

建設の施工企画 **3**

2013 MARCH No.757 JCMMA

軟弱泥土の再資源化



新しい建設材料 特集

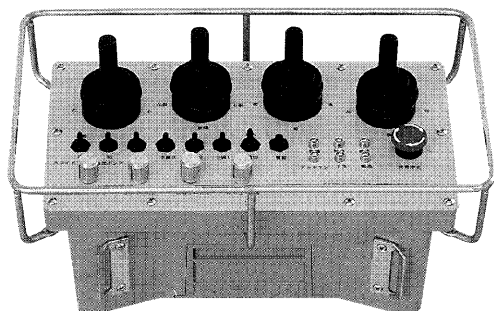
- コンクリート補修材料の標準化
- ハイブリッド有機繊維コンクリートによる道路橋床版補強工法
- 生分解性吸水高分子ゲルを用いたコンクリートの初期養生
- 海水練りコンクリート技術の各種構造物への適用
- 高靱性セメント系複合材料ECC
- 排水・湿潤連続養生によるコンクリートの耐久性向上技術の開発
- 低炭素セメントを使用した半たわみ性舗装
- 柔軟なアスファルト混合物を用いた凍結抑制舗装
- 軟弱泥土を高機能性地盤材料に再資源化
- 建設発生土の有効利用技術
- 樹脂の膨張力でコンクリート床版の沈下を修正
- コンクリートの新補修材料

一般社団法人 日本建設機械施工協会

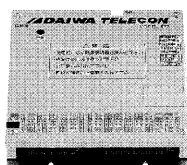
建設機械用
無線操作装置

ダイワテレコン

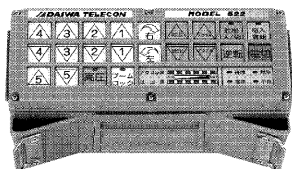
あらゆる仕様に対応
指令機操作面はレイアウトフリー



ダイワテレコン 572 ※製作例 比例制御 4本レバー仕様



受令機



ダイワテレコン 522

《新電波法技術基準適合品》

- スイッチ・ジョイスティック・その他、混在装備で最大操作数驚異の**96CH**。
- コンパクトな指令機に業界最大**36**個の押しボタンスイッチ装着可能。
- 受令機の出力はオープンコレクタ（標準）リレー・電圧（比例制御）又は油圧バルブ出力仕様も可能。
- 充電は急速充電方式（一△V検出+オーバータイム付き）
- その他、特注品もお受けいたします。お気軽にご相談ください。

DAIWA TELECON

大和機工株式会社

本社工場 〒474-0071 愛知県大府市梶田町 1-171
TEL 0562-47-2167 (直通) FAX 0562-45-0005
ホームページ <http://www.daiwakiko.co.jp/>
e-mail mgclub@daiwakiko.co.jp
営業所 東京、大阪、他

ダム工事用コンクリート運搬テルハ（クライミング機能付）

重力式コンクリートダム等の新しいコンクリート運搬装置

コスト・安全・環境に配慮した最適な施工が行えます。

特長 ●コストパフォーマンスに優れる。

機械重量が比較的軽量で、構造がシンプルなので運搬能力に対して安価である。

●安全性に優れる

コンクリートバケットが堤体上空を横切らないので安全性に優れる。

●環境に優しい。

河床に設置されるので、ダム天端付近の掘削を少なくできる。

●大型機材の運搬も可能

専用吊り具で車両等の大型機材の運搬が可能。



吉永機械株式会社

〒130-0021 東京都墨田区緑4-4-3 TEL. 03-3634-5651
URL <http://www.yoshinaga.co.jp>

平成25年度建設機械施工技術検定試験の ご 案 内

平成25年度1・2級建設機械施工技術検定試験(建設業法に基づく建設機械施工技士の国家試験)を以下のとおり実施いたします。

この試験は、建設事業の建設機械施工に係る知識や技術力を問うものです。

なお、以下は概要です。詳しくは、当協会ホームページをご覧ください。又は電話によるお問合せをお願いします。

平成25年2月

国土交通大臣指定試験機関

JCMA 一般社団法人 日本建設機械施工協会

URL <http://www.jcmanet.or.jp>

1. 申込み方法

受検申込みに必要な用紙が添付されている「受検の手引」を当協会等(裏面の一覧表参照)から購入の上申込み願います。

販売期間：平成25年2月1日(金)から4月5日(金)

(但し、郵送での販売は3月29日(金)まで)

代 金：1級600円、2級500円(いずれも1組(申込用紙及び受検の手引)当たり)(なお、郵送希望の場合は送料共1級850円、2級750円(必ずゆうちょ銀行の定額小為替使用のこと))

2. 申込み受付期間

平成25年3月8日(金)から4月5日(金)まで

*簡易書留郵便とし、締切日(4月5日(金))までの消印のあるものが有効

3. 試験日

学科試験：平成25年6月16日(日)

実地試験：平成25年8月下旬から9月中旬

*実地試験は、学科試験合格者のみ受検でき、日程は8月上旬に通知いたします。

4. 受験手数料

1級学科試験：10,100円

2級学科試験：1種別につき10,100円(2種別は2倍)

1級実地試験：

操作施工法2科目と組合せ施工法の場合 27,800円

操作施工法1科目と組合せ施工法の場合 21,400円

組合せ施工法の場合のみ 15,000円

2級実地試験：1種別につき21,600円(2種別は2倍)

5. 受検資格

学歴等の資格区分に応じ概ね下表にあるような実務経験年数が必要となります。詳しくはお問合せ願います。

学歴等の資格区分		1級(必要な実務経験年数)	2級(必要な実務経験年数)
大 学	指 定 学 科	3 年 以 上	1 年 以 上
	指定学科以外	4 年 6 月 以 上	1 年 6 月 以 上
短 期 大 学 高等専門学校	指 定 学 科	5 年 以 上	2 年 以 上
	指定学科以外	7 年 6 月 以 上	3 年 以 上
高 等 学 校	指 定 学 科	1 0 年 以 上	3 年 以 上
	指定学科以外	1 1 年 6 月 以 上	4 年 6 月 以 上
上 記 以 外		1 5 年 以 上	8 年 以 上
資格取得者級	2 高等学校 指 定 学 科	通算 8 年 以 上	-
	指定学科以外	通算 9 年 以 上	-
	そ の 他	-	通算 1 2 年 以 上

①1級の実務経験には、上表記載の実務経験年数の内に、指導監督の実務経験か、専任の主任技術者としての必要な実務経験年数が1年以上含む必要があり、その証明も必要となります(尚、専任の主任技術者の場合、年数は短縮されます)。

②2級について、上表の実務経験年数は2種別の建設機械を受検する場合必要な年数を記載しています(1種別受検の場合、年数は短縮されます)。

③「指定学科」とは、この試験に関し大学、高等学校等における機械工学、土木工学、都市工学等専門的な分野の学科を言います。

*上記①②の短縮される年数と、③の指定学科の詳細については試験部までお問合せ願います。

6. 試験地

学科試験：北広島市(北海道)、仙台市、東京都、新潟市、名古屋市、大阪市、広島市、高松市、福岡市、那覇市

実地試験：石狩市、岩沼市、栃木県下都賀郡壬生町、秩父市、新潟市、小松市、刈谷市、明石市、小野市、広島市、善通寺市、福岡県糟屋郡須恵町、沖縄県国頭郡宜野座村

*それぞれの希望受験地を申込み時に選択していただきます。

*学科試験地及び実地試験地は、会場の都合で変更する場合があります。

*受検する建設機械の種類により、実地試験地が制限されます。

7. 試験の種別と使用機械等

この試験は、学科試験と実地試験により行われ、学科試験に合格した方が実地試験を受検できます。

(1) 学科試験

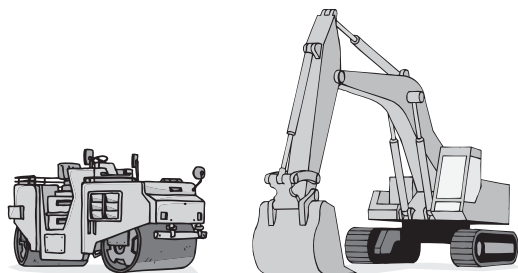
1級：択一式と記述式により、土木工学、建設機械一般、法規、各種別の機械に関する一般的知識を問います。

2級：択一式により、共通科目として土木工学、建設機械一般、法規等の概略的知識と、選択種別の知識を問います(1種～6種の内、偶数・奇数の組合せであれば、1回の試験で最大2種別まで受検可能です)。

(2) 実地試験

1級：6種別に区分された建設機械施工法の内から、申込み時に選択した2種別の機械を運転操作する試験(2級で合格した種別の数だけ免除があります)と、記述式の試験(学科試験日に実施します)を行います。

2級：学科合格種別の機械で運転操作の試験を行います。



試験機械区分	種別	試験使用機械
トラクタ系機械操作施工法	第1種	ブルドーザ
ショベル系機械操作施工法	第2種	油圧ショベル
モータ・グレーダ機械操作施工法	第3種	モータ・グレーダ
締固め機械操作施工法	第4種	ロードローラ
舗装用機械操作施工法	第5種	アスファルト・フィニッシャー
基礎工事用機械操作施工法	第6種	アースオーガ
建設機械組合せ施工法	-	記述式の試験(1級のみ)

◆ 問合せ先、「受検の手引」請求先一覧表 ◆

名 称	所 在 地	電 話 番 号
※一般社団法人日本建設機械施工協会 試 験 部	〒105-0011 東京都港区芝公園3-5-8 機械振興会館2階 (URL http://www.jcmanet.or.jp)	03-3433-1575
※ 同 北海道支部	〒060-0003 北海道札幌市中央区北3条西2-8 さつけんビル5階	011-231-4428
※ 同 東北支部	〒980-0802 宮城県仙台市青葉区二日町16-1 二日町東急ビル5階	022-222-3915
※ 同 北陸支部	〒950-0965 新潟県新潟市中央区新光町6-1 興和ビル9階	025-280-0128
※ 同 中部支部	〒460-0002 愛知県名古屋市中区丸の内3-17-10 三愛ビル5階	052-962-2394
※ 同 関西支部	〒540-0012 大阪府大阪市中央区谷町2-7-4 谷町スリースリースビル8階	06-6941-8845
※ 同 中国支部	〒730-0013 広島県広島市中区八丁堀12-22 築地ビル4階	082-221-6841
※ 同 四国支部	〒760-0066 香川県高松市福岡町3-11-22 建設クリエイティブビル4階	087-821-8074
※ 同 九州支部	〒812-0013 福岡県福岡市博多区博多駅東2-8-26 第3白水駅東ビル6階	092-436-3322
※ 一般社団法人沖縄しまたて協会	〒901-2122 沖縄県浦添市勢理客4-18-1 トヨタマイカーセンター4階	098-879-2097
同 北部支所	〒905-1152 沖縄県名護市字伊差川24-1	0980-53-1555

※印は郵送販売を行っている箇所



ご注意

最近、当協会が行うこの技術検定の申込み手続きの代行業務やまぎらわしい名前の講習等の勧誘を行う民間団体がありますが、当協会とは関係がありません。当協会は、電話等により直接勧誘又は案内を行っておりませんし、他の機関に受付等の業務の一部を依頼することはありません。この技術検定の申込み、問合せは、ご本人が直接当協会に行ってください。

国土交通大臣指定試験機関

JCMA 一般社団法人日本建設機械施工協会

URL <http://www.jcmanet.or.jp>

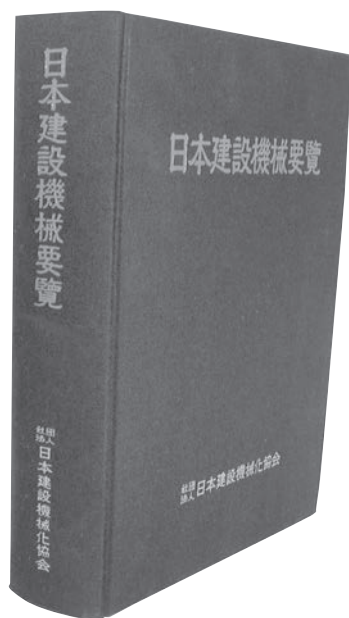
2013年版 日本建設機械要覧

ご案内

本協会では、国内における建設機械の実態を網羅した『日本建設機械要覧』を1950年より3年ごとに刊行し、現場技術者の工事計画の立案、積算、機械技術者の建設機械のデータ収集等に活用頂き、好評を頂いております。

本書は、専門家で構成する編集委員会の審査に基づき、良好な使用実績を示した国産および輸入の各種建設機械、作業船、工事用機械等を選択して写真、図面等のほか、主要緒元、性能、特長等の技術的事項、データを網羅しております。購読者の方々には欠かすことのできない実務必携書となるものと確信しております。

なお、本書が刊行されるまでの期間、予約特価（当協会の本部・支部に直接購入申込される方のみ）にて予約募集致しますので、この機会に是非申し込み下さいますようご案内申し上げます。



体 裁

B5判、約1250頁／写真、図面多数／表紙特製
平成25年3月末発刊

価 格

価格は次の通りです（消費税5%含む）

会 員 43,050円（本体41,000円）

非会員 51,450円（本体49,000円）

（注）送料は1冊1,050円となります。（複数の場合別途）

「会 員」・・・本協会の会員または、官公庁、
学校等公的機関

「非会員」・・・上記以外

予約特価（予約締切 平成25年3月15日）

会 員 37,800円（本体36,000円）

非会員 46,200円（本体44,000円）

（注）送料は1冊1,050円となります。（複数の場合別途）
価格には消費税5%が含まれております。

特 典

2013年版日本建設機械要覧購入の方への特典として、当協会が運営するWebサイト（要覧クラブ）上において2001年版、2004年版、2007年版及び2010年版日本建設機械要覧のPDF版が閲覧及びダウンロードできます。これによって2013年版を含めると1998年から2012年までの建設機械データが活用いただけます。

2013年版 内容目次

- | | | |
|-----------------|-----------------|-------------------|
| ・ブルドーザおよびスクレーパ | ・骨材生産機械 | ・高所作業車、エレベータ、 |
| ・掘削機械 | ・環境保全およびリサイクル機械 | リフトアップ工法、横引き工法 |
| ・積込機械 | ・コンクリート機械 | および新建築生産システム |
| ・運搬機械 | ・モータグレーダ、路盤機械 | ・空気圧縮機、送風機およびポンプ |
| ・クレーン、インクラインおよび | および締固め機械 | ・原動機および発電・変電設備等 |
| ウインチ | ・舗装機械 | ・建設ロボット、情報化機器、ウォー |
| ・基礎工事機械 | ・維持修繕・災害対策機械 | タジェット工法用機器、CSG工法 |
| ・せん孔機械およびブレイカ | および除雪機械 | 用設備、タイヤ、ワイヤロープ、検 |
| ・トンネル掘削機および設備機械 | ・作業船 | 査機器等 |

◆ 購入申込書 ◆

一般社団法人 日本建設機械施工協会 行

☐ 予約購入

日本建設機械要覧 2013年版	冊
-----------------	---

上記図書を申込み致します。平成 年 月 日（予約締切 平成25年3月15日）

官 公 庁 名 会 社 名			
所 属			
担当者氏名	TEL		
	FAX		
住 所	〒		
送 金 方 法	銀行振込 ・ 現金書留 ・ その他（ ）		
必 要 事 項	見積書（ ）通 ・ 請求書（ ）通 ・ 納品書（ ）通 （ ）単価に送料を含む、（ ）単価と送料を2段書きにする（該当に○） お願い：指定用紙がある場合は、申込書と共に送付下さい		

◆ 申込方法 ◆

①官公庁：FAX（本部、支部共）

②民 間：（本部へ申込）FAX

（支部へ申込）現金書留のみ（但し会員はFAX申込可）

※北海道支部はFAXのみ

※沖縄の方は本部へ申込

（注）関東・甲信・沖縄地区は本部へ、その他の地区は最寄の下記支部あてにお申込み下さい。

[お問合せ及びお申込先]

本 部	〒105-0011 東京都港区芝公園3-5-8 機械振興会館	TEL 03 (3433) 1501 FAX 03 (3432) 0289
北海道支部	〒060-0003 札幌市中央区北三条西2-8 さっけんビル	TEL 011 (231) 4428 FAX 011 (231) 6630
東 北 支 部	〒980-0802 仙台市青葉区二日町16-1 二日町東急ビル	TEL 022 (222) 3915 FAX 022 (222) 3583
北 陸 支 部	〒950-0965 新潟市中央区新光町6-1 興和ビル	TEL 025 (280) 0128 FAX 025 (280) 0134
中 部 支 部	〒460-0002 名古屋市中区丸の内3-17-10 三愛ビル	TEL 052 (962) 2394 FAX 052 (962) 2478
関 西 支 部	〒540-0012 大阪市中央区谷町2-7-4 谷町スリースリースビル	TEL 06 (6941) 8845 FAX 06 (6941) 1378
中 国 支 部	〒730-0013 広島市中区八丁堀12-22 築地ビル	TEL 082 (221) 6841 FAX 082 (221) 6831
四 国 支 部	〒760-0066 高松市福岡町3-11-22 建設クリエイトビル	TEL 087 (821) 8074 FAX 087 (822) 3798
九 州 支 部	〒812-0013 福岡市博多区博多駅東2-8-26 第3白水駅東ビル	TEL 092 (436) 3322 FAX 092 (436) 3323

ご記入いただいた個人情報は、お申込図書の配送・支払い確認等の連絡に利用します。また、当協会の新刊図書案内や事業活動案内のダイレクトメール（DM）送付に利用する場合があります。

（これらの目的以外での利用はいたしません）当協会のプライバシーポリシー（個人情報保護法方針）は、ホームページ（http://www.jcmanet.or.jp/privacy_policy.htm）でご覧いただけます。

当協会からのダイレクトメール（DM）送付が不要な方は、下記口欄にチェック印を付けてください。

☐ 当協会からの新刊図書案内や事業活動案内のダイレクトメール（DM）は不要

増刷出来 !!

建設施工における地球温暖化対策の手引き

当協会では地球温暖化問題を学び、建設施工における本問題を理解し、実践するための必携書として、これらを簡潔に分かりやすく纏めた「建設施工における地球温暖化対策の手引き」を発刊しておりましたが好評を頂き御要望を多く頂いているため、この度急遽コピー版で増刷致しました。本書によって地球温暖化と建設施工における地球温暖化対策を理解し、建設現場での実践に役立てて頂きたく思います。

◇主な内容

- ・建設施工における工法、資材、建設機械及びその運転方法等について、CO₂の排出を削減するための一般的な対策手法や留意事項を示した。
- ・各工種の標準的な工法におけるCO₂排出量を算出すると共に、その排出量の削減が可能な対策と削減量を対策効果例として示した。
- ・国土交通省の土木工事積算システムにアクセスが多く、地球温暖化対策に関連する8工種を選定した。

◇掲載工種

土工／法面工／擁壁工／基礎工／仮設工（鋼矢板工）／道路舗装／トンネル工／橋梁工（参考資料のみ）

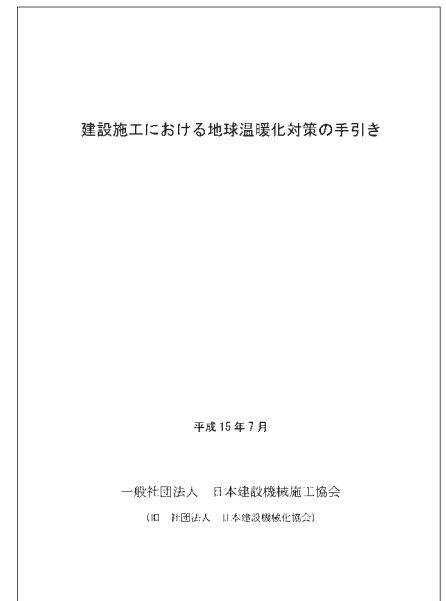
◇体裁・定価

A4判, 85頁

定価 会員 1,470円（本体1,400円）、送料600円

非会員 1,575円（本体1,500円）、送料600円

官公庁（学校関係を含む）は会員価格です。



「建設施工における地球温暖化対策の手引き」準拠 地球温暖化対策 省エネ運転マニュアル

本書は「建設施工における地球温暖化対策の手引き」に準拠して作成・発行したもので、地球温暖化対策を実施する際に稼働する建設機械の省エネ運転のための操作方法を、具体的に簡便にイラストを使って分かりやすく記載したものです。是非とも上の「手引き」と併せて利用下さい。

◇主な内容

基本事項、油圧ショベル、ブルドーザ、ホイールローダ、ローラ、ホイールクレーン、クローラクレーン、ダンプトラック、点検整備

◇体裁・定価

B5判, 50頁

定価 会員・非会員共 525円（本体500円）



増刷出来 !!

建設作業振動対策マニュアル

本書は地方自治体の環境担当者が実務的に施工現場で施工者に対して振動規制法の適切な執行を行い、振動防止指導や住民からの苦情に的確な処置がとれるようにすること、又建設工事の発注者あるいは施工者が適切に環境保全に対処した工事の計画・施工・管理を実施できるようにすること等を目的として作成しました。

しかし本書は平成6年の初版発行でありまして、その後なされた法規制の制定、改正等に対してその内容を十分に網羅していません。しかし建設作業における振動対策に係わっておられる方々から内容的に参考になる部分が多であるという事で、増刷の要請を多く頂き、当協会ではこの度増刷する事と致しました。是非とも下の当協会の姉妹書「建設工事に伴う騒音振動対策ハンドブック 第3版」とも併せて利用頂ければ幸甚でございます。

◇ 主な内容

- 第1章 建設作業振動の規制
- 第2章 建設作業に伴う公害振動の実態と対策の現況
- 第3章 届け出・苦情時の望ましい対応のあり方
- 第4章 振動の基礎及び測定・評価方法
- 第5章 地盤振動の伝搬と予測
- 第6章 建設工事と建設機械
- 第7章 現状と対策例
- 第8章 建設工事工程計画と工事振動予測例

◇ 体裁・定価

B5判, 360頁

定価 会員 5,400円(本体5,143円), 送料520円

非会員 6,000円(本体5,715円), 送料520円

官公庁(学校関係を含む)は会員価格です。



建設工事に伴う 騒音振動対策ハンドブック 第3版

本書は昭和52年に初版が発刊され、昭和62年に改訂されましたが、その後低騒音型建設機械の指定制度の発足及びその大幅な普及など建設機械の低騒音化・低振動化が進むとともに、高流動化コンクリート工法、超高周波振動杭打ち機など低騒音・低振動化技術の進展が著しいので、そのような最新技術と最新データを盛り込んで平成13年に第3版改訂版を発刊致しました。

◇ 主な内容

- 第1章 建設工事と公害
- 第2章 現行法令
- 第3章 調査・予測と対策の基本
- 第4章 現地調査

◇ 取り上げた工種

土工、運搬工、岩盤掘削工、基礎工、土留め工、コンクリート工、舗装工、鋼構造物工、構造物とりこわし工、トンネル工、シールド・推進工、軟弱地盤処理工、仮設工、定置機械(空気圧縮機、発動発電機)

◇ 体裁・定価

B5判, 330頁

定価 会員 5,880円(本体5,600円), 送料600円

非会員 6,300円(本体6,000円), 送料600円

官公庁(学校関係を含む)は会員価格です。



平成24年度 建設施工と建設機械シンポジウム論文集・梗概集

- 発 刊： 平成24年10月26日
- 本の体裁： A4判 モノクロ 約250ページ CD-ROM 付き
- 価格(税込)： 2,000円
- 送料(単価)： 600円(沖縄県を除く日本国内)

※ 複数発注の場合は、送料単価を減額します。

■ 内 容

本協会では事業活動の一環として、毎年、建設機械と施工法に関する技術の向上を図ることを目的に日頃の研究・開発の成果を発表する「建設施工と建設機械シンポジウム」を開催しており、今年度は平成24年11月7、8日に機械振興会館にて行われました。

この論文集・梗概集には、「災害、防災、復旧・復興」、「ICTの利活用」、「品質確保とコスト縮減」、「環境保全・省エネルギー対策」、「安全対策」、「維持・管理・補修」の6分野について産学官の皆さんからの応募論文38編のほか、ポスターセッション10編の発表内容や施工技術総合研究所の研究報告4編、さらには本協会の研究開発助成の成果報告2編も掲載されております。

◆ 日本建設機械施工協会『個人会員』のご案内 ◆

会 費 : 年間 9,000円

個人会員は、日本建設機械施工協会の定款に明記されている正式な会員で、本協会の目的に賛同され、建設機械・施工技術に関心のある方であればどなたでも入会頂けます。

★個人会員の特典

- 「建設の施工企画」を機関誌として毎月お届け致します。(一般購入価格 1冊840円/送料別途)。
「建設の施工企画」では、建設施工や建設機械に関わる最新の技術情報や研究論文、本協会の行事案内・実施報告などのほか、新工法・新機種の紹介や統計情報等の豊富な情報を掲載しています。
- 協会発行の出版図書を会員価格(割引価格)で購入できます。
- シンポジウム、講習会、講演会、見学会等、最新の建設機械・建設機械施工の動向にふれることができる協会行事をご案内するとともに、会員価格(割引価格)で参加できます。

今後、続々と個人会員の特典を準備中です。この機会に是非入会下さい!!

◆ 一般社団法人 日本建設機械施工協会について ◆

一般社団法人 日本建設機械施工協会は、建設事業の機械化を推進し、国土の開発と経済の発展に寄与することを目的として、昭和25年に設立された公益法人です。国土交通省および経済産業省の指導監督のもと、建設の機械化に係わる各分野において調査・研究、普及・啓蒙活動を行い、建設の機械化や施工の安全、環境問題、情報化施工、規格の標準化案の作成などの事業のほか、災害応急対策の支援等による社会貢献などを行っております。今後の建設分野における技術革新の時代の中で、より先導的な役割を果たし、わが国の発展に寄与してまいります。

一般社団法人 日本建設機械施工協会とは…

- 建設機械及び建設機械施工に関わる学術研究団体です。(特許法第30条に基づく指定及び日本学術会議協力学術研究団体)
- 建設機械に関する内外の規格の審議・制定を行っています。(国際標準専門委員会の国内審議団体(ISO/TC127、TC195、TC214)、日本工業規格(JIS)の建設機械部門原案作成団体、当協会団体規格「JCMAS」の審議・制定)
- 建設機械施工技術検定試験の実施機関に指定されています。(建設業法第27条)
- 災害発生時には会員企業とともに災害対応にあたります。(国土交通省各地方整備局との「災害応急対策協定」の締結)
- 附属機関として「施工技術総合研究所」を有しており、建設機械・施工技術に関する調査研究・技術開発にあたっています。また、高度な専門知識と豊富な技術開発経験に基づいて各種の性能試験・証明・評定等を実施しています。
- 北海道から九州まで全国に8つの支部を有し、地域に根ざした活動を展開しています。

■会員構成

会員は日本建設機械施工協会の目的に賛同された、個人会員(個人:建設施工や建設機械の関係者等)、団体会員(法人・団体等)ならびに支部団体会員で構成されており、協会の事業活動は主に会員の会費によって運営されています。

■主な事業活動

- ・学術研究、技術開発、情報化施工、規格標準化等の各種委員会活動。
- ・建設機械施工技術検定試験の実施。
- ・機関誌「建設の施工企画」をはじめ各種技術図書・専門図書の発行。
- ・建設機械と施工技術展示会“CONET”の開催。除雪機械展示会の開催。
- ・シンポジウム、講習会、講演会、見学会等の開催。海外視察団の派遣。 etc.

■主な出版図書

- ・建設の施工企画(月刊誌)
- ・日本建設機械要覧
- ・建設機械等損料表
- ・建設機械図鑑
- ・建設機械用語集
- ・地球温暖化対策 省エネ運転マニュアル
- ・建設施工における地球温暖化対策の手引き
- ・建設機械施工安全技術指針本文とその解説 etc.

その他、日本建設機械施工協会の活動内容はホームページでもご覧いただけます！

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

※お申し込みには次頁の申込用紙を使用してください。

【お問い合わせ・申込書の送付先】

一般社団法人 日本建設機械施工協会 個人会員係

〒105-0011 東京都港区芝公園3-5-8 機械振興会館

TEL:(03)3433-1501 FAX:(03)3433-0401

一般社団法人 日本建設機械施工協会会長 殿

下記のとおり、日本建設機械施工協会個人会員に入会します。

平成 年 月 日

個人会員入会申込書		
ふりがな		生年月日
氏名 (自署)		大正 昭和 平成 年 月 日
機関誌の送付先	A. 勤務先 B. 自宅 (ご希望の送付先に○印で囲んで下さい。) ※「勤務先」に送付の場合は下記(A)の項目に、「自宅」に送付の場合は下記(B)の項目にご記入下さい。	
(A) 勤務先名		
(A) 所属部課名		
(A) 勤務先住所	〒 TEL _____ E-mail _____	
(B) 自宅住所	〒 TEL _____ E-mail _____	
その他 連絡事項	平成 年 月より入会	

【会費について】年間 9,000円

- 会費は当該年度前納となります。年度は毎年4月から翌年3月です。
 - 年度途中で入会される場合であっても、当該年度の会費として、全額をお支払い頂きます。
 - 会費には機関誌「建設の施工企画」の費用(年間12冊)が含まれています。
 - 退会のご連絡がない限り、毎年度継続となります。退会の際は必ず書面にてご連絡下さい。
- また、住所変更の際はご一報下さるようお願い致します。

【その他ご入会に際しての留意事項】

- 個人会員は、定款上、本協会の目的に賛同して入会する個人です。○入会手続きは本協会会長宛に入会申込書を提出する必要があります。
- 会費額は総会の決定により変更されることがあります。○次の場合、会員の資格を喪失します: 1.退会届が提出されたとき。2.後見開始又は保佐開始の審判をうけたとき。3.死亡し、又は失踪宣言をうけたとき。4.1年以上会費を滞納したとき。5.除名されたとき。○資格喪失時の権利及び義務: 資格を喪失したときは、本協会に対する権利を失い、義務は免れます。ただし未履行の義務は免れることはできません。○退会の際は退会届を会長宛に提出しなければなりません。○拠出金の不返還: 既納の会費及びその他の拠出金品は原則として返還いたしません。

【個人情報の取扱について】

ご記入頂きました個人情報は、日本建設機械施工協会のプライバシーポリシー(個人情報保護方針)に基づき適正に管理いたします。本協会のプライバシーポリシーは http://www.jcmanet.or.jp/privacy_policy.htm をご覧下さい。

一般社団法人日本建設機械施工協会 発行図書一覧表（平成 24 年 11 月現在）

発行年月	図 書 名	税込価格	会員価格	送料
H24 年 9 月	道路除雪オペレータの手引	3,000	2,000	600
H24 年 5 月	よくわかる建設機械と損料 2012	5,460	4,620	450
H24 年 5 月	大口径岩盤削孔工法の積算 平成 24 年度版	5,880	5,000	450
H24 年 5 月	橋梁架設工事の積算 平成 24 年度版	8,400	7,140	600
H24 年 4 月	平成 24 年度 建設機械等損料表	7,700	6,600	600
H23 年 4 月	建設機械施工ハンドブック 改訂 4 版	6,300	5,350	700
H22 年 10 月	アスファルトフィニッシャの変遷	3,150		400
H22 年 10 月	アスファルトフィニッシャの変遷【CD】	3,150		400
H22 年 7 月	情報化施工の実務	2,100	1,800	400
H22 年 3 月	日本建設機械要覧 2010 年版	51,450	43,050	1,050
H21 年 11 月	情報化施工ガイドブック 2009	2,310	2,100	400
H20 年 6 月	写真でたどる建設機械 200 年	2,940	2,490	450
H20 年 2 月	除雪機械技術ハンドブック	3,000		600
H18 年 2 月	建設機械施工安全技術指針・指針本文とその解説	3,360	2,800	450
H17 年 9 月	建設機械ポケットブック（除雪機械編）	1,000		250
H16 年 12 月	2005「防雪・除雪ハンドブック」（除雪編）	5,000		530
H15 年 7 月	道路管理施設等設計指針（案）道路管理施設等設計要領（案）	3,360		600
H15 年 7 月	建設施工における地球温暖化対策の手引き	1,575	1,470	600
H15 年 6 月	道路機械設備 遠隔操作技術マニュアル（案）	1,890		600
H15 年 6 月	機械設備点検整備共通仕様書（案）・機械設備点検整備特記仕様書作成要領（案）	1,890		600
H15 年 6 月	地球温暖化対策 省エネ運転マニュアル	525		250
H13 年 2 月	建設工事に伴う騒音振動対策ハンドブック	6,300	5,880	600
H12 年 3 月	移動式クレーン、杭打機等の支持地盤養生マニュアル	2,600	2,300	390
H11 年 10 月	機械工事施工ハンドブック 平成 11 年度版	7,980		600
H11 年 5 月	建設機械化の 50 年	4,200		600
H11 年 5 月	建設機械図鑑	2,625		600
H10 年 3 月	大型建設機械の分解輸送マニュアル	3,780	3,360	600
H9 年 5 月	建設機械用語集	2,100	1,890	600
H8 年 11 月	Construction Mechanization in Japan 1997	3,150		420
H7 年 4 月	最近の軟弱地盤工法と施工例	9,800	9,300	800
H6 年 4 月	建設作業振動対策マニュアル	6,000	5,400	520
H6 年 6 月	ジオスペースの開発と建設機械	8,000	7,500	500
H5 年 8 月	道路除雪ハンドブック	5,200	4,800	420
S63 年 3 月	新編 防雪工学ハンドブック	10,500	9,450	520
S59 年 11 月	場所打ち杭設計施工ハンドブック	5,145	4,630	460
S59 年 2 月	建設機械整備ハンドブック（エンジン整備編）	6,510	5,859	520
S56 年 12 月	建設機械整備ハンドブック（基礎技術編）	8,400	7,560	520
S55 年 1 月	建設機械整備ハンドブック（管理編）	4,200	3,780	520
	建設機械履歴簿	400		250

購入のお申し込みは当協会 HP <http://www.jcmanet.or.jp/> の出版図書欄の「ご購入方法」の「図書購入申込書」をプリントアウトし、必要事項を記入してお申し込みください。

建設の施工企画

2013 年 3 月号 No. 757

目次

新しい建設材料 特集

3	巻頭言 建設材料に要求される性能とは？	睦好 宏史
4	コンクリート補修材料の標準化 海外の動向に学ぶ	片脇 清士
11	ハイブリッド有機繊維コンクリートによる道路橋床版補強工法 HFRC による橋梁床版補強工法	中村 好伸・岡部 次美・荒井 明夫
18	生分解性吸水高分子ゲルを用いたコンクリートの初期養生	竹中 寛
23	海水練りコンクリート技術の各種構造物への適用	新村 亮・久田 真・大即 信明
28	高靱性セメント系複合材料 ECC	橋本 学・坂田 昇・長谷川裕介
34	排水・湿潤連続養生によるコンクリートの耐久性向上技術の開発 Wcuring	宮原 茂禎・丸屋 剛・岸 利治
41	低炭素セメントを使用した半たわみ性舗装	村岡 克明・及川 義貴・小堺 規行
46	柔軟なアスファルト混合物を用いた凍結抑制舗装 アイス・インパクトの開発	清水 忠昭・粕谷 一明
50	軟弱泥土を高機能性地盤材料に再資源化 ボンテラン工法の原理と特徴	高橋 弘
56	建設発生土の有効利用技術 ハイグレードソイル	加藤 俊二・齋藤由紀子・稲垣由紀子・佐々木哲也
61	樹脂の膨張力でコンクリート床版の沈下を修正 短期間で沈下修正・空洞充填を行う ウレテック工法	亀倉 和彦・若城 太郎
66	コンクリートの新補修材料 見える材料・貼る材料	加藤 暢彦・松上 泰三・三村 典正
71	交流の広場 建設資材としての非鉄スラグ	栗栖 一之
79	ずいそう 仙台と高校とロック	橘 知久
80	ずいそう 最近思うこと	堀 具王
81	CMI 報告 橋梁伸縮装置に関する欧州技術動向調査報告	小野 秀一
87	部会報告 ISO / IEC 国際会議 (2013 年 1 月, 米国) 報告	小倉 公彦・藤本 聡
92	新工法紹介	機関誌編集委員会
94	新機種紹介	機関誌編集委員会
101	統計 建設工事受注額・建設機械受注額の推移	機関誌編集委員会
102	行事一覧 (2013 年 1 月)	
104	編集後記	(相田・藤島)

◇表紙写真説明◇

軟弱泥土の再資源化

写真提供:

東北大学大学院環境科学研究科 高橋弘研究室

平成 16 年 10 月 23 日に発生した新潟県中越地震では、

土砂崩れ等により芋川河道閉塞が生じ、大量の軟弱泥土が発生した。迅速な災害復旧のためには、現場までのアクセス道路をできるだけ早急に整備することが必要不可欠であったことから、軟弱泥土の再資源化に繊維質固化処理土工法が採用された。本工法により軟弱泥土が速やかに改良され、改良土は資材運搬路・仮設ヤード・国道 291 号迂回路に再利用された。

情報化施工により東日本大震災の復興を支援

施工部会情報化施工委員会(委員長:植木睦央 鹿島建設株式会社東京建築支店機材部)は、情報化施工を通じ災害に強く信頼性の高い復興事業を実現できるよう被災3県の施工者や発注者などを支援することとしました。

まずは、一般社団法人日本建設機械

施工協会のサイトに復興支援のためのホームページを立ち上げ、情報化施工に対する疑問や現場での困りごとについての相談にに応じていくこととしました。次に、復興事業において情報化施工を取り入れ、自社のレベルアップを図ろうと考える施工者を、被災3県の

中から募り、業務受注後から竣工までをトータルサポートしていくこととしています。

<http://www.jcmanet.or.jp/sekou/hukkou/index.html>

平成 25 年度 一般社団法人日本建設機械施工協会会長賞 ご案内

下記の通り、「一般社団法人日本建設機械施工協会会長賞」をご案内致します。

1. 表彰の目的

我が国の建設事業における建設機械及び建設施工に関連する技術等に関して、調査、研究、技術開発、実用化等により、その高度化に顕著な功績をあげたと認められる業績を表彰し、もって国土の利用、開発及び保全並びに経済及び産業の発展に寄与すること。

2. 表彰対象

本協会の団体会員、支部団体会員、個人会員又は関係者のうち表彰目的に該当する業績のあった団体、団体に属する個人およびその他の個人。

3. 表彰の種類

本賞(会長賞)、貢献賞および奨励賞

4. 応募

平成 25 年 1 月 31 日(締切済み)

5. 選考

本協会が設置した「一般社団法人日

本建設機械施工協会会長賞選考委員会」で選考致します。

6. 表彰式

本協会第2回通常総会(平成 25 年 5 月 29 日(水))終了後に行います。

詳細問い合わせ先:

一般社団法人日本建設機械施工協会
阿部

TEL: 03-3433-1501

FAX: 03-3432-0289

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

平成 25 年度建設機械施工技術検定試験

— 1・2 級建設機械施工技士 —

平成 25 年度 1・2 級建設機械施工技術検定試験を次の通り実施いたします。

この資格は、建設事業の建設機械施工に係る技術力や知識を検定します。(以下の記載内容は概略ですので、詳細は当協会ホームページを参照又は電話による問合せをしてください。)

1. 申込み方法

所定の受検申込み用紙に必要事項を

記載し、添付書類とともに郵送。

平成 25 年 2 月 1 日(金)から 4 月 5 日(金)まで、受検申込み用紙等を含む「受検の手引」一式を当協会等で販売します。

2. 申込み受付

平成 25 年 3 月 8 日(金)～4 月 5 日(金)

3. 試験日

学科試験:平成 25 年 6 月 16 日(日)

実地試験:平成 25 年 8 月下旬から 9 月中旬

詳細問い合わせ先:

一般社団法人日本建設機械施工協会
試験部

TEL: 03-3433-1575

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

欧州建設機械化視察団 団員募集

— bauma 2013 (ドイツ・ミュンヘン) —

建設機械および建設資材等の国際的な展示会“bauma 2013”がドイツ・ミュンヘンで開催されます。当協会ではこの機会に、世界最大規模の本展示会と、シュトゥットガルト／フランクフルトの工事現場等を視察する欧州建設機械化視察団を企画いたしました。

関係各位においては、国際的な建設

機械の動向をキャッチし、ヨーロッパの基盤整備状況を視察することにより、今後の事業展開に役立つものと思われれます。

期間:平成 25 年 4 月 14 日(日)～4 月 20 日(土) 5 泊 7 日

視察地:ミュンヘン、シュトゥットガルト、フランクフルト

参加費:365,000 円(空港税等別)

募集締切:平成 25 年 3 月 1 日(金) 済み

詳細問い合わせ先:

一般社団法人日本建設機械施工協会
鈴木 勝

TEL: 03-3433-1501

FAX: 03-3432-0289

巻頭言

建設材料に要求される性能とは？

睦 好 宏 史



建設材料と言えばすぐに思い浮かぶのはコンクリートと鉄ではないだろうか。「鉄は国家なり」と言われるように、鉄はあまり悪者にならないようであるが、コンクリートは「コンクリートから人へ」などと揶揄されるように、場合によっては悪者の代名詞になるようである。しかし、社会基盤を支えているのはまさしくコンクリートであり、鉄なのである。鉄は施工現場で材料そのものを造ることはないが、コンクリートはほとんど現場で造られ、セメント、水、砂、砂利の混合する割合によって、強くていいコンクリート、あるいは弱くて品質の悪いコンクリートになることはよく知られている。コンクリートの歴史は古く、紀元前のローマ時代から、火山灰と石灰、碎石を水で混ぜ合わせることによって硬化し、強くなることをローマ人は知っていたのである。ローマ時代に造られた構造物が今日まで残っていることは憧憬の至りである。伝え聞いた話であるが、ヨーロッパで橋梁を調査していたところ、比較的新しい橋が傷んで通行止めになり、その迂回路としてローマ時代に造られた橋を使ったとのことである。

一方、昨今、橋やトンネルなどの構造物が建設後20～30年で劣化し、大きな事故にまで至っている。構造物を設計するときの原則は、「設計耐用期間を通じて、構造物が耐久性、安全性、使用性、復旧性、環境や景観等に関して要求された性能を満足すること」が原則である。しかし、今日耐久性が大きな問題となっており、その原因の一つは「鉄が錆びる」ということである。

鉄筋コンクリートはコンクリートと鉄筋の長所を生かし、短所を補完した優れた構造部材で、コンクリート中の強アルカリ雰囲気では鉄筋は極めて安定した状態なのである。しかし、コンクリート中に塩分が浸透すると鋼材は錆び、錆による膨張によりコンクリートを壊し、腐食が加速されるのである。それでは錆びな

い補強材はないのであろうか。これまで、ステンレス鉄筋あるいは炭素、アラミド、ガラス繊維を用いたFRP棒材が開発され、錆びないことからその効果は実証済みである。しかし、高価であること、取り扱いが難しいことなどのため、広範に普及するには至っていない。一方、鉄筋を樹脂で被覆したエポキシ樹脂塗装鉄筋は、環境の厳しいところでは使われている。

私がFRP棒材の研究を始めたのが1980年代半ばからである。最近では、力学的特性と経済性を考慮した、炭素繊維とガラス繊維から成るハイブリッドFRP形材を開発し、環境の厳しい漁港の渡橋（歩道橋）あるいは急速施工が必要とされる跨線橋を対象にした研究・開発を行っている。一昨年広島県呉市にハイブリッドFRP歩道橋を企業と共同で架設した。さらに、FRP桁と超高強度繊維補強コンクリート（UFC）から成る合成桁を開発した。UFCは鋼に匹敵する高い圧縮強度とこれまでのコンクリートよりはるかに強い引張強度を有する優れた材料である。このようなFRP+UFC合成桁を昨年11月に津波で被災した宮城県の女川町の漁港に棧橋間をわたる渡橋として架設した。世界で初めての橋梁である。被災地の復興にも少しはお役に立てたのではないかと考えている。このような新しい構造材料は高い耐久性（錆びない）と高強度かつ軽量という長所をもっている反面、通常の材料を用いたものと比較して初期コストは高くなる。しかしながら、供用期間のLife Cycle Costを考えればあまり変わらないものとなる。社会基盤の老朽化が叫ばれる今日、初期コストだけではなく、供用期間を考慮したLife Cycle Costの考え方が定着することを切に希望する次第である。

コンクリート補修材料の標準化

海外の動向に学ぶ

片 脇 清 士

保全工事において補修材料の占める役割は大きい。とはいえ補修材料が用いられるか否かはその国あるいは道路管理機関がもつ規格基準に適合するかによる。わが国は良質の補修材料を供給できる能力をもっているが、国際市場への展開を目指す場合には海外の標準化、すなわち規格基準の動向に左右される。同時に適切な標準化はわが国の建設インフラの保全に経済的技術的に大きく貢献する、新材料の展開を考える上でも標準化はきわめて重要な活動である。欧州規格など最近の国際的な標準化活動を紹介する。

キーワード：コンクリート補修材料，コンクリート塗装，標準化，耐久性，海外の動向，欧州規格 EN1504

1. はじめに

いま、建設インフラ整備の話題は中国、インド、東南アジア、南米、アフリカなど経済発展の著しい新興国に移っているのはご承知のとおりである。最近 ASEAN 諸国に行く機会があるが、整備が進行しているのと同時に目につくのが道路、橋梁などの劣化である。これらの国々では多額の資金を投じてこれらを作っているがその一方で腐食したりひび割れたりしている橋も多くなっている。わが国でも老朽化した土木施設への関心が高まっているが、補修などの保全はわが国だけでなく ASEAN 諸国においても一段と重要な関心事となるであろう。

保全工事において補修材料の占める役割は大きい。しかし補修材料が用いられるか否かはその国あるいは道路管理機関がもつ規格基準に適合するかによる。ではその国ではどのようにして規格基準が制定されるのであろうか。このようなことに関心を払う人はわが国ではあまりいない。しかし海外の主要なコンサルタントやエンジニアはこのことに深い関心を持っている。合理性があり説得力のある規格基準でなければ、参考にさえしてもらえないからである。すべての入り口である規格基準の制定はパワーゲームでもある。

そこで、国際市場を念頭に置いて補修材料の標準化について考えてみたい。

2. わが国の補修材料は良質

わが国は大量のコンクリート構造物を有しており、劣化原因も多様であることから、多年にわたって補修を積み重ねてきた。この過程で、多くのコンクリート補修材料を開発してきた。エポキシ塗装鉄筋、電気防食、塗装、FRP、ポリマーコンクリートなどの補修補強材料、製品、工法は世界のなかでも高い水準にある。

良質な製品が供給されていることには国が果たした役割も大きい。たとえば、国土交通省は橋梁などの主要な構造物を一元的にマネジメントしていることから、補修効果、長寿命化効果など定量的なデータを収集している。寄せ集めのデータではない本当に有用なデータを蓄積している。

また、国立研究所などでは、新材料に関する組織を設置（独土木研究所新材料チーム、基礎材料チーム）し、材料分析、EPMA 分析、力学試験、さまざまな耐久性試験、実環境での長期にわたる暴露試験などの手法も用いて、製品の評価を行っている。これらは製品改良にも役立っている。

たとえば、コンクリートの塩害補修に広く用いられているコンクリート塗装は、良い例のひとつである。それまでむしろ用いないのが常識であった材料・工法がほぼ 30 年間にわたる技術蓄積をもとに、現在ではコアの技術として補修に欠かせないものとなっている。これも当時の新材料であり、いまでも名称は同じだが材料や工法の点で改良や淘汰が続いており、いまなお新材料といえよう。その多岐にわたる開発と標準化

表—1 コンクリート塗装などの開発と基準化の歴史

年	機 関	項 目	備 考
1980	本四公団 土木研究所	本州四国連絡橋塗装委員会において重防食塗装の研究（鋼橋塗装）	
1982	建設省北陸地方整備局	府屋大橋 初めての新設橋へのコンクリート塗装	最近調査したが健全
1984	土木研究所	塩害を受けたコンクリート構造物の補修指針案	
1984	建設省 道路協会	道路橋の塩害対策指針案	
1989	建設省	総プロ コンクリートの耐久性向上技術の開発報告書	
1984	建設省	コンクリート橋の電気防食設計指針案	英文あり
1985	沖縄総合事務局	沖縄饒波橋（新設橋）に塗装	
1986	北海道開発庁	大森大橋（新設橋）に塗装	
1990	塗料会社、材料会社、補修会社など	コンクリート保護研究会	2009 年まで活動
1994	日本道路公団試験研究所	コンクリート保護工マニュアル	
2000	日本道路公団試験研究所	コンクリート片はく落防止マニュアル	
2000～2003	土木学会	コンクリート構造物への表面被覆および表面改質技術の適用性研究小委員会（325 委員会）	2003 年にシンポジウム
2002	日本橋梁・鋼構造物塗装技術協会	土木コンクリート塗装マニュアル	
2005	土木学会	表面保護工設計施工指針案	
2006～2011	NEXCO 中日本	新東名において表面含浸材（浸透性コンクリート保護材）の大規模施工	
2011	土木研究所	浸透性コンクリート保護材の性能持続性の検証と性能評価方法の提案	研究期間は 2002～2010 年
2012	土木学会	けい酸塩系表面含浸工法設計施工指針（案）	
2012	土木研究センター	撥水性を有する浸透性コンクリート保護材性能試験	証明書と成績書を出す

の歴史を表—1 に示す。

同様に、新しい無機材料、ポリマー、チタンやステンレスなどの金属も、コンクリート補修に適用がなされている。

コンクリート塗装のように良質な製品が提供されているもう一つの理由は、わが国では耐久性に関する試験評価がかなりの水準で行われていることである。コンクリート塗装の場合は、開発途上の材料を東京湾海

上において 1973 年から 8 年間試験実施し、製品化がなされたものは新設時から塗装したコンクリート橋でもって 1982 年から 30 年間を経過して現在も耐久性を観察中である（写真—1, 2）。

この間に、組成、システムなども改良が重ねられている。このようにして、コンクリート塗装については、土木研究所が主となって規格を作成しその後も改訂を



写真—1 コンクリート暴露試験 東京湾海上において 1973 年から 8 年間試験実施



写真—2 新設時から塗装した府屋大橋 新潟県国道 7 号 1982 年から 30 年間を経過して現在も観察中

担当している。

3. 材料規格は国際化しているか

わが国には優位なコンクリート補修材料があるのに、国際市場で広く流通しているかというところでもない。

化学製品分野ではずっと前からグローバル化しているが、技術のみでは十分な競争力が確保できない状況が顕在化しており、技術力とともに国際標準化を含めたビジネスモデルの構築が企業の国際競争力を決定的に左右することが理解されている。「標準を制する者が市場を制する」と言われるように標準化は市場の拡大と確保をもたらす。

化学製品である補修材料の供給者も海外市場抜きでは産業として成り立たなくなるであろう。国際競争力の向上のためにもコストの縮減と技術の国際整合性が求められることになる。このときの視点は良いものを安く（国境を越えて）提供することであり、良い材料や機材を流通させるソフト的な仕組みが重要となる。

国際市場で流通する良くて安い製品を容易に購入・入手できれば、施設管理者にとってもありがたい話である。

さまざまな品物が国際的にバルク（量）の競争に入ろうとしているときに生産者を支援する形を整えることも必要な施策であろう。

保全の分野で、コンサルティング、工事と国外に市場の拡大を求める場合にも資材が容易に入手できることは有利に働くに違いない。この点でも、コンクリート補修材料についての国際規格は重視せざるを得ない。

標準化の利点はもうひとつある。望ましい形でいくつかに集約されることである。集約されれば設計も楽であり、施工サイドも熟練が容易になる。この集約の過程で、網羅化がなされることもある。

たとえば、ポリマーは、産業的にはセメントや鉄をしのぐ状況なのに、土木分野では理解者が圧倒的に少ない。このため、誤った使用や設計が行われたりチェックができていないこともある。ポリマーはコンクリート補修や強化に欠かせない基本材料のひとつとなっているので体系的な標準化が早急に求められている分野である。

標準化や集約化は土木技術者にとっても大きな恩恵があるに違いない。このような視点に立てば試験方法や性能規格が発注者によって差異があることが本当に良いことなのか、そのために、材料がスペシャリティ

になっていないか、バルク（量）の競争にたえることができるのかなども問われるべきであろう。

ところで、土木材料についてはコンクリート補修材料に限らずわが国には有利な点が数多くあるのに、技術基準の国際化という点では見劣りがするように思えてならない。コンクリート関係者、材料関係者なども国際標準についてもっと真剣になるべきだと思う。

海外の技術基準体系は、性能規定化、基準・認証制度等により簡素化と信頼性向上が図られている。率直に言えばわが国の技術基準は精緻ではあるが他国ではうまく説明できにくいところがあり、私自身、海外でのプレゼンテーションにおいて苦労することがある。

技術基準の国際化という点では参考になる事例がある。

ひとつは米国のやり方である。米国ではFHWA（連邦道路庁）が主導してAASHTO（米国全州道路交通運輸行政官協会）や関連業界の協力を得て積極的に材料を認定している。

多くの州が集まり合同して塗装、塗料を認定するNEPCOAT（North East Protective Coating Committee）という機構がある。同様に、多くの資材について、FRP（炭素繊維）までも、州の道路部局が認定している。あまり規格について問わない、これは、米国に隣接するカナダもほぼ同じ手順で評価し認定している。プラグマチックに良いものを認定して使えるようにするという手順をとっている。

もうひとつは欧州規格である。ヨーロッパでは体系的・網羅的な指向が強い。これは、地域的な状況や多くの国が集まるという社会条件がありしかも製品をヨーロッパ地域外にも輸出するという戦略も加わっているためであろう。

4. コンクリート補修材料の欧州規格

欧州はEUとして一体化することで世界におけるプレゼンスを高める活動を進めている。

1970年代後半から様々な工業製品の規格統一活動が欧州標準化機構（CEN）を中心に行われていた。欧州規格（EN）は多国籍からなるヨーロッパがどのようにして国際化しているかという観点から参考にすべきところがある。

ヨーロッパでは建設投資の約半分が改築と補修に用いられるからこの規格の意味合いは大きい。戦後1960年代、1970年代に大量に構築されたコンクリート構造物がその設計寿命を超過しているおりコンクリートの補修が喫緊の課題となっていることが背景に

ある。

欧州標準化機構（CEN）の CEN TC 104, SC8, WG7 委員会 'Products and Systems for the Protection and Repair of Concrete Structures' で審議された欧州規格 EN1504「コンクリート構造物の保護および補修のための材料（製品）と仕様一定義、要件、品質管理、適合性評価」を紹介したい。

欧州規格 EN1504 は基本的補修方針を定めた上で材料の性能規格を定め、最低限の性能レベルを満たす材料には CE マークで認定し、標準化された補修設計および実施方法を提供するという一連のシステムを示している。ISO9000s とも親和性の良い形に仕上がっている。

欧州規格 EN1504 は、

1) 必要とされる最低限の性能レベルを定め、特定の用途において、その製品が欧州内での販売許可（CE マーク）を得られるようにする。2) 定められた性能レベルを満たすことにより、製造国を問わず、要求事項を満たす仕様を補修製品と認めることにより、貿易の技術的障壁を取り除く。3) 製造元の仕様に従った製品のサンプル抽出、確認、承認を可能にする識別試験方法を提供する。4) 設計者／指定者が最適な補修製品を選択できるようにするための性能試験方法を提供する。5) コンクリート構造物の標準化された補修設計および施工の方法を提供する。

欧州規格 EN 1504 は、2009 年 1 月 1 日より施行され、これまでの国家規格は、2008 年の末に撤回され、CE マークが強制適用されることになった。現在では、コンクリートの補修・保護に使用する全ての製品は、EN1504 の該当部に従って CE マークを付けていなければならない。この CE の適合性マークは以下の情報を含んでいる。

- ・ CE - 記号
- ・ 通知機関の認定番号
- ・ 製造者の名称あるいは識別記号
- ・ マークが付与された年
- ・ 宣誓証明書に基づく証明番号
- ・ 欧州規格の関連規定番号
- ・ 製品の説明
- ・ 特徴規制に関する追加情報

補修工事に補修材料を適用する場合 CE マークと設計のプロセスが適合しなければならないことになり、これらをあらかじめ準備しておかねばかなり高いハードルとなる。

5. 欧州規格 EN1504 の特徴

(1) 特徴 1 戦略的な構成

EN1504「コンクリート構造物の保護および補修のための材料（製品）と仕様一定義、要件、品質管理、適合性評価」は、第 1 部から第 10 部で構成されている。コンクリート構造物の補修・保護のための製品だけでなく補修材料の製造と現場での施工のための品質管理もこの規格の一部となっている。

- EN 1504-1 用語と定義
- EN 1504-2 コンクリート表面保護の製品・システムに関する仕様
- EN 1504-3 構造部分と非構造部分の補修に関する仕様
- EN 1504-4 構造接着に関する仕様
- EN 1504-5 コンクリートの注入に関する仕様
- EN 1504-6 補強鉄筋の定着に関する仕様
- EN 1504-7 鉄筋の腐食保護に関する仕様
- EN 1504-8 品質管理と適合性評価
- EN 1504-9 コンクリートの補修・保護に対する製品やシステムを利用する場合の基本原則
- EN 1504-10 現場での施工と品質管理に関する情報

試験方法（65 種類ある）

第 1 部には、目的と一般的な定義が示されている。第 2 部から第 7 部には、現在、起草および確定されつつある新たな試験規格に示された試験方法とともに、モルタルやコーティングなど、使用される材料の技術的な性能要求事項や第 9 部で示される補修方法の性能試験要求事項が詳述されている。第 8 部は、材料と仕様に関する品質管理と適合性評価の手順が規定されている。ここには、第 2 部から第 7 部で取り上げた材料と仕様に関する標示やラベリングも含まれている。第 9 部には、第 2 部から第 7 部の総括として、コンクリート構造物の保護および補修のための材料（製品）と仕様に関する一般原則がまとめられている。

第 2 部から第 7 部は、ほぼ共通して以下に示すような文章構成となっている。

1. 適用範囲
2. 引用規格
3. 定義
4. 用途と要求性能
5. 要求事項
6. 適合性評価（サンプリング）
7. 認証に関する事項

8. CE マークおよびラベルに関する事項

このような ISO に共通した順序は、このタイプのコードを読み慣れたものにはなじみやすい、違和感のないとりつきやすさがある。

もう一つの工夫は考え方を透明にしたことである。各論では、コンクリート構造物の保護および補修のための材料がどのような原則で用いられるかを示している。いわば横糸として 11 の原則が列挙されている。

原則 1：劣化要因の遮断

(PI：Protection against Ingress)

原則 2：水分の浸入制御 (C：Moisture Control)

原則 3：コンクリートの復元

(CR：Concrete Restoration)

原則 4：構造的補強 (SS：Structural Strengthening)

原則 5：物理的抵抗性 (PR：Physical Resistance)

原則 6：化学的抵抗性 (RC：Chemical Resistance)

原則 7：不動態被膜の維持・復元

(RP：Preserving or Restoring Passivity)

原則 8：比抵抗の増大 (IR：Increasing Resistivity)

原則 9：カソード制御 (CC：Cathodic Control)

原則 10：カソード防食 (電気防食)

(CP：Cathodic Protection)

原則 11：アノード域の制御

(CA：Control of Anodic Areas)

原則 1 から 6 はコンクリート自体の劣化に関連し、原則 7 から 11 までは鉄筋の腐食による損傷を扱っている。

この項目だてにはほぼすべての考えが網羅されており、原則とその説明と方法が各々に紹介されている。

(2) 特徴 2 原則と方法の明確な対応

内容的に特に注目したいのは第 9 部である。第 9 部ではコンクリート構造物の保護および補修のための材料（製品）と仕様に関する一般原則がまとめられている。コンクリート構造物の劣化要因をコンクリート劣化と鉄筋腐食に分け、補修原則として No. 1～11 の 11 種類を挙げ、具体的な補修方法の例を示すと共に、関連する EN1504 のパートを示している。

(3) 特徴 3 品質保証

この規格の特徴のひとつは品質保証が徹底していることである。

この規格は以下の機能も含んでおり、製品や工法の安定した品質を提供することについても配慮しているのが特徴的である。

・必要とされる最低限の性能レベルを定め、特定の用

表一 2 コンクリート構造物の保護および補修の方針と方法の例

方針 No.	方針に準じた方法の例	EN1504 のパート No.
コンクリートの劣化に関する方針と方法		
1. 劣化原因の遮断		
	1.1 撥水性表面含浸	2
	1.2 表面含浸	2
	1.3 表面被覆	2
	1.4 ひび割れの表面処理	
	1.5 ひび割れ充填	5
	1.6 ひび割れの注入	
	1.7 外部パネルの設置	
	1.8 薄膜の適用	
2. 水分の浸入制御		
	2.1 撥水性表面含浸	2
	2.2 表面含浸	2
	2.3 表面被覆	2
	2.4 外部パネルの設置	
	2.5 電気化学的処理	
3. コンクリートの復元		
	3.1 モルタルによる被覆	3
	3.2 コンクリートの再打設	3
	3.3 コンクリート、モルタルの吹付け	3
	3.4 構成部材の取替え	
4. 構造的補強		
	4.1 内部、外部からの補強鋼材の追加、配置	
	4.2 コンクリートに削孔し、付着用補強材を配置	6
	4.3 補強板の接着	4
	4.4 モルタル、コンクリートの打継ぎ	3, 4
	4.5 ひび割れ、空隙や隙間部への注入	5
	4.6 ひび割れ、空隙や隙間部への充填	5
	4.7 プレストレッシング(ポストテンション)	
5. 表面改質／物理的抵抗性の向上		
	5.1 表面被覆	2
	5.2 表面含浸	2
	5.3 モルタル、コンクリートによる増厚	
6. 化学的抵抗性の向上		
	6.1 表面被覆	2
	6.2 表面含浸	2
	6.3 モルタル、コンクリートによる増厚	
鉄筋腐食に関する方針と方法		
7. 不動態被膜の維持・復元		
	7.1 セメント系モルタル、コンクリートによるかぶりの増厚	3
	7.2 汚染、中性化したコンクリートの打換え	3
	7.3 中性化したコンクリートの電気化学的再アルカリ化	
	7.4 拡散により中性化したコンクリートの再アルカリ化	
	7.5 電気化学的脱塩	
8. 比抵抗の増大		
	8.1 撥水性含浸	2
	8.2 表面含浸	2
	8.3 表面被覆	2
9. カソード制御		
	9.1 化学的処理、表面被覆による酸素量の制限	
10. カソード防食 (電気防食)		
	10.1 電気防食の適用	EN12696
11. アノード域の制御		
	11.1 鉄筋へのアクティブコーティング	7
	11.2 鉄筋へのバリアコーティング	7
	11.3 腐食抑制剤の適用	

途において、その製品が欧州内での販売許可（CEマーク）を得られるようにする。

- ・定められた性能レベルを満たすことにより、製造国を問わず、要求事項を満たす仕様を補修製品と認めることにより、貿易の技術的障壁を取り除く。
- ・製造元の仕様に従った製品のサンプル抽出、確認、承認を可能にする識別試験方法を提供する。
- ・設計者／指定者が最適な補修製品を選択できるようにするための性能試験方法を提供する。
- ・コンクリート構造物の標準化された補修設計および施工の方法を提供する。

製造における品質管理

欧州規格 EN 1504 第2部から7部には、製造工場での品質管理に関する要求条件が収録されている。

現場での品質管理

重要な補修工事は、予め確立された品質保証計画が必要とされる。品質マネジメントの知識を以て、メーカーは工事請負者がこれら全ての要求条件に適合するように関連手順の作成、準備を支援可能である。

EN 1504-10 には、現場において実施すべき品質管理に関する指針を掲げている。メーカーは、その製品を現場において施工する場合の施工要領書を発行している。コンクリート補修・保護プロジェクトの現場の監理者と全体の管理者を支援するべく、品質管理手順書とチェックリストが入手できるようになっている。

第8部は、材料と仕様に関する品質管理と適合性評価の手順が規定されている。性能試験だけでなく、製

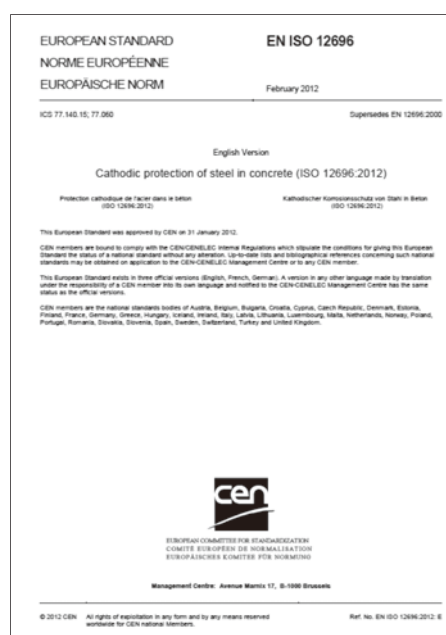
造者による継続した工場製造管理が重視される。

原材料・主なバッチ・製造設備と工程に関する検査、最終材料（製品）の出荷検査、サンプリングの頻度と試験、製造方法や工程変更時の対応、不適合品の取り扱い、原材料の受領から製品配送までのすべての段階における識別とトレーサビリティなどで構成されている。

工場製造管理の評価・監査および認証の手順は、第一に、認可された検査機関が、製造工場と製造管理の初期検査として、正常な材料や製造管理に関連する設備や人員配置が適切かどうかを判断し、評価報告書を作成する。そして、別途、認証機関が、その評価報告書に基づき工場製造管理の認証を行う。なお、検査機関が年1回行う定期検査において、規準との不適合を認めた場合、あるいは、製造工程や工場製造管理に欠陥が発見され、かつ製造者が適切な対応をしていないことを認めた場合には、認証機関はすみやかにその欠陥を改善することを製造者に要求する。その対応は、検査機関により確認されなければならないとしている。

(4) 特徴4 ISO との連関

原則10：電気防食についての部分は2012年にISO 12696 Cathodic protection of steel in concrete としてISOから発行された。大気中のコンクリート（鉄筋コンクリート、プレストレストコンクリート）の新設、補修のための電気防食設計の手引きであり、裸鉄筋、エポキシ塗装鉄筋の防食に役立てるものであるという。この例のようにENとISOは良く連携しており、ENからISOへは短時間で移行することが多いよう



写真—3 EN ISO 12696 (左) と ISO 12696 コンクリートの電気防食 (右)

ある。

ところで、わが国のJIS(Japanese Industrial Standards, 日本工業規格)は工業標準化法に基づき制定される日本の国家規格だが、WTO/TBT協定に基づき、ISO規格は国内規格JISとなることはあまり知られていない。時にはISOの原文は英語、フランス語などで作成されるが技術的内容及び規格票の様式を変更することなく日本語に翻訳され、JISとして発行されることもある。

関係者がEN規格を注意深く見ておく必要がある理由である。

6. 規格のあり方を考える

EN1504規格はきわめて实际的である。記述や構成に管理の工夫が見られる。たとえば、この内容にそって製品カタログができあがるようになっている。いわば製品や補修技術の販促のためのマテリアルにもなる可能性がある。

この規格を詳細に読み込むと共に実際に流通している製品もチェックしてみると、EN1504の各パートで取り上げられた補修材料や工法のうちわが国で流通していないタイプのものもある。

現在わが国で使用されているものと比較すると、その性能特性や要求性能を確認する試験方法にも大きな違いは認められないようであるがそのランク区分は異なっている。わが国の製品の一部ではこの規格よりもかなり優れているものもあるが、これらの製品が国際市場で正しく高く評価されているとは言い難く、いわば内弁慶となっておりますことに残念である。

そうになっている原因のひとつが、JIS、土木学会、JCI、国土交通省を初めとした各種機関毎に、試験方法や性能規格がきめ細かく定められていることにあるのではないかという指摘がある。小異は研究的学問的には面白いことはわかるが戦略的な立場とはトレードオフの関係になりがちである。

製品群はできるだけシンプルな形で、差別化は運用や適用の上手さ、コンサルティングによって図るのが世界標準ではないだろうか。

EN1504という単一の規準の中で、基本的補修方針を定めた上で材料の性能規格を定め、性能レベルを満たす材料にはCEマークで認定し、標準化された補修設計および実施方法を提供するという一連のパッケージ化された技術システムは参考となる。大規模な研究投資を市場に結びつけるために、標準化、規格基準を

重視する体制は見習うべきひとつだと思う。

わが国は、コンクリート塗装で例示したように良品質な製品はもちろん、用途に応じて標準品質、簡素な性質の製品をも海外市場に供給するポテンシャルをもっている。これらを後押しするだけでなく、わが国の高度な補修技術を提供するためにも共通の言語（ものさし）で技術体系を大胆に再構築することが求められよう。

7. おわりに

私がコンクリート塩害関係を手始めに補修材料の規格を作ってからおよそ30年が経過している。当時は海外を含めて補修材料の規格は見当たらなかった。そこでユーザーの立場で工事に必要な規格を作成したのである。その後の規格基準の底流となったことはありがたいことだが、当時先鋭的な内容であった箇所も次第に欠点が見えるようになった。見直しを期待して（案）をつけておいたが、今となっても本質的な見直しはなされていないものがいくつかある。

国土交通省が海外でのコンストラクションを積極的に後押しされているこの機会に、国際的に流通するような内容に見直しがあるのが望ましいのではないかと。幸いに、土木研究所には材料と土木、機械と材料の両方がわかるような研究者が在籍されている。

謝 辞

本文をまとめるにあたり、江口和雄氏（社）土木学会規準関連小委員会補修材料WG幹事、（財）道路保全技術センター材料委員長を歴任、ショーボンド化学(株)の助言を得たことに篤く謝意を表します。

J C M A

《参考文献》

- 1) European standard EN 1504 'Products and systems for the protection and repair of concrete structures -Definitions, requirements, quality control and evaluation of conformity'
- 2) コンクリート構造物の補修工法・材料における国内外規準の現状— European Concrete Repair Standard EN 1504 の概要— 土木学会2012
- 3) 材料委員会報告書コンクリート補修材料 財団法人道路保全技術センター 2008

【筆者紹介】

片脇 清士（かたわき きよし）
（財）土木研究センター



ハイブリッド有機繊維コンクリートによる 道路橋床版補強工法

HFRC による橋梁床版補強工法

中 村 好 伸・岡 部 次 美・荒 井 明 夫

橋梁の床版補強工法である床版上面増厚工法や鋼床版補強工法に用いられる繊維補強コンクリートには、鋼繊維を使用するのが一般的である。これは、他の繊維では、重要な特性である曲げ強度や曲げ靱性において十分な機能が発揮しえないとされていたことも要因の一つであった。一方、最近の有機繊維の中には高機能・高性能が付与された繊維が開発されており、この中の一つで、従来のアラミド繊維の高強度、高弾性率を維持しつつ、耐アルカリ性を高めたパラ系アラミド繊維が市場に出回り始めた。

今回、従来の鋼繊維補強コンクリートを橋梁床版補強に適用した場合に発生するメンテナンス上の課題を解決すべく、新たな繊維を用いたハイブリッド有機繊維補強コンクリートを開発した。本稿では、開発経緯、室内実験、疲労試験を経て本施工に至るまでを紹介する。

キーワード：橋梁、床版補強、鋼繊維補強コンクリート、有機繊維、アラミド繊維

1. はじめに

橋梁の床版はコンクリート床版（以下 RC 床版と称す）と鋼床版に大別される。これらの床版は架橋からの供用年数の経過とともに老朽化が進行し、各種の補強工法による延命化が図られつつある。このうち RC 床版では、設計耐荷重増への対応、床版貫通ひび割れが発生した床版の押抜きせん断に対する上面からの補強として、既設床版上面に繊維補強コンクリートを打ち継ぐ上面増厚工法¹⁾が1980年代から採用されている。

一方、鋼床版では、近年、デッキプレートと閉断面リブの溶接部に疲労亀裂が発見され、この対策として鋼繊維補強コンクリート（以下 SFRC と称す）による上面補強工法²⁾が採用されている。

この両者の補強工法では、補強コンクリート中に繊維を混入しており、使用される繊維としては鋼繊維（以下 SF と称す）が一般的に使用されている。これは、繊維補強がひび割れに対応するだけでなく、ひび割れ後でも靱性を高めることで、破壊に至るまでのエネルギーを増やすことも必要条件であることによる。

この SF を用いて補強した補強層の上にはアスファルト舗装が設けられ、交通荷重を直接受ける構造となっているが、その舗装は、一般的には10年程度で補修時期を迎え、舗装の剥ぎ取りが必要となる。この表層の補修に際し、SFRC 中に混入した SF の露出が

再舗装の耐久性や施工性を阻害する要因となる可能性があることから、SF に代わる新たな複合有機繊維を見出し、ハイブリッド有機繊維補強コンクリートを開発した。

2. アスファルト舗装改修時の課題

(1) 現行の施工方法

アスファルト舗装を撤去する際に使用されるのは路面切削機（写真—1）であり、ビットを取り付けた切削ドラムを高速で回転させ、路面を目標深さに削り、それをベルコンで廃材ダンプに積み込む機械である。現在の首都高の夜間工事における1日当たりの施工量は1,500 m²程度である。この路面切削機はオペレーターが切削深をセットして切削するが、切削深さとし



写真—1 路面切削機



写真—2 路面ヒーター



写真—3 搭乗式剥離機

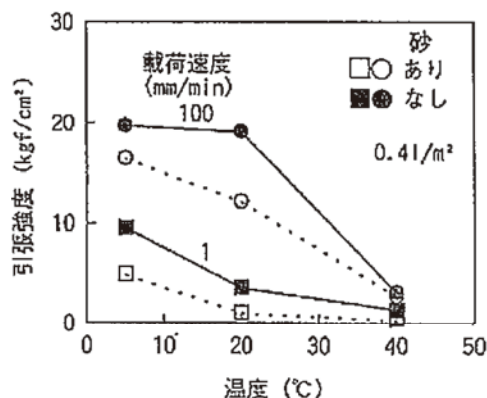
て $\pm 3\text{ mm}$ 程度の変動がある。これにSFRCの出来形精度が $\pm 5\text{ mm}$ 程度あることを考え合わせると、切削作業で注意を払わないとSFRC面の一部が切削され、SFRC中に混入したSFが表面に露出する可能性がある。切削機以外の既設舗装撤去方法としては、路面ヒーター（写真—2）による舗装加熱とバックホウによる剥ぎ取りも可能であるが、夜間工事では 400 m^2 が限界である。また搭乗式剥離機（写真—3）は補強コンクリート面を痛めることがないが、施工能力が格段に落ちる。

(2) 露出した繊維の影響

路面切削機で削られた面は切削ビットの当たる面は凹部となり、補強コンクリート中に混入された鋼繊維



写真—4 露出したSF



図—1 舗装界面に砂が付着した場合の引張強度の違い

がこの凹部にあることから繊維が露出（写真—4）する。この露出した繊維は、上層に塗膜防水層を施工する場合は連続した防水膜を構築する障害となり、またアスファルト舗装と路面切削面には、切削粉が残存するだけで付着強度が低下³⁾（図—1）することから、露出繊維の処理が必要となる。

(3) 露出した繊維の処理方法

鋼繊維の場合の処理方法としては、凹部より飛び出したものは水平回転式の研磨機により切断する。しかしながら凹部内の繊維は切断できない。このため凹部を埋め、防水層の連続性を確保するために速硬性ポリマーセメントモルタルを敷きならし、硬化後、施工に支障のない水分量となるのを待って防水層を施工している。

(4) 課題

鋼繊維が露出した場合の課題としては、処理費用が増えること、さらに処理に要する時間から1日当たりの施工量が減り、コスト増となる。また施工量の低下は規制回数の増となり道路利用者への負担増となる。

3. 鋼繊維に代わる繊維の選定

(1) 有機繊維の検討

有機繊維は材料物性として柔らかいことがSFとの違いであり、露出した場合の処理方法の選択肢が種々考えられ、また、軽量であるという特長もあるが、曲げ靱性が低いという欠点を有している。従来から、軽量RC床版などでポリビニールアルコール（以下ビニロン繊維、図表中ではPVAと称す）やポリプロピレン（以下ポリプロピレン繊維、図表中ではPPと称す）の繊維が使用されている例があるが、床版補強という観点からは使用箇所は限定的であったといえる。一方、

表—1 各種繊維の特性比較概要

	耐アルカリ性	取扱い性	界面接着	弾性率	耐クリープ
共重合パラ型アラミド※ (AM)	○	○	○	○	○
パラ型アラミド (PPTA)	×	○	○	○	○
ポリビニールアルコール (PVA)	△	○	△	△	△～○
ポリプロピレン (PP)	○	○	×～△	×～△	×～△
ポリエチレン	○	○	×～△	○	×～△
ポリエステル	×	○	×～△	×～△	×～△
炭素繊維	○	×～△	△	◎	○
ガラス繊維	×	×～△	△	△	○
鋼繊維 (SF)	○	○	○	○	△

※正式名称は コポリパラフェニレン・3,4'-オキシジフェニルエーテル・テレフタラミド繊維 (帝人製) 商品名: テクノーラ

表—2 検討した繊維の概要

繊維種	ビニロン繊維	アラミド繊維	鋼繊維
密度 (g/cm ³)	1.30	1.39	7.85
単価	2,000 円 /kg	5,000 円 /kg	320 円 /kg
形状	 引張強度 90 kg/mm ² φ 0.66 × 30 mm	 引張強度 350 kg/mm ² φ 0.50 × 20 mm	 φ 0.62 × 30 mm

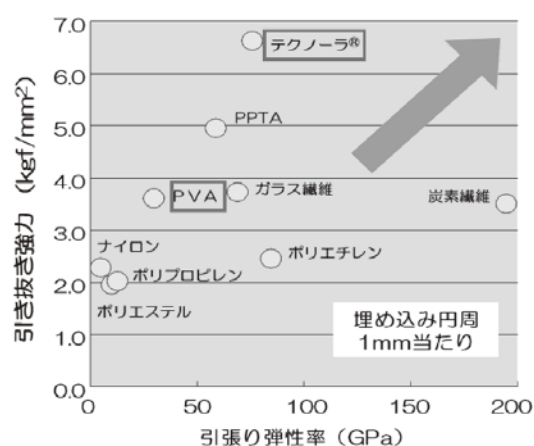
高強度繊維としては炭素繊維やアラミド繊維もあるが、これらは基本的には織物状の補強材として使用されることが多く、ファイバーとしての適用例は未だ少ないと言える。

このような中で、新たに土木資材の分野で短繊維として開発されたアラミド繊維に着目し、検討を行うこととした。アラミド繊維は多用途で使用されているが、いくつかの種類に分けられ、引張強度や引張弾性率に優れたものは、パラ型アラミド繊維とされ、さらに汎用型アラミド繊維と共重合アラミド繊維に分類される。汎用型アラミド繊維は様々な特性を持つが、耐アルカリ性に課題があり、コンクリート中への混入による補強材としての適用は見送られていた。そのような中で、新たに耐アルカリ性能を有する共重合パラ型アラミド繊維 (以下アラミド繊維、図表中では AM) が市場に投入されたことから、アラミド繊維の適用について可能性を探ることとした。また、従来から使用されているビニロン繊維やポリプロピレン繊維も併せて検討し、SFRC との比較検討を行うこととした。表—1, 2 に各種繊維の特性比較概要を示す。

4. ハイブリッド有機繊維補強コンクリートの配合検討

(1) 予備検討

前項の表—1 より、繊維特性と過去の使用実績をもとに、アラミド繊維、ビニロン繊維、ポリプロピレン繊維を選定 (表—2, 図—2) し、予備検討として繊維補強コンクリートとしてのフレッシュ性状、硬化コンクリート性状を確認した。その結果を表—3 に示す。



図—2 各種繊維のセメントとの接着性

表一3 予備検討におけるフレッシュ・硬化性状

	繊維種と添加量	W/C (%)	S/a (%)	単位量 (kg/m ³)					混和剤 (C × %)		スランプ (cm)	3H 圧縮強度 (N/mm ²)	3H 曲げ強度 (N/mm ²)
				W	C	S	G	繊維	MT	JS			
①	SF1.3%	38.8	52.5	165	425	885	841	100	0.8	1.0	5.5	34.2	5.80
②	PVA1.5%		53.5	168	433	891	813	19.5	1.3	1.0	5.0	33.6	4.66
③	PP1.5%		53.5	165	425	899	820	13.65	0.7	1.0	7.5	32.5	4.43
④	AM0.8%		57.5	175	451	949	737	11.12	1.0	1.0	3.0	33.4	5.18

表一3より、ビニロン繊維とポリプロピレン繊維は繊維混入量をコスト面での最大値である1.5%まで混入しても曲げ強度はSFに及ばないこと、アラミド繊維は他の有機繊維よりも曲げ強度増に寄与するものの、スランプが満足せず、コスト面も含めてこれ以上の添加はできないと判断された。このスランプが低下した理由は、今回のアラミド繊維は極細繊維の収束体を水溶性樹脂で固めたものであり、混練りに繊維がほぐれることによりワーカビリティが低下したものと考えられた。しかし、逆にこのほぐれにより繊維間にセメントペーストが入り込み、結果として引き抜き抵抗性に優れ曲げ強度が増加したと考えられた。

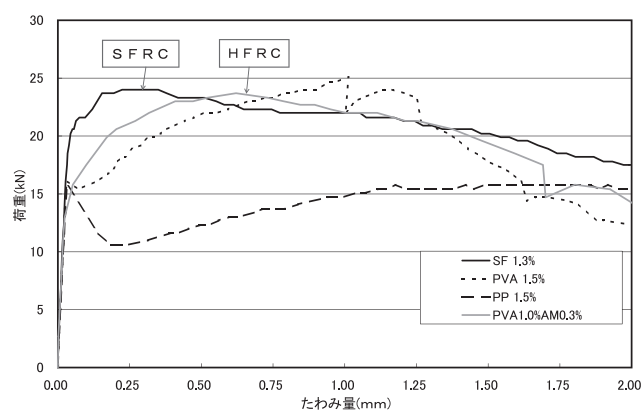
(2) 本検討

前項の予備検討をもとに、性能面とコスト面を勘案し、ひび割れに対応する働きと曲げ靱性を高める働きを複数の繊維に分担させることを考え、コンクリート中に混入する有機繊維としては最も実績の多いビニロン繊維とアラミド繊維を混用することとした。予備実験により、ビニロン繊維1.0%、アラミド繊維0.3%の繊維量にてコンクリート性状を確認した。その結果を表一4に示す。

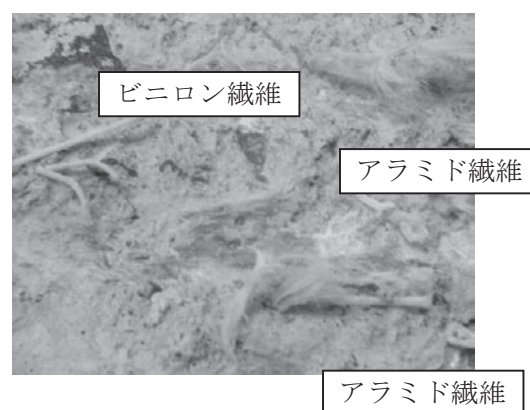
この結果をもとに各繊維配合における曲げ特性を求めた。その結果を表一5、図一3に示す。この結果から、ビニロン繊維1.0 vol%とアラミド繊維0.3 vol%の配合において、目標のワーカビリティ（スランプ6.5 ± 1 cm）と目標の圧縮強度（3 hrで24 N/mm²）が得られ、曲げ強度、曲げ靱性もSFRCに近似した値が得られた。曲げ靱性は、水溶性樹脂で収束したアラミド繊維の極細繊維がほぐれ、この空間にセメントペーストが入り込み固結することで、SFRCに近い値

表一5 各繊維配合における曲げ特性

	繊維種と添加量	曲げ強度 (N/mm ²) ・ 【曲げ靱性 (N/mm ²)】	
		3 h	1 d
①	SF1.3%	5.80	6.81 【6.07】
②	PVA1.5%	4.66	6.67 【5.42】
③	PP1.5%	4.43	4.88 【4.25】
⑤	PVA1.0% AM0.3%	5.03 【4.18】	7.08 【5.78】



図一3 各繊維配合における曲げ靱性 (1d 養生)



写真一5 アラミド繊維が混合によりほぐれている状態

表一4 本検討（ビニロン繊維とアラミド繊維を併用）における配合表

	繊維種と添加量	W/C (%)	S/a (%)	単位量 (kg/m ³)					混和剤 (C × %)		スランプ (cm)	3H 圧縮強度 (N/mm ²)	3H 曲げ強度 (N/mm ²)
				W	C	S	G	繊維	MT	JS			
⑤	PVA1.0% AM0.3%	38.8	53.5	175	451	876	800	PVA13.0 AM4.17	1.3	0.8	6.5	34.8	5.03

を示すものと考えられた（写真—5）。このことから、曲げ靱性を向上させるためにアラミド繊維と、一般的なひび割れ抑制のためにビニロン繊維を併用した複合繊維補強コンクリートとしたことから、このコンクリートを HFRC（Hybrid Fiber Reinforced Concrete）と称することにした。

5. 実物大実証実験による検証

（1）アラミド繊維の分散性

首都高で計画される補強工事では、早期の交通解放が絶対条件であることから超速硬セメントを使用して現場でコンクリートを製造する。その際は専用のバッチャミキサ車を用いることになり、ミキサ容量 200～300 L/バッチの中に計量した繊維を投入混合する。バッチ計量式であることから、バッチとしての繊維混合量は問題ないが、選定配合では、曲げ靱性に寄与するアラミド繊維が 0.3% と少量であることから、バッチ内での分散性（練り混ぜ性能）と変動を考慮した強度特性を確認することとした。

試験は実際のバッチャミキサ車を使用し、製造したバッチの前半、中間、後半で排出された HFRC から繊維を抽出し、ビニロン繊維、アラミド繊維それぞれの混合%を確認した。その結果、実機による混合では設計アラミド繊維量 0.3% に対し、平均で 0.298%，変動は 0.03% であることが確認された。さらに、その変動を念頭に曲げ強度特性を求めたところ、アラミド繊維が 2σ 変動しても 90% 程度の曲げ強度特性を維持することが確認された。

（2）疲労試験

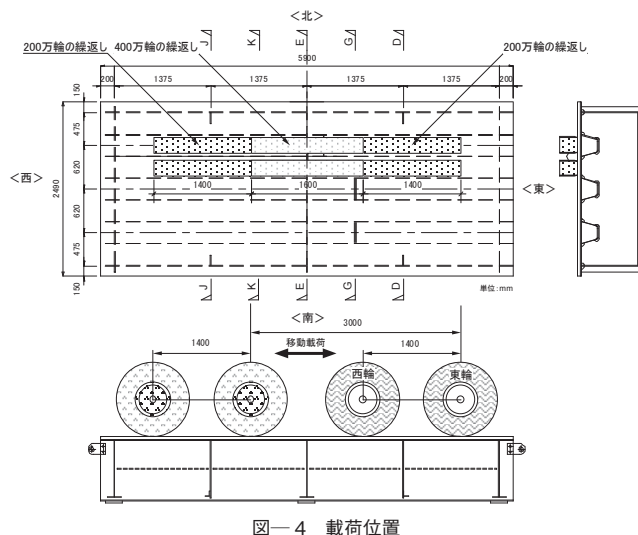
配合試験の結果、HFRC と SFRC はほぼ同等の補強効果、耐久性を有していることが確認できたことから、実舗装を想定した疲労試験により、補強効果を確認することとした。

（a）試験概要

試験装置は、(社)日本建設機械化協会施工技術総合研究所が所有する屋外輪荷重疲労試験機を用いた。

疲労試験の試験条件を以下に示す。

- ① 載荷荷重：載荷荷重 137 kN（14 tf）（軸重：49 kN（5 tf）× 1.4（衝撃係数））
- ② 載荷位置：図—4 に示すように、トラフリブの溶接部をダブルタイヤで跨ぐ位置
- ③ 載荷回数：100 万回往復（ドライ（自然環境下）50 万往復＋水浸 50 万往復）
- ④ 試験環境：自然環境下→水浸（写真—6）



図—4 載荷位置



写真—6 輪荷重疲労試験状況

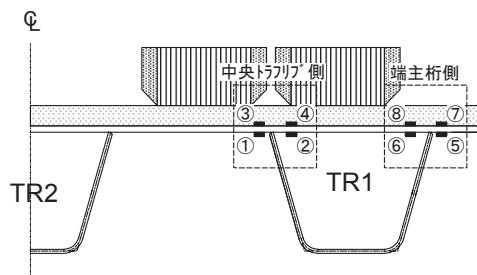
写真—6 輪荷重疲労試験状況

⑤ 試験体支持：支持桁全面固定

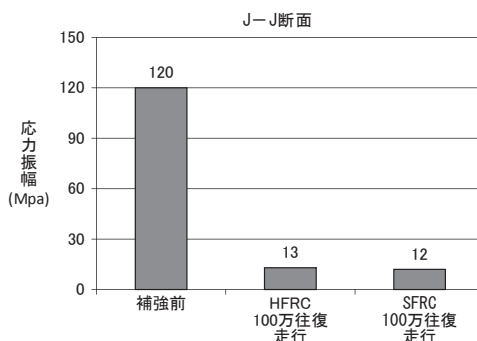
（b）試験結果

① デッキプレート—溶接リブ近傍応力

補強前後の発生応力について、過年度に実施した SFRC 試験の結果と比較し、補強効果について検証し



図—5 載荷試験時のタイヤ位置



図—6 デッキプレート—トラフリブ溶接部近傍応力

た。デッキプレートトラフリブ溶接部近傍応力を図—5, 6に示す。疲労試験開始前および試験終了後ともに、HFRCとSFRCの応力に大きな差は見られず同等レベルであると判断された。

②ひび割れ発生状況

ひび割れは輪通過位置を中心に発生し、中央横リブ上を除いてはほとんどが輪通過位置内に収まっており、その多くが橋軸直角方向のひび割れであった。ひび割れの発生・進展は=50万往復時（ドライ試験終了時）にほぼ収束に向かい、水浸試験後におけるひび割れの発生・進展は僅かであった。また、HFRCはSFRCに比べ、ひび割れ本数は多いものの、ひび割れ幅は狭いことが特徴であり、荷重分散効果に優れると推定された。

③付着強度試験結果

疲労試験終了後の付着強度試験結果を、表—6に示す。付着強度は 1 N/mm^2 を確保しており、破断面も全て補強材内であった。ひび割れがデッキプレート界面付近にまで到達している箇所があるが、破断面が補強材内であることから付着性状に問題ないと判断された。

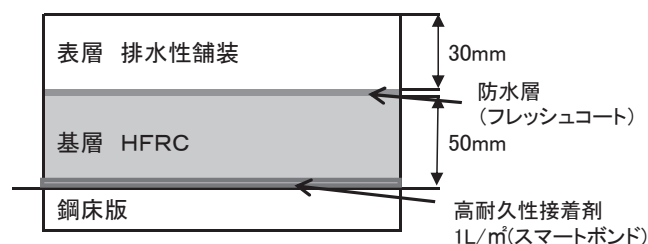
表—6 付着強度試験結果

位 置	通過輪数	平均付着強度 (N/mm^2)	剥離位置	ひび割れ深さ 最大 (cm)
中央横リブ近傍	4輪	2.2	母材	4.2
垂直補剛材上	—	2.0	母材	3.3
トラフリブ上	4輪	2.6	母材	4.2
トラフリブ上	2輪	2.5	母材	4.2
載荷部	—	2.5	母材	—

6. 本工事における施工状況

平成23年10月、首都高速道路湾岸線羽田空港付近の京浜大橋において、鋼床版補強工法として、従来の

SFRCに替えて今回検討したHFRCを施工した。施工断面を図—7に示す。基層となるHFRC打設1パーティ当りの機械の編成は、HFRCの練混ぜを行うための移動式のバッチャミキサ車、HFRC材料供給台車、



図—7 鋼床版上での施工断面



写真—7 移動式バッチャミキサ車への材料追加搬入



写真—8 HFRC 打設状況

表—7 コンクリート混合時間と性状の関係

混練時間 (min)	スランプ (cm)	空気量 (%)	単位容積質量 (g/cm^3)	圧縮強度 (N/mm^2)		静弾性係数 ($\times 10^4/\text{mm}^2$)		曲げ強度 (N/mm^2)		曲げ靱性係数 (N/mm^2)	
3	7	2.9	2.39	58.6	58.9	3.54	3.63	7.50	8.03	5.77	5.99
				58.9		3.7		7.97		6.22	
				59.3		3.64		8.61		5.98	
4	3.2	2.1	2.41	60.4	60.8	3.77	3.67	8.55	8.48	6.3	6.31
				60.7		3.63		7.91		6.07	
				61.3		3.62		8.97		6.56	
5	1.9	3	2.40	62.1	62.1	3.64	3.66	7.26	7.23	5.11	4.83
				62.1		3.68		8.00		5.38	
				62.0		3.67		6.42		4.01	

コンパクトコンクリートフィニッシャ、養生台車の構成にて施工した（写真—7, 8）。

HFRC 施工時の品質確認項目として、練り混ぜ時間、配合確認、フレッシュ性状、硬化性状、施工性等を確認した。この中で、使用しているアラミド繊維が極細繊維を束ねて水溶性樹脂により固めた繊維形態であるため、特にコンクリート中での練り混ぜ時間の影響を把握した。結果は表—7に示すとおりであり、練り混ぜ時間が増すにつれ、スランプが低下し、曲げタフネスも変化してくることが確認された。したがって、混合時間は3分間を守ることが重要であると判断された。

また、ビニロン繊維はファイバーボールがしやすいことから、ファイバー分散装置の使用と繊維投入時期について、平成24年10月に施工した2回目の工事において、ファイバー分散装置とファイバー投入タイミングの検討を行い改善が図られた。

7. おわりに

本工法の開発にあたっては、室内配合試験、模擬フィールドでの試験施工、各種試験を実施し、施工性・性能の検証を行った。その結果、HFRCはSFRCと同等の曲げ靱性や疲労特性、施工性を有していることが確認された。HFRC上の表層打替え時には、仮にHFが切削により露出しても繊維処理は容易であることから、一般的な改修施工量を維持でき、メンテナンス業務に効果があると考えられる。

謝 辞

なお、本工法のコンクリート配合並びに製造に関しては太平洋セメント(株)、小野田ケミコ(株)の関係者の多大なる協力のもと開発されており、ここに謝意を表します。

J C M A

《参考文献》

- 1) 財高速道路調査会：上面増厚工法設計マニュアル，1995.11
- 2) 首都高速道路(株)：鋼構造物疲労対策技術資料，既設鋼床版の疲労対策技術資料（SFRC舗装），2008.1
- 3) 八谷，梅野，今井，中村，室園：空港アスファルト舗装の新しいタックコート材料の開発，港湾技術研究所資料0885，1997.12

〔筆者紹介〕

中村 好伸（なかむら よしのぶ）
首都高速道路(株)
保全・交通部 保全企画課
課長代理



岡部 次美（おかべ つぐみ）
首都高メンテナンス東京(株)
技術部
技術担当部長



荒井 明夫（あらい あきお）
(株) NIPPO
関東第一支店 技術センター
技術センター長



生分解性吸水高分子ゲルを用いた コンクリートの初期養生

竹 中 寛

コンクリートが、硬化の開始前後から湿潤養生を行うまでの間に急激な乾燥を受けた場合、乾燥に伴う表層部のひび割れや品質の低下が懸念される。そこで、著者らは、このような初期材齢における乾燥を効果的に抑制するため、「生分解性吸水高分子ゲル養生」と称する新たな湿潤養生の工法を考案し、現在、実施工への普及を進めている。本稿では、当該工法の適用事例の紹介と、現場の検証試験により明らかとなった、コンクリートの乾燥収縮の抑制効果や、表層部の硬化品質の改善効果について述べる。

キーワード：生分解性吸水高分子ゲル，初期養生，水分損失，乾燥収縮ひずみ，圧縮強度，透気係数

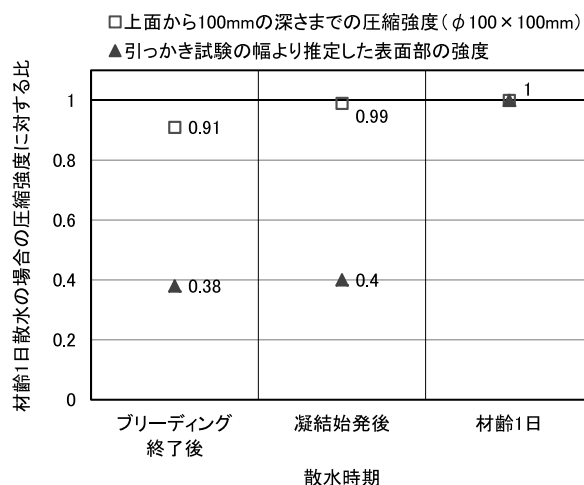
1. はじめに

沿岸域に構築される港湾構造物は、施工中においても強風などの厳しい気象環境に曝されることが多い。コンクリートは、強風などの影響により急激な乾燥を受けた場合、乾燥収縮に起因するひび割れが発生しやすくなるほか、硬化過程における養生水が不足し、強度や水密性などの品質の低下が懸念される。中でも、防波堤や護岸の上部工コンクリートのように、打込み面の面積が比較的大きいスラブ状の部材の場合、その上面は、コンクリートを打ち込み、硬化が開始する前後の極めて初期の材齢（以下、極初期材齢と称す）において乾燥の影響を受けやすく、いわゆるプラスチック収縮に起因した表面ひび割れが生じることや、表層部の品質低下が助長されることがある。

コンクリートの乾燥を防止する方法は、既往の技術として、①養生用マットによる湿潤養生、②湛水養生、③膜養生剤の散布などが挙げられる。しかし、これらをスラブ状のコンクリートの上面で適用しようとした場合、①や②はある程度硬化が進行した後であれば十分な効果が期待できるが、まだコンクリートが脆弱である極初期材齢の場合は、表面が乱されて美観を損なうこと、表層部の強度が低下することなどが懸念される（写真—1、図—1）。また、極初期材齢での養生を目的とする③についても、弊社が検証した範囲では、厳しい乾燥環境下でのコンクリートの乾燥を抑制する効果が十分ではない場合もあり¹⁾、極初期材齢におけるコンクリートの乾燥抑制に対して確実に効果的な養生技術は、まだ確立されていなかったといえる。



写真—1 湛水（散水）時期によるコンクリート表面の美観の違い



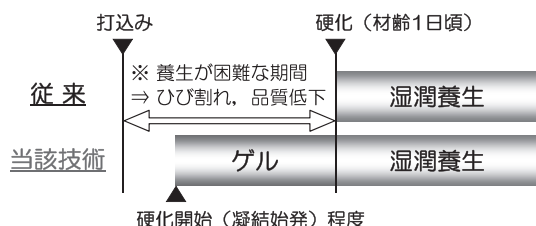
図—1 湛水（散水）時期がコンクリートの圧縮強度に及ぼす影響

そこで、著者らは、極初期材齢におけるコンクリートの上面の乾燥に対し、より効果的な養生方法を確立すべく、高分子材料である生分解性吸水高分子ゲル（以下、ゲルと称す）を用いた養生工法を新たに開発し、

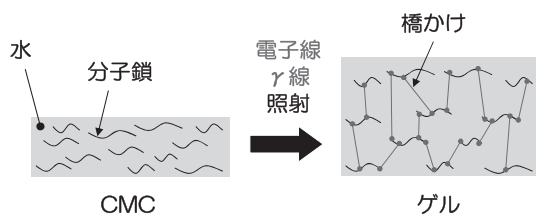
その効果についてこれまで検討を進めてきた^{2)～4)}。本稿では、当該工法を適用した施工事例の紹介と、現場の検証試験で確認された、ゲル養生がコンクリートの収縮や硬化後の品質に及ぼす影響について述べる。

2. 生分解性吸水高分子ゲル養生

生分解性吸水高分子ゲル養生（以下、ゲル養生と称す）とは、コンクリートの打込み後から養生用マットの使用が可能となるまでの間、コンクリートの表面を湿潤状態に保つことを目的とした工法である（図—2）。その原理は、コンクリート表面にゲル層を形成し、この層に含まれる水を先行して乾燥させることで、ゲルが湿潤状態である期間はコンクリート表層部の乾燥を抑制するものである。当該工法で用いるゲルは、カルボキシメチルセルロース（CMC）に電子線や γ 線を照射し、分子鎖に橋かけを形成した高分子材料であり（図—3）、吸水性や形状保持性に優れる（写真—2）。コンクリートの養生には、このゲルを水で膨潤し、ペースト状に加工したものを使用する。



図—2 生分解性吸水高分子ゲル養生の概要図



図—3 生分解性吸水高分子ゲルのイメージ



写真—2 吸水後のゲル

ゲル養生の主な特長は以下のとおりである。

- ①ゲルの形状保持性が優れるため、ペースト状に加工しても適度な粘性を有し、養生時の膜厚が保持できる
- ②適度な粘性を有するため、水に比べてコンクリートへの浸透が少なく、表層部の強度低下が抑制できる
- ③植物由来の原料を使用しているため、環境への負荷が小さい
- ④吸水したゲルはほぼ無色透明であるため、散布後のコンクリートの美観を損なわない

3. 施工事例

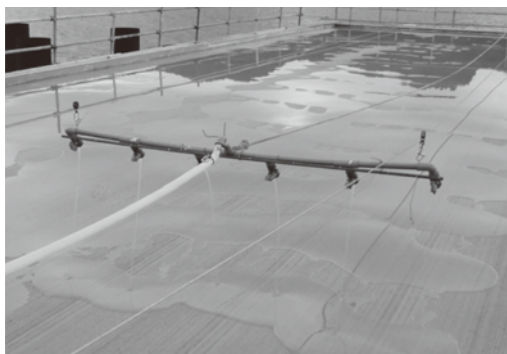
ここで、ゲル養生を適用した港湾構造物の施工事例について紹介する。

はじめの事例（CASE ①）は、港湾構造物で使用するプレキャストコンクリート部材であり、暑中期に打ち込んだコンクリートの上面にゲル養生を適用した。なお、1部材あたりのゲルの散布面積は15m²程度で、一般的な水中ポンプと散布用ノズルを用いて散布した（写真—3）。本事例は、日射の強い暑中期の施工であったため、打込み直後の急激な乾燥に伴う、コンクリート上面のひび割れが懸念されたが、結果的に、ゲル養生を行った箇所にひび割れは認められなかった。



写真—3 ゲルの散布完了後の状況（CASE ①）

次の事例（CASE ②）は、杭式栈橋の上部工コンクリートである。本事例は、ゲル養生を適用する部材上面の面積が広く（幅25m×延長28m（700m²））、施工を行うにあたり、散布用のノズルやホースの移動時に生じるコンクリート表面の乱れや、粘性を有するゲルの長距離送液を行う場合の吐出量の低下などが危惧されたが、部材の横断方向にノズルとホースのガイドワイヤーを設置することや、送液用ポンプの性能を向上するなどの対策を施すことにより、効率的に散布することができた（写真—4）。

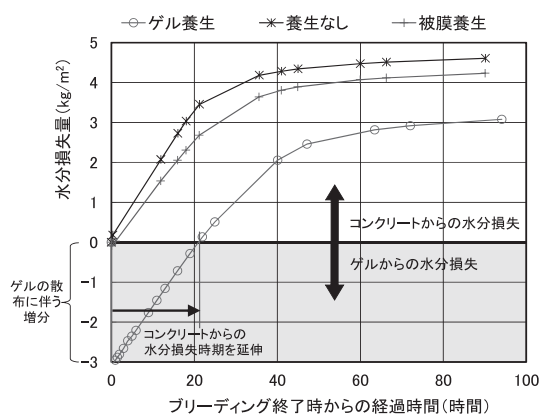


写真—4 ゲルの散布状況 (CASE ②)

4. 生分解性吸水高分子ゲルの養生効果

(1) 室内試験における極初期材齢の水分逸散

温度 20℃, 相対湿度 40% の養生環境における, コンクリートの試験体 (W/C = 55%, L290 × B164 × H85 mm, 上面養生・乾燥) の水分損失量を図—4 に



図—4 コンクリートの水分損失量

示す。図において, ゲルを用いた場合の水分損失量の初期値を負の値としているが, これは, ゲルの質量の増分を負の水分損失量として表示したためである。図より, 比較のために行ったパラフィン系の被膜養生についても, 養生なしに比べて水分損失量が 10% 程度低減するが, その効果は小さい。一方, ゲル養生の場合は, 水の損失速度は養生なしおよび被膜養生の場合と同程度であるが, 20 時間程度まではコンクリート表面を湿潤状態に保ちつつ, 連続してゲル表面からの水分損失が続いている。更に, 水分損失量の変化が僅かとなる, 80 時間程度におけるコンクリートからの水分損失量は, ゲル養生の場合の方が大幅に小さくなっており, 養生なしに比べて 35% 程度低減した。このように, 極初期材齢のコンクリートの水分損失は, ゲル養生を行うことで効果的に抑制できるものと考えられ, この効果が, 実際の施工環境におけるコンクリートの収縮や硬化後の品質に及ぼす影響について検証した。

(2) 検証試験の概要

検証試験は, 前章で述べた施工事例に防波堤の上部工コンクリートの事例 (CASE ③) を加え, 計 3 件の工事にて実施した。各事例のコンクリートの配合と環境条件は表—1 に示すとおりである。また, 比較検討した養生条件は表—2 の全 5 水準とし, それぞれの施工事例において養生の効果を検証した。なお, 表中の「構造物」や「モデル試験体」は効果を検証した対象物を示しており, 「構造物」では非破壊試験, 「モデル試験体」では各種埋込み型のセンサや強度試験などで評価を行った。

表—1 コンクリートの配合と環境条件

事例ケース	コンクリートの配合			コンクリートの打設・養生環境 (外気温)
	呼び強度	W/C (%)	セメント	
CASE ①	18	63.5	BB	屋外 6 ~ 7 月 (16 ~ 34℃)
CASE ②	24	54.0	BB	屋外 11 月 (7 ~ 24℃)
CASE ③	18	63.5	BB	屋外 2 月 (-2 ~ 20℃)

表—2 コンクリートの養生条件

養生条件	材 齢 (日)			事例ケース		
	0	1	7	①	②	③
				構造物	モデル供試体	
養生なし					○	
マット (標準)				○	○	○
ゲル					○	○
ゲル + マット				○	○	○
ゲル + 散水				○	○	

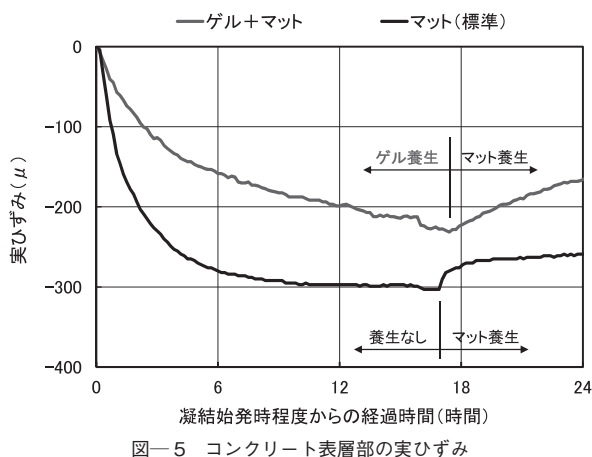
湿潤マット養生

ゲル養生

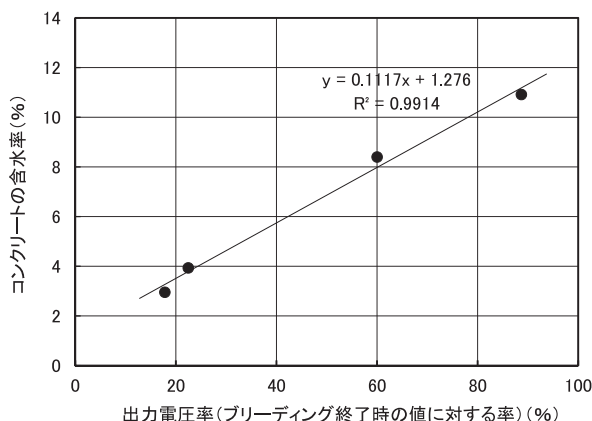
散水養生

(3) 乾燥収縮の抑制

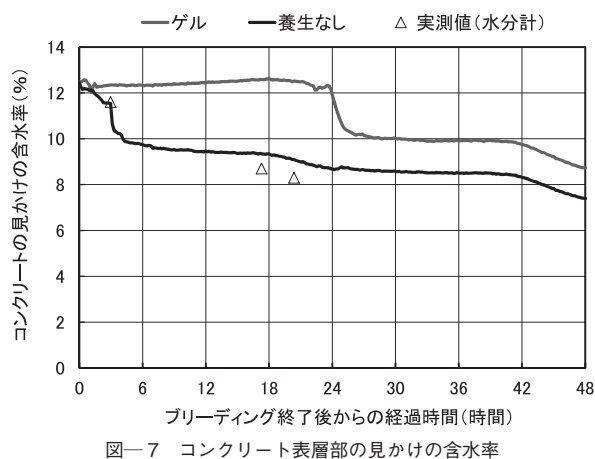
モデル試験体（CASE ③，L290×B164×H85 mm，上面養生・乾燥）の表面から10 mmの深さにモールドゲージを設置し、コンクリート表層部の実ひずみ（収縮ひずみ）を計測した。その結果、ゲル養生を行った場合、極初期材齢の養生を行わない標準的な養生（マット）に比べて表層部の収縮ひずみが小さくなる傾向を示し、特に、経過時間が6時間前後にその傾向は顕著となり、ひずみの差異は150 μ 程度であった（図—5）。



このような収縮ひずみの差異は、コンクリート表層部の含水状態の違いによるものと推察される。そこで、コンクリート中に含まれる水分の挙動を確認するため、上記試験体と同様の形状のものに水分センサを設置（表面から20 mmの深さ）して計測を行った。計測で使用した水分センサは、出力電圧率（基準点の出力電圧値に対する率）により水分の挙動を相対的に評価するものである。本検討では、コンクリートの含水状態を定量的に評価するため、硬化した後の試験体の一部を採取して含水率（実測値）を測定し、この含水率と出力電圧率との関係（図—6）を用いて養生期間中の見かけの含水率を求めた。なお、コンクリートの



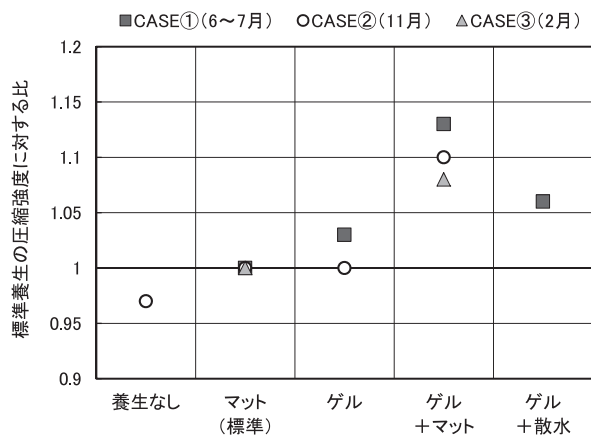
含水率（実測値）は、材齢14日以降の試験体に水を散布し、コンクリートが乾燥する過程で表層部のサンプリングを行い、105℃の乾燥炉による乾燥前後の質量差から算定した。以上のような手法により求めた、コンクリート表層部の見かけの含水率を比較した結果、養生なしの場合はブリーディング終了直後から低下する傾向を示すのに対し、ゲル養生を行った場合、ゲルが湿潤状態である24時間後程度までは一定の値を保持しており、極初期材齢におけるコンクリートの保水性が向上することが認められた（図—7）。なお、図中には、高周波容量式のコンクリート水分計で測定した含水率も併記しているが、概ね見かけの含水率と合致しており、前述した計測手法により適切な評価がなされていたものと考えられる。



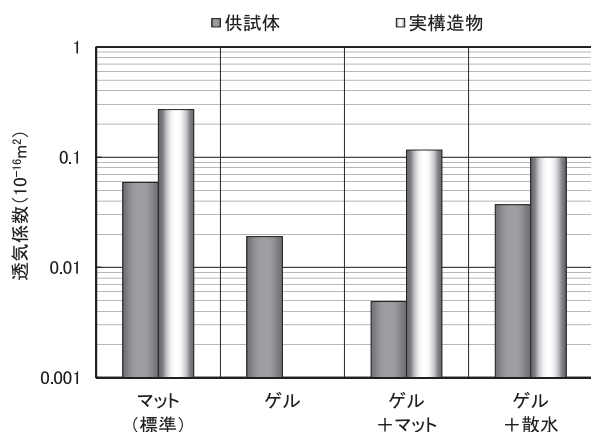
(4) 硬化品質の改善

コンクリート表層部の圧縮強度に及ぼす影響を確認するため、モデル試験体（CASE ①～③， $\phi 100 \times 110$ mm，上面養生・乾燥）による圧縮強度試験を行った。各ケースにおいて、標準的な養生（マット）の圧縮強度に対する強度比でそれぞれ比較すると、ゲル養生の後にマットや散水による湿潤養生を行った場合、標準養生に比べて圧縮強度が増加する傾向を示し、特にゲル養生とマット養生を併用した条件では10%程度の増加が認められた。また、本検討の範囲では、ゲル養生のみを行った場合についてもマット養生と同等以上の強度発現性が得られており、当該工法が、コンクリート表層部の強度増進にも効果的であることが明らかとなった（図—8）。

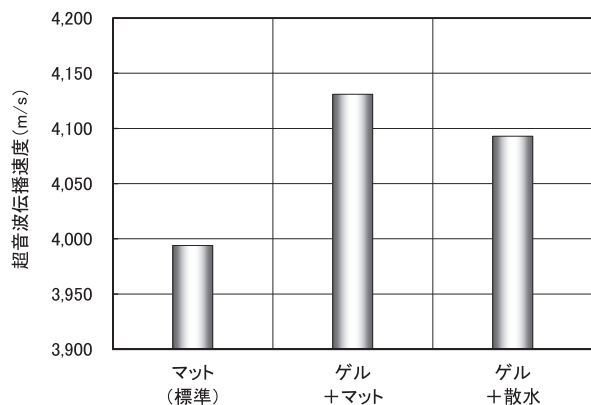
また、実構造物における養生効果を確認するため、CASE ③の部材上面において、トレント法による透気性試験と超音波法による伝播速度試験を行った。その結果、ゲル養生を行った場合、特にマットや散水による湿潤養生を併用した場合は透気係数が小さく、超音



図—8 養生方法がコンクリートの圧縮強度に及ぼす影響



図—9 養生方法がコンクリートの透気係数に及ぼす影響



図—10 養生方法がコンクリートの超音波伝播速度に及ぼす影響

波伝播速度が速くなる傾向を示した（図—9，10）。透気係数や超音波伝播速度は、コンクリートの強度特性や耐久性と相関のあることが知られており、実構造物においてもモデル試験体と同様、ゲル養生によるコンクリートの品質の向上効果が得られたものと推察される。

5. おわりに

以上のように、コンクリートの硬化が開始する前後の極初期材齢において、コンクリートの上面に生分解性吸水高分子ゲルを散布する新たな養生工法「名称：GETT キュア」を適用することで表層部の乾燥が抑制され、乾燥に起因する収縮の制御や、硬化後の品質の向上に効果的であることがわかった。今後も、施工実績を増やして当該工法の普及を推進するとともに、施工条件に応じてより効果的、効率的な工法となるよう、改良を図る予定である。

謝 辞

なお、当該工法は、東海大学との共同研究により開発した技術であり、ご指導を頂いた笠井教授に対してここに感謝申し上げます。

J C M A

《参考文献》

- 1) 竹中寛ら：初期材齢における養生条件がコンクリートの品質に及ぼす影響，土木学会年次学術講演会講演概要集，Vol.63，No.5，pp. 597-598，2008.8
- 2) 竹中寛ら：生分解性吸水高分子ゲルを用いた養生効果に関する検討，土木学会年次学術講演会講演概要集，Vol.66，No.5，pp. 689-690，2011.8
- 3) 笠井哲郎，竹中寛，安田正雪，末岡英二：生分解性吸水高分子ゲルを用いた養生効果に関する検討，コンクリート工学年次論文報告集，Vol.34，No.1，pp.1882-1887，2012.6
- 4) 加藤満ら：生分解性吸水高分子ゲルを用いた防波堤上部工コンクリートの初期養生，土木学会年次学術講演会講演概要集，Vol.67，No.6，pp. 729-730，2012.8

【筆者紹介】

竹中 寛（たけなか ひろし）
東洋建設㈱
総合技術研究所 美浦研究所 材料研究室
主任研究員



海水練りコンクリート技術の各種構造物への適用

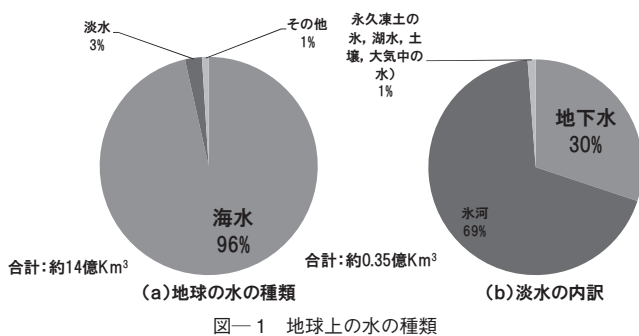
新 村 亮・久 田 真・大 即 信 明

コンクリートの練混ぜ水に海水を、細骨材に未洗浄の海砂を使用することは、天然資源である海水、海砂の有効利用となる。さらに、海水・海砂とともにコンクリート用混和材（産業副産物）や海水用特殊混和剤等を使用することにより、長期強度、水密性などのコンクリートの品質を改善することができる。また、非腐食性の補強材を使用することにより、鉄筋コンクリートへの適用の可能性もある。この様に優れた海水練りコンクリート技術を放射線遮蔽用コンクリートや地盤改良用のセメント系注入材へ応用することを検討した。また、震災で発生したコンクリートがらを利用した港湾構造物の築造にも適用し、試験施工により技術の有効性を検証した。

キーワード：コンクリート、海水練り、品質改善、震災コンクリートがら

1. はじめに

地球は「水の惑星」といわれるように、約 14 億 km^3 もの水が存在するといわれている。図—1 に示す様に、そのうち 96% を占める海水は、地球上で最も豊富にある天然資源といえることができる。一方で、淡水の割合は 2.5% 程度に過ぎず、そのまま利用可能な水は全水量の 0.8% の 0.1 億 km^3 に過ぎない¹⁾。



水資源の有効利用の目的のみならず、災害時の緊急工事、離島での工事などにおいても、淡水や砂の入手が困難な場合、地球上に豊富にある海水や海砂をそのまま使用できれば、工期、コスト、地球環境、資源の有効利用の面で大きなメリットとなる。

一方、我国には、海水や未洗浄の海砂を使用して造られた古いコンクリート構造物が現存している。長崎県佐世保市宇久島の肥前長崎鼻灯台（写真—1）は、昭和 34 年に建設され、現地の海水と海砂、高炉セメ



写真—1 海水と未洗浄の海砂を使用した肥前長崎鼻灯台（手前の灯台、海上保安庁佐世保海上保安部ホームページより転載、<http://www.kaiho.mlit.go.jp/07kanku/sasebo/>）

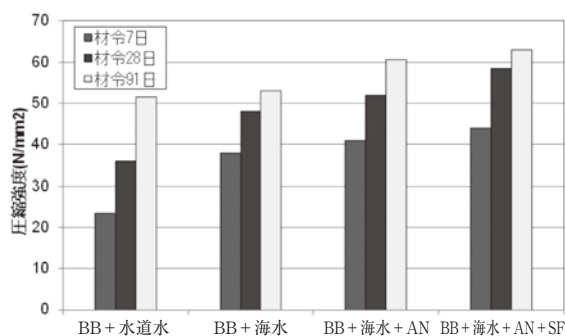
ントを使用して造られた鉄筋コンクリート構造物である。若干のひび割れや表面のスケールが見られるが、50 年経過した現在も現役の灯台として供用されている。

このような状況から海水や洗浄していない海砂を使用し、海水用の混和材料を使用した高品質なコンクリート製造技術の開発を行った。ここでは、このコンクリートの特徴と適用性・応用例を紹介する。

2. 海水練り海砂コンクリートの特徴²⁾

(1) 強度特性

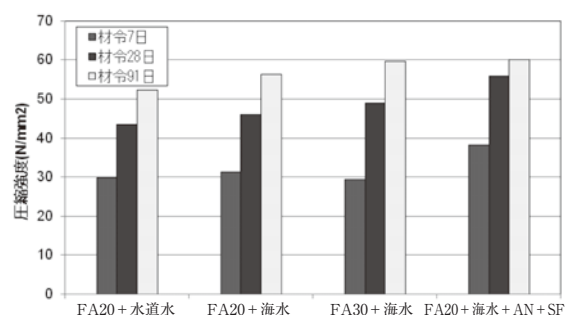
高炉セメント B 種 (BB) を用いた海水練り海砂コンクリートの圧縮強度の比較を図—2 に示す。海水



図—2 海水練りコンクリートの圧縮強度比較（高炉セメントB種使用）

だけを使用した場合、圧縮強度は、材齢28日までの初期材齢で増加するが、より長期においては大きな増加はなくなる傾向にある。そこで、新たに亜硝酸カルシウムを主成分とする特殊混和剤ANやシリカフュームSFを添加することにより、初期強度がさらに増加するだけでなく、長期においても強度が増加し、1年以上の強度も増加することが確認されている。

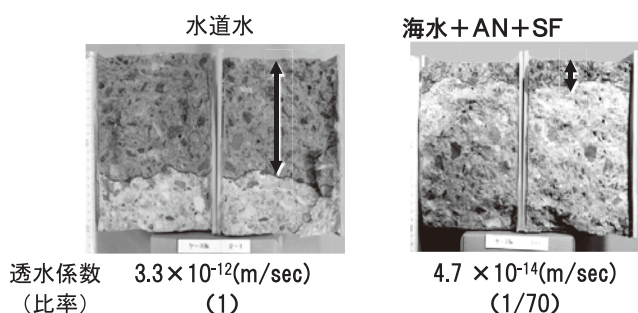
また、図—3に示す通り、石炭火力発電の副産物であるフライアッシュをセメントの20%（FA20）、30%（FA30）添加した場合も、海水とともに特殊混和剤やシリカフュームを使用することにより、初期および長期強度とも増加することが確認された。



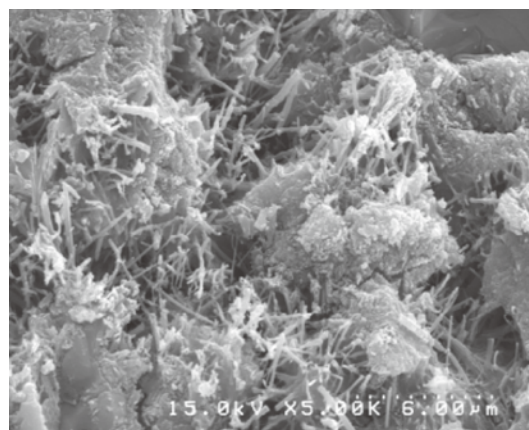
図—3 海水練りコンクリートの圧縮強度比較（フライアッシュ使用）

(2) 水密性

透水試験（インプット法、水圧5MPa、48時間作用）後のコンクリートへの水の浸透状況を写真—2に示す。練混ぜ水に水道水を用いた場合の透水係数に比べ



写真—2 コンクリート透水試験結果



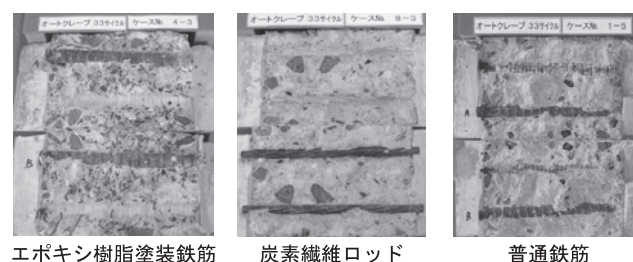
写真—3 海水練り海砂コンクリートの電子顕微鏡写真

て、海水を使用し、特殊混和剤とシリカフュームを使用した場合の透水係数は約1/70となり、著しく水密性が向上する。写真—3に海水と特殊混和剤、シリカフュームを使用したモルタルの電子顕微鏡（SEM）画像を示す。コンクリート中の空隙に多数の針状結晶（エトリンガイト）が生成されており、この結晶がモルタル中の大きな空隙を埋めることによってコンクリートが緻密化するものと考えられる。

(3) 補強材の腐食および変質

コンクリート中の塩化物イオン濃度が高いと、コンクリート中の鉄筋などの鋼材が腐食することが知られている。普通鉄筋、エポキシ樹脂塗装鉄筋、炭素繊維ロッドをコンクリート中に埋め込み、高温高压のオートクレーブと常温常圧の繰り返しによる鋼材腐食促進試験後の補強材の状況を写真—4に示す。33サイクルの繰り返し（海洋環境100年に相当）後に、普通鉄筋は全面的に腐食したが、エポキシ樹脂塗装鉄筋、炭素繊維ロッドは、腐食および変質は認められなかった。

このように、防食鉄筋や非腐食性のFRPロッドを補強材として使用することにより、鉄筋コンクリート構造物にも海水や未洗浄の海砂を使用したコンクリートが適用できると考えられる。



写真—4 補強材の腐食促進試験結果

(4) 施工性の評価

海水と未洗浄の海砂を使用し、補強材としてエポキ



写真—5 海水練り海砂コンクリートを用いたL型ブロック試験体

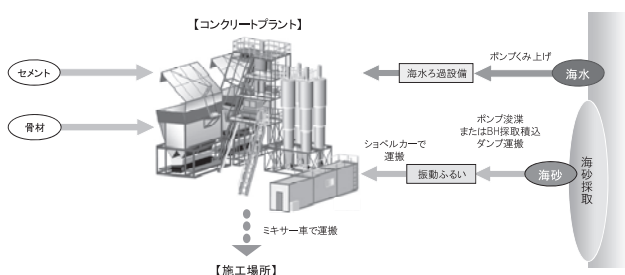
樹脂塗装鉄筋、炭素繊維ロッド、ステンレス鉄筋を使用したL型ブロック試験体を作製した（写真—5）。

海水練り海砂コンクリートは普通コンクリートと同様な方法で施工することが可能であることが確認された。また、内陸と海洋環境下に約2年間曝露したが、有害なひび割れ、鋼材の腐食等はどのブロックにも認められていない。

(5) コストとCO₂排出量の評価

本土より沖合い約100kmの離島における擁壁工事（コンクリート打設量：1,000 m³、設計耐用年数：100年）を想定し、コンクリート工事の建設コストおよびCO₂排出量を試算した。両案とも、現地に設置した簡易プラント（図—4）でコンクリートを製造し、補強材にはエポキシ樹脂塗装鉄筋を使用するものとした。現地の海水と海砂を使用した場合の建設コストは、真水、陸砂を本土より輸送船により運搬する場合に比べて、無筋構造物の場合、約10%縮減でき、鉄筋を有する構造物の場合、約6%縮減できる結果となった。また、海水海砂使用コンクリートのCO₂排出量は、真水、陸砂を本土より輸送船により運搬する場合に比べて約40%縮減できる結果となった。

材料供給が困難な地域の工事においては、現地の海水や海砂を使用することによって、建設コストやCO₂排出量の縮減が可能と考えられる。



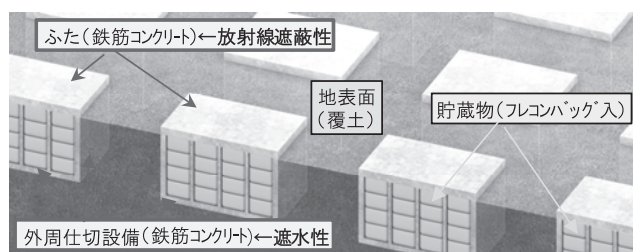
図—4 コンクリート製造プラントのイメージ

3. 海水練りコンクリート技術の応用・適用例

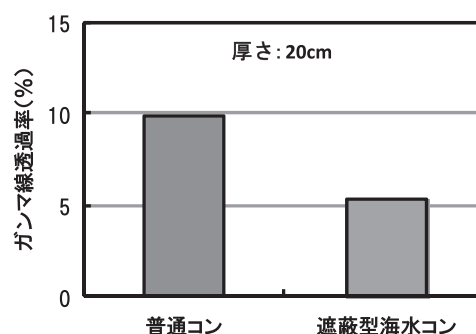
(1) 放射線遮蔽型海水コンクリート

放射性物質を含む土壌や廃棄物を中間貯蔵・処分する施設には、高い放射線遮蔽性と遮水性、耐久性が求められる（図—5）。放射線遮蔽型海水コンクリートは、水密性の高い海水練り海砂コンクリートを基に、重量骨材と特殊混和材を加えることで、人体への影響が高いガンマ線をも遮蔽できるコンクリートである。図—6に示す様に、厚さ20cmの場合、放射線を95%遮り、ガンマ線透過率は普通コンクリートの1/2に低減される。写真—6にガンマ線照射実験状況を示す。

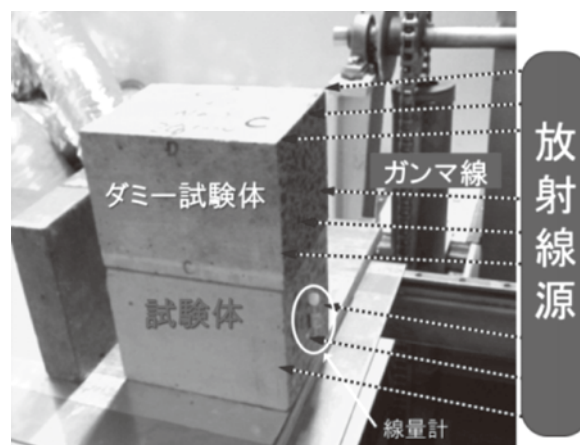
さらに、地下水が海水成分を多く含む沿岸域に建設される放射性廃棄物地層処分施設のコンクリートへの適用も有望と考えられる。



図—5 中間貯蔵施設（セル方式）のイメージ（文献3）に加筆



図—6 放射線遮蔽率の比較

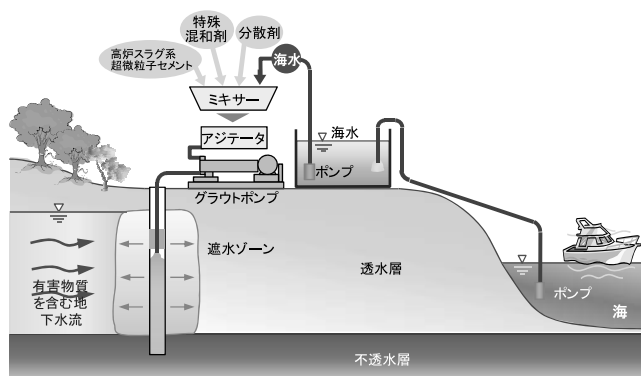


写真—6 ガンマ線照射実験状況（JAEA 高崎量子応用研究所）

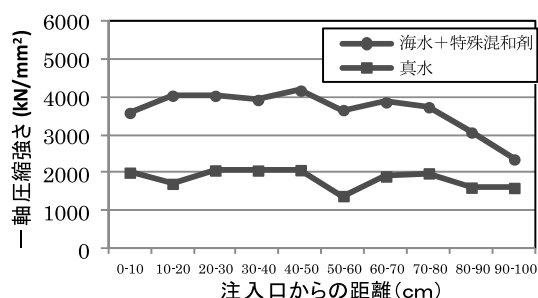
(2) 海水を使用した地盤注入工法⁴⁾

セメント系注入材には、真水を使用することが一般的だが、離島や沿岸部での工事、災害復旧工事において真水の入手が困難な場合がある。その様な条件では、海水を使った超微粒子の地盤注入工法が適用できる(図—7)。

特殊混和剤を使用することで流動性や地盤への浸透性の改善が図れ、圧縮強度、遮水性も向上する。地盤



図—7 海水を使用した地盤注入工法



図—8 地盤注入試験による一軸圧縮強度測定結果

注入試験により一軸圧縮強さを測定した結果を図—8に示す。一軸圧縮強さは真水使用の場合の約2倍に増加し、透水係数は真水使用の場合の1/14に低下できる。

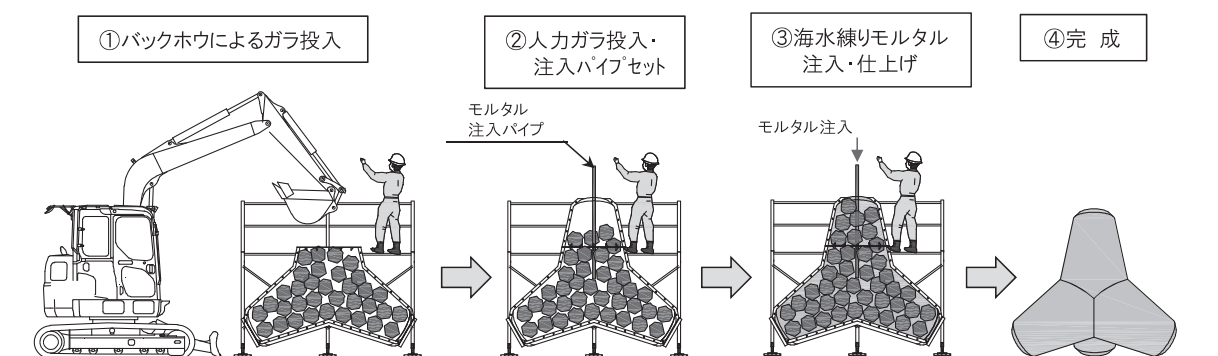
地山の補強、液状化対策、基礎地盤の透水性の改良、遮水壁の築造工事など広範囲に使用可能であると考えられる。

(3) 震災コンクリートがらを利用した港湾構造物の築造

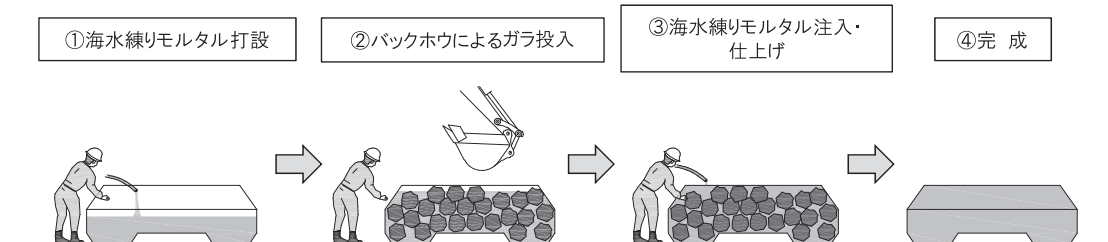
東日本大震災では宮城・岩手2県でも400万tの大量なコンクリートがらが発生し、その有効利用が課題となっている。一方で、今後、復興のためには大量のコンクリートが必要となる。

がらを用いた場合でも、練混ぜ水に海水を使用することにより、コンクリートの寒冷地での早期強度発現性、長期的な高強度化など様々な品質向上効果があり、工期短縮や耐久性の向上、コストダウンが期待できる。そこで、コンクリートがらを利用し、海水を練混ぜ水に用いて港湾構造物を築造技術の実証試験を行った。

震災コンクリートがらの利用コストを抑えるため、がらはできるだけ破碎や摩砕加工せずに使用することが望まれる。そこで、がらを利用し、海水練りモルタルを注入用モルタルとして使用したプレパックド・ポストパックドコンクリート工法を検討した。プレパックドコンクリート工法ではがらを型枠に詰めた後にモルタルを注入し、ポストパックドコンクリート工法では型枠にモルタルを充てんした後に、がらを投入する。それぞれの施工フローを図—9、10に示す。



図—9 がらを利用したプレパックドコンクリート施工フロー



図—10 がらを利用したポストパックドコンクリート施工フロー

室内試験において800 mm角のプレパックドコンクリートを製造した。寸法300～500 mmのがらを使用したが、港湾用のブロックとして必要な強度を満足し、空隙の無い密実なコンクリートが製造可能であることが確認できた(写真—7)。

そこで、国土交通省による福島県相馬港の港湾復興工事において、本技術によって実際に消波ブロック、根固めブロックの試験施工を行った。施工状況を写真—8, 9に示す。試験施工により本技術の有効性が実証され、今後、震災復興工事への適用拡大が期待される。

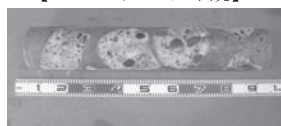
注入管



【モルタル注入状況】



【コンクリート外観】



【コア断面】

写真—7 がらを利用プレパックドコンクリート試験状況



がら充てん状況



モルタル注入状況

写真—8 プレパックド工法による消波ブロックの製作状況



モルタル注入状況



がら投入状況

写真—9 ポストパックド工法による根固めブロックの製作状況

4. おわりに

地球環境保全の観点から、海水を有効利用し、淡水の使用を抑制することは意義が大きい。また、海水を使用することにより、コンクリートの品質向上効果も得られる。その他に、離島や災害復旧工事などでは、材料運搬に伴うCO₂排出量、コスト削減を図ることも可能となる。このように、コンクリート材料として海水を利用することのメリットは多く、今後、さらに広範囲な適用を検討していきたい。

謝 辞

なお、震災コンクリートがらを利用した海水練りコンクリート技術の開発において、東北大学の皆川浩准教授にご指導いただいたことを感謝します。また、現地実証試験実施に協力いただいた国土交通省東北地方整備局港湾空港部、並びに小名浜港湾事務所に感謝致します。

JCM A

《参考文献》

- 1) I.A.Shiklomanov: Assessment of Resources and Water Availability in the World:WMO ed, 1996
- 2) 竹田宣典, 大即信明:海水および海砂を使用したコンクリートの開発, セメント・コンクリート, No.784, 2012.6
- 3) 環境省, 東京電力福島第一原子力発電所事故に伴う放射性物質による環境汚染の対処において必要な中間貯蔵施設等の基本的な考え方について, 2011.10
- 4) 阿部智彦, 松本 伸, 新村 亮, 金沢 智彦:海水を使用した地盤注入工法の開発, 第67回年次学術講演会概要集, 2012.9

【筆者紹介】

新村 亮 (しんむら あきら)
 (株)大林組
 生産技術本部 技術第一部
 主席技師



久田 真 (ひさだ まこと)
 東北大学大学院 工学研究科
 教授



大即 信明 (おおつき のぶあき)
 東京工業大学大学院 理工学研究科
 教授



高靱性セメント系複合材料 ECC

橋 本 学・坂 田 昇・長谷川 裕 介

高靱性セメント系複合材料（Engineered Cementitious Composite, 以下、ECC）の優れた曲げ変形性能およびセメント系材料としての高い耐久性を生かして、様々な用途への展開が期待されており、補修・補強分野を中心に実施工へ適用されつつある¹⁾。実施工への適用にあたり、これまでに実施した ECC の性能試験の結果を示すとともに、実施工の適用事例として、道路橋床版連結部の補修工法やトンネルの補強工法および農業用水路の補修工法を挙げ、施工方法の検証および施工後の経過観察を行った。その結果、施工後数年が経過した現在でも、それぞれの補修・補強工法は機能を維持しており、ECC の特長である高い耐久性が確認された。

キーワード：ECC，変形性能，耐久性，遮水性，道路橋床版，トンネル補強，農業用水路

1. はじめに

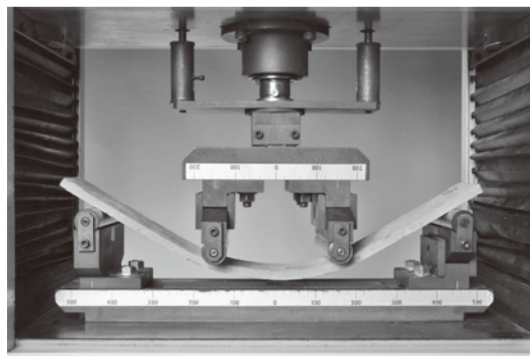
ECC は、セメント、水、砂などの通常のもルタル材料に、高強度の有機繊維を混合したセメント系の材料であり、ひび割れ発生後も繊維が引張力を負担し、数パーセント程度の引張ひずみが作用しても引張力を保持できる性能を有している。従来のセメント系材料にはない優れた性能から、ECC は様々な用途への展開が期待されており、筆者らは ECC の適用拡大に向けての一策として、道路橋床版連結部の埋設型枠、ECC を汎用的な機械で吹付け施工を行うトンネル補修・補強工法を考案した。また、農業土木分野においても、農業用水路の高耐久な補修工法として適用した。本報では、ECC の各種の性能試験の結果を示すとともに ECC を適用した施工事例について紹介する。

2. ECC の概要

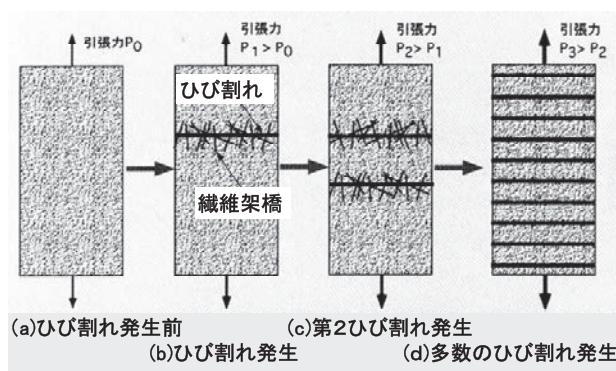
ECC はセメント系材料でありながら、複合体に含まれる有機繊維の補強効果により、引張力が作用しても脆性的に破壊することなく、微細で高密度の複数ひび割れを発生させながら、金属のように変形するという優れたひび割れ分散性能を有する高靱性材料である。この優れた曲げ変形性能、ひび割れ分散のメカニズムおよびひび割れ分散の状況例を写真—1、図—1、2 にそれぞれ示す。

従来のセメント系材料では初期ひび割れが発生する

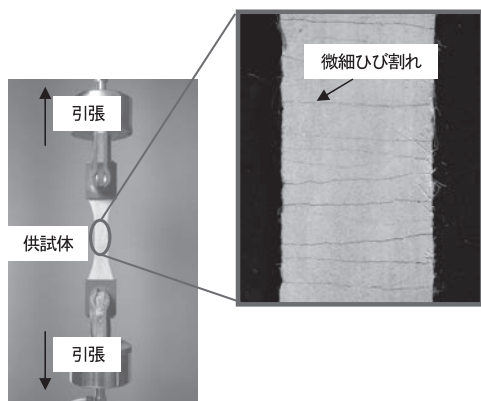
と、このひび割れが拡大して破壊してしまう。それに対し、ECC では、繊維によるひび割れの拘束能力が高く、ひび割れ幅の拡大が抑制され次のひび割れが生じる。そして次々と新たな微細ひび割れが多数発生し、見掛け上、非常に大きな引張ひずみが生じても荷重に耐え得る特長を有している。



写真—1 優れた曲げ性能



図—1 ひび割れ分散のメカニズム



図—2 ひび割れ分散のメカニズム

3. ECC の性能に関する検討

ECC は表—1 に示す配合で構成されており，材料特性値としては，表—2 に示すように既往の研究²⁾より確認されている。以下に，ECC の変形性能，耐久性および遮水性能について示す。

表—1 ECC の配合

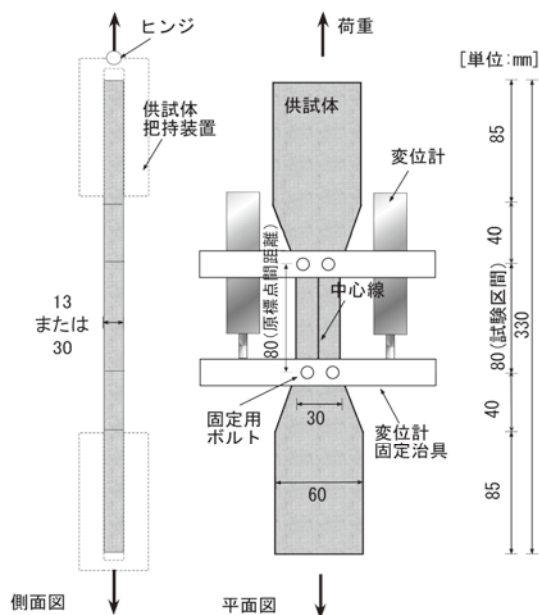
水結合材比 W/B (%)	砂結合材比 S/B (%)	単位水量 W (kg/m ³)	繊維体積率 V _f (%)
42.0	41.3	360	2.0

表—2 ECC の材料特性値¹⁾

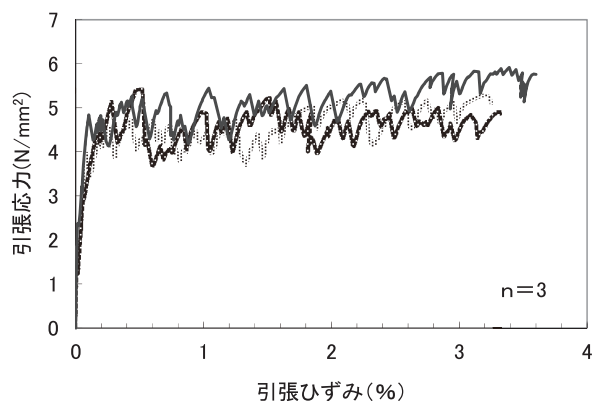
項目	単位	値
引張降伏強度	N/mm ²	2.0
引張強度	N/mm ²	3.0
引張終局ひずみ	%	0.8
圧縮強度	N/mm ²	30.0
ヤング係数	N/mm ²	16000
ポアソン比	—	0.23
熱伝導係数	W/(m・k)	0.463
比熱	J/(g・k)	1.49
収縮特性	—	-0.046%

(1) 変形性能について

ECC の変形に対する追従性能を確認するために，土木学会発刊の「複数微細ひび割れ型繊維補強セメント複合材料設計・施工指針（案）」²⁾に従い，図—3 に示す一軸直接引張試験を実施した。応力—ひずみ関係を図—4 に示す。同図より，一般的な繊維補強モルタルの場合には初期ひび割れの発生と同時に荷重の低下が認められることが多いが，ECC の場合，初期ひび割れの発生後も，引張ひずみの増加に伴って応力が徐々に増加する傾向を示し，多数の微細ひび割れが発生させながら 3% 以上の引張ひずみに達することが



図—3 一軸直接引張試験概要図



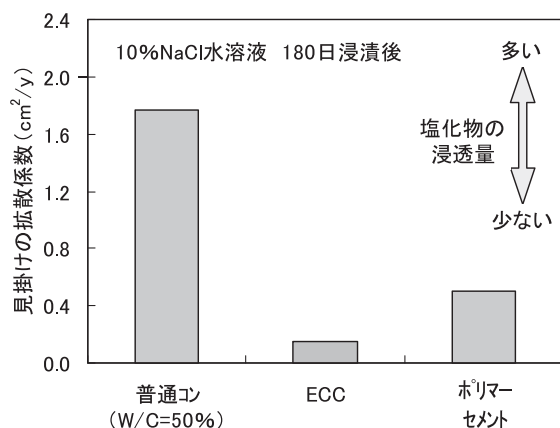
図—4 一軸直接引張試験結果

確認された。

(2) 耐久性および遮水性能について

ECC は，水結合材比が低く，さらに特殊な混和材が使用された緻密な材料であるため，高い耐久性を有している。また，通常のコンクリートなどと違い，ひび割れを非常に微細な範囲に制御できることから，ひび割れを弱点として劣化因子が内部に侵入していくことがない。例えば，塩化物の浸透抑制については，室内で塩化物溶液に浸漬して分析した結果，図—5 に示すように，見掛けの拡散係数が水セメント比 50% の普通コンクリートの 1/10 となり，塩害の補修で一般的に使用されるポリマーセメントモルタルと比較しても，さらに低い値となった。

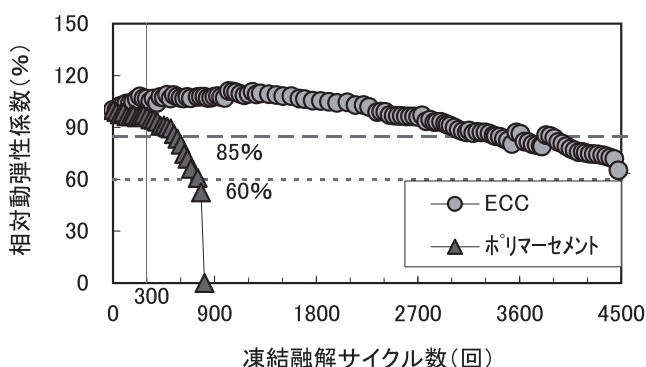
中性化の抑制については，水セメント比が 40% 程度のコンクリートと同等の高い性能を有している。荷重などによってひび割れが発生する条件で使用する，ECC に発生するひび割れが微細な範囲に制御さ



図一五 塩化物イオンの見掛けの拡散係数

れるために、より有効である。

耐凍害性については、ECCが緻密であることや、化学混和剤によって連行された良質なAEを多量に含むこと、高強度の短繊維の架橋によって劣化を防ぐこと、ポップアウトの原因となる粗骨材を含んでいないことなどにより、極めて高い抵抗性を有している。例えば、一般に、コンクリートは凍結融解試験の300サイクルにおける相対動弾性係数が60%以上であれば、凍結融解抵抗性を有するものと評価されるが、ECCの場合、図一六に示すように、300サイクルにおける相対動弾性係数が100%であった。さらに試験を継続



図一六 凍結融解試験結果

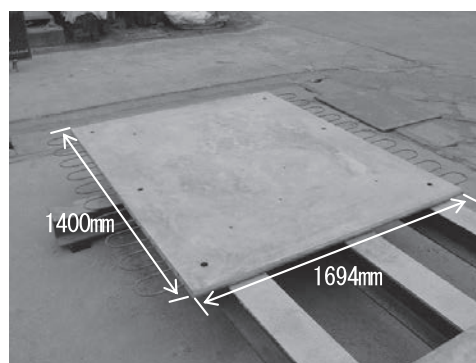
したところ、一般的なポリマーセメントモルタルが、800サイクルに達する前に相対動弾性係数が60%以下となったのに対し、ECCは、4500サイクルを超えても相対動弾性係数が60%以上を保持する結果であった。

遮水性能については、予めひび割れを導入した供試体を用いたECCとモルタルの透水試験により、ECCの透水量がモルタルのそれと比較して1/10以下となることを確認している。また、ECCに複数の微細ひび割れが発生した場合でも、高い遮水性は保持されるものと考えられる。

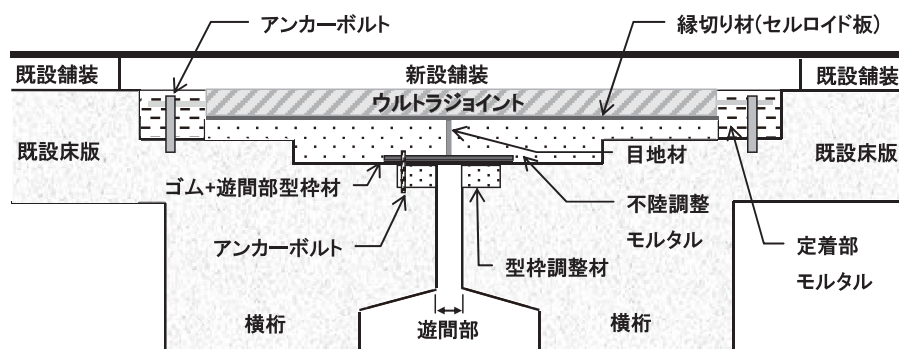
4. ECCを適用した施工事例

(1) ECC連結板による道路橋ジョイント部の補修工法

ECCを用いた道路橋床版のノージョイント化工法である「ウルトラジョイント工法」について紹介する。ウルトラジョイント工法による補修断面の構成を図一七に示す。ウルトラジョイント工法は、ECCを用いて作製したプレキャスト版(写真一2、以下、ウルトラジョイント)により床版端部を連結する工法である。ECCの特長である優れた変形性能により、温度変化



写真一2 ECCのプレキャスト版(ウルトラジョイント)

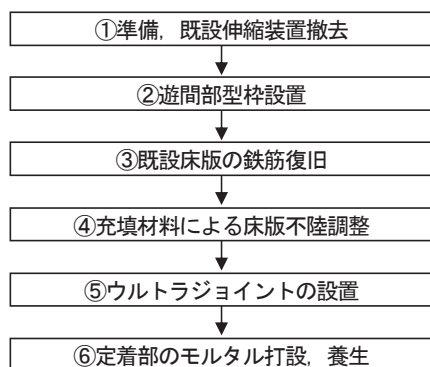


図一七 ウルトラジョイント工法による補修断面

および輪荷重で生じる桁端遊間部の伸縮に追従することができ、構造系を変化させることなく、比較的短時間で施工できるという特長を有している。ウルトラジョイントは、桁端遊間部の伸縮を吸収するために必要な自由長、車線幅員、引張応力を床版に伝達させる両端固定などの条件を基に設計される。なお、遊間変位に対して、自由長部分の伸縮が拘束されないように、既設床版とウルトラジョイントの境界面にセルロイド板を貼付け、縁を切った構造としてある。

工事に適用したウルトラジョイントは、1枚当り橋軸方向1,400mm（自由長1,050mm）、板厚30mm、幅1,694mmとし、1レーン（1車線）2枚設置した。施工フローを図—8に、代表的な各工程の作業状況を写真—3に示す。

本工事では、厳しい時間規制（夜間規制8時間）の中で施工する必要があったが、規制時間内で十分に施工できることを確認した。今後、床版はつり範囲の明確化や充填材料または定着構造の改良を行うことで、さらに施工時間の短縮を図ることが可能であると考えられる。



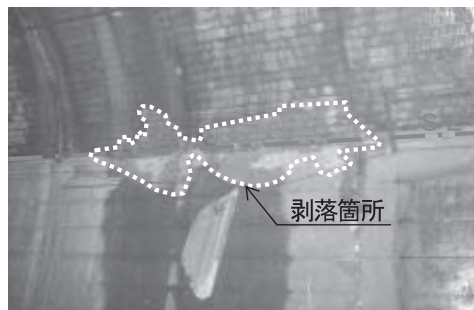
図—8 施工フロー



写真—3 各工程の作業状況

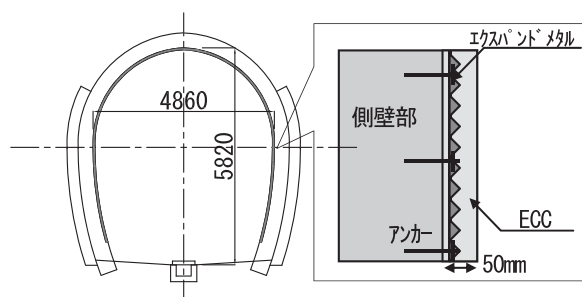
(2) ECC を用いたトンネル内面補強工法

地震などで大きな変状が発生したトンネルの補強対策には、できる限り薄肉で、圧縮・引張耐力ともに向上が期待でき、かつ安全性・経済性に優れた内面補強工法が適している。地震により被災したトンネルの災害応急工事にECCを用いて、トンネル内面補強を行った事例について紹介する³⁾。対象としたトンネル（内空：約4.8m×5.8m）は1965年に竣工した延長285mの単線鉄道トンネルで、導坑先進上部半断面工法により施工された。新潟県中越地震の影響で覆工コンクリートに変状が生じ、写真—4に示すようにSL付近のコンクリート片の剥落が生じたため、計37m（施工面積約500m²）にわたって本工法により補修することとなった。

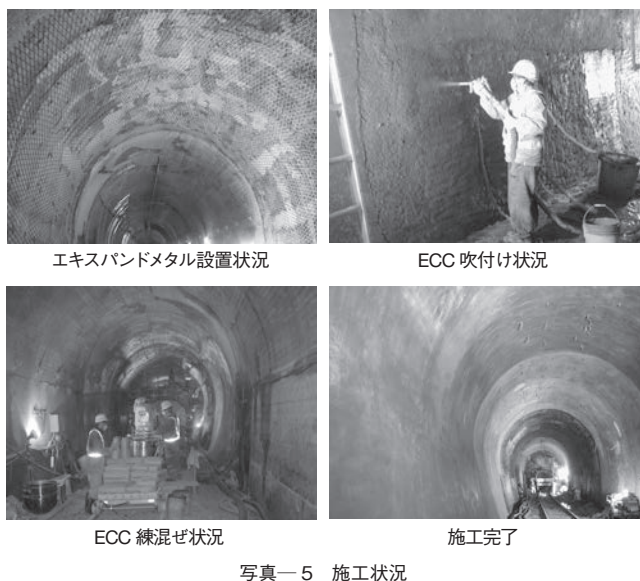


写真—4 側壁部の剥落状況

トンネル断面図および補強断面を図—9に示す。事前に、漏水対策としてひび割れ注入を行い、大きく剥落した部分については、ポリマーセメントモルタルにて断面修復を行った。次に、既設覆工にアンカーを設置し、ECCの充填性に配慮してエキスパンドメタルを覆工背面から10mm離れた位置で取り付けた。ECCはプレミックスされた材料（25kg／袋）を用いて、練混ぜには小型ミキサ（容量100ℓ）を使用し、練り上がったECCを4～5層に分けて厚さ50mm（10mm／層程度）で吹付けを行った（写真—5）。本工法によって施工日数が10日間という短期間（昼夜連続作業）で完了することができた。本工法は特殊な大型機械を必要とせず、練混ぜ用のミキサについても汎用品でか



図—9 トンネルの補強断面図



写真—5 施工状況

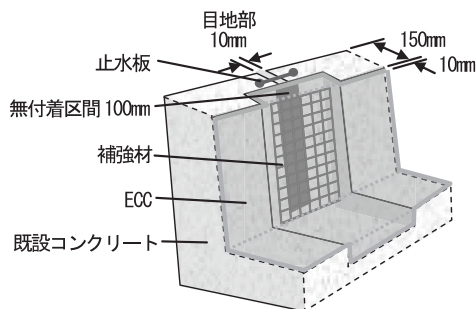
つ小型であるため、今回施工したような小断面トンネルでも十分に施工が可能である。また、震災復旧工事のように、早期復旧・早期開通が求められる場合には、工場製作が必要なプレキャスト部材などを使用する工法と比較して、迅速な対応が可能である。

本工法は施工後6年が経過した現在でもこの機能が維持されており、目立った変状が生じていないことを確認している。

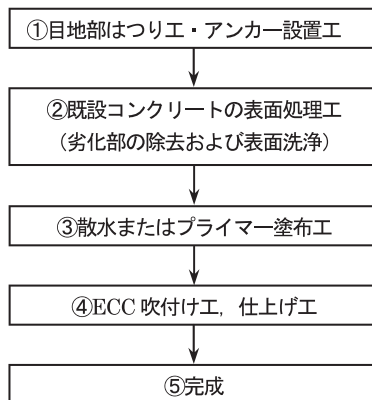
(3) 農業用水路の補修工法

ECCの高い耐久性、優れた変形性能および遮水性を活かして開発した「水路補修ECCショット工法」⁴⁾について紹介する。農業土木分野における用水路などの水利構造物の大部分は、長期間にわたって供用されているため、補修・補強が必要になっているものが多数存在する。このような水利構造物に用いられる補修材料には、耐久性及び遮水性に加え、外気温の変化などによって生じる既設構造物の動きに追従することができる性能が求められる。しかし、従来のセメント系材料では、変形性能に乏しいため動きに追従できず、また、樹脂系材料では、紫外線により早期に劣化を生じてしまうという課題がある。これらの課題を本工法によって解決することができ、さらに、薄層で施工するため通水断面を縮小することがなく、所定の通水性能を確保できる。

本工法の補修工法の概要を図—10に、施工手順を図—11に示す。はじめに、既設コンクリート表面の埃などを高圧洗浄機によって取り除き、目地部の施工を行う。目地部は、はつり後にエキスパンドメタル等で補強する。次にプレミックスされたECC(25kg/袋)を現場で小型ミキサ(容量100ℓ)を用いて練り



図—10 ECCによる水路補修工法の概要



図—11 ECCによる水路補修工法の施工手順



写真—6 ECC吹付け状況



写真—7 施工前および施工後の状況

混ぜ、水路表面に厚さ10mmとなるようにECCの吹付けを行う(写真—6)。吹付け終了後、コテなどによって表面が平滑になるように仕上げを行い、2日間以上表面が乾燥しないようにシートにて養生を行った。

本工法は、ECCと既設水路との付着性が高く、目地の伸縮による損傷が生じないため、写真—7に示

すように、施工後の2年間の目視による経過観察の結果、数本の微細ひび割れが確認されたのみであり、遮水性を確保している状況が確認された。

5. おわりに

本報では優れた変形性能と高い耐久性を併せ持ったECC高韌性セメント系複合材料を、道路橋床版連結部やトンネル内面および農業用水路の補修・補強工法として適用した事例について紹介した。

実施工に際しては、ECCはプレミックス材料として粉体に水を加えるだけで簡単に製造することができ、特殊な装置を使用しなくても施工可能である。

今後、これらの工法が広く適用され、ライフサイクルコストを低減した合理的かつ経済的な維持管理の実現に貢献できることを期待している。

J C M A

《参考文献》

- 1) 児島ほか；高韌性セメント複合材料を用いた吹付け補修工法の適用，コンクリート工学，Vol.42，No.5，pp.135-139，2004.5
- 2) 土木学会コンクリート委員会；複数微細ひび割れ型繊維補強セメント複合材料設計・施工指針（案），土木学会，資料—1，2007
- 3) 山本ほか；高韌性セメント複合材料を用いたトンネル補修技術，土木学会第60回年次学術講演会，pp.483-139，2005
- 4) 前山ほか；吹付けECCによる水路補修に関する研究，コンクリート工学年次論文集，Vol.32，pp.1643-1648，2010

【筆者紹介】



橋本 学（はしもと まなぶ）
鹿島建設㈱
技術研究所 土木材料グループ
主任研究員



坂田 昇（さかた のぼる）
鹿島建設㈱
技術研究所 土木材料グループ
グループ長



長谷川 裕介（はせがわ ゆうすけ）
カジマ・リノベイト㈱
技術部
課長代理

排水・湿潤連続養生による コンクリートの耐久性向上技術の開発

Wcuring

宮 原 茂 禎・丸 屋 剛・岸 利 治

養生によるコンクリートの高耐久化技術の開発を目的として、打込み直後にコンクリートから生じるブリーディングや気泡を排出する透水型枠養生と凝結後の速やかな給水による湿潤養生を、脱型せずに連続で行うことができる養生方法を開発した。壁高欄を模擬した大型部材の試験施工により標準的な施工方法を確認するとともに、耐久性試験を実施して表層の透気係数の低減、中性化の抑制、塩分浸透の抑制などの養生効果を確認した。また、橋梁の高欄壁において試験適用を行い、現場施工においても十分な施工性が得られること、および非破壊検査によりコンクリート表層の品質が向上していることを確認した。

キーワード：コンクリート、耐久性、養生システム、表層品質、透水型枠、湿潤養生

1. はじめに

これまでに構築されてきた社会資本の維持管理費用が今後急激に増大していくことが予想されているなかで、新設の構造物に対しては品質の良いコンクリートを施工し、必要に応じた予防保全を施すことで、将来の維持管理費用や労力を低減させるライフサイクルコストの考え方が浸透してきている。

コンクリートの耐久性向上技術は、主に初期ひび割れの防止とコンクリート自体の品質向上の観点から検討が行われており、設計、材料・配合、運搬、打設、養生の各工程において様々な技術が開発されている。

このうち養生に関しては、型枠内部に織布や専用のシートを設置して打設直後の余剰水や気泡を排出する透水型枠¹⁾や、脱型後のコンクリート面に設置して表面の湿潤状態を保つ湿潤養生マット²⁾などについて研究が行われ、実用化されている。これらはそれぞれに良好な効果が確認されており、透水型枠はコンクリート表面部の水セメント比の低減による高耐久化や気泡の減少による美観の改善が期待でき、湿潤養生はセメントの水和反応を十分に進行させ、緻密な空隙構造を形成することで耐久性の向上を図ることができる。現状では、養生はこのような打設初期の排水または硬化後の給水や乾燥防止のどちらか一方を行う場合がほとんどであり、大きな労力や費用を伴わずに両者を複合して実施できる養生方法があればさらなる品質向上が期待できる。

本研究では、施工現場において水中養生に匹敵する

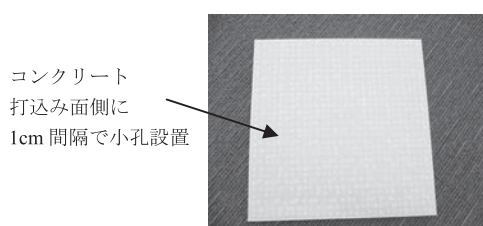
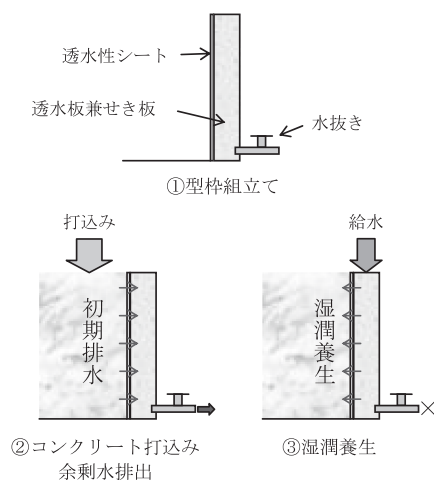
効果を得ることができる養生方法を見出すことを目的として、これまでに、初期の余剰水の排出と硬化後の給水を同一の型枠を用いて連続して行うことができる手法を考案し、基礎実験として小型の試験体を用いて空隙構造測定や各種の耐久性試験を行い、その効果を評価してきた^{3), 4)}。本稿では、壁高欄を想定した実大規模の部材製作試験を通して標準的な施工方法を構築するとともに、各種の耐久性試験によって良好な養生効果が得られることを確認した。また、橋梁現場の壁高欄の一部へ適用し、その効果を非破壊で調査した。本報ではこれらの結果について報告する。

2. 排水・湿潤連続養生工法の概要

本研究で検討した型枠の構造と養生の手順を、図—1とあわせて以下に示す。

- ①内部に水を供給することができる中空構造をもつ樹脂製の透水板をせき板として使用し、コンクリートとの接触面には透水性のシートを設置して型枠を組み立てる。
- ②コンクリートを打ち込む。打込み中および打込み直後は型枠下部に設置した水抜き栓を開いて、コンクリート表層の余剰水や空気泡を排出する。
- ③凝結終了後に水抜き栓を閉じて透水板に給水することにより湿潤養生を行う。

使用する透水板は、強度が高く、コンクリート打込み面側のみに図—2に示すような直径約1mmの小孔を1cm間隔で設け、透水性シートを介してコンク



図二 透水板の外観

リートへの給排水を可能にしたものである。透水性シートは織布と不織布を組み合わせたもので、透水型枠用に開発された市販のシートを使用した。また、透水板下部には水抜き孔を設置し、透水板内に貯まった水を排水できる構造とした。

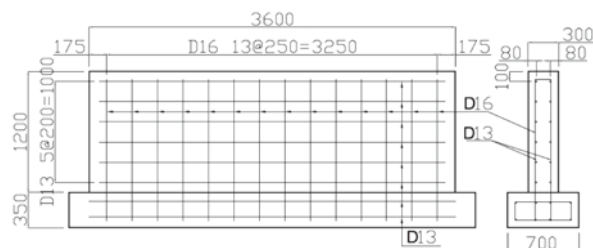
これにより、コンクリート打込み直後の余剰水や気泡の排水と凝結終了後の速やかな湿潤養生を一つの型枠で連続して実施することができると考えた。本報ではこの本養生システムを Wcuring（以下、排水・湿潤連続養生）と呼ぶこととする。

3. 壁高欄を模擬した部材の製作試験

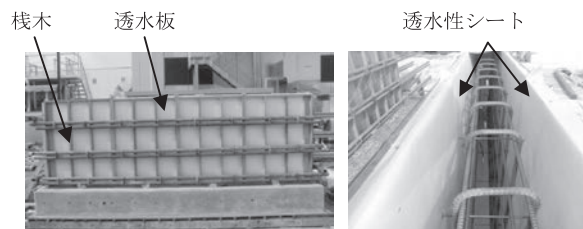
(1) 実験方法

(a) 部材の概要

壁高欄の施工を想定した部材の形状および配筋を図一3に示す。壁面部の形状は3600×300×1200mmとし、既往の壁高欄の図面を参考にD16の鉄筋を縦方向に250mm、横方向にD13を200mm間隔で配置



図一3 部材立面図（単位：mm）



図四 型枠組立て状況

した。部材は排水・湿潤連続養生用に製作するものと、比較用として通常の木製の型枠を存置して製作するものの2体とした。

図一4に型枠組立て後の状況を示す。排水・湿潤連続養生用の型枠は透水板としては、上述の通り、内部に中空構造を有して湛水が可能な樹脂製の板をせき板も兼ねて使用した。透水板の背面は図に示すように木で補強して、コンクリート打込み時の側圧によるたわみを防止した。木を取り付けたのち、コンクリート打込み面側に透水性シートを設置して型枠を組み立てた。

(b) 部材の製作

コンクリートは普通セメントを使用した呼び強度30N/mm²、スランプ8cm、粗骨材最大寸法20mmのレディーミクストコンクリートとした。配合を表一1に示す。

コンクリートの打込みから仕上げまでは一般的なコンクリート施工方法に準じて実施した。排水・湿潤連続養生では、打込み開始から水抜きを通して余剰水を排出した。打込みの翌日に透水板を水で満たし、それ以降は打込み面から少量の水を供給し続けて湿潤状態を保持した。材齢3日（給水期間は2日）で水の供給を止め、透水板内の水を排出して湿潤養生を終了したのち、材齢5日において脱型した。

表一1 コンクリートの配合

配合の呼び名	水セメント比 (%)	細骨材率 (%)	単位量 (kg/m ³)				
			水	セメント (C)	細骨材	粗骨材	混和剤*
30-8-20N	51.8	46.2	156	302	850	1002	C×0.8%

※混和剤：AE減水剤 標準形（I種）

木製型枠を使用して製作した比較用の部材は、打込み面を散水した養生マットで覆いながら、材齢5日まで型枠を存置したのちに脱型した。これはコンクリート標準示方書⁵⁾に示される普通セメントを使用したコンクリートで気温15℃以上の場合の湿潤養生期間の標準に準じたものである。

脱型後の両部材は屋外で保管し、次項に示す耐久性試験により養生の効果を検証した。

(c) 養生効果の確認試験

排水・湿潤連続養生による耐久性の向上効果を表面透気係数試験 (Torrent 法)、細孔径分布、促進中性化深さ (JIS A 1153 準拠)、塩化物イオンの見掛け拡散係数 (JIS A 1154 準拠) の測定により検証した。部材の高さ方向の品質の差を確認するために、測定は壁面の上部および下部で実施した。上部は壁面の天端から20 cm 下、下部はフーチング上面から20 cm 上の地点とした。

表面透気試験 (Torrent 法) によりコンクリート表面の緻密性等を評価した。これは、図-5に示した装置を用い、コンクリート表面に設置したチャンバー内を真空ポンプによって減圧した時の圧力の経時変化を測定することによって透気係数を算出するものである。透気係数は材齢1ヶ月および7ヶ月において測定した。



図-5 透気係数測定方法

細孔径分布測定は材齢28日で採取したコアを用いて、表面から0～10、10～20、20～30 mmの深さで測定した。各深度から5×5×5 mmの試料を多数切り出し、D-dry 乾燥を7日間施したのち、水銀圧入式ポロシメータにより2 nm～200 μmの空隙量を測定した。

中性化深さおよび塩化物イオンの見掛けの拡散係数は、養生効果の検討のため、コンクリートの代表的な劣化要因である中性化と塩害に対する耐久性を評価したものである。材齢28日で採取したコアを用いて、

表面を暴露面とし、側面と底面はエポキシ樹脂でコーティングして試験した。中性化深さは20℃、RH60%、CO₂濃度5%の条件で13週間中性化を促進したのち、割裂した面にフェノールフタレイン溶液を噴霧し、表面からの非呈色深さを測定することにより求めた。塩化物イオンの見掛けの拡散係数は、材齢28日で採取したコアを用いて浸せき試験により測定した。表面を暴露面として、残りの面をコーティングしたコアを3%の塩化ナトリウム水溶液へ3ヶ月間浸した。見掛けの拡散係数は、JSCE-G 572 2007「浸せきによるコンクリート中の塩化物イオンの見掛けの拡散係数試験法(案)」に従って求めた。具体的には浸せきしたのち、ドライカッターで表面から1 cm ずつ5 cm まで、5深度の平板を切り出し、JIS A 1154に従い電位差滴定法により測定した各深さの塩化物イオン濃度分布を、Fickの第二法則の一般解である式(1)で回帰分析し、表面塩化物イオン濃度とともに最小二乗法で算出した。

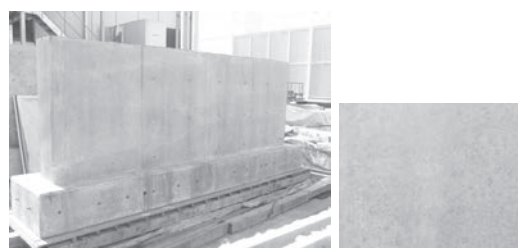
$$C(x, t) = C_0 \cdot \left(1 - \operatorname{erf} \left(\frac{x}{2\sqrt{D \cdot t}} \right) \right) \quad (1)$$

ここで、 $C(x, t)$: 任意の深さにおける塩化物イオン濃度 (kg/m³)、 C_0 : 表面塩化物イオン濃度 (kg/m³)、 x : 表面からの深さ (cm)、 D : 塩化物イオンの見掛けの拡散係数 (cm²/年)、 t : 浸せき期間 (年) である。

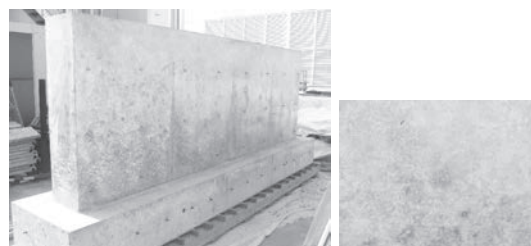
(2) 試験結果

(a) 脱型後のコンクリートの状況

脱型後の部材の状況を図-6に示す。表面には透



a. 排水・湿潤連続養生部材



b. 木製型枠部材

図-6 脱型後の部材の表面状況

水性シートの織布の細かな編目が転写されていたが、空気泡は非常に少なく良好な仕上がりであった。また、木製型枠の部材と比較すると表面の色はやや濃い灰色であった。同一のコンクリートでも表面の状態によって色は異なり、表面の組織が粗である場合は光が乱反射されて白味を帯びるのに対し、緻密である場合はセメントに近い濃色を示す⁷⁾。以下で示すように、排水・湿潤連続養生により表層部分の組織が緻密化されたと考えることができる。

(b) 耐久性試験結果

材齢1ヶ月および7ヶ月における Torrent 法による透気係数と電気抵抗率の測定結果を図-7に示す。塗潰した点は部材上部での測定値、白抜きの点は下部での測定値を示している。材齢1ヶ月の測定では両部材ともに小さな透気係数を示し、養生方法による差はほとんど見られなかった。若材齢でコンクリート中の含水率がまだ高いため透気しにくかったものと考えられる。材齢7ヶ月における透気係数は、排水・湿潤連続養生を行った部材では、平均で木製型枠の場合の1/5程度の値となった。透気試験では上部と下部の測定値に優劣の明瞭な傾向は現れなかった。

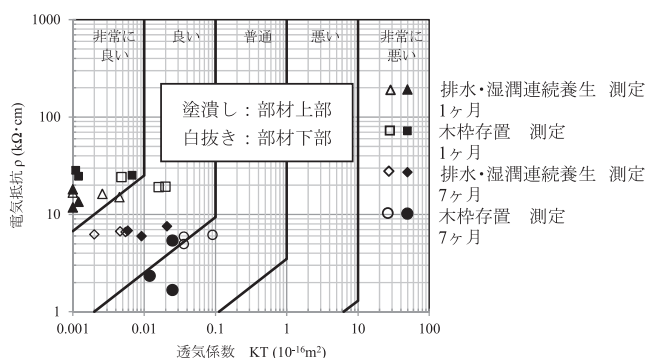


図-7 透気係数の測定結果

図-8および図-9に水銀圧入法による空隙率および細孔径分布を示す。排水・湿潤連続養生の空隙率は木製型枠の場合よりも、いずれの深さにおいても小さくなり養生の効果が現れた。特に表面部0～10mmにおいて効果が顕著であった。細孔径分布に関しては、表面部10mmにおける排水・湿潤連続養生では木製型枠の存置と比較して1μm以下の空隙が大幅に減少し、緻密な空隙構造が形成されたことがわかる。表面からの深さ20～30mmにおいては養生方法による差が小さくなっていたが、0.01μm以下の空隙量は減少しており、さらに小径側の空隙にシフトしたと考えられる。

促進中性化試験による13週間での中性化深さを図-10に示す。木製型枠の場合には10mm以上中性

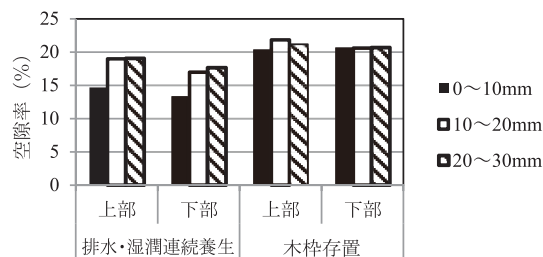
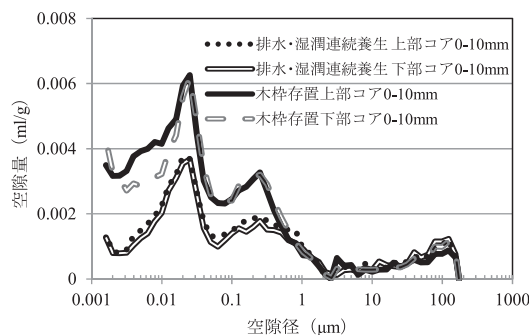
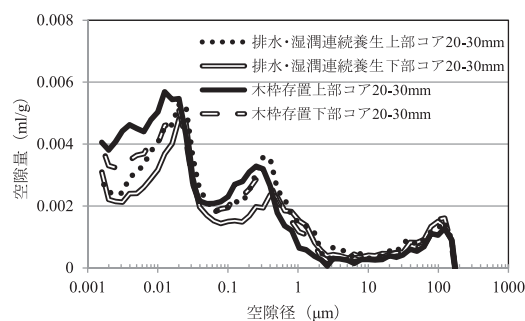


図-8 空隙率の測定結果



a. 表面部 0~10mm



b. 深さ 20~30mm

図-9 養生方法による細孔径分布の変化

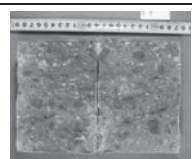
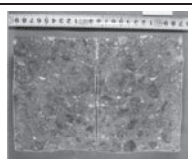
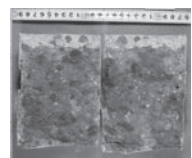
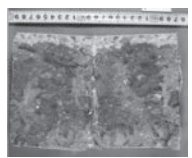
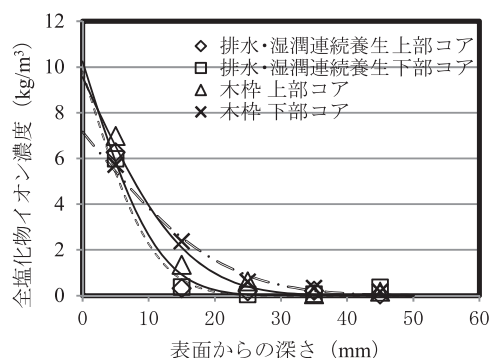
養生	上部	下部
排水・湿潤連続養生	 中性化深さ 0mm	 中性化深さ 0mm
木製型枠存置	 中性化深さ 16mm	 中性化深さ 13mm

図-10 促進中性化試験結果

化が進んでいるのに対して、排水・湿潤連続養生では0mmであり、顕著に抑制された。

3%の塩化ナトリウム水溶液へ13週間浸せきしたときの、各深さにおける塩化物イオン濃度を図-11に示す。図中の回帰線は3。(1) 実験方法で述べた方法



図—11 塩化物イオン濃度分布

表—2 見掛けの拡散係数、表面塩化物イオン濃度の計算値

養生	コア採取位置	表面塩化物イオン濃度 (kg/m³)	見掛けの拡散係数 (cm²/年)
排水・湿潤連続養生	上部	10.2	1.57
	下部	9.8	1.40
木製型枠存置	上部	9.6	2.99
	下部	7.2	5.25

により解析したものである。計算された塩化物イオンの見掛けの拡散係数および表面塩化物イオン濃度を表—2に示す。図—11において実測値を見ると、排水・湿潤連続養生では、10 mm 以深への塩化物イオンの浸透が抑制された。表—2に示す通り、見掛けの拡散係数は木製型枠を存置した場合と比べて上部で1/2、下部で1/4程度となり、塩分浸透抵抗性が大きく向上していることが確認できる。なお、コンクリート標準示方書【設計編】⁸⁾において耐久性の照査に使用する塩化物イオンの拡散係数の予測値は、普通セメントを用いた水セメント比51.8%のコンクリートでは1.53 cm²/年である。木製型枠の場合はこれを大きく上回るが、排水・湿潤連続養生ではほぼ同程度となる。

以上の結果から、いずれの試験においても排水・湿潤連続養生による優れた効果が実証された。これは、コンクリート打込み直後の余剰水の排出によりコンクリート表層部の水セメント比が低減されて緻密な空隙構造が形成された効果と、脱型作業を経ずに凝結直後から速やかに開始した湿潤養生により水和反応に必要な水が十分に供給された効果により、3日間の養生期間でも一般的な5日間の木製型枠の存置による養生を大きく上回る品質が得られたと考えることができる。なお、過去の小型のテストピースを用いた基礎実験^{3), 4)}においては、本養生方法は養生期間3日で、28日間の水中養生と同等以上の効果が得られており、大型の部材であっても十分な効果が期待できることが示された。なお、本試験では壁の上下方向の品質の違いは大

きくないようであった。

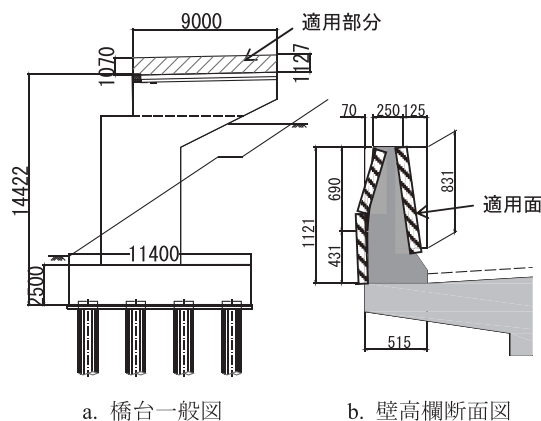
以上の部材の製作試験および耐久性試験を通して、排水・湿潤連続養生の標準的な施工方法を構築し、その効果を確認することができた。

4. 橋梁上部工壁高欄への試験施工

(1) 現場の概要

部材における耐久性の確認試験の結果を受けて、排水・湿潤連続養生を和歌山県に建設された中谷川第一高架橋の壁高欄の一部において適用した。実際の構造物は様々な埋設物や周囲との取合いがあるため、そのような状況下においても所定の施工と性能が得られるかを確認することを主な目的とした。

中谷川第一高架橋は全長249 m、最大支間長33 mの8径間連続PC中空床板橋である。排水・湿潤連続養生は図—12にハッチングで示す橋台の延長9 m、高さ約1.1 mの壁高欄において、ハンチを除いた面(図—12b.の斜線部)に適用した。上下線の壁高欄のコンクリートを同日に打設したが、排水・湿潤連続養生は上り線において適用し、下り線は比較用として通常の木製型枠を用いて施工した。



図—12 排水・湿潤連続養生の適用位置

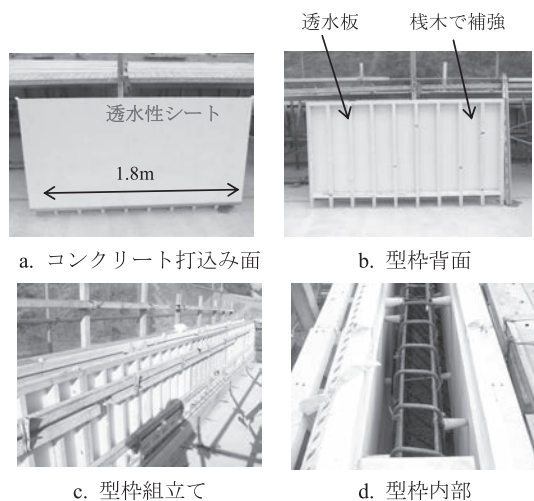
(2) 施工方法

型枠の組立て状況を図—13に示す。透水板は部材の製作試験と同様にコンクリート面側を透水性シートで覆い、外面は桟木で補強して使用した。透水板の幅は1.8 mとし、5枚をつなげて型枠を組み立てた。コンクリートは、表—3に示す27-8-20Nのレディーミクストコンクリートを使用した。打込みはコンクリートポンプ車で行った。締固めは通常の壁高欄の施工と同様に行い、打込み開始から水抜きを通して余剰水の排水を行った。コンクリートの施工状況と打設時の余

表－3 壁高欄コンクリートの配合

配合の呼び名	水結合材比 (%)	細骨材率 (%)	単位量 (kg/m ³)					
			水	結合材 (B)		細骨材	粗骨材	混和剤*
				セメント	膨張材*			
27-8-20N	53	47.7	165	291	20	868	967	B × 0.92%

※膨張材：エトリンガイト・石灰複合系，混和剤：AE 減水剤 標準形（I 種）



図－13 型枠の組立て状況



図－14 コンクリートの施工と初期排水状況

剰水の排出状況を図－14に示す。水抜き孔は幅1.8m，高さ約80cmの透水板1枚につき1ヶ所取り付けたが，この範囲から多量の剰水が排出されていることがわかる。施工が冬期であったため，打込み翌日から打込み面を電熱式の加熱養生シートで覆って保温養生するとともに，湿潤養生を実施した。現場は水を供給し続けることができる環境であったため，打設面に常時給水して透水性シートを湿潤に保った。材齢4日（湿潤養生3日間）で水の供給を終了して透水板の水を排出したのち，7日まで加熱養生シートによる保温養生を行い脱型した。木製型枠を使用した壁高欄は加熱養生シートによる保温のみを実施して，同じく材齢7日で脱型した。

施工後の調査としてコンクリート打設後6週において，非破壊で試験可能なテストハンマーによる反発度およびTorrent法による透気係数を測定した。

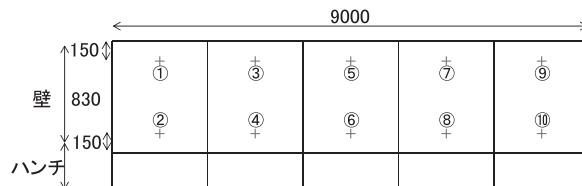
(3) 試験結果

脱型後の壁高欄の仕上がり状況を図－15に示す。部材試験の場合と同様に，排水・湿潤連続養生を適用したコンクリートは表面に透水性シートの織布の網目が残るが，空気泡もほとんどなく，良好な仕上がりであった。

打込みから6週後に壁高欄の道路側の面においてテ



図－15 脱型後のコンクリートの仕上がり状況



図－16 非破壊調査実施位置

表－4 テストハンマーによる反発度および透気係数の計測結果

測定位置		排水・湿潤連続養生		木製型枠	
		反発度	透気係数 × 10 ⁻¹⁶ m ²	反発度	透気係数 × 10 ⁻¹⁶ m ²
上部	①	42.3	0.002	—	—
	③	45.6	0.003	—	—
	⑤	43.3	0.015	35.0	0.010
	⑦	41.2	0.016	35.7	0.017
	⑨	43.2	0.019	—	—
	平均	43.1	0.011	35.4	0.014
下部	②	49.1	< 0.001	—	—
	④	47.4	0.002	—	—
	⑥	49.0	0.001	35.3	0.006
	⑧	47.7	< 0.001	36.4	0.002
	⑩	45.5	< 0.001	—	—
	平均	47.7	0.0015*	35.9	0.004

※透気係数< 0.001 × 10⁻¹⁶ m²は測定下限値以下であるが，平均値は0.001 × 10⁻¹⁶ m²として計算

ストハンマーおよび Torrent 式透気試験を実施した。調査位置を図—16に示す。測定は幅 1.8 m で 5 枚設置した透水板それぞれにおいて、上部、下部の位置で測定した。計測結果を表—4に示す。両養生ともに下部では上部よりも品質が良くなる傾向がみられた。排水・湿潤連続養生を適用した壁高欄のテストハンマー反発度は木製型枠の場合よりも顕著に大きな値を示した。上部は 1.2 倍、下部は 1.3 倍となり、表層部分の強度が大きく向上していることが示された。透気係数は、早期材齢で試験したこともあり、養生による差が反発度ほど顕著ではないが、排水・湿潤連続養生の場合は下部の半数が測定下限値以下となるなど、木製型枠と比べて向上している傾向が見られた。

5. おわりに

本研究では養生によりコンクリートの耐久性を向上させることを目的として、打設直後の余剰水の排出と、凝結後の湿潤養生を脱型せずに連続して行うことができる排水・湿潤連続養生 Wcuring を考案し、大型部材の施工および耐久性試験や橋梁の壁高欄における実工事へ試験適用を通して、実用化検討を行った。得られた結果は以下のとおりである。

- ・透水板をせき板として使用し、表面に透水性シートを設置する型枠構造により、初期の余剰水の排出と湿潤養生の連続養生が可能で、コンクリート表面の仕上がりも良好であった。
- ・初期の排水とその後の速やかな湿潤養生の効果により、通常の木製型枠の存置による養生と比較して、透気係数の減少、空隙構造の緻密化、中性化の抑制、塩化物イオンの浸透抑制などの優れた効果が実証された。
- ・実工事への試験施工により、本養生システムの施工性、および表層品質の向上効果が確認できた。

ここまでの検討で、Wcuring の標準的な施工方法は確立できたものとする。今後は工種や部材の条件等に合わせて施工方法を適宜改良していくことにより、より多くの構造物への適用を図ることとしたい。

謝 辞

本技術の現場適用および公表にあたり、国土交通省近畿地方整備局 和歌山河川国道事務所に多大なるご協力を頂きました。ここに付記して感謝致します。

J C M A

《参考文献》

- 1) 日本コンクリート工学協会：透水・脱水によるコンクリートの品質改善に関するシンポジウム，2004.
- 2) 野乃目洋，月永洋一，高柳彰宏，藤井真之：吸水性ポリマ及び水膨潤ウレタンを用いたコンクリート養生マットの養生効果に関する研究，セメント・コンクリート論文集，Vol.56，pp.325-332，2002.
- 3) 宮原茂禎，丸屋剛，岸利治：排水・水中養生したコンクリートの耐久性評価，コンクリート工学年次論文集，Vol.33，No.1，pp.767-772，2011.
- 4) 宮原茂禎，丸屋剛，岸利治：排水・水中養生によるコンクリートの耐久性向上効果の検討，大成建設技術センター報，No.44，2011.
- 5) 土木学会：2007 年制定コンクリート標準示方書【施工編】，2008.3.
- 6) R.J.Torrent and G.Frenzer: A method for the rapid determination of the coefficient of permeability of the concrete, Proceedings of the International Symposium Non-Destructive Testing in Civil Engineering, pp.985-992, 1995
- 7) 山本光彦，井出敬善，花房賢治，小川秀男：コンクリート表面の色が語る，BASF ポゾリス開発センターレポート，No.16，pp.76-88，2007.
- 8) 土木学会：2007 年制定コンクリート標準示方書【設計編】，2008.3.

【筆者紹介】

宮原 茂禎（みやはら しげよし）

大成建設㈱

技術センター 土木技術研究所 土木構工法研究室
副主任研究員



丸屋 剛（まるや つよし）

大成建設㈱

技術センター 土木技術研究所 土木構工法研究室
室長



岸 利治（きし としはる）

東京大学

生産技術研究所 人間・社会系部門
教授



低炭素セメントを使用した半たわみ性舗装

村 岡 克 明・及 川 義 貴・小 堺 規 行

低炭素社会の実現に向けた取り組みは、建設分野でも色々と行われている。近年では、公共工事にライフサイクルアセスメントを導入する動きもあり、グリーン購入法におけるグリーン調達も積極的に推進されている。

このような背景の中、従来技術より 15%以上の CO₂ 排出量削減を達成した低炭素型の半たわみ性舗装を開発した。本開発は、再生した低炭素セメントを使用することやアスコンの中温化技術により材料の CO₂ 排出を抑制しつつ、かつ従来技術と同等の品質を有したものである。また、本開発は従来からの施工方法を見直し、施工の効率化により更なる CO₂ 排出削減を目指した。

キーワード：CO₂ 削減、低炭素セメント、半たわみ性舗装

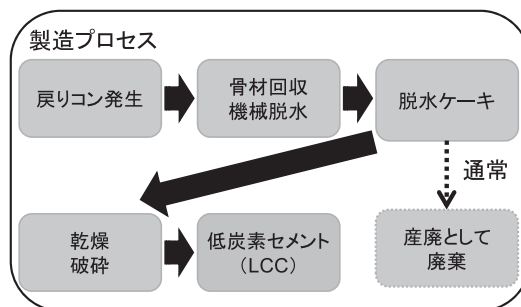
1. はじめに

構造物の環境配慮設計における温室効果ガスの排出量削減は低炭素社会の実現に向けた主要命題の一つであり、多様な取り組みがなされている。例えば、高炉スラグやフライアッシュのような副産物、即ちライフサイクルアセスメント上排出原単位の少ない材料を、原単位の大きいセメントと置換する方法が代表的である。しかし、舗装のように時間的制約の厳しい構造物の場合、これら潜在水硬性材料の大量使用は、機能を従来と同程度に保つことを要求する ISO ルールに準拠した削減主張とは言い難く、施工・供用上も困難が付きまとう。

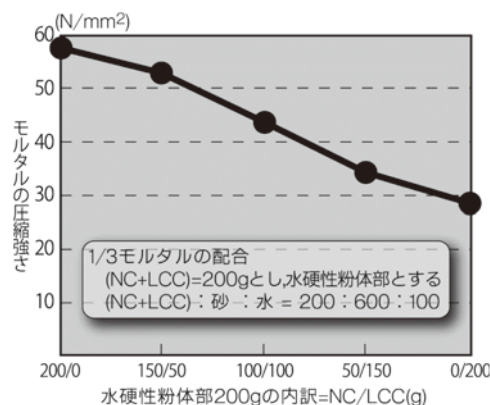
本開発では産業廃棄物の一つである、生コン工場で発生する現場からの戻りコンクリートのスラッジケーキを再生した低炭素セメントを半たわみ性舗装の浸透用セメントミルク材の一部に用いると共に、基材となる開粒度アスコンに中温化技術を用い、舗装構造全体として 15%以上の温室効果ガス削減を達成した低炭素半たわみ性舗装を開発したので、以下に報告する。

2. 開発コンセプト

低炭素セメント（以下、LCC とする）とは、生コン工場に発生する戻りコンクリート起源のスラッジケーキを即日強制的にキルン乾燥し、一定の水和活性を維持したままセメントとして再生した材料である



図一 製造プロセス



図二 LCC モルタルの圧縮強さ

(図一1)。また、通常のセメントと比較して約 1/2 程度の「固まる力」を保持している点(図二)で高炉スラグやフライアッシュといった副産物由来の潜在水硬性材とは異なる。

LCC を使用することはセメントのリユースに近いリサイクルであると共に、硬化する力がセメント量削

減、即ちリデュースにも寄与することから、現在環境省が推進する 3R を達成する低炭素社会適合の新技术と言える。

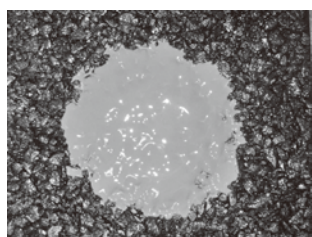
さらに基材となる開粒度アスコンに中温化技術を使用することで、複合的に舗装構造全体の温室効果ガスの削減を達成できることが大きな特徴となっている。実際ライフサイクル評価においても単なる温室効果ガス削減のみならず、廃棄物減量、省エネルギー化などの複合効果が得られており、数種の環境負荷を減らせることが分かっている。

このように、単に副産物の有効利用という観点だけでなく、建設業界に存在する多くの環境負荷要因を複合的に組み合わせて減らすという試みである点で、本開発は独自のコンセプトを有している。

3. CO₂ 排出量の削減量

(1) 半たわみ性舗装用プレミックス材製造時における CO₂ 排出量の削減

通常、半たわみ性舗装は、半たわみ性舗装用プレミックス材（以下、プレミックス材とする）を使用し、所定量の水を混合してセメントミルクを製造し、そのセメントミルクを基材となる空隙率の大きな開粒度アスコンに浸透させた舗装である（写真—1、2）。また、プレミックス材は、普通セメント、フライアッシュや特殊添加剤等が配合されたものである。



写真—1 浸透用セメントミルクと基材アスコン



写真—2 半たわみ性舗装材

そして、このプレミックス材の配合原料の内 CO₂ 排出量が比較的多い普通セメント（約 800 g-CO₂/kg）の配合量を減らし、CO₂ 排出量の少ない LCC（約 100 g-CO₂/kg）に置き換えることで、プレミックス材製造時の CO₂ 排出量を減量させたものが、低炭素半たわみ性舗装に使用する低炭素プレミックス材となる。

この低炭素プレミックス材製造時における CO₂ 排出量および削減量は表—1 に示すとおりである。なお、CO₂ 排出量の算出は ISO14040 に準拠し計算したものである。

表—1 プレミックス材（1 kg）製造時における CO₂ 排出量および削減量

項目	削減量および削減率
従来品	695 g-CO ₂ /kg
低炭素	608 g-CO ₂ /kg
削減量	87 g-CO ₂ /kg
削減率	12.5%

(2) 浸透用セメントミルク製造時における CO₂ 排出量の削減

この LCC を使用した低炭素プレミックス材は、比較的多量の水と混合しても、セメントミルクが分離しないことを確認している。

したがって、低炭素プレミックス材は、従来品に比べ水を多く混合することができ、同量のプレミックス材でもセメントミルクを多く製造することができる。言い換えると、単位面積当たりのプレミックス材使用量が少なくて済む。半たわみ性舗装 1 m² に使用するセメントミルク 12.6 l/m² を製造するために必要なプレミックス材量は、従来品が 16,110 g であるのに対し、低炭素プレミックス材では 14,616 g である。

セメントミルク製造時における CO₂ 排出量および削減量（プレミックス材製造時の CO₂ 排出量を含む）は表—2 のとおりである。

表—2 セメントミルク（12.6 l/m²）製造時における CO₂ 排出量および削減量（プレミックス材製造時における CO₂ 排出量を含む）

項目	削減量および削減率
従来品	11,197 g-CO ₂ /m ²
低炭素	8,887 g-CO ₂ /m ²
削減量	2,310 g-CO ₂ /m ²
削減率	20.6%

(3) 半たわみ性舗装に用いる材料の製造時における CO₂ 排出量の削減

半たわみ性舗装は、浸透用セメントミルクと基材アスコンからできている。

そこで、基材に使用する開粒度アスコン製造時にお

表—3 セメントミルク、基材のアスコンおよび半たわみ性舗装材料製造時の CO₂ 排出量、削減量

項目	従来品	低炭素
開粒度アスコン（t = 50 mm）製造時の CO ₂ 排出量 g-CO ₂ /m ²	3,948	3,948
セメントミルク（12.6 L/m ² ）製造時の CO ₂ 排出量 g-CO ₂ /m ²	11,197	8,887
半たわみ性舗装に用いる材料製造時の CO ₂ 排出量 g-CO ₂ /m ²	15,145	12,835
削減率 %		15.3

ける CO₂ 排出量を算出し、既に求めたセメントミルク製造時における CO₂ 排出量と合計し、半たわみ性舗装に用いる材料の製造時における CO₂ 排出量および削減量を求めると、表—3 のとおりである。

(4) 中温化技術の適用による基材アスコンの CO₂ 排出量の削減

さらに、基材として使用する開粒度アスコンに中温化技術を適用し、製造温度を通常より 30℃ 低減することで、アスコン製造時における CO₂ 排出量が 3,776 g-CO₂/m² になる。

このため、中温化技術を適用した開粒度アスコンと低炭素プレミックス材を用いたセメントミルクを組み合わせて使用すると、材料の製造時における CO₂ 排出量は 12,663 g-CO₂/m² となり、従来品を用いた半たわみ性舗装に比べ、CO₂ 削減量は 2,482 g-CO₂/m²、CO₂ 削減率は 16.4% になる。

4. 低炭素プレミックス材の室内試験

低炭素プレミックス材は、従来品に使用されている普通セメントの一部を LCC に置き換えたものであり、所要の品質を満足するかについて確認するため、以下の室内試験を行った。

(1) 試験項目

室内試験は、低炭素性プレミックス材を使用した浸透セメントミルクおよび半たわみ性舗装用混合物の性状試験とした。また、従来品についても同様の試験を行い比較することとした。試験項目を表—4 に示す。

表—4 室内試験の項目

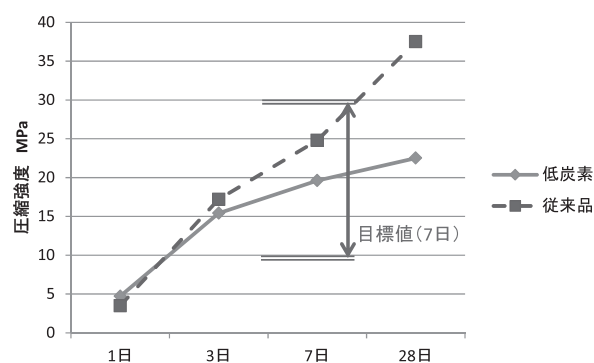
試験項目		試験方法
セメントミルク	フロー値 (sec)	舗装・調査試験法便覧 (C041) ¹⁾
	テーパー摩耗量 (g)	舗装・調査試験法便覧 (C011T) ¹⁾
	曲げ強度 (MPa)	舗装・調査試験法便覧 (C042) ¹⁾
	圧縮強度 (MPa)	JIS R 5201
半たわみ性混合物	曲げ強度 (MPa)	舗装・調査試験法便覧 (C043) ¹⁾
	破断ひずみ (× 10 ⁻³)	舗装・調査試験法便覧 (C043) ¹⁾

(2) 室内試験結果

試験結果の一覧を表—5 に示す。低炭素プレミックス材を使用したセメントミルクの圧縮強度は、従来

表—5 室内試験結果

項目			試験結果	
			LCC	従来品
浸透用セメントミルクの性状	フロー値 (sec)	20℃	11.4	11.5
	テーパー摩耗量 (g)	7 日	2,443	2,629
	曲げ強度 (MPa)	1 日	1.3	1.2
		3 日	4.2	3.9
		7 日	5.1	5.4
		28 日	5.9	6.1
	圧縮強度 (MPa)	1 日	4.7	3.5
		3 日	15.4	17.5
		7 日	19.6	24.8
		28 日	22.5	37.5
半たわみ性舗装の性状	曲げ強度 (MPa)	3 日	1.6	1.3
		7 日	1.8	1.8
		28 日	2.5	2.2
	破断ひずみ (× 10 ⁻³)	3 日	31	35
		7 日	33	37
		28 日	30	41



図—3 セメントミルクの圧縮強度

品と比べてやや低い値となった（図—3）。これは普通セメントの一部を強度で劣る LCC に置き換えているためと考えられる。しかしながら、目標としていた圧縮強度は 9.8 ～ 29.4 MPa (7 日) ²⁾ であり、試験結果は目標を満足する結果となった。また、フロー値や曲げ強度などの試験結果については、低炭素プレミックス材を使用したセメントミルクおよび半たわみ性舗装の性状は、従来品を使用した場合と比較してほぼ同等の結果であった。

これらの室内試験結果から、低炭素プレミックス材は従来品と遜色なく、十分な品質であることを確認した。

5. 試験施工

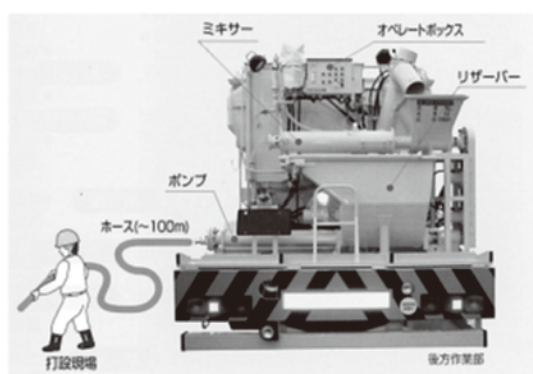
(1) 試験施工概要

基材には中温化技術を用いた開粒度アスコンを使用

し、浸透用セメントミルクには低炭素プレミックス材を使用し試験施工を行った。

なお中温化技術を用いた開粒度アスコンは、その製造温度が通常のアスコンよりも 30℃ 低減可能となり、製造時の CO₂ 排出量を削減できる。

また、CO₂ 排出量削減を目指した施工の効率化を図るため、時間当たりの製造能力が高い連続鍊りローリー車(写真—3)を使用した。この連続鍊りローリー車は、ローリー内にあるプレミックス材をミキサーに送り、ミキサー内で水と混合してセメントミルクを製造し、そのセメントミルクがポンプで圧送されるしくみとなっている。



写真—3 連続鍊りローリー車

(2) 連続鍊りローリー車

従来の浸透用セメントミルクの製造は、2 槽式グラウトミキサに計量した水を投入し、荷姿が 20 kg 袋のプレミックス材を人力投入する方法で行われていた(写真—4)。また、風の強い日にはプレミックス材が粉塵となって周辺に飛散するとともに、人力投入する作業員も粉塵にさらされる問題があった。



写真—4 従来の浸透用セメントミルクの製造

これに対し、本工事で導入した連続鍊りローリー車は人力による投入作業を伴わずに自動化された機械によるセメントミルクの製造ができるため、従来の製造方法よりも製造能力が向上する。一連の製造工程は機



写真—5 連続鍊りローリー車によるセメントミルクの製造

械内で行われることより粉塵発生が抑制され、作業環境の改善にも寄与する。さらに、人力作業がなくなるため作業の危険有害要因が少なくなり安全性も向上する(写真—5)。

(3) 施工結果

浸透用セメントミルクの注入については、連続鍊りローリー車を使用することによって、従来の製造方法に比べて連続、かつ安定した品質のセメントミルクが供給された。

① 安定した品質のセメントミルク

現場で製造したセメントミルクの性状試験の結果を表—6 に示す。セメントミルクのフロー値は、3 回測定し、それぞれ 10.1 秒、10.1 秒、10.2 秒と安定していた。

表—6 試験施工でのセメントミルクの性状試験結果

項 目	結 果	
フロー値 (sec)	1 回目	10.1
	2 回目	10.1
	3 回目	10.2
	平均	10.1
曲げ強度：7 日 (MPa)	①	5.4
	②	5.3
	③	5.3
	平均	5.3
圧縮強度：7 日 (MPa)	①	23.0
	②	24.1
	③	23.7
	平均	23.6

またセメントミルクの曲げ強度(7 日)は、目標の 2.0 MPa 以上²⁾ に対し、平均 5.3 MPa であり、圧縮強度(7 日)は目標の 9.8 ～ 29.4 MPa に対し 23.6 MPa であった。

連続鍊りローリー車で製造した浸透用セメントミルクは、流動性の変動が小さく安定した品質で、かつ曲げ強度および圧縮強度も目標性状を十分に満たすことが確認できた。

②施工量の向上

製造作業の省力化と注入工の施工性が大幅に向上し、時間当たりの注入面積が約 300 ～ 400 m² が可能であり、施工量が従来浸透方法の約 1.5 倍に向上した。

③浸透作業の負担軽減

連続鍊りローリー車を使用することにより、セメントミルクを所定の箇所に適正量を配置できるようになったため、セメントミルクを敷き広げる作業の負担が軽減されるのに加え、均一に路面に浸透させることが可能であった（写真—6）。



写真—6 浸透作業

(4) CO₂ の削減量

本現場のように、中温化技術を使用した低炭素アスファルト混合物と LCC を配合した低炭素プレミックス材を使用した低炭素半たわみ舗装を 1,000 m² 施工した場合、セメントミルク製造時における CO₂ 削減量は、表—2、3 より 2,310 kg-CO₂ (2,310 g-CO₂/m² × 1,000 m²/1,000,000) となる。この CO₂ 削減量はガソリン燃焼に起因する CO₂ 排出量に換算すると 996 ℓ (2,310 kg-CO₂ / 2.32 kg-CO₂/ℓ) に相当する。

6. まとめ

この低炭素半たわみ性舗装は、材料では LCC を使用することによりプレミックス材製造時およびセメントミルク製造時の CO₂ 排出量を従来よりも約 20% 削減させることができた。また、基材に中温化技術を用

いた開粒度アスコンを使用することにより舗装体全体としては 16.4% 削減することができた。セメントミルクとしての品質は、室内および現場においても満足していた。

連続鍊りローリー車を使用したセメントミルクの浸透作業は施工性が向上し、施工量を増大させることができるため、施工においても更なる CO₂ 排出量削減が期待できることがわかった。

7. おわりに

温室効果ガスである CO₂ 排出量を削減することが社会の命題となる中、現場で使用されなかった戻りコンクリートの処理については建設業界が抱える大きな問題のひとつとなっている。本開発は戻りコンクリートを再生することにより廃棄物を減らし、材料として再利用するため、CO₂ 排出量の削減に寄与できる技術だと考えている。

今後は、半たわみ性舗装だけではなく、この LCC の可能性を検討し、低炭素社会の実現に貢献していく所存である。

J C M A

《参考文献》

- 1) (社)日本道路協会：舗装・調査試験法便覧 第3分冊, pp.351-354, 385-394, 2007
- 2) (社)日本道路協会：舗装施工便覧, pp.203, 2006

〔筆者紹介〕

村岡 克明（むらおか かつあき）

(株)NIPPO

生産技術機械部 生産技術グループ

特殊工法担当課長



及川 義貴（おいかわ よしき）

(株)NIPPO

研究開発本部 技術研究所 研究第二グループ

副主任研究員



小堺 規行（こさかい のりゆき）

住友大阪セメント(株)

建材事業部 新規事業グループ

担当部長



柔軟なアスファルト混合物を用いた凍結抑制舗装 アイス・インパクトの開発

清水 忠 昭・粕 谷 一 明

冬期道路の安全・円滑な交通確保を目的として、舗装路面の凍結や圧雪を抑制し、除雪効率を高める機能を付加させた凍結抑制舗装が開発・導入されている。

筆者らは、アスファルトモルタルに0℃以下における高い柔軟性を付与することで、アスファルトモルタルが路面からの雪氷のはく離を促進する機能をもつ新しいタイプの物理系凍結抑制舗装「アイス・インパクト[®]」（以下、「本舗装」という）を開発した。

「本舗装」は、低温でも柔軟性のあるポリマー改質アスファルトを使用し、弾性のある樹脂粉末を添加したアスファルト混合物である。アスファルトモルタルが高い柔軟性を有しているため、車両の荷重により舗装がたわみ、凍結路面や圧雪路面の解消促進および発生遅延が期待される。

キーワード：冬期路面管理、凍結抑制舗装、アスファルトモルタル

1. はじめに

冬期道路の安全・円滑な交通の確保のために、路面に生じた凍結や圧雪の解消は不可欠である。路面ヒータや消雪パイプといった道路融雪をはじめ様々な対策が実施されてきたが、近年は冬期路面管理の連続性、均一性、管理コストなどを考慮し、凍結防止剤散布および機械による除排雪が主要な路面管理手法となっている。道路管理延長の増加に加え、より一層安全な交通確保の要望が高まっているため、これら冬期路面対策にかかわる費用は年々増加している。

道路舗装の分野においては、路面凍結を抑制し、除雪効率を高める機能を付加させた凍結抑制舗装が開発・導入されている。凍結抑制舗装には、弾性体の変形を用いた物理的作用による物理系、凍結防止剤（塩化物等）を用いた化学的作用による化学系、2つの作用を兼ね備えた物理化学系などがある。路面ヒータや消雪パイプ、凍結防止剤散布、機械による除排雪のような消融雪効果は期待できないものの、凍結防止剤の散布量削減や除雪効率の向上による管理コストの削減が期待されている¹⁾。

本稿では、0℃以下でも柔軟なアスファルトモルタルを有する新しいタイプの物理系凍結抑制舗装の概要を説明し、試験施工路面での検証結果を報告する。

2. 「本舗装」の概要

一般的なアスファルト混合物は、アスファルト、粗骨材（碎石）、細骨材（砂など）、フィラーから構成される混合物であり、粗骨材を除いたアスファルト、細骨材、フィラーでアスファルトモルタルが形成される。「本舗装」では、アスファルトに低温域での柔軟性と高温域での耐久性を併せもつポリマー改質アスファルトを用い、細骨材、フィラーに加え、弾性樹脂粉末を配合することにより、アスファルトモルタルに0℃以下における柔軟性を付与している。

「本舗装」は、粗骨材骨格の間隙がこの0℃以下でも柔軟性を有するアスファルトモルタルにより充填された構造となっている。写真—1は「本舗装」の断面を示しており、白っぽい部分が粗骨材、その周囲を



写真—1 「本舗装」の構造

表—1 「本舗装」の舗装性状例

試験項目	「本舗装」(13)	密粒度アスコン (13)	参考
動的安定度(回/mm)	2,000	800	—
ラベリング摩耗量 (cm ²)	0.36	0.84	0.40 ^{*1}
ねじり骨材飛散率 (%)	0.8	28.8 (0.5h ^{*2})	2.2 ^{*3}
すべり抵抗値 BPN	80	75	60 以上
曲げ破断ひずみ [−10℃]	6×10^{-2}	2×10^{-4}	6×10^{-3} ^{*3}

* 1：密粒度アスコン (13 FH) の試験値

* 2：標準の試験時間は 2 h であるが骨材飛散が著しく 0.5 h で試験中止

* 3：SMA (13) ポリマー改質アスファルトⅡ型使用の試験値

充填する黒い部分が全て 0℃ 以下でも柔軟性を有するアスファルトモルタルである。写真は常温においてこのアスファルトモルタル部分を指で押しているものであり、その柔軟性を確認することができる。

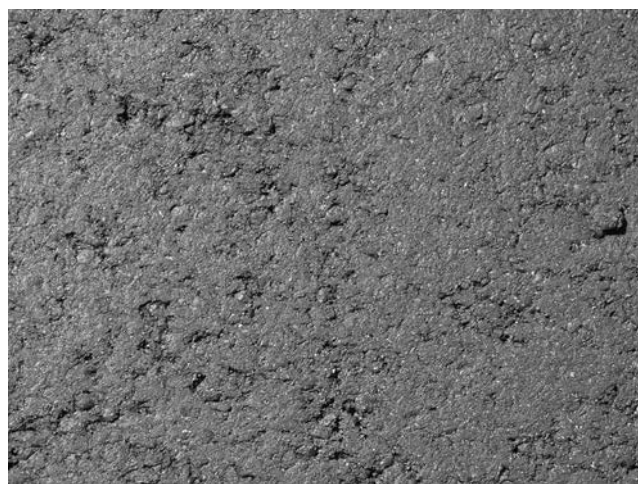
舗装体のベースであるアスファルトモルタルがたわむという点が、「本舗装」の最大の特徴である。これにより、従来の弾性体を混入、充填するタイプの凍結抑制舗装でみられる弾性体の脱離や飛散という現象自体がなくなる。またリサイクルの観点からも、切削廃材にゴム粒やウレタン樹脂片などが含まれないことから再生骨材としての利用が可能になるという優位性がある。

骨材最大粒径 13 mm の「本舗装」における舗装性状例を表—1 に示す。

最も特徴的なのは−10℃で行った曲げ試験における破断時のひずみである。ポリマー改質アスファルトⅡ型使用の SMA (13) の約 10 倍の値が得られており、0℃ 以下における柔軟性を確認することができる。このような高い柔軟性の一方で、動的安定度は、粗骨材の噛み合わせ効果により 2,000 回/mm 以上が得られる。その他の性状としては、ラベリング試験における摩耗量が寒冷地用の密粒度アスコン (13FH) と同程



写真—3 舗設完了



写真—4 仕上り



写真—2 施工状況

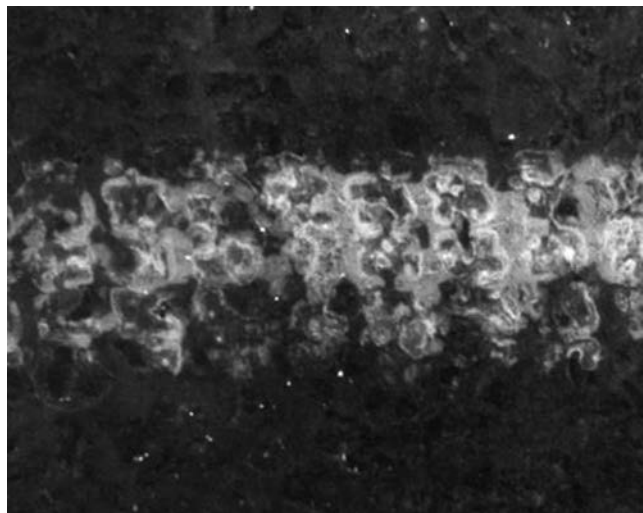
度 (0.36 cm²)、ねじり骨材飛散抵抗性がポリマー改質アスファルトⅡ型使用の SMA (13) と同程度 (0.8%) となり、従来のアスファルト舗装と同等以上の耐久性を有している。

「本舗装」の製造・施工については、アスファルト混合物の製造時に、弾性樹脂粉末を含む専用の添加材をミキサに投入する以外は、一般的なアスファルト混合物と同様の設備、機械で製造、施工が可能である。施工事例を写真—2～4 に示す。

3. 室内における凍結抑制効果の検証

「本舗装」は、粗骨材を除くアスファルトモルタルが0℃以下で柔軟性を有するため、車両の荷重によるたわみを利用した凍結路面や圧雪路面の解消促進および発生遅延が期待される。

室内において、「本舗装」の表面に厚さ1mmの氷板を作り、-10℃で大型車両に相当する荷重の試験輪を走行させ、氷板の割れ・剥がれを観測する試験を行った。写真—5は、試験輪を5分間走行させた後の氷板を撮影したもので、「本舗装」の試験輪通過箇所が白くなっていることが分かる。これは「本舗装」が試験輪の荷重によってたわみ、氷板がたわみに追従できず剥がれたため白く見えるものであり、密粒系のアスファルト舗装では見られないことから「本舗装」が氷板の剥がれを促進していることが分かる。



写真—5 試験輪走行後の氷板の剥がれ（室内試験）

4. 実道における効果

圧雪時のスリップ対策として「本舗装」を舗設した、北陸地方の実道における冬期路面調査結果の一例を示す。写真—6～8は同一箇所における降雪時の代表的な路面状況（2012年1～2月撮影）である。

写真—6は、夜間に積雪し、通勤車両の走行で圧雪が形成された後に路面の圧雪が解消された状況を撮影したものである。明け方の路面は「本舗装」、隣接するポーラスアスファルト舗装ともに圧雪であったが、「本舗装」では通勤車両の走行によって圧雪の解消がより早く進み路面が露出していることが分かる。

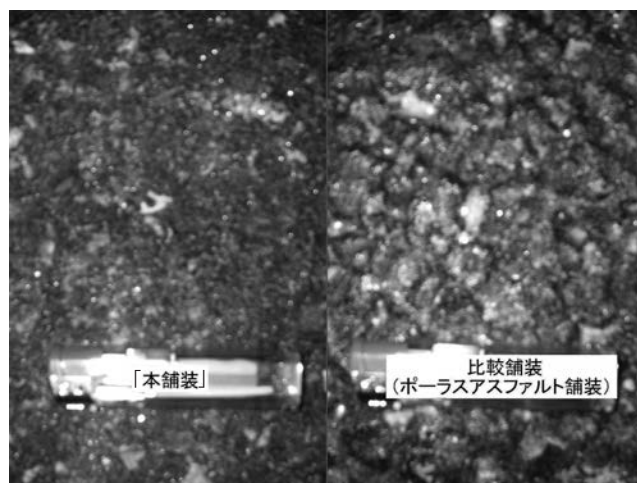
写真—7は、機械除雪後の路面状況を撮影したものである。ポーラスアスファルト舗装路面（写真左側の車線）の圧雪が固着しているのに対し、「本舗装」



写真—6 冬期路面調査結果①（夜間積雪）



写真—7 冬期路面調査結果②（除雪後）



写真—8 冬期路面調査結果③（夕方の凍結状況）

の路面は圧雪が剥がれ、路面が露出している。

写真—8は、氷が形成し始めた夕方の路面状況を撮影したものである。右のポーラスアスファルト舗装の路面では骨材表面と空隙内部に氷の膜が形成しブラックアイス状態となっているが、左の「本舗装」の路面に氷の膜は形成されずシャーベット状であった。

この現象は、他の施工箇所でも確認されており、「本舗装」のたわみがブラックアイス形成の遅延にも寄与しているものと考えられる。

5. おわりに

0℃以下でも柔軟なアスファルトモルタルを用いることにより、車両の荷重によるたわみを利用して凍結路面や圧雪路面の解消促進効果および発生遅延効果を発揮する「本舗装」新規凍結抑制舗装「アイス・インパクト[®]」を開発することができた。また、アイス・インパクトについては、たわみ追従性が一般的な舗装に比べて非常に大きいことから、リフレクションクラック対策としての応用も期待できる（写真—9）。今後は、アイス・インパクトの特長を活かし、維持管理工法としてのオーバーレイ工や橋面舗装なども視野に入れた活用を促進していく所存である。



写真—9 「本舗装」のたわみ追従性（厚さ 5 cm, 20℃）

J C M A

《参考文献》

- 1) 凍結抑制舗装技術研究会：凍結抑制舗装ポケットブック，2003.

【筆者紹介】

清水 忠昭（しみず ただあき）
福田道路株式会社
技術研究所
課長代理



粕谷 一明（かすや かずあき）
ファインロードコンサルタント(株)
業務課長



軟弱泥土を高機能性地盤材料に再資源化

ボンテラン工法の原理と特徴

高 橋 弘

筆者らは、高含水比泥土を十分な品質特性を有する地盤材料に再資源化することを目的として、泥土に繊維質物質である古紙破砕物とセメント系固化材を添加し、良質な地盤材料に再資源化する新しい技術（ボンテラン工法—以下「本工法」という）を開発した。本工法で生成される土砂は、1）破壊強度および破壊ひずみが大きく、2）乾湿繰り返しに対する耐久性が高く、3）動的強度が高く液状化し難いなどの特徴を有するため、既に数多くの施工実績を有する。本報では、「本工法」の原理と特徴および東日本大震災関連を中心にした施工事例を報告する。

キーワード：ボンテラン土、繊維質物質、高含水比泥土、再資源化、耐震性地盤材料

1. はじめに

建設汚泥、浚渫土（ヘドロ）、浄水発生土など一般に含水比が高く、直接利用が困難であるため、リサイクル率が低く、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」として中間処理施設で脱水処理を施すか、あるいは直接最終処分場に持ち込まれている。また土砂災害現場で発生する大量の軟弱泥土も基本的には「厄介者」として除去・処分されることが多い。しかしながら、処分場の不足・遠隔化は深刻な問題であり、輸送コストの負担から建設汚泥の不法投棄が後を絶たず、地球環境への汚濁負荷の影響が大きな問題となっており、高含水比泥土の有効利用が望まれている。高含水比泥土に対する従来の処理法としては、天日乾燥、脱水処理、セメント系固化材による固化処理などが挙げられるが、いずれも品質改良が十分であるとは言えないのが現状である¹⁾。

そこで筆者らは、高含水比泥土を十分な品質特性を有する地盤材料に再資源化することを目的として、泥土に繊維質物質である古紙破砕物とセメント系固化材を添加し、良質な地盤材料に再資源化する新しい技術である「本工法」を開発した²⁾。「本工法」を用いると、高含水比泥土や軟弱泥土を機能性の高い地盤材料に再資源化できるため、「本工法」にとって高含水比泥土や軟弱泥土はもはや「厄介者」ではなく、「良質な地盤材料を生み出す原材料」である。

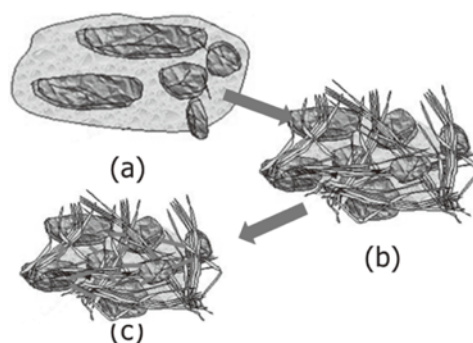
「本工法」の最大の特徴は、泥土に繊維質物質である古紙を添加することであり、この繊維質が地盤材料

としての様々な優れた特性を生み出している。本報では「本工法」の原理と特徴について紹介する。

2. 「本工法」の原理

「本工法」の原理を簡単に記述すると以下のようになる。

- ①高含水比泥土は、図—1（a）に示される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、若干の降伏応力を持っているが、流体としての挙動を示す。このため高含水比泥土の運搬はパイプラインかバキュームカー等によらなければならない。
- ②この状態の高含水比泥土に吸水性の高い新聞の古紙のような繊維質物質を混入すると、図—1（b）に示すように土粒子の周りの自由水が繊維質物質に吸水され、見かけの含水比が低下する。
- ③さらにセメント系固化材を添加し攪拌すると図—1



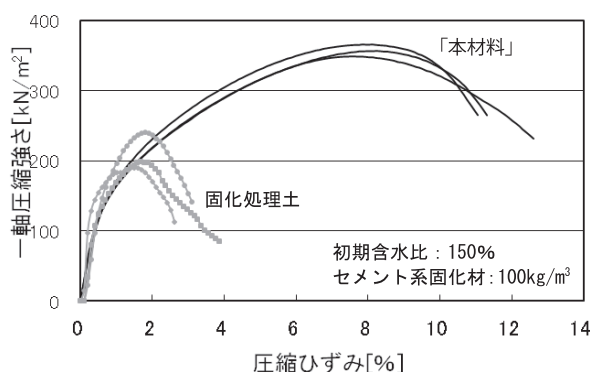
図—1 「本工法」の原理

(c) のようにエトリンガイトが生成し、機能性の高い土砂（ボンテラン土—以下「本材料」という）が生成される。

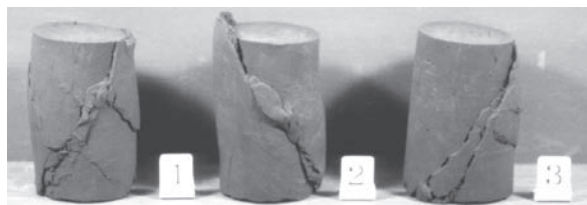
3. 「本材料」の優れた特徴

(1) 高い破壊強度および破壊ひずみ

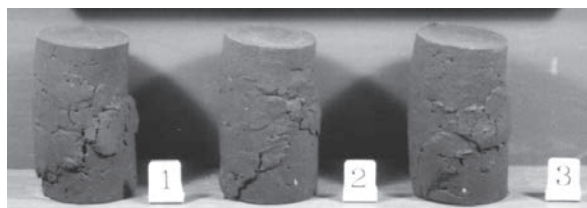
「本材料」を盛土材・埋め戻し材として使用するためには、「本材料」の強度特性を把握しておく必要がある。そこで、「本材料」を用いて直径 50 mm、高さ 100 mm の供試体を作成し、一軸圧縮試験を実施した²⁾。図—2 に一軸圧縮試験の結果の一例を示す。従来の固化処理土の場合、荷重を増加させていくと圧縮ひずみも大きくなるが、1～2%の圧縮ひずみで圧縮応力は最大値を示し、破壊に至っていることが分かる。これに対して、「本材料」の場合、破壊ひずみは7～8%と大きく、また破壊後も圧縮応力が急激に減少することなく、残留強度も大きいことが分かる。つまり、「本材料」は、セメント系固化材のみを用いた従来の固化処理土に比べて破壊強度のみならず破壊に至るまでのひずみ量が大きく、残留強度が大きく粘り強い性質を



図—2 一軸圧縮試験結果の一例



固化処理土の破壊の様子



「本材料」の破壊の様子

写真—1 圧縮試験後の供試体の様子

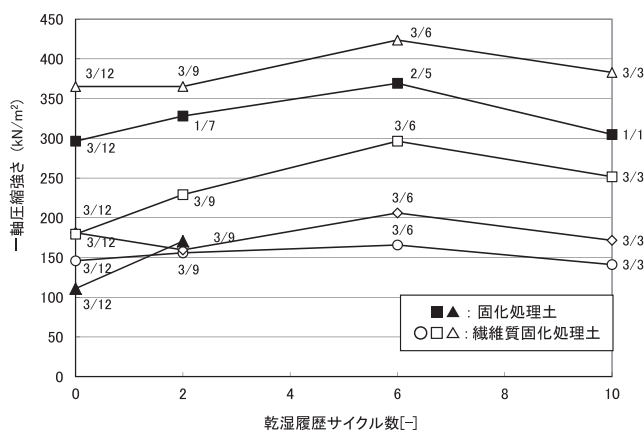
示すことが大きな特徴である。

写真—1 に試験後の供試体の破壊の様子を示す。固化処理土は明確な破壊面が現れており、岩石やコンクリートの破壊形態とよく似た形状を示している。これに対して「本材料」の場合、明確な破壊面は現れておらず、全体的に膨らんだいわゆる樽型変形を示している。これは、内部に繊維質物質を含むため、土粒子と繊維質が複雑に絡み合い、破壊を生じ難くしているのと同時に繊維質を通して応力が分散されるためである。

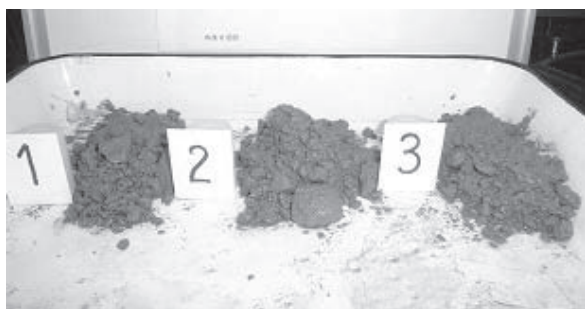
(2) 乾湿繰り返しに対する高い耐久性

従来の固化処理土は乾湿繰り返しにより劣化することが報告されている。そのため、固化処理土を実際を使用する場合は、乾湿の影響をなるべく受けないように、外部に暴露しないように山土などで被覆すべきであると言われている^{3), 4)}。そこで「本材料」に対しても乾湿繰り返しによる耐久性を評価するために乾湿繰り返し試験を実施した⁵⁾。

図—3 にサイクル数と一軸圧縮強さの関係を示す。▲印で示す固化処理土は、2サイクルまでは供試体が存在し、一軸圧縮試験を実施することができたため、一軸圧縮強さの値がプロットされているが、供試体の劣化が激しく、3サイクル以上では全ての供試体が崩壊したため、一軸圧縮試験を継続することができなかった。これに対して「本材料」は10サイクル終了後も供試体にクラックの発生や劣化はほとんど見られず、一軸圧縮強さも初期の強度を維持しており、強度の減少も見られない。このことは、「本材料」は乾湿繰り返しに対する耐久性が高く、固化処理土のように使用箇所を限定する必要がないことを意味する。なお、写真—2 に乾湿繰り返し試験終了後の供試体の写真を示す。



図—3 乾湿繰り返し試験におけるサイクル数と一軸圧縮強さとの関係



2 サイクル終了後の固化処理土



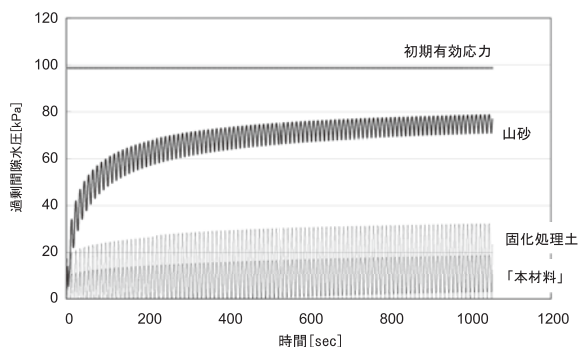
10 サイクル終了後の「本材料」

写真—2 乾湿繰り返し試験終了後の供試体の様子（初期含水比はともに105%、セメント系固化材添加量は 100 kg/m^3 ）

(3) 高い動的強度（耐震性地盤材料）

2003年9月に発生した十勝沖地震では、下水道管渠やマンホールの浮上がり、管渠埋戻し部の路面沈下など下水道施設に多大な被害が報告されているが、十勝沖地震による下水道施設の被害状況に関する現地調査では、改良土を埋戻し材として使用した箇所では被害が少ないなど、改良土の有効性が指摘されている⁶⁾。「本材料」は、土砂内部に繊維質を含むため、動的強度にも優れていると考えられる。「本材料」が高い動的強度を有していれば、耐震性地盤材料としての適用が可能であり、適用範囲が大きく向上する。そこで、繰り返し三軸圧縮試験を行い、「本材料」の動的強度について検討した。

図—4は、山砂、固化処理土、「本材料」を用いて繰り返し三軸圧縮試験を行った時の結果を示している



図—4 繰り返し三軸圧縮試験の結果の一例

7)。横軸は試験を開始してからの経過時間であり、縦軸は過剰間隙水圧を示している。過剰間隙水圧の上昇が大きいものほど液状化しやすく、動的強度が小さいことになる。固化処理土は山砂に比べて大きな動的強度を有しているが、「本材料」は過剰間隙水圧の増加がさらに小さく、固化処理土よりもさらに大きな動的強度を有していることが分かる。すなわち、「本材料」は静的強度および動的強度ともに大きく、変形特性にも優れていることから耐震性地盤材料として最適であると言える。事実、2011年3月11日の東北地方太平洋沖地震では多くの地盤が甚大な被害を受けたにもかかわらず、「本材料」で施工された箇所はほとんど被害が見られず、極めて高い耐震性が証明された。詳細については後述する。

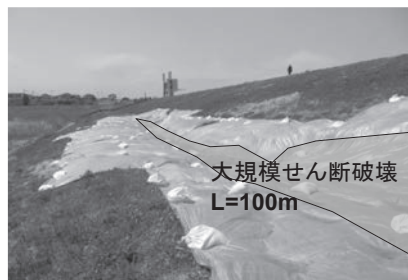
4. 「本材料」を用いた施工事例

(1) 高含水比土による盛土施工に関する技術 浜尾遊水地関連の築堤工事（国土交通省東北地方整備局福島河川国道事務所発注）

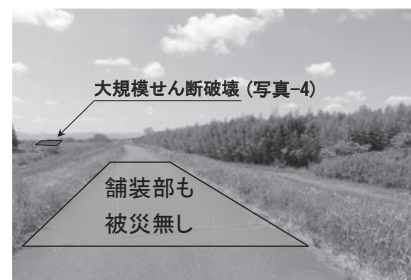
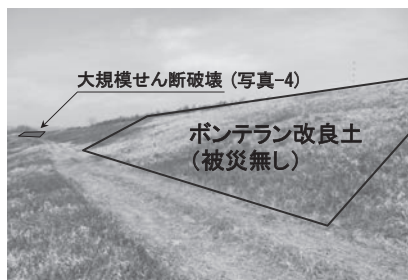
国土交通省東北地方整備局では、民間会社等が保有する優れた新技術や特許技術等を東北地方整備局発注工事に活用し、コスト縮減やリサイクル等を推進するため、平成14年度に4つの技術を募集した。その内の1つである「高含水比土による盛土施工に関する技術」に、「本工法」が採用され、福島県須賀川市の浜尾遊水地の工事現場で施工が行われた。本工事は、阿武隈川流域の浜尾遊水地および下流地区の洪水被害を軽減するため、期間・経済性・実現性を勘案しつつ、遊水地内を掘削するとともに、この掘削土を利用して遊水地関連の堤防を整備し、貯水量を確保するものであり、河川等における高含水比土を効率的かつ経済的に築堤施工する技術が求められた。平成14年度の工事では、「本工法」により $3,000 \text{ m}^3$ が処理され、「本材料」を用いて堤防の一部を構築する築堤工事が行わ



写真—3 浜尾遊水地における施工の様子（写真右のバックホウで高含水比の原泥を掘削しピットに入れ、左のバックホウのアタッチメントを攪拌用のミキサーに変え、古紙と原泥を混合・攪拌する）



写真—4 現地発生土による築堤箇所は多くのせん断破壊が生じた



写真—5 「本材料」による築堤箇所は被害が生じておらず、高い耐震性が証明された

れた（写真—3）。堤防の大部分は現地発生土を用いて構築されたが、この堤防部分は2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震により大きく破壊されたのに対し（写真—4）、「本材料」で構築した堤防部分は全く被害が見られず（写真—5）、「本材料」は高い耐震性を有する地盤材料であることが巨大地震を通して明らかになった。現在、被災地では復旧・復興工事が精力的に行われているが、堤防や高盛土道路などの重要土構造物の構築にあたっては、「本材料」の使用を推奨したいと考えている。

（2）仙台東部共同溝工事（国土交通省東北地方整備局仙台河川国道事務所発注）

当工事は、仙台市宮城野区小田原地内から青葉区本町間の一般国道45道路下にシールド工法により、共同溝1.37kmを構築するものである。当シールドは宮城野区小田原地内に発進立坑、発進設備を設置し、国道45道路下を掘進するものであるが、発進立坑の構築において地中連続壁を造成する際、セメントミルクを使用することから自硬性汚泥が発生する。そこで、建設現場におけるゼロエミッションを目指し、汚泥処理に「本工法」が採用された。当現場では、夜間の立坑掘進工事から排出される汚泥をピットに貯え、昼間に「本工法」により処理を行うが、当現場は仙台市中心部に近い工事現場であるため、限られた敷地内に生成された土砂を仮置きするだけのスペースの余裕はなかった。そこで、処理が終了する時点でダンプトラックが待機しており、処理後、直ちにダンプに荷積みし、4号線バイパス拡幅工事現場に運搬する方式が採用さ



写真—6 仙台東部共同溝工事現場の全景（本現場は、写真—3の施工現場と異なり、市街地中心部近くに位置し、限られた作業面積しか取れないため、重機が効率良く整然と配置されている。右上奥が「本工法」の実施場所。混合・攪拌およびダンプへの積み込みを1台のバックホウで行うため、ミキシングバケットが装着されている）

れ、その結果、完全なゼロエミッションを実現した。当現場は、限られた敷地内に効率的に重機が配置され、また常に振動・騒音を計測し、低振動・低騒音施工に細心の注意を払いながら周辺環境にも考慮し、かつ廃棄物を出さないゼロエミッションを実現しており、これからの環境対応型建設施工の見本とも言うべき現場を実現した（写真—6）。

なお、平成19年度には、この共同溝を延長する工事が新たに発注されたが、その特記仕様書の中で発生土処理に対して「本工法」が「発注者指定技術」として明記された。実際の工事では発生土の含水比が想定よりも低かったため、「本工法」の適用にまでは至らなかったが、「発注者指定技術」としての明記は、「本工法」の特徴が評価された結果であると考えている。

(3) 芋川河道閉塞緊急対策工事（国土交通省北陸地方整備局湯沢砂防事務所発注）

平成 16 年 10 月 23 日 17 時 56 分、新潟県中越地方で震度 6 強の地震が発生した。新潟県小千谷市・旧山古志村・川口町・長岡市・堀之内町などでは、大きな揺れや地すべり・斜面崩壊により、住宅や道路・鉄道・河川施設などで大きな災害が発生するとともに、土砂崩れ等により芋川河道閉塞が生じ、大量の軟弱土が発生した。迅速な災害復旧のためには、現場までのアクセス道路をできるだけ早急に整備することが必要不可欠であることから、「本工法」が旧山古志村の災害復旧工事に採用され、土砂崩れ等で発生した現地の軟弱土砂を改良し、改良土を資材運搬路・仮設ヤード・国道 291 号迂回路に再利用した⁸⁾。このように「本工法」は災害復旧現場でも活用できることが証明された（写真—7）。



写真—7 土砂災害により発生した大量の軟弱土に古紙破砕物を混合している様子。処理土は強度発現が早いので、迅速な復旧工事に大きく寄与した。

(4) 津波堆積物の再資源化による人工地盤造成

東日本大震災で発生したガレキは、宮城県、岩手県および福島県の 3 県合計で約 2,500 万トンと推定され、これとほぼ同程度の津波堆積物が生じていると言われている。これらの津波堆積物を全て埋め立て処分することは不可能であり、できるだけ再資源化し、有効活用することが望まれている。上述したように、「本工法」は災害現場で発生した軟弱泥土を原位置で再資源化し、早期の復旧に貢献した実績があることから、「本工法」は津波堆積物にも適用可能であると考え、「本工法」を津波堆積物に応用し、耐震性の高い地盤材料に再資源化する試験施工を実施している。これまでに宮城県塩竈市、仙台市、気仙沼市、名取市および岩手県大船渡市で試験施工を実施した。塩竈市では、最終処分場に搬入された津波堆積物を「本工法」で再資源化し、廃棄物の覆土材に再利用した。仙台市では、農地に堆積した津波堆積物をブルドーザで掘削し、改良

した「本材料」を用いてミニ防潮堤を構築した。気仙沼市では、終末処分場のチップ混じりの津波堆積物を「本工法」で再資源化し、地盤沈下地区の嵩上げに再利用した。名取市では広浦湾底部に堆積した津波堆積物を浚渫し、「本工法」で再資源化した。改良した「本材料」は現在、施工場所に仮置きされている。大船渡市では、水田に堆積した津波堆積物をパワーショベルで掘削し、2 次選別所に搬入した後、「本工法」で再資源化した。改良した「本材料」は浄化槽撤去後の埋め戻し材として再利用された。2012 年、宮城県は砂押川を遡上した津波が残した河川底部の津波堆積物を浚渫・再資源化し、改良土を堤防補強盛土材に再利用する工事を発注したが、その特記仕様書に「本工法」の使用が明記された。津波堆積物の再資源化に「本工法」が本格採用された初めての事例であり、「本工法」の今後の展開が期待される。写真—8 は浚渫土の陸揚げ状況であり、写真—9 は「本工法」による再資源化の様子である。



写真—8 浚渫土の陸揚げ



写真—9 「本工法」による再資源化

5. おわりに

ボンテラン工法の最大の特徴は、高含水比泥土に繊維質物質である古紙破砕物を添加・混合することであ

る。本工法は日本素材物性学会論文賞や資源・素材学会論文賞を受賞するなど学術的に評価されてきており、また国土交通省発注の工事をはじめ、全体の現場施工実績も340件、47万 m^3 を越え、国土技術開発賞、産官学連携功労者表彰・国土交通大臣賞、日刊工業新聞社モノづくり大賞、日立環境財団環境賞を受賞するなど社会的にも高い評価を受けている。ボンテラン工法の適用範囲が拡大することを期待するとともに、ボンテラン工法が全国的に広く普及することを祈念して本報のむすびとする。

J C M A

《参考文献》

- 1) 高橋 弘：掘進工事にもなう掘削排水対策の現状と今後の課題，月刊推進工事，Vol.20，No.4，pp.3-8，2006.
- 2) 森 雅人，高橋 弘，逢坂 昭治，堀井 清之，片岡 勲，石井 知征，小谷 謙二：古紙破砕物と高分子系改良剤を用いた新しい高含水比泥土リサイクル工法の提案と繊維質固化処理土の強度特性，Journal of MMIJ（資源・素材学会誌），Vol.119，No.4-5，pp.155-160，2003.
- 3) 松原 榮一，矢田 義輝，朝日 彰弘，後藤 年芳，清水 和也，垣本 泰臣，須田 清隆，小野 正樹：ため池堆積土を用いた軽量地盤材料の特性，軽量地盤材料の開発と適用に関するシンポジウム発表論文集，pp.183-186，2000.
- 4) 小川 伸吉，杉山 雅彦，横山 勝彦，山本 博之：建設汚泥改良土の利用に関する基礎的研究（その9）一乾湿繰り返しによる性状変化一，第31回地盤工学研究発表会講演要旨集，pp.303-304，1996.
- 5) 森 雅人，高橋 弘，熊倉 宏治：繊維質固化処理土の乾湿繰り返し試験による耐久性に関する実験的研究，Journal of MMIJ（資源・素材学会誌），Vol.121，No.2-3，pp.37-43，2005.
- 6) 藤生 和也，行方 馨，田村 敬一，佐々木 哲也，石原 雅則：平成15年十勝沖地震による下水道施設の被害状況に関する現地調査，月刊下水道 Vol.26 No.14 pp.39-44，2003.
- 7) 高橋 弘，高橋 研太，森 雅人：繊維質固化処理土の動的強度に関する実験的研究，第4回土砂災害に関するシンポジウム論文集，pp.1-5，2008.
- 8) 高橋 弘，森 雅人，柴田 聡，佐々木 和則：繊維質固化処理土工法を用いた芋川河道閉塞緊急対策工事について，第3回土砂災害に関するシンポジウム論文集，pp.19-24，2006.

【筆者紹介】

高橋 弘（たかはし ひろし）
東北大学大学院
環境科学研究科
教授



「建設機械施工ハンドブック」改訂4版

建設機械及び施工の基礎知識，最新の技術動向，排出ガス規制・地球温暖化とその対応，情報化施工などを，最新情報も織り込み収録。

建設機械を用いた施工現場における監理・主任技術者，監督，世話役，オペレータなどの現場技術者，建設機械メーカー，輸入商社，リース・レンタル業，サービス業などの建設機械技術者や，大学・高等専門学校・高等学校において建設機械と施工法を勉強する学生などに必携です。

建設機械施工技術の修得，また1・2級建設機械施工技士などの国家資格取得のためにも大変有効です。

【構成】

1. 概要
2. 土木工学一般
3. 建設機械一般
4. 安全対策・環境保全
5. 関係法令

6. トラクタ系機械
7. ショベル系機械
8. 運搬機械
9. 基礎工事機械
10. モータグレーダ
11. 締固め機械
12. 舗装機械

●A4判／約800ページ

●定 価

非 会 員：6,300円（本体6,000円）
会 員：5,350円（本体5,095円）
特別会員：4,800円（本体4,570円）

【ただし，特別価格は学校教材販売（学校等教育機関で20冊以上を一括購入申込みされる場合）】

※送料は会員・非会員とも沖縄県以外700円，沖縄県1,050円

※官公庁（学校関係を含む）は会員と同等の取扱いとします。

●発行 平成23年4月

一般社団法人 日本建設機械施工協会

〒105-0011 東京都港区芝公園 3-5-8（機械振興会館）

Tel. 03 (3433) 1501 Fax. 03 (3432) 0289 <http://www.jcmanet.or.jp>

建設発生土の有効利用技術

ハイグレードソイル

加 藤 俊 二・齋 藤 由紀子・稲 垣 由紀子・佐々木 哲 也

建設発生土の再利用については、建設工事に必要となる土砂は原則として建設発生土の工事間流用でまかなうことを目指して、様々な取り組みが実施されている。その結果、建設発生土の有効利用率は大幅に向上し、平成 17 年度に 80% に達した。一方、平成 17 年度以降は有効利用率の伸びが頭打ちとなっており、新たな打開策が求められている。

ハイグレードソイルは、建設発生土に各種の機能性材料を組み合わせることで、多目的な現場のニーズに対応する技術である。軽量化、環境汚染物質の封じ込め、耐侵食性の向上など、必要な機能に応じた 4 つの工法が実用化されている。本報では、ハイグレードソイルによる建設発生土の活用事例を紹介する。

キーワード：建設発生土、リサイクル、軽量化、減容化、環境汚染物質、耐侵食

1. はじめに

建設発生土を含む建設廃棄物の再資源化については、国土交通省の「建設リサイクル推進計画 2008¹⁾」において、基本的考え方、目標、具体的施策が示されている。建設発生土については、有効利用率を平成 22 年度の間目標で 85%、平成 24 年度で 87% にまで向上させるという目標が掲げられている。一方、建設発生土の有効利用率の実績は、平成 17 年で 80.1%、平成 20 年で 78.6% と頭打ちの状況である²⁾。建設発生土の有効利用を推進するためには、工事間の情報交換システムの改善等の方策とともに、新技術の活用も重要である。

土木研究所では、民間企業との共同研究によりハイグレードソイルに関する技術開発等に取り組み、建設発生土の有効利用率の向上を図っている。平成 14 年度には土木研究所の独立行政法人化を契機として、ハイグレードソイルの普及と設計・施工に係わる技術資料の整備や、本技術の改良・改善と用途拡大のための技術開発、本技術に係わる工業所有権の運営管理業務支援などを図る組織として「ハイグレードソイル研究コンソーシアム」が設立された³⁾。本コンソーシアムの参加メンバーは、本技術に関わる工業所有権を有する前述の共同研究の参加メンバーが中核となっているが、賛助会員を募り、開かれた組織となっている。

本報文では、ハイグレードソイルについて、近年の現場適用事例を中心に紹介する。

2. ハイグレードソイルの概要

ハイグレードソイルは、建設発生土に付加価値を付けて高度で多目的なニーズに対応できる土木材料を開発することを目的として、旧建設省土木研究所と(財)土木研究センターおよび民間企業の共同研究の成果として開発されたものである。本報文では、以下の 4 つのハイグレードソイルについて述べることにする。なお、いずれの工法も特許工法となっている。

(1) 発泡ビーズ混合軽量土工法 (写真—1)

発生土に、超軽量の発泡ビーズ(粒子)と安定材を混合して、軽量化を図る工法。通常の土に比べて、地盤に与える荷重を軽減することができるので、軟弱地盤や地すべり地での盛土等に用いると効果的である。発泡ビーズの混合比を変えることにより、湿潤密度を $0.8 \sim 1.5 \text{ t/m}^3$ 程度に設定できる。また、安定材の添加量を変えることにより、一軸圧縮強さを 50 ～

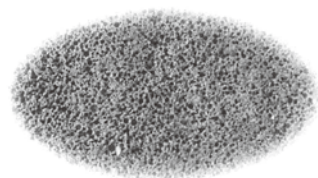


写真—1 発泡ビーズ混合軽量土工法

1,000 kN/m² 程度に調整できる。通常の土に近い変形追随性があり、透水係数も調整が可能である。

(2) 気泡混合土工法 (写真—2)

発生土に、水とセメント等の固化材を混合して流動化させたものに、気泡を混合して軽量化を図る工法。通常の土に比べて軽量なので、地盤などに与える荷重を軽減することが可能である。気泡の混合比を変えることにより、湿潤密度を 0.6 ～ 1.2 t/m³ 程度に設定できる。また、固化材の配合を変えることにより、一軸圧縮強さを 100 ～ 1,000 kN/m² 程度に調整できる。流動性があるので、ポンプ圧送による施工を行うことができ、転圧が不要なため施工が容易である。さらに泥土などの低品質な土も利用することができる。



写真—2 気泡混合土工法

(3) 袋詰脱水処理工法 (写真—3)

透水性を持つジオテキスタイル製の袋に、高含水比の粘性土や、河川・湖沼などに堆積している軟弱な土を詰めて、土の流れ出しを防止しながら脱水を促進し、袋の張力を利用して盛土や埋土に積み重ねて有効利用する工法。また、袋の持つろ過機能によって、脱水時の排出水の濁度を下げるとともに、土壌に強く吸着している環境汚染物質を袋内に封じ込めることが可能である。



写真—3 袋詰脱水処理工法

(4) 短繊維混合補強土工法 (写真—4)

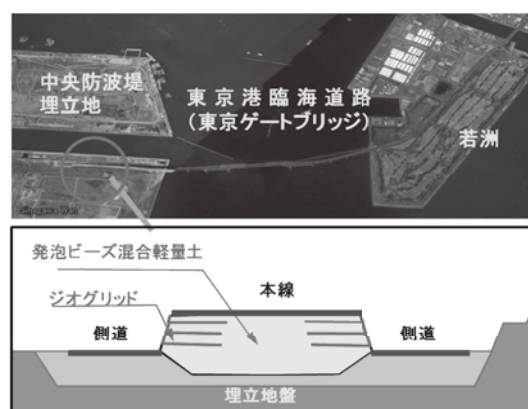
発生土または安定処理土に、短繊維を混合することで、降雨・流水などに対する耐侵食性や、強度・靱性（ねばり強さ）などの力学的特性、植生の根の引き抜き抵抗等の向上を図る工法。短繊維には、ポリエステル等の人工繊維を使用し、土に対する乾燥重量比で 0.1% 程度の混合で効果が得られる。なお、短繊維混合補強土に用いられる繊維には、化学的安定性、耐候性等に優れた環境に対して無害な素材を用いている。



写真—4 短繊維混合補強土工法

3. 発泡ビーズ混合軽量土工法の事例

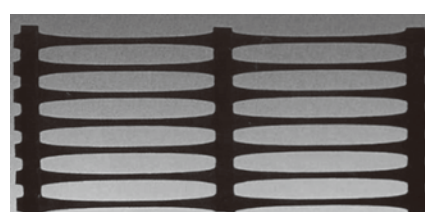
ここで紹介する事例は、東京港臨海道路（東京ゲートブリッジ）の取付け部で施工したものである。図—1 に示すように東京ゲートブリッジの取り付け部は、中央防波堤埋立地に位置する。ここは軟弱な沖積粘性土が堆積しており、その上に埋め立てられた廃棄物の重さで長期的な圧密沈下が想定される地盤である。



図—1 施工箇所および施工断面イメージ

このため盛土を構築した際の沈下対策として、盛土材料に地盤への載荷重を低減できる「発泡ビーズ混合軽量土」とともに、施工断面にあるように急勾配に施工した際も盛土法面の安定が得られる「ジオグリッド」（写真—5）を用いる併用工法が採用された。

ジオグリッドは、引張抵抗性に乏しい土粒子間を格子状構造により拘束し構造物を内的に安定させるものである。このため、発泡ビーズ混合土との併用に当たり、ジオグリッドとの一体性の確保が必要であり、変形追随性や摩擦特性等の確認試験を行って発泡ビーズ混合土の配合を決定し、施工を行った。写真—6 は施工時のジオグリッドによる法面補強の状況である。



写真—5 ジョグリッド



写真一六 ジオグリッドによる法面補強

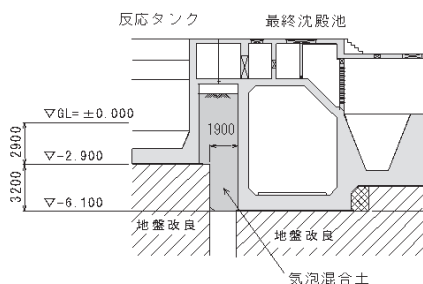
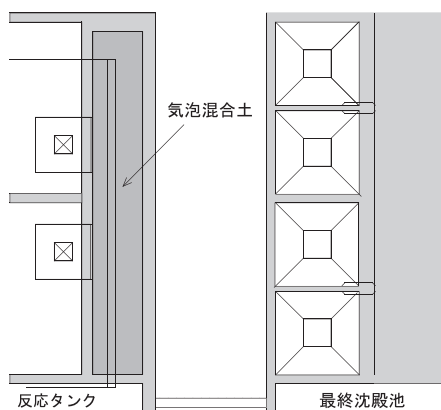


写真一七 完成時の状況 (H23.8.30 撮影)

また写真一七は完成時の写真であり、当該箇所は平成24年2月12日に開通している。

4. 気泡混合土工法の事例

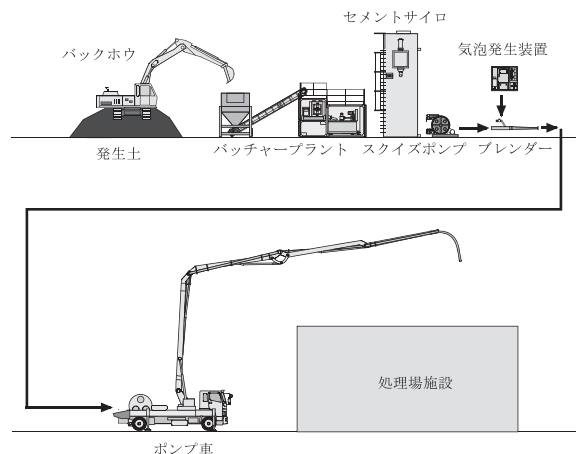
ここで紹介する事例は、図一2に示すように、新設の下水処理施設の構造物間の埋め戻しに用いた事例である。



図一 気泡混合土の施工イメージ

当初計画では、構造物の埋め戻しは現地発生土を使用して、ダンプ運搬およびバックホウにて施工する予定であった。しかし、構造物が地表面から高い位置にあるため、当該箇所までのダンプおよびバックホウの乗り入れが不可能であり、代替え措置としてベルトコンベアによる運搬、人力による施工を考えたが工期が長く不経済であった。そこで、現場プラントにより現地発生土の再利用が可能であり、かつポンプ圧送による施工が可能である「気泡混合土」が採用されることとなった。図一3に気泡混合土の製造フローを示す。

現地発生土は砂分76.1%の砂質土であったため、気泡混合土の製造に当たっては、バックホウ式トロンメルを用いて事前に夾雑物と礫分を除去したうえで、解泥せずにベルトコンベアで直接ミキサ内に投入した。



図一3 気泡混合土の施工フロー



写真一八 気泡混合土製造現地プラント



写真一九 気泡混合土の打設状況

写真—8に、現地プラントの状況を示す。製造した気泡混合土は、スクイズポンプにてプラントからポンプ車に1次圧送し、ポンプ車を用いて打設箇所まで2次圧送を行い打設した。写真—9は、気泡混合土の打設状況である。

5. 袋詰脱水処理工法の事例

袋詰脱水処理工法は、これまでダム堆砂を利用したのり面復旧や多自然型護岸の造成などに用いられてきた⁴⁾が、平成23年3月の東日本大震災からの復興に向けても活用され始めている。

津波で被災した地域では、がれきやヘドロにより用水路や下水路が閉塞、水路としての機能が失われ、雨で冠水する状況となった。水路に堆積したヘドロの速やかな撤去が求められる一方、その受入れ先確保が困難であった。そこで、ヘドロを充填用袋に充填し、脱水させた後、地盤沈下・浸水した場所の盛土材料として有効利用した。幹線用水路の延長135m、下水路の延長2,300mからの浚渫土は、SPADシステム（Slurry Pack and Decrease System）により充填用袋に充填された。

浚渫土が自動式泥土前処理機にかけられ、混入しているがれき等の夾雑物が除去されたヘドロが泥土圧送ポンプで充填システムへ向けてポンプ圧送された（写真—10）。これが飛散防止機能を有する充填システムにより充填用袋に充填された（写真—11）。

充填用袋は、高含水比泥土の脱水に適するジオテキスタイル製の専用の袋材で、現場条件に応じて可搬

型袋（1 m³用および1.5 m³用）と定置型袋（20 m³用および100 m³用）が用いられた。可搬型袋はヘドロを充填・脱水養生してから利用箇所に運搬・設置する場合に用いられ、1日程度の脱水養生期間で運搬が可能となった（写真—12）。定置型袋はヘドロの充填場所でそのまま盛土材として用いられた（写真—13）。いずれも紫外線によるジオテキスタイルの劣化を防止するため覆土された。



写真—12 可搬型袋の運搬と設置



写真—13 定置型袋を用いた盛土

各袋体は2日程度で20%程度減量化し、雨で再度泥状化することなかった。脱水時の排水の浮遊物濃度や硫化水素の臭気測定値も基準値を下回った。

土木材料としての強度はジオテキスタイルの補強効果によって発揮されるため、環境負荷の少ない復旧工事となった。

今後も袋詰脱水処理工法による盛土材が有効利用され、復興に貢献することが期待できる。

6. 短繊維混合補強土工法の事例

短繊維混合補強土工法は、河川堤防ののり面の保護や、トンネル坑口地盤の補強に使用された実績がある。

河川堤防を拡幅や新設する場合、一般にのり面に芝を張って降雨によるガリ侵食を防止する。しかし、侵食に非常に弱い「まさ土」や「シラス」等の特殊土でつくられたのり面では、芝が活着する前にのり面表層に変状を来す事例が度々見受けられる。そこで、シラスが多く分布する地域の河川において、シラスに短繊維を混ぜ込んだ短繊維混合補強土を堤防裏のり面に敷



写真—10 浚渫土の前処理とポンプ圧送



写真—11 圧送されたヘドロの充填

設し、ガリ侵食を防ぐ方法が採用された。のり面勾配は3割、敷設したのり長は約19m、厚さは施工方法によって異なるが、10～30cm程度である。短繊維は長さ60mm、直径 $39\mu\text{m}$ のポリエステル製で、土に対する乾燥重量比で0.2%混合した。

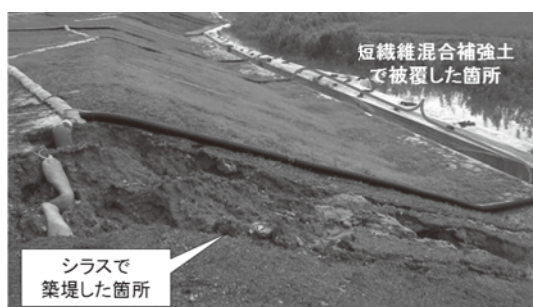
施工は、出水期前の4月下旬に実施された。施工後3週間経った時点で、日雨量139mmの豪雨に見舞われた。写真—14に豪雨直後の状況を示す。シラスのみで被覆したのり面は、大きくガリ侵食を受けたのに対して、短繊維混合補強土で保護したのり面に変状は見られなかった。



写真—14 シラスを用いた短繊維混合補強土（施工後1ヶ月）

当該箇所では、その後も豪雨が続き、施工後3ヶ月間に、日雨量100mmを超えた日（最大252mm）は延べ4日、日雨量50mmを超えた日は延べ8日であった。写真—15に施工後3ヶ月経過した時点の状況を示す。短繊維混合補強土で被覆したのり面には、変状は見られず、植生が根付いている様子が確認された。

つぎに、トンネル坑口が低盛土で土被りが小さい地盤である場合、安定して掘削を行うため、固化改良を実施することがある。固化改良した地盤は、所要の圧



写真—15 シラスを用いた短繊維混合補強土（施工後3ヶ月）



写真—16 トンネル坑口地盤の靱性強化

縮強度は確保されるが、コンクリート同様引っ張りに弱い。写真—16はこのような固化改良地盤の短所を補うため、短繊維を混合して靱性（ねばり強さ）を付与した事例である。汎用混合機で改良土 1m^3 当たり短繊維を2kg（乾燥重量比0.1%相当）混合し、バックホウによって敷均し、振動ローラーによる転圧を行った。

7. おわりに

本報では、建設発生土の有効利用技術であるハイグレードソイルの最新の状況について紹介した。ハイグレードソイルの各工法は、前述のハイグレードソイル研究コンソーシアムにおいて、さらなる技術開発や普及活動が行われている。建設発生土の有効利用率をさらに向上させるためには、新技術の開発および活用が今後も重要と考えられる。

J C M A

《参考文献》

- 1) 国土交通省：建設リサイクル推進計画2008，国土交通省ホームページ，<http://www.mlit.go.jp/>，2008.4
- 2) 国土交通省：平成20年度建設副産物実態調査結果【参考資料】，国土交通省ホームページ，<http://www.mlit.go.jp/>，2010.3
- 3) 一般財団法人土木研究センター：ハイグレードソイル研究コンソーシアム，<http://www.pwrc.or.jp/>
- 4) 森，古本，大野，小橋：建設発生土リサイクル技術の適用用途拡大と技術向上の取り組み，土木技術資料第46巻第1号，pp.26-31，2004.1

【筆者紹介】

加藤 俊二（かとう しゅんじ）
 (独)土木研究所
 地質・地盤研究グループ（土質・振動）
 主任研究員



齋藤 由紀子（さいとう ゆきこ）
 (独)土木研究所
 地質・地盤研究グループ（土質・振動）
 主任研究員



稲垣 由紀子（いながき ゆきこ）
 (独)土木研究所
 地質・地盤研究グループ（土質・振動）
 研究員



佐々木 哲也（ささき てつや）
 (独)土木研究所
 地質・地盤研究グループ（土質・振動）
 上席研究員



樹脂の膨張力でコンクリート床版の沈下を修正

短期間で沈下修正・空洞充填を行う ウレテック工法

亀 倉 和 彦・若 城 太 郎

ウレテック工法（以下「本工法」という）とは、短時間で膨張する性質を持つ樹脂：ウレテック樹脂を用いてコンクリート床版を持上げる事で沈下を修正する工法である。埋立地を含む沿岸部に限らず、内陸部においても、日本国内のあらゆる場所で地盤沈下に伴う土間コンクリートの沈下問題が生じている。

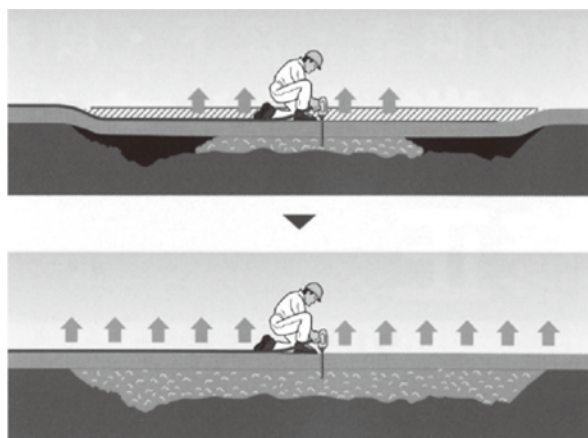
「本工法」は、従来の土間コンクリート打替等の工法に比べ、工事時間・期間が大幅に短縮されることから、公共・民間の土間コンクリート沈下修正及び段差修正工事、道路下の空洞充填工事に採用されており、昨今の震災復旧・復興工事にも活用されている。

本稿では、「本工法」の概要、ウレテック樹脂の特性、施工事例を紹介する。

キーワード：沈下修正，空洞充填，段差解消，陥没防止，土間コンクリート，ウレタン樹脂，膨張力，工期短縮

1. はじめに

「本工法」は、特殊な硬質ウレタン樹脂の膨張力を用いて沈下した土間コンクリートを持上げる工法として、1970年代にフィンランドで開発された技術である。土間コンクリート直下にウレテック樹脂を注入し、化学反応により生じる膨張力を使って床のたわみ修正や、傾き・勾配修正、段差の解消を行う（図—1）。



図—1 注入イメージ図

ウレテック樹脂による沈下修正，空洞充填の利点としては、工事が短時間で完了する事があげられる。

樹脂の膨張から硬化までの時間が1分程度である事と、養生時間は30分である事から、従来工法で使用されているセメント系充填材と比べると極端に短い時

間で工事は済む。また、什器，機械，商品等の設備を移動せずに、現状のまま土間コンクリートを持上げる事が可能なので，これらを移動させるための時間が不要であり，短時間で工事を完了させる事が可能である。

工事時間・期間が制限されやすい工事対象として，学校，幼稚園，保育所，体育館，集会所，老人養護施設，スーパーマーケット等店舗，倉庫，工場等で活用されている。

施設の使用条件によっては，短時間であっても業務や営業を止める事が困難な場合がある。その場合は，工事エリアと使用者のエリアを区分けすることや，施設の休日や夜間に工事を行う事で対応し，業務，営業を止めずに通常通り施設を運用する事が可能である。

道路下の空洞による陥没防止としての充填や，橋梁際の踏掛版下の空隙充填においても，工事として占有する時間を短縮でき，占有面積が少なく済む利点があることから活用されている。

東日本大震災の被災地で役立つ技術として紹介された。

2. 「本工法」の特徴

夜間・休日の短期間で事業を継続しながら，沈下による設備の不具合の修復や，作業環境の改善による業務効率の向上を図ることができる。土間沈下に対する代表的な修復工法を図—3にて比較する。

①設備の移動や引越しが不要

人が入れる程度のスペースを2～3mピッチで確保できれば、工事対象箇所の資機材の移動なく修復が可能（写真—1、2）。



写真—1 狭小部での注入状況



写真—2 狭小部での削孔・集塵状況

②材料比重が小さい

比重0.05～0.10と非常に小さいため、工事後の再沈下を引き起こしにくい。

（比重2.4のモルタル等を充填した結果、地盤の圧密を促進して沈下している例が多くみられる。）

③材料硬化時間が早い

硬化時間が早いいため養生期間を必要とせず、注入終了後30分後にはフォークリフトなどの通行が可能。

④工期が短い

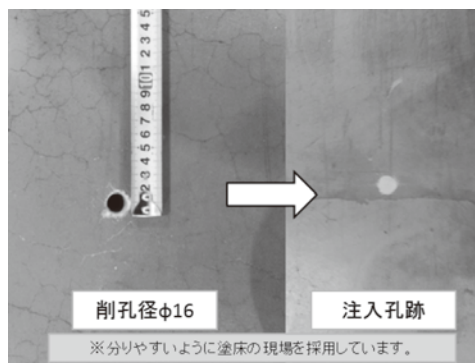
一班の日当たり施工量は200～300m²程度で施工班数を増やすことでこれ以上も対応が可能。

⑤注入孔が小さい（写真—3）

孔が小さいため鉄筋の切断もなく土間コンクリートへの損傷が最低限で済み、工事跡も目立たない。

⑥再施工が可能

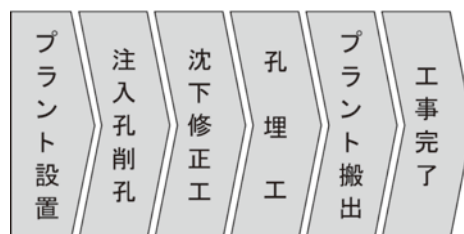
地震など不測の事態で再沈下することがあっても、再度注入することで修正が可能である。



写真—3 削孔径と工事後の注入孔跡

3. 「本工法」の概要

「本工法」は図—2に示す手順で行われる。



図—2 施工フロー

(1) プラント搬入

施工範囲付近にプラントトラック(4t車)を設置し、注入用のホースを配置する。プラントは車載型で発電機、材料、工具ともに積載しているため、トラック以外の用地を確保する必要が無く、移動も自由に行え、施工エリアに応じた小運搬や施工完了後の即時解放が可能である。プラントを設置するスペースは最小で6m×2.4m程度で、占有面積、時間ともに少ない（写真—4）。



写真—4 プラント車 敷地内のスペース利用により、通行止めが不要

(2) 削孔

削孔は100Vハンマドリルで行う。削孔時粉じん飛散防止のため集じん機で吸引しながら行う。

樹脂注入の標準ピッチは2mで、施工範囲内に設

備がある場合は状況に応じてピッチを変更する（写真—2）。

(3) 樹脂注入：沈下修正，空隙充填

施工範囲の現況沈下量と目標とする修正値を考慮し，注入孔に注入機を取付け，ウレテック樹脂を注入する。

樹脂注入は原則として1か所ずつ行う。樹脂が土間コンクリート下で膨張し，上載荷重分の力で表層地盤を押し固め表層地盤から反力を得ると，床と設備が持ち上げられ沈下修正が行われる。1か所からの樹脂注入でも，土間コンクリートには鉄筋（もしくはワイヤーメッシュ，スチールファイバー）がある事により膨張力が周囲へも伝達され，注入孔から5m程度まで修正される。

沈下修正時は，レーザーレベルやレーザー墨出し機を用いて，目標値に至るまで床の高低差を確認しながら修正を行う。修正精度は，床が当初から持つ不陸（竣工時の表面仕上がり高低差）によるが，目標値±10mm以内である。不陸が少ない場合は目標値±5mm以内で収める事も可能である。

(4) 孔埋め，プラント搬出

樹脂注入により床の修正が完了した後，注入孔の頭部を速乾モルタルにより埋める。

	打ち替え (早強コン)	樹脂注入	増し打ち	セルフレベリング
工期（養生期間含む）	4週 △	2日 ◎	2週 ○	2週 ○
追加材料比重 再沈下への影響	砕石 1.8 地盤へ、大 ○	樹脂 0.05 地盤へ、小 ◎	モルタル 2.4 土間・地盤へ、大 △	レベラー 2.4 土間・地盤へ、大 △
地盤の再沈下への影響	下がる ○	下がる ○	下がって、剥離 △	下がって剥離 △
再沈下後、樹脂注入による復旧の可否	可能 ○	可能 ○	不可 (剥離するため) △	不可 (剥離するため) △
コスト	一定 ○	修正量とともに増加 ○	安い ◎	塗厚とともに増加 ○
地盤の緩みの改善	土間解体後急入りに 圧密しなければ、地 盤が緩んだままである。 ○	部分的に注入をおこ なうため、注入時 には地盤に集中荷重と して圧密効果を与える。 注入後は等分布 荷重として受けるた め沈下しにくい。 ◎	地盤のゆるみが改善 されていないため沈 下が徐々に進行する 恐れがある。 △	地盤のゆるみが改善 されていないため沈 下が徐々に進行する 恐れがある。 △
荷の移動の有無 工場稼働の可否	工事期間中は稼働不 可で、施工エリア内 の荷は全て移動する 必要がある。 △	基本的に荷の移動な く工事が可能で、夜 間休日工事により工 場稼働を止めること なく工事が可能である。 ◎	工事期間中は稼働不 可で、施工エリア内 の荷は全て移動する 必要がある。 △	工事期間中は稼働不 可で、施工エリア内 の荷は全て移動する 必要がある。 △
出来栄	きれいだ。 ◎	クラック等が残る。 (補修等で対処。) ○ (◎)	きれいだ。 時間とともに薄層部 のはく離が予測され る。 ○	きれいだ。 時間とともに薄層部 のはく離が予測され る。 ○
粉塵・騒音	解体時の粉じんやガ ラの飛散が多く、仮 間仕切りや換気設備 の設置が必要。騒音 が大きい。 △	ドリル時の粉じんは 集塵機併用で対応 し、注入孔を設ける 際のドリルの音がす る。 ○	ほとんどなし。 ◎	ほとんどなし。 ◎
総合評価 (評価点計)	16 (3+10+3)	22 (12+10+0)	15 (6+4+5)	14 (3+6+5)
記号集計	◎×1 ○×5 △×3	◎×4 ○×5 △×0	◎×2 ○×2 △×5	◎×1 ○×3 △×5

◎：3点、○：2点、△：1点

図—3 土間沈下に対する修復工法比較表

注入ホースや機材を片付けて，施工範囲の清掃を行
い，プラントを積載したトラックを搬出する。

この孔埋めから清掃までの作業時間で樹脂の養生時
間を得る事が出来るので，施工範囲を即時開放する事
が可能となる。

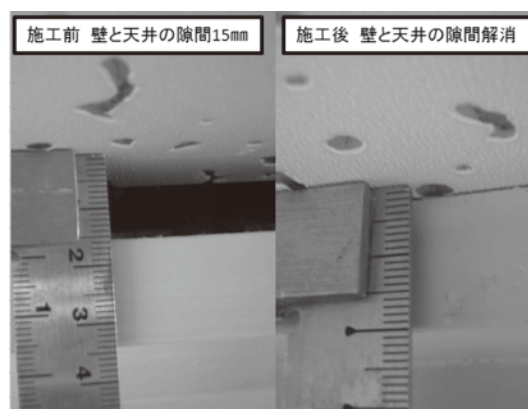
4. 施工事例

(1) 田鶴浜保育園沈下修正工事

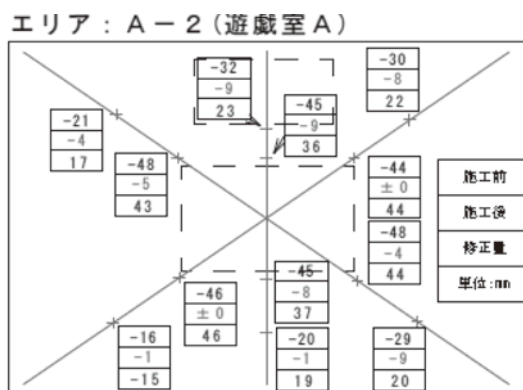
工事概要

- ・沈下原因：地震
- ・工事場所：石川県七尾市
- ・施工面積：609 m²
- ・最大修正量：45 mm
- ・工事時期：2007 年 6 月
- ・工事期間：昼間 4 日

保育室をはじめとする 10 部屋で床がたわみ，スリ
バチ状に沈下し，間仕切り壁と天井または床との間に
隙間が生じていた（写真—5，図—4）。



写真—5 間仕切壁上部の天井との隙間



図—4 出来形図

(2) 鉄板加工工場 段差修正工事

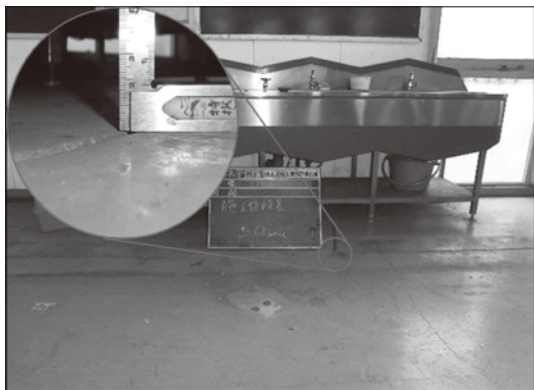
工事概要（写真—6，7）

- ・沈下原因：地震

- ・工事場所 : 千葉県白井市
- ・施工面積 : 約 100 m²
- ・最大修正量 : 60 mm
- ・工事時期 : 2012 年 4 月
- ・工事期間 : 昼間 1 日



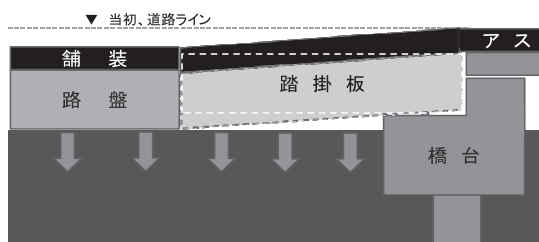
写真—6 施工前 段差 60 mm



写真—7 施工後 段差 0 mm

(3) 屋外 公共工事 踏掛版下空洞充填工事

図—5 の通り、踏掛版は橋台側端部と土工区間端部の 2 点で支えられた状態で、踏掛版そのものへの負担もさることながら、土工区間端部への集中荷重により、時間と共にさらなる沈下を引き起こす状態であった。主要国道であり早急な対策を要したため、(b) にあげるメリットを持つ「本工法」が採用された。



図—5 踏掛版下部の空洞状況図

(a) 工事概要 (写真—8)

- ・沈下原因 : 地震
- ・工事場所 : 茨城県鹿嶋市

- ・踏掛版寸法 : 8 m × 8 m
- ・空洞厚 : 最大約 10 cm
- ・工事期間 : 昼間 1 日
- ・交通規制 : 片側交互通行



写真—8 踏掛版下への注入状況

(b) 他工法との比較 (メリット)

- ・注入孔 (18 mm) が小さい→コア抜きなど鉄筋切断による構造的な損傷が少ない。

(4) 屋外 公共工事 道路下空洞充填工事

以前から度々発生した陥没事故の対策としてレーダーによる空洞探査技術が開発され、多くの空洞が発見されている。見つかった空洞を埋める工法として、(b) に示すメリットが評価され、「本工法」が採用された。

(a) 工事概要 (写真—9, 図—6)

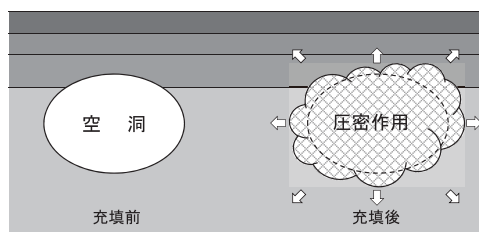
- ・沈下原因 : 地震
- ・工事場所 : 東京都内
- ・空洞規模 : 約 0.5 m³
- ・空洞箇所 : 5 箇所
- ・工事期間 : 昼間 1 日
- ・交通規制 : 1 車線規制 (各空洞毎の設置)



写真—9 作業帯内での注入状況

(b) 他工法との比較 (メリット)

- ・箇所あたりの実作業時間は約 1 時間のため、日当



図一6 空洞充填前後のモデル図

たり 5 箇所程度の工事が可能

- ・工事跡がほとんど残らない→開削工事による継ぎはぎや段差などが発生しない。

5. おわりに

本稿で「本工法」ウレテック工法の手順、施工事例などを紹介したがウレテック工法はその最大の特徴である「短時間での施工」により建築、土木にとらわれず、沈下した構造物下で数多く採用されている。

実際に被災地では、早期機能回復、早期復旧が求められ、工法メリットに優れるウレテック工法により、沈下による支障を短時間で解消している

被災構造物では建屋自体も沈下してしまい、建屋と土間コンクリートの両方に対して沈下修正を行う必要がある案件も多くある。このような場合は、ジャッキ

アップ工法などの建屋の修正工法とウレテック工法を併用し、建屋と土間コンクリートと同時に沈下修正を行っている。

ウレテック工法は修繕・営繕的な工事であるが、時間、範囲等の制限があることで恒久的対策工事を行えない場合に応急処置工法として特に有効である。また、震災などの災害発生時に備えた BCP（事業継続計画）にも貢献できるものと考えている。

J C M A

《参考文献》

- 1) 「プロが認める震災復旧技術」日経コンストラクション 2012 年 10 月 22 日号
- 2) ウレテックジャパン(株) 会社・工法概要ファイル
- 3) ウレテックジャパン(株) ウェブページ (www.uretek.co.jp)

〔筆者紹介〕



亀倉 和彦（かめくら かずひこ）
ウレテックジャパン(株)
営業部 部長



若城 太郎（わかぎ たろう）
ウレテックジャパン(株)
営業部 課長

コンクリートの新補修材料

見える材料・貼る材料

加 藤 暢 彦・松 上 泰 三・三 村 典 正

補修の確実性や経済性を向上させるためにこれまでにないような新工法の開発が進められている。コンクリート構造物のひび割れ補修やはく落対策のために開発されたひび割れのひろがりが見える透明な補強シートは新しい形の補修材料であり工法である。さらに、品質の安定性を重視して製品の大半を工場で製作するラミネートシートによるはく落対策工法や、ひび割れの動きに柔軟に追従するシートによるコンクリート保護工法もあり、これらを紹介する。

キーワード：維持管理，予防保全，長寿命化対策，点検の容易さ，見える化，はく落対策，中性化防止

1. はじめに

平成 24 年 3 月版道路橋示方書・同解説¹⁾では、維持管理の確実性および容易さが求められている。社会資本を維持管理して大切に使用することの重要性は、以前からも各行政機関、研究機関において指摘されており、長年にわたり既存構造物の補修・補強が行われてきた。その際、現場や施主からの要望として、施工した後は躯体が補修材料で覆い隠されて躯体の状況がわからない。施工した後の追跡調査が容易にできれば構造物の健全度を把握する上で安心感が高まるとの声があった。

本稿では、それらの要望を受けて開発した工法について述べる。これらの工法は、「クリアクロス工法」（はく落対策工法）、「PVM 工法」（コンクリート構造物の CFRP 軽補強工法）、「クラックチェッカー」（コンクリート保護工法）の 3 工法であり、長寿命化シリーズ（LL シリーズ）と位置づけた。完成形の一部または全部が透明なため、施工後も躯体の状況を観察できる。さらに、躯体にひび割れや剥離が発生するとその

部分が強調されて、遠くからでも損傷の発生がわかるため、早期の対策が可能で、維持管理の確実性が高いと考えられる。

ところで、新設ではなく既設構造物を補修する場合は、時間や現場条件の制約があるなかで施工を行うため、短時間での確実な施工と完成品の品質が安定していることが求められる。上記 3 工法に加え、工場で作製した材料を現場で貼り付ける 2 工法（「ハイブリッドシート工法」、「RAC シート工法」）も紹介したい。

表—1 に各工法の特徴を示した。

2. 見える材料

施工後もコンクリート躯体の状況を観察できる 3 工法を紹介する。

(1) クリアクロス工法

従来の補修材料は、紫外線の影響を極力抑える目的で有色系塗膜が使用されており、目視では対策後の変状がわかりにくいという短所を有していた。本工法は、

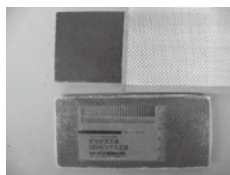
表—1 各工法の特徴

材料区分	工 法 名	特 徴				
		ひび割れ視認性	劣化因子抑制	はく落防止効果	補強効果	その他
見える材料	クリアクロス工法	○	○	○		
	PVM 工法	○	○	○	○	
	クラックチェッカー	○	○			
貼る材料	ハイブリッドシート工法		○	○		高耐候性シート
	RAC シート工法		○			高耐候性粘着シート

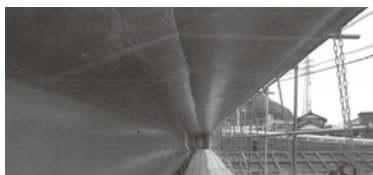
施工後に躯体の変状を目視観察できる透明なはく落防策工法であり、構造物の維持管理が容易である。

1) 工法の概要および特徴

本工法の色見本を写真—1に示した。白い繊維シートにエポキシ樹脂を含浸することで透明なFRP層が形成される。写真に示すように、施工後も躯体に書かれた文字を識別することができる。写真—2には、施工後の仕上がり状況を示している。塗膜が透明なため躯体の状況を観察することができる。



写真—1 材料の色見本



写真—2 施工後の仕上がり状況

工法の特徴を示すと次のとおりである。

- ①躯体にひび割れや剥離が発生するとその部分が強調されて、遠くからでも損傷の発生がわかる。
- ②紫外線抵抗性の高い材料をFRP層および上塗り材に添加しているため、透明でありながら、紫外線による性能の低下、および変色が少ない。
- ③はく落防止性能を有している。

2) 製品の性能評価

変状の視認性、紫外線劣化抵抗性、はく落防止性能、その他性能の評価結果を示した。

(a) 変状の視認性

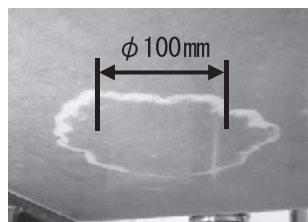
写真—3に押し抜き試験を行ったときの施工面の状況を示した。φ 100 mmのコアの削孔残りを写真の反対側から押し抜いており、コンクリートにはく離が発生すると補修材が押されてはく離部の周囲が透明から白色に変わり強調された。写真—4は、躯体にひび割れが生じた時の目視状況である。ひび割れ部のFRP層が白く強調されていることがわかる。

(b) 紫外線劣化抵抗性

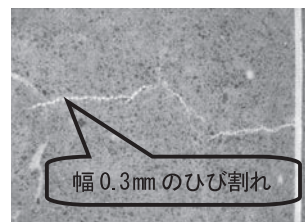
キセノンランプ方式による促進耐候性試験 (JIS K 5600-7-7 準拠) を行い、試験後の視認性と引張強さ変化を評価した。

促進耐候性試験 3,500 時間後の試験片の状況を写真—5 a) に示した。写真は、文字の入った幅 70 mm のモルタル板に施工した試験片を 20 cm の距離から撮影したものである。若干の黄変は見られるが、文字を判別できる程度の視認性を保っていた。写真—5 b) は、促進耐候性試験 1,250 時間後、2,500 時間後、4,000 時間後、および試験前の引張試験片を比較したものである。また、図—1にこれらの試験片の引張強度を

比較して示した。写真および図より、時間の経過と共に黄変が進行したが、強度の低下が少なく十分な耐久性を有していると判断できる。



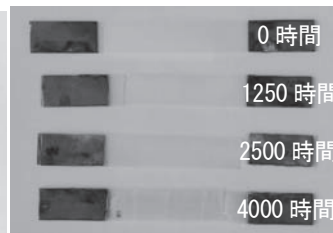
写真—3 はく離部の状況



写真—4 ひび割れ部の状況

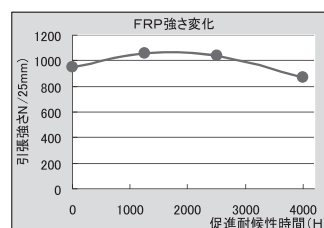


a) 3,500 時間後の状況

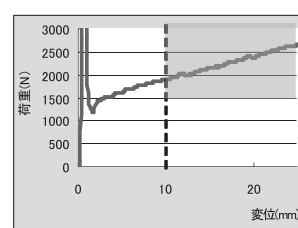


b) 各経過時間後の状況

写真—5 促進耐候性試験後の状況



図—1 試験後の引張強度



図—2 押抜き試験結果

表—2 コンクリート表面被覆材の性能

要求性能	照査項目		基準値	試験値
耐久性	塗膜の健全性	標準養生後	ながれ・むら・ふくれ・われ・はがれのないこと。	○
		促進耐候性試験後	白亜化・ふくれ・われ・はがれのないこと	○
		温冷繰返し試験後	ふくれ・われ・はがれのないこと	○
		耐アルカリ性試験	ふくれ・われ・はがれのないこと	○
		耐湿試験後	7日間で、ふくれ・われ・はがれのないこと	○
	コンクリートとの付着性	標準養生後	1.0 N/mm ² 以上	2.1
		促進耐候性試験後		2.1
		温冷繰返し試験後		2.4
		耐アルカリ性試験後		2.1
しゃ塩性	しゃ塩性	5.0 mg/cm ² 日以下	0	
酸素しゃ断性	酸素透過阻止性	5.0×10 ⁻² mg/cm ² 日以下	9.0×10 ⁻³	
水蒸気しゃ断性	水蒸気透過阻止性	5.0 mg/cm ² 日以下	0.7	
中性化阻止性	中性化阻止性	1 mm以下	0	
柔軟性	ひび割れ追従性	標準養生後（常温）	0.4 mm以上	1.13
		標準養生後（低温）	0.2 mm以上	0.34
		促進耐候性試験後（常温）		0.61

(c) はく落防止性能

「コンクリート片のはく落防止に適用する表面被覆材の押抜き試験方法（案）（JSCE-K 533-2010）」に準拠して、コンクリート片のはく落防止性能を確認した。

図－2 に荷重と変位の関係を示した。変位 10 mm 以上における荷重が 1,500 N 以上であり、はく落防止性能の基準値を満足した。

(d) その他性能の照査

NEXCO 構造物施工管理要領²⁾「コンクリート表面被覆の性能照査項目」に準拠してコンクリート表面被覆の性能照査を実施し、試験結果を表－2 に示した。表より、全ての評価項目を満足した。

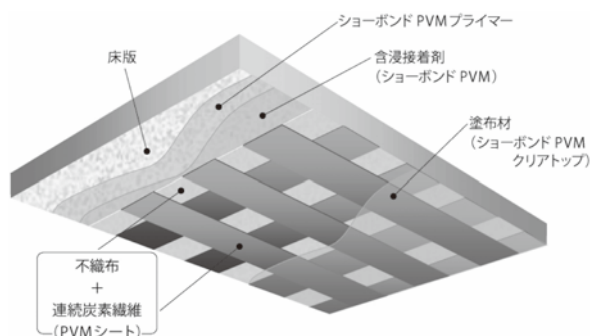
本工法は、外部からの劣化因子遮断性能を有し、特に、しゃ塩性、中性化阻止性に優れていることがわかる。

(2) PVM 工法

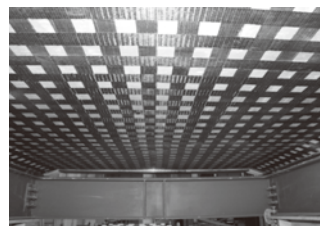
道路橋床版は通行車両の輪荷重を直接受けるため、最も損傷が発生しやすい部位である。損傷を受けた RC 床版の補強工法には、一般的に鋼板接着工法や CFRP 接着工法などが用いられているが、補強後は鋼板や CFRP 層が躯体を覆い隠すことになる。今回開発した製品は、軽補強レベルの炭素繊維を 2 方向に隙間を空けて織った 1 枚のシートであり、経済性、施工性ともに優れるものである。予め設けた隙間部分は、ひび割れが発生するとその箇所が白色に変色するように繊維と樹脂を組み合わせしており、ひび割れの追跡が容易である。

1) 工法の概要および特徴

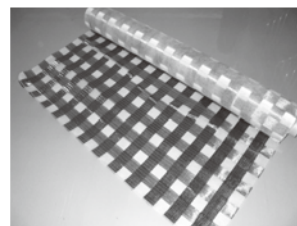
図－3 に本工法の模式図を、写真－6 に施工後の状況を示した。目付量 200 g/m^2 の高強度タイプ炭素繊維 2 方向分の補修・補強効果を持つ PVM シートを透明の接着剤でコンクリートに接着、一体化する工法である。ここで、PVM シートは、連続炭素繊維を格子状に配置し、不織布で折り合わせた特殊シートである（写真－7）。



図－3 PVM 工法の模式図



写真－6 施工後の状況



写真－7 PVM シート

工法の特徴を示すと次のとおりである。

- ① 2 方向の連続炭素繊維を 1 度の施工で貼り付けることができる。PVM シート 1 枚の接着で、炭素繊維シート 2 層分の補修・補強を行うことができるため工期短縮が図れ、経済性にも優れる。
- ② ひび割れの進展を目視で観察できる。
- ③ はく落防止性能を有している。

2) 製品の性能評価

ひび割れの視認性、はく落防止性能の評価結果を示した。

(a) ひび割れの視認性

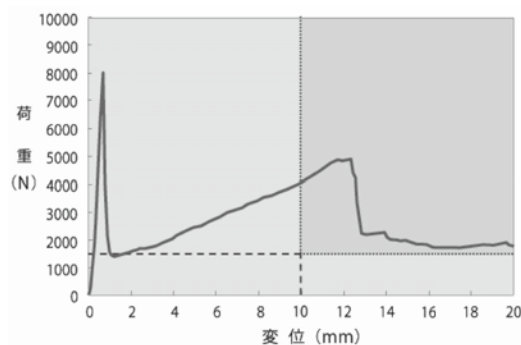
本工法を施工した RC 床版供試体（幅 2,800 mm × 長さ 3,500 mm × 厚さ 160 mm、ハンチ高さ 50 mm）に対し定点繰り返し載荷を行った。載荷後の状況を写真－8 に示した。ひび割れの発生に伴い、樹脂を含浸した不織布が白色になり、ひび割れが強調されて示された。



写真－8 ひび割れ視認性

(b) はく落防止性能

はく落防止性能を確認するため、本製品の押し抜き試験を実施した。試験結果を図－4 に示す。図より、本製品が高いはく落防止性能を有することがわかる。



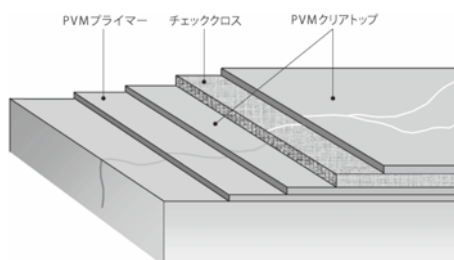
図－4 押し抜き試験結果

(3) クラックチェッカー

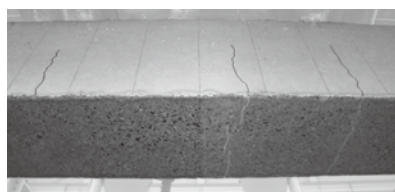
クラックチェッカーは、コンクリート表面にシートをシリコン樹脂で含浸接着することで、ひび割れが発生すると白く浮き出るものである。遠くからでもひび割れを目視確認できる「見える化工法」である。

1) 工法の概要および特徴

図—5に本工法の模式図を、写真—9に施工後にひび割れが発生した状況を示した。写真より、ひび割れが強調されて示されることがわかる。



図—5 クラックチェッカーの模式図



写真—9 施工後の状況

工法の特徴を以下に示した。

- ①離れていても、ひび割れを確認できる。
- ②将来、補強が必要になった時は、剥がさずにそのまま重ねて施工することができる。
- ③極めて軽量で、橋梁点検時に容易に施工できる。
- ④中性化防止性能を有している。

2) 製品の性能評価

ひび割れの視認性、中性化防止性能の評価結果を示した。

(a) ひび割れの視認性

促進耐候性試験後に躯体にひび割れを導入した。試験中の状況を写真—10に示した。促進耐候性試験1,250時間後でも、試験前と同様にひび割れが強調されることを確認した。

(b) 中性化防止性能

本工法を施工した試験片にJIS 417-2008「コンクリート塗装材の品質規格試験方法」に準じた中性化促進試験を実施し、試験後の中性化深さを測定した。試験の結果、中性化深さは0 mmであった。対策をしていない基準試験片の中性化深さが5.0 mmであり、本工法は中性化防止性能が高いことがわかる。

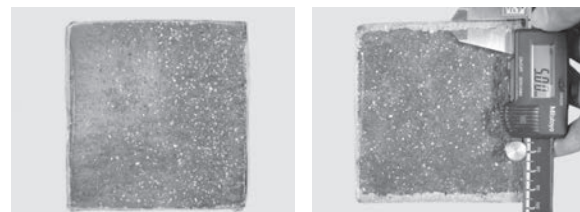
試験結果を写真—11に示した。



a) 試験前

b) 1,250時間後

写真—10 促進耐候性試験後のひび割れ視認性



a) 本工法を施工した試験片

b) 基準試験片

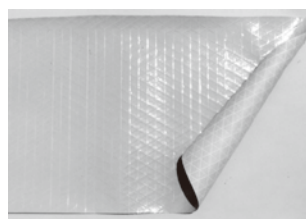
写真—11 中性化防止性能の評価

3. 貼る材料

既設構造物の補修・補強は、時間や現場条件の制約があり、短時間での確実な施工と完成品の品質が安定していることが求められる。以下、完成品の一部を工場で製作することで、製品の品質向上と施工時間の短縮を図った工法を紹介する。

(1) ハイブリッドシート工法

コンクリート保護塗装の工程のうち、補強用繊維貼付け、接着剤塗布、上塗り工の3工程を1つにまとめて1枚のラミネートシートにした。従来工法の工程を凝縮したシートなので現場施工が早くなり、品質も安定する。写真—12に、工場製作のラミネートシートを示した。写真—13は、このシートを高所作業車で施工している状況である。足場の架設が困難で、時間の制約がある場合に本工法は有効である。



写真—12 ラミネートシート



写真—13 施工状況

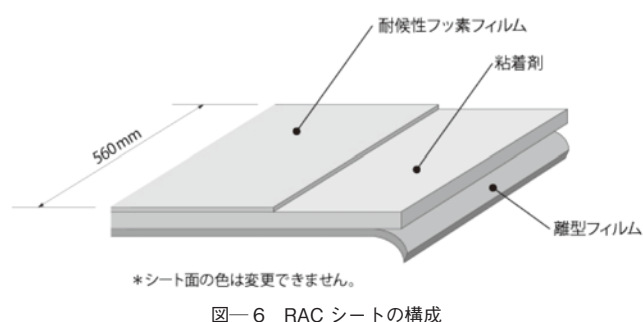
工法の特徴を示すと次のとおりである。

- ①工期の短縮が図れる。
- ②品質が安定している。

- ③はく落防止性能を有している。
- ④塩害対策性能，中性化防止性能を有している。
- ⑤部分破損した場合は，その箇所に再度ラミネートシートを重ね貼りすることができる。

(2) RAC シート工法

耐候性フッ素フィルムと粘着剤，および離型フィルムのラミネートシートを用いたコンクリート保護工法である。躯体の下地を整えた後，離型フィルムを剥がし粘着性のあるシートをそのまま躯体に貼り付ける。図—6 に RAC シートの構成を示した。写真—14 には施工中および施工後の状況を示している。



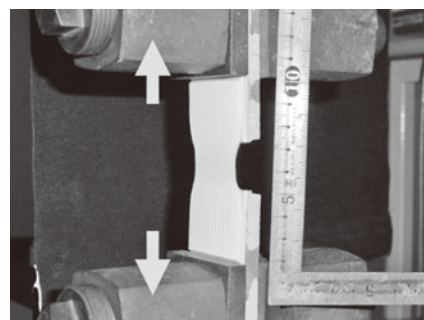
a) シートの貼り付け

b) 完成

写真—14 施工中および施工後の状況

工法の特徴を示すと，次のとおりである。

- ①粘着剤のついたシートをそのまま貼るだけなので施工が簡単である。
- ②既存の保護塗装を補修する場合は，下地処理後その上に RAC シートを貼るだけでよい。
- ③特殊粘着シートを用いるため，伸縮性に優れている。低温環境下でもひび割れの動きに追従することができる。写真—15 に本シートのひび割れ追従性試験状況を示した。ここで，試験片には，引張試験実施前に $-20^{\circ}\text{C} \sim +60^{\circ}\text{C}$ の温冷繰り返し，およびアルカリ水溶液への半浸漬（30日間）を行っている。
- ④ひび割れ追従性に優れるため，鉄道高架橋のような振動でひび割れが開閉する場所にも適用できる。
- ⑤シート表面にフッ素フィルムが配置されており，耐候性に優れる。
- ⑥塩害対策性能，中性化防止性能を有している。



写真—15 RAC シートのひび割れ追従性

4. おわりに

文献1) には，計画した維持管理が確実に実行するためには，点検や調査などの維持管理が確実かつ容易に行えるよう配慮されていることが重要であり，経済性に関しては，点検管理や補修等の維持管理費を含めた費用がより小さくなるように心がけることが重要であると示されている。

本稿では，コンクリート躯体にひび割れや剥離が発生するとその部分が強調されて，遠くからでも損傷の発生がわかり，対策後も構造物を大切に管理することができる工法，および工期短縮型工法を紹介した。社会資本を維持管理して大事に使用する時代を迎えた今日，損傷の早期発見，早期対策が重要であると考えられる。

J C M A

《参考文献》

- 1) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説，I 共通編，2012年3月。
- 2) 東・中・西日本高速道路(株)：構造物施工管理要領，3-6 コンクリート表面保護，2012年7月。

【筆者紹介】

加藤 暢彦（かとう のぶひこ）
ショーボンド建設(株)
補修工学研究所長



松上 泰三（まつかみ たいぞう）
ショーボンド建設(株)
補修工学研究所
副所長



三村 典正（みむら のりまさ）
ショーボンド建設(株)
補修工学研究所
主任研究員





建設資材としての非鉄スラグ

栗 栖 一 之

日本鉱業協会は、銅、ニッケル、フェロニッケル、亜鉛、鉛、金、銀等を鉱石から製錬している業界団体である。我々にとって非鉄金属製錬に副生して、非鉄金属の2倍以上発生する非鉄スラグの再生利用は重大な課題である。この非鉄スラグをコンクリート用骨材として利用するための基準としてコンクリート用骨材 JIS を作成・工場認定を取得し、さらに、昨年度、(財)沿岸技術研究センター刊「港湾・空港工事における非鉄スラグ利用技術マニュアル（案）」として港湾用途や道路用途のマニュアルをまとめたので紹介する。各非鉄スラグは工場製品であり安定品質で均一な性状を持ち、土粒子密度が大きく、吸水率が低く透水性が高いといった特徴を有し、これらを活かした用途への利用拡大が望まれる。

キーワード：リサイクル、環境保全、環境安全性、コンクリート、舗装、港湾材料

1. はじめに

非鉄スラグは、ステンレス鋼の製造に用いられるフェロニッケルを製錬する際に副生するフェロニッケルスラグ（FNS）と、銅を製錬する際に副生する銅スラグ（CUS）と亜鉛を製錬する際に副生する亜鉛スラグ（ZNS）がある。最近10年間の平均の生産量は、表一1に示す様に、フェロニッケルスラグ255万トン／年、銅スラグ270万トン／年、亜鉛スラグは20万トン／年で99.2%が再利用されている。このスラグを有効に利用することは、資源の再利用のみならず、フェロニッケル、銅、亜鉛の安定的供給のためにも重要な課題であるといえる。

フェロニッケルスラグは、粒子が堅硬で吸水率が低いという特長を有するため、コンクリート用骨材とし

での用途開発は、スラグ骨材の中でも比較的早く1960年代当初より一部の企業で開発され、コンクリート二次製品などに使用されていた。1980年からは日本鉱業協会に『フェロニッケルスラグ研究委員会』が設置され、1992年10月JIS A 5011-2「コンクリート用スラグ骨材—第2部：フェロニッケルスラグ骨材」として規格化されている。そのほか、天然骨材と同等以上の特性を生かして道路用材料、土工用材料に使用されている。

銅スラグは、酸化鉄と二酸化ケイ素を主成分とする特長を生かしてのセメントの鉄原料と、堅硬で粒状である特性を生かしてのプラスト材に使用されてきた。1997年10月にJIS A 5011-3「コンクリート用スラグ骨材—第3部：銅スラグ骨材」として規格化されている。建設用資材としては、コンクリート用骨材のほか

表一1 非鉄スラグの用途別使用量と生産量（最近10年間の平均）

区 分	用 途	フェロニッケルスラグ(千トン)	銅スラグ (千トン)	亜鉛スラグ(千トン)	比率 (%)
建設用	コンクリート用骨材	200	200	0	
	道路用材料	800	0	0	
	土工用材料	950	350	55	
	その他	150	0	0	
	小計	2,100	550	55	49.6
その他	セメント原料	0	1,500	100	
	造滓材	400	0	0	
	プラスト材	50	650	0	
	小計	450	2,150	100	49.6
最終処分		0	0	45	0.8
合計(生産量)		2,550	2,700	200	100.0

土粒子密度が大きいという特長を生かしてケーソン中詰材に使用されている。

亜鉛スラグは、銅スラグと同様に酸化鉄と二酸化ケイ素が主成分であり、鉄源としてセメント原料や土粒子密度が大きいという特長を生かして1968年頃からケーソン中詰材に利用されている。

昨年度、国土交通省港湾局のリサイクル指針の改定が行われた。その一環として、東北地方整備局と日本鉱業協会の共同研究である「非鉄スラグの港湾・空港工事用材料活用技術研究委員会」の成果を「港湾・空港工事における非鉄スラグ利用技術マニュアル（案）」として取りまとめた。その中の、港湾用途、コンクリート用途、道路用途について説明する。

2. 非鉄スラグ骨材の製造方法と用途

(1) フェロニッケルスラグ

①製造方法

フェロニッケルスラグは、ロータリーキルンや電気炉でフェロニッケルを製造する際に副生する溶融スラグを冷却し、図—1の工程概要図に示すように破碎・粒度調整を行ったものである。フェロニッケルスラグを製造している会社は、国内では、日本冶金工業(株)大江山製造所、(株)日向製錬所、大太平洋金属(株)の3製造所

がある。

ロータリーキルン法は、水で急冷されたクリンカーを、フェロニッケルと選別・回収する目的で細かく破碎されるため、他の方法に比べて粒径が小さいFNS-1.2を製造している。また、電気炉からは、加圧空気による風砕、徐冷、および水砕の3種類の冷却工程によるスラグが製造されている。風砕スラグは丸みを帯びた球状、電炉水砕スラグはグラニュー状として製造され、電炉徐冷スラグは塊状スラグを破碎・粉碎し、製造される。

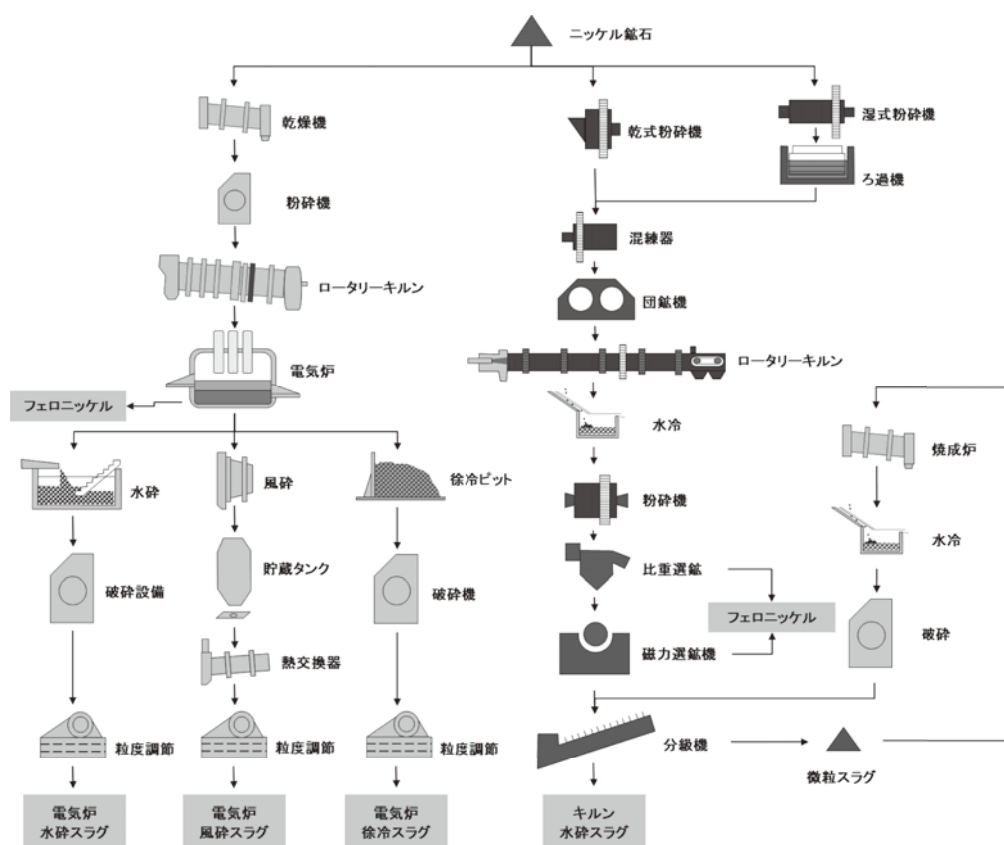
②生産量と用途

フェロニッケルスラグの年間の生産量は、表—1に示されるように255万トン／年。その82.4%がコンクリート用骨材、道路用材料、土工用材料などの建設用資材に使用されている。

(2) 銅スラグ

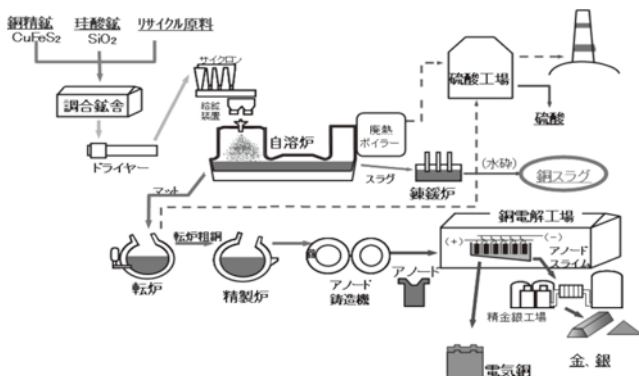
①製造方法

銅スラグは、自溶炉法、連続製銅法及び反射炉法などの炉で銅を製錬する際に、鉄分が酸化されて副生される溶融スラグを、水砕して製造される。銅スラグを製造している製錬所は、我が国では小名浜製錬(株)小名浜製錬所、三菱マテリアル(株)直島製錬所、日比共同製錬(株)玉野製錬所、住友金属鉱山(株)東予工場、パンパシフィック・カッパー(株)佐賀関製錬所の5製錬所がある。



図—1 フェロニッケルスラグの製造工程

製錬に使用する炉は、3種類あるが、いずれも酸化製錬プロセスで、原料となる銅精鉱がほぼ同等の品質のものであること、また、いずれの製錬所とも、発生した溶融状態のスラグを水砕して粒状とする方法で製造していることにより、製錬所間のスラグの特性には大きな差は生じない結果となっている。図—2に、一例として、パンパシフィック・カッパー(株)佐賀製錬所の製造工程を示す。



図—2 銅スラグの製造工程(パンパシフィック・カッパー(株)佐賀製錬所)

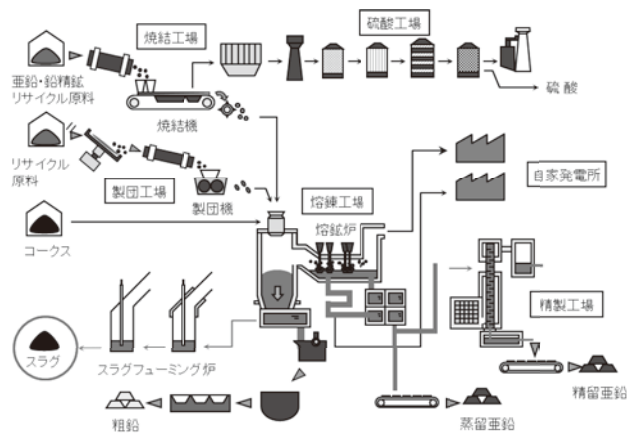
②生産量と用途

国内の5製錬所の銅スラグの生産量は、表—1に示す様に270万トン／年である。用途は、セメント用鉄原料とサンドブラスト材が主体であり、全体の80%に達している。建設用資材としては、ケーソン中詰材とコンクリート用骨材である。

(3) 亜鉛スラグ

①製造方法

亜鉛スラグは、図—3に示す様に、亜鉛を製錬する際、鉄分が他の脈石成分と熔解・混合して副生される溶融スラグを、水砕して製造される。我が国の亜鉛



図—3 亜鉛スラグ製造工程図 (八戸製錬(株))

スラグを製造している製錬所は3カ所ある。そのうち八戸製錬(株)、三池製錬(株)がスラグ製品を販売している。

②生産量と用途

3製錬所の亜鉛スラグの生産量は、表—1に示す様に20万トン／年である。用途は、セメント原料とケーソン中詰材であり、一部は最終処分されている。

3. 非鉄スラグの諸性状

(1) フェロニッケルスラグ

①化学成分と鉱物組成

フェロニッケルスラグの主要な化学成分は、 SiO_2 、 MgO および FeO である。ロータリーキルン法では製錬に際し石灰石を使用するので、 CaO が5%程度存在する点が異なる。代表的な化学成分を表—2に示す。フェロニッケルスラグの鉱物組成は、エンスタタイトやフォルステライトであるが、製造方法により鉱物の結晶相(ガラス相)の程度も相違することが知られている。通常、主な鉱物組成であるエンスタタイトやフォルステライトはアルカリシリカ反応を示すことはな

表—2 フェロニッケルスラグの代表的な化学成分(%)

製造方法	酸化カルシウム (CaO)	酸化マグネシウム (MgO)	全硫黄 (S)	全鉄 (FeO)	金属鉄 (Fe)	二酸化珪素 (SiO_2)
キルン水冷	5.18	27.8	0.06	7.57	0.65	55.6
電炉風砕・徐冷	0.81	33.8	0.05	7.01	0.18	53.8
電炉水砕	0.28	33.2	0.03	10.4	0.19	51.3
JIS A 5011-2	≤ 15.0	≤ 40.0	≤ 0.5	≤ 13.0	≤ 1.0	—

表—3 フェロニッケルスラグの代表的な物理的性質

製造方法	粒度区分	絶乾密度 (g/cm^3)	吸水率 (%)	単位容積質量 (kg/l)	実積率 (%)	粗粒率	0.15 mm 通過率 (%)
キルン水冷	FNS1.2	3.11	0.35	1.81	58.3	1.69	21.9
電炉風砕	FNS5	2.88	0.83	1.84	63.8	2.75	8
電炉水砕	FNS5	2.96	0.82	1.95	67.3	2.62	8.3
JIS A 5011-2		≥ 2.7	≥ 3.0	≥ 1.50	—		※ 1

※ 1 : FNS5 = 2 ~ 15, FNS2.5 = 5 ~ 20, FNS 1.2 = 10 ~ 30

い。しかし、カルシウムの少ないスラグでは、一般に溶融スラグの急冷の速度によっては、非晶質中のシリカ分が増加してアルカリシリカ反応性を示す場合もある。

②物理的性質

フェロニッケルスラグ細骨材の代表的な物理的性質を表―3に示す。フェロニッケルスラグ細骨材の絶乾密度および単位容積質量は、それぞれ約2.9～3.1 g/cm³ および約1.8～2.0 kg/lの範囲にあり、一般的な細骨材（2.5～2.6 g/cm³）程度よりも多少大きい。吸水率は、細骨材では、1%以下と非常に小さく、密実な骨材であることが特徴である。粗骨材では、1～2%と多少高めではあるが、碎石の規格と（3.0%）比較すると十分に低い値を示している。

③化学物質の溶出特性

フェロニッケルスラグの化学物質の溶出量を表―4に示す。徐冷スラグでフッ素が検出された以外、他の成分は全て検出限界未満である。

(2) 銅スラグ骨材

①化学成分と鉱物組成

銅スラグの主要な化学成分は、FeOとSiO₂である。製錬方法により、CaO分に多少の差はあるが、全体的には同一のものと考えてよい。代表的な化学成分を表―5に示す。鉱物組成は、ファイヤライト（2FeO・SiO₂）である。製造工程上、約1250℃の溶融状態から水砕により急冷固化させるため、粒子は均質で、ガラス質となっており安定した物質となっている。

②物理的性質

銅スラグの代表的な物理的性質を表―6に示す。銅スラグの絶乾密度および単位容積質量は3.5 g/cm³程度および2.1 kg/l程度であり、一般的な砂（2.5～2.6 g/cm³程度）よりも大きい傾向にある。吸水率は、0.5%以下と非常に小さくなっている。

③化学物質の溶出特性

銅スラグの化学物質の溶出量を表―7に示す。成分は全て検出限界未満であり、環境影響は非常に小さいことが示された。

表―4 フェロニッケルスラグの環境安全品質（溶出量）の一例（単位：mg/l）

製造所区分	A	B	C	C	C	基準値 (一般用途)	基準値 (港湾用途)
骨材種類	FNS5-0.3	FNS1.2	FNS5-0.3	CS20	CS40		
カドミウム	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	≤ 0.003	≤ 0.009
鉛	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	≤ 0.01	≤ 0.03
六価クロム	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	≤ 0.05	≤ 0.15
ひ素	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	≤ 0.01	≤ 0.03
水銀	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	≤ 0.0005	≤ 0.0015
セレン	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	≤ 0.01	≤ 0.03
ほう素	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	≤ 1.0	≤ 20
ふっ素	< 0.1	< 0.1	< 0.1	0.4	0.3	≤ 0.8	≤ 15

表―5 銅スラグの代表的な化学成分（%）

製造所銘柄	酸化カルシウム (CaO)	全硫黄 (S)	三酸化硫黄 (SO ₃)	全鉄 (FeO)	塩化物量 (NaCl)	二酸化珪素 (SiO ₂)
A	5.98	0.50	< 0.05	47.2	0.018	34.0
B	2.67	1.11	< 0.05	48.2	0.010	32.5
C	1.84	0.76	< 0.05	50.9	< 0.01	33.2
E	2.12	0.64	< 0.05	49.5	< 0.01	33.1
F	1.48	0.65	0.006	50.1	0.018	33.7
JIS A 5011-3 規格値	≤ 12.0	≤ 2.0	≤ 0.5	≤ 70.0	≤ 0.03	—

表―6 銅スラグの代表的な物理的性質

製造所銘柄	粒度区分	絶乾密度 (g/cm ³)	吸水率 (%)	単位容積質量 (kg/l)	実積率 (%)	粗粒率	0.15 mm 通過量 (%)
F	CUS2.5	3.50	0.35	2.18	62.1	2.54	8.2
	CUS1.2	3.49	0.09	2.47	70.8	1.84	19.1
	CUS5-0.3	3.48	0.21	1.89	54.1	3.40	0.87
JIS A 5011-3 規格値		≥ 3.2	≤ 2.0	≥ 1.80	—		※ 1

※ 1 : CUS5 2～15, CUS2.5 5～20, CUS1.2 10～30, CUS5-0.3 : 0～10

表—7 銅スラグの環境安全性（溶出量）の一例（単位：mg/l）

製造所区分	A	B	C	D	E	基準値 （一般用途）	基準値 （港湾用途）
骨材種類	CUS5-0.3	CUS5-0.3	CUS5-0.3	CUS5-0.3	CUS5-0.3		
カドミウム	0.002	0.001	0.002	0.001	0.002	≤ 0.003	≤ 0.009
鉛	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	≤ 0.01	≤ 0.03
六価クロム	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	≤ 0.05	≤ 0.15
ひ素	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	≤ 0.01	≤ 0.03
水銀	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005	≤ 0.0005	≤ 0.0015
セレン	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	≤ 0.01	≤ 0.03
ほう素	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	≤ 1.0	≤ 20
ふっ素	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	≤ 0.8	≤ 15

表—8 亜鉛スラグの化学成分分析の一例

化学成分	FeO	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	Zn	Cu
分析値(%)	31.30	7.20	21.30	10.20	17.90	2.10	3.40	0.75

(3) 亜鉛スラグ骨材

①化学成分と鉱物組成

亜鉛スラグの主要な化学成分は、FeO と SiO₂ である。製錬方法により多少の差はあるが、全体的には同一のものと考えてよい。代表的な化学成分を表—8 に示す。鉱物組成は、ファイヤライト (2FeO・SiO₂) である。製造工程上、約 1,350℃ の溶融状態から水砕により急冷固化させるため、粒子は均質で、ガラス質となっており安定した物質となっている。

②物理的性質

亜鉛スラグの絶乾密度および単位容積質量は 3.6 g/cm³ 程度及び 2.1 kg/l 程度であり、一般的な砂 (2.5 ～ 2.6 g/cm³ 程度) よりも大きい傾向にある。

③化学物質の溶出特性

亜鉛スラグの化学物質の溶出量を表—9 に示す。港湾用途の環境安全品質基準をクリアーしている。

4. コンクリート用骨材の改善

(1) フェロニッケルスラグ粗骨材製造技術の開発

①粗骨材の製造方法

製造方法は、キルン法と徐冷方法がある。キルン法は、微粒スラグを再焼成し、それを破碎し製造する方法で、徐冷法は、徐冷スラグを破碎して製造する。

②骨材特性

表—10 にフェロニッケルスラグ粗骨材の物理的性質を示す。その品質は製造方法により異なっているも



写真—1 フェロニッケルスラグ粗骨材の写真

表—9 亜鉛スラグの溶出量試験結果の一例

分析対象	カドミウム	鉛	六価クロム	ひ素	水銀	セレン	ふっ素	ほう素
溶出量 (mg/l)	< 0.001	< 0.005	< 0.01	0.02	< 0.0005	< 0.005	0.20	< 0.1
環境安全品質基準 (港湾用途)	≤ 0.009	≤ 0.03	≤ 0.15	≤ 0.03	≤ 0.0015	≤ 0.03	≤ 15	≤ 20

表—10 フェロニッケルスラグ粗骨材の代表的な物理的性質

製造方法	粒度 区分	絶乾密度 (g/cm ³)	吸水率 (%)	単位容積質量 (kg/l)	実積率 (%)	粗粒率	すりへり減量 (%)	BS40tf 破碎値(%)
キルン焼成	2005	2.54	1.77	1.56	61.5	6.30	17.6	10.0
電炉徐冷	2005	2.97	1.11	1.79	59.6	6.49	10.0	6.9
JIS A 5005 ※2	2005	≥ 2.5	≤ 3.0	—	—	—	≥ 40	—

※2：碎石の規格

のの、JIS A 5005 に示されるコンクリート用碎石の品質規格値を満足している（写真—1）。

(2) 銅スラグ細骨材の品質改善

①品質改善方法

粒子形状は、特段の処理を行わない場合、写真—2 に示すとおり、凹凸の多い角張ったものとなる。水砕銅スラグを磨砕処理によって形状改善し、砕砂の混合用細骨材としての有効性について検討²⁾を行った。



(左：磨砕なし、右：磨砕処理後)
写真—2 銅スラグ細骨材の粒子形状

②品質改善効果

銅スラグの磨砕処理により、粒形判定実積率が54%から59%に改善されブリーディングが小さくなり、石灰石微粉末の添加等の対応をしなくても一本砂として使用が可能となった²⁾。

5. 港湾工事用非鉄スラグ

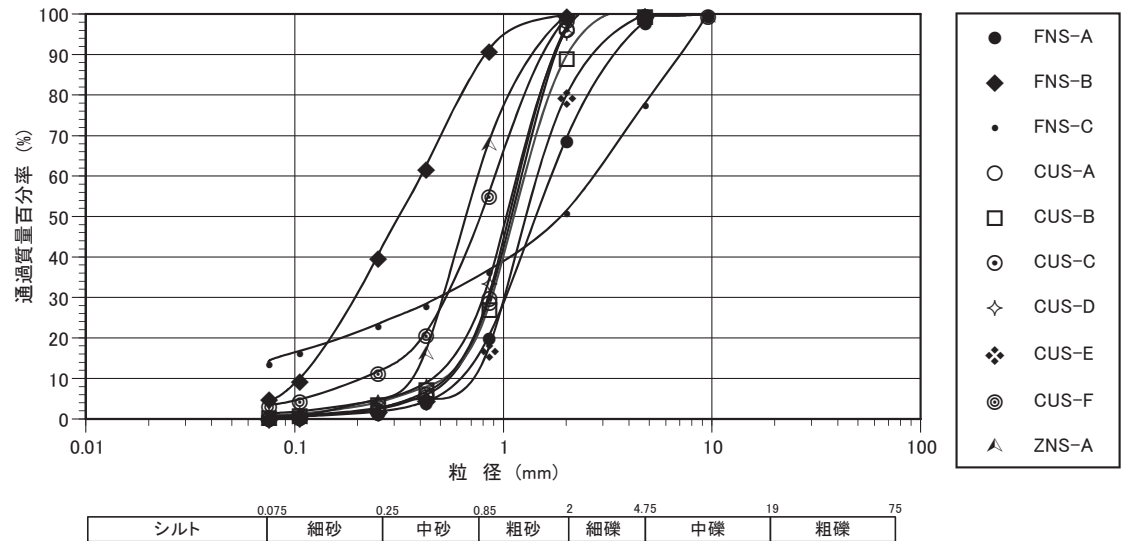
(1) 種類

港湾工事に使用される非鉄スラグは、フェロニッケルスラグ、銅スラグ、亜鉛スラグの3種類がある。天然材と比較して土粒子密度が大きいという特長を生かしてケーソン中詰材、消波ブロック用等の重量コンクリート用骨材として使用されている。

(2) 骨材の特性

①粒度分布特性

港湾用非鉄スラグの粒度分布特性を図—4 に示す。



図—4 各スラグの粒度分布

表—11 各スラグの密度試験結果

スラグ種	名称	対象スラグ		土粒子密度 (ρ (g/cm ³))	最少乾燥密度 (ρ_{dmin}) (g/cm ³)	最大乾燥密度 (ρ_{dmax}) (g/cm ³)	Dr60% 乾燥密度 (ρ_d) (g/cm ³)
フェロニッケルスラグ	FNS-A	水砕品	FNS-5-0.3	2.984	1.41	1.71	1.58
	FNS-B	加工品	FNS-1.2	3.107	1.49	1.91	1.72
	FNS-C		FNS-5	3.193	1.73	2.32	2.04
銅スラグ	CUS-A	水砕品	CUS-5-0.3	3.551	1.68	2.04	1.88
	CUS-B		CUS-5-0.3	3.606	1.74	2.16	1.97
	CUS-C		CUS-5-0.3	3.641	1.77	2.15	1.98
	CUS-D		CUS-5-0.3	3.548	1.72	2.16	1.96
	CUS-E		CUS-5-0.3	3.539	1.62	1.94	1.80
	CUS-F	加工品	CUS-2.5	3.626	1.91	2.46	2.21
亜鉛スラグ	ZNS-A	水砕品	FNS-5-0.3	3.622	1.77	2.18	1.99

水砕品は単粒度であるが，加工品はブロードとなっている。

②密度

港湾用非鉄スラグの密度を表— 11 に示す。土粒子密度は，フェロニッケル 3.1 g/cm^3 ，銅スラグ 3.6 g/cm^3 亜鉛スラグ 3.6 g/cm^3 となっている。Dr60%乾燥密度は，フェロニッケルスラグ水砕品 1.6 g/cm^3 ，加工品 2.0 g/cm^3 ，銅スラグ水砕品 1.9 g/cm^3 ，加工品 2.2 g/cm^3 ，亜鉛スラグ水砕品 2.0 g/cm^3 と天然資材より 20 ～ 30 % 大きくなり，さらに，加工品は 15 ～ 20 % 高い値を示し港湾材料としての優位性を示している。

③透水係数

港湾用非鉄スラグの透水係数を表— 12 に示す。スラグ

種に関係なく水砕品は $10^{-3} \sim 10^{-4} \text{ cm/s}$ ，加工品 $10^{-4} \sim 10^{-5} \text{ cm/s}$ となっており，天然材と同等の特性を示している。

④三軸圧縮試験（CD）結果

三軸 CD 試験を実施し， c_d および ϕ_d を求めた。得られた c_d および ϕ_d の一覧表を表— 13 に示す。非鉄スラグは粒状体であるが，せん断抵抗角に多少の拘束圧依存性があるため，見かけ上，水砕品で 7 ～ 18 kN/m^2 程度の粘着力 c_d が得られた（Dr = 60% の場合）。せん断抵抗角 ϕ_d は，水砕品に比べて加工品の方がやや大きくなる傾向を示した。具体的には，スラグ種が加工品の FNS-B，FNS-C，CUS-F の場合には 36 ～ 38° 程度であり，水砕品（32 ～ 35° 程度）に比べ 10% 程度大きかった。

表— 12 透水係数の一覧（Dr60%）

名称	透水係数 $k \text{ (cm/s)}$	10% 粒径 D10 (mm)	試験時の $\rho_d \text{ (g/cm}^3\text{)}$ (Dr60%)	平均粒径 D ₅₀ (mm)	均等係数 U _c
FNS-A	5.08×10^{-3}	0.64	1.58	1.39	2.64
FNS-B	1.62×10^{-4}	0.11	1.72	0.33	3.64
FNS-C	2.04×10^{-5}	0.042	2.04	1.94	66 以上
CUS-A	3.65×10^{-3}	0.56	1.88	1.13	2.16
CUS-B	3.49×10^{-3}	0.54	1.97	1.11	2.33
CUS-C	3.70×10^{-3}	0.56	1.98	1.10	2.09
CUS-D	2.02×10^{-3}	0.48	1.96	1.07	2.40
CUS-E	3.31×10^{-3}	0.75	1.80	1.33	2.04
CUS-F	1.62×10^{-4}	0.21	2.21	0.79	4.36
ZNS-A	1.09×10^{-3}	0.38	1.99	0.68	2.08

表— 13 三軸 CD 試験結果による c_d および ϕ_d

	スラグ種	Dr = 40%		Dr = 60%		Dr = 80%	
		$c_d \text{ (kN/m}^2\text{)}$	$\phi_d \text{ (}^\circ\text{)}$	$c_d \text{ (kN/m}^2\text{)}$	$\phi_d \text{ (}^\circ\text{)}$	$c_d \text{ (kN/m}^2\text{)}$	$\phi_d \text{ (}^\circ\text{)}$
FNS-A	水砕品	6.9	30.4	8.3	32.2	9.7	32.5
FNS-B	加工品			18.2	36.9		
FNS-C				14.4	38.0		
CUS-A	水砕品	6.4	33.3	8.3	34.9	10.9	35.3
CUS-B				9.3	34.0		
CUS-C				10.2	34.3		
CUS-D				7.4	35.2		
CUS-E				15.1	32.6		
CUS-F	加工品			10.0	37.7		

表— 14 舗装用非鉄スラグの粒度（表・基層）

種 類	呼び名	ふるいを通すものの質量百分率%						
		JIS Z 8801-1 に規定する金属製網ふるいの公称目開き						
		26.5 mm	19 mm	13.2 mm	4.75 mm	2.36 mm	1.18 mm	75 μm
単粒度 非鉄スラグ	SN-20	100	85 ～ 100	0 ～ 15	—	—	—	—
	SN-13	—	100	85 ～ 100	0 ～ 15	—	—	—
	SN-5	—	—	100	85 ～ 100	0 ～ 25	0 ～ 5	—
非鉄スラグ スクリーニングス	FN-2.5 FC-2.5	—	—	—	100	85 ～ 100		0 ～ 20 (0 ～ 10)

（ ）内は，望ましい粒度範囲

表—15 舗装用非鉄スラグの粒度（路盤）

種 類	呼び名	粒度 範囲 (mm)	ふるいを通すものの質量百分率%									
			JIS Z 8801-1 に規定する金属製網ふるいの公称目開き									
			53 mm	37.5 mm	31.5 mm	26.5 mm	19 mm	13.2 mm	4.75 mm	2.36 mm	425 μ m	75 μ m
粒度調整 非鉄スラグ	MN-40	40 ~ 0	100	95~100	—	—	60~90	—	30~65	20~50	10~30	2~10
	MN-30	30 ~ 0	—	100	95~100	—	60~90	—	30~65	20~50	10~30	2~10
	MN-25	25 ~ 0	—	—	100	95~100	—	55~85	30~65	20~50	10~30	2~10
クラッシュラン 非鉄スラグ	CN-40	40 ~ 0	100	95~100	—	—	50~80	—	15~40	5~25	—	—
	CN-30	30 ~ 0	—	100	95~100	—	55~85	—	15~45	5~30	—	—
	CN-20	20 ~ 0	—	—	—	100	95~100	60~90	20~50	10~35	—	—

6. 舗装工用非鉄スラグ

(1) 種類

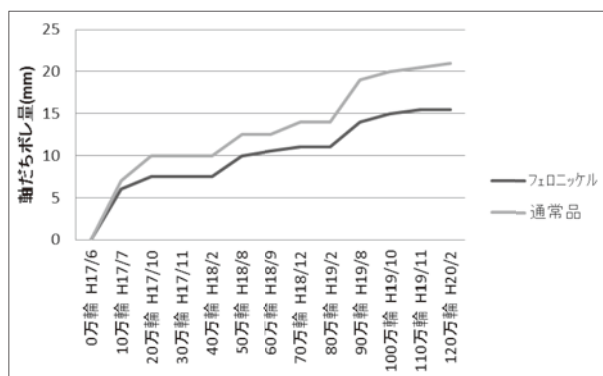
舗装工に用いられる非鉄スラグには表—14, 15に示す様に、単粒度非鉄スラグ、非鉄スラグスクリーニングス、粒度調整非鉄スラグおよびクラッシュラン非鉄スラグがあり、非鉄スラグ単独あるいは通常の骨材と混合して使用される。これらの非鉄スラグは舗装用非鉄スラグと総称されている。

(2) 使用事例

①フェロニッケルスラグのアスファルト混合物への使用
表—16に示す様なフェロニッケルスラグを10%添加したアスファルト混合物で載荷試験を行った結果を図—5に示す。轍ボレ量は約30%低減でき、且つ、ひび割れ量は約25%削減でき、舗装材料として優れた特性を示している。

表—16 載荷試験に供したAs材

工 区	表 層	基 層	工区延長
1 工区	再生密粒度 As 舗装 (20) フェロニッケルスラグ 10%配合	再生粗粒 As (20)	24.0 m
2 工区	再生密粒度 As 舗装 (20)	再生粗粒 As (20)	24.0 m



図—5 載荷試験結果

②フェロニッケル路盤材

フェロニッケル路盤材の特性を表—17, 工事写真

表—17 フェロニッケル路盤材の試験結果

項目	単位	種類	
		CS40	CS20
塑性指数 Tp		Np	Np
最大水深膨張量	%	0.000	0.022
最大乾燥密度	g/cm ³	2.361	2.359
最適水分量	%	5.04	5.20
修正 CBR 値	%	97.6	90.2



写真—3 八戸港改修道路工事（工期：2012/3～9）

を写真—3に示す。修正 CBR 値は90%以上と非常に高い値を示し、且つ最大水浸膨張量は他の材料と比較して非常に低い値を示し、路盤材として非常に優れた特性を示している。

J C M A

《参考文献》

- 1) 阿波稔：コンクリート工学論文集 第21巻第3号2010年
- 2) 上野敦，中嶋香織，宇治公隆：銅スラグ細骨材による砕砂モルタルのフレッシュ性状の改善に関する検討，土木学会第63回年次学術講演会講演集，第5部 pp.729-730, 2008
- 3) 日本鉱業協会：非鉄スラグ製品の有効利用におけるリスク解析調査報告書 -2008
- 4) (財)沿岸技術研究センター：港湾・空港工事における非鉄スラグ利用技術マニュアル（案）2011

【筆者紹介】

栗栖 一之（くりす かずゆき）
日本鉱業協会
スラグ委員会
委員長



ずいそう

仙台と高校とロック

橘 知 久



東北大震災後の5月の昼休み、笹かまぼこの加工場が被害を受けた話題になり「今、仙台で笹かまぼこは売っているの」「真空パックより炙りたてが美味しい」「仙台は牛タンやホヤもあるよね」「食べなくなった」となって早速「ぐるなび」で検索。

すると亀戸にある「仙台や」がヒット、仕事帰りに社内の飲み仲間と一緒に向かった。亀戸横町の中が一番奥まった所に店はあり牛タンや笹かまぼこ、懐かしい定義山の三角揚げ(ちょっと厚めの油揚げを焼いて、ねぎ、鰹節を乗せ、七味と醤油をかけて食べる。安くてつまみに最高)、等、仙台名物をつまみに能書きを言いながら飲んでいた。

そのうちおっさんグループに興味を持ったのかオーナーが挨拶に出てきた。最初は気づかなかったが、「仙台出身?」「仙台のどの辺に住んでいたの?」そんな会話をしている途中で何処かで見たことがあるおっさんだと思いつつ(最近中々思い出せないケースが多いので気にしない様になっている)気持ちよく飲んでいたら突然「もしかして橘?!」その瞬間自分も一気に記憶が甦り「明男?」高校卒業後38年ぶりに同級生との感動?の再会となった。

当時、仙台の高校は男女別学で公立男子校は制服が廃止になっており私服で通学していた。自分は髪の毛をしっかり肩まで伸ばしベルボトム of G パンのスソを伸ばし、靴はヘビ皮8センチヒールの正統ロン毛派。今はなくなってしまったが市内電車通っていた。

女子との接点は交歓会(今の合コン)。休みの日にゲームをしてお弁当を食べるだけだが、春は勾当台公園、秋は広瀬川の河原で芋煮会、冬はもちろんスケート(これは女子と手をつなげる最大のチャンス)、それなりに都会で自然も豊かな仙台の街が大好きで高校生活を謳歌していた。

いつの間にか厨房機器会社の社長で「仙台や」のオーナーにもなっていた明男も高校時代と一緒に過ごした仲間。思い出話に花が咲き、一番の話題は音楽、特に

ロック。今考えればあきれるほど当時は熱中していた。

拓郎、陽水、かぐや姫からフォークソングを聞き始め、当然の様にギターにチャレンジをするが難しいコード(F, F#m, Bm, 等)が押えられなく、「旅の宿」をアルペジオで弾こうとするが指が動かない。大多数がここで挫折する。もちろん自分もその一人。その後はギターを弾く事から音楽を聴く事に変化していく。同時に好みもフォークからロックに変わる。

レッドツェッペリン、ディープパープル、CCR、シカゴ、イーグルス、ピンクフロイド、ムーディブルー、サントナやELP、ひたすら聞きまくっていた。

ギタリストでは誰がすごい? リッチーブラックモア、テリーカス、やっぱクラプトン、いやサントナのギターは泣けるぜ! そんな日々…。

今でも懐かしいグループが来日すればコンサートに行ってしまう。当時好きだったグループのメンバーも年を取り、昨年行ったシカゴのコンサートではロバートラムが「お爺さんになってしまいました」と挨拶していた。

たまに海外に行くとロックコンサートのDVDを探す事が習慣に。気に入ったDVDがあれば若手の社員に無理やり貸して感想を聞く悪趣味おっさんになっている。

子供時代転校が多く、仙台には中学の1年間と高校3年間の計4年間しか住んではないが、「出身は?」と聞かれると迷わず「仙台」と答えている。それだけ思い入れが強く印象深い町が仙台だと思っている。

今、仙台や被災地に出張で行く事が多く、又仕事柄復旧関連の仕事にも携わっている。

微力だが力になればと思いつつ「一日でも早い復興を願っている」そんな一人です。

ずいそう

最近思うこと

堀 具 王



人との“出会いの不思議さ”について最近思うことがあります。年齢を重ねたからかもしれませんが、多分この思いは多くの人も経験されているのではないのでしょうか。何故、今この人とこんなによく会うようになったのだろう。何故、急な用件でも都合を付けて駆けつけてくれるようになったのだろう。何故、心を打ち明けることができるようになったのだろう。何故が続くことがよくあります。私にとって人との出会いは本当に有り難いことだと感謝をしています。

先日、講演会を聴講した際にその中で「最近の若人には恩師と呼べる人との出会いが少なくなり仕事を先輩の背中を見て学ぶ事、公私共に迷った際に相談をして進む方向を指し示してもらうことが少なくなったのではないか。」と話されていました。背景には景気の大きな環境変化もあり一概に現状と対比することはできませんがなるほどと思いました。私達年代が過ごしてきた時代にはバブル景気があり今でも良き時代にできるなら少しでも近づきたいという思いで、日々頑張ろうと思うことができますが、現在のように長引く就職難を過ごしている若者にとって私達年代とは違った時代背景、希薄な人間関係があるのかもしれませんが。では、私の場合はどうだっただろうかと思い返してみると本当に恵まれたことに恩師と呼ぶことができる人は数人います。ある恩師とは今でも年に数回、関西方面に行き会食をしています。私の中では人に対してご迷惑をおかけしたり、怠けていると表情や人相に出ると若いときから思っています。恩師の目に今の私はどのように映っているかを率直にお話ししていただくため、恩師の健康なご様子を拝見することも含めてお会いしています。現在の私にとって恩師と巡り会うことができたからこそ未熟ながらも社会人としての自分の指針を持つことができ、まだまだ道半ばではありますが仕事に対しての心構えや考えを持つことができたと思います。これらが基で多くの人と出会うことができたのではないかと考えています。

出会いの場は、仕事関係であり生活地域であり趣味関係等々と多方面にあります。仕事関係の場合は、お互いの仕事を成功させるために繋がってきましたが、それまで親しくしていても退職と同時に疎遠になるこ

とがあります。できるならば退職後も末永く懇親を深め続けていければと考えています。退職してから友人をつくり始めようとする若いうちに比べて多くの歳月がかかります。私は、退職後にはやはり生活地域における友人が必要ではないかと40歳を越えた頃から考え始めていて、地域の催しには進んで参加するように現在も努めています。地域の友人と友情が深まるにつれて異業種の実情や地域環境を知ることができ、現状の対応策や今後の仕事を進める方向性について仕事関係の友人とは違った考え方を学ぶことができ、違った助言を受けることができます。これらは仕事にとって新鮮な発想を引き起こしてくれます。趣味関係の友人は、趣味の内容によって職種、年齢層や社会的立場が違い、仕事ではお会いする機会のない人とも親しく話ができ、趣味の会は出席回数と共に輪が広がっていきます。趣味を通じての会話は、なぜか時間を忘れることもしばしばあります。楽しい時間です。長い友人と言えば同窓生であり若いころの私を知り、理解してくれる友人です。この時ばかりは仕事も忘れ当時に戻り、気持ちを解放できます。年齢を重ねれば仕事関係や家庭の状況等の諸状況によって同窓会に出席する人もある程度固定化されてきます。同窓会で話すことにより私の忘れていたことが友人によって思い出され、不思議な感覚で蘇ってきて新たな可能性を気付かせてくれることもあります。

人との出会いは、人生に大きな豊かさをもたらしてくれますし、公私にわたり新たな活力となってきます。この活力を過去の経験と加味して今後の仕事への新たな挑戦と安定した地盤作り、心躍るそして心穏やかな時間創りに生かしていこうと思います。出会いは、稀に誘導されたような不思議な感覚を起こさせる時もありますが、全てが何らかの恩師によって、友人によって、自分によって積み重ねられた出会いの要因があって初めて起こるのではないかと思います。これらの全ての出会いを生涯大切に今後的人生を有意義に過ごしていこうと思います。私をご指導いただいた全てのの人に心より感謝をいたします。

CMI 報告

橋梁伸縮装置に関する 欧州技術動向調査報告

小野 秀一

1. はじめに

橋梁伸縮装置は輪荷重の繰り返しの影響を直接受けることから、これまでにいくつかの疲労損傷事例が報告されている^{1)~3)}。また、伸縮装置部から、凍結防止剤などの塩分を多く含んだ雨水の漏水によって桁端部や支承部の腐食などの劣化も報告されている^{4), 5)}。

一方、橋梁伸縮装置に関する性能については、道路橋示方書ではその耐震性に関する記述はあるものの、その他の性能評価基準については示されていない。

このような状況のなか、東・中・西日本高速道路株式会社（NEXCO）が発行する施工管理要領⁶⁾においては、鋼製フィンガージョイントについては、過去の損傷事例に鑑みて高い疲労耐久性能を有するための仕様が示されるとともに、止水性能については、取付構造や材料仕様を規定している。また、比較的伸縮量の小さい製品ジョイントや埋設ジョイントについては、止水性能の向上を図るために止水性能試験による性能確認を義務づけるなどの各種対策が行われている^{4), 5)}。

施工技術総合研究所としても、橋梁本体の長寿命化を図る上で橋梁伸縮装置の各種性能を向上させることが重要であることを認識し、橋梁伸縮装置の止水性能確認試験や埋設ジョイントの実物大試験、輪荷重の繰り返しに対する疲労試験などによる、伸縮装置の性能評価事業を行っている。今後も、これら性能以外の橋梁伸縮装置に必要な各種性能やその評価基準を定めていく上で、海外における伸縮装置に対する性能評価手法を把握するとともに、必要に応じて技術導入することが必要になると考えている。ひいては、海外の情報は、我が国の橋梁に対する維持管理上の貴重な資料に

なると考え、著者は調査団の幹事として、高速道路総合技術研究所などの関係機関の技術者らとともに、欧州における橋梁伸縮装置の技術基準や開発動向などを把握する目的で、海外調査を行った。

本稿では、欧州における関係機関を訪問し、橋梁伸縮装置の各種技術動向について調査してきた概要を紹介する。

2. 調査概要

(1) 欧州調査の目的

以上のような橋梁伸縮装置に関する国内での課題を考慮し、欧州訪問での調査目的を以下のとおりとした。

- ①伸縮装置形式の選定方法と採用傾向の調査
- ②伸縮装置関連基準の整備状況の調査
- ③健全度や止水状況に関する現地の実態調査
- ④点検手法や補修方法などの維持管理の状況調査

(2) 調査団の構成と訪問先

調査団のメンバーは、高速道路総合技術研究所、NEXCO グループのエンジ会社、橋梁伸縮装置製造会社の技術者らで構成し、筆者を含め7名で調査を実施した。

訪問国は、フランス、スイス、ドイツ、イギリスの4カ国とし、スイス、ドイツでは、次に示す機関を訪問した。これらの訪問先は、幅広く情報収集を行うため、国の公的な機関やその国を代表する伸縮装置の製造会社などから選定した。

【役所】

- ・ドイツ南バイエルン州政府道路局

【研究機関】

- ・EMPA（スイス連邦材料試験研究所）
- ・DIBt（ドイツ連邦の建設技術研究機関）

【伸縮装置製造会社】

- ・マゲバ社（スイス）



図—1 欧州調査の移動経路

・マウラー社（ドイツ）

調査期間は平成23年11月12日（土）から11月23日（水）とし、図―1に示す移動経路で調査を実施した。

3. 欧州各国の伸縮装置の採用形式・特徴

欧州4カ国の調査を実施した結果、同じ欧州であっても国によって採用する伸縮装置の傾向が大きく異なる状況が確認された。以下に各国の伸縮装置形式の採用傾向および特徴について述べる。

(1) フランス

フランスの高速道路において調査した範囲では、写真―1に示すようにシーベック社のアルミニウム合金製ジョイントが多数見られた。自国における主力メーカー（シーベック社）の製品を主体として採用しているものと考えられる。一般道においても同形式のジョイントが多く採用されていたが、一部にはビーム型ジョイントや埋設ジョイントも採用されていた。



写真―1 アルミニウム製ジョイント（フランス）

(2) スイス

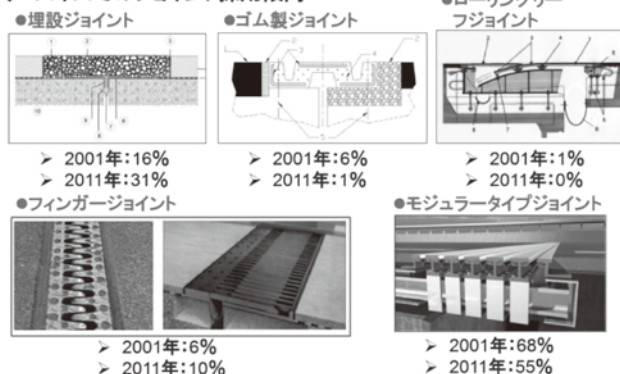
スイスでは近年、国民の環境に対する意識が高まっており、特に騒音に対する意識が高く、ここ10年では低騒音型の形式が多く採用される傾向が見られる。

図―2にスイスにおける伸縮装置の採用傾向を示す。スイスにおいて主流の形式であったモジュラー型ジョイントは、比較的騒音・振動が大きいことから減少傾向であり、これに替えてフィンガージョイントのシェアが増加しているとのことである。このような状況から、従来のモジュラー型ジョイントにフィンガー形状のフェースプレートを設置することで路面段差の解消を図った、騒音低減型のモジュラー型ジョイント

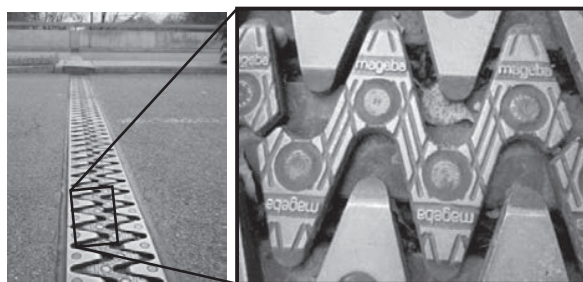
（写真―2）の開発・導入が進められている。

フィンガージョイントは、特に大遊間において両持ち形式のもの（写真―3）が主流であり、高速道路にも多く使用されていた。ステンレス製の製品を採用している事例も確認された。また、スイスでは、フィンガージョイントに止水材は使用せず、写真―4に示すように、排水用の樋を設置するのが標準とされている。

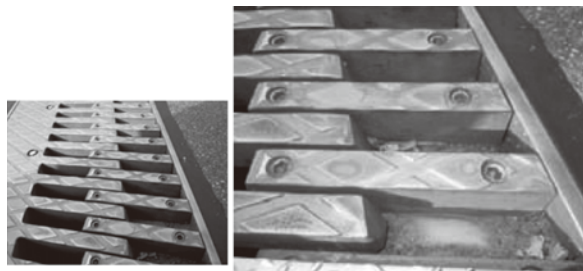
◆ スイスでのジョイント採用傾向



図―2 伸縮装置の採用傾向（スイス）



写真―2 騒音低減型のモジュラー型ジョイント



写真―3 両持ち式フィンガージョイント



写真―4 フィンガージョイント排水構造

埋設ジョイントのシェアも増加しており、特に伸縮量 120 mm (± 60 mm) まで対応できる大伸縮対応型埋設ジョイントが新たに開発され、採用が増加している。この埋設ジョイントは、特殊アスファルト合材を使用するのに加え、スプリングを埋設することで、伸縮量の分散を図っているとのことである。スイスにおいては、このような埋設ジョイントの研究開発が盛んに行われている印象を受けた。

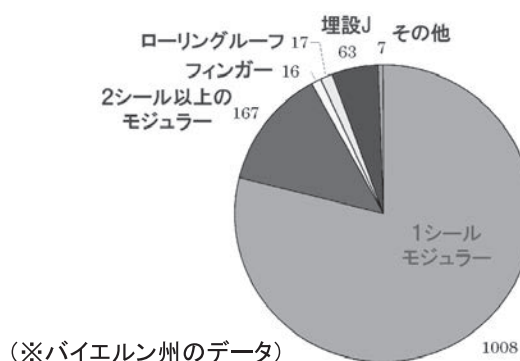
(3) ドイツ

ドイツにおける伸縮装置の形式は、過去よりモジュラー型が大多数を占める。図—3 にドイツ・バイエルン州の高規格道路における形式別のシェアを示す。

ドイツには、世界有数のジョイントメーカーであるマウラー社があり、このマウラー社の製品が約7割を占める。ドイツにおいても、スイスと同様に騒音低減型モジュラー型ジョイントが開発され、一部に採用されている（写真—5）。また、小遊間の伸縮装置を対象とした騒音低減型の形式についても開発・導入されている。これについては実橋で走行音を確認することができたが、驚くほど静かであった。

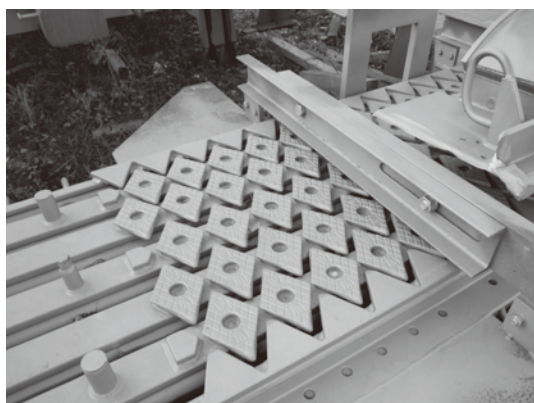
(4) イギリス

イギリスの高規格道路には、鋼製フィンガージョイ



(※バイエルン州のデータ)

図—3 高規格道路における伸縮装置のシェア（ドイツ）



写真—5 騒音低減型モジュラージョイント（マウラー社）

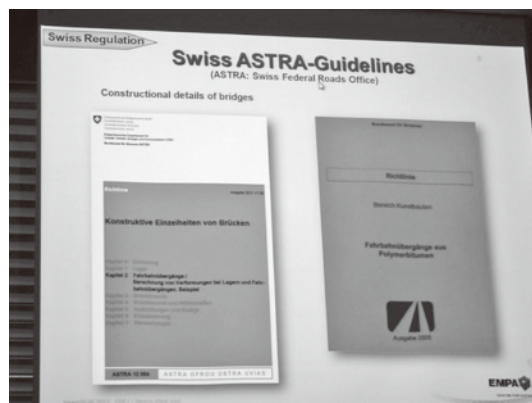
ントと埋設ジョイントが多く用いられており、一般道にはモジュラー型ジョイントも多く用いられていた。

4. 欧州各国の伸縮装置関連基準

伸縮装置関連の基準については、スイスおよびドイツの研究機関よりヒアリングした。ここで得た情報は、スイス・ドイツ各国で規定されている基準に加え、現在整備中である欧州統一ガイドラインの内容であった。以下にそれぞれの特徴を示す。

(1) スイス

スイスでは、伸縮装置の仕様を規定するガイドライン「Swiss ASTRA-Guidelines」（写真—6）が制定されており、この基準によってスイス国内の伸縮装置が設計されている。このガイドラインでは、設計伸縮量の算定方法などの基本事項に加え、各ジョイント形式の仕様を詳細に規定している。



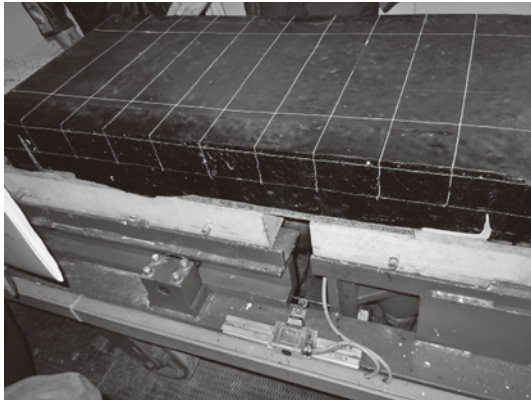
写真—6 Swiss ASTRA-Guidelines

性能照査に関する事項として、埋設ジョイントに関する性能規定が示されているが、他のタイプのジョイント疲労照査に関する詳細な規定は見当たらない。また、止水性の試験項目についても特に規定されていない。これは、具体的な仕様を規定することで所要の性能を確保することを意図していると考えられる。

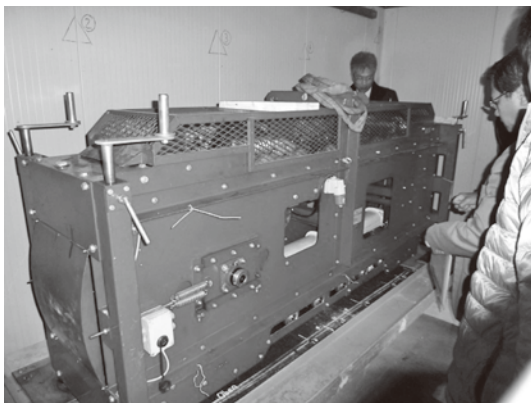
参考までに、埋設ジョイント（FPEJ : Flexible plug expansion joints）の性能試験は、耐用年数 15 年として、写真—7 および写真—8 に示すように、試験温度 -20℃ および +45℃ での伸縮試験と、+45℃ でのわだち掘れ試験を行っているとのことである。

(2) ドイツ

ドイツでは、1980 年代に伸縮装置の疲労や漏水が問題となり、1992 年にガイドライン「TL/TP-FÜ92」（図—4）が制定されている。また、その後に改訂が



写真—7 FPEJの伸縮試験



写真—8 FPEJのわだち掘れ試験

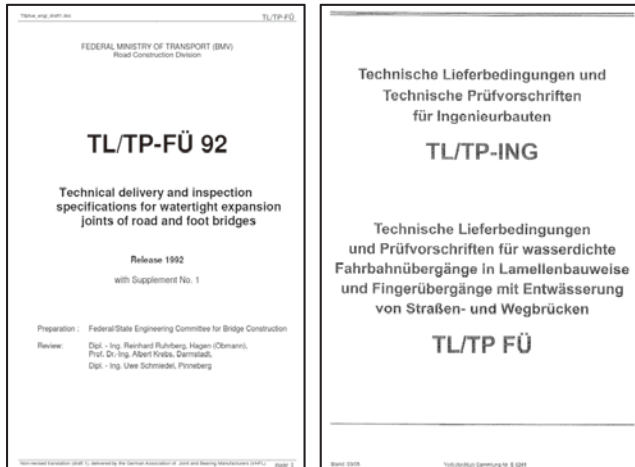
り、メーカーでは実施していない。

止水性能試験についても規定されており、その内容は、使用限界能力の120%の変形を与え、水密性を確認することとしている。

これらの試験項目をクリアし、政府機関の認定を受けることが、ドイツ国で製品を使用するための条件となっている。製品証明書の例を写真—9に示す。



写真—9 政府機関による製品証明書の例（ドイツ）



図—4 伸縮装置に関するガイドライン（ドイツ）

なされ2005年版が調査時点での最新である。この基準によってドイツ国内の伸縮装置が設計されている。

前述のとおり、ドイツではモジュラー型が標準であるため、これに沿った規定となっている。

求める疲労性能としては、交換が困難な本体構造については40年、交換可能なベアリング等の部品については、20年の耐久性を求めている。荷重はドイツ国内の活荷重規定によっており、載荷回数も含めて疲労試験を実施するための詳細な規定が示されている。疲労試験は公的機関において実施することとされてお

なお、ドイツでは、損傷事例が多いことを理由に、ゴム製ジョイントの採用は禁止されている。さらにフィンガー形式のジョイントも標準形式に含まれていないため、政府機関に認定されるのは、原則としてモジュラー型ジョイントに限られている。ちなみに、ドイツで認定を受けている製品を製造する会社は、ドイツ・マウラー社、スイス・マゲバ社、オーストリア・RW社の3社のみである。

また、ドイツでは、製品製造における品質管理に関する規定がない。伸縮装置は政府機関の認定を受けている製品であるため、発注者の検査行為は必要ないと考えているとのことであるが、政府の認定機関が工場を抜き打ち検査する場合がある。

(3) 欧州統一ガイドライン

伸縮装置に関しては、ユーロコードにその規定は示されていない。そこで、EU加盟国を中心として、EOTA（The European Organization for Technical Approvals）が伸縮装置に関する欧州統一ガイドライン（ETAG）の作成を進めている（図—5）。

EOTAはEU加盟国の経済領域において通称「CEマーク」と呼ばれる表示を行うために必要なガイドラインを策定している組織である。「CEマーク」とは、



図—5 欧州統一ガイドライン (ETAG)



写真—10 遊間に設置された樋の清掃 (スイス)

所定の技術基準に適合していることを、信頼の証しとして製品に添付するものであり、これを添付するには所定の技術基準が必要となる。

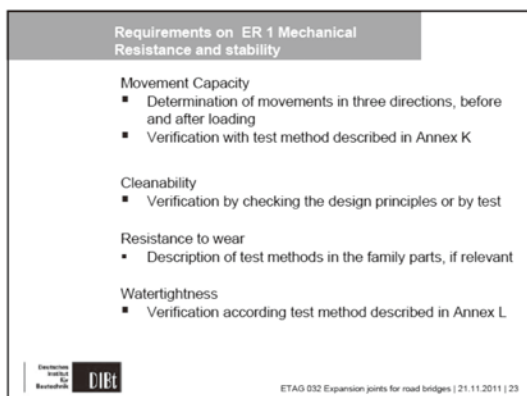
この欧州統一ガイドラインには、図—6 に示すように、基本的な耐用年数のほか、各種ジョイント形式に対して、それぞれの照査規定が示されている。伸縮装置に求める性能としては、耐荷性、耐震性、疲労耐久性、止水・排水性、すべり抵抗性などがあり、我が国と異なる点として清掃性 (Cleanability) が示されており、伸縮装置の清掃を前提としている (図—7)。



写真—11 樋洗浄用の注水口 (スイス)

Assumed Working life of the building	Durability of the construction product		
	Categories in years		
	C	B	A
Years	Replacable with minor obstruction of the traffic flow	Replacable with major obstruction of the traffic load	Non-replaceable
10	10*	10	10
15	10*	15	15
25	10*	15	25
50	10*	25	50

図—6 耐久性照査期間の設定例 (ETAG)



図—7 要求性能の例 (ETAG)

スイスを訪問した際に、樋の清掃作業を見ることもできた。その状況を写真—10 に示す。このような清

掃作業は現地対応者によると定期的に行われているとのことであった。また、写真—11 に示すように、洗浄水を樋に流すための注水口が取り付けられている伸縮装置も確認することができた。

本ガイドラインでは、前述のとおり同じ欧州であっても伸縮装置の形式選定の考え方が国によって異なることや、財政状況が異なることを考慮し、形式選定の基本方針については示しておらず、あくまで伸縮装置形式ごとの照査規定を示している。また、そのレベルは、欧州各国のある程度の製品が対応できる水準にとどめているとのことである。

5. まとめ

今回実施した伸縮装置に関する欧州の技術動向調査では、各国における伸縮装置形式の選定方針や管理体制、基準類の整備状況、健全度の実態など、幅広く欧州技術の現状把握に努めた。これらの結果をまとめると以下のとおりである。

①フランス・スイス・ドイツでは、自国の有力メーカーの製品を中心にジョイント形式を選定している状況が確認された。関係機関に訪問したスイスやドイツでは、有力メーカーの製品を主体としたガイドライ

ンが制定されており、国と有力メーカーとが強く連携している。日本では多数の伸縮装置メーカーが存在し、中小規模の伸縮装置にはさまざまな構造の製品ジョイントが採用されている点が大きく異なる。

②スイス・ドイツの2カ国について基準の整備状況を確認したが、それぞれ国家として伸縮装置に関するガイドラインを制定しており、品質向上に大きく寄与していることが伺えた。また、欧州統一のガイドラインがまもなく発刊予定（当時）であり、欧州全域にわたる品質確保への取組みも確認できた。

③伸縮装置の健全度実態については、欧州各国で大きく差があるように思われる。今回調査した4カ国の中では、スイスの伸縮装置の健全度が圧倒的に優れている印象であった。財政面で有利な背景もあると思われるが、橋梁保全を行ううえで伸縮装置を重要視している体制が伺え、その結果が健全度の実態に現れているものと考えられる。

6. おわりに

これまでの設計や施工、維持管理において、比較的、軽視されがちであった橋梁伸縮装置であるが、これらの損傷が橋梁主構造の耐荷性や耐久性に大きな影響を及ぼすことが明らかとなってきており、伸縮装置の性能が重要視されるようになってきた。

当研究所では、土木材料や施工法等の性能評価に関する試験機関として、橋梁伸縮装置についても性能評価試験などを行ってきており、今後も各関係機関のニーズに応じた試験業務を行うとともに、諸外国の技術動向も注視し、より適切な評価基準の作成の支援も行っていきたいと考えている。

謝 辞

今回の調査を受け入れていただいたドイツ・スイスの各機関、ならびに調査の実施に多大なる協力をいただいた調査団メンバー（団長：NEXCO 総研 若林氏）の皆さま（写真—12）、そしてドイツ語の通訳をして

くださった Eri Narikawa Hundhausen さん、ミュンヘン防衛大学の間野氏にお礼を申し上げる次第である。また、本報告が今後求められる橋梁伸縮装置の耐久性・耐荷性などの様々な性能向上における参考資料となれば幸いである。



写真—12 ジョイントの現地調査（スイス）

J C M A

《参考文献》

- 1) 長尾, 米川: 鋼製フィンガージョイントの損傷に関する研究, 土木学会第63回年次学術講演会（平成20年度）, 1-072, 2008.9
- 2) 荒本, 酒井, 小野: 鋼製フィンガージョイントの疲労試験, 土木学会第63回年次学術講演会（平成20年度）, 1-073, 2008.9
- 3) S.Ono, S.Sakai and T.Imamura: "Fatigue evaluation of steel finger type expansion joints for highway bridges", The Fifth International Conference on Bridge Maintenance, Safety and Management, IABMAS, Philadelphia, PA, USA, July 11-15, 2010
- 4) 松井, 若林, 浅井, 小野: 橋梁伸縮装置の止水性能とその評価試験方法, 土木学会第66回年次学術講演会（平成23年度）, 1-236, 2011年9月
- 5) D.Wakabayashi, T.Asai and S.Ono: "A Study On the Durability Performances for Bridge Expansion Joints", The Fifth International Conference on Bridge Maintenance, Safety and Management, IABMAS, Stresa, Lake Maggiore, ITALY, July 8-12, 2012
- 6) 東・中・西日本高速道路株式会社: 構造物施工管理要領, 平成24年7月

【筆者紹介】

小野 秀一（おの しゅういち）
一般社団法人 日本建設機械施工協会
施工技術総合研究所 研究第二部
次長



部 会 報 告

ISO / IEC 国際会議 (2013 年 1 月, 米国) 報告

ISO/TC 127 (土工機械) /SC 3/WG 11

(ISO 12509 土工機械—照明, 信号, 車幅などの灯火及び反射器) 会議 及び
ISO/TC 127 (土工機械) /WG 6 (ISO-TS 11152 エネルギー使用試験方法) 会議

小倉 公彦 (JCMA), 藤本 聡 (コベルコ建機)

1. ISO/TC 127 (土工機械) /SC 3/WG 11 (ISO 12509 土工機械—照明, 信号, 車幅などの灯火及び反射器) 会議 出席報告

1.1 開催地: 米国フロリダ州マイアミレイクス町
Caterpillar Miami Skills Acquisition Center
(キャタピラー社マイアミ技能取得センター) 会議室 Marlin room

1.2 開催日: 平成 25 年 1 月 10 日, 11 日 (午前中)

1.3 出席者:

米国 5: Mr. MERFELD (Terex), Mr. CROWELL (Caterpillar), Mr. WEST (John Deere), Ms. JOHNSON (John Deere), Mr. NEVA (Doosan Bobcat) (10 日のみ)

独国 2: Mr. GROER (独Komatsu), Mr. RUF (Liebherr)

仏国 1: Mr. JANOSCH (Caterpillar)

日本 1: 小倉 (協会)

計 9 名出席

PL (プロジェクトリーダー): 米国 Mr. MERFELD (Terex)

1.4 主要議題, 議決事項, 特に問題となった点及び今後の対応についての所見:

前回 2012 年 3 月パリ西郊において第 1 回国際会議を開催, その後, 10 月に米国 PL より CD 案文が配信され, 日本及びスウェーデンより回答したコメントを基に CD 案文を修整する為, 今回マイアミにて第 2 回会議を開催した。

土工機械の灯火類は, ISO/TC 127/SC 1/WG 8 で扱っている DIS 17253 土工機械及びテレハンドラ—公道での運転を意図した機械の設計要求事項 (本年 1 月に DIS 投票開始) と密接な繋がりがあることから, 本会議での議論ならびに本年 3 月 CD 投票開始予定の CD 12509 案文を SC 1/WG 8 を始めとする ISO/TC 127 の他作業グループ及び ISO/TC 110/SC 4 (テレハンドラ) にも展開し, 必要に応じて連携するよう提言した。

1.4.1 主要議題:

本題に入る前に, John Deere 社 (JOHNSON 女史) より「現存する土工機械において ISO 12509 に適合しない事例」について問題提起があった。

a) ホイールローダやアーティキュレートダンプトラックなど車体屈折式土工機械の側面方向指示器は, 直進時には視認角 α_1/α_2 , β_1/β_2 を満足するが, 操向屈折時に車体で隠れる場合, 補助方向指示器が必要になる。

b) 油圧ショベルの運転室頂部にビーコン (特別警告灯) を装着すると, (走行姿勢で運転室より背の高い) 作業装置で隠れる為, 追加のビーコンが必要になる。

c) ホイールローダやグレーダ等の後部灯火類を最外側から 400 mm 以内/地上から 1500 mm 以下の高さに取り付けると, 不整地走行時や除雪作業時などに障害物にぶつける為, 灯火類を破損し易い。

d) バックホウローダでは (走行時に後部作業装置を左右いずれかに旋回させて固定し, また, アウトリガを持ち上げて格納するが) 後部灯火類が隠れないような配置が困難。

e) 大型ダンプトラックではタイヤの幅・高さが大きく, 最外側から 400 mm 以内/地上から 2100 mm 以下の高さに後部灯火類を取り付けることができない。

a), b), e) の事例は主に, この ISO 12509 規格において“グループ III”に分類される“サイズ・質量の制約により公道を走行できない大型土工機械”であり, “車体の設計上, 要求を満足できない場合を除く”と規定されているが, a) の一部及び c), d) の事例は同“グループ II”に分類される“公道走行を意図した土工機械”であり, 各国道路法令とも関連する為, 今後, 更なる調査及びリスクアセスメントが必要であるとされた。

その他、各国より情報提供・意見交換された。

米国：米国農業機械分野における灯火のレギュレーション動向として、新たに規格化の動きがある。米国自動車業界が警戒している。(CROWELL氏)

仏国：視界性 (ISO 5006) と灯火の関係はどうなっているか？ 外部カメラ等で視界を確保する場合も、夜間は灯火を使用するが、一方で新技術の活用によりナイトビジョン (暗視カメラ) を地下鉱山や夜間作業に使う場合もある。(JANOSCH氏)

独国：ジョブサイト側で照明を設置する対策もある。(GROER氏)

米国：WGレベルで規定できる話ではない。(CROWELL氏) 確かに、テクノロジーによって灯火が不要になる場合もある。(PL・MERFELD氏)

以降本題に入り、SC 3/Doc N 8 (CD 案文) 及び Doc N 12, Doc N 13 (スウェーデン・日本コメント及びそれらに対する米国 PL 回答案) を基に議論を進めた。

- ・ (スウェーデンコメントに関連して) pedestrian controlled (手押し式) と self propelled (自力推進式) は別か？ → ISO 6165:2012 の Figure B.1 に pedestrian controlled の定義が載っている。(NEVA氏) 人力で引っ張る単輪ローラ等に灯火は不要だが、反射材は必要。

(Bobcat 社の立ち乗り式ミニブルドーザ／履带式ローダ? の写真が提示されたのに関連して) 法的要求がないのに、何故灯火類を取り付けるのか？ → 顧客要求に応える為。(NEVA氏)

pedestrian controlled…は定義に記載しない。(PL・MERFELD氏)

オプションで、適用範囲に含まれない例のリストを付けるとよい。(CROWELL氏)

- ・ (日本の質問に対して) Annex D Table D.1 の出典が何か、TEREX 社の技術者にも問い合わせたが解らなかった。2010 年 6 月改訂版 ECE R48 の 2.29.1 項とも微妙に異なっている。旧版 R48 を参照したのかもしれない。→米国 SAE の専門家にも確認したうえで、ECE R48 の最新版をコピーして再度引用するか、引用をやめるか判断する。

----- (ランチブレイク後、再開) -----

- ・ (日本のコメントに関連して) ドイツでは、赤 / 白ストライプの反射材を機械の前後に付けることが要求される。日本では、赤色の反射材を前面に、白色

の反射材を後面に付けることは禁止されている。→ “No red light or reflector prescribed in this standard shall be…/No white light or reflector prescribed in this standard shall be…” とする。更に、“Note: this requirement does not preclude the use of red and/or white reflective material to achieve compliance with national roading requirements e.g. bucket cutting edge cover for over-width indication.” と追記する。

- ・ (John Deere 社の前記事例 a) での屈折姿勢に関連して) ISO 6394, 6395, 6396 —土工機械—音響パワーレベルの測定 では、直進姿勢を規定している。
- ・ (“公道走行”の定義に関連して) “occasionally” は “use” にしてはどうか。欧州・日本・インドでは、道路を横切るだけでも車検取得が必要。“travelling” は適切な表現ではない。→ “in transit” が適切か。
- ・ (Table A.1 の記述に関連して) ISO 3450 —土工機械—ブレイキシステムの性能要求事項及び試験手順, ISO 6165 —土工機械—基本的種類—識別及び用語並びに定義 では rubber track, soft track どちらも規定されているか？また、tractor-dozer も正確でないのでは？

“not allowed” はおかしい。“設計できない” が正しいのでは。

- ・ (Annex E.1 ~について) β_1 / β_2 の値が ECE R48 と異なっている。(5° → 3°, 45° → 25°)

ISO 5006 —土工機械—運転員の視野—第 1 部：試験方法及び性能基準 では、作業姿勢で試験する。(NEVA氏) 同じ機械において、複数の姿勢を規定している。(JOHNSON 女史) → roading configuration について、ISO 5006 の用語に合せる。(PL・MERFELD氏)

“work mode” とは何か？ (GROER氏) →バックホウローダのブーム位置を示す。(PL・MERFELD氏)

→ 4.2 項 Machine configuration として、4.2.1 non articulated… 及び 4.2.2 work mode… の項を設ける。

- ・ DIS 17253 より 4.12.1 項の規定をコピー & ペーストする。

“機械は、灯火装置、方向指示器、幅表示灯及び反射器を備え、ISO 12509 灯火グループ II の要求事項に適合すること。除雪用機械は、規定よりも高い位置に灯火装置を取り付けてもよい。

これらの灯火が機械の作業を妨げたり、意図される作業で損傷を受ける場合は、公道走行用の適切な位置になるよう設計しなければならない。”

“Machines shall be equipped with lighting,

signalling devices, marking lights and reflex reflector devices reflectors complying with ISO 12509, lighting group II. For use of machines in snow removal application, the lighting devices may be installed at heights greater than those specified in ISO 12509.

If these devices impede operation of the machines or are subject to damage during the intended operation, they shall be designed in such a way they can be properly positioned for driving on the road."

----- (翌1月11日 午前, NEVA氏除く8名出席) -----

コメント表に基づく議論に入る前に、総論として各国が懸念事項を述べた。

独国: EN 17253とISO 12509の関係について、灯火の型式認証が必要かどうか。また、視認角5°のデビエーション(逸脱)を認めるか否か? 認証取得は必要であり、もし灯火のデビエーションがあれば論議を呼ぶだろう。(RUF氏)

米国: 例えば、もしフランスが“除雪用は適合不要”と言っても、欧州としては“全て適合要”と言うだろう。わざわざ(軽量チップ用)大型バケットで認証を取得するのか?(WEST氏)

独国: hobby farmerが、農業トラクタにロックバケットを装着したまま町へ乗って行ったら、警察に捕まるだろう。(RUF氏)

米国: 農林業機械の灯火は、欧州指令2009/61/ECが適用される。(CROWELL氏)

日本: 日本の国家要求は(“道路運送車両の保安基準の細目を定める告示”に規定する)“技術基準”を適用しており、ECE R48そのものではないが欧州規則との相互認証を図っているので、ISO 12509がECE R48の最新版と一致していないと混乱を生じる。

米国: roading用の灯火が損傷を受ける場合の懸念がある。(JOHNSON女史) 前照灯の視認角5°→0°デビエーションによる“hot spot”(照明の死角)が生じる。(CROWELL氏)

PL 結論: 3月1日CD投票開始目標に向け、やるべき事は明確である。2月中旬までに案文を作成する。

以降コメント表に戻り、前日の議論を続けた。

- ・(日本の質問に対して) 全長4.60m以下、左右発光面の最外側間距離1.50m以下の機械に“カテゴリ3, 4の方向指示器を適用する”とあるが、これらの寸法が何に準拠しているか不明であり、欧州規則を調

査する。

- ・(日本のコメントに対して) 指摘の通り、“番号灯”ではなく“番号標”を“後ろ向きに取り付けること”とする。また、“番号灯の照明光(白色灯火)が機械後方のZONE 2から視認できないよう取り付けること”とする。(紫色の照明光なら後方から見えてもいいのか?(WEST氏) …それはダメだろう、との質疑あり)
- ・(日本のコメントに対して) 番号灯には色々な取り付け位置・照射方法があり、一つの例だけを図示すると他の方法を推奨しないような誤解を招くおそれもあるので、“代表的な番号灯取り付け位置”として図を追加する。
- ・(スウェーデンのコメントに対して) Battenburg又はChevron patternについて記述するよう提案しているが、各国に様々なカラーコードがある。(機械のユーザにとっては有用かもしれないが) 特定のパターンについて記載するのは本規格の意図する処ではない。(機械の製作者にとって有用な情報ではない、と日本からもコメント) →採用しない。
- ・(Table E.14について) 前部反射器の要求事項(非三角形)において、グループIIの寸法要求だけが“N/A”となっているが、寧ろ“許容しない”では?(CROWELL氏)
- ・(スウェーデンのコメントに関連して) ドイツでは夜間、機械を駐車する際は、前面にChevron patternをつけなければならない。

1.4.2 宿題事項:

- ・ISO 12509の規定に適合しない土工機械の事例について、更に調査する。
- ・視認角5°→3°の相違について、欧州要求を確認する。
- ・日・独の国家要求について、DIS 17253とも関連して更に調査する。

1.4.3 共通的問題点・所感:

最外側付近に取り付けた後部灯火の破損は、公道走行する機械においても以前から指摘されており、各国専門家が問題意識を共有していることが改めて確認できた。

日本からの意見・質問に対して米国PLは今回も傾聴してくれ、準拠する欧州規則が確認できない事項についても調査し対応する旨了承された。

1.5 次回開催予定: 未定

2. ISO/TC 127 (土工機械) /WG 6 (ISO-TS 11152 エネルギー使用試験方法) 会議 出席報告

2.1 開催地：米国フロリダ州マイアミ近郊ドルル市
John Deere Construction and Forestry Office

2.2 開催日：平成 25 年 1 月 14 日, 15 日

2.3 出席者：

米国 5：Mr. CROWELL (Caterpillar), Mr. NEVA (Doosan Bobcat), Mr. PAUL (Milwuk school of Engineer), Mr. TODD (HUSCO), Mr. WEST (John Deere)

仏国 1：Mr. JANOSCH (Caterpillar France)

英国 1：Ms. HUTSON (JCB)

独国 2：Mr. RUF (Liebherr), Mr. GROER (Komatsu Hanomag)

日本 1：藤本 (コベルコ)

計 10 名出席

WG コンビナー (主査)：Mr. CROWELL (米国, Caterpillar)

2.4 議事内容：

(1) 14 日

午前中から午後の始めにかけては過去の経緯のおさらいとなった。

1) JCMAS H020 の紹介 2008 年 10 月第 2 回 WG H020 経緯説明資料

シミュレーションと実掘削の整合性 (過去資料)

低燃費指定制度について確認 (現状について質問を受けた)。

2) 実掘削とシミュレーションの特性

実掘削は現場毎の実際燃料消費量 (ISO10987 持続可能性) の計測に有効。シミュレーションは製品毎の比較に有効について確認。

その後、前回のミーティング時に Crowell さんが修正していた案文をベースに内容の確認と修正作業が開始された (案文は配布されず)。

今回はシミュレーションの優位性について意見が多く、将来的にはシミュレーションと実掘削の整合性を取り、(シミュレーションに) 一本化するべきとの方向性が確認され、Introduction が以下の文面に修正された。

There are two different approaches to testing : simulated method that has good repeatability. Lower variability and results in a measurement of energy used per units of time. This method does not necessarily represent actual working conditions.

A second method that moves material which will result in a measurement of fuel/energy consumed per unit of work; that is the mass, of material moved per energy/fuel consumed. This method can be more representative of actual working conditions but it will have higher variability in result; and may affect repeatability and reproducibility.

Currently, the simulated test method and the method that moves actual material are not comparable.

This technical specification is intended to be used to further study on this subject to determine the effectiveness of these test methods, direct comparability between tests, and to represent actual machine efficiency. Future work is needed to validate the test methods as a means of projecting actual energy use for different types of applications and machine use.

(2) 15 日

引き続き案文の内容を順番に確認。

1) 適用範囲において、ミニが入っていないのは何故かとの意見。

⇒改訂 JCMAS ではミニまで範囲を広げた事を説明。

Crowell さんの提案でその論議は案文が決まってからすることに。

2) クラス分け

(今更ながら) 何故、バケット容量でクラス分けできるのか。大きなバケットを装着する方が有利になるとの意見。

日本では (標準) バケット容量 = ショベルのクラスで一元的に決まる事を説明。

ひとしきり議論が続いたあと、Crowell さんより

・日本：各区分に入る、機械の ton クラスの表の提出

・その他：各 ton クラスに装着される、標準と思われるバケット容量の調査

を宿題とすることとなった。

その後は案文を細かくチェック。

“Definition” のチェックが終わったところで時間切れ。

2.5 今後の対応：

1) 1週間以内にミーティングレポートを送付 (未着)

2) Draft を 2 月末までに送付 (未着)

3) 次回までの宿題

・日本：各区分に入る、機械の ton クラスの表の提出

・その他：各 ton クラスに装着される、標準と思わ

れるバケット容量の調査

2.6 所感：

シミュレーションの優位性が言われたし、よい方法には向かっているが、バケット容量によるクラス分けが今後、継続的に議論になりそう。

実掘削試験がからむと、バケット容量の影響が大きくなるので、バケット容量だけでクラス分けが規定できるかが課題。

また、その他のクラス分けの場合、日本の燃費基準認定制度と合わなくなるので慎重に話を進める必要がある。

2.7 次回開催予定：6月24～28日の間、ロンドン BSI

“ISO 10987 持続可能性”，“SAFETY CONTROL SYSTEM”も同一週で実施予定。

J C M A

橋梁架設工事の積算 ——平成 24 年度版——

■改訂内容

1. 鋼橋編

- ・横取り設備質量算定式の見直し
- ・製作工労務単価の変更に伴う架設用の製作部材単価改訂
- ・積算例題の見直し

2. PC橋編

- ・二組桁横取り装置設備を追加
- ・プレキャストセグメント主桁組立工の適用範囲拡大
- ・架設支保工工法の供用日数の補正方法の説明図追加 ほか

■ B5 判／本編約 1,100 頁（カラー写真入り）
別冊約 120 頁 セット

■定価

非会員：8,400 円（本体 8,000 円）
会 員：7,140 円（本体 6,800 円）

※別冊のみの販売はいたしません。

※学校及び官公庁関係者は会員扱いとさせていただきます。

※送料は会員・非会員とも

沖縄県以外 600 円

沖縄県 450 円（但し県内に限る）

■発刊 平成24年5月

一般社団法人 日本建設機械施工協会

〒105-0011 東京都港区芝公園 3-5-8（機械振興会館）

Tel. 03 (3433) 1501 Fax. 03 (3432) 0289 <http://www.jcmanet.or.jp>

新工法紹介 機関誌編集委員会

04-336	切羽ウォッチャー (切羽崩落予知システム)を開発	鹿島建設
--------	-----------------------------	------

概要

山岳トンネル工事では、作業員が切羽に近い位置で作業にあたるため、常に切羽の状況をモニタリングし、地山の目に見えない微妙な変位を監視することが安全管理上非常に重要である。これまでもレーザ距離計等で切羽変位をモニタリングするシステムはあったが、従来方法では、計測結果に約±2mmのばらつきがあった。そのため、変位が徐々に大きくなって崩落に至る膨張性地山には対応できても、わずかな変位でも突発的に崩落が発生する可能性がある中硬岩地山や土砂地山には対応できなかった。また、切羽のどの箇所でも崩落が発生するかわからないため、複数点での計測が望ましいと考えられるが、従来手法では、レーザ距離計1台につき1点の計測に限られるため、多点で計測を行うには、複数のレーザ距離計を準備する必要がある。

そこで、鹿島建設では1台のレーザ距離計で高精度に多点計測を行える装置を開発した。さらに、計測結果から切羽崩落の可能性や崩落時刻を予測できるソフトを組み合わせることにより、24時間リアルタイムで切羽の安全性を監視することができるシステムを確立した。本システムの開発により、あらゆる地山に対しても、安全かつ高精度に切羽の状況をモニタリング

でき、管理基準値を用いて切羽崩落などの危険性を予測することが可能となった。

特徴

計測システムは、「高精度レーザ距離計」と、それを水平方向に回転する「回転制御装置」からなる。そのため、レーザ距離計1台で任意の複数点における切羽押し変位を高精度に計測することができる。図—1は装置外観である。

また、一般的な従来の計測手法の計測誤差(±2mm程度)に比べて約10分の1の計測誤差(±0.3mm程度)で計測が可能である。さらに、特殊なスプレーを使うことで、ターゲットを使った場合とほぼ同等の精度が得られ、ターゲットを設置する手間と安全性を軽減できる。

本システムは、任意の複数点で得られた計測データから変位速度の逆数を算出し、その値が0となる崩落予測時間を自動で表示でき、リアルタイムに切羽の安全性を評価できる。図—2より、実際に切羽崩落が発生した事例を用いて、本評価手法の検証を行った結果、崩落時刻を精度よく予測できていることが分かる。

これらの計測データは、現場事務所のパソコンなどでリアルタイムに監視でき、仮に切羽崩落の予測結果が出た場合、切羽近傍にいる作業員へパトライトにより通知するとともに、現場事務所にもリアルタイムに警告を通知することができる。

写真—1は本システムを切羽の不安定化が懸念される土砂トンネルに適用して、山岳トンネルの常時安全管理を実施した写真である。

今後は様々な地山の現場に本システムを積極的に適用し、適用事例を増加することにより評価指標の精度向上を図りながら、山岳トンネルの安全性向上に貢献していく所存である。

用途

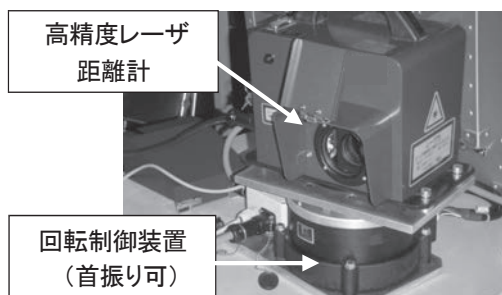
- ・山岳トンネルの切羽安全監視

問合せ先

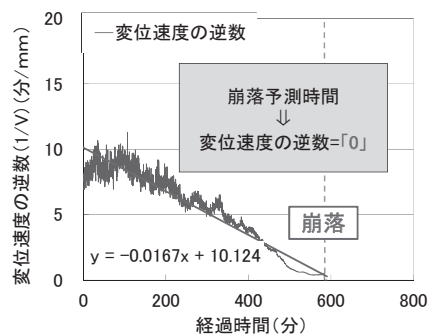
鹿島建設株式会社技術研究所

〒182-0036 東京都調布市飛田給2-19-1

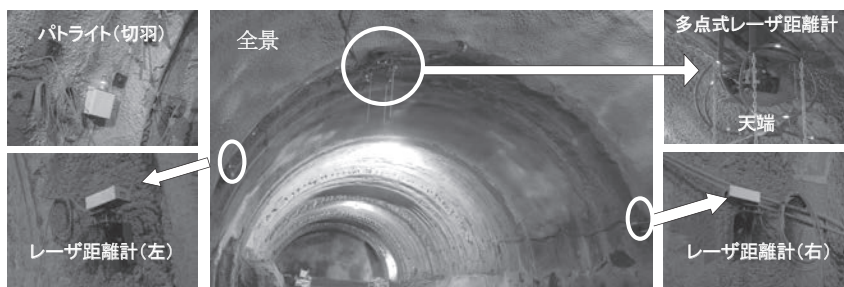
TEL: 042-485-1111



図—1 装置外観



図—2 変位速度の逆数と予想破壊時間



写真—1 切羽崩落予知システム

新工法紹介

09-37	ジオスチーム™法	鴻池組
-------	----------	-----

▶ 概 要

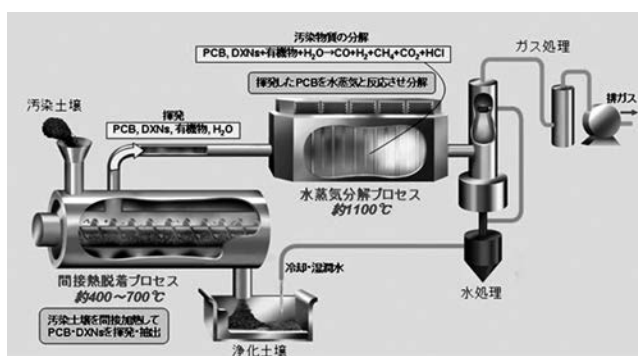
都市近郊を中心とした工場移転に伴う跡地等の利用が活発化
 する中で、ポリ塩化ビフェニル（PCB）やダイオキシン類
 （DXNs）等の難分解性物質による土壤汚染の問題が顕在化し
 ている。

土壤汚染の対策として、早急な除去手段は掘削・搬出が主流
 であるが、運搬に伴うコストの増大、騒音・振動・排気ガス等、
 環境負荷の増大や運搬時や処理施設での汚染拡散のリスクと
 いった問題点が指摘されている。また、PCB・DXNs 汚染では
 諸般の事情で外部搬出が難しい場合がある。この場合、オンサ
 イト処理が有効な手段になる。

当社は、幅広いニーズに対応するため、水蒸気を利用した
 PCB の分解技術である「ジオスチーム™法」（「ジオスチーム」
 は（株）東芝の登録商標）を（株）東芝・（株）テルムと共同で実用化し、
 設備の拡大・オンサイト処理設備への適用開発を進めてきた。

ジオスチーム法は、汚染土壤を密閉された容器において、
 400～700℃で1時間程度間接的に加熱して、PCB・DXNs・
 有機物を揮発・抽出すると同時に、抽出されたガスを水蒸気雰
 囲気下で約 1,100℃に3秒間以上間接加熱して、PCB・DXNs・
 有機物を分解する技術である。分解に必要な水蒸気は土壤中の
 水分を利用している（図—1 参照）。

本技術は、検証試験を実施し、PCB・DXNs 汚染土壤に対し
 て高い除去性能と処理の安全性について公的機関の高い評価を
 受けている。また、PCB 廃棄物処理の技術認定も取得しており、
 技術的には廃棄物処理法に規定された PCB 廃棄物へも適用可
 能である。



図—1 ジオスチーム法の処理フロー

▶ 特 徴

- ①抽出・分解に薬剤を用いないため、危険物や毒劇物を扱うリ
 スクがない。
- ②土壤に含まれる夾雑物（PCB 含浸木片など）にも対応できる。
- ③熱により汚染物質を分離させるため、土壤の種類や他の有機
 物の影響、濃度の影響を受けにくく、高度な分解性能を有す
 る。
- ④抽出から分解までを同一システム内で行うため、濃縮汚染物
 質の取扱いが不要であり、作業員のリスクが低減できる。

▶ 用 途

- ・PCB、ダイオキシン類、残留農薬等の汚染土壤及び廃棄物浄
 化処理

▶ 実 績

- ・鶴見川遊水地土壤改良工事（施工中）（写真—1、写真—2 参照）
- ・工場跡地、公園用地等の PCB 汚染土壤処理

▶ 問 合 せ 先

（株）鴻池組 土木事業本部 環境エンジニアリング部

〒136-8880 東京都江東区南砂 2-7-5

TEL：03-5617-7793 FAX：03-5617-7788



写真—1 ジオスチーム処理設備



写真—2 無害化処理状況

新機種紹介 機関誌編集委員会

▶ 〈01〉ブルドーザおよびスクレーパ

12-〈01〉-02	コマツ ブルドーザ D61EX/PX-23	'12.10 発売 新機種
------------	---------------------------------	------------------

オフロード法*1 2011 年基準に適合した中型ブルドーザである。

D61EX/PX-23 は、NOx（窒素酸化物）と PM（粒子状物質）の排出量を従来機に比べ大幅に低減し、日本（特定特殊自動車排出ガス 2011 年基準）・北米（EPA Tier4 Interim）・欧州（EU Stage 3B）の排出ガス規制に対応している。新エンジン搭載に加えて、6 トンから 13 トンクラスで実績のある電子制御 HST の新採用と、車体性能を稼働状況に合わせて最適に制御することにより、生産性と燃費性能の両方で高いレベルを達成し、燃料消費量を従来機に比べ 10%*2 低減している。

新たにラジエタの後方マウントによるスーパースラントノーズデザインを採用し、抜群の前方視界を確保するとともに、車両後方確認のためにカラーリヤビューモニタを標準搭載している。機械モニタには鮮明で見やすい高精細 7 インチ LCD モニタを採用し、エコガイダンス等の表示により省エネ運転のサポートを行っている。

更に、パワーラインの保証延長と無償メンテナンスを取り入れた、新たなサービスプログラム「KOMATSU CARE（KOMATSU・ケア）」を提供している。コマツ・ケアは新車購入時に自動的に付帯され、トータルライフサイクルコストの低減と長期間の稼働に貢献するものと思われる。

- * 1：オフロード法：特定特殊自動車排出ガスの NOx（窒素酸化物）、PM（粒子状物質）排出量の規制等に関する法律。
- * 2：従来機との比較（コマツテスト基準による）。実作業では作業条件により異なる場合がある。

表ー1 D61EX-23, D61PX-23 の主な仕様

	D61EX-23	D61PX-23
シュー	乾地	湿地（3 m 折りたたみブレード）
機械質量 (t)	21.1	18.9
エンジン定格出力 ネット（JIS D0006-1） *冷却ファン最低回転速度時の値 （kW/min ⁻¹ （PS/rpm））	125/2200 （170/2200）	125/2200 （170/2200）
最小旋回半径 (m)	2.1	2.3
最大上昇量/下降量 (m)	1.205/0.58	1.205/0.58
全長 (m)	5.48	5.48
全幅（本体/ブレード） (m)	2.50/3.25	2.99/3.86
全高（KOMTRAX アンテナ上端まで） (m)	3.18	3.18
価格（工場裸渡し消費税抜き）（百万円）	23.2	26



写真ー1 コマツ D61EX-23 ブルドーザ
（一部オプションが含まれる）

問合せ先：コマツ コーポレートコミュニケーション部
〒107-8414 東京都港区赤坂 2-3-6

12-〈01〉-03	キャタピラージャパン ブルドーザ Cat D3K ₂ / D4K ₂ / D5K ₂	'12.10 発売 モデルチェンジ
------------	---	----------------------

道路工事、造成、農業などの分野で使用されている小型ブルドーザ、Cat D3K / D4K / D5K をモデルチェンジし、Cat D3K₂（湿地車/乾地車）、Cat D4K₂（湿地車/乾地車）、Cat D5K₂（湿地車/乾地車）の 6 機種を導入した。

環境性能と燃費効率を追及した Cat C4.4 ディーゼルエンジンを搭載している。電子制御テクノロジーに加え、NOx リダクションシステムや、独自のアフタートリートメント技術により環境性能を向上し、オフロード法 2011 年基準にも対応*している。

※ D3K₂、D5K₂ は届出済。D4K₂ は届出予定。

低負荷時には、エンジン回転数を自動で 1600 rpm まで落とし燃料消費を抑えるエコノミーモード、さらにエコノミーモード選択時にパーキングブレーキを ON にすると、エンジン回転を自動で 950 rpm まで下げるオートエンジンアイドル機能を装備している。こうした省エネシステムにより騒音や排出ガスを抑制すると同時に燃費を低減している。

トラクションコントロールシステムによりエンジン出力を車速と連動させて制御することで、過度な駆動力を抑制し、滑りやすい路面でのシュースリップを軽減している。またシュースリップによる無用なエンジン出力やシュー磨耗を抑え、コスト低減を図っている。

騒音対策により、国土交通省低騒音型建設機械の基準値をクリア*している。

※ D3K₂（湿地車）、D5K₂（湿地車）は指定済。D3K₂（乾地車）、D5K₂（乾地車）は申請予定。

ブレードにジャイロセンサを搭載し、整地中の車体の浮き沈みに連動してブレード位置を自動で上下させることで、ブレードポジションを水平に保持する新機能を搭載している。オペレータは常に作業機レバーを動かし続ける負担から開放され、運転の容易化、疲

新機種紹介

労軽減を実現している。

ステアリング、作業機レバーユニットおよび左右アームレストが一体設計されたエアサスペンションシートを標準装備している。シートの動きに左右の操作系が追従するシートマウントコントロールシステムにより、常にオペレータの望む姿勢で運転操作が行える。

各種メータ、モニタリングシステムなどを集約した新型ダッシュパネル、見やすい大型液晶パネルを装備するとともに、ダッシュパネル上で任意に各種モードの設定や変更、速度設定が可能である。

表—2 Cat D3K₂ / D4K₂ / D5K₂ の主な仕様

	D3K ₂	
	湿地車 (LGP)	乾地車 (XL)
運転質量 (t)	8.850	8.200
全長 (ブルドーザ装置付) (m)	4.255	4.270
全幅 (ブルドーザ装置付) (m)	3.150	2.650
全高 (キャブ上端まで) (m)	2.795	2.770
ブレード (幅×高さ) (m)	3.150 × 0.860	2.650 × 0.910
エンジン名称	Cat C44 ディーゼルエンジン	
総行程容積 (ℓ)	4.4	
定格出力 / 回転数 (kW (ps) / min ⁻¹)	64 (87) / 2,200	
ステアリング形式	電子制御 HST	
接地長 (m)	2.250	
接地圧 (kPa (kg/cm ²))	31 (0.32)	44 (0.45)
価格 (百万円)	14.772	13.780

	D4K ₂	
	湿地車 (LGP)	乾地車 (XL)
運転質量 (t)	8.950	8.450
全長 (ブルドーザ装置付) (m)	4.270	4.275
全幅 (ブルドーザ装置付) (m)	3.150	2.785
全高 (キャブ上端まで) (m)	2.795	2.770
ブレード (幅×高さ) (m)	3.150 × 0.910	2.785 × 1.010
エンジン名称	Cat C44 ディーゼルエンジン	
総行程容積 (ℓ)	4.4	
定格出力 / 回転数 (kW (ps) / min ⁻¹)	71 (97) / 2,200	
ステアリング形式	電子制御 HST	
接地長 (m)	2.250	
接地圧 (kPa (kg/cm ²))	31 (0.32)	41 (0.42)
価格 (百万円)	16.034	14.825

	D5K ₂	
	湿地車 (LGP)	乾地車 (XL)
運転質量 (t)	10.350	9.550
全長 (ブルドーザ装置付) (m)	4.295	4.325
全幅 (ブルドーザ装置付) (m)	3.220	2.785
全高 (キャブ上端まで) (m)	2.790	2.765
ブレード (幅×高さ) (m)	3.220 × 1.010	2.785 × 1.075
エンジン名称	Cat C44 ディーゼルエンジン	
総行程容積 (ℓ)	4.4	
定格出力 / 回転数 (kW (ps) / min ⁻¹)	79 (107) / 2,200	
ステアリング形式	電子制御 HST	
接地長 (m)	2.310	
接地圧 (kPa (kg/cm ²))	29 (0.31)	40 (0.41)
価格 (百万円)	16.642	15.444



写真—2 キャタピラージャパン Cat D3K₂ ブルドーザ

問合せ先：キャタピラージャパン(株) 広報グループ

〒158-8530 東京都世田谷区用賀 4-10-1

▶ 〈04〉運搬機械

12-〈04〉-04	キャタピラージャパン ダンプトラック Cat777G	'12.08 発売 モデルチェンジ
------------	----------------------------------	----------------------

砕石・鉱山現場等のオフロードアプリケーションにおいて適用されるダンプトラック Cat777F をモデルチェンジしたものである。

Cat 777G に搭載した Cat C32 ディーゼルエンジンは、前モデル比でトルクが約 12% アップ、トルクライズは 31% にアップし、走行性能と生産性の向上を図った。またトランスミッションは、ソフトウェアを改良することにより、速度段切替時のトルクロスを減少、登坂時における加速性能を改善すると共に燃料消費の抑制を図った。

作業に合わせてエンジン出力が変更可能な標準エコノミーモードと車両の稼働状況に応じて出力低減量を自動調整するアダプティブエコノミーモードの 2 つのエコノミーモードを搭載している。アダプティブエコノミーモードは、車両に搭載されたセンサーやコンピュータを利用して、稼働時の車両状況と予め設定した閾値を比較しながら燃料を削減できるポイントを自動探索する機能であり、所定の生産量を確保しつつ燃料消費量の節減を実現する。更に、最高速度を任意に設定できる速度制限機能等を新たに加え、生産性の向上と燃料消費量の低減を両立している。

キャブ内は設定した温度に室温を自動調整するプレッシャライズ機能付オートエアコンディショナをはじめ、フットレスト、パワーウィンド（左窓）を新たに採用し、オペレータ環境を改善している。加えてキャブ内の騒音を前モデルに比べ 3dB 低減し、オペレータの負担軽減を図っている。フロントガラスを拡大することで前方視界を改善し、更にオプションで最大 4 個まで設置可能なカメラが車両周囲の死角をカバーすることで、より安全で快適なオペレータ環境を実現している。

車両の稼働状況を常にモニタリングし、車両状態を診断するバイタルインフォメーションマネジメントシステム (VIMS) を標準装

新機種紹介

備しており、万一の異常発生時に速やかで適切な対処が可能となり、故障の防止や休車時間の短縮、より重大な不具合への発展の抑止が期待できる。また、このVIMSには積載量を計測できるトラックペイロードマネジメントシステム（TPMS）の機能があり、生産量の把握、管理を行うことができる。その他、ハイドロリックオイルフィルターの交換間隔を500時間から1,000時間に延長、ブレーキ磨耗インジケータをホイールに追加するなど、ランニングコストの低減やメンテナンス性の向上を図っている。

なお、エンジン出力（gross）が560kW以上となるため、オフロード法排出ガス規制の対象外となる。

表－3 Cat777Gの主な仕様

運転質量	(t)	69.3
最大積載重量	(t)	95.3
定格積載重量	(t)	90.9
定格出力	(kW(PS/min ⁻¹))	704 (945)
最高速度	(km/h)	65.9
ベッセル容量（山積）	(m ³)	60.1
価格		都度見積



写真－3 キャタピラージャパン Cat 777G ダンプトラック

問合せ先：キャタピラージャパン(株) 広報グループ

〒158-8530 東京都世田谷区用賀 4-10-1

12-(04)-05	コマツ アーティキュレートダンプトラック HM300-3, HM400-3	'12.10 発売 新機種
------------	---	------------------

オフロード法*¹2011年基準に適合したアーティキュレートダンプトラックである。

HM300-3, HM400-3は、NO_x（窒素酸化物）排出量を従来機に比べて大幅に低減し、日本（特定特殊自動車排出ガス2011年基準）・北米（EPA Tier4 Interim）・欧州（EU Stage 3B）の排出ガス規制に対応している。新エンジン搭載に加えて、従来機に比べて積載質量、ボディ容量、エンジン出力*²、リタダ容量を向上させる一方で、燃料消費量をHM300-3では最大8%、HM400-3では最大14%低減*³しており、優れた環境性と経済性を両立させている。

アクセル操作のみで滑りやすい路面や、軟弱地を走破する新開発のコマツトラクションコントロールシステム（KTCS）の搭載に加え、キャブへのアクセス部分にピンスパイクタイプの滑り止めプレート、エンジンフードの周りにはハンドレールを設け、安全性を向上させている。車体のショートノーズ化と運転席のキャブ中央配置により、左右バランスの良い広い視界を確保し、車両後方確認のためにカラーリヤビューモニタを標準搭載している。機械モニタには鮮明で見やすい高精細7インチLCDモニタを採用し、エコガイド等表示により省エネ運転のサポートを行っている。

更に、パワーラインの保証延長と無償メンテナンスを取り入れた、新たなサービスプログラム「KOMATSU CARE（コマツ・ケア）」を提供している。コマツ・ケアは新車購入時に自動的に付帯され、トータルライフサイクルコストの低減と長期間の稼働に貢献するものと思われる。

*1：特定特殊自動車排出ガスのNO_x（窒素酸化物）、PM（粒子状物質）排出量の規制等に関する法律。

*2：エンジン出力向上はHM400-3のみ。

*3：従来機との比較（コマツテスト基準による）。実作業では作業条件により異なる場合がある。

表－4 HM300-3, HM400-3の主な仕様

	HM300-3	HM400-3
最大積載質量	(t) 28.0	40.0
ボディ容量（山積2：1／平積）	(m ³) 17.1／13.4	24.0／18.2
エンジン定格出力 ネット（JIS D0006-1） *冷却ファン最低回転速度時の値	242/2000 (329/2000)	350/2000 (475/2000)
	(kW/min ⁻¹ (PS/rpm))	
全長	(m) 10.275	11.105
全幅	(m) 3.282	3.450
全高（空車時）	(m) 3.495	3.735
最高走行速度	(km/h) 58.1	55.9
最小回転半径（車体最外側）	(m) 8.25	8.8
価格（工場裸渡し消費税抜き）	(百万円) 52.65	73.8



写真－4 コマツ HM400-3 アーティキュレートダンプトラック（一部オプションが含まれる）

問合せ先：コマツ コーポレートコミュニケーション部

〒107-8414 東京都港区赤坂 2-3-6

新機種紹介

▶ 〈11〉コンクリート機械

12-〈11〉-02	極東開発工業 コンクリートポンプ車 ピストンコンクリート PY135-26-H	'12.11 発売 新機種
------------	---	------------------

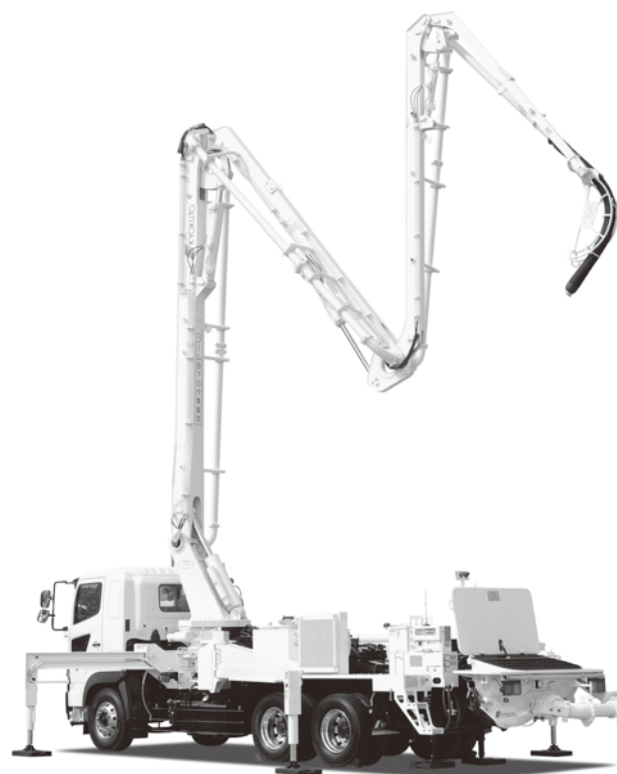
コンクリートポンプは、生コンクリートをトラックミキサから直接受けて、「コンクリート輸送管」により打込み場所まで輸送する機械である。PY135-26-Hは最大吐出量 135 m³/h、最大吐出圧力 16.0 MPa（国内最大）、ブーム最大地上高さ 26 m の大型ピストン式コンクリートポンプ車である。搭載するトラックシャーシは移動性、設置性に配慮してショートホイールベース（5.55 m）の G VW22 t 車を採用している。1 台で標準的な「ブーム打設」から「高圧打設」「大容量打設」「長距離打設」までオールマイティーな能力を備えた新機種である。

コンクリート圧送装置は新開発の油圧制御システムを採用することにより、従来の高圧ピストン車よりもさらに高圧で大容量かつ低騒音仕様とし、また圧送シリンダはシリンダストローク 2100 mm のロングストロークシリンダを採用することによりコンクリートバルブの切り換え回数を少なくし、各機器の磨耗を軽減しランニングコストの低減を図っている。また、コンクリート打設終了後の配管洗浄用として高圧水ポンプを搭載しており、高圧水ポンプの吐出能力を従来機に比べ約 25% 向上させ洗浄作業の効率化を図っている。

ブーム装置にはブームの揺れを抑制するブーム制振装置（KAVSⅢ）を搭載することで安全性や信頼性、作業効率の向上を図っている。安全対策として、ホッパ側面に設けた緊急停止ボタン（ホッパ攪拌羽根、ポンプ運転、ブーム作動を停止）、攪拌自動停止装置（ホッパスクリーンを開くと自動的に攪拌羽根を停止）、ポンプ車の打設時に水平度を確認する水準器、ブームの降下を防ぐカウンターバランスバルブなどを装備している。

表—5 PY135-26-H の主な仕様

	PY135-26-H	
仕様	8B 仕様	9B 仕様
最大吐出量 標準／高圧 (m ³ /h)	112／83	135／100
最大吐出圧力 標準／高圧 (MPa)	10.1／16.0	8.5／13.3
コンクリートシリンダ径 (mm)	205	225
シリンダストローク (m)	2.1	
水ポンプ 吐出圧力 (MPa)	10.5	
ホッパ容積 (m ³)	0.5	
ブーム型式	全油圧 4 段 M 型	
ブーム最大長さ (m)	21.8	
ブーム最大地上高 (m)	25.8	
ブーム旋回角度 (度)	360 (全旋回)	
コンクリート輸送管径 (mm)	125	
アウトリガ張出スパン フロント／リヤ (m)	5.28／5.28	
車両 全長×全幅×全高 (m)	10.39 × 2.49 × 3.55	
車両総質量 (t)	21.7	
価格 (百万円)	86.1	



写真—5 極東開発工業 PY135-26-H コンクリートポンプ車

問合せ先：極東開発工業(株) 技術部

〒 673-0443 兵庫県三木市別所町巴 2 番地

▶ 〈12〉モータグレーダ、ロードスタビライザ、締固め機械およびソイルプラント

12-〈12〉-02	日立建機カミーノ 前後進プレートコンパクト ZV350PR-De, ZV350PR-G, ZV250PR-G	'12.10 発売 新機種
------------	--	------------------

下水道工事、一般締固め工事などで使用される前後進プレートコンパクトである。

前後進ハンドルは、握りやすいコーティング付き左右分割形で、両手でハンドルを保持しながら前後進操作ができ容易な操作性を実現している。

前後進ハンドルを備えた操作ポールは、自動ロック機構により容易に輸送姿勢にすることができ、作業姿勢にする際には、身体を大きくかがめることなく、ロックが解除できるような位置としている。

機体前面には、エンジンオイル注入口兼エンジンオイルレベルゲージ、燃料コック、プレクリーナ（ZV350PR-De のみ）、起振体オイル注入口（ZV350PR-De, ZV350PR-G）などを集中させ、メンテナンス性を確保している。

全機種にアフメータを標準装備とし、メンテナンス管理を容易にしている。

さらに、ZV350PR-De には、操作ポール手元にエンジンの状態を

新機種紹介

示す LED 警告灯とアワメータを有した表示機を装備している。
シリーズ全体として、鋳物による一体成型のエンジンフレームを
採用し、耐久性と洗練されたフォルムを実現している。

表一6 ZV350PR-De, ZV350PR-G, ZV250PR-G の主な仕様

	ZV350PR-De	ZV350PR-G	ZV250PR-G
機械質量 (kg)	350	315	270
エンジン型式	ヤンマー L70V (ディーゼル仕様)	ホンダ GX270 (ガソリン仕様)	ホンダ GX240 (ガソリン仕様)
定格出力 ^{※1} (kW/min ⁻¹)	4.3/3,600	5.1/3,600	4.6/3,600
走行速度 ^{※2} (m/min)	25	25	25
振動数 (Hz)	70	70	70
起振力 (kN)	46	46	38
燃料タンク容量 (L)	3.3	5.3	5.3
標準小売価格 (税抜) (円)	1,390,000	1,300,000	1,180,000

※1 エンジン単体での性能値。
※2 当社基準による。



写真一6 日立建機カミーノ ZV350PR-De プレートコンパクタ

問合せ先：(株)日立建機カミーノ 営業本部
〒340-0004 埼玉県草加市弁天 5-33-25

▶ 〈14〉 維持修繕・災害対策用機械および除雪機械

12-〈14〉-05	やまびこ LED バルーン バッテリー 投光機 SMB240LLG	'12.07 発売 新機種
------------	---	------------------

LED バッテリー 投光機は、CO₂をはじめとするガスの排出がなく、また、騒音、振動が発生しないことから、住宅付近の屋外夜間における施工、換気が難しい屋内の配線・空調設備工事およびトンネル・地下鉄内での工事用照明などの用途に適している。
本製品は、LED バルーンとバッテリーを組合せた発光効率の高い LED ランプを搭載し、消費電力 240 W に対して、400 W メタル

表一7 SMB240LLG の主な仕様

LED ランプ	240W × 1 灯
全光束 (lm)	22,200
マスト材質・段数	硬質アルミニウム・2 段
昇降方式	手動伸縮
入力電源 (V, kVA)	単相 100, 1.5
周波数 (Hz)	50/60
バッテリー種類	リチウムイオン
バッテリー容量・個数 Ah (個)	27 (6 個)
連続点灯時間 (時間)	(照度最大) 16
充電時間 (時間)	約 3
作業時高さ (mm)	最小 1990 ~ 最大 2760
外形寸法 (収納時) (mm)	L1095 × W451 × H660
質量 (kg)	82
価格 (百万円)	1.05 より



写真一7 やまびこ SMB240LLG LED バッテリー 投光機

新機種紹介

ハライドランプの明るさに相当する 22,200 ルーメンで約 8 時間の連続運転が可能である。また、LED ランプ照度調節機能により最小照度に設定した場合には約 16 時間の連続点灯が可能である。

なお、本製品は国土交通省 NETIS（新技術情報提供システム）登録製品である。

問合せ先：(株)やまびこ 営業本部 業務部宣伝課広島分室
〒731-3167 広島県広島市安佐南区大塚西 6-2-11

12-〈14〉-07	ケルヒャー ジャパン 大型搭乗式スイーパー KM 170/600 RD	'12.10 発売 新機種
------------	---	------------------

KM 170/600 RD は、工場敷地内外の粉塵や鉄粉、産廃工場内の漏れ落ちた廃棄物や粉砕物、港湾でのバラ積み貨物の金属片・木片、建設現場のアスファルト・砂塵・コンクリ粉塵などを、効率良く回収する重工業・産廃業向けの大型搭乗式スイーパーである。

これまで最大機種であった耐久性仕様の搭乗式スイーパー KM 150/500 RD に比べ、回収率が 20% アップし、600 L のコンテナ容量を搭載した。また、最小回転半径は左 2.5 m、右 3 m と小回りも利く。

通常の約 2 倍に設定した肉厚のスチール製ボディとコンテナ、金属片や石、粉砕物を踏んでもパンクしないタイヤ、粉塵や鉄粉が舞う中でもエンジンを保護する独自のプレフィルターを、各々採用し、過酷な環境下でも耐えられる仕様とした。

掻き落としタイプのフィルター清掃機能により、吸い込んだ大量の鉄粉や粉塵による目詰まりを防ぎ、持続性のある吸引力を実現した。

また、シンプルなダイヤル操作で作業者を選ばず、フィルターの取り外しは時間をかけずに交換可能であるなどメンテナンス性の向上を図っている。

なお耐久性仕様の搭乗式スイーパーのラインナップとして、2011 年 11 月に発売した KM 150/500 RD や 2012 年 5 月に発売した KM 130/300 RD があり、併せて重工業・産廃業での使用を見込んでいる。

表一 8 KM 170/600 RD の主な仕様

動力	4 ストロークディーゼルエンジン
清掃時走行スピード (km/h)	12
登坂能力 (%)	18
最大作業能力 (m ² /h)	23,520
コンテナ容量 (L)	600
標準清掃幅 (m)	1.68
質量 (kg)	1,530
全長×全幅×全高 (m)	2.45 × 1.76 × 1.665
価格 (百万円)	10,395



写真一 8 ケルヒャー ジャパン KM 170/600 RD 大型搭乗式スイーパー

問合せ先：ケルヒャー ジャパン(株)
〒981-3408 宮城県黒川郡大和町松坂平 3-2
E-mail：contact@karcher.co.jp

▶ 〈19〉建設ロボット、情報化機器、タイヤ、ワイヤロープ、検査機器等

12-〈19〉-01	日立建機 全周囲安全支援装置 SkyAngle [®]	'12.10 発売 新製品
------------	--	------------------

全周囲安全支援装置 SkyAngle[®]は、従来のバックモニタより高性能なモニタシステムを搭載することにより、オペレータの運転補助及び車体周囲の視認性向上を図ることができる。

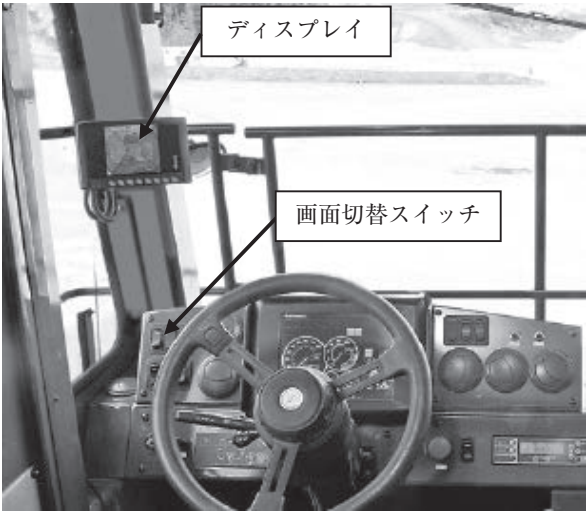
SkyAngle[®]の特徴は次の通りである。

- ①車体周囲に取り付けたカメラ（最大 4 台）の映像を合成し、1 台のモニタに表示する。オペレータは、一目で車体周囲状況を把握できる。
 - ②車体遠方から近傍、タイヤ付近などの最大 5 種類の画面を持ち、画面切替えスイッチによって作業に応じた適切な画面を選択できる。
 - ③シフトレバー中立・前進時 5 画面、後進時必ず後方画像が映っている 4 画面を、画面切替えスイッチによって選択できる。
 - ④モニタのバックライト調整は、自動調整・手動調整を選択できる。（初期値は、モニタ周囲の明るさによって自動で輝度が調整される自動調整モードとなっている。）
- SkyAngle[®]は、マイニングダンプトラックへの搭載からスタートし、超大型油圧ショベルなど、適用製品を順次拡充していく予定である。

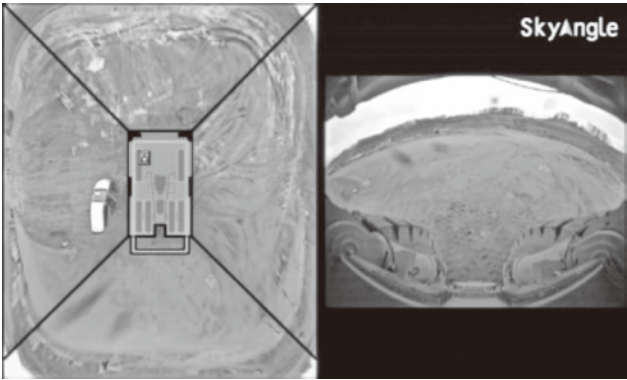
新機種紹介

表―9 SkyAngle の主な仕様

SkyAngle [®] 構成部品	モニタ、カメラ（最大4台） 画像合成コントローラ 画像切替えスイッチ、等
モニタタイプ	7インチ TFT 液晶
モニタバックライト調整	自動（初期設定）／手動
カメラ レンズ画角	H162 × V130 [deg]
カメラ最低被写体照度	3 lux - 50 IRE
車体周囲表示範囲	360°（選択画面による）
価格	見積対応



写真―9 SkyAngle[®]のマイニングトラック搭載例

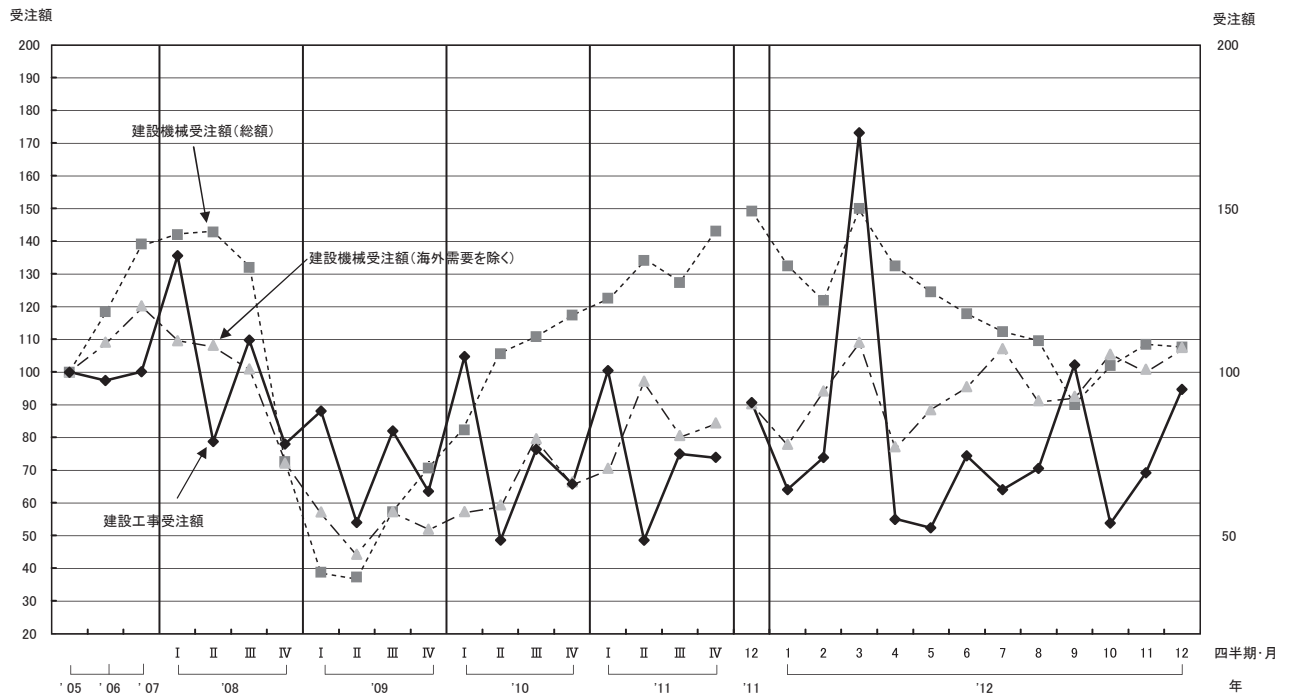


写真―10 ディスプレイの表示例
（ワイドレンジビュー＋リアビュー）

問合せ先：日立建機㈱
〒112-8221 東京都文京区後楽二丁目5番1号

建設工事受注額・建設機械受注額の推移

建設工事受注額：建設工事受注動態統計調査(大手50社) (指数基準 2005年平均=100)
建設機械受注額：建設機械受注統計調査(建設機械企業数24前後) (指数基準 2005年平均=100)



建設工事受注動態統計調査 (大手 50 社)

(単位：億円)

年 月	総 計	受 注 者 別						工 事 種 類 別		未消化 工事高	施工高
		民 間			官 公 庁	そ の 他	海 外	建 築	土 木		
		計	製 造 業	非製造業							
2005 年	138,966	94,850	19,156	75,694	30,657	5,310	8,149	95,370	43,596	136,152	136,567
2006 年	136,214	98,886	22,041	76,845	20,711	5,852	10,765	98,795	37,419	134,845	142,913
2007 年	137,946	103,701	21,705	81,996	19,539	5,997	8,708	101,417	36,529	129,919	143,391
2008 年	140,056	98,847	22,950	75,897	25,285	5,741	10,184	98,836	41,220	128,683	142,289
2009 年	100,407	66,122	12,410	53,712	24,140	5,843	4,302	66,187	34,220	103,956	128,839
2010 年	102,466	69,436	11,355	58,182	22,101	5,472	5,459	71,057	31,408	107,613	106,112
2011 年	106,577	73,257	15,618	57,640	22,806	4,835	5,680	73,983	32,596	112,078	105,059
2011 年 12 月	10,327	6,989	1,753	5,237	2,184	391	763	7,301	3,026	112,078	11,030
2012 年 1 月	7,449	4,990	933	4,058	1,727	333	399	5,241	2,208	112,743	7,001
2 月	8,576	5,387	1,056	4,330	2,442	404	343	5,695	2,880	112,603	9,034
3 月	20,021	13,216	2,021	11,196	5,148	540	1,117	13,976	6,045	117,803	15,393
4 月	6,443	4,721	1,083	3,638	1,110	418	194	4,577	1,866	117,710	6,342
5 月	6,176	4,284	960	3,324	1,309	337	246	4,171	2,005	116,271	7,709
6 月	8,663	6,106	1,433	4,673	2,053	354	149	5,999	2,664	115,408	9,834
7 月	7,488	5,156	1,043	4,112	1,809	430	93	5,163	2,325	116,359	6,602
8 月	8,247	5,373	1,030	4,342	2,246	400	228	5,424	2,823	115,240	9,295
9 月	11,880	7,617	1,541	6,076	2,810	496	957	8,373	3,507	115,538	11,742
10 月	6,283	4,337	1,113	3,224	1,329	364	253	4,341	1,942	114,513	7,383
11 月	7,951	5,612	1,143	4,469	1,555	392	392	5,779	2,172	113,652	8,952
12 月	10,823	7,180	1,489	5,691	2,654	428	562	7,886	2,937	—	—

建設機械受注実績

(単位：億円)

年 月	05 年	06 年	07 年	08 年	09 年	10 年	11 年	11 年 12 月	12 年 1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月
総 額	14,749	17,465	20,478	18,099	7,492	15,342	19,520	1,831	1,641	1,500	1,851	1,627	1,532	1,443	1,391	1,347	1,107	1,258	1,331	1,315
海 外 需 要	9,530	11,756	14,209	12,996	4,727	11,904	15,163	1,441	1,306	1,089	1,378	1,290	1,147	1,026	929	951	700	796	894	851
海外需要を除く	5,219	5,709	6,268	5,103	2,765	3,438	4,357	390	335	411	473	337	385	417	462	396	407	462	437	464

(注) 2005～2007 年は年平均で、2008～2011 年は四半期ごとの平均値で図示した。

2011 年 12 月以降は月ごとの値を図示した。

出典：国土交通省建設工事受注動態統計調査

内閣府経済社会総合研究所機械受注統計調査

…行事一覧…

(2013年1月1日～31日)

■ 機 械 部 会

■基礎工事用機械技術委員会

月 日：1月16日（水）

出席者：篠原慶二委員長ほか6名

議 題：①平成24年度活動報告と、平成25年度活動計画について ②新技術・話題技術について ③1/30（水）開催の国土交通省（一機委）のテーマについて ④その他

■路盤・舗装機械技術委員会 合材工場見学会

月 日：1月17日（木）

参加者：行川恒弘委員長ほか15名

場 所：前田道路㈱東京総合合材工場
木質バイオマスコージェネレーション工場

■ダンプトラック技術委員会

月 日：1月18日（金）

出席者：大貫廣明委員長ほか5名

議 題：①各社トピックスについて ②日本機械土工協会（日機協）との安全についての意見交換会の内容についての検討 ③12月3日開催の機械部会 技術連絡会についての報告 ④その他

■トンネル機械技術委員会 新技術・施工技術分科会

月 日：1月22日（火）

出席者：若山真則分科会長ほか5名

議 題：①収集した資料の確認 ②成果品の取り纏めについて ③その他

■トンネル機械技術委員会 トンネル機械未来像分科会

月 日：1月22日（火）

出席者：浅沼廉樹分科会長ほか3名

議 題：①各自のまとめ資料の内容確認について ②全体まとめ作業について ③その他

■原動機技術委員会

月 日：1月25日（金）

出席者：長瀬隆二委員長ほか22名

議 題：①講演「NOx 後処理システムにおける NOx センサーの有効性」 ②平成24年度活動報告と平成25年度活動計画について ③環境省・国交省・経産省への2014排ガス規制対応要望のその後の報告について ④海外排ガス規制の動向についての情報交換 ⑤その他情報交換

■トンネル機械技術委員会 環境保全分科会

月 日：1月29日（火）

出席者：掛川敏弘分科会長ほか10名

議 題：①各担当のワード版フォーマット資料の発表と内容の確認について ②報告書のまとめについて ③その他

■機械整備技術委員会

月 日：1月31日（木）

出席者：森三朗委員長ほか8名

議 題：①12月3日開催の機械部会・技術連絡会での当委員会発表内容の報告について ②平成24年度活動報告と平成25年度活動計画について ③ハイブリッド・電動（バッテリー含む）建機の整備の安全 WG ④その他

■ 製 造 業 部 会

■マテリアルハンドリングWG代表・ミニショベルメーカ打合せ

月 日：1月15日（火）

出席者：生田正治ほか13名

議 題：①ユーザーからミニショベルに防護装置を要望された場合の対応方法について ②ミニショベルで行われる解体現場でどのような飛来物が考えられるか ③施行にあたっての業界としての適切な要望措置について ④その他

■小幹事会

月 日：1月24日（木）

出席者：小室洋幹事長ほか3名

議 題：①中期事業計画（平成25年度～27年度）策定について ②平成25年度の事業計画策定について ③国交省関東地整の災害対策用建設機械の緊急メンテナンス協定について ④2014年排ガス規制に対する要望の状況について ⑤解体用機械の安全対策に係る検討会の状況について ⑥製造業部会総会の開催日程について ⑦平成24年度第2回合同部会（幹事役：建設業部会）の議題について ⑧国交省との情報交流について ⑨国交省 地球温暖化対策検討分科会への燃費基準設定対象機種追加の動きについて（発動発電機、空気圧縮機、ホイールクレーン） ⑩その他

■ 建 設 業 部 会

■三役会

月 日：1月11日（金）

出席者：増子文典部会長ほか8名

議 題：①騒音、振動規制法や評価手段の見直しについて ②機電技術者意見

交流 WG ③バックホウ吊上げ作業事故予防検討会 ④クレーン安全協議会について ⑤今年度報告および次年度計画案の検討 ⑥合同部会について ⑦その他

■バックホウ吊上げ作業における事故予防検討会

月 日：1月18日（金）

出席者：傳田喜八郎主査ほか5名

議 題：①合同部会について ②その他

■ 各 種 委 員 会 等

■機関誌編集委員会

月 日：1月9日（水）

出席者：山下尚課長補佐ほか18名

議 題：①平成25年4月号（第758号）の計画の審議・検討 ②平成25年5月号（第759号）の素案の審議・検討 ③平成25年6月号（第760号）の編集方針の審議・検討 ④平成25年1～3月号（第755～757号）の進捗状況の報告・確認

■建設経済調査分科会

月 日：1月16日（水）

出席者：山名至孝分科会長ほか2名

議 題：①平成25年度のテーマ検討 ②その他

■新機種調査分科会

月 日：1月22日（火）

出席者：江本平分科会長ほか5名

議 題：①新機種情報の持ち寄り検討 ②新機種紹介データまとめ ③その他

…支部行事一覧…

■ 北 海 道 支 部

■第3回広報部会広報委員会

月 日：1月18日（金）

場 所：（一社）日本建設機械施工協会 北海道支部

出席者：峰友博広報委員長ほか6名

内 容：①支部日より No.105 号の編集について ②建設工事等見学会について ③支部講演会講師の選定について ④ゆきみらい 2013in 秋田及びふゆトピア 2014in 釧路の計画概要について ⑤その他

■情報化施工推進検討WG 第3回事務局会議

月 日：1月28日（月）

場 所：北海道支部会議室

出席者：田中勝 WG 座長ほか10名

内 容：①「情報化施工フォーラム 2013」の開催について ②情報化施工推進検討WGの開催概要・平成24年度WG活動状況・平成25年度WG活動内容 ③平成25年度以降のWG推進体制について

■フォーラム「北から変える日本の未来」

月 日：1月30日（水）

場 所：道新ホール

出席者：熊谷勝弘支部長ほか10名

内 容：①基調講演「北海道の未来を開く『国土強靱化』」…内閣官房参与・京都大学大学院教授 藤井聡氏 ②パネeldiscussion

■ 東 北 支 部

■建設部会

日 時：1月9日（水）

場 所：東北支部会議室

出席者：佐野真部会長ほか6名

内 容：①平成24年度活動実績 ②「支部たより」安全コーナー ③60周年記念誌の準備作業について ④その他

■施工部会・ゆきみらい 2013in 秋田

日 時：1月22日（火）

場 所：秋田地方総合庁舎 6F 会議室

出席者：秋田市建設部 奈良正右衛門次長ほか27名

議 題：①シンポジウム ②研究発表会 ③見本市 ④除雪機械展示・実演会 ⑤交流会 ⑥その他

■ 北 陸 支 部

■平成24年度「けんせつフェア北陸 in 金沢（仮称）」準備会

月 日：1月30日（水）

場 所：新潟美咲合同庁舎 1号館 4F 供用会議室

出席者：宮村兵衛事務局長代理出席

内 容：①実行委員会規約（案）について ②基本計画（案）について ③出展募集要領（案）について ④実行委員会について

■ 中 部 支 部

■「建設 ICT 施工ガイドブック（仮称）」

作成実行委員会実務者打合せ

月 日：1月7日（月）

出席者：上石委員ほか4名

場 所：施工技術研究所会議室

議 題：DVD化に向けての打合せ

■技術部会

月 日：1月17日（木）

出席者：青木部会長ほか4名

場 所：中部支部事務局

議 題：「情報化施工出前講習会」の実施について

■新年顔合わせ会

月 日：1月24日（木）

出席者：小川支部長ほか20名

場 所：中部支部事務局

■ 関 西 支 部

■建設用電気設備特別専門委員会(第394回)

月 日：1月30日（水）

場 所：中央電気倶楽部 会議室

議 題：①前回議事録確認 ②JEM-TR104 建設工事用受配電設備点検保守のチェックリスト審議 ③その他

■ 中 国 支 部

■第9回企画部会

月 日：1月21日（月）

場 所：中国支部事務局

出席者：高倉寅喜企画部会長ほか4名

議 題：①中国地方整備局との意見交換会の実施結果について ②平成25年度事業計画（案）について ③平成25年度「建設の機械化施工優良技術者表彰」の募集について ④その他懸案事項

■情報化施工推進のための勉強会（鳥取）

月 日：1月23日（水）

場 所：国土交通省鳥取河川国道事務所
参加者：43名

議 題：①情報化施工の最近の動向

②3次元データ作成・入力と帳票作成

■第5回広報部会

月 日：1月25日（金）

場 所：中国支部事務局

出席者：小石川武則広報部会長ほか4名

議 題：①広報誌（CMnavi）37号について ②広報活動に関する当面の課題等について ③その他懸案事項

■ 四 国 支 部

■協賛事業「四国建設広報協議会・平成24年第2回WG」

月 日：1月22日（火）

場 所：高松サンポート 合同庁舎アイホール

出席者：岩澤委式事務局長ほか加盟27団体・組織から24名

議 題：①建設フェア開催結果に関する各種報告 ②今後の方針に関するアンケート調査結果報告 ③平成25年度の協議会活動の方針について

■新技術・新工法活用工事現場の見学会

月 日：1月29日（火）

場 所：松山外環状道路・内川第1橋上部工事（松山市）

参加者：23名

内 容：①「松山外環状道路事業」の概要と整備効果について ②工事概要並びに当該現場の特徴と対策について ③合成床版の延命化と維持管理の省力化を図る新技術について

■ 九 州 支 部

■第8回企画委員会

日 時：1月23日（水）

出席者：久保田正春企画委員長ほか7名

議 題：①建設機械施工技術検定試験手引き販売について ②支部事務局移転について ③災害協定見直しについて ④本部・支部の意見交換会について ⑤整備局との意見交換会について

編集後記

2月15日にロシア南部に巨大隕石が落下し、多くの物的・人的被害がでました。このニュースをきっかけに改めて自然の脅威や宇宙の不思議を考えたり調べた人は多くいると思います。

地球に被害をもたらす恐れのある小惑星（隕石）は4700個以上あるとか、地球に隕石がぶつかって月が生まれたとか、ロシアでは事故等の証拠用に車載カメラが当たり前なため多くの車から落下映像が撮れたとか、連日の報道で色々な雑学が自然にインプットされてきています。

隕石には鉄分等が多く含まれているらしく、すると宇宙にはまだまだ多くの資源があるのでは…と誰もが考えると思いますが、既に豊富な資源を求めて各国あるいはビジネスチャンスを窺うベンチャー企業が調査を行っているようです。近い将来、宇宙の惑星から採掘された資源が地球上で当たり前に使われる時代が来るかもしれません。

そもそも地球上の全ての物質は宇宙からもたらされているという説からすれば今月号の特集テーマである「新しい建設材料」も、元になって

いる素材は宇宙の産物に違いありません。

今月号の巻頭言では、埼玉大学副学長の睦好教授に建設材料に求められる性能について執筆頂きました。

また、行政情報として、（一財）土木研究センター片脇工学博士にコンクリート補修材料の標準化に向けた活動について、海外動向を踏まえた内容を紹介頂きました。

特集報文は、コンクリート関連5編、舗装関連2編、地盤改良2編、補修関連2編とできるだけ幅広い分野における材料関連のものを執筆頂きました。報文の中には幾つか震災の復旧、復興に貢献された事例も紹介されております。

交流のひろばでは、日本鉱業協会、スラグ委員会委員長栗栖様に非鉄スラグの有効活用等を紹介して頂きました。

これらの報文が少しでも皆様の参考になれば幸いです。

最後になりましたが、上記以外にもCMI報告、ずいそうを含め、ご多忙中にもかかわらず、快くご執筆を引き受けて頂いた執筆者の方々に心から厚く御礼を申し上げます。

（相田・藤島）

機関誌編集委員会

編集顧問

今岡 亮司	加納研之助
桑垣 悦夫	後藤 勇
佐野 正道	新開 節治
関 克己	高田 邦彦
田中 康之	塚原 重美
中岡 智信	中島 英輔
橋元 和男	本田 宜史
渡邊 和夫	

編集委員長

田中 康順 鹿島道路(株)

オブザーバ

山下 尚 国土交通省

編集委員

桑原 一登	農林水産省
伊藤 健一	(独)鉄道・運輸機構
篠原 望	鹿島建設(株)
和田 一知	(株)KCM
安川 良博	(株)熊谷組
原口 宏	コベルコ建機(株)
原 茂宏	コマツ
藤永友三郎	清水建設(株)
赤神 元英	日本国土開発(株)
山本 茂太	キャタピラー ジャパン(株)
久保 隆道	(株)竹中工務店
齋藤 琢	東亜建設工業(株)
相田 尚	(株)NIPPO
船原三佐夫	日立建機(株)
岡本 直樹	山崎建設(株)
川西 健之	(株)奥村組
石倉 武久	住友建機(株)
江本 平	範多機械(株)
京免 継彦	佐藤工業(株)
岡田 英明	五洋建設(株)
藤島 崇	施工技術総合研究所

4月号「災害対応・災害復旧・復興特集」予告

- ・震災がれきを活用した海岸堤防の施工 仙台湾南部海岸堤防復旧プロジェクト
- ・東北中央自動車道の管理設備計画 安全・安心な走行空間確保のために
- ・九州北部豪雨による矢部川の堤防決壊と九州地方整備局の対応
- ・災害現場へのロボット技術の適用
- ・放射性物質に汚染されたバイオマスへのガス化発電による減容化処理
- ・LIBRA 工法にみる重仮設の急速施工化とその災害復旧工事への適用可能性
- ・八戸港八太郎地区防波堤災害復旧工事
- ・東日本大震災により被災した三陸鉄道の復旧状況
- ・探査用無人飛行ロボットシステム（SARA-S）による探査活動報告
- ・高所法面掘削機による掘削工法
- ・河道閉塞災害への「呼び水サイフォン排水装置」の提案 起動力は「水の力」！
- ・急速架設できる緊急スマート仮橋の車両通行公開実験

産学共同研究としての車両用モバイルブリッジ™の1号機試作による、「かけはし」開発作戦

No.757「建設の施工企画」 2013年3月号

〔定価〕1部840円（本体800円）

年間購読料9,000円

平成25年3月20日印刷

平成25年3月25日発行（毎月1回25日発行）

編集兼発行人 辻 靖三

印刷所 日本印刷株式会社

発行所 一般社団法人日本建設機械施工協会

〒105-0011 東京都港区芝公園3丁目5番8号 機械振興会館内

電話 (03) 3433-1501；Fax (03) 3432-0289；<http://www.jcmanet.or.jp/>

施工技術総合研究所	〒417-0801 静岡県富士市大淵 3154	電話 (0545) 35-0212
北海道支	部〒060-0003 札幌市中央区北三条西2-8	電話 (011) 231-4428
東北支	部〒980-0802 仙台市青葉区二丁目16-1	電話 (022) 222-3915
北陸支	部〒950-0965 新潟市中央区新光町6-1	電話 (025) 280-0128
中部支	部〒460-0002 名古屋市中区丸の内3-17-10 三愛ビル5階	電話 (052) 962-2394
関西支	部〒540-0012 大阪市中央区谷町2-7-4	電話 (06) 6941-8845
中国支	部〒730-0013 広島市中区八丁堀12-22	電話 (082) 221-6841
四国支	部〒760-0066 高松市福岡町3-11-22	電話 (087) 821-8074
九州支	部〒812-0013 福岡市博多区博多駅東2-8-26	電話 (092) 436-3322

本誌上への広告は(株)共栄通信社までお問い合わせ下さい。

本社 〒105-0004 東京都港区新橋3-15-8（精工ビル5F） 電話 03-5472-1801 FAX03-5472-1802 E-MAIL：info@kyoeitushin.co.jp

担当 本社編集部 宗像 敏

KOBELCO

低燃費のコベルコ!
低炭素社会の実現へ

しん せい き
新 たな 世 代の建 機

登場、



HYBRID
SK200H 10月販売開始

HYBRID
SK200H。

コベルコの
新世機

圧倒的な燃費性能で新たな世代をリードするコベルコの「新世機」。
その技術で、低燃費のコベルコは、もっと低燃費のコベルコになる。

約16%の燃料削減
(JCMAS測定方式)

ハイブリッド化により、従来機(SK200-8)に比べ
約16%燃料消費量を低減。

オフロード法
2011年基準適合

排気ガス後処理装置の搭載により
排出ガス中のPM(粒子状物質)を大幅削減。



コベルコ建機株式会社

東京本社 / 〒141-8626 東京都品川区東五反田 2-17-1 ☎03-5789-2111
www.kobelco-kenki.co.jp



マシンケアテック 株式会社

〒361-0056 埼玉県行田市持田1-6-23
TEL: 048-555-2881 FAX: 048-555-2884
URL: <http://www.machinecaretech.co.jp/>

ボルボ ABG アスファルトフィニッシャー

環境・安全・品質 — 設立以来揺るがぬボルボのコアバリュー
舗装性能、環境性、メンテナンス性、信頼性の向上を実現した
最新アスファルトフィニッシャーをお届けします

VOLVO CONSTRUCTION EQUIPMENT

www.volvoce.com



— 後付2 —

GOMACO

Gomaco社の舗装機器は、どんなスリップフォーム工法にも対応します。



Commander III

最も汎用性の高い機種です。一般道路舗装のほか、路盤工事、河川工事、分離帯・縁石などの構造物構築に最適です。



RTP-500

長ブームの碎石・コンクリート搬入機です。このほかにも、ロック・ホッパーなどへの舗装支援機器として、どんなスリップフォーム機械にも対応可能です。



マシン ケアテック 株式会社

〒361-0056 埼玉県行田市持田 1-6-23
TEL:048-555-2881 FAX:048-555-2884
URL: <http://www.machinecaretech.co.jp/>

Mikasa 
http://www.mikasangyo.com

多様なニーズに確かな技術で応えます。
進化を続ける三笠の自信作。

パイプロコンパクター
MVH-306DSC



防音型
タンピングランマー
MT-55L-SGK
NETIS登録
TH-100005-A



低騒音型
コンクリートカッター
MCD-216S-SGK
低騒音指定番号
4510



低騒音型
バイブレーションローラー
MRH-600DSA
低騒音指定番号
4507



静音型
プレートコンパクター
MVC-F60S
NETIS登録
TH-100006-A



高周波バイブレーター
FX-40RE/FU-161



三笠産業株式会社
MIKASA SANGYO CO., LTD. TOKYO, JAPAN

本社／〒101-0064 東京都千代田区猿樂町1-4-3 TEL：03-3292-1411（代）

大阪支店 TEL:06-6541-9631
札幌営業所 TEL:011-892-6920
仙台営業所 TEL:022-238-1521
新潟出張所 TEL:090-7422-8801

北関東営業所 TEL:0276-74-6452
長野出張所 TEL:080-1013-9542
中部営業所 TEL:052-451-7191
金沢出張所 TEL:080-1013-9538

中国営業所 TEL:082-875-8561
四国出張所 TEL:087-868-5111
九州営業所 TEL:092-431-5523
南九州出張所 TEL:080-1013-9558

沖縄出張所 TEL:090-7440-0404

世界の建機に採用される非接触型センサー

elobau 
sensor technology



Claas Renault 社向
アームレスト

**bauma
2013**



2013 年 4 月 15 日 [月] ~ 21 日 [日] ドイツ・ミュンヘン
Hall A3 booth 420

4 月 16 日 (火) 午後半日
本社工場見学無料ツアー開催決定!!
(ミュンヘン ⇄ ロイトル 間送迎)
* 詳細は、下記日本支社担当までお問い合わせ下さい。
ブースにも日本人スタッフが常駐しております。

bauma 2013 出品予定新製品



日本エロバウ株式会社 elobau Japan K. K.

〒160-0023 東京都新宿区西新宿 6-10-1 日土地西新宿ビル 8 階 TEL 03-5325-3302 FAX 03-6745-9237

E-mail info@elobau.co.jp <http://www.elobau.co.jp/> 担当: 長橋 090-7106-5486 t.nagahashi@elobau.co.jp

- (社)日本産業広告協会会員
- 学術誌広告業協会会員



We will serve you a message from heart to heart.



数ある情報誌のうちの確に
ユーザーの脳裏を捕えるものは？
それは学会・協会誌です。



的確な判断、敏速な対応そして広い視野を持った時、初めて時代
の変化をキャッチし広告することの意義を考えさせられます。弊社
は、皆様の心をアピールする手助けをモットーに心がけております。

お問合せ・お申し込みは・・・



学術・技術誌専門広告代理業
株式会社 共栄通信社

本 社：〒105-0004 東京都港区新橋4-24-3 エムエフ新橋904
電話：03-5472-1801(代表) FAX：03-5472-1802
E-mail：info@kyoeitushin.co.jp
神戸出張所：〒655-0046 神戸市垂水区舞子台6-10-13-406
電話&FAX：078-785-5658

本誌掲載広告カタログ・資料をご希望の方に・・・

建設の施工企画(月号) 広告掲載下記カタログを請求します。

ご 芳 名			
会 社 名 (校 名)		所 属 部 ・ 課 名 (学 科)	
所 在 地 (または住所)	〒	TEL	
		FAX	
会 社 名		製 品 名	

上記に所要事項ご記入の上 (株)共栄通信社『建設の施工企画』係宛
(〒105-0004 東京都港区新橋4丁目24番3号 TEL03-5472-1801/FAX03-5472-1802)にお送り下さい。

— 後付6 —

確かな技術で世界を結ぶ

Attachment Specialists

任意の高さに停止可能

パラレルリンクキャブ



パラレルリンクキャブ仕様車

車の解体・分別処理を大幅にスピードアップ

自動車解体機



自動車解体機

ワイドな作業範囲で効率の良い荷役作業

スクラップハンドラ



スクラップハンドラ仕様車

スクラップ処理で高い作業効率を発揮

リフティングマグネット



リフティングマグネット仕様車

船舶・プラント・鉄骨物解体に威力を発揮する

サーベルシア



MSD4500R

丸太や抜根を楽々切断する

ウッドシア



MWS700R (油圧全旋回式)



マルマテクニカ株式会社

URL <http://www.maruma.co.jp>

■名古屋事業所

愛知県小牧市小針2-18 〒485-0037
電話 0568(77)3312
FAX 0568(77)3719

■本社・相模原事業所

神奈川県相模原市南区大野台6丁目2番1号 〒252-0331
電話 042(751)3800
FAX 042(756)4389

■東京事業所

東京都世田谷区桜丘1丁目2番22号 〒156-0054
電話 03(3429)2141
FAX 03(3420)3336

ミニベンチ工法 両用型 ショートベンチ工法

RH-10J-SS 強力型ブームヘッダー



主な特長

- カッター出力は330kWで、強力な切削力を発揮し、軟岩から硬岩まで幅広い地質に対応。
- 機体寸法は、高さ3.9m×幅4.2m×長さ16.5m（ケーブルハンガーを除く）
- 定位置最大切削範囲は、高さ8.75m×幅9.5m
- 高圧水ジェット噴射で粉塵抑制とピック消費量低減。
- 接地圧が低く、軟弱地盤にも対応。

KYB カヤバ システム マシナリー株式会社

KAYABA SYSTEM MACHINERY CO., LTD

<http://www.kyb-ksm.co.jp>

本 社 ・ 営 業	〒105-0012	東京都港区芝大門2丁目5番5号 住友不動産芝大門ビル	TEL. 03-5733-9444
カスタマーサービス相模事業所	〒252-0328	神奈川県相模原市南区麻溝台1丁目12番1号	TEL. 042-767-2586
大 阪 支 店	〒564-0063	大阪府吹田市江坂町1丁目23番20号 TEK第二ビル	TEL. 06-6387-3371
西 部 支 店	〒812-0016	福岡県福岡市博多区博多駅南1丁目7番14号 ボイス博多	TEL. 092-411-4998
三 重 工 場	〒514-0396	三重県津市雲出長常町1129番地11	TEL. 059-234-4111

クレーン、搬送台車、建設機械、特殊車輛他 産業機械用無線操縦装置

今や、業界唯一。
日本国内 自社自力生産・直接修理を実践中！

ポケットサイズ ハンディ～ショルダー機 フルラインアップ!!

ケーブルレス サテレタ リンカー 離操作

Nシリーズ 微弱電波
Rシリーズ 産業用ラジコンバンド
Uシリーズ 429MHz帯 特定小電力
Gシリーズ 1.2GHz帯 特定小電力
ボーバ 防爆形無線機

- ◆ 業界唯一のフルラインの品揃えとオーダー対応制度で多様なニーズに対応！
- ◆ 常に！業界一のコストパフォーマンス！
- ◆ 迅速なメンテナンス体制！
- ◆ 未来を見据えた過去の実績を見て下さい！
代々互換性を継承、補修の永続制

新 スリム ケーブルレス より安価なオーダー対応を実現！

N/U/Gシリーズ
微弱電波・特定小電力
両モデル対応
2段階押し・特殊
スイッチ装着可能
自由度の高い
多様なオーダー対応
ボタン配置自在／最大32点
自社開発 高耐久性
2段階押しスイッチを
装着可能
モデルチェンジ！
内部設計を
一新
全ての
互換を優先
しました
優れた
耐塵・防雨性能
送信機はIP65相当
パネルゴム突起で
操作クリック感が
向上

8操作標準型
RC-5808N
●8操作8リレー
●軽量コンパクト
受信機
セットで
15.75万円

12操作標準型
RC-5812N
●12操作12リレー
●照明出力リレーの
保持を標準採用
セットで
17.85万円

16ボタン
モデル
16操作標準型
RC-5816N
●16操作16リレー
●同じ外形で
16個のボタンを
コンパクトに配置

マイコン ケーブルレス

N/U/Gシリーズ
標準型
RC-6016N
●16操作16リレー
最大25リレーまで
対応可能
セットで
21万円
防爆形 対応可能 (N/Uシリーズ)

N/U/Gシリーズ
微弱電波・特定小電力
両モデル対応
2段階押し・特殊
スイッチ装着可能
標準型
RC-8516N
●16操作16リレー
最大32リレー迄
対応可能
セットで
23.1万円
タフ
頑強 ケーブルレス
無理難題を
一刀両断!! 最強ハンディ機登場!
堅牢なボディ
耐衝撃性能が向上
優れた
耐塵・防雨性能
送信機はIP65相当
裏面スイッチ
ハンディなのに
特殊スイッチを
装着可能
特殊スイッチ
オーダー対応例
防爆形はTX-8400型送信機で対応 (Nシリーズのみ)

マイティ サテレタ N/U/Gシリーズ
微弱電波・特定小電力
両モデル対応
防爆形 対応可能 (Nシリーズのみ)
ジョイスティック
特殊スイッチ装着可能
3ノッチジョイスティック型
RC-7132N
セットで
94.5
万円
全押しボタン
RC-7126N
セットで 47.25万円
ジョイスティック
2本装着オーダー例

旧アンリツ製 デジタルテレコン
入替専用モデル
●操作信号数 最大32点
(またはプロボ最大6項目と入出力信号26点以下)
新型ジョイスティック
3ノッチ
ジョイスティック型
RC-7233UAN
スイッチガード付き押しボタン
全押しボタン型
オーダー例
RC-7215U

チップ ケーブルレス Nシリーズ
微弱電波モデル
対応
標準型
RC-3208N
●8操作
8リレー
セットで
12.6万円
コンパクトという選択肢!!
片手で握り替えずに
正逆操作が行えます!
チップ部品採用で
ポケットサイズ化
トコトン機能を絞って
コストダウン
アルカリ乾電池なら
連続使用6時間以上
高い防水性能
送信機はIP65
従来の機と
信号互換あり!
受信機は既設のままで送信機のみ取替も可

ケーブルレスミニ ポケットサイズの本格派!
微弱電波・ラジコンバンド
両モデル対応
N/Rシリーズ
●微弱Nシリーズは、240MHz化でより安定した電波の飛び!
●2段階押しスイッチ追加可能! (オプション)
●3操作3リレー
最大5リレーまで対応可能
特許! テルハには
ゼロ線電源*で
電気配線工事 不要!!
更におんぶ! だっこ金具*で
取付簡単!! (*オプション)
標準型
RC-4303N/R
セットで
10.5万円
取付例

リンカー 離操作 N/U/Gシリーズ
微弱電波・特定小電力
両モデル対応
標準型
RC-2512N
●12操作12リレー
最大32リレーまで対応可能
●見易くなったLED電池残量告知ランプ付
セットで
23.1万円
価格もサイズも
ハンディー並み!
軽量コンパクト
ショルダータイプ

データ ケーブルレス 工夫次第で用途は無限!
微弱電波・特定小電力
ラジコンバンド
全モデル対応
N/R/U/G
シリーズ
●機器間の信号伝送に!
●多芯の有線配線の代わりに!
送信機
(外部接点入力型)
7100型
6300型
5700型
3200型
受信機
標準型 写真
Uシリーズ
セットで
21.525万円
TC-1305R
TC-1308N(微弱電波) 23.1万円

MAX サテレタ Uシリーズ
Gシリーズ
特定小電力
専用モデル
ジョイスティック
特殊スイッチ装着可能
RC-9300U
●多機能多操作
(比例制御対応も可)
全押しボタン
装着タイプ
セットで
99.75万円
金属シャシの
多操作・特注仕様専用機!!
無線変速ジョイスティック
2本装着例

無線式火薬庫警報装置
発破番 ES-2000R
標準付属品付
セットで
42万円
●長距離伝送
到達距離約2km～(6km)
●受信機から
電話回線接続機能
●高信頼性
異常判定アルゴリズム
●音声メッセージで
異常箇所を連絡(受信側)
●大音量警鳴音発生
110dB/m
ER-2000R(受信機) ET-2000R(送信機)
2km (6km)

無線化工事のことならフルライン、フルオーダー体制の弊社に今すぐご相談下さい。また、ホームページでも詳しく紹介していますのでご覧下さい。 朝日音響 検索

常に半歩、先を走る パンチャー企業創出支援投資 対象企業
朝日音響株式会社
〒771-1350 徳島県板野郡上板町瀬部
FAX: 088-694-5544(代) TEL: 088-694-2411(代)
<http://www.asahionkyo.co.jp/>

Global Teamwork
KOMATSU

地面のことを考えるように、
空のことも考えよう。

Thumbs up for cleaner air

「日・米・欧 新排出ガス規制*」に適合した
コマツの次世代建設機械。
燃料消費量も平均 10% 低減 (従来機比) しました。
30 機種以上を、次々と発売していきます。

Global Teamwork for Tomorrow

*米国の「Tier4 Interim」、欧州の「Stage IIIb」につづき、
日本では、オフロード法 (特定特殊自動車排出ガスの規制等に関する法律)
2011 年基準が適用開始されます。

We are launching over 30 next-generation models certified
for the new emission control standard of Japan,
the United States and Europe.
They are ready to cut down 10% of your fuel expenses
on average, when compared to conventional models.



新サービスプログラム「KOMATSU CARE」
(コマツ・ケア) でサポート。



コマツ国内販売本部

〒107-8414 東京都港区赤坂 2-3-6 <http://www.komatsu-kenki.co.jp>

「建設の施工企画」

定価 一部 八四〇円

本体価格八〇〇円

雑誌 03435—3



4910034350339
00800