井の一部撤去が必要であるが、一般的なコンクリート耐震壁や枠つき鉄骨ブレースの増設による補強工事に比べ、ブレース取付け工事を外部から行うことから、内部の使用状況をほとんど変えることなく、居ながら施工が可能である。

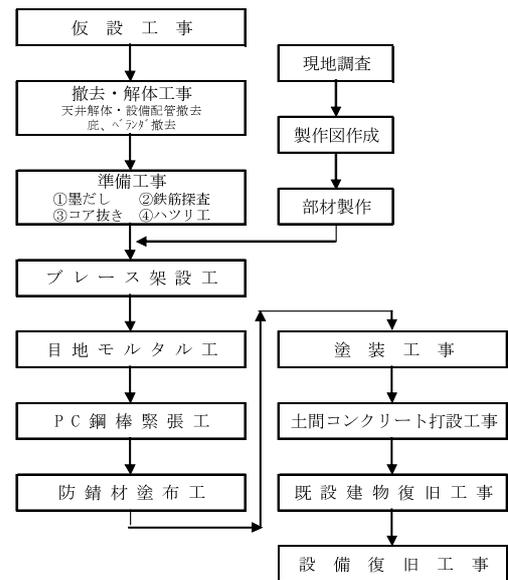


図-3 施工フロー

3.2 短期間施工

建物の調査や工場での製作など前段取り期間は必要であるが、工場製品であるブレースを取り付ける為、建物の使用状況に影響する工事期間を短縮することができる。

4 PC a ブレースの施工

4.1 施工フロー

プレキャストブレースの施工フローを図-3に示す。

(1) 現地調査

まず、部材製作図の作成前に対象建物の現地調査を行う。ブレース取付け位置の寸法を計測し、確実に取付けが可能であるか確認する。また、架設位置に空調設備などの障害物がある場合は撤去する必要がある、これらの確認もあわせて行う。



写真-2 鉄筋探査状況



写真-3 架設状況

(2) 準備工

取り付け位置の墨だしを行った後、接合部PC鋼棒用の既存梁削孔位置に主筋や設備配管の有無の確認を行うために鉄筋探査を行う。鉄筋探査状況を写真-2に示す。また、一般的に既存建物の梁には仕上げモルタルが施工されているため、ブレースの接合部の仕上げモルタルを除去する。

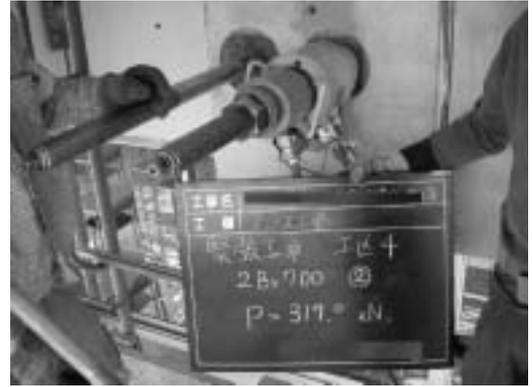


写真-4 緊張作業状況

(3) 架設工事

架設状況を写真-3に示す。プレキャストコンクリート部材であるブレースの取付けを行う。一般的にはクレーン架設であるが、クレーンの設置スペースがない場合などは、走行クレーン、チェーンブロックなどにより架設を行う。架設完了後、ブレースと既存梁の目地部に無収縮モルタルを充填する。

(4) 圧着接合

目地部モルタルが所定の強度に達したのを確認し、PC鋼棒によりブレースと既存梁を圧着接合する。緊張作業状況を写真-4に示す。このPC鋼棒は長さ1m未満の短尺であり、定着部のなじみ等によるロスを考慮して施工する。

(5) 防錆処理

圧着接合完了後、防錆材塗布、保護キャップの取付けなど、定着部の防錆処理を行う。

5 適用物件

新潟県内で施工されたPC a ブレースによる耐震補強工事を以下に紹介する。

5.1 工事概要

工事概要を以下に示す。

工事件名：新潟県警察学校本館

建築耐震改修工事

工事場所：新潟市小新西

2-2788-1

建物用途：学校校舎

発注者：国土交通省北陸地方
整備局 営繕課

設計：エスデー建築研究所

監理：国土交通省北陸地方
整備局 営繕課

施工：新発田建設(株)

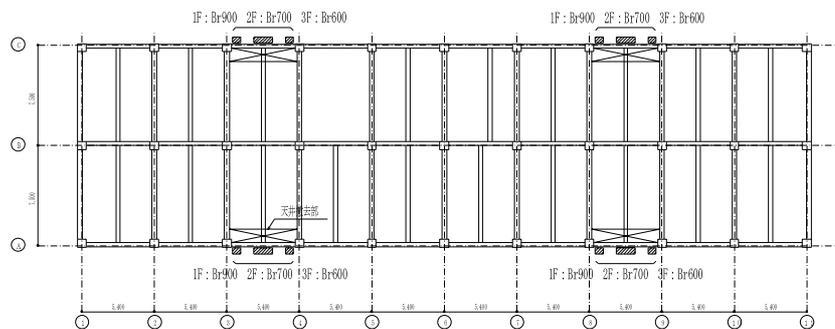


図-4 プレキャストブレース平面配置図

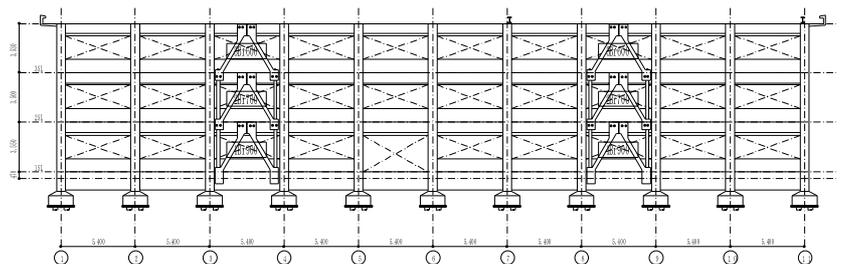


図-5 プレキャストブレース立面配置図(南面)

表－1 ブレース設定耐力と断面形状

ブレース位置・名称		構面数 (面)	負担水平力 (kN)	断面形状 (mm)	補助柱 (mm)
3F	Br600	4	600	230×350	—
2F	Br700	4	700	230×350	220×220
1F	Br900	4	900	270×350	220×220

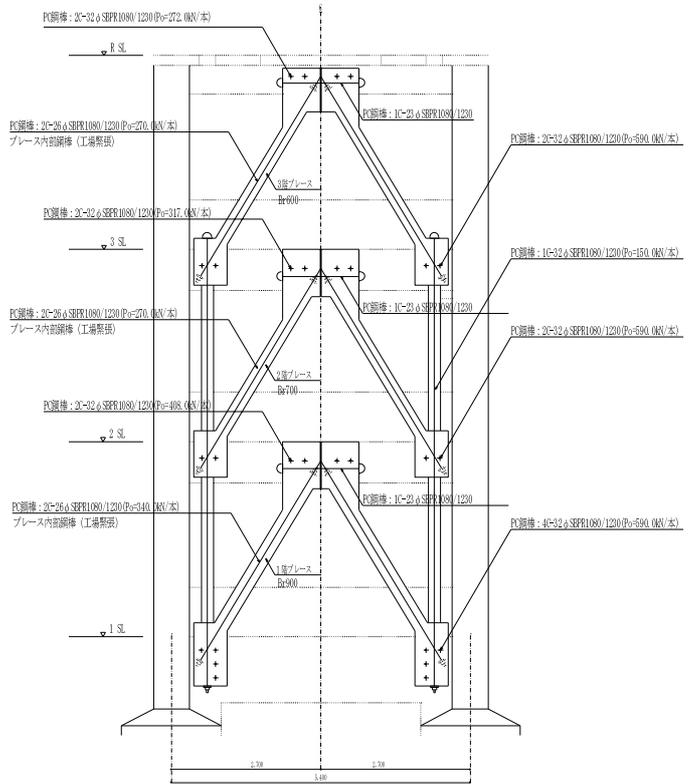
5.2 プレキャストブレースの配置

プレキャストブレースの平面配置図を図－4に、立面配置図を図－5に、プレキャストブレースの設定耐力と断面形状を表－1に示す。ブレースによる補強耐力は、1構面あたり最大で900kNであり、全体の補強耐力は、1F：3,600kN、2F：2,800kN、3F：2,400kNである。この補強耐力は耐震診断により得られた既存建物の耐力の不足分により決定される。

ブレースの取付位置・取付数は、必要補強耐力やブレース取付による建物の補強バランス、既存部材の耐力のほか、意匠（玄関などの開口部や階段位置は取付不可）や設備の制約を考慮して決定する。

5.3 使用PC鋼棒

使用PC鋼棒の配置と緊張力を図－6に示す。PC鋼棒はC種1号（SBPR1080/1230）、圧着接合用にφ32、ブレース軸方向にφ26、ブレース頂部接合用にφ23を使用した。緊張力はブレース耐力により決定しており、上部接合部は設定耐力を保持する緊張力、下部接合部は剛接合となる緊張力、軸方向は設定耐力時にブレース軸材にひび割れが生じない緊張力とした。ブレース軸方向にはブレースの軸方向引張耐力の向上のため、PC鋼棒によりプレストレスを導入している。



図－6 PC鋼棒配置および緊張力

6 おわりに

本報では、PCaブレース工法の概要と施工方法の説明、および新潟県内で採用された物件について報告した。これまで、学校・病院建物だけでなく、多くの用途の建物に採用されておりご協力を頂きました関係者の方々に心より感謝いたします。

<参考文献>

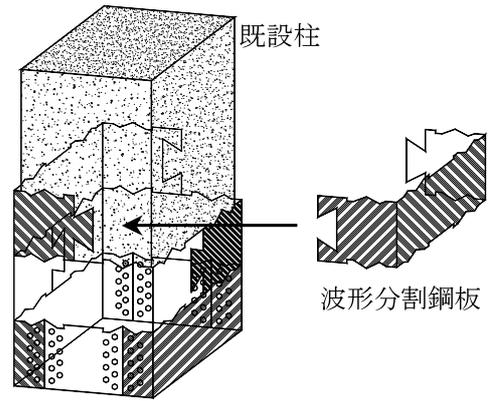
- 1) (財)日本建築防災協会：2001年改訂版既存鉄筋コンクリート造建築物の耐震診断基準改修設計指針・同解説
- 2) 森山毅子彦ほか プレキャストプレストレストコンクリート造ブレースによる耐震補強に関する実験報告 プレストレストコンクリート vol.40, No.4, 1998
- 3) 小山内裕ほか プレキャストPC耐震補強工事－京都大学総合人間学部、四国地方整備局高知工事事務所－コンクリート工学 vol.40, No.7, 2002, 7

耐震ラップ工法（波形分割鋼板巻立て工法）の開発

熊谷組 土木事業本部 土木設計部 ○大越 靖広
土木事業本部 土木設計部 副部長 小林 宏光

1 はじめに

兵庫県南部地震以降、ラーメン高架橋の RC 柱等を対象として鋼板巻立て工法を中心とした耐震補強工事が施工されてきたが、高架下を店舗や事務所として利用している箇所や狭隘な箇所などでは従来の鋼板巻立て工法の施工が困難であり、これにかわる補強工法が求められている。筆者らは、波形に切断加工した分割鋼板を積み上げ、既設柱と鋼板の隙間にモルタルを充填する耐震ラップ工法（波形分割鋼板巻立て工法）を開発した（図－1 参照）。本工法は分割した鋼板を用いることにより人力施工を可能とし、波形およびくさび形鉛直継ぎ目のかみ合わせにより現場溶接を不要とした工法である。本報文は、正負交番載荷試験による耐震ラップ工法の性能確認試験の結果、および供用中の高架橋柱を対象に行った試験施工の状況について報告するものである。



図－1 耐震ラップ工法の概念図

2 耐震ラップ工法の構造

波形分割鋼板は、コの字型に2分割し、くさび形鉛直継ぎ目を有する標準部とボルト接合により閉合する端部（基部および頂部）に大別される。標準部の分割鋼板は上・下端が波形に切断加工されており、かみ合わせ効果により上側および下側の分割鋼板と一体化を図る（写真－1）。端部の分割鋼板は標準部とのかみ合わせ効果が十分に発揮できるように、鋼板の全強を伝達できるボルトで接合を行う。



写真－1 波形分割鋼板組立て状況

3 性能確認試験

3.1 試験体概要

試験体の諸元を表－1に示す。

図－2に試験体 A-1 の断面図を示す。試験体 A-1 は実物大のモデルであり、その他の試験体は 2/3 モ

表－1 試験体諸元

試験体名称	A-1	A-2	A-3	A-4	B-1	B-2
断面 (mm)	900×900	600×600	600×600	600×600	600×600	600×600
高さ (mm)	3150	2100	2100	1500	1680	1375
せん断スパン比	3.75	3.75	3.75	2.68	3.00	2.46
モルタル厚 (mm)	50	20	20	20	20	20
波形分割鋼板	板厚 (mm)	9	6	4.5	6	6
	基部分割高さ	D/2	D/3	D/3	D/3	D/2
	鉛直目地	突合せ	突合せ	突合せ	突合せ	くさび形

注. D: 試験体柱の幅

デルである。いずれの柱の破壊形態も無補強の場合にはせん断破壊型である。実験パラメータは、せん断スパン比、鋼板の板厚、基部分割鋼板の高さ、および鉛直目地の構造とした。鉛直目地については、突合せ構造（A シリーズ）とくさび形継ぎ目構造（B シリーズ）の2種類とした（図－3 参照）。

3. 2 荷重方法

荷重試験は、 $3.7\text{N}/\text{mm}^2$ の一定軸圧縮応力を試験体に荷重しながら、最外縁の軸方向鉄筋が降伏した時点の変位を降伏変位 δ_y と定め、変位制御で

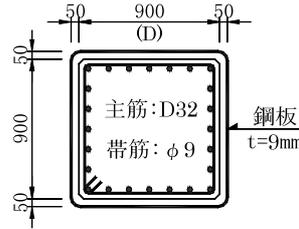


図-2 試験体断面(A-1)

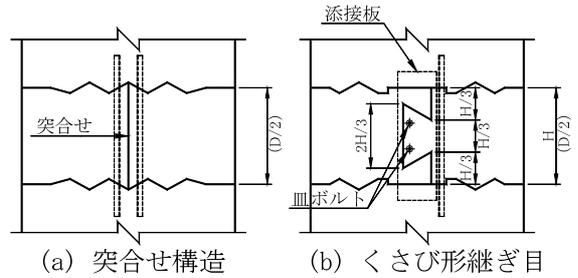


図-3 鉛直目地の構造

$\pm 1\delta_y \cdot \pm 2\delta_y \cdot \pm 4\delta_y \cdot \pm 6\delta_y \cdot \pm 8\delta_y \cdots$ の正負交番荷重を各3サイクルずつ繰り返した。

3. 3 試験結果

(1) 耐震ラップ工法による補強効果

荷重試験の主要結果を表-2に、主な試験体の水平荷重と水平変位関係の履歴曲線を図-4に示す。全ての試験体において最大水平荷重 P_m が補強前の設計せん断耐力 V_{yd} を大きく上回り、破壊形態がせん断破壊型から曲げ破壊型

表-2 主要結果一覧

に移行しており、所要のせん断補強効果が得られていることを確認した。また、変形性能についてもN点の変位が計算値の1.4~1.9倍となっており、一定のじん性補強効果が得られていることを確認した。

試験体	Y点		M点		N点	じん性率 μ	補強前の試験体の計算値	
	P_y (kN)	δ_y (mm)	P_m (kN)	δ_m (mm)	δ_n (mm)		設計せん断耐力 V_{yd} (kN)	N点変位 δ_{ncal} (mm)
A-1	1057.4	14.3	1437.8	112.4	196.4	13.8	566.6	105.9
A-2	459.0	11.7	587.9	70.6	114.0	9.8	273.3	72.6
A-3	455.4	11.9	575.6	71.7	99.0	8.4	268.8	72.4
A-4	666.6	11.0	779.0	40.8	70.2	6.4	325.3	47.6
B-1	613.6	9.0	749.4	35.9	79.8	9.0	257.6	53.8
B-2	793.2	7.7	929.8	30.9	63.7	8.4	306.2	42.0

注. 試験値は全て正負平均値を示す。

補強前試験体のN点の変位 δ_{ncal} は、破壊形態が曲げ破壊型に移行した場合の値を示す。

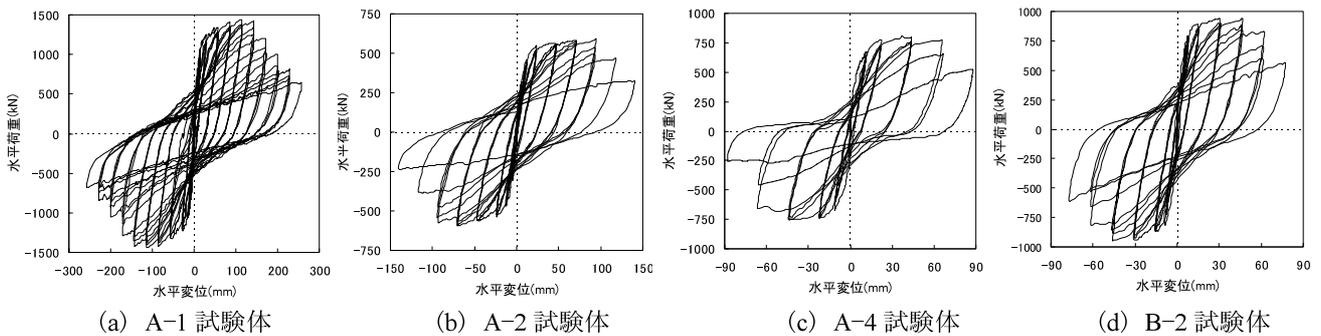


図-4 荷重-変位関係の履歴曲線

(2) 実験パラメータによる影響

図-5に示すように、基部分割鋼板の高さおよび鉛直目地部の構造の違いによる補強効果に対する影響を確認した。いずれも、じん性補強効果に有意な差が確認されたことから、耐震ラップ工法の標準仕様として、①ボルト接合を行う基部分割鋼板の高さは

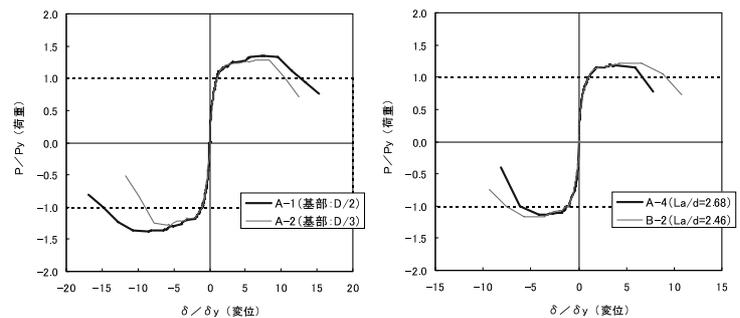


図-5 荷重-変位関係の包絡線の比較

既設部材の柱幅の 1/2 以上とし、②鉛直目地をくさび形継ぎ目構造とした。

4 耐震ラップ工法の設計上の扱い

耐震ラップ工法の設計は、前述の性能確認試験結果を基に発行された「既存鉄道高架橋柱等の耐震補強設計・施工指針—波形分割鋼板巻立て補強編—」¹⁾により行うものとする。設計上において従来の鋼板巻立て工法と異なる点は以下のとおりである。

(1) じん性補強効果

鉛直目地部をくさび形継ぎ目とすることにより従来の鋼板巻立て工法と同等の補強効果が期待できる。ただし、設計補強じん性率の算定式は定義しておらず、Y点およびN点の変位により補強後の変形性能を評価する。

(2) せん断補強効果

従来の鋼板巻立て工法を対象とした「既存鉄道高架橋柱等の耐震補強設計・施工指針—鋼板巻立て補強編—」²⁾に規定される設計補強せん断耐力の算定式は、母材の全強を伝達できる接合を前提としている。しかし、耐震ラップ工法ではくさび形鉛直継ぎ目接合に母材の全強を伝達することを期待していないことから、同指針の算定式をそのまま適用することができない。耐震ラップ工法では、補強用鋼板により受け持たれる設計せん断耐力について、分割鋼板の影響を考慮する係数 α を設定する（従来の鋼板巻き立て工法； $\alpha=1.0$ ）。正負交番載荷試験より、 α が 0.54 以上となることを確認しているが、設計では安全側を考慮して、鉛直目地部で負担できるせん断耐力を考慮しないものとし、係数 α を 0.5 とした。なお、係数 α については今後の試験データの蓄積等により見直しが可能であると考えられる。

5 試験施工

5. 1 試験施工の概要

施工時期：2006 年 7 月

対象柱：高架橋柱（断面 900mm×900mm、高さ 5.5m）

波形分割鋼板厚さ：12mm（本試験施工の対象柱では、主鉄筋が 2 段配筋となっており鉄筋量が多いため、12mm の鋼板が必要となった。主鉄筋が 1 段配筋程度の柱であれば 6mm または 9mm の波形分割鋼板での適用が可能である。）

5. 2 試験施工の状況

試験施工での施工速度は以下に示すとおりであり、狭隘な箇所でも本工法の施工性が良好であることを確認できた。標準部については、柱の頂部付近にて 2 枚の波形分割鋼板を組立てた後、チェーンブロックを用いて降下させて所定の位置に設置した。なお、波形分割鋼板が薄く軽量の場合には吊り治具等が不要となり、さらに施工性の向上が期待できる。写真— 2 ～写真— 5 に試験施工の状況写真を示す。

- ・ 基部波形分割鋼板組立て：1 段あたり平均 40 分

- ・ 標準部波形分割鋼板組立て：1 段あたり平均 20 分
- ・ 頂部波形分割鋼板組立て：1 段あたり平均 30 分



写真-2 基部波形分割鋼板組立て状況



写真-3 標準部波形分割鋼板組立て状況



写真-4 頂部波形分割鋼板組立て状況



写真-5 波形分割鋼板組立て完了

6 まとめ

性能確認試験により、耐震ラップ工法を適用した柱のせん断補強効果およびじん性補強効果を確認した。試験結果に基づき、「既存鉄道高架橋柱等の耐震補強設計・施工指針－波形分割鋼板巻立て補強編－」が(財)鉄道総合技術研究所より 2006 年 4 月に発行された。また、高架橋柱の耐震補強工事において試験施工を行い、狭隘な箇所での施工に優位性が発揮されることを確認した。今後、従来の鋼板巻立て工法では施工が困難な箇所の柱を対象に耐震ラップ工法を普及させたいと考えている。

最後に、耐震ラップ工法の開発に伴いご指導を頂きました(財)鉄道総合技術研究所の関係者各位に感謝の意を表します。

- 参考文献 1) 鉄道総合技術研究所編：既存鉄道コンクリート高架橋柱等の耐震補強設計・施工指針 波形分割鋼板巻立て補強編，2006.4
- 2) 鉄道総合技術研究所編：既存鉄道コンクリート高架橋柱等の耐震補強設計・施工指針 鋼板巻立て補強編，1997.7

中越地震により被災したアースダムの復旧実績

鹿島建設(株) 土木管理本部土木工務部ダムグループ グループ長 濱 建樹
課長 ○神戸 隆幸
東日本旅客鉄道(株) 上信越工事事務所担当課 (長野・栃木) 副課長 塚田 守
東京工事事務所担当課 (東京ターミナル) 課員 砂川 裕

1 はじめに

浅河原調整池(管理:東日本旅客鉄道株式会社)は昭和20年の完成以来、発電用の調整池として役割を果たしてきたが、平成16年10月に発生した新潟県中越地震により堤体堤頂部に亀裂が生じる被害を受けた。

本文では、被災状況、調査および発生原因の推定(文献1)による)、復旧工事の施工上の課題と技術的問題点の克服について報告する。

2 浅河原調整池の被災状況^{1) 2)}

平成16年10月23日(土)18時頃、新潟県中越地方を震源とする地震が発生した。本震の規模はマグニチュード(M)6.8であり、その後もM6クラスの余震が継続し、この地方を中心に大きな被害を引き起こした。信濃川発電所の主な構造物と新潟県中越地震本震震央との位置関係を図-1に示す。

中越地震により浅河原調整池は、堤頂部のダム軸方向ほぼ全長(291.8m)にわたり数条の亀裂が発生した。堤体中央部付近では上流側へ向けて沈下した階段状の段差地形となった。段差の最大は堤頂中央部の53cm、最大開口幅は40cm程度であり、左右岸方向に向けて亀裂は小さくなっていた。また、設計標高に対しては最大75cm沈下していた。

ただし堤体上下流の法面については、今回の地震によるものと思われるはらみだし、亀裂などの変状は認められなかった。被災後に撮影された堤頂部の状況を写真-1に示す。

3 調査及び発生原因の推定^{1) 2)}

3.1 調査概要



写真-1 被災後の堤頂部の状況



図-1 信濃川発電所の主な構造物と本震震央

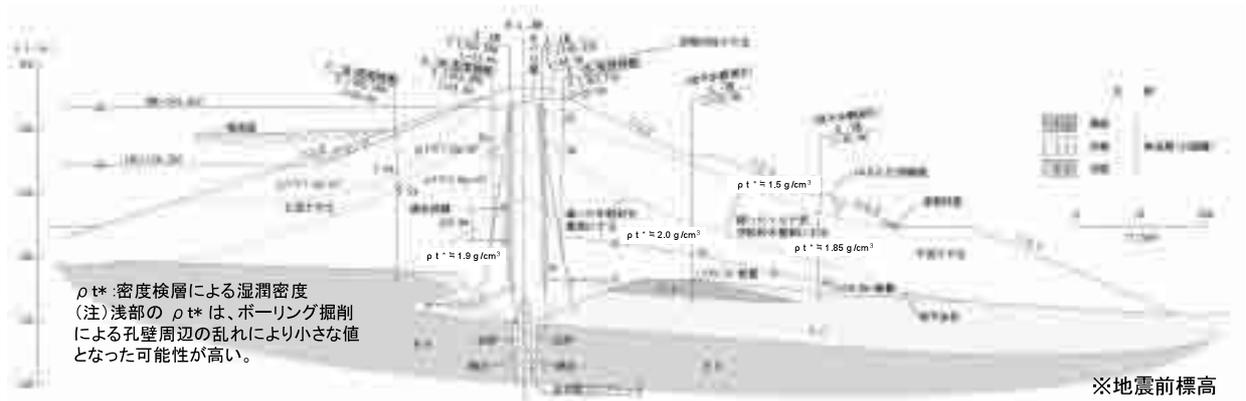


図-2 地質断面



図-3 天端トレンチ断面 (スケッチ)

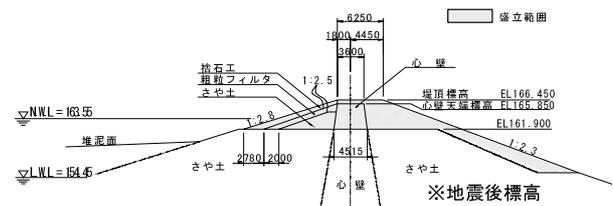


図-4 復旧標準断面図

堤体基礎の地質は、第四紀更新世の魚沼層に属する礫岩、砂岩、頁岩の互層よりなっており、遮水層基礎部及び左右岸着岩部には止水壁コンクリートを設けた構造となっている。

中越地震による被災後、被災調査及び被災原因検討と調整池復旧計画の策定を目的として調査を実施した。主な調査項目は、外観調査、トレンチ掘削調査、ボーリング調査、測量調査、土質試験調査である。調査で明らかになった地質断面を図-2に示す。

これらの調査結果の概要は以下のとおりである。

- ・ 天端の階段状を有する亀裂は、天端付近さや土内のみに生じた円弧すべりによるものである。すべり面の末端は心壁材上面及び上流さや土との境界付近で消滅している。
- ・ 天端亀裂による心壁材上面の損傷は認められない。
- ・ 止水壁コンクリートの上下流に位置するボーリング孔を利用して通水試験を行った結果、止水壁コンクリート及び周辺地盤、心壁には、今回の地震による損傷はなかったと判断される。

トレンチ調査の結果での、天端トレンチ断面のスケッチを図-3に示す。

3. 2 発生原因の推定

調査結果から、天端部の段差は、密度が小さく、締固め度が極端に低い天端付近さや土に縦亀裂が生じ、心壁の上流傾斜にそってその天端さや土内に円弧状のすべりが生じたため、発生したものと考えられた。

4 堤体復旧計画^{1) 2)}

堤体天端部に発生した亀裂及び堤体沈下に対する復旧を行うため、天端部を掘削除去し新規材料にて再盛立を行うと同時に、断面の回復を行うことが決定された。なお、上流面の捨石工の下に幅 2m で粗粒フィルタを配置することにより、上流さや土の細粒分の流出を防ぐことも決定した。既設堤体の心壁材の天端標高 (非越流部標高) は現在の河川構造令を満足していないため、河川構造令に準拠し心壁の高さを 0.9m 上げて EL165.85m とした。決定した復旧標準断面を図-4に示す。

5 施工上の課題と技術的問題点の克服

浅河原調整池本体復旧工事の全体施工フローを図-5に、全体工程表を表-1に示す。

本工事は災害復旧工事であり、以下に示すような特有の施工上の課題と技術的問題点があった。

- ① 盛立材料の確保（品質の確保）
- ② 施工スペースの確保
- ③ 既設堤体の健全性確認と安定性確保
- ④ 工程確保

5.1 盛立材料の確保（品質の確保）

被災後の調査時に、調整池近傍で盛立材料を採取する土取場の候補地が選定された。しかし以下に示すような課題を残していた。

- ① 設計施工協力方式による施工（設計・積算と施工がほぼ同時進行）であり、必要盛立量が増加した場合不足する可能性がある。
- ② 土取場は冬季間雪に閉ざされており、また工程にも余裕がないことから、盛立材仕様の早期決定と賦存量の確認調査を早急に行う必要がある。

これらに対しては、工事契約後に追加調査を実施して以下のとおり対策を講じた。

- ① 心壁材料の賦存量には余裕が無く、盛立量が増加した場合不足する可能性があった。そのため心壁材の予備材として、堆砂改良土の適用性を（室内試験）確認した。
- ② 調査時の土取場材料は、所要の品質が得られる必要量の確保が困難であるため、土取場材料に砕石（C-40）を混合（1：1）して使用し、室内試験、試験施工により要求される品質を満足することを確認した。
- ③ フィルタ材について、調達可能な砕石ではフィルタ則を満たさない為、単粒砕石を砕石（C-40）と混合して使用した。

5.2 施工スペースの確保

浅河原調整池の湛水位域内は、長年の運用により堆砂が進行し工事用地の確保が困難であった。また調整池付近に民家や学校が存在すること、災害応急工事であり昼夜施工が必要となることから、堆砂面（約 23,600m²）を固化処理して盛立材料仮置場、工事用道路等の施工ヤードを確保した。セメント系固化材は六価クロム低減型を使用し、工程確保及びコスト低減のため「粉体混合方式」で施工

表-1 全体工程

工種	数量	2005年												2006年				
		3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3				
準備工事				▼工事着工▼	▼材料搬入▼			▼復旧盛立開始▼			▼復旧盛立完了▼	▼試験湛水開始▼						
除雪工	1式		■															
堤体掘削工																		
土捨場工	1式																	
既設堤体掘削工	22,100 m ³																	
基盤面処理工	8,900 m ²																	
堤体盛立復旧工																		
仮置工	1式																	
復旧盛土工	31,700 m ³																	
道路盛土工	2,000 m ³																	
法面保護工	8,600 m ²																	
堤体整備工	1式																	
計測設備工	1式																	
仮設工																		
堆砂改良工	23,600 m ²																	
濁水処理設備	2箇所																	
工事用道路	1式																	
試験湛水	1式																	

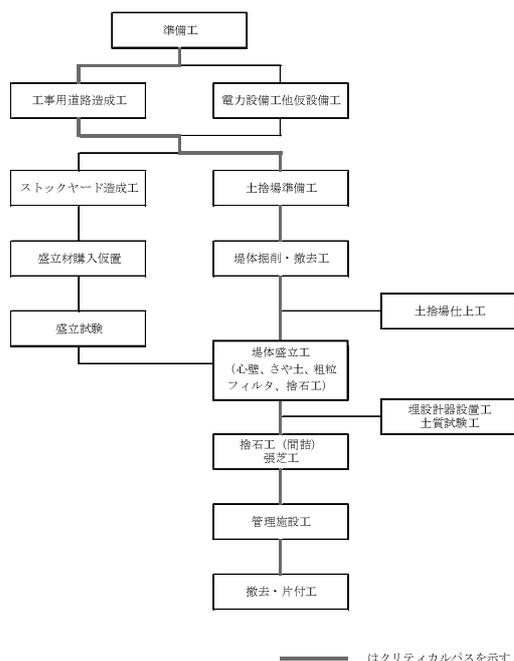


図-5 全体施工フロー

した。

5. 3 既設堤体の健全性確認と安定性確保

既設堤体掘削面の健全性確認は、以下に示すように掘削の段階ごとに行った。

- ① 発生したクラック深さの確認（水性ペンキの注入と掘削断面確認）
- ② 心壁形状の確認（所要の設計幅が確保できているか確認）
- ③ 既設堤体面物性値の確認（現場密度試験で設計値との照査）

また既設堤体上流さや土表層部に十分な強度がないため、復旧盛立時に既設堤体へ与える影響を実際に試験する必要があった。そのため既設堤体境界面

（既設堤体心壁、上流さや土）の施工方法について、現位置盛立試験を実施した。その結果、既設堤体粘性土上について復旧盛立機械施工層との境界面処理は、小型機械による人力施工層を2層施工することとした。盛立試験で決定した施工仕様及び品質管理基準を表-2に示す。

5. 4 工程確保

信濃川発電所で発生した電力は主に関東一円の列車運行に供給されており、2005年度中の早期運用再開が求められていた。2005年は降雨日が多く、特に施工途中の午後からまとまった降雨になることが多かったため、工程確保と品質確保の両面から、施工面及び仮置材料については全面的にブルーシートで養生した。また降雨の影響により心壁材料の含水比が管理基準値上限付近で推移することが多く、盛立材料及び施工面の含水比低減対策が課題となった。これらの対応として、①バックホウによる曝気乾燥、②ジェットヒータの導入等対策を行った。特にジェットヒータについては、ブルーシートによる養生を併用することにより各施工段階で大きな効果を得ることができた。（写真-2）

6 むすび

今回の復旧工事を通じて、日本で最大級の地震動を受けたアースダムの災害復旧という工事の特殊性、短期間での施工の中で多くの知見を得ることができた。幾多の困難を経て得られたこれらの知見が、今後の同種工事に対する参考となれば幸いである。

当工事の施工にあたり、株式会社 アイ・エヌ・エー、信濃川発電所復旧工事技術専門委員会の方々、多大なる御指導、ご鞭撻を賜りここに深く感謝いたします。

参考文献

- 1) 東日本旅客鉄道株式会社、「信濃川発電所復旧工事技術専門委員会 委員会報告書」、2006年5月
- 2) 島峰ほか、「信濃川発電所（調整池）の被害と復旧計画（案）」、基礎工、vol.33 No.10、2005年10月

表-2 施工仕様及び品質管理基準

		心壁	さや土	粗粒フィルタ
施工仕様	転圧機種	4級振動 タンピングローラ	4級振動 コンバインドローラ	4級振動 コンバインドローラ
	敷均し厚さ	19cm	17cm	17cm
	仕上げ厚さ	15cm	15cm	15cm
	含水比	(Dmax=100mm) 自然含水比 (施工含水比)	(Dmax=150mm) 自然含水比 (施工含水比)	(Dmax=50mm) 自然含水比 (施工含水比)
	転圧回数	9回	12回	10回
品質管理基準	含水比	wopt+1%~wopt+4%	150mm以下 100%	150mm以下 100%
	粒度	100mm以下 100% 19mm以下 50~80% 0.075mm以下 15~40%	150mm以下 100% 19mm以下 40~80% 2mm以下 10~50%	150mm以下 100% 19mm以下 50~80% 2mm以下 5~25%
	密度	最大乾燥密度の95%以上	乾燥密度19.5kN/m3以上	乾燥密度18.5kN/m3以上
	透水係数	1×10^{-9} cm/s以下	—	—
	強度	$\phi' \geq 30^\circ$	$\phi d \geq 39^\circ$ $\tau \geq 2.6 \sigma^{0.79}$	$\phi d \geq 39^\circ$ $\tau \geq 2.6 \sigma^{0.77}$



写真-2 含水比低減対策

急流河川用「侵食センサー」の開発

パシフィックコンサルタンツ株式会社 河川部 部長 渡邊 眞道
河川部 河道診断グループリーダー 次長 〇佐々木博明
河川部 河道診断グループ 新村 卓也
河川部 河道診断グループ 増山 博之

1 はじめに

護岸の被災原因の多くは、洪水時における護岸基礎前面の河床洗掘による基礎工の被災である。基礎工前面に根固工が設置されている場合でもその重量や敷設幅が不足していると、根固工が流出し、結果的に基礎工および法覆工が被災を受けることになる。堤防侵食や河岸侵食が進行すると、最悪、破堤に至ることになる。このため、護岸の設計を行う際には、基礎工天端高を決定するために、設計対象箇所における最深河床高を適正に評価することが最も重要となる。

しかし、洪水時に洗掘された箇所は洪水ピーク後に埋戻されるために、洪水後の測量データを用いても洪水時に生じる最深河床高を定量的に評価することが困難な状況にある。そこで、現行の最深河床高の評価方法は、経年的な河床変動データや既往研究成果による評価、あるいは河床変動計算等の数値解析によっている。また、河道計画上、最も重要な区間においては、移動床水理模型実験により評価を行っているのが現状である。

本報は洪水時の侵食実態を観測することの重要性から、今回新たに急流河川用として開発した「侵食センサー」と、観測地点の侵食状況や堤体浸潤線の上昇がリアルタイムでモニタリングできるシステムを開発したので報告する。

2 開発の目的

河川管理者が堤防などの施設の安全性の向上と住民の避難誘導が必要となる際の情報提供能力を向上させることを目指し、洪水時河道の侵食実態を妨げず、時系列で計測ができる侵食センサーの開発を行うこと。また、観測地点の浸透・侵食の状況が一目で分かり、河川堤防の安全性が一元管理できるモニタリングのシステムを開発することを目的に行った。

3 堤防侵食センサーの開発

3.1 侵食センサーの特徴と原理

写真-1 に今回開発した侵食センサーを示す。侵食センサーは観測地点の平均粒径程度の河床材料（自然石）を使用することで、実際の流水の変化による侵食実態を妨げることのない実現象の再現性が高い観測技術である。

図-1 に侵食センサーの原理を示す。侵食センサーは電極を取り付けた自然石を、高さ調整用のスペーサーを挟んで所定の高さなるように何段にも積み上げ、その電極と内部に回路を組み込んだ受信装置とを連結した簡単な構造である。センサーとなる自然石の大きさは、数 cm 程度の粒径でも加工が容易であることから、緩流河川の利用も十分に可能である。

自然石と受信装置の連結は、観測地点の河床材料の大きさに応じて有線あるいは無線のいずれか確実な方法が選択できる。

図-1 は有線による参考例を示しており、埋設した侵食センサー一部である自然石が洪水時に流出すると電極が外れ、瞬時に受信装置が感知し、その信号を堤防に設置した受信アンテナへ送信する簡単な仕組みとした。



写真-1 侵食センサー

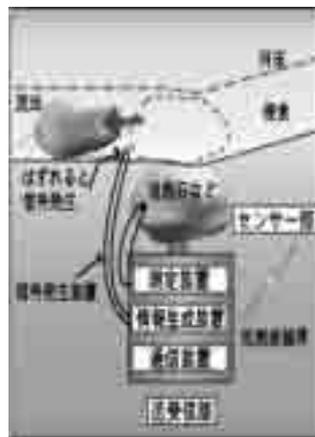
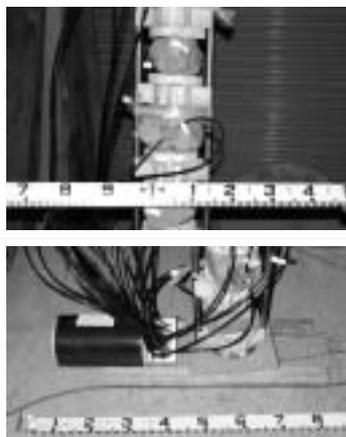
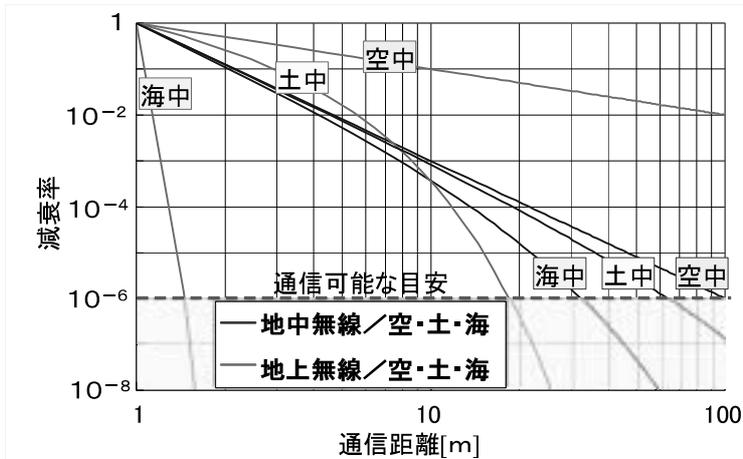


図-1 侵食センサーの原理

3. 2 侵食センサーの通信方式

図一 2 に今回通信手段として用いている地中無線（低周波電磁波）と、地上無線（高周波電磁波）の土中と極端に導電率の高い海中での通信距離に対する減衰率の比較を示す。ここで、一般的に減衰率 10^{-6} を通信可能な目安と考えると、地上無線は空中での減衰は全く問題ないものの、地中や海中での減衰が著しく、その通信距離は海中で 1m 程度、地中で 20m 程度である。



図一 2 地上無線（高周波）と地中無線（低周波）の通信距離に対する減衰率の関係

一方、地中無線は地上無線に比べて空中での減衰は大きいものの、通信距離は土中でも 60m 以上（空中 100m）有しており、河川への適応が可能である。

よって、侵食センサーの通信方式はその設置場が河道内であることから、最適な「地中無線方式」を採用した。

また、侵食センサーの実用化に向けては、堤防の利用・環境、敷設時のワイヤ損傷等のトラブルを考慮し、バッテリー内蔵のワイヤレス化を進めた。

3. 3 施工方法

写真一 2 に侵食センサーの設置手順を示す。侵食センサーは、施工時の運搬および設置を容易にするために、新たに考案した高さ調整用のスペーサーを返して、左右 2 本の拘束バーで積上げた自然石全体を挟むように連結固定する。拘束バーは侵食センサーの設置後に簡単に引抜ける構造とした。施工は侵食センサー全体を吊上げ所定の位置に据付し、センサー欠落防止のための保護カバーで覆い、センサー周辺を充填しながら、埋戻しを行い設置する。

<p>(1)掘削・据付 観測地点を設置深度まで掘削後、侵食センサーの据付を行う</p>	<p>(2)保護カバー設置 埋戻しによるセンサー欠落防止のための保護カバーを設置し丁寧な施工を行う</p>
<p>(3)埋戻し 埋戻しはセンサー周辺の充填・保護カバー引上げ繰り返し行う。埋戻し材は現地発生土を利用</p>	<p>(4) 侵食センサー設置完了 保護カバーおよび拘束バーを撤去し、余盛を行い周辺の高さに整形・締固めを行う</p>
<p>写真一 2 侵食センサーの設置手順</p>	

4 堤防モニタリングシステム

4.1 モニタリングの仕組み

図-3に堤防モニタリングの仕組みを示す。今回新たに開発した堤防モニタリングシステムは、河川に設置する侵食センサーと堤体に設置する浸透センサーで構成し、河川堤防の浸透および侵食状態を一元管理でモニタリングするシステムである。侵食センサーの下部に取付けた受発信装置は、センサーである自然石が流されると「何時何分に自然石が流された」という信号を感知し、瞬時に受信アンテナへ送信する。その信号は受信アンテナから光ファイバーを経由し、河川事務所等に送信され河川管理者の手元のパソコンでリアルタイムにモニタリングができる仕組みである。

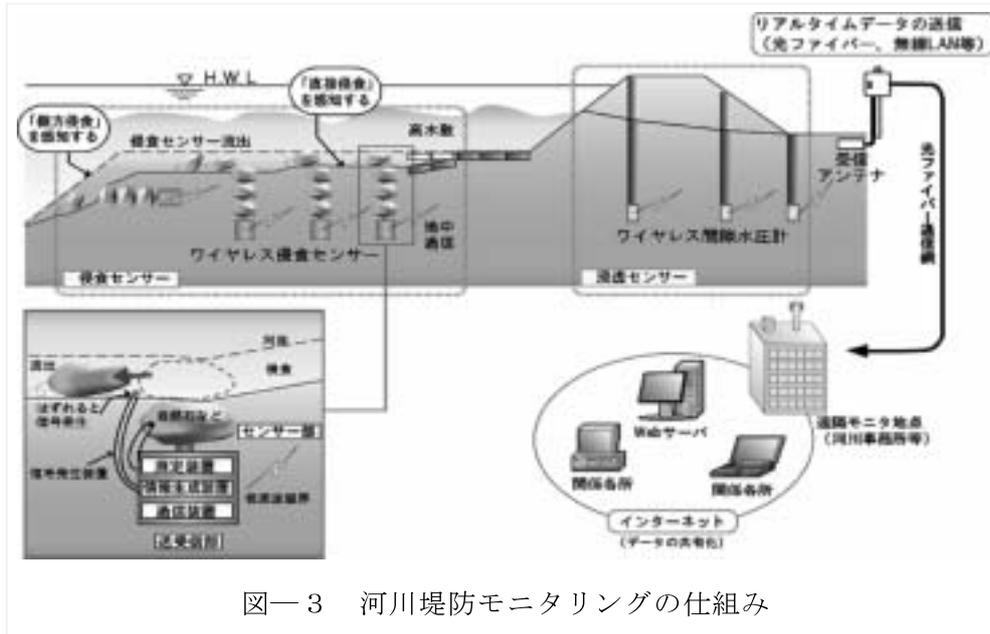


図-3 河川堤防モニタリングの仕組み

で、地上無線の欠点が克服でき、通年でセンサーの稼働状態が分かる信頼性の高いモニタリングシステムが構築できた。さらに、侵食センサーは自然石を用いることで、縦向きおよび横向きの設置が可能であり、河岸侵食（側方侵食）および堤防侵食（直接侵食）のいずれの侵食形態もモニタリングできるようになった。

4.2 リアルタイムモニタリングシステム

図-4にモニタリング画面を示す。表示画面は観測位置図と堤防横断面図に浸透・侵食状態のリアルタイムを表示したものである。

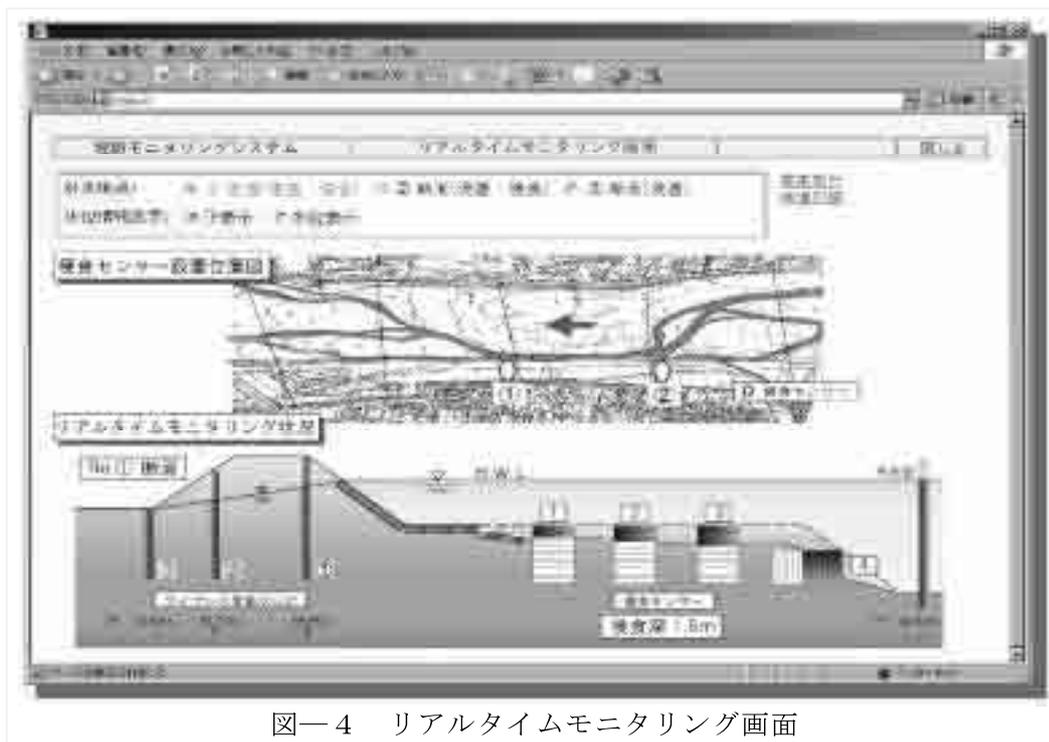


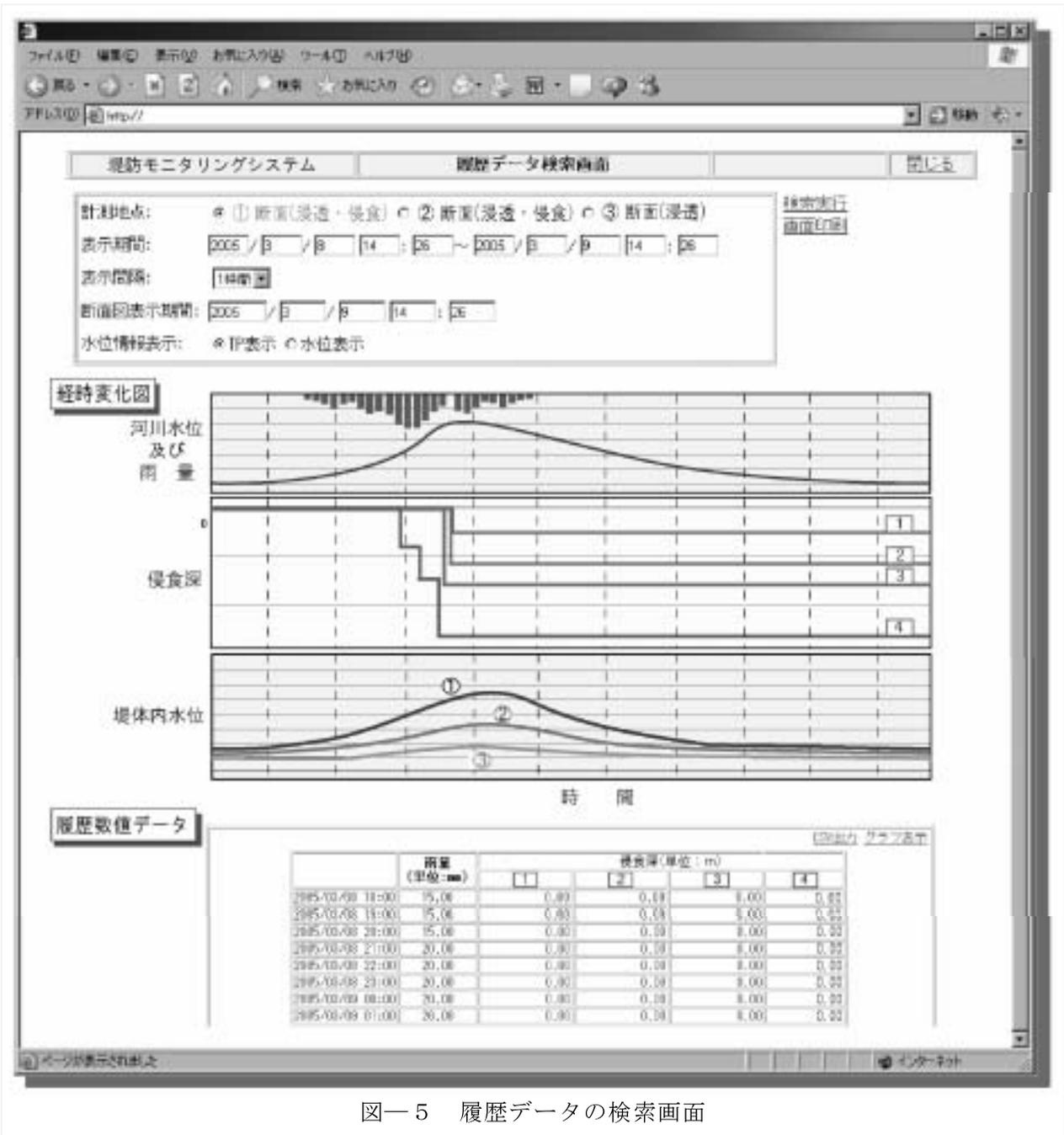
図-4 リアルタイムモニタリング画面

これは、手元のパソコンに送信された数値データでは現在の堤防の状況が瞬時には判別が付かないことから、観測地点の堤防断面図で示し、一目でその時点の堤体浸潤線の状況や侵食状況、洗掘深が分かるように工夫を図った。

また、CSV出力可能なデータベースも同時に構築している。

4. 3 履歴データ検索システム

図一5にモニタリング情報履歴の経時変化を示す。これは将来、観測値の分析評価を行う際に、観測値が一目で検索できようデータベース化したものである。表示画面は雨量・水位データと各観測地点の計測値をグラフおよびCSV出力の一覧が表示できるように構築した。



図一5 履歴データの検索画面

5. おわりに

今回、実際の流水の変化による侵食実態を妨げることがなく、実現性の高い観測技術として、対象箇所への侵食状況や最深河床高を定量的に評価ができる侵食センサーを新たに開発した。また、高度情報化に向けた河川管理の観点からは、浸透・侵食の現地情報がリアルタイムでモニタリングでき、水防団等の的確な初動態勢が可能となりうる堤防モニタリングのシステムを提案した。今後は実河川現場での実績を重ねるとともに、堤防管理技術高度化のための観測技術の開発を進めることが重要である。

謝辞：最後に本論文をまとめるに当たり侵食センサーのコア技術である地中通信技術に関わる貴重なデータを坂田電機株式会社営業部長の山城睦様よりご提供をいただいた。ここに記して謝意を表す。

シャッター付砂防えん堤構造に関する検討

パシフィックコンサルタンツ（株） 防災部 砂防グループ技術課長 ○青柳 泰夫
技術次長 谷 弘行
課長補佐 安田 武道
中部本社 河川砂防グループ技術課長 伊藤 力生

1 はじめに

これまで数多くのコンクリートスリットえん堤が施工されているが土砂を捕捉できない事例が報告されており、平成 15 年には確実に土砂を捕捉する工夫についての留意事項等が示された¹⁾。コンクリートスリットえん堤は、自然営力による土砂調節を期待する施設であるが、場の条件により施設の機能が十分に発揮されない施設も見られる。そこで、既設スリットえん堤に改良を加えてスリットの効果を確実に発揮させ、施設の機能向上を図ることを目的に、①構造が簡単、②操作が容易、③維持管理が容易、④経済的に安価、⑤土砂の調節が確実、⑥溪流の連続性が確保される等に配慮した「人為的操作を行う透過型のシャッター付き砂防えん堤」の構造について検討したので、その一部について報告する。なお、当該施設の構造検討は全国でも初めての試みであり施設の機能や効果の確認・検証を予定している。

2 設置の必要性和シャッター付砂防えん堤の設置目的

既設コンクリートスリットえん堤は、①土石流捕捉のためのえん堤と②土砂調節のためのえん堤に区分される。前者①のえん堤が機能を発揮するためには「土石流が発生し、想定した径を有する礫が流下し、想定した礫によりスリット部が閉塞する」ことが条件となる。よって、土石流が発生しない洪水時には掃流状集合流動形態や掃流形態によって土砂が移動し、スリット部を閉塞させるような径の礫が流下しないため土砂の捕捉は行われない場合もある。一方、事務所管内では、土砂調節（捕捉）を必要とする施設であるにも関わらず、その効果が十分に発揮されているのか確認ができていないスリットえん堤が存在する。このため、①既存ストックの有効利用の観点から、洪水時の移動礫をシャッターによって閉塞させ、土石流形態以外の土砂移動現象に対しても機能を発揮させる。②非洪水時にはシャッターを開放し、自然営力によって堆積した土砂を排砂して除石の費用・手間を縮減させる。③溪流の連続性を確保して動植物の生育・生息条件の確保を図る。④当該区間は既設えん堤が連続して配置されていることから土砂処理計画上、シャッターによる既存施設の改良が効果的、経済的と考えられる。ことから、シャッター付砂防えん堤を設置することとした。なお、当該施設は人為的操作により土砂管理を行うこれまでにない新たな施設であり、上述のように土砂調節（捕捉）が十分に発揮されているかの確認が困難な施設である。このため、今後試験施工により効果確認・検証が必要である。

3 候補地の選定

シャッターを設置する候補えん堤は、管内に設置された 17 基の既設コンクリートスリットえん堤（施工中を含む）より、次の視点から「扇沢砂防えん堤」（高瀬川流域・竈川）を選定した。①機能性

(現在のスリット幅が適切か) : 現地礫 95%粒径との比較・堰上げ発生の有無、②安全性 (土砂調節の必要性が高いか) : 直下流における保全対象の有無、③経済性 (必要と考えられる部材の入手は容易か) : 必要部材の汎用性 (市場性) の良否、④施工性・維持管理 (現地へのアクセスは容易か) : 管理用道路・工事用道路の有無、⑤機能評価 (設置後に早期に機能を評価することは可能か) : 土砂流入の多寡。

4 シャッター形式の比較検討

扇沢砂防えん堤に適用可能となるシャッター形式は表-1のように8案検討し、安全性、操作性、市場性、施工性、維持管理の容易さ、経済性等について得失を整理し比較検討を行った。

検討の結果、「②調節可能型横棧形式」を本検討におけるシャッター形式として採用した。

主な採用理由は、①可動部の無いシンプルな構造で安全性が高い、②礫の衝突に対する照査方法が確立されていて市場性の高い鋼管を横棧に採用可能、③設置後も閉塞させる礫の粒径に合わせて鋼管の間隔を自由に変更することが容易、④シャッターの部分的な設置・撤去が可能、⑤えん堤下流側からの設置・撤去が可能である。

表-1 シャッター形式の比較検討表

形式	①固定型横棧形式	②調節可能型横棧形式	③土圧軽減型横棧形式	④繩梯子型連結横棧形式
構造概要図				
構造	スリット上流側に切り欠きを複数設け、鋼管等の横棧を上流側から設置したもの	スリット中央内に切欠いた溝に沿って、横棧を積みように入れ込んだもの	スリット中央内および打増しコンクリート部に切欠いた溝に沿って、横棧を河川縦断方向に勾配をつけて設置したもの	スリット中央内に切欠いた溝に沿って、繩梯子状のワイヤーで連結した横棧を積みように入れ込んだもの
開閉方式	閉口時は、クレーンにて切り欠きに鋼管を1本ずつ設置し、固定金具にて固定する。 開口時は、クレーンにて設置した横棧の固定金具を取り外して、1本ずつ撤去する	閉口時は、クレーンにて溝に沿って下段から横棧とスペーサーを交互に入れ込み固定する。 開口時は、固定金具を取り外して、クレーンにて上段から1本ずつ撤去する	閉口時はクレーンにて切り欠きに鋼管を1本ずつ設置し、固定金具にて固定する。 開口時はクレーンにて設置した横棧の固定金具を取り外して、1本ずつ撤去する	閉口時は、クレーンにて連結横棧を吊り下げてスペーサーを設置した溝に沿って入れ込み固定する。 開口時は、クレーンにて連結横棧を吊り上げて撤去する
総合評価	○	◎(採用)	○	×
形式	⑤取り外し可能型ネット形式	⑥横スライド型透過ゲート形式	⑦両側横ヒンジ型透過ゲート形式	⑧下ヒンジ型透過ゲート形式
構造概要図				
構造	スリットの開口部下流側に、ワイヤー製のネットを張ったもの	スリットの開口部上流側に、左右に開閉可能な鋼製の透過扉を設置したもの	スリットの開口部上流側に、横ヒンジで観音開き状に開閉可能な鋼製の透過扉を設置したもの	スリットの開口部上流側に、下ヒンジで倒伏・起上する鋼製の透過扉を設置したもの
開閉方式	閉口時は、クレーンにてネットを吊り下げて固定する。 開口時は、クレーンにてネットを吊り上げて撤去する	閉口時は、ウインチにて扉体をレール上でスライドさせる。 開口時も、同様。	閉口時は、ウインチにて扉体をスライドさせる。 開口時も、同様。	閉口時は、クレーンにて扉体を起上させる。 開口時も、同様。
総合評価	△	△	△	△

5 シャッター構造の検討

シャッターの主要な構造諸元は以下のように設定した。(図-1、写真-1 参照)

- ① 横棧部材 (鋼管 $\phi 508\text{mm}$ 、 $t=12.7\text{mm}$) : 構造計算、および水通し天端まで配置した際の総本数設置時の経済性より決定 (鋼管径が大きいと本数が減少し、鋼管径が小さいと総本数が多くなることから最安となる管径・本数を決定)
- ② 設置本数 (下 4 段) : 機能評価と最適な鋼管の間隔の検討を行う段階 (試験施工時) として、先行して下 4 段を設置 (初期段階で水通し天端まで設置すると、鋼管の設置間隔が広がったときに無駄となる鋼管が発生することを回避)
- ③ 鋼管間隔 (最下段 0.6m、その他 0.3m) : 2 年確率規模流量による移動限界粒径 ($d=0.6\text{m}$) を有する礫の閉塞を期待し $d \times 0.5$ と決定 (機能や効果を早期に検証するために低確率年流量での閉塞を考慮するが、今後モニタリングを行い最適な間隔を決定する)
- ④ 鋼管間隔の変更方法 : 鋼管と鋼管の間に設置するスペーサー (鋼製) の形状変更により行う
- ⑤ 礫の噛み込み対策 : スリット側面の切欠きに発泡スチロールをはめ込む (スリット側面から土砂が侵入してシャッターの設置・撤去に支障をきたすことを防止)

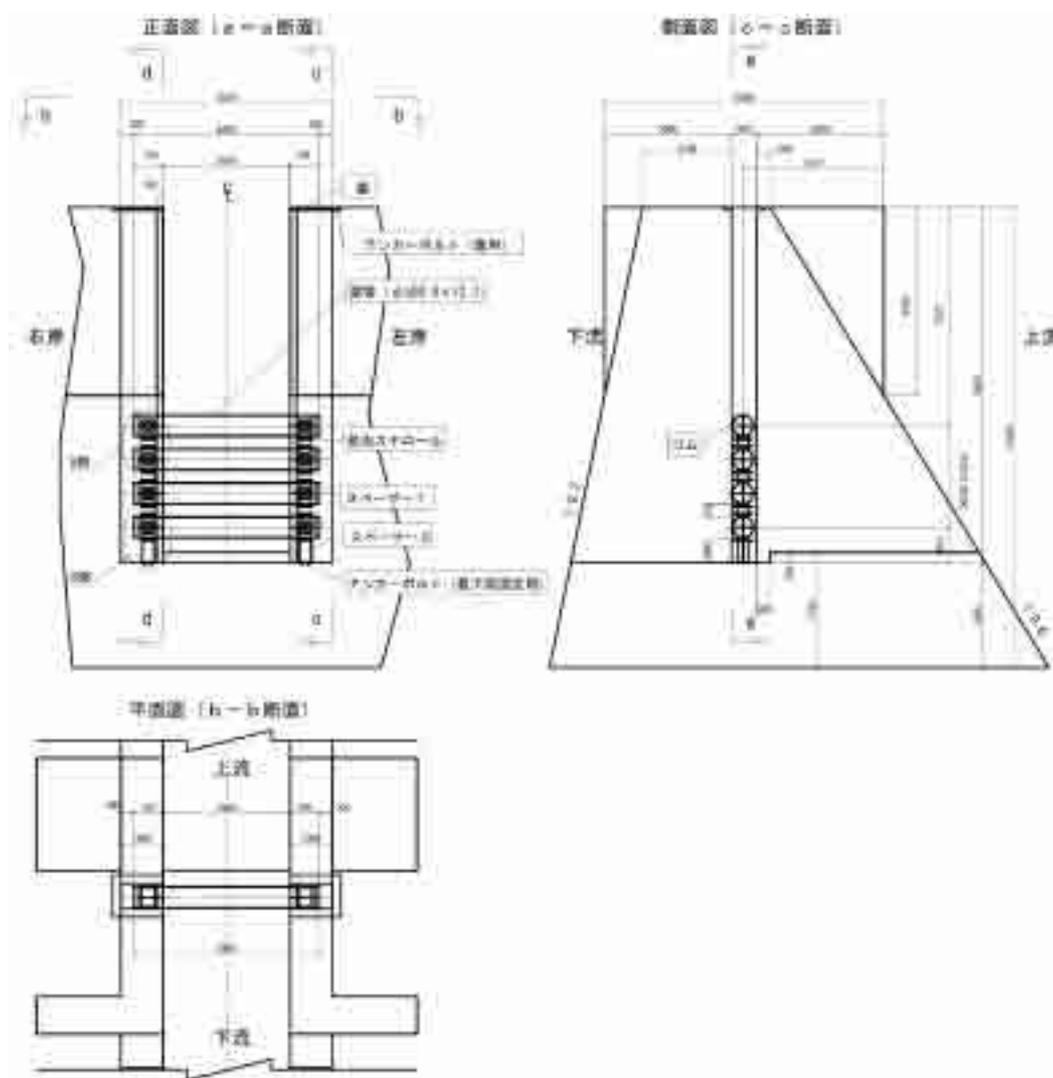


図-1 扇沢砂防えん堤のシャッター構造図 (スケール無し)



写真-1 扇沢砂防えん堤シャッター設置時のイメージ（フォトモンタージュによる）

6 運用方法の検討

運用初期におけるシャッターの開閉時期は、月別の最大流量による移動限界粒径より「出水期にえん堤地点に堆積した土砂の約7割を非出水期に流出させる」（月別最大移動限界粒径≒堆積土砂の70%粒径）ことを目標とすることや、魚類の遡上時期を考慮して、表-2のように設定した。

表-2 シャッター運用方法（運用初期）

シャッターの開閉時期	クローズ（出水期）	6月上旬～9月中旬
	オープン（非出水期）	9月中旬～5月下旬
オープン期間の推定堆砂土砂流出率		73%

7 設置後の効果検証方法の検討（モニタリング項目の検討）

鋼管と鋼管の間隔は、狭くすればより確実に多くの土砂が捕捉できる一方で、空き容量を確保するために頻りにシャッターを開放して自然営力または人為的に除石が必要となる。

今後は表-3に示すようなモニタリングを実施し機能・効果を検証するとともに、トレードオフの関係にある「空き容量の確保」と「除石の手間」を見極めながら、現地に適した鋼管間隔を設定することが望まれる。

表-3 今後必要と考えられるモニタリング項目

大項目	小項目
総合	現地状況
河床変動状況調査	堰堤上流の堆砂状況の調査
	堰堤下流の河床変動状況の調査
水位	堰堤地点の水位観測
流量	扇沢下流の流量観測
	堰堤上流の籠川の流量観測
河床材料調査	堰堤上流の堆砂材料の調査
	堰堤下流の堆砂材料の調査
構造物調査	後打ちコンクリートの状況
	鋼管、その他の部材の損傷状況
維持管理手間の調査	鋼管設置・取り外しの際の状況
	設置・撤去に要した費用・期間・人工

8 おわりに

本検討で設計したシャッター付き（ゲート付き）砂防えん堤は、①人為的操作により土砂管理を行うこれまでにない新たな施設であり、②施設の効果を把握することが困難な施設を対象とする。このため、本年度の秋には試験施工により扇沢砂防えん堤にシャッターを設置し、学識経験者の意見を参考としながら継続的に施設の効果確認・検証を行う予定である。

本設計は国土交通省北陸地方整備局松本砂防事務所発注による「シャッター付砂防えん堤の構造検討」により実施したものである。また、検討にあたり京都大学農学部水山高久教授、信州大学農学部平松晋也教授に多大なご協力を頂いた。記して謝意を表します。

【参考文献】1)透過型砂防えん堤の計画・設計上の留意点について 砂防部保全課保全調整官事務連絡 平成15年4月

苗吹付技術「バイオ・セル・ショット工法」の開発

株式会社大本組 技術本部技術開発部 出雲井 雄二郎

1、はじめに

近年、従来の除草管理に代わり、グラウンドカバープランツ（以下、GCP）という植物を植栽して、草刈り作業を軽減しようとする取り組みが全国で行われている。これは、近年の環境や景観に対する関心の高まりを受けて、コンクリートやシートなどの人工物ではなく、植物を法面や平面に植栽し、早期に土壌面を覆い、雑草の発芽・生育を抑制することによって除草作業を軽減し、更には景観形成を図ろうとするものもある。

しかしながら、GCPの大半は、栄養（苗）繁殖性植物（種子をほとんど付けないため、もっぱら挿芽や株分けで増殖させる植物）であり、ポット苗生産であるため、植付けにあたっては機械施工ができず、手植えで行わざるを得なかった（写真-1）。この方法では、何より人力施工であることから大規模な植栽は経済的に不利であり、さらに法面植栽では作業上危険が伴うなど問題が多い。

このようなことから、GCPによる大規模な植生を機械施工（吹付け）により、安価に（手植えに比べて概ね半額）そして安全に実現しようと開発されたのが苗吹付緑化技術「バイオ・セル・ショット工法」である。



写真-1 人力によるGCPの植栽状況

2、グラウンドカバープランツ（GCP）とは

日本では地被植物とも呼ばれ、地表面を覆う植物の総称を指し、明確な定義はない。そこでGCPを①地表面を密に覆うことによって雑草の発生を抑制する。②開花による景観形成に優れる。③草丈が低く（30cm以下）、刈り込みが原則不要である。④軽微な維持管理によって長期の植生維持が可能である（宿根である）。と定義した。GCPをそのように定義すると、前述のとおり栄養（苗）繁殖性植物がその大半を占め、種子繁殖性植物には、ほとんど存在しないのが現状である。

3、バイオ・セル・ショット工法の概要

バイオ・セル・ショット工法（以下、本工法）とは、GCPの機械吹付けを行うために、兵庫県立農林水産技術総合センター北部農業技術センター、株式会社大本組、吉田建設株式会社が共同開発した「特許第3088984号：空気式混合



図-1 バイオ・セル・ショット工法施工概念図

による植物苗の吹付け緑化工法」のことである（図-1）。本工法によれば栄養（苗）繁殖性の様々な植物を簡単に吹付け植栽することができ、経済的で景観上も好ましい多様な植生が可能となる。

4、設計・施工手順

設計・施工手順を図-2に示す。

4.1、調査、設計

まず、現場条件（土質、土壌硬度、法面勾配、土壌pH、気候、方位等）を調査する。その結果により、施工箇所の事前処理方法、補助工法の必要性およびその種類、植生基盤の造成方法とその厚さ、吹付ける苗の種類、散水作業の方法について決定する。

4.2、施工箇所の事前処理

新規造成地で雑草の発生がない場合は、特に必要ないが、既に雑草が繁茂している場合は、これを完全に取り除くことが必要となる。雑草の根と共に表土を剥ぎ取る方法が最も確実であるが、除草剤を使用することも可能である。

4.3、補助工法の設置

勾配等により、補助工法の有無を決定する。必要な場合は植生ネットかラス金網を設置する。ただし、寒冷地で冬期に植生基盤の凍上が予想される場合は、勾配にかかわらず、補助工法を用いるのが望ましい。

4.4、植物生育基盤の造成

植物苗の吹付けに先立ち、専用の緑化基盤材で植物の生育基盤を造成する。

4.5、苗の吹付け

植栽に使用する苗は専用のトレイを使用し、挿芽で育成する（写真-2）。これを植物生育基盤の上に撒くように吹付ける（写真-3）。専用の吹付機械は従来の攪拌翼に加え、圧縮空気が発生する対流

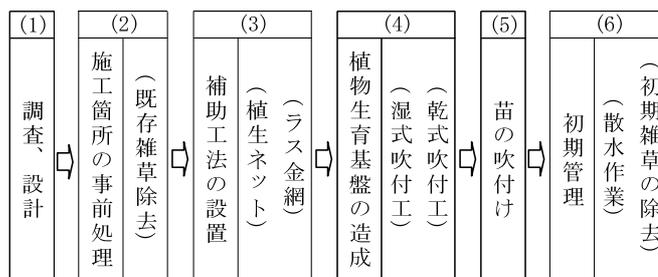


図-2 設計・施工手順



写真-2 吹付苗（セル成型苗）



写真-3 苗の吹付状況

により混合するエアブロー式攪拌装置（図-3）を装備し、吹付苗（セル成型苗）の損傷を防止している。

現在吹付け可能な主な種類は、ヒメイワダレソウ、セダム類、タイム類などであり、病気や暑さ寒さ等に対する各種耐性を高めるため、3種類以上の混植を基本としている。

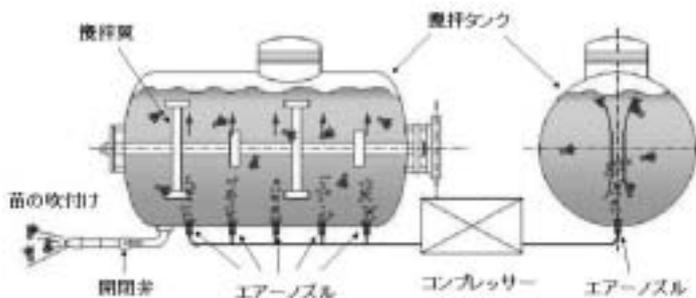


図-3 エアブロー式攪拌装置概念図

4. 6 、初期管理

吹付け後、G C Pが活着するまでは散水を行い、過度の乾燥を防止する。G C Pが全面を被覆するまでに発生する雑草は、必ず取り除かなくてはならない。

5 、望ましい適用箇所

本工法の適用箇所は、あくまで景観形成や雑草管理が必要で、なおかつその作業の軽減を図りたい法面や平面である。しかし、雑草の発生を完全に抑えることは出来ないため、最低限の管理は必要である。メンテナンスフリーではなくメンテナンスイージーであることを十分に理解しておくことが重要である。将来の維持管理体制も含めて検討したうえで、適用箇所を選定しなければならない。

6 、植生（生育）事例

吹付け後、全面被覆までに要する期間はその時の気象条件等に大きく左右されるが、おおむね春施工の場合で5ヶ月～1年、秋施工の場合で6ヶ月～1.5年程度である。

植生（生育）状況の一事例を示す。吹付け後1週間程度で活着し、2ヶ月後には当初の数倍の株に成長している（写真－4）。そして晩春から初夏にかけてG C P本来の旺盛な生育をみせ、5ヶ月後には全面被覆し、雑草抑制力を発揮している（写真－5）。こうなると雑草の侵入は非常に少なくなる。



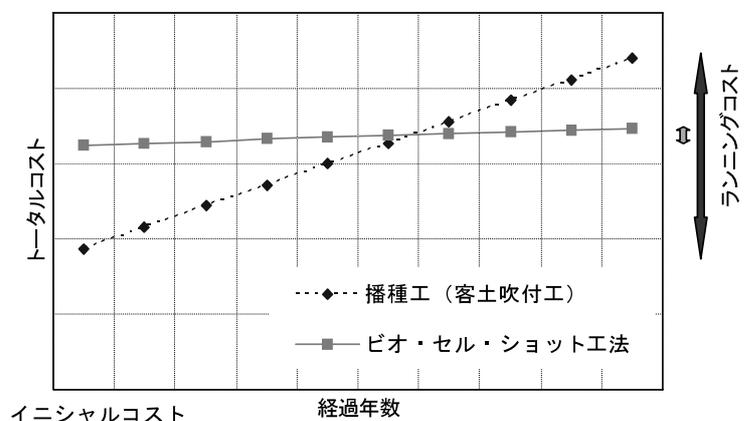
写真－4 吹き付け2ヶ月後



写真－5 吹付5ヶ月後

7 、トータルコスト

本工法によるG C Pの植生と播種工（客土吹付工）による洋シバ類の植生とのインシヤルコストとランニングコストのトータルコストイメージを図－4に示す。インシヤルコストは本工法の方が高額であるが、播種工に比べ除草にかかるランニングコストが削減できるため、数年後のトータルコストは本工法の方が安価となる。長期的には大幅なライフサイクルコストの低減が期待できる。



図－4 トータルコストイメージ

8、施工時期

北陸や東北地方などの寒冷地においては、一般的に関東以西に比べ、施工時期が短く制限される。

施工適期は春から夏までの場合で、日平均気温が10℃～25℃、秋の場合は15℃以上の期間が最低1ヶ月続く時期である。例えば新潟市の場合だと、4月中旬～9月中旬が施工適期となる。

施工時期は施工の良否を大きく左右する要因となるため、適期施工は特に重要である。

9、植栽可能な植物種

寒冷地においては、施工時期同様に植栽可能な植物種にも制限がある。あくまで混植を基本とした場合であるが、岩手県農業研究センター（岩手県北上市）で実施した実証研究（写真－6）では、イブキジャコウソウの適応性が最も高く、早く被覆し、雑草の侵入や生育を抑制している。その他、ポテンティラ、ツルマンネングサ、ピンカミノールおよびイワダレソウに適応性が認められた。



写真－6 吹付4年後

勿論、その組み合わせや配合数によって完成する植生の形態は異なってくるが、同センターでの研究結果により、本工法の寒冷地での十分な適応性を確認している。

10、おわりに

本工法の施工実績は現在までに岩手県から宮崎県の24都府県において、115件、約15万㎡である。

植物で雑草管理を容易にしたいというニーズは高い。そして、本工法が今まで人力でしか植え付けられなかったGCPによる植栽の省力化やコスト縮減を実現し、各種法面の維持管理費の軽減に貢献できる技術であると確信している。

本工法は、平面にも有効である。大面積の緑地帯を有する空港でのGCPおよびその植栽手段としての本工法の有効性も実証されている（中部国際空港）。

今後、刈草の多くが産業廃棄物になってくることを考えると、地球環境にも優しい技術である。美しい景観が創造できるということは地域の活性化にも寄与できるであろう。

本工法に対する正しい理解のもと、適切な活用により、更なる地域環境への貢献を期待している。

[引用・参考文献]

- 1) 有田博之・藤井義晴・友正達美・出雲井雄二郎・赤司英昭：農業土木学会論文集、No.192(1997.12)
- 2) 有田博之・藤井義晴編著：畦畔と圃場に生かすグラウンドカバープランツ、農文協(1998)
- 3) 福嶋昭：農村の景観形成とグラウンドカバープランツ・農業技術体系花卉編、農文協(2000)
- 4) 大志田建男・須藤勇人・出雲井雄二郎：寒冷地におけるグラウンドカバープランツの動力吹付け緑化工法の実証、農業土木学会東北支部、第48回研究発表会講演要旨集(2004.11.4)

低土被り区間の施工対策報告

西松建設(株) 北陸支店 松ノ木T出張所 山本 悟

1 はじめに

本工事は、鉄道建設・運輸施設整備支援機構 鉄道建設本部 北陸新幹線建設局御発注の松ノ木トンネル全長6,720mのうち北幹、松ノ木T(西)他1,2工事として、L=3,120mの工事である。

本工事区間のうち中ノ俣川直下においては、①低土被り(最小7m)であること、②地盤の傾斜が高角度であること、③砂質層が挟在し部分的に透水性が高いこと等が確認されていた。そこで、本工事ではトンネル断面への河川水の流入防止と低土被り対策として、トンネル内部よりAGF-Rs工と薬液注入工を実施した。本報告は、上記工法採用への過程を報告するものである。

2 低土被り部の施工における問題点

中ノ俣川交差部周辺の低土被り部の平面図を図-1に示す。ここでは、本区間における施工上の問題点を対策別に示す。

2.1 中ノ俣川との交差部における湧水対策

河川直下では土被りが最小7m(0.7D)であり、河川直下の掘削においてトンネル内への河川水の流入が予測された。また、地層の傾斜が高角度であり亀裂面が存在し、砂質層も

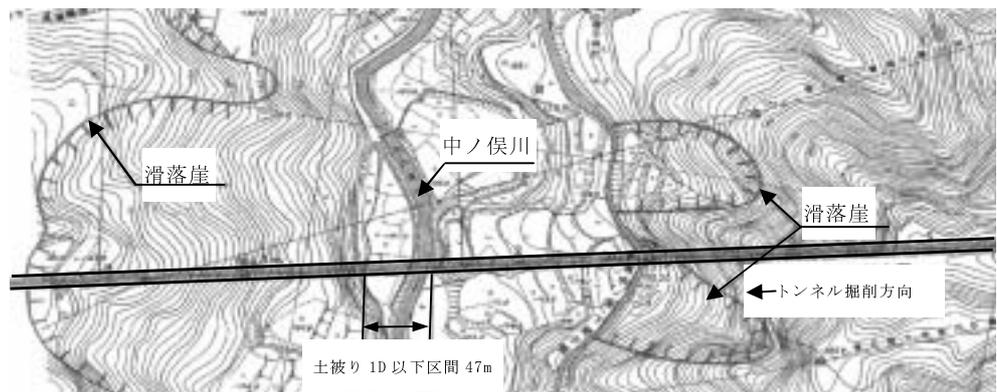


図-1 低土被り部平面図

狭在しており部分的に透水性が高い。よって、施工における以下の問題点が挙げられる。

- ① 河川水流入による切羽の不安定化(切羽崩落、天端崩落、泥濘化による作業効率の低下)
- ② 河川流量の低下(水利権の問題、周辺環境への悪影響)

2.2 低土被り区間のトンネル安定対策

中ノ俣川との交差部では、土被り1D以下の区間が約47m存在し、地質は一軸圧縮強度が小さく($q_u=3.3\sim 5.3\text{N/mm}^2$)、砂岩の固結度が特に低い。また、東側山腹に地すべり跡地が存在し、土被り2D以内にすべり面が存在する可能性がある。よって、施工における以下の問題点が挙げられる。

- ① 天端の不安定化(切羽崩落、天端崩落、緩みによる土圧・湧水量の増大)
- ② 上半脚部沈下(緩みによる土圧・湧水量の増大)
- ③ 鏡の不安定化(切羽崩壊)
- ④ 地すべり(周辺環境への影響、トンネルへの偏圧作用)

3 対策工の選定・範囲の設定

3.1 対策工の選定

3.1.1 中ノ俣川との交差部における湧水対策

先ず中ノ俣川の止水性をどの程度確保するかにより対策が異なるため、以下の案の中で検討を行った。

① 中ノ俣川の水量を確保する。 ② ある程度のトンネルへの流入を許容する。 ③ 積極的な排水工法（水抜き、Bor など）を行う。

検討の結果、②のトンネル掘削に支障のない程度のトンネルへの流入は許容する事を決め、対策工として地上と坑内からの対策案に分け比較検討を行った。地上からの対策案を以下に示す。

- ① 地表から薬液注入を実施する。
- ② トンネル影響域に永久構造の三面水路を構築する。
- ③ コルゲートやマット工法等で河川を防護し河川水のトンネル内への流入を防ぐ。

しかし、中ノ俣地域へのアクセスの悪さや、施工ヤードの確保等が難しいため、地上からの対策は困難であると判断し、次の坑内からの対策案で検討する事とした。

- ① 長尺先受け工法（止水性注入材使用）による止水・天端対策兼用の補助工法を適用する。止水工法効果を高めるために拡幅タイプのAGF工法とする。
- ② 切羽前方の地山の止水性を薬液注入工法により向上させる。

また、実施工に際しては、緊急時の河川水の大量流入に備えて、対策区間掘削前に中ノ俣川への排水立坑を構築し、排水能力を高めた。

3.1.2 低土被り区間のトンネル安定対策

天端安定対策のポイントを以下に示す。

- ① 止水性向上の観点から先行変位を抑止する必要がある。
- ② 地質調査報告書より長尺系の先受け工法が必要であることが指摘されている。
- ③ 天端安定対策のみを目的とする場合は、天端 120° 範囲の打設が一般的である。

以上を踏まえて対策案としてはAGF工法（拡幅タイプ）が挙げられた。

次に、脚部沈下対策のポイントを以下に示す。

- ① 脚部沈下は緩みを助長し地山の止水性を低下させる危険性が高い。
- ② 地質が一軸圧縮強度の小さい砂岩泥岩互層であるため、支持面積を増やして荷重分散を図ることが有利である。

実施工において脚部沈下については、施工時の状況により支保工の連結、仮インバートの施工をすることとした。

以上の各対策工法をまとめ、要求性能に合った補助工法は、図-2に示す止水工併用型長尺先受け工法となった。薬液注入材については、薬液注入材料選定フローにより決定した。

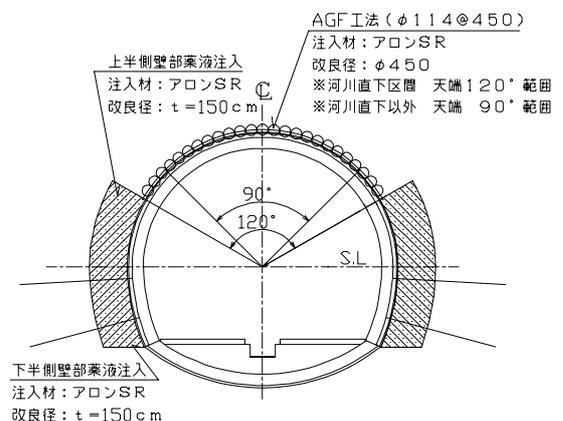


図-2 止水工併用型 AGF 断面図

3. 2 対策工の施工範囲の設定

施工範囲は「止水対策の施工区間」と「低土被り対策工の施工区間」の両方を抱合する範囲とした。

(1) 西側端部（富山側）の設定

- ① 止水対策面での範囲を河川水面より 45° とする。
- ② トンネル安定対策面での範囲を土被り 1D の境界とする。

(2) 東側端部（長野・上越側）の設定

- ① 止水対策面での範囲を段丘堆積部より 45° とする。
- ② トンネル安定対策面での範囲を土被り 1D の境界とする。

以上を満たす 82m を対策工施工範囲とした。対策工施工範囲を図-3 に示す。

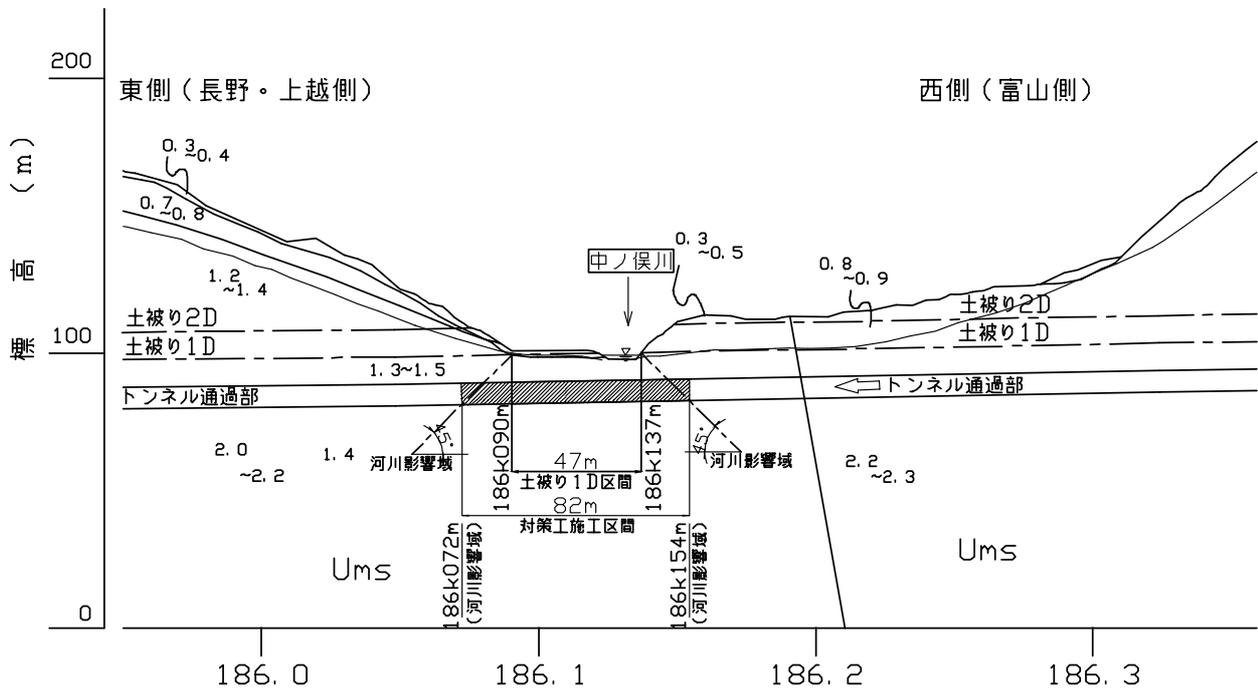


図-3 対策工施工範囲

3. 3 地すべり対策について

当初、地質調査が不十分で、地すべりの活動状況や規模が分からない状況にあったため、以下の追加調査・計測を実施した。

- ① 現地踏査による現在の地すべりブロックの安定性の概略的評価。
- ② 鉛直ボーリング調査による地すべりブロック内部の地質状況・すべり面の有無の把握。
- ③ トンネル掘削前（現状斜面）、掘削時及び掘削後の斜面安定性を評価するための地表面沈下測定の実施、及び傾斜計の設置（鉛直ボーリング孔を利用）。
- ③ トンネルA計測（通常の管理項目）により、トンネル掘削中の地すべり荷重や偏土圧の作用を監視。

4 施工実績

4. 1 トンネル掘削時の湧水

図-4に示すような河川直下でのAGF鋼管打設に伴い河川水を坑内に引き込む恐れがあったので、AGF鋼管の打設を慎重に行なうと共に、鋼管からの湧水量を常に監視しながら施工を行なった。

(表-1 参照) 鋼管からの湧水は、鋼管打設時に若干見られたものの、薬液注入によりほぼ止水できた。他に地山からの湧水はほとんど見られなかった。

これは注入材の効果の他に、透水性の高い砂岩が断片的にレンズ状に狭在していた事と、地山を緩める事無く施工できたからだと思われる。

4. 2 計測結果

上下半掘削後の内空変位は、最も土被りの小さい 186km130m 地点において、天端沈下 28mm・内空変位 52mm といずれも管理レベル内で施工することが出来た。

地表面沈下においては切羽到達 2D 程度手前から見られ、最大箇所でも 20mm で収束している。(下半・インバート施工後) また、掘削による地すべりの誘発も無く、傾斜計もほとんど変位を示さなかった。これらは AGF 工法による天端安定効果・薬液注入による止水効果が発揮された結果と、掘削作業において、切羽の状況に応じて鏡吹付・一次吹付の早期実施、慎重な施工を行った結果であると思われる。

表-1 AGF 鋼管からの湧水量

施工箇所	打設時の湧水量
①シフト	43.0 L/min
②シフト	56.0 L/min
③シフト	55.0 L/min
④シフト	39.0 L/min
⑤シフト	10.0 L/min

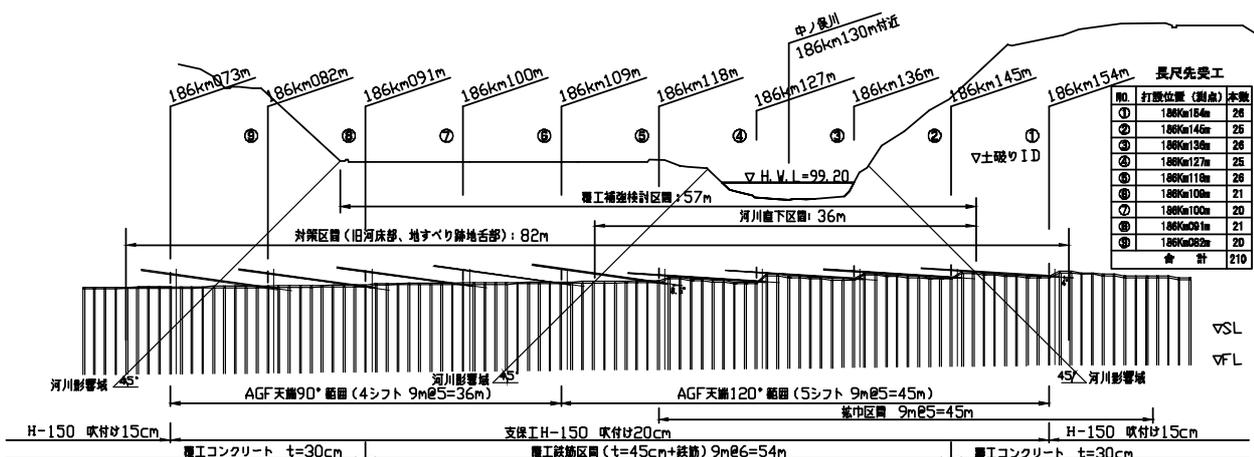


図-4 中ノ俣 補助工法全体縦断図

5 まとめ

当現場では、河川直下、低土被り、地すべり跡地などの複数の特殊性が複合していたが、安全かつ周辺環境に影響を及ぼす事無くトンネル掘削を完了することが出来た。

特殊条件下での施工では、先ず施工上の問題点や課題を整理し、特殊工法や支保機能に求める目的および要求性能を明確化すること、また、補助工法の選定に際しては、その耐荷機構やメカニズムを正しく理解することが重要である。本報告が同種工事計画の参考になれば幸いである。

最後に、本工事の施工にご協力いただいた鉄道・運輸機構並びに関係各位に対して、深く感謝の意を表します。

参考文献

ジェオフロンテ研究会 アンブレラ工法分科会：注入式長尺先受工法技術資料，2002.11.27

振動騒音に配慮した鋼管杭の打設

株式会社新潟藤田組 建設部工事所長 佐藤 裕一

1 はじめに

本工事は信濃川より分流する関屋分水路河口左岸先端部の日本海に面した場所に位置し、完成より30年以上を経た護岸構造物は、護岸矢板の腐食による土砂の流失により上部ブロック張の陥没と波返し部の空洞化が発生し危険なため、護岸構造物の取壊し・再構築を目的として発注された工事です。

施工にあたり護岸基礎工の鋼管杭は、当初バイブロハンマ（WJ併用）工法の設計でしたが試験施工の結果、新潟市条例の振動基準値を上回り、近接住宅への家屋被害が発生する恐れが生じたため、協議を行い振動・騒音に配慮した圧入工法へと変更になりました。

2 工事概要

護岸延長 L = 45 m

- ・河川土工 1式
- ・護岸基礎工 1式 (鋼管矢板 $\phi 1100$, L = 17.5 m - 32本)
(鋼管矢板 $\phi 1400$, L = 20.5 m - 11本)
(笠コンクリート工、重防食対策工)
- ・護岸工 1式 (ブロック張工、波返工、羽口工)
- ・根固め工 1式 (根固めブロック、袋詰玉石、帆布敷設)
- ・沈床工 1式 (粗朶沈床 721 m²)
- ・構造物撤去工 1式
- ・天端道路復旧工 1式

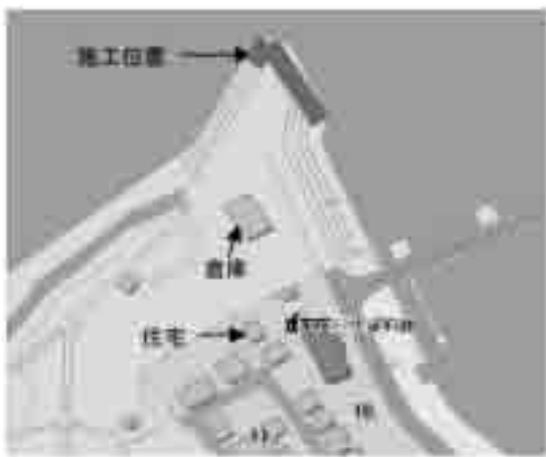


図-1 施工位置図

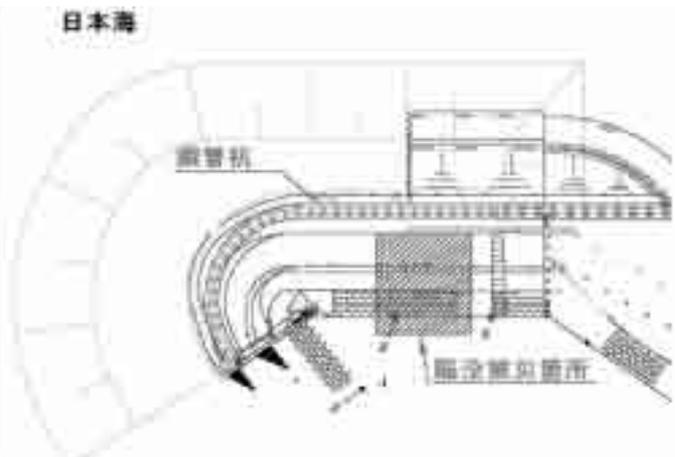


図-2 平面図

3 問題点と対応策

鋼管杭試験施工の結果による振動は78 dBとなり、新潟市条例の基準値である75 dBを超えたためバイブロハンマ工法での施工が不可能になったことで、圧入工法を提案し協議を行った結果

工法の変更となりました。

鋼管径φ1000以上の施工機械は国内に何台有るのか。また、当工事の工程に合致するのかが問題でした。施工機械の稼働状況を確認したところ、φ1100対応の鋼管パイラー（φ1000～φ1200に適応）は国内に8台有り、すぐに手配可能と判明しました。しかし、φ1400対応の鋼管パイラー（φ1300～φ1500に適応）については国内に1台しかなく、しかも稼働中とのことで、稼働現場完了と当工事の工程との間に1週間程度のズレが生じることがわかりました。

工程の調整期間が1～2週間程度であればφ1100圧入完了後、継手処理及び鋼管内掘削の作業を行う工程を先行させることで問題を解決しました。

4 鋼管矢板圧入工法の特徴

4.1 鋼管圧入工法とは

主に市街地施工での振動・騒音などの公害を発生しない環境性に優れた工法で、強固な壁体を構築するものです。その他、経済的に見ても従来工法に比べ規模の大きな仮設工事を必要としないため、工費が削減される工法であると思います。しかし、今回の工事のように鋼管径がφ1000以上で仮設工事を伴わないとなると、以下2点の問題が発生しました。

- ①施工機械の台数が少ないため、工程に影響を及ぼす場合がある。特にφ1400に対応する機械は国内に1台しかないため、工事が重なると待ち時間が生じる。φ1400クラスの圧入工事が全国レベルでも少なく、施工機械が普及していない。
- ②当初から仮設工事が無い場合、比較する工法によっては工費が増大する。当工事はバイプロハンマ工法からの変更。

4.2 工法比較からの特徴

当初設計のバイプロハンマ工法と比較し以下の4項目に特徴が見られます。

4.2.1 施工性

- ①定規・導材の設置・撤去が不要で時間を短縮できる。
- ②圧入トン数や水平・鉛直度の制御装置により、今までの勘に頼る施工ではなく、出来形精度が向上する。

4.2.2 環境性

- ①静荷重圧入方式のため、無振動・無騒音で施工できる。
- ②広い作業スペースを必要としない。(バイプロハンマ・導材等を置くスペースがいない)

4.2.3 安全性

- ①クレーン作業は基本的に鋼管を圧入機にセットするだけでよいので、施工時における安全性が向上する。
- ②圧入機操作はラジコンで行うので、安全な場所からの操作が可能。
- ③杭をしっかり掘む構造なので転倒の心配がない。

4.2.4 経済性

- ①当工事は仮設工事がなく施工費だけの比較のためコストは大幅に増大したが、近接住宅に家屋被

害等もなく完了出来たので、単純に施工費だけで判断出来ない部分もある。

5 鋼管圧入施工フロー写真



施工－1 鋼管パイラー組立状況



施工－2 鋼管建込み状況



施工－3 鋼管圧入状況



施工－4 圧入完了

6 おわりに

滅多に経験出来ない大口径の鋼管圧入工法を経験することが出来ました。圧入工法にて施工することで、施工性・環境性・安全性が共に向上し満足のいくものが得られたと思っています。日本海に面した厳しい現場環境条件（冬期の時化による影響）のもと、作業工程においては作業不可能日などもあり大変苦勞しましたが、関係各位皆様から多大なご協力をいただき、近接住宅に被害を与えることなく工事完了できたことを一番嬉しく思っています。

グレーチングストッパー S P の小型化と各種適用事例

丸運建設（株） 舗道部 高橋 紘樹
 ○ 丸運建設（株） 舗道部 中村 利明
 エコシビックエンジ（株） 窪田 順典

1. はじめに

平成11年の首都高速道路や一般国道34号で発生した人身事故以降、全国の道路や駐車場等では、グレーチング蓋の跳ね上がりや浮き上がりに起因する事故が顕在化している。近年では100枚以上の大量盗難という事件も含め、これらに関する事故は引き続き発生しており、道路利用者に対する安全・安心の沿道環境の提供、道路管理者としての管理・施設瑕疵対策は急務となっている。

これらの社会背景を受け、弊社では平成13年に並目グレーチング蓋を対象に跳ね上がり防止の専用金具「グレーチングストッパー I・II・III型」を共同開発し、全国の国道を中心に採用され、地方道等でも多くの設置実績を納めている。

また、平成16年にはバリアフリー対策として市街地で多く使用されている細目グレーチング蓋にも対応でき、跳ね上がり防止だけでなくガタツキによる騒音防止や盗難防止対策としても有効な専用金具「グレーチングストッパー S P（以後、G S T - S P と記す）」を共同開発している。

今回は、従来の専用金具で対応が困難であった溝幅300mm未満の小型側溝や枒等に設置されているグレーチング蓋の跳ね上がりや浮き上がり及び騒音防止を目的に、G S T - S P を小型・軽量化し、同等の機能、性能を持った専用金具「グレーチングストッパー S P ミニ（以後、S P ミニと記す）」（写真-1）を新たに開発した。

本報告は、その特徴や性能試験及び道路管理者より要望のあった橋梁・高架部の排水枒や円形水路に設置したグレーチング蓋の跳ね上がり防止等、特殊箇所での適用事例についても併せて報告するものである。

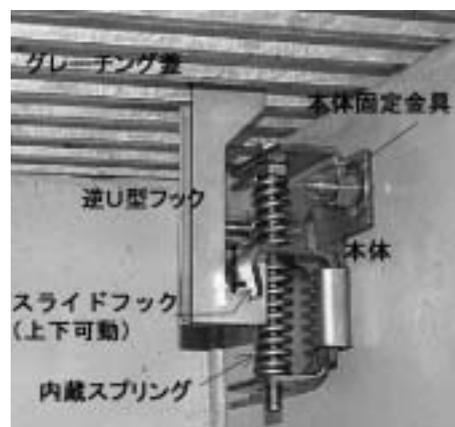


写真-1 グレーチングストッパーSPミニ

2. 跳ね上がり力について

跳ね上がり力は、駐車場や乗入れ等の小型U字溝で多く使用されているエンドアングル付グレーチング蓋（アングル幅4cm）を対象に跳ね上がり時の検討モデルを想定し、G S T - S P 同様の試算を行っている。

試算条件として、自動車荷重は一般的なエンドアングル付グレーチング蓋の適用最大荷重（T-14）以下としている。また、車両走行による作用力は条件の厳しい横断荷重とし、鋼橋における衝撃係数を用いて試算を行い、専用金具としての目標強度を求めている。

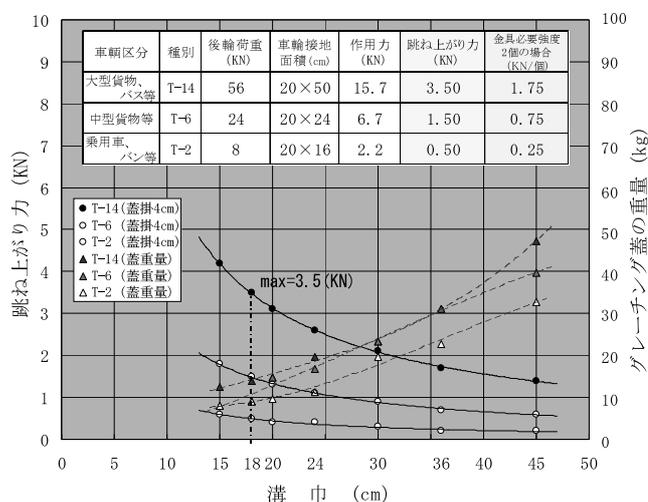


図-1 溝巾と跳ね上がり力の試算（横断荷重）

一般的な跳ね上がり力は、溝巾250mmの落し蓋式道路側溝の場合、最大7.0KN (T-25) という試算結果が示されている。¹⁾ これと同様に試算すると、溝巾 180mm の小型U字溝の場合、最大 3.5KN (T-14) の結果となる。T荷重の適用が小さいため、跳ね上がり力も小さくなるが、溝巾が狭いほど跳ね上がり力は増加する傾向が見られ、グレーチング蓋自体の重量も軽くなるため、より跳ね上がりやすいと考えられる。跳ね上がり力の試算結果を図-1に示す。

3. グレーチングストッパーSPの小型化と性能

SPミニは、主に小型のU字溝や枒等を対象に新規開発したものである。GST-SP (シングル) 本体とスライドフックの形状、内蔵スプリングの位置および仕様などの設計変更により小型化をしている。

GST-SP (シングル) を基準に比較すると、正面積で約35%の小型化、重量で約20%の軽量化がなされている。これにより、従来品で対応できなかった小型U字溝 180mm のエンドアングル付グレーチング蓋から設置が可能となる。表-1及び写真-2にGST-SP各種の製品比較を示す。

表-1 グレーチングストッパーSPの製品比較

型式及び呼び名		正面積 (cm ²)	断面積 (cm ²)	重量 (g)	部品数 (個)	高さ (cm)	幅 (cm)
グレーチングストッパーSP	ダブル	107	22	509.9	6	12.8	11.5
	シングル			476.3	10		
グレーチングストッパーSP (小型タイプ)	SPミニ	69	22	381.4	6	10.8	10.8
	SSP	44	11	232.7	5	6.6	8.0

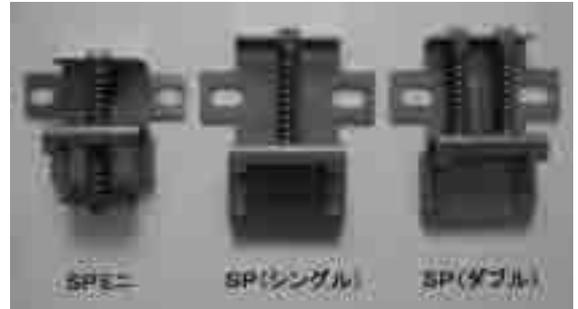


写真-2 グレーチングストッパーSPの各製品

3.1 SPミニの特徴

SPミニは、GST-SP同様、細目(並目も可)グレーチング蓋の既設、新設を問わず種々の道路側溝

や街渠枒に対応できる固定式の専用金具で、通行車両によるグレーチング蓋の跳ね上がりや集中豪雨等による浮き上がりを原因とする事故の防止及び管理・施設瑕疵の対策としても有効である。

構造上、内蔵スプリングの力でグレーチング蓋を固定していることから、跳ね上がり防止だけでなく蓋のガタツキによる騒音の防止対策としても効果を発揮する金具である。

従来型技術の「ボルト固定式」への更新対策に比較して、既設のグレーチング蓋をそのまま利用でき、コスト縮減や廃材発生抑制につながるものである。また、設置作業は容易で、交通規制時間の短縮や掃除・点検等の維持管理作業の向上にも寄与でき、専用治具(SPリフトと称す)のみによる取付け・取外しのため、盗難防止にも効果を発揮する製品である。なお、防錆対策として部材の全てを厚さ3mmのステンレス製(規格SUS304)としている。

3.2 SPミニの構造と仕組み

SPミニは既設の道路側溝や街渠枒のコンクリート内壁とアンカープラグによって固定された本体のスライドフックと逆U型フックによってグレーチング蓋を連結固定する構造である。グレーチング蓋上を通行する車両の繰返し衝撃力や跳ね上がり力が作用すると、スライドフックの可動とスプリング反発力により、直接作用する場合に比較して衝撃が緩和され、金具の金属疲労軽減や耐久性の向上及びグレーチング蓋や枒、側溝等の破損を防ぐ効果も有している。図-2にSPミニの構造模式図を示す。



図-2 SPミニの構造模式図

4. SPミニの各種性能試験

表-2 最大引張り試験結果

SPミニの跳ね上がり防止金具としての耐力、信頼性及び耐久性を実証するために、引張り試験及び打撃・耐久性試験等を実施した。以下に各種試験結果を示す。

型 式	G S T-S P		G S T-S P (小型タイプ)	
	シングル	ダブル	S P ミニ	S S P
最大引張り力 (KN/個)	7.54	7.30	6.05	7.49

4.1 引張り強度試験

グレーチング蓋の跳ね上がり力は、溝巾180mmの小型U字溝の場合、最大3.5KN(T-14)の試算結果となっている。室内における引張り強度試験より、SPミニの最大引張り力は平均で6.05KNとなり、金具に変形は見られたが、破断等は無く、跳ね上がり力に対する十分な耐力を確認した。

表-3 打撃・耐久性試験結果

型 式	G S T-S P		S P ミニ	
	シングル	ダブル	細目グレーチング蓋 (一般)	細目グレーチング蓋 (切下げ型)
種 類				
打撃回数(万回)	50	75	100	100
アンカー、ナットの緩み、 スプリングのへたり等	無し	無し	無し	無し
金具の亀裂、変形、 ねじれ等	無し	無し	無し	無し

G S T-S P 各種の最大引張り力を表-2に示す。

4.2 打撃・耐久性試験

SPミニ取付け後のグレーチング蓋上部を通行車両のタイヤが繰返し通過することを想定し、試験ヤードにて土木用締固め機を用い、ゴム板を敷いて打撃・耐久性試験を実施した。打撃回数は目標100万回とし、試験中は4万回毎にナットの緩みや金具の亀裂・変形等の状態を目視観察した。一般的な細目グレーチング蓋及び切下げ型細目グレーチング蓋(積雪寒冷地域やバリアフリー箇所のフルフラット化に対応)のいずれも目標回数では、金具の亀裂、変形、スプリングのへたり等は見られず、十分な耐久性を確認した。SPミニの打撃・耐久性試験結果及び状況を表-3、写真-3に示す。



写真-3 SPミニの打撃・耐久性試験状況

4.3 騒音・振動調査

SPミニ設置時の騒音低減効果を確認する為、ガタツキ音の出ている市道および駐車場通路において騒音・振動調査を実施した。測定は「環境騒音・振動の表示・測定方法(JIS-Z-8731・8735)」に準拠し、設置前・後のグレーチング蓋上部を普通車両が走行する間の測定とした。設置後はいずれの箇所も「ガシャン!ガシャン!」という不快な金属音は聞こえなくなり、等価騒音レベルで6.9~8.2dBの低減効果が見られた。騒音・振動調査の状況を写真-4、概要と結果を表-4に示す。



写真-4 騒音・振動調査の状況

表-4 騒音・振動調査の概要と結果

測定条件	高崎市の市道 (高崎市石原町)		駐車場の通路 (新潟市新光町)	
	測定日時(天候)	平成18年1月27日(晴れ)	平成18年6月10日(くもり)	
溝・グレーチングの形状	排水樹2箇所、大型グレーチング蓋(1200mm×800mm・2分割)・4枚		横断240型U字側溝、エンドアングル付グレーチング蓋(240mm×500mm)・5枚	
SPミニの設置個数	4個設置/グレーチング蓋1枚		2個設置/グレーチング蓋1枚	
測定結果	等価騒音レベル (L _{Aeq})	振動レベルパワー平均 (L _{eq})	等価騒音レベル (L _{Aeq})	振動レベルパワー平均 (L _{eq})
① 設置無し(dB)	76.4	46.7	67.5	33.5
② SPミニ設置(dB)	68.2	42.4	60.6	33.0
低減効果(差) ②-①(dB)	-8.2	-4.3	-6.9	-0.5

5. SPミニの小型化について

現在、SPミニと同等の機能、性能を保有し、更なる小型化を目標とした「Small SP（以後、SSPと記す）」を引き続き開発している。小型化による適用箇所の拡大や部材の減少に伴う製造コストの削減などが期待できる跳ね上がり防止専用金具である。GST-SPの特徴である使用部材の圧縮コイルバネをねじりコイルバネに変更し、スライドフックの上下可動を回転可動に変えることにより、本体の形状変更、部材面積や部品数等の削減により更なる小型化を実現している。大きさ、重量等は従来のGST-SPに比較して約1/2以下（表-3参照）で、同等の引張り強度（表-4参照）を有している製品（写真-5・左側）である。

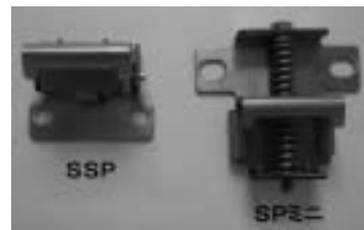


写真-5 開発中の Small SP

6. グレーチングストッパーの各種設置事例

6.1 橋梁・高架部他における設置事例

道路管理者から要望があった橋梁・高架部における排水柵グレーチング蓋への設置事例を写真-6に示す。これは、グレーチングストッパーⅢ型の受け金具を改良し、鋼製の排水柵側壁に固定したものである。このほか、円形水路上に掛かる狭小グレーチング蓋を対象にグレーチングストッパーⅠ型とⅡ型の金具を改良し組合せて設置した事例もある。



写真-6 橋梁・高架部

6.2 小型U字溝及び街渠柵の設置事例

SPミニを用いたものとしては、小型U字溝上のエンドアングル付グレーチング蓋を対象に設置した事例（写真-7）や円形水路の街渠柵の内壁面が斜めのため、スペーサを装着してSPミニを設置可能とした事例（写真-8）もある。



写真-7 小型U字溝

上記のように各種グレーチングストッパーは、金具の一部改良や組合せにより一般的な側溝や街渠柵のほか、特殊な事例にも対処できる金具である。ただし、設置にあたっては事前の十分な調査が必要である。



写真-8 街渠柵（円形水路）

7. おわりに

道路の付属施設であるグレーチング蓋は道路や駐車場等多くの箇所で使用されており、これらの跳ね上がりによる事故を未然に防ぎ、安全な道路環境を構築することは維持管理の一項目として重要な課題と思われる。今回開発したグレーチング蓋の跳ね上がり防止金具であるSPミニ及びグレーチングストッパー各種の製品が供用下の道路における安全・安心技術の一つとして寄与できれば幸いである。今後、SPミニの実路での長期耐久性の確認やSSPの各種性能試験を行い、適用範囲の広いより安全な製品開発に努めていきたい。

最後に、SPミニを開発するにあたり設置・試験場所の提供等、ご協力頂きました高崎市道路建設課、柵キタック及び柵ダイクレのみなさまに感謝の意を表します。

〈参考文献〉1) 高橋紘樹 他：「細目グレーチング蓋対応・・・グレーチングストッパー-SP」の開発について

第10回北陸道路舗装会議 報文集（2006.6）

2) 高橋紘樹 他：「グレーチングストッパー」の開発について、H17建設技術報告会 報文集（2005.10）

交通渋滞等がドライバーに与えるストレス把握調査

開発技建株式会社 調査部次長 白澤 晃

1 はじめに

近年のモータリゼーションの進展により、交通事故や交通渋滞の増加など、多くの社会問題を引き起こしている。これまで交通渋滞の弊害は、旅行速度の低下による経済損失や道路環境の悪化などの面を重視してきたが、交通渋滞がドライバーに対して与えているストレスも計り知れないものがある。

本稿は、平成 14 年度に新潟国道事務所で開催した、運転中のドライバーのストレスが、交通状況や道路構造によってどのように変化し、どのような運転挙動をするか等を定量的に把握するため、GSR (Galvanic Skin Response: 皮膚電気反応) 測定機器を搭載した試験車両による実走行調査について報告するものである。

2 GSR の概要

人の皮膚に電気を通すと、汗腺細胞膜の内外に膜電位による抵抗が生じ、ほぼ一定の電気伝導度を保つ。また、人に突然の環境変化や精神的な同様を与えると、汗腺細胞が一時的に興奮し、手のひらや足の裏、耳の裏などに精神性発汗と呼ばれる発汗が生じる。この精神性発汗の要因 (ストレス) が突然生じると、発汗により皮膚の電気抵抗が一時的に低下するため、それまでほぼ一定を保っていた電気伝導度が高くなる。

これを GSR と言い、GSR 測定はこの性質を利用して、被験者の皮膚に微弱な電流を流し、心理的な変化に伴って発生する微小な電気抵抗を計測することにより、被験者の動揺を客観的に評価しようとするものである。

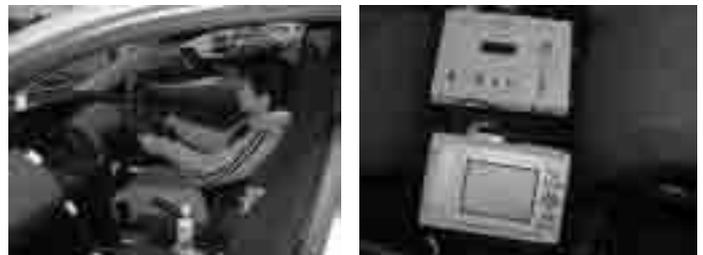


写真-1 GSR 測定機器

3 調査の概要

実走調査には、GSR 測定と同時に、測定車にビデオカメラを設置し、走行状況及びアクセル・ブレーキの操作状況と走行速度を記録し、GSR 測定データとの整合により評価した。

なお、被験者、調査日、調査路線・区間は以下のとおりとした。

- ・被験者: 50 代、70 代男性と 30 代女性の 3 名
- ・調査日: 平成 14 年 11 月 5、6 日
- ・調査路線・区間: 図-1 に示した新新・新潟・新潟西・亀田バイパス、一般国道 116 号、及び日東道、北陸道を対象とした。



図-1 調査路線・区間

4 調査結果

4.1 渋滞による GSR 反応

調査結果の一例として、新発田 IC から高山 IC までの区間において、朝ピーク時と日中平常時の GSR 測定結果と走行速度を図-2 に示す。バイパス部では、円滑に走行している状態と渋滞時で GSR の変化に大きな差が生じていることが分かる。渋滞時における GSR 発生の特徴的要因は、立体交差構造のバイパス部では、それまでの走行速度が高く、車間距離も十分に確保していないケースが多いことから、渋滞による急激な減速がドライバーにとって精神的負担が大きいものと考えられる。また、渋滞時のバイパスでは、低速での発進・停車を繰り返し、車間距離の調節や発進・停車の運転動作が頻繁になることも要因として挙げられる。

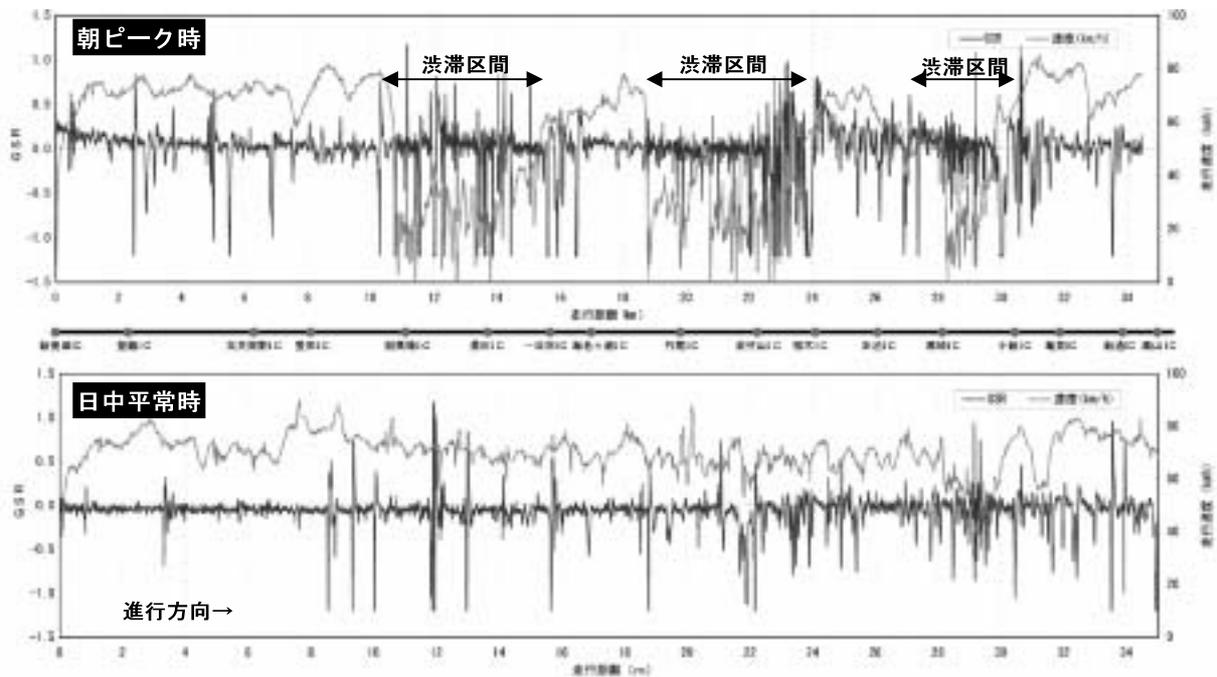


図-2 走行速度と GSR 反応

4.2 100m 当たりの負荷総量の評価

実走調査結果から、ドライバーに与えている精神的負荷について、負荷総量として整理した。

負荷総量とは、一定の距離を移動する際に受ける負荷の評価を、波形変動幅とその密度の要素を加えた負荷総量としている。また、その評価方法は GSR 反応の電気伝導度をプラス電極に置換し、移動距離あたりの電気伝導度変化の総和を求め、これを移動距離あたりの負荷総量として、100m 単位走行当たりの負荷総量を sta (stress total amount) と規定した。

4.2.1 新新・新潟・新潟西バイパスにおける GSR 反応

図-2 と同一区間における GSR 反応を図-3 に示す。

- ①調査開始直後の加速及び本線合流 500m 区間を除く 10km ほどは渋滞が発生していない。このため、sta も比較的小さい。
- ②競馬場 IC 手前付近から一日市 IC 付近までの渋滞発生区間では、それまでの sta の約 4 倍程度ま

で増加している。

- ③一日市 IC から竹尾 IC 手前までは渋滞が解消しているため、sta は一時的に低下している。
- ④竹尾 IC から桜木 IC 付近にかけて再び渋滞が発生しており、sta が高くなっている。また、この渋滞区間においては、紫竹山 IC 付近から sta が極めて高くなっている。これは、紫竹山 IC 付近での分合流や車線変更する車両が多く、交錯することが影響していると考えられる。
- ⑤小新 IC 手前付近の渋滞区間においても、非渋滞区間よりも sta は高い値となっている。
- ⑥平常時においては、競馬場 IC、紫竹山 IC、新潟西 IC にやや高い反応はみられるものの、朝ピークに比べて sta は低い数値となっている。

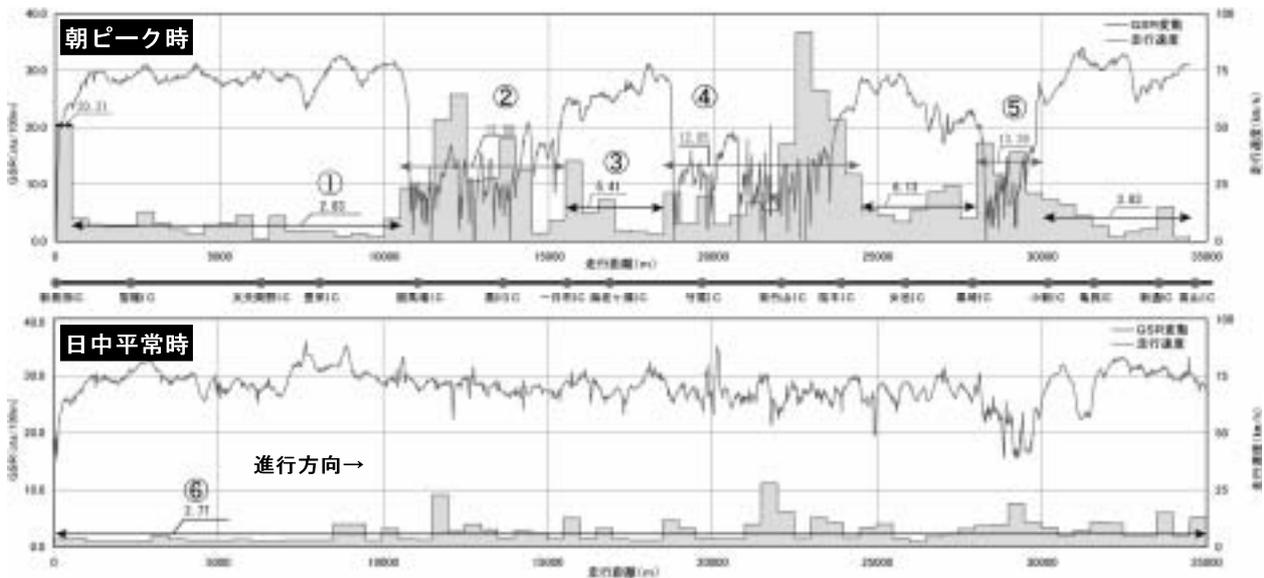


図-3 バイパス走行時の GSR 反応

4.2.2 亀田バイパス走行及び側道からの合流時における GSR 反応

一般国道 49 号亀田バイパス鶺の子 IC～紫竹山交差点及び、姥ヶ山ガードレール開口部流入～紫竹山交差点の GSR 反応を図-4 に示す。

鶺の子 IC～紫竹山交差点では、鶺の子 IC での本線合流付近、姥ヶ山 IC 合流部手前付近、紫竹山交差点付近で、若干の変動がみられるものの、突出した変動はみられない。

一方、姥ヶ山ガードレール開口部流入～紫竹山交差点間では、ガードレール開口部から本線合流時に極めて高い負荷を示しており、本線合流時においては、通常のバイパス走行の 10 倍以上の精神的負荷が生じている。

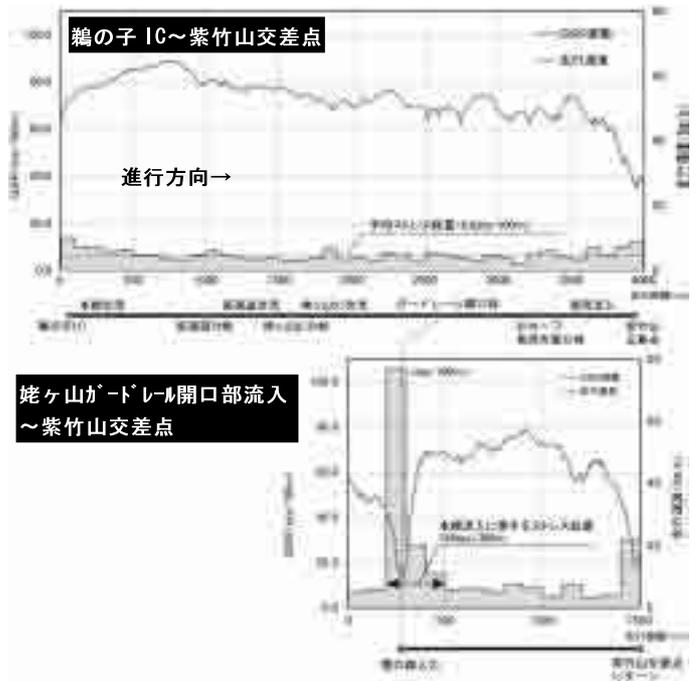


図-4 亀田バイパス走行時の GSR 反応

4.2.3 高速道路区間における GSR 反応（日東道・北陸道）

高速道路における車線数別の GSR 反応を図-5 に示す。聖籠新発田 IC～豊栄 SA にかけて、一部区間を除いて暫定 2 車共用、豊栄 SA～新潟西 IC にかけては完成 4 車線となっている。

2 車区間と 4 車区間での GSR 反応を比較すると、4 車区間よりも 2 車区間の方が全体的に GSR 反応が高く、ドライバーが受ける負担が高いことが示されている。また、その内訳をみると 2 車から 4 車、または 4 車から 2 車への車線数変動時に高い GSR 反応が発生しており、ドライバーにとって負担となっていると考えられる。

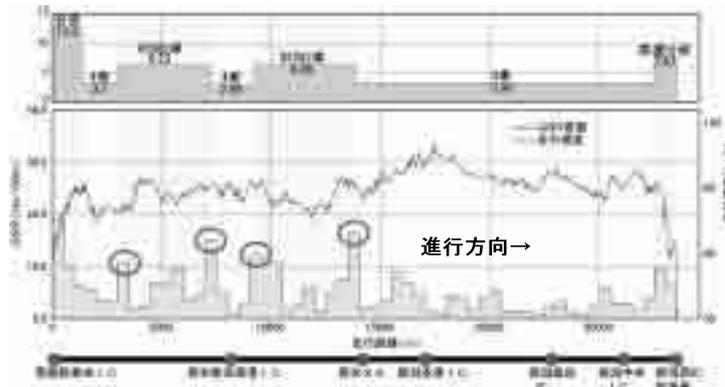


図-5 高速道路における車線別 GSR 反応

4.2.4 調査結果のまとめ

交通渋滞や道路構造等がドライバーに与える精神的負荷の把握手法として、GSR を用いた実走調査を行った。この結果、運転時に受ける精神的負荷は交通状況や道路構造に大きな影響を受けていることを示している。

- ① 渋滞時においては、前方車両の挙動の確認や低速での発進・停車の連続的な運転操作から、通常時よりも GSR 反応が大きく、精神的負荷を受けていることを示している。
- ② 道路構造の違いにおいては、本線合流時と合流地点通過時において、GSR 反応に差が生じており、物理的な危険性のみならず、精神的にも負荷が掛かっていることを示している。
- ③ 高速道路においては、一般道よりも全体的に精神的負荷の度合いは低いですが、中央分離帯のない対面走行では、GSR 反応が大きく生じており、高速走行における対面通行の問題を示している。

5 今後の課題

① GSR 反応の個人差

GSR 測定は人体反応を対象としているため、GSR 反応には個人差が生じることが予想される。このため、測定には年齢・性別などに偏りがないように複数の被験者を用いる必要がある。

② GSR 反応値の評価方法

ドライバーに適度な精神的負荷を与えることは、安全性の確保に繋がる。この適度な負荷と安全性・快適性を損なう過度の負荷を評価する定義が必要と考えられる。

6 おわりに

現在、道路整備効果の費用便益分析のうち、交通事故の削減効果を検証する場合、調査期間は事故データが蓄積される 2～3 年程度必要である。しかし、この GSR 測定調査により、道路整備の事前・事後におけるドライバーのストレス度を計測・比較することにより、安全・快適性等の効果を短期間で検証が可能であると考えられる。

歩道用アスファルト系弾性舗装「ソフトウォーク」

大成ロテック(株) 本社 技術研究所 係長 ○青木 政樹
北陸支社 技術部 部長 佐藤 育正

1 はじめに

近年、急速に少子高齢化が進む中で、高齢者や障害者等の弱者に優しい歩行空間が求められている。このような背景から、健常者はもとより弱者や車椅子が通行しやすく、万が一転んでも怪我をしにくいような衝撃吸収性を備えた廉価な歩道用弾性舗装「ソフトウォーク」を開発した。

従来の技術としては、弾性材料のゴムチップをウレタンなどの樹脂系バインダで固めた歩道用弾性舗装が多く開発されている。しかし、これらの舗装は衝撃吸収性や弾力性などの機能性や、景観性に優れるものの、樹脂系バインダの材料費が高く、さらには、現場での混合および人力施工を主体とするため、1日の施工数量が少ないことから、初期投資費用が高価になるケースが多い。

そこで、バインダにアスファルトを用い、通常のアスファルトプラントでの製造や舗装用機械での施工を可能にすることで、材料費、施工費を比較的安価としながらも、樹脂系の歩道用弾性舗装と同程度の機能・性能を付与することができた。

本報では、ソフトウォークの概要、配合設計例および基本物性例について述べ、現場に適用した施工例について報告する。

2 ソフトウォークの概要

ソフトウォークは、歩行者や車椅子の供用性および転倒時の安全性を考慮した衝撃吸収性と、適度なすべり抵抗性および透水機能を有した廉価な歩道用アスファルト系弾性舗装である。

2.1 舗装断面

舗装断面を図-1に示す。なお、基本的には車両の通行を想定していないが、管理用車両程度の乗り入れや、通行者が多い場合は、基層に透水性アスファルト混合物を設ける断面とする。

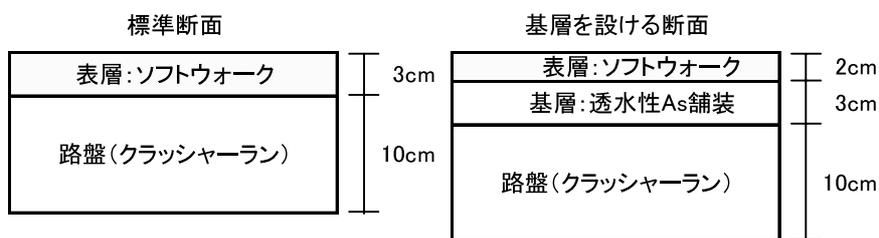


図-1 舗装断面

2.2 使用材料および混合物の配合例

当該混合物は、ゴムチップと天然骨材を特殊アスファルトバインダで混合した表層用材料である。使用するゴムチップは、アスファルトとの付着性に優れたリサイクル材を使用した。使用材料および混合物の配合例を表-1に示す。

表-1 使用材料および混合物の配合例

材料	ゴムチップ	天然骨材	特殊アスファルト(外添加)
容積配合(%)	20	80	8.5(質量%)
最大粒径	3mm	4.75mm	—

2. 3 目標性能

2. 3. 1 衝撃吸収性

高齢者や障害者の転倒による怪我の危険性を低減する路面の柔らかさと、歩行しやすく車椅子の走行性を阻害しない硬さの双方を満足する衝撃吸収性を得るため、床の硬さ試験 (JIS A 6519) によって求まる衝撃加速度を評価指標とし、図-2 に示す衝撃加速度の範囲¹⁾ を目標性能とした。

床の硬さ試験とは、加速度計を貼り付けた重さ 3.85kg のヘッドモデル(人間の頭部を模したものを) 20cm の高さから厚さ 8mm のゴム板が置かれた測定点に自由落下させ、衝突時の衝撃加速度(G) から衝撃吸収性を評価するものである(写真-1 参照)。なお、衝撃加速度は、舗装の衝撃吸収性能が高いほど小さくなる。

2. 3. 2 すべり抵抗性および透水性

雨天時にも安心して快適に通行できることを目標に、一般の透水性歩道舗装と同等のすべり抵抗性および透水性を目標とした (BPN 値: 40 以上、現場透水量: 300ml/15s 以上)²⁾。

3 配合設計例

アスファルトをバインダに用いた場合、ゴムチップとの付着性が懸念されたため、骨材飛散抵抗性試験³⁾ を考案し、アスファルトとゴムチップの付着性を評価し、最適アスファルト量を選定する。

当該試験は、5kg の治具を供試体に載せながら回転させることによって供試体表面にせん断力を発生させるものである。試験条件を表-2 に、試験状況を写真-2 に示す。

ゴムチップの配合量を容積比で 10%、20%、30%とした 3 配合について、アスファルト量を変え、当該試験を実施し、骨材飛散量が変曲点を示すアスファルト量を最適アスファルト量とする(図-3 参照)。図の例では、ゴムチップの容積比 10%、20%、30%配合の最適アスファルト量は 6.0%、8.5%、9.0%になる。なお、いずれ

評価項目	衝撃加速度(G)					
	50	60	70	80	90	100
転倒しても比較的安全な範囲						
歩行しやすい範囲						
車椅子が走行しやすい範囲						
安全で快適に走行できる適正な共通範囲			72G		91G	

図-2 目標とする衝撃加速度の範囲

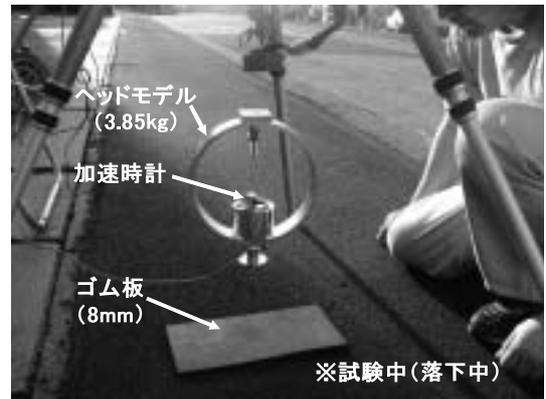


写真-1 床の硬さ試験状況

表-2 骨材飛散抵抗性試験条件

載荷重量	治具回転速度		治具接地面積	養生方法
	自転	公転		
5kg	117rpm	35.5rpm	13cm×1cm	60°C7日水浸

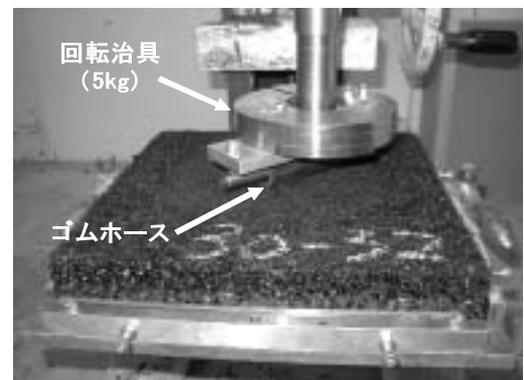


写真-2 骨材飛散抵抗性試験状況

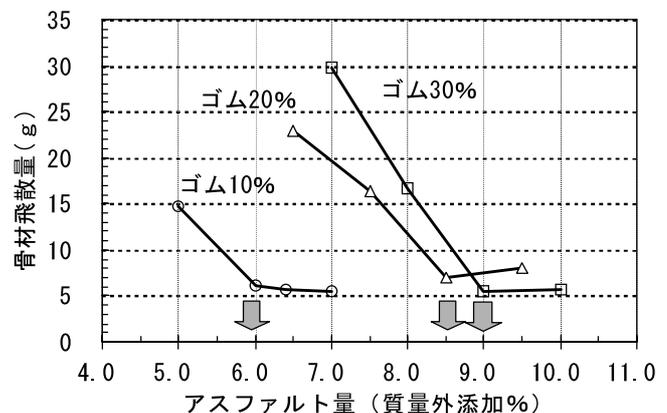


図-3 最適アスファルト量の選定例

の配合も現場透水量 300ml/15s 以上の透水性を満足している。

4 標準配合の選定

最適アスファルト量を選定した前記の3配合について床の硬さ試験を実施し、衝撃吸収性を確認した。なお、試験に用いた供試体は、縦横30cm、厚さ10cmの路盤上に当該混合物を3cm厚さで舗設したものである。床の硬さ試験結果を図-4に示す。当該混合物はアスファルトをバインダとしているため、供試体温度によって衝撃加速度の値が変化したが、表面温度5℃～60℃の範囲で、目標とする硬さの範囲をほぼ満足しているゴム20%を標準配合とした。

5 基本物性例

標準配合供試体の基本物性測定例を表-3に示す。また、衝撃吸収性能を評価するもう一つの方法として、弾力性試験⁴⁾を実施した結果を図-5に示す。図より、当該混合物はSB係数が1～2と小さく、GB係数も9～30と小さいことから、反発が低く衝撃吸収性が高いクレイ系の舗装に近い弾力性を示すことを確認した。

6 施工例

6.1 施工概要

表-4の施工概要に示すソフトウオークの人力および機械による施工例を紹介する。

6.2 混合物製造

混合物の製造では、加熱骨材にゴムチップと顔料(ベンガラ)を常温で投入し、40秒間のドライミキシング後、バインダを添加し、60秒間ウェットミキシングを行った。排出温度は180℃程度である。製造直後の混合物の温度分布は均一で、バインダのダレや色むらもなく、混合性は良好であった。

6.3 人力施工の例

当該施工例は、勾配20%程度のスロープでの適用である。混合物を一輪車で小運搬し、人力敷き直しおよびプレートのみでの転圧であったが、夏季のため、施工に適する混合物温度が確保でき、施工は順調であった。施工状況を写真-3に示す。

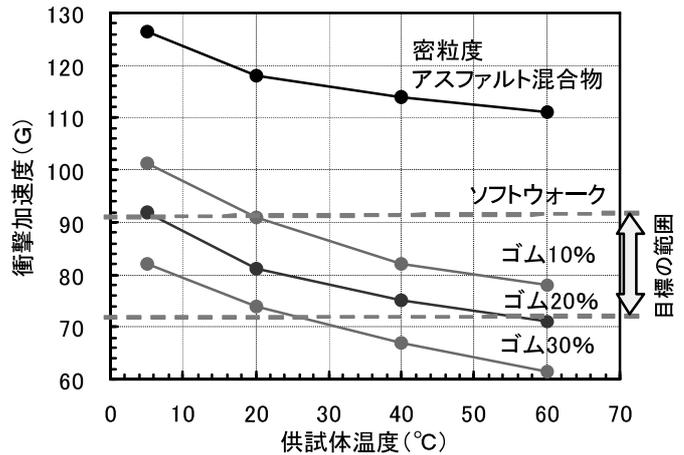


図-4 床の硬さ試験結果

表-3 基本物性例

項目	単位	測定値	社内目標値
基準密度	(g/cm ³)	1.76	—
空隙率	(%)	20	—
現場透水量	(ml/15秒)	800	300以上
すべり抵抗値	(BPN)	50	40以上
床の硬さ	(G、5～60℃)	71～92	72～91

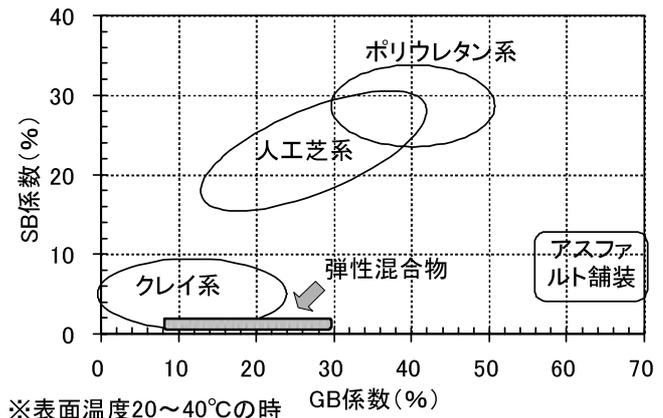


図-5 弾力性試験結果

表-4 施工概要

施工方法	人力施工	機械施工
時期	2005年7月	2006年1～3月
場所	徳島県池田町(病院)	福岡県筑後市(新設公園)
断面	厚さ3cm(con版上)	厚さ3cm(路盤or密粒上)
数量	35m ² (勾配20%スロープ)	1,800m ² (3箇所合計)
対象	歩行者・電動車椅子	歩行者・自転車・管理用車両
配合	標準配合(ゴム20%・ベンガラ色)	
転圧	プレート	4t コンバインドローラ、0.5t ハンドガイドローラ

6. 4 機械施工の例

当該施工例は、1月から3月にかけての寒冷期で、混合物運搬時間が1.5時間程度を要する悪条件であった。混合物の運搬時には保温シートを2重に被せるなどの保温対策をし、迅速な施工を心掛けた。その結果、混合物温度がそれほど低下せず、施工性は概ね良好であった。施工状況を写真-4に、完了状況を写真-5に示す。

7 まとめ

- ① お年寄りや車椅子の供用性および転倒時の安全性に配慮した衝撃吸収性（床の硬さ試験による衝撃加速度が72~91G）をほぼ満足し、適度なすべり抵抗性および透水性を有する歩道用アスファルト系弾性舗装「ソフトウォーク」を開発できた。
- ② リサイクルゴムチップとアスファルトバインダを使用し、通常のアスファルトプラントでの製造および舗装機械での施工を可能にすることで、弾性舗装としては安価でありながら、樹脂系の歩道用弾性舗装と同程度の機能・性能を付与することができた。
- ③ 実施工の結果、アスファルトプラントでの混合性、人力および機械施工による施工性は共に良好で、施工後の表面性状、透水性および供用性も良好であった。

8 おわりに

健全者のもとより、お年寄りや障害者が安心して安全・快適に通行できる歩行空間を比較的安価に提供できることを目標に、アスファルト系弾性舗装「ソフトウォーク」を開発した。本技術が福祉やバリアフリーに少しでも貢献できれば幸甚である。



写真-3 人力施工状況（徳島県）



写真-4 機械施工状況（福岡県）



写真-5 施工完了状況（福岡県）

【参考文献】

- 1) 鍋島益弘、山田優：高齢者・身体障害者のための歩行者系弾性舗装における適正な硬さ範囲、舗装、V. 35-7、pp15~19、2000.7
- 2) (社)日本道路協会：舗装設計施工指針、pp112,113、2001.12
- 3) 青木政樹、加納孝志、小林秀行：特殊アスファルトバインダを用いたゴムチップ弾性舗装の開発、第25回日本道路会議論文集、(社)日本道路協会、論文番号0979、2003.11
- 4) (社)日本道路協会：舗装試験法便覧 別冊、pp34~38、1996.10

■主催 平成18年度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
北陸地方整備局／新潟県／富山県／石川県／東日本高速道路(株)新潟支社
中日本高速道路(株)金沢支社／(社)日本土木工業協会北陸支部
(社)日本道路建設業協会北陸支部／(社)建設コンサルタンツ協会北陸支部
(社)日本建設機械化協会北陸支部／(社)新潟県建設業協会／(社)富山県建設業協会
(社)石川県建設業協会／北陸土木コンクリート製品技術協会
(社)プレストレスト・コンクリート建設業協会北陸支部／北陸PC防雪技術協会
新潟県融雪技術協会／(財)新潟県建設技術センター／北陸地質調査業協会
(社)日本埋立浚渫協会北陸支部／(社)北陸建設弘済会

平成18年度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/>