

建設の施工企画 **5**

2010 MAY No.723 JCOMA

粒形改善砂（ガリバー砂）製造装置



建設施工におけるコンクリート 特集

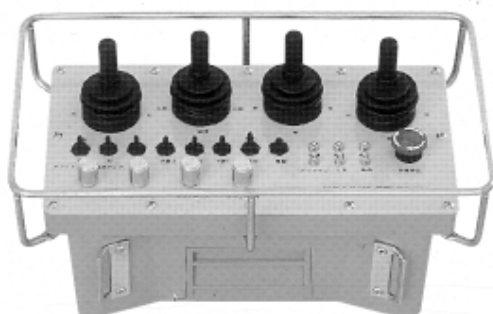
- 東北地方におけるコンクリート構造物設計・施工ガイドライン(案)
- ICタグを活用したコンクリートの偽装防止対策に向けて
- 品質の良いコンクリートを作るために
- 生コンの品質向上への取組み
- コンクリート生産設備に求められる「生コン品質向上」における現状
- 超早強・超高強度コンクリートを利用した
プレキャスト・プレストレストコンクリート(PCaPC)梁の適用とさらなる開発
- フルサンドイッチ型合成セグメントの構造特性と製造方法
- 暑中コンクリートの運搬中の温度上昇に関する研究
- 150N/mm² 級超高強度コンクリートのポンプ圧送
- コンクリート自動連続成型機械による路側構造物の施工事例
- FSフォーム工法(透水型枠工法)によるトンネルインバート施工
- コンクリート養生システムの開発
- 土木構造物を対象としたコンクリートの品質確保に向けた技術開発

社団法人 日本建設機械化協会

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）又は油圧バルブ用出力仕様も可能。
- 充電は急速充電方式（ ΔV 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>

情報化施工研修会のご案内 ～ICT建設機械の実地研修～

ICTを活用した新しい施工技術である情報化施工は、施工品質の向上や熟練度に左右されない高い精度の施工などを実現する方法として、更なる普及が期待されています。平成20年7月、国土交通省が設置した『情報化施工推進会議』は、「情報化施工推進戦略」を提言しましたが、その中でも「人材育成」が非常に重要であることを指摘しています。

(社)日本建設機械化協会は、3次元データを利用した建設機械制御に関する実践的な教育により、情報化施工に対応できる技術者を育成することを目的として、「情報化施工研修会」を開催しております。

今回の研修会は下記日程で実施することとしておりますので、研修生の募集についてご案内申し上げます。

なお、当協会ホームページにおいてもご案内をしております。

記

1. 開催日程： 平成22年6月17日(木)～18日(金)
平成22年7月22日(木)～23日(金)
2. 場 所：(社)日本建設機械化協会施工技術総合研究所（静岡県富士市大淵3154）
『情報化施工・安全教育研修センター』
3. 主 催：社団法人 日本建設機械化協会
4. 対 象：建設現場管理者、建設機械オペレーター、その他マシンコントロールの体験あるいは習得を希望する方。
5. 研修会のコース

コース名	研 修 目 標	受 講 資 格	受 講 費 用
体験コース (開催期間 初日の1日) CPDS認定研 修(6unit) 定員:20名	○マシンコントロール(MC、MG)を用いた施工の概要(システム構成、運用)を把握する ○MC、MG用データを使用した 実機施工を試乗体験 する	①特になし (「車両系建設機械(整地・運搬・積み込み用及び掘削用)運転技能講習」修了者であれば、施工機械の運転体験が可能)	<u>20,000円/人</u>
実務コース (2日間) CPDS認定研 修(14unit) 定員:20名	○設計図面を読みMC、MG用 データ作成 をマスターする ○測量データを利用し データ作成、出来形管理の基本 を習得する ○ 実機を用いた実習 によりMC、MG施工の基本を習得する	①特になし (「車両系建設機械(整地・運搬・積み込み用及び掘削用)運転技能講習」修了者であれば、施工機械の運転体験が可能)	<u>88,000円/人</u> ○研修用パソコンの利用(一人1台) ○「 研修修了証 」を発行

- ・体験コースを既に受講した方が**実務コースを再受講する場合、68,000円/人**で受講できます。
- ・主に、(株)トプコン製のシステムを使用して実施します。
- ・受講費用には、建機・機材のレンタル費、パソコンの利用、傷害保険、テキストなどの費用が含まれています。宿泊費、食事代は含みません。
- ・ヘルメット、安全チョッキは当方で準備します。なお、実習の際は安全靴の着用をお願いします。
- ・諸般の事情により内容を変更する場合があります。

発売中

平成 22 年度版 建設機械等損料表

■発売期日 : 5月10日

■本の体裁 : B5判 モノクロ 約740頁

■価格(消費税込)

一般 : 7,700円

会員等 : 6,600円(官公庁・学校関係を含む)

■送料単価 : 600円(沖縄県を除く日本国内)

* 複数発注の場合、送料単価は減額します。

* 沖縄県の方は(社)沖縄建設弘済会(098-879-2097)にお申込み下さい。

■内容・特長

★国土交通省制定「建設機械等損料算定表」
改定に基づいて編集

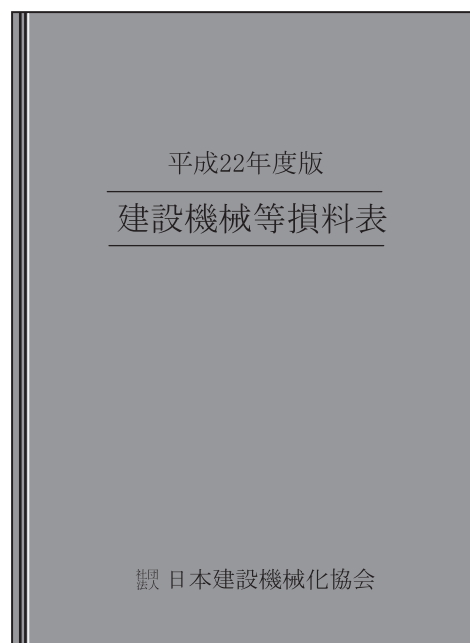
★損料積算例や損料表の構成・内容を
わかりやすく解説

★機械経費・機械損料等に関する
通達類を掲載

★各機種の燃料消費量を掲載

★各種建設機械の概要・特徴を
図や写真で紹介

★当協会発行「日本建設機械要覧」の
該当(参照)ページを掲載



(社)日本建設機械化協会

大口径・大深度の削孔工法の設計積算に欠かせない必携書

大口径岩盤削孔工法の積算

平成22年度版

∞∞ 発刊のご案内 ∞∞

平成22年4月 社団法人 日本建設機械化協会

謹啓、時下益々ご清祥のこととお喜び申し上げます。

平素は当協会の事業推進について、格別のご支援・ご協力を賜り厚く御礼申し上げます。

本協会では、平成20年5月に「大口径岩盤削孔工法の積算 平成20年度版」を発刊し、関係する技術者の方々に広くご利用いただいております。

さて、このたび国土交通省の土木工事積算基準及び建設機械等損料表等が改正され、平成22年4月1日以降の工事費の積算に適用されることに伴い、当協会では、内容をより充実し、また解りやすく説明した「大口径岩盤削孔工法の積算 平成22年度版」を発刊することと致しました。

つきましては、大口径岩盤削孔工事の設計積算業務に携わる関係各位の皆様には是非ご利用いただきたくご案内申し上げます。 敬 具

◆ 内 容

平成22年度版の構成項目は以下のとおりです。

第1編 適用範囲	第2編 工法の概要	第3編 アースオーガ掘削工法の標準積算
第4編 ロータリー掘削工法の標準積算	第5編 パーカッション掘削工法の標準積算	
第6編 ケーシング回転掘削工法の標準積算	第7編 建設機械等損料表	第8編 参考資料

◆ 改訂内容

平成20年度版からの主な改訂事項は以下のとおりです。

- ・ 国交省の損料改正に伴う関連箇所の全面改訂
- ・ ケーシング回転掘削工法のビット損耗量の設定
- ・ 工法写真、標準積算例による解りやすい説明
- ・ 施工条件等に対応した新たな岩盤削孔技術事例の追加
- ・ “よくある質問と回答”の追加

● A4版／約250頁（カラー写真入り）

● 定価

非会員：5,880円（本体5,600円）

会 員：5,000円（本体4,762円）

※ 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 450円

沖縄県 340円（但し県内に限る）

※ なお送料について、複数又は他の発刊本と同時に申込みの場合は別途とさせていただきます。



橋梁架設工事及び設計積算業務の必携書

橋梁架設工事の積算

平成 22 年度版

∞ ∞ ∞ 改訂・発刊のご案内 ∞ ∞ ∞

平成 22 年 4 月 社団法人 日本建設機械化協会

謹啓、時下益々ご清祥のこととお喜び申し上げます。

平素は当協会の事業推進について、格別のご支援・ご協力を賜り厚く御礼申し上げます。

さて、このたび**国土交通省の土木工事積算基準及び建設機械等損料表が改正**され、平成 22 年 4 月以降の工事費の積算に適用されることに伴い、また近年の橋梁架設工事の状況、実績等を勘案し、当協会では「**橋梁架設工事の積算 平成22年度版**」を発刊することと致しました。

なお前年度版同様、橋梁の補修・補強工事の積算に際し、その適用範囲や積算手順をわかりやすく解説した「**橋梁補修補強工事積算の手引き 平成22年度版**」を別冊(セット)で発刊致します。

つきましては、橋梁架設工事の設計積算業務に携わる関係各位の皆様には是非ご利用いただきたくご案内申し上げます。

敬 具

◆内容

平成 22 年度版の構成項目は以下のとおりです。

- 〈本編〉第 1 章 積算の体系 第 2 章 鋼橋編
第 3 章 P C 橋編 第 4 章 橋梁補修
第 5 章 橋梁架設用仮設備機械等損料表
(架設用機械の概要、写真・図解付き)
- 〈別冊〉橋梁補修補強工事 積算の手引き
(補修・補強工事積算の適用範囲・手順の解説)

◆改訂内容

主な改訂事項は以下のとおりです。

1. 積算の体系

- ・大都市補正地区の拡大
- ・施工箇所が点在する工事の積算方法

2. 橋種別

1) 鋼橋編

- ・損料改定による複合損料全面改訂
- ・FRP 検査路歩掛、鋼製排水溝設置新規掲載
- ・大型箱桁等地組架台数量算定式追加
- ・補修工事新規歩掛掲載
- ・積算例題 (トラックレバント工法連続钣桁改定)

2) P C 橋編

- ・トラス梁特殊支保工 歩掛の追加
- ・プレキャストセメント単純 T 桁橋 架設桁、トラックレバントによる併用架設 積算例の追加
- ・説明文章の修正及び追加

3) 橋梁架設用仮設備機械等損料表

- ・損料全面改訂



- B 5 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)
- ※ なお送料について、複数又は他の発刊本と同時に申込みの場合は別途とさせていただきます。

「建設機械等損料、橋梁架設・大口径岩盤削孔の施工技術と積算」 講習会のご案内

・CPDプログラム認定講習会
・後援：(社)建設コンサルタンツ協会

〒105-0011 東京都港区芝公園3丁目5-8(機械振興会館)
(社)日本建設機械化協会
電話(03)3433-1501 Fax(03)3432-0289
URL:<http://www.jcmanet.or.jp/>

平素は当協会の事業に対しまして、格別のご支援ご協力を賜り厚くお礼申し上げます。
さてこの度、当協会では「建設機械等損料、橋梁架設・大口径岩盤削孔の施工技術と積算」に関する講習会を開催することとなりました。

プログラムに該当する当協会の発刊図書(下記5の表、又は別途「発刊のご案内」チラシ参照)の内容に関し、平成22年度の改訂点(鋼橋、PC橋)、積算方法ならびに施工技術等について解りやすく説明することによって、充分なご理解を得ると共に円滑な業務執行等の一助となりますことを願い実施するものです。
是非多数ご参加下さいますようご案内申し上げます。

記

1. 日 時：平成22年6月17日(木)10時00分～16時50分
2. 場 所：機械振興会館地下3階 研修1号室 (会場案内図参照)
3. 題目と講師：
 - ① 10:00～10:05 挨拶 (社)日本建設機械化協会
 - ② 10:05～11:35 大口径岩盤削孔の施工技術と積算 (社)日本建設機械化協会
(CGビデオを用いた施工法解説。工法選定、積算例の解説) 大口径岩盤削孔委員会委員
 - 【昼休み】
 - ③ 12:30～13:30 建設機械等損料の積算 (社)日本建設機械化協会
(損料表の見方、使い方) 機械経費調査部部長
 - 【休 憩】
 - ④ 13:40～15:10 鋼橋架設の施工技術と積算 (社)日本建設機械化協会
(主な改訂点、歩掛等の説明、積算例の解説) 橋梁架設工事委員会委員
 - 【休 憩】
 - ⑤ 15:20～16:50 PC橋架設の施工技術と積算 (社)日本建設機械化協会
(工事写真を用いた積算手順、積算例の解説) 橋梁架設工事委員会委員
4. 定 員：110名 (定員になり次第、締切りとなります。)
5. 参加費：本協会員 8,000 円、その他 10,000 円 (いずれも消費税込みで、テキスト代は含みません。)

当日講習会で使用するテキストは「建設機械等損料表」、
「橋梁架設工事の積算、橋梁補修補強工事の手引き」及び
「大口径岩盤削孔工法の積算」(いずれも平成22年度版)
です。(当日簡単なテキストの補助レジメを配布予定)

	会 員	会員以外
建設機械等損料表	6,600円/冊	7,700円/冊
橋梁架設工事の積算、手引き	7,140円/冊	8,400円/冊
大口径岩盤削孔工法の積算	5,000円/冊	5,880円/冊

なお、テキストをお持ちでない方は、参加申込書に必要部数を記入して申込みいただければ、講習会当日に会場でお渡しします。(有料) (官公庁は会員価格です。)

6. 申込期限：平成22年6月14日(月) ただし、申込期限内でも定員に達すれば締切りとなります。
7. 申込方法及び支払方法：講習会参加申込書をダウンロードし、必要事項を記入の上、FAX でお申込下さい。
お返し聴講券と参加費等の請求書をお送りします。
8. 支払い方法：原則として講習会開催前までに、請求書記載の指定銀行等に振り込んで下さい。
(開催当日現金でのお支払い受付は出来ません。)
9. 事務局：〒105-0011 東京都港区芝公園3-5-8(機械振興会館) (社)日本建設機械化協会
電話 03-3433-1501 FAX 03-3432-0289 企画部

10. 備考

- (1) ご都合により午後から参加される方も、受付で手続をして頂くことで入室は可能です。
- (2) 当協会の東北、中部、関西、中国及び九州支部でも講習会を開催致しますので、当協会のホームページでご確認下さい。
(なお、支部により一部プログラム等が異なる場合がありますのでご注意下さい。)

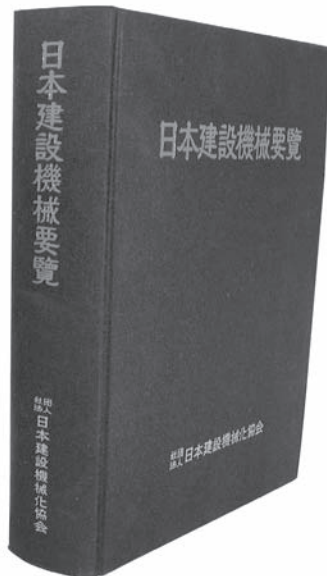
日本建設機械要覧 2010

発行ご案内

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ご活用頂き、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、主要諸元、性能、特長等の技術的事項を網羅しております。

今回も特典により、2001年版、2004年版、2007年版のデータもご活用頂けるため、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信じております。



体 裁

B5判、約1480頁／写真、図面多数／表紙特製

価 格

会 員 43,050円（本体41,000円）

非会員 51,450円（本体49,000円）

価格には消費税5%が含まれております。

（注）送料は1冊1,050円となります。

平成22年3月19日発行

「会 員」・・・本協会の本・支部会員または、官公庁、
学校等公的機関

「非会員」・・・上記以外

特 典（要覧クラブ）

1. 日本建設機械要覧2010ご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年版及び2007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2010年版を含めると1998年から2009年までの建設機械データがご活用頂けます。
2. 「建設の施工企画」誌の「新機種紹介」欄の記事を要覧クラブに転載しますので、最新の新商品情報が閲覧頂けます。

2010年版 内容目次

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

情報化施工に関する入門書

情報化施工ガイドブック 2009

発刊のご案内

平成 21 年 11 月 社団法人 日本建設機械化協会

謹啓 時下益々ご清祥のこととお慶び申し上げます。

また、平素より、当協会の事業推進につきまして、ご理解・ご協力を賜り厚く御礼申し上げます。

さて、昨年 7 月 31 日に国土交通省におきまして「**情報化施工推進戦略**」がとりまとめられ、国土交通省の行う直轄事業の**道路土工、舗装工、河川土工**については、**2012 年までに情報化施工を標準的な施工・施工管理方法とすることが位置付け**されました。

当協会におきましても、「情報化施工推進戦略」の目標を達成するため、情報化施工に携わります人材の育成等に努めておりますが、より一層の普及に資するため、「**情報化施工ガイドブック 2009**」を発刊致しました。

つきましては、情報化施工に携わる発注者、建設業者、建設機械メーカー、レンタル業者等関係各位の皆様には是非ご利用いただきたくご案内申し上げます。

謹白

◆内容

第 1 章 情報化施工の動向

情報化施工技術の変遷、情報化施工技術の種類、情報化施工の特徴、情報化施工推進戦略等

第 2 章 マシンガイダンスシステム (MG)

マシンガイダンスシステムの概要、ショベルMGの実施手順、MG用設計データの作成等

第 3 章 マシンコントロールシステム (MC)

マシンコントロールシステムの概要、MCの実施手順、MC用設計データの作成等

第 4 章 締固め情報化施工

締固め情報化施工の概要、締固め情報化施工の実施手順、締固め情報化施工に必要な機器

第 5 章 TS (トータルステーション) 出来形管理

TS 出来形管理の概要、施工計画書、基準点の設置、基本設計データの作成、出来形計測等

第 6 章 用語解説

第 7 章 参考資料

情報化施工推進戦略

◆本の体裁

A 4 版 一部カラー 本編 64 ページ 参考資料 52 ページ

◆特徴

- ・国土交通省が定めた情報化施工に関する各種要領を踏まえた内容。
- ・図、写真、表を使い読みやすく理解しやすい構成。
- ・実用化されている主要な技術を中心に最新の情報化施工技術も含めて紹介。
- ・用語解説及び参考資料として情報化施工推進戦略を掲載。

◆定価 (税込み)

会員：2,100 円 (本体 2,000 円)、一般：2,310 円 (本体 2,200 円)

なお、送料 (400 円) は別途いただきます。

建設の施工企画

2010 年 5 月号 No. 723

目次

建設施工におけるコンクリート 特集

- 3 巻頭言 コンクリートに愛情を 小澤満津雄
- 4 東北地方におけるコンクリート構造物設計・施工ガイドライン (案)
コンクリート構造物の耐久性向上に向けた取り組み 佐藤 和徳
- 8 IC タグを活用したコンクリートの偽装防止対策に向けて
..... 杉山 央・大久保孝昭
- 13 品質の良いコンクリートを造るために 骨材生産プラント 寺岡 敏男
- 18 生コンの品質向上への取り組み 松永 篤
- 25 コンクリート生産設備に求められる「生コン品質向上」における現状
..... 生形 正幸・田村 真・柳下 太志
- 29 超早強・超高強度コンクリートを利用したプレキャスト・
プレストレストコンクリート(PCaPC)梁の適用とさらなる開発
..... 小室 努・是永 健好・甲斐 隆夫
- 34 フルサンドイッチ型合成セグメントの構造特性と製造方法
..... 湯田坂幸彦・副島 直史・中川 雅由
- 40 暑中コンクリートの運搬中の温度上昇に関する研究 小山 智幸・小山田英弘
- 46 150N/mm² 級超高強度コンクリートのポンプ圧送 河野 政典
- 51 コンクリート自動連続成型機械による路側構造物の施工事例
..... 嶋田 勝弘・松下 真美
- 57 FS フォーム工法(透水型枠工法)によるトンネルインバート施工 ... 金谷 義之
- 61 コンクリート養生システムの開発 田村 隆弘・坂本 修・上野 秀昭
- 67 土木構造物を対象としたコンクリートの品質確保に向けた技術開発
..... 近松 竜一・入矢桂史郎
- 72 一般報文 道路除雪オペレータの実態と改善ポイント
..... (社)日本建設機械化協会 北陸支部雪氷部会 道路除雪オペレータ実態調査 WG
- 77 交流の広場 現場に生きる 挾土 秀平
- 80 ずいそう コンクリートと私 澁川雄二郎
- 81 ずいそう 平城宮跡と私 高野 浩二
- 82 CMI 報告 建設材料および構造物の性能評価
材料試験研究センター (仮称) , 疲労試験研究センター (仮称) の設立
..... 谷倉 泉・榎園 正義・渡邊 晋也

- 86 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

- 87 行 事 一 覧 (2010 年 3 月)
- 90 編 集 後 記 (石戸谷・中村)

◇表紙写真説明◇

多摩興産株式に設置されたガリバー砂製造装置「サンドガリバー」
写真提供：関東支部コンクリート工業会

媒体石と称する特別な石が入った回転ドラムの中に水と砕砂を投入することにより、砕砂の表面が研磨される。従来は湿式分級機に

より微粒分を排除していたが、これをサイクロン分級機で回収して再混合する装置を組入れた。砕砂の粒子形状および表面性状改質によるコンクリートの単位水量の低減と、微粒分添加によるブリーディングの低減効果が得られる。なお、「ガリバー砂」は宇部テクノエンジニア(株)により国土交通省の新技术情報提供システム (NETIS) に登録されている。

平成 22 年度「建設施工と建設機械シンポジウム」 論文発表・ポスター展示のご案内

“建設機械と施工法”に関する技術の向上などを目的に、技術開発、研究成果の発表の場として「建設施工と建設機械シンポジウム」を毎年開催しております。本シンポジウムでは、「未来を拓く建設施工と建設機械」をテーマとし、以下の 6 項目に関連する論文発表・ポスターの展示を行います。

①品質確保とコスト縮減 ②環境保全、省エネルギー対策 ③安全対策
④災害対応 ⑤ICT の利活用 ⑥維持・管理・補修
ぜひご参加ください。
会期：平成 22 年 11 月 9 日(火)
～ 10 日(水)
会場：機械振興会館

詳細問い合わせ先：
(社)日本建設機械化協会
調査研究部 阿部
TEL：03-3433-1501
FAX：03-3432-0289
e-mail：t-abe@jcmanet.or.jp

平成 22 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 22 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

話による問合わせをしてください。)
試験日
学科試験：平成 22 年 6 月 20 日(日)
実地試験：平成 22 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

験でき、日程は 8 月上旬に決定、通知します。
詳細問い合わせ先：
(社)日本建設機械化協会 試験部
TEL：03-3433-1575
<http://www.jcmanet.or.jp>

情報化施工研修会のご案内 － ICT 建設機械の実地研修－

3 次元データを利用した建設機械制御に関する実践的な教育により、情報化施工に対応できる技術者を育成することを目的として「情報化施工研修会」を開催しております。次回の研修生を次のとおり募集いたします。

1. 申込み方法

所定の申込書に記入の上、郵送、Fax

またはメールにて申込み。申込書は当協会ホームページより入手できます。
開催日 1 週間前をもって締切とします。
2. 開催日(以降、順次開催予定)
平成 22 年 6 月 17 日(木)～18 日(金)
平成 22 年 7 月 22 日(木)～23 日(金)
3. 受講費用
体験コース：20,000 円 / 人

実務コース：88,000 円 / 人 ※
(※研修用 PC を利用、修了証を発行)
詳細問い合わせ先：
(社)日本建設機械化協会(担当：白鳥)
TEL：03-3433-1501
<http://www.jcmanet.or.jp/>

「建設機械等損料、橋梁架設、大口径岩盤削孔の施工技術と積算」講習会のご案内

当協会が発刊する表題書 3 冊の平成 22 年度版の内容に関し、改訂点や積算方法に加え、施工技術の内容等をわかりやすく説明します。CPD プログラム認定登録している講習会です。

日時：6 月 17 日(木)
場所：機械振興会館
定員：110 名
詳細・申込等：「講習会案内及び申込書」を当協会の HP に掲載しています。

詳細問い合わせ先：
(社)日本建設機械化協会 企画部
TEL：03-3433-1501
FAX：03-3432-0289
<http://www.jcmanet.or.jp/>

巻頭言

コンクリートに愛情を

小澤 満津雄



近年、世界的な環境問題への取り組みが重要な課題となっている。CO₂を大量に排出して、セメントを製造し、そのセメントを使用してコンクリート構造物を建設する（または、その研究をする）ものにとって、非常に風当たりの強い時代である。

一方で、セメント産業は、大量の都市ゴミなどの廃棄物をセメント製造時に、燃料として受け入れ、ゴミ問題の解決に対し、一定の役割を担っていることは、あまり知られていない。また、国家財政が厳しいなか、社会資本（鉄筋コンクリート構造物など）の耐久性問題が盛んに議論され、既存の構造物の延命化による長期使用が必要な状況となっている。そんななか、2009年の政権交代により、政権与党 民主党は「コンクリートから人へ」のキャッチコピーを掲げた。しかしながら、本来、コンクリートは、使用する市民の生活を支える「緑の下の方持ち」の役割を担っており、「コンクリートか人か？」（Concrete or Human？）という対立的な立場にないものである。これに対して、コンクリート関係の学協会より、種々の提言がなされている。本来、人のためのコンクリート（Concrete for Human）であることを、市民にアピールし、コンクリート構造物を「造りこなす」ことに加えて、「使いこなす」ことへの説明を十分に行うことが重要であるとしている。

このような現状を踏まえて、新規のコンクリート構造物を造る際に種々の創意・工夫が必要となっている。材料の選定、配合（調合）の選定、練り混ぜ、打ち込み、締め固め、養生と言った施工を十分に行うことが重要であることは言うまでもない。それに加えて、計算技術の発展に伴い、打設したコンクリートの硬化過程における挙動をシミュレーションし、ひび割れ発生の危険性を検討する手法が提案されている。これにより、施工管理手法を事前に検討することで、コンクリートのひび割れをある程度抑制することが可能となった。しかしながら、複合材料であるコンクリートは、水和

反応により内部の組織構造を変化させながら硬化していくため、その過程の複雑さから硬化メカニズムの解明が十分であるとは言い難いのも事実である。その例として、コンクリートの乾燥収縮はこれまで多くの研究者によって検討がなされ、一定の成果を挙げているが、現場においては未だに乾燥収縮ひび割れが無くならないのが現状である。今後も種々の研究により、コンクリートの硬化過程の物性が解明され、現場へフィードバックされると考えられるが、やはり最後は現場の技術者：「人」による入念な施工が必要である。現場の技術者がコンクリートの特性をよく理解し、コンクリートと向き合うことで良いコンクリート構造物ができると考える。コンクリートの打設から養生、供用に至るまでの過程は、人間の成長過程に似ているところが多く、十分に愛情を注げば「良いもの」を造ることができる。

コンクリートは、非常に安価で良質な建設材料であることは疑う余地のないところである。コンクリートが長年に渡り強度を増して成長することは、広井勇博士の小樽港防波堤工事における100年コンクリート強度試験の結果でも明らかである。当時、約6万個以上のブリケット供試体を作成し強度試験を開始してから、100年以上の月日が経過しているが、現在でも強度試験は継続され、その成長の確認がなされている。一世紀以上を経ても、このコンクリートを使用した防波堤は、小樽港を守り続けている。

歴史的にも、計画段階から入念な施工と管理を行えば、良質なコンクリートができることは自明である。技術者は、施工時から細心の注意を払い、より長寿命なコンクリートを造ることを目指すべきと考える。そして、作り手側の立場から市民（使用する側）へ我々の創意・工夫についての説明を十分に行い、コンクリートの地位向上に努めていきたいと考える。

東北地方におけるコンクリート構造物 設計・施工ガイドライン(案)

コンクリート構造物の耐久性向上に向けた取り組み

佐 藤 和 徳

東北地方は、その面積の98%が積雪寒冷地域であり、さらに約80%が豪雪地帯となっているため凍害の影響を受けやすい。また、冬期は日本海からの季節風による飛来塩分の影響を受けるため、海岸に近いところほど塩害の影響を受けやすい。

このような状況を踏まえ、東北の厳しい環境条件に適合した、新設のコンクリート構造物の耐久性の向上を図るため、一般的な事項としてのコンクリートの初期欠陥防止対策の他に、塩害、凍害など、東北地方特有の損傷要因に対応した「東北地方におけるコンクリート構造物設計・施工ガイドライン(案)」を作成した。

キーワード：東北地方、コンクリート構造物、耐久性、設計・施工ガイドライン、塩害、凍害

1. はじめに

コンクリート構造物は、同様の機能を鋼製構造物として確保した場合と比べて、一般的に初期コストが安く、塗装が不要であることから維持管理費も鋼製構造物のようにはかからないとの想定で東北地方においても大量に建設されてきた。

しかしながら、近年、道路橋の定期点検結果などから、コンクリート構造物であっても、環境条件や施工条件によって、早期に劣化する事例が見られるようになってきた。

一方、公共投資が抑制される中で、構造物を新設する予算だけでなく、構造物を維持管理する予算も年々減少を続けている。今後、高度経済成長期に大量につくられた構造物が一斉に老朽化していくことから、維持管理予算のほとんどがこれらの既設構造物に費やされることが予想される。

このため、今後構造物を新設するにあたっては、将来生じるであろう維持管理費を抑えられる「耐久性のある構造物」をつくることが重要となってきた。

このような状況を踏まえ、東北大学名誉教授の三浦尚先生を委員長とする「東北地方のコンクリート構造物の耐久性向上検討委員会」を立ち上げ、東北地方の厳しい環境条件に適合したコンクリート構造物を新設する場合の設計・施工ガイドライン(案)を作成したのでその概要を紹介する。

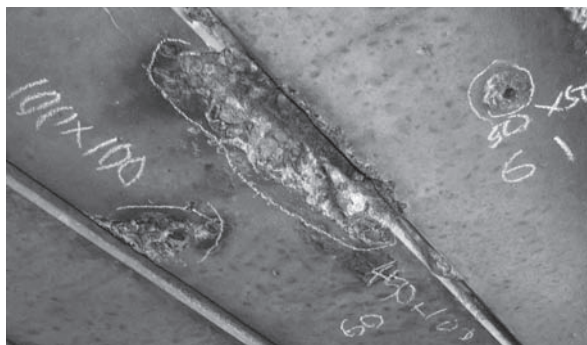
2. 東北地方のコンクリート構造物の主な損傷原因

国が管理する東北地方の道路橋の定期点検結果を見ると、コンクリートの締固め等の施工の配慮不足に起因する損傷、乾燥収縮・温度応力などによるひび割れ、防水工・排水工の配慮不足に伴う遊離石灰の発生や鋼材の腐食が発生している事例が見られる。

このことは、設計・施工段階におけるコンクリートの初期欠陥等の防止や、設計・施工・維持管理段階における「排水・防水対策」が、コンクリート構造物の損傷の発生や耐久性に大きな影響を与えることを示している。



写真—1 乾燥収縮により発生した橋台のひび割れ



写真—2 防水工不良による漏水から剥離鉄筋露出にいたった PC 桁

東北地方の日本海沿岸を縦走する国道7号のプレストレストコンクリート橋で顕在化した塩害は、冬期の日本海からの季節風による飛来塩分がコンクリートに付着・浸透し、内部の鋼材が腐食するとともに、その腐食による膨張圧で発生したコンクリートのひび割れから、さらに鋼材腐食促進因子である塩分が供給され、鋼材の腐食とコンクリートひび割れの増大や剥離が加速度的に進行することが知られている。また、塩害は、補修や補強に多大な費用が必要となるため、設計段階から、外部から進入する塩分によるコンクリート内部の鋼材の腐食を如何に防止するかという視点が重要となる。



写真—3 塩害を受け、アウトケーブルで補強した橋梁

コンクリート表面から供給され内部に浸透した水分が、凍結融解の繰り返しにより、かぶりコンクリートにひび割れを生じさせたり表面剥落を引き起こす凍害



写真—4 凍害を受け、桁かかり部分に剥落が生じた橋台

は、塩害と同様に進行性の損傷であり、設計段階から如何に凍結融解の繰り返しに強いコンクリートをつくるかという視点が重要となる。

3. ガイドライン（案）による主な対策

東北地方のコンクリート構造物の主な損傷要因別に、その対策をガイドライン（案）ではどのように記載しているかを紹介する。

(1) コンクリートの初期欠陥対策等

コンクリートの初期欠陥の対策として、施工段階における打ち込み及び締め固め、養生における留意事項や、ひび割れ対策及び排水・防水対策について以下のように記載されている。

(a) 打ち込み及び締め固め

コンクリートの打ち込みが不適切だと材料の分離やコールドジョイントが生じ、少なからずコンクリートの耐久性に影響する。また、締め固めが不十分だと豆板が発生し、その部分では所定の強度が出ないばかりか、劣化促進因子の通り道となるため耐久性にも大きく影響する。このため、打ち込み及び締め固めについて、ガイドライン（案）では次のように記載されている。

(打ち込み)

『コンクリートの打ち込みは、コンクリートに材料分離やワーカビリティの低下が生じて、打ち込み作業が中断しないように打ち込み区画、打ち込み方法、打ち込み速度、打ち込み順序、打ち重ね時間間隔、打ち込み箇所等を考慮して行わなければならない。』

(締め固め)

『①締め固めは、締め固め方法、振動機の種類・台数、要員数等について事前に検討してから実施する。

②コンクリートの締め固めは、内部振動機を用いることを原則とし、打ち込んだコンクリートに一樣な振動が与えられるように、あらかじめ振動機の挿入深さ、挿入間隔、振動時間等を定めておく必要がある。』

(b) 養生

コンクリートの養生は、強度発現や表面状態等、耐久性に関わる品質を大きく左右することから、養生中は、適切な温度、湿度管理のもとで十分な水和反応が行われるよう配慮する必要がある。特に東北地方特有の環境条件を加味して、コンクリートの品質に大きな

影響を与える養生について次のように記載されている。

『①コンクリートの養生においては、完成した構造物における強度、耐久性その他の要求される品質が確保されるよう、施工環境条件に応じて打ち込み後の一定期間コンクリートの水和反応に必要な温度及び湿度を保ち、有害な作用の影響を受けないようにしなければならない。

②凍害を受けるおそれのある場合及び外部から塩化物が浸透するおそれのある場合には、コンクリートの養生を十分行うとともに、膜養生を併用することか望ましい。(以下省略)』

東北地方のように凍害や塩害を受けるおそれのある地域では、コンクリート表面からの劣化因子の侵入を防止または遅延させることが耐久性の確保上重要となる。このため、コンクリート表面が密実なものとなるように養生に十分留意するよう規定されている。

(c) 体積変化によるひび割れ対策

温度変化や乾燥収縮等、コンクリートの体積変化に伴うひび割れは、それを起点として劣化促進因子の侵入があれば、構造物の耐久性を大きく損なう可能性があり、これを防止する方法として、ガイドライン（案）では以下のように記載されている。

『①設計段階においては、体積変化に起因する初期ひび割れの検討が必要であるかどうかを判断し、必要である場合には初期ひび割れの検討を行うこととする。

②体積変化に起因する初期ひび割れの検討にあたっては、ひび割れの発生確率が基準値以下となることを確認しなければならない。(以下省略)』

(d) 排水・防水対策

コンクリート構造物の表面を水が流れると、その部分から劣化が進行するケースが多く見られる。このためガイドライン（案）では構造細目の項を設け、排水・防水対策を規定している。ここでは、橋梁についての規定を紹介する。

(排水対策)

『コンクリート構造物の耐久性を確保するために、コンクリート構造物の上面に排水勾配を設け、流末まで適切に導くものとする。』

(防水対策)

『①コンクリート床版の上面には防水工を設けるも

のとする。

②防水工は、防水性能、施工性、床版や舗装との密着性、耐久性及び経済性などを考慮して選定するものとする。

③床版上面の滞水を防止するため、導水パイプと水抜き孔を設置するものとする。』

(2) 塩害対策

東北地方の日本海沿岸のコンクリート橋を中心に発生している塩害について、ガイドライン（案）ではその対策を次のように記載している。

『塩害は、海洋からの飛来塩分と凍結防止剤による飛散塩分の双方を考慮するものとし、十分な耐久性を有するよう、塩害区分に応じて必要な対策を講じるものとする。』

具体的には、凍結融解を受けかつ飛来塩分や飛散塩分あるいはその両者の影響を受ける地域においては、塩分の影響が大きく、交換が困難な部材ほど、かぶりを大きくとった上でエポキシ樹脂塗装鉄筋等を採用する複合対策を推奨している。

道路橋示方書・同解説では、プレストレストコンクリート桁の場合、東北地方の日本海の海上または海岸線から 100 m までの地域で、かぶり 70 mm 以上の確保と塗装鉄筋の使用またはコンクリート塗装の併用を規定しているのに比べて、ガイドライン（案）では海岸線から 300 m までの地域まで、かぶりと塗装鉄筋の使用等の併用を推奨しており、より塩害対策を強化して耐久性の向上を図ろうとする規定となっている。

構造物または部材の重要度と塩害対策区分に応じた対策例

(東北地方の日本海側で構造物の部材が交換が不可能な非常に困難な場合)

S : 海上または海岸線から 100 m まで	複合
I : 100 m をこえて 300 m まで	複合
II : 300 m をこえて 500 m まで	単独
III : 500 m をこえて 700 m まで	単独

単独：かぶりを大きくとる単独対策（橋梁上部工の場合最小 70 mm）

複合：単独対策に加えてエポキシ樹脂塗装鉄筋等を採用する複合対策

(3) 凍害対策

東北地方の山岳部等寒冷の度合いの大きい地域を中心に発生している凍害について、ガイドライン（案）

ではその対策を次のように記載している。

『凍害環境にある構造物のコンクリートは AE コンクリートとし、目標空気量は、荷卸し時 6.0%（管理値 $\pm 1.5\%$ ）を標準とする。なお、粗骨材最大寸法が 25 mm の場合は 6.0%、40 mm の場合は 5.5%とする。』

『凍害を受ける恐れがあり、なおかつ凍結防止剤の散布の影響が懸念される部分においてはコンクリートの空気量を 6.0%（管理値 $\pm 1.5\%$ ）とし、水セメント比は 45% 以下としなければならない。』

凍害の影響を受ける環境においては、連行される空気が内部水の凍結に伴って増大する水圧を緩和させる働きを持っており、空気量を 4.5% 以上にすることにより、凍結融解抵抗性は飛躍的に向上するといわれている。現在の空気量の管理値は $\pm 1.5\%$ であることから、4.5%を下回らないように、標準を 6.0%としている。

また、塩化物イオンを含んだ水分がコンクリート部材の表面に接すると、凍害による表面劣化が著しく促進されると言われていることから、凍結防止剤の散布の影響が懸念される部分においては、空気量を 6.0%（管理値 $\pm 1.5\%$ ）とし、水セメント比は 45% 以下とすることを規定している。

これらの規定は、東北地方の厳しい環境条件を反映して、凍害対策を強化して耐久性の向上を図ろうとする規定となっている。

4. 今後の課題

今回のガイドライン（案）は、東北地方の厳しい環境条件に適合したコンクリート構造物を建設する場合の参考資料となるほか、将来の基準改定に資することを目的に策定されている。基準改訂時の主な論点としては、空気量 6.0%、水セメント比 45% 以下のコンクリートがプラントで対応可能なのか、また施工性や塩化物の浸透に対する抵抗性能はどの程度向上し、費用の増加分に見合ったような効果が得られるのかと云う点になるものと思われる。

空気量 6.0%、水セメント比 45% 以下のコンクリー

トは、一部地区のプラントへのヒアリング結果では、現状でも対応可能なプラントが相当数あることがわかっていてる。

一方、空気量 6.0%、水セメント比 45% 以下のコンクリートの塩化物の浸透に対する抵抗性能や、施工性については、室内試験や試験施工を通じて確認が必要と考えており、今後必要な試験を実施していく予定である。

また、橋梁点検結果から、塩害、凍害の発生部位を特定し、橋梁のどの部位にどのようなコンクリートを使用すべきなのかについても今後検討していく予定である。

5. おわりに

このガイドラインの策定に携わる中で改めて感じたことは、コンクリート構造物は、設計・施工・維持管理の各段階で、十分な配慮を行って初めて耐久性が確保されるということである。その中でも施工における締固め不足や不適切な養生は、コンクリートの耐久性に直結するため、当たり前のことを当たり前にやることの重要性を再認識させられた。

さて、現在、「東北地方におけるコンクリート構造物設計・施工ガイドライン（案）」は、東北技術事務所ホームページで内容を公開中であり、「東北地方コンクリートガイドライン」で検索できる。ダウンロードもできるようになっているので、皆様からのご意見をいただければと思います。

最後に、このガイドライン（案）の作成に多大な尽力をいただいた「東北地方のコンクリート構造物の耐久性向上検討委員会」やその下部組織である合同部会、各 WG の委員の皆様がこの場を借りてあらためて御礼を申し上げます。

JCMA

【筆者紹介】

佐藤 和徳（さとう かずのり）
国土交通省 東北地方整備局
東北技術事務所
副所長



IC タグを活用したコンクリートの偽装防止対策に向けて

杉 山 央・大久保 孝 昭

コンクリート製造分野における偽装防止および品質管理や検査の合理化・省力化を目指し、IC タグを活用してコンクリートの製造、現場への運搬、荷卸し、施工に至るまでの履歴情報を記録・保存するトレーサビリティ確保技術の開発に向けた取り組みについて紹介する。

キーワード：コンクリート、IC タグ、トレーサビリティ

1. はじめに

平成 20 年 6 月、本来使用が認められていない材料を混入させた生コンクリートが出荷され、マンションや戸建住宅の建築に使用されていた事実が発覚した。この偽装事件は大きな社会問題となり、コンクリート製造分野におけるトレーサビリティ確保の重要性が強く意識されるようになった。なお、トレーサビリティとは「製品などの生産・流通履歴を明確にすることで、その製品の安全性等が証明できること」という意味を持つ。

そもそもコンクリートは硬化前の半製品のような状態で生コン工場から出荷され、建設現場に納入される。納入時にスランプ、空気量等の試験を行うが、圧縮強度は適正か、耐久性を損なうような不具合は発生しないかどうか等が判明するのはコンクリート硬化後（一般的に製造から 28 日以後）である。この時点で不適切なコンクリートであることが判明しても、その修復には多大な費用、労力を必要とし、工期へのダメージも大きい。このような点で、コンクリートは他の工業製品よりも綿密なトレーサビリティ確保体制および偽装防止体制を必要とする建設材料といえる。

一方、近年では製品の生産管理、流通過程におけるトレーサビリティの向上を目的として、食品産業や流通産業を中心に IC タグの技術が導入されている。コンクリートの製造・施工過程においても IC タグ技術の導入により、トレーサビリティの高度化や偽装防止対策をはじめとして、品質管理や検査等の合理化・省力化にも寄与するなど数多くのメリットが期待できる。

本稿では、コンクリート製造分野における偽装防止

および品質管理や検査の合理化・省力化を目指し、IC タグを活用してコンクリートの製造、現場への運搬、荷卸し、施工に至るまでの履歴情報を記録・保存するトレーサビリティ確保技術の開発に向けた取り組みについて紹介する。

2. IC タグとは

IC タグとは書き込み可能な IC チップと小型アンテナを内蔵した荷札である。IC チップ内の情報は専用の無線通信機器（リーダ／ライタ）を用いて外部から読み書きすることができる。IC タグには次のような数多くのメリットがあり、これまで利用されていたバーコード等に代わる次世代の個体識別・管理技術として期待されている。

- ①非接触で通信するため、隠れていてもデータの読み書きが可能である。
- ②新たなデータを追記することができる。また、データの変更を禁止することもできる。
- ③複数の IC タグのデータを同時に読み取ることができる。
- ④写真—1 に示すようにカード型、スティック型、コイン型など各種形状に加工できる。
- ⑤周波数帯によっては通信距離が長いものもある。

IC タグの通信に使用する周波数については、現在日本で最も普及している HF 帯（13.56 MHz）に加え、135 kHz 以下、2.45 GHz および UHF 帯（860～960 MHz）がある。UHF 帯は日本では主に携帯電話の周波数帯として用いられているが、2006 年 1 月改正の国内電波法により IC タグの分野でも利用可能となった。日本では UHF 帯の中でも 952～954 MHz



写真一 各種 IC タグ

の帯域がICタグの通信に利用されている。表—1にICタグの周波数帯別の特徴を示す。

ICタグは電波の送受信方式によってパッシブタグ（受動タグ）とアクティブタグ（能動タグ）に分けられる。パッシブタグはリーダー／ライターからの電波をエネルギー源として動作するため、電池を内蔵する必要がない。すなわち、リーダー／ライターから比較的強めの電波を送信し、ICタグからの非常に微弱な反射波を受信する原理となっており、ICタグ内の情報はこの反射波に乗せて返される。パッシブタグはアクティブタグに比べて通信距離は短い、ほぼ恒久的に利用することができる。他方、アクティブタグは電池を内蔵したICタグである。自ら電波を発するので、通信距離が長い。ただし、電池の寿命とともに機能が停止するため、継続使用するためには電池を交換する必要がある。

リーダー／ライターには据置型、ゲート型、ハンディ型などがある。写真—2にハンディ型リーダー／ライターを示す。



写真二 ハンディ型リーダー／ライターの例

3. なぜコンクリートにICタグが必要なのか

コンクリートのトレーサビリティを確保する上で、なぜICタグが必要なのか。コンクリートの製造情報を生コン工場やゼネコンのコンピュータ内に保存しておけば済むのではないかという意見をよく聞く。もちろん、製造情報をコンピュータ内に保存しておくことは必須であるが、それだけではトレーサビリティ確保の仕組みは成立しない。その情報がどこの建物のどの部分のコンクリートに該当するのか正確に特定できることが重要である。例えば、電化製品や自動車には識別のための目印（製造番号、バーコードなど）が記されたシールやプレートが必ず取り付けられている。販売後に安全上の問題が見つかった場合にはリコール等の対策が行われるが、その際この識別記号（製造番号）が重要な役割を果たす。

コンクリートについては、硬化前の流動体のような

表—1 ICタグの周波数帯別の特徴

	135 kHz 以下	HF 帯 (13.56 MHz)	UHF 帯 (952 ~ 954 MHz)	2.45 GHz
伝送方式	電磁誘導方式	電磁誘導方式	電波方式	電波方式
通信距離*1	～ 10 cm	～ 20 cm	～ 5 m	～ 1 m
指向性	弱い	比較的弱い	比較的強い	強い
水の影響	小さい	比較的小さい	やや大きい	大きい
金属の影響*2	比較的小さい	大きい	大きい	大きい
日本での利用状況	旧式のICタグに利用されている。	現在日本では主流として利用されている。	欧米では主流として利用されている。日本でも普及しは始めている。	日本でも一部では利用されている。
参考	船舶無線の周波数帯	ラジオの周波数帯	携帯電話の周波数帯	電子レンジの周波数帯

*1 パッシブタグの通信距離を示す。なお、通信距離はICタグの形状・寸法、リーダー／ライターの出力やアンテナの大きさ等によって異なる。

*2 金属の影響を少なくするための対策が施された特殊仕様もある。

状態で購入者に引き渡されるので、シールやプレートを取り付けることは不可能である。そこで、無線通信でデータの読み書きが可能な IC タグに着目した。硬化前のコンクリートに IC タグを埋め込んでおけば識別するための目印となり、硬化後もコンクリート中に固定されるので製造番号としての役割も十分に果たす。ただし、コンクリート中の IC タグに記録された情報をコンクリート外部から読み取れることが前提となる。

4. IC タグをコンクリートに埋め込んでみる

一般に IC タグは接着剤、ビス等を用いて取り付けるが、硬化前のコンクリートに IC タグを埋め込む方法では、接着剤、ビス等が不要であり、IC タグが剥がれて紛失することもない。さらに、コンクリートによって IC タグが衝撃や劣化から保護されるというメリットも期待できる。しかし、IC タグとリーダ／ライタとの間に障害物や水分が存在すると通信性能が著しく低下することが知られている。

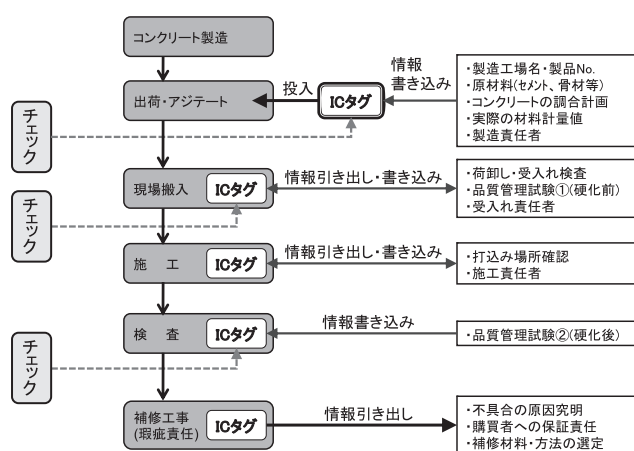
そこで、写真—3 に示すように小型コンクリート試験体(寸法 100 × 100 × 400 mm)に HF 帯、2.45 GHz および UHF 帯の各種 IC タグを埋め込んで、コンクリート外部から通信可能かどうかを調べる基礎実験を行った¹⁾。その結果、試験体の表面から深さ 50 mm の位置に IC タグを埋め込んで、コンクリートが硬化して含水率がある程度低下した状態であればコンクリート外部のリーダ／ライタから通信可能であることが明らかになった。なお、小型試験体を用いた実験であるため、50 mm を超える埋め込み深さについては調査していない。



写真—3 小型コンクリート試験体に IC タグを埋め込んでいる様子

5. IC タグを活用したコンクリートのトレーサビリティシステム

IC タグを活用してコンクリートの製造、現場への運搬、荷卸し、施工に至るまでの履歴情報を記録・保存するトレーサビリティシステムについては種々の方法が考えられる。一例として、図—1 に示すように初期情報を記録した IC タグを出荷前のコンクリートに投入し、現場での受入れ検査、施工後の検査等において発生した新たな情報をコンクリート中の IC タグに追記する方法が考えられる。このトレーサビリティシステムでは、次のようなメリットが期待できる。



図—1 IC タグを活用したコンクリートのトレーサビリティシステムの例

- ①一度コンクリート中に入れた IC タグを取出すことは困難なので、情報の改ざん防止になる。(IC タグ内の情報については、追記のみ可能であり、変更や消去は不可能な仕組みとする。)
- ②履歴情報がコンクリート自身に保存されるため、紛失することがない。いわば保証書のような役割を果たす。
- ③建物において、どの部分のコンクリートが、どこの生コン工場から出荷されたものか明確にわかる。大きなマンション建設など複数の生コン工場から出荷されたコンクリートを使用した場合、容易に識別が可能である。
- ④万が一、瑕疵が発生した場合、原因究明、保証責任、補修材料・方法の選定に役立つ。
- ⑤受入れミスの防止をはじめ、施工の合理化・省力化につながる利用も期待できる。

これまでプレキャストコンクリート製品や小型コンクリート試験体にマーキングの代わりとして IC タグを貼り付けるという試みは行われているが、出荷前のフレッシュコンクリートに履歴情報を記録した IC タ

グを投入する（埋め込む）という試みは例がない。このような点で、とても大胆な取り組みともいえる。

その一方で、生コン運搬車でのアジテート中に IC タグが破損しないか、コンクリート荷卸し時に IC タグが確実に排出されるか（生コン運搬車に残らないか）、コンクリート部材の深部に IC タグが位置した場合に通信可能かどうか等の種々の問題が予想される。このため、コンクリート荷卸し時に購入者の立会いのもと IC タグを投入する等の様々なケースも検討する必要がある。

さらに、将来実用化の段階に至った際にはコストの問題が浮上する。このようなシステムを生コン工場に導入する場合には設備投資が必要なのはもちろんのこと、コンクリートの価格に IC タグの価格が上乗せされることになる。 1 m^3 のコンクリート中に何個の IC タグを入れるかという点がポイントになるが、通信距離が短い IC タグであれば数多く入れる必要があり、通信距離が長い高性能な IC タグであれば 1 個で十分かもしれない。IC タグが生コン運搬車に残ってしまう可能性があるならば、余裕を持った数量としておく必要がある。

IC タグの利用期間（情報の保存期間）についても課題となる。建物が解体されてコンクリートが再生骨材として再利用されるような時期すなわち 50 ～ 100 年後まで IC タグが利用できれば理想的である。しかし、IC タグの耐久性や規格の存続については不透明な部分があり、今後検討していく必要がある。

6. 共同研究プロジェクト

コンクリート製造分野における偽装防止および品質管理や検査の合理化・省力化を目指し、IC タグを活用してコンクリートの製造から現場への運搬、荷卸し、施工に至る履歴情報を記録・保存するトレーサビリティ確保技術の開発に向けた官学民共同研究が昨年 8 月にスタートした。参加機関は、国土技術政策総合研究所、広島大学、独立行政法人建築研究所のほか、東京都、神奈川県、茨城県、千葉県、埼玉県の各生コンクリート工業組合である。共同研究では次の項目を検討対象としている。

(1) コンクリートに投入する IC タグに要求される基本性能に関する検討

- ①物理的性能（形状、耐水性、耐熱性、耐衝撃性、耐摩耗性および耐久性）
- ②通信性能（コンクリート中での通信、リーダー／ライ

タへの要求性能）

③記録情報の保存性

(2) トレーサビリティシステムの構築

- ①全体フローの形成
- ②各種ケーススタディの詳細検討（IC タグの投入時期、情報を記録するタイミング）
- ③記録情報の整理（記録・保存すべき情報）

(3) 生コン製造工場および施工現場におけるフィールド実験

- ①生コン製造過程
- ②運搬・荷卸し過程
- ③施工過程
- ④トレーサビリティシステム導入による合理化・省力化の効果の評価

通常、この種の研究は大学や国の研究機関が独自に技術や手法を開発し、それを業界に導入するという流れを取ることが多い。しかし、本共同研究プロジェクトは、スタートの段階から生コンクリート製造業界とタッグを組み、技術協力や意見交換をしながら実用的な技術開発を目指そうとするところに特色がある。

現在、共同研究は「コンクリートに投入する IC タグに要求される基本性能に関する検討」を中心に進行しており、埋め込まれた IC タグがコンクリートの強度、耐久性等に及ぼす影響について詳細に調査しているところである。また、写真—4 に示すような大型コンクリート試験体の深部に IC タグを埋め込んで、写真—5 のように外部からの通信の可否を調査する実験も行っている。4 章で紹介したように共同研究に先行して行った基礎実験では、コンクリート表面から深さ 50 mm 以内に IC タグが位置していれば通信可能であることが確認された。しかし、実際の建物においては



写真—4 IC タグを埋め込んだ大型コンクリート試験体



写真—5 コンクリート中に埋め込んだ IC タグとの通信性調査

コンクリートの表面から 50 mm 以上の深部に IC タグが位置するケースも想定されるため、どの程度の深さまで通信可能かどうかを解明しておく必要がある。

7. あとがき

平成 20 年 6 月に発覚したコンクリートの偽装事件はとても稀なケースであるが、コンクリートのトレーサビリティについて真剣に考えなければならない時期に至ったように感じる。

近年の先端技術の一つである IC タグと古くから建設に使用されてきたコンクリートという興味深い組み合わせであるが、生コンクリート製造業界と協力して偽装防止および品質管理や検査の合理化・省力化に役立つ技術の開発に尽力していきたい。

J C M A

《参考文献》

- 1) 杉山 央, 大久保孝昭ほか: コンクリート中に埋め込んだ各種 IC タグの通信性に関する研究, 日本建築学会技術報告集, 日本建築学会, 第 15 巻, 第 29 号, pp.9 ~ 14, 2009.2

(2010 年 3 月 9 日受付)

〔筆者紹介〕

杉山 央 (すぎやま ひさし)
国土交通省国土技術政策総合研究所
住宅研究部住宅生産研究室
室長



大久保 孝昭 (おおくぼ たかあき)
広島大学大学院 工学研究科
社会環境システム専攻
教授



品質の良いコンクリートを造るために 骨材生産プラント

寺 岡 敏 男

コンクリート用の骨材生産は原石採取時の大きな原石を1次破碎で粗割りし、2次3次破碎で細かく碎いて製品とする。さらにロッドミルなどの機械を使用して砕砂を生産する。その過程には種々の管理すべき項目や考慮すべき点が含まれ、コンクリートの品質に影響を与えている。本報はそれら品質の良い骨材を生産するために必要な事柄を項目別にまとめたものである。

キーワード：骨材生産、粗骨材、細骨材、粒度、FM、実積率、有機不純物、原砂、扁平

1. はじめに

品質の良いコンクリートを造るために良い材料が必要な事は当然であり、良い原石を採取する事が最も大切ではあるが、ここでは骨材製造過程において品質向上が期待できる項目について述べる事とする。表—1は機械的に品質向上が可能な項目を列挙したものである。

表—1 機械的に骨材の品質を向上させる事が可能な項目

掲載No.	品質に影響を与える骨材の項目	機械的に対策可能
2.	粒度	○
3.	実積率	○
3.	吸水量	△
4.	骨材中の密度 1.95 g/cm ³ の液体に浮く粒子	○
4.	細骨材の有機不純物	○
5.	粗骨材中の軟石量	△
5.	骨材中に含まれる粘土塊量	△
5.	塩化物含有量	○
5.	微粒分量	○
	比重	×
	すりへり減量	×
	耐久性	×
	アルカリ・シリカ反応性	×
	骨材の圧縮強度	×

○：機械的に品質向上が可能な項目

△：ある程度向上可能だが技術的に難しい項目

×：機械的に対応不可能な項目

2. 粒度について

(1) 粗骨材

粗骨材は原石を破碎した後スクリーンにて篩い分けられ粒径別に 80 ～ 40 mm や 40 ～ 20 mm などをストックされる。スクリーンには篩分け効率があり、材料に粘性がないとした場合でも材料中の網目以下のものを 100% 篩い分ける事はできない。篩分け効率は網目より粒子の大きさが極端に小さければ効率は限りなく 100% に近づくが、網目に近い大きさだとなかなか篩い分けられず効率は落ちてくる。このため JIS の単粒の粒度の規定では 5 ～ 15% のオーバーサイズやアンダーサイズを許容している。計画段階でこの効率を考慮する必要はないが、運用段階では設定網目 + 1 ～ 5 mm 程度の大きな網サイズを選定し、そうする事で各サイズにストックする粒度をコントロールし粒度を規定値内に収めるよう管理する。ただしスクリーンは時間がたつにつれ磨耗により網目が大きくなってきたり、ひどい場合には穴が開いたりするため、日々のメンテナンスは非常に重要となる。

次に乾式設備の場合は原石中の水分に注意が必要である。原石中の水分量が多いとスクリーンを詰まらせ、篩分けができなくなってしまう。通常砕石工場では 1 次破碎設備で粗篩したアンダーサイズ (100 ～ 150 mm) をスクリーンにかけ、40 mm 以下をズリ抜きし粗骨材として使用しない。これは原石中の細粒分にダストが多量に含まれ、5 mm 以下の網目を詰まらせ機能を低下させるためである。ズリ抜きを行い、雨水などの浸入を防ぐ対策を施した原石は、2 ～ 2.5 mm まで乾式で篩い分ける事が可能である。

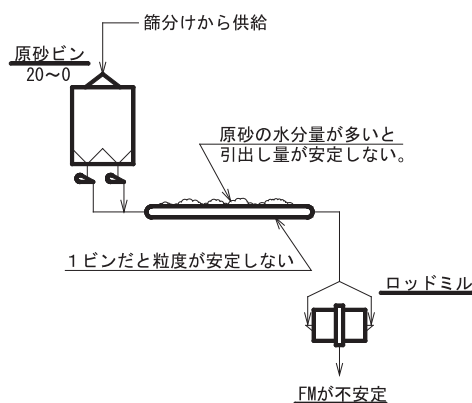
品質とは関係ないが乾式設備の場合には粉塵の発生が多いため各設備を建屋で覆ったり、集塵機を設備するなどの対策が必要になり、ダム工事などで使用する場合湿式に比べ決して安価ではないため、その現場の条件を良く踏まえ検討すべきである。

(2) 細骨材

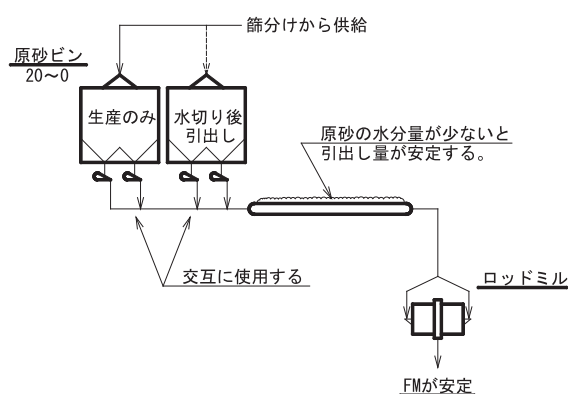
表—2に示すように細骨材の生産に最も影響を与えるのは原砂である。原砂の生産は篩分けで行われるが、この時かなりの水分を伴って原砂に供給される(図—1)。しかしこのような一般的な場合、ロッドミルに供給する原砂が水の影響により引出し量が不安定になり、結果としてFMを一定値に保つ事が難しくなる。そこで図—2のように原砂ビンに2ビンに分け、原

表—2 細骨材を湿式で生産する場合の粒度に対する影響度合い

調整場所	調整項目	FM 小 細くなる	FM 大 粗くなる	影響の 大小
原砂	粒度	細かい→粗い		大
	ロッドミルへの供給量	少ない→多い		大
	水量	少ない→多い		小
	ロッド量	多い→少ない		中
分級機	水量スラリー濃度	少ない→多い		小



図—1 一般的な原砂引出し



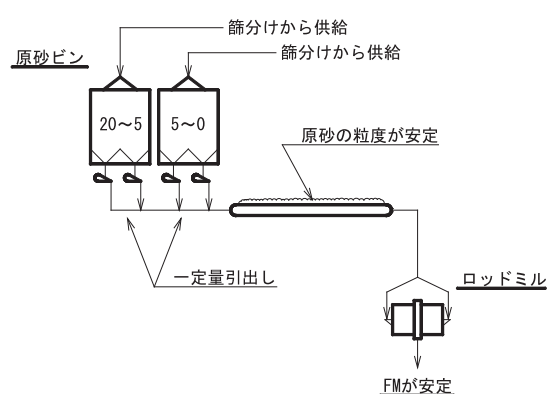
図—2 原砂引出し量を安定させる方法

砂を生産し貯めるだけのビンと、ロッドミルに供給するビンとに分け、交互に使い分ける事により原砂の供給量を安定させる方法がある。原砂の場合粒度が粗いため1~2時間も置けば水が切れ、安定した供給が可能となるため、昼休みを挟んで交互に使っても安定供給の効果が期待できる。ただ最近はコスト面から採用される事は少なくなった。

湿式での細骨材の生産は通常ロッドミルを使用する。粒度の調整は表—2に示すように水量<ロッド量<粒度・ロッドミルへの供給量の順で影響が大きく、まず原砂の供給量を一定に保つ事が大切である。ロッド量はできた製品を見ながら量の調整を行い目標粒度に近づけるよう管理する。ロッドミルから排出された細骨材は分級機で水と分離し製品として貯蔵するが、この状態では水分が多く細骨材に含まれる水分だけで、コンクリートの使用水量を超えてしまうため、24h~36hの水切り時間を設定する。このためダムでのストック量の規定は最大打設月の日平均の3~5日分と規定している。しかし最低の3日分では最大打設日に対応できないため最低でも4日分が必要で、できれば最大打設日に使用する細骨材量に見合ったストックが必要である。

分級機の選定も品質に大きく影響する。最近の傾向として水平式バケット排出型が多く使用され、微粒分の回収に威力を発揮している。また水切りスクリーンが付いているため生産直後の水分量が、16~18%とスパイラル式の25%程度に比べかなり低く抑えられ、水切り時間を短縮できる。

また原砂の粒度を安定させる試みもある。図—1の方法だと原砂を貯める段階で分離が生じ、上述のように供給量の不安定さと同時に粒度も不安定となる。このため図—3のように原砂を20~5mmと5~0mmの2山設備しそれぞれを一定割合で引き出す事で、ロッドミルへの供給粒度を安定させる方法である。



図—3 原砂粒度を安定させる方法

この場合もコスト面から採用される事は少なくなったが、最近ではTダムで採用されている。

乾式の製砂設備でFMを調整できるのはローラーミルしかないが、かなり高額となる。他の機械はロッドミルも含めてFM調整が困難となる。全ての機械で共通している事は、破碎後の製品に多量の+5mmが含まれている事で、このため製品を5mm網のスクリーンに投入し、+5mmを原砂に返す設備が必要になる。一般の碎石工場では細粒分が多く含まれた、1次破碎でズリ抜きしたものを原砂として使用したり、-2.5mmの細砂を混合して製品として出荷している。また機種によっては、原砂の粒度を-13mmとしなければならず、4次破碎が必要になる。このためダム工事での乾式製砂の例は少ない。

3. 実積率について

(1) 粗骨材

粗骨材の実積率に影響を与える要因としては骨材の扁平がある。扁平率が大さいと実積率は下がり、扁平率が小さいと上がる。図-4のような一般的な単粒子破碎の場合、同一方向に亀裂が入り扁平の製品ができやすい傾向がある。扁平率を小さくする方法として、図-5のようにクラッシャ内での石同士の層圧縮破碎を期待する方法がある。これは破碎室内で処理原料が層状になるように原石を供給する事により、原石相互間に圧縮作用が生じ、扁平部分が優先的に破碎される事を利用している。この破碎方法は主にコーンクラッシャの場合だが、ジョークラッシャでもそのような破碎を目的とした機種が出てきている。

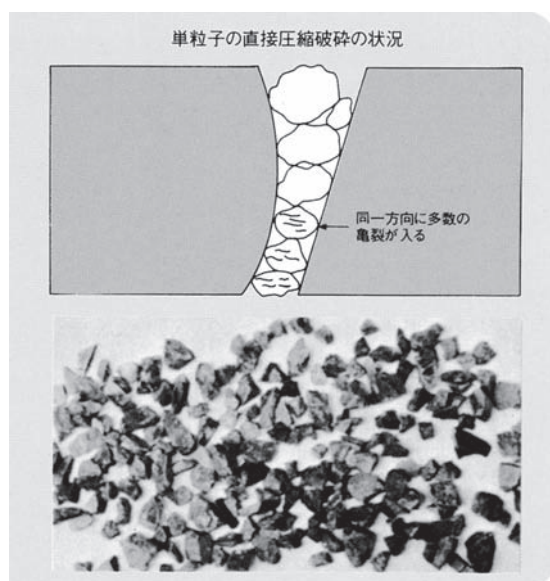


図-4 一般的な単粒子破碎¹⁾

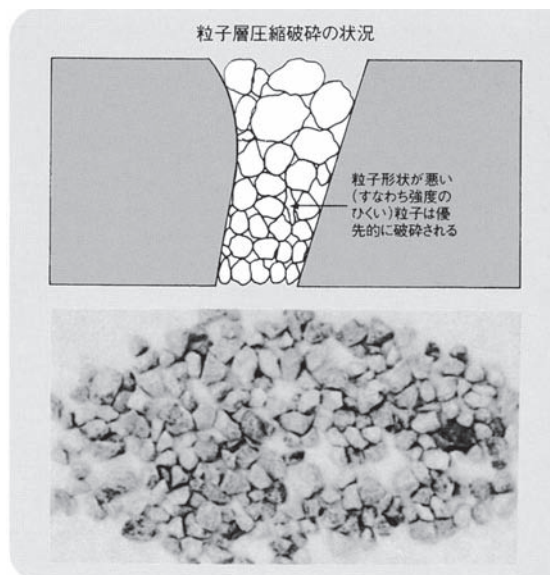


図-5 層圧縮による優先破碎の状況²⁾

次に衝撃破碎をする事によって丸みを帯びた石に改善する方法がある。インパクトクラッシャ（写真-1、図-6）や立型衝撃式インパクトクラッシャ（写真-2、図-7）がこれに当る。Nダムでは立型衝撃式イン

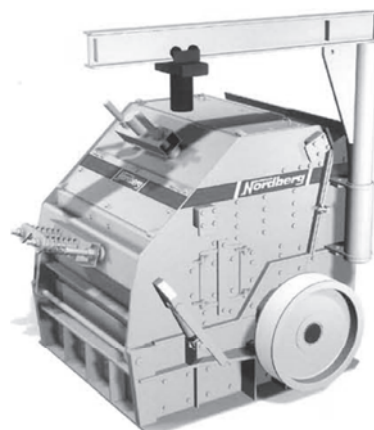


写真-1 インパクトクラッシャ³⁾

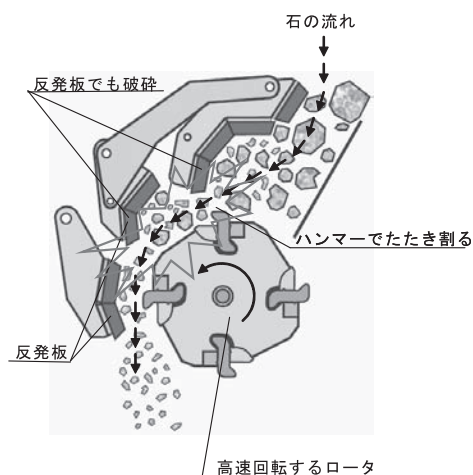
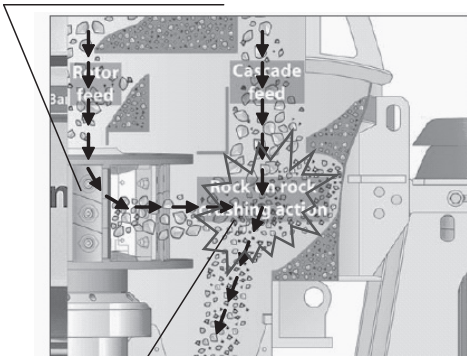


図-6 インパクトクラッシャ破碎状況⁴⁾

写真一 立型衝撃式インパクトクラッシャ⁵⁾

高速回転するロータ



遠心力で弾き飛ばされた石が周囲の石とぶつかり合い相互破碎を起こす

図一 立型衝撃式インパクトクラッシャ破碎状況⁶⁾

パクトクラッシャを使用した実績があり、40～20 mmと20～5 mmの粗骨材の実積率が約3%改善している。

(2) 細骨材

細骨材の実積率を上げる方法は、まず2. 粒度について述べたようにFMの管理を徹底して行い粒度を安定させる事が最も大切である。しかしさらに高品質の碎砂を得るため、立型衝撃式インパクトクラッシャを使って粒径改善を行った例がある。ロッドミルでFM3.0程度に粗割し、その全量を立型衝撃式インパクトクラッシャに投入して粒度をFM2.7前後に調整すると同時に粒径の改善を行う。この方法もNダムでの実績があり、実積率で2%程度の改善が見られた。また最近Tダムでも採用している。

(3) 工事事例

表一3にNダムでの事例を示す。これを見ると実

積率以外にも吸水率の改善も見られる。これは品質の悪い骨材が優先的に破碎され、洗い流された結果と考える。

表一3 Nダム立型衝撃式インパクトクラッシャ導入前後の実績⁷⁾

骨材区分	試験項目	粒径改善前	粒径改善後
40～20 mm	表乾比重	2.59	2.59
	吸水率 (%)	0.39	0.32
	実積率 (%)	56.9	59.8
40～20 mm	表乾比重	2.59	2.59
	吸水率 (%)	0.39	0.32
	実積率 (%)	57.4	60.4
40～20 mm	表乾比重	2.47	2.56
	吸水率 (%)	1.00	0.26
	実積率 (%)	65.4	67.1

4. 骨材中の密度 1.95 g/cm³ の液体に浮く粒子及び細骨材の有機不純物について

(1) 粗骨材

骨材中の密度 1.95 g/cm³ の液体に浮く粒子はもっぱら原石の品質による所が大きく、それらを除去するためには原石採取時の施工管理をしっかりと行い、不良岩や表土の混入を避けなければならない。また1次破碎設備に選別設備を設け20～40 mmアンダーを除去する方法や、Mダムでは有害物質を除去するためであったが、洗浄設備で分級機から出てくる－10 mmを廃棄した。

木片など比重の小さなものはバケット式やベルト式のゴミ取り機（写真一3、4）で除去する。これは水流により比重の小さな木片やビニール類などを選別除去するもので、40 mm以上の処理にはベルト式を使用し40 mm以下にはバケット式を使用する。使用方法としては単粒（40～20 mmや20～5 mm）で使用するのが基本である。200～0 mmなどの微粒分まで含まれる材料を処理しようとする、微粒子も弾き飛ばしてしまいロスを考慮する必要がある。水中に長く存在していた木片など比重の高いものや、大きなゴミ



写真一3 ベルト式ゴミ取り機



写真—4 バケット式ゴミ取り機



写真—6 スクラバ排出側トロンメル

の除去は難しいが、水流の調整や投入粒度の設定などを適切に行えば、かなりの効果が期待できる。

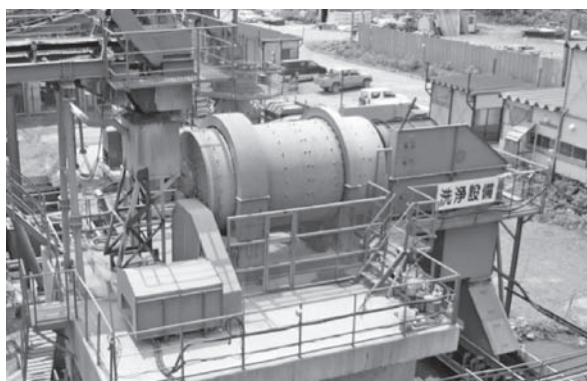
(2) 細骨材

粗骨材と同じく原石の品質による所が大きいですが、細骨材を生産する場合それらが優先的に破碎され、ダストとして分級機で除去される事を期待する場合が多い。当然の事だが100%除去される訳ではなく、試験による検証が必要となる。ベルト式やバケット式の分級機には掻き上げた段階で軽い材料を除去する機能が付いているものもある。

有機不純物の除去は原砂段階での除去が必要である。上記粗骨材のゴミ取り機を使用して5mm以上の原砂に含まれる有機物を除去する事が可能である。5mm以下については原砂生産時に水洗いを徹底する事により除去する。

5. その他

塩化物・粘土分や微粒分の除去は水洗いが有効である。不純物の多い場合は1次サージ直後にスクラバでの洗浄を行い(写真—5, 6)、篩分けのスクリーンで



写真—5 スクラバ

再度水洗いを行い除去する。

軟石に関しては実積率の項目で述べた粗骨材の対策(軟石を優先的に破碎)が考えられるが、除去されるのは水で洗い流される程小さく破碎された場合で、その除去効果は限定的である。これも原石採取時点で、極力軟石の混入を防ぐ事が大切である。

6. おわりに

骨材の品質を高めるには良い原石を選定する事が大切であるが、最も重要な事は日々の運転管理に注力する事である。世の中が進み色々な機能の機械が開発され、良い品質の骨材を得る手段が増えている事は事実である。しかし日々の管理を怠るとどんなに優秀な機械を使っても、良い品質の骨材を生産する事は不可能である。骨材生産は他のもの作りと同様、人が造ると言う認識に立ち人材育成に力を注ぎ、技術力の研鑽と継承を行っていくことが最も重要であると考え、今後も業界の発展に努めていく所存である。

J C M A

《参考文献》

- 1), 2) アーステクニカ オートファインクラッシュカタログより
- 3) ~6) メッツォ ミネラルズカタログより
- 7) 「ダム日本」No.621号(1996年7月号)(助)日本ダム協会 P14表—9
骨材物理試験結果より

〔筆者紹介〕

寺岡 敏男(てらおか としお)
 (株)大阪砕石工業所
 設計部
 部長



生コンの品質向上への取組み

松 永 篤

生コンの品質確保・向上のために取組んだ課題および施策を紹介する。品質にかかわる課題として、高周波加熱乾燥法、静電容量法およびエアメータ法を用いた単位水量試験の適用性、強度用供試体の作製から型枠の取外しまでの取扱いや保管条件が強度へ及ぼす影響および乾燥収縮ひずみの調査と混和材料による乾燥収縮低減効果を検討した。また、今後の良質な細骨材の枯渇対策として高炉スラグ細骨材および粒形改善砂（ガリバー砂）の適用性を検討した。生コン工場で起こる種々のトラブルを減らすための施策として実施している異常情報の集約と共有化についても紹介する。

キーワード：単位水量試験方法、型枠の取外し、圧縮強度、乾燥収縮、高炉スラグ細骨材、粒形改善砂

1. はじめに

関東宇部コンクリート工業グループは東京都を中心に、神奈川県、千葉県および埼玉県に12の生コン工場を展開している。2007年の建築基準法改正に続く翌年の金融不安の影響による深刻な建設不況下にあつて、09年度の総出荷量は2割減の約100万 m^3 と厳しい需要環境にある。

首都圏の生コン工場の特徴として、1日に1000 m^3 以上といった大量の出荷日が多く、1日のうちに低強度から超高強度まで多様な生コンの出荷がある、渋滞の影響を受けて運搬時間が長い・定まらないなど、品質に影響を及ぼす要因が多いことがあげられる。また、都心工場では近隣住民との共存のために環境対策が必要など、技術面以外にも大きな配慮が必要である。こうした環境の中で生コンの品質確保、コスト削減および他社との差別化にかかわる課題に取り組むため2001年に技術センターを設置し、実験的検討、工場への技術支援および資格取得教育を行なっている。

本報では、技術センターがこれまでに行なった検討のうち、生コンの品質向上のための取組みおよび新規骨材等の今後に向けた課題、また、工場で起こるクレーム等の異常防止への取組みについて紹介する。

2. 品質向上のための取組み

ここでは、①生コンの単位水量管理にかかわる各種単位水量試験方法の検討結果、②強度管理にかかわる

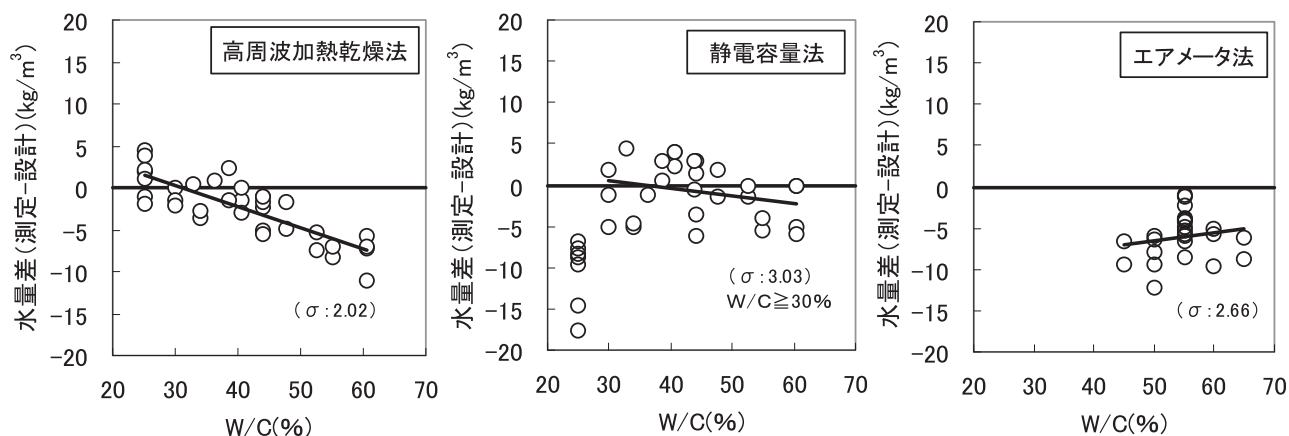
脱型までの供試体の取扱いの影響、③耐久性にかかわる乾燥収縮の実態と混和剤による改善効果について述べる。

(1) 各種単位水量試験方法の適用性

コンクリートの単位水量の測定は、国土交通省をはじめ、民間でも建設会社独自で施工管理の一環として実施している。生コン工場においても製造工程の品質管理項目として規定し運用している工場が増えている。測定方法には、乾燥法、エアメータ法、静電容量法、塩化物濃度法など、種々の方法があるが統一されておらず個々に測定方法をマニュアル化しているのが現状である。

適用事例の多い高周波加熱乾燥法、静電容量法（ケット）およびエアメータ法について適用性を検討した。結果を図-1に示す。試験は表乾状態の骨材を用いて、水セメント比およびスランプを変えて単位水量を測定した。セメントは普通および中庸熱ポルトランドセメント、細骨材は山砂に石灰岩砕砂を40%混合したもの、粗骨材は石灰岩碎石を使用した。なお、高周波加熱乾燥法の場合はウェットスクリーニングしたモルタルを1600Wの電子レンジで4分間乾燥し、蒸発量にセメントの水和による結合水率の補正を行って水量を求めた。エアメータ法は通常の空気室圧力法に用いるエアメータによった。

これらによると、高周波加熱乾燥法は、測定値と配合設計値との差とコンクリートの水セメント比に相関が認められ、他の方法に比べて設計値との差のばらつ



図一 1 水セメント比と単位水量の測定値と配合設計値との差

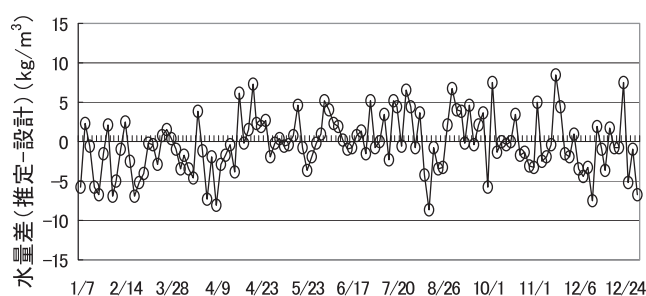
きが小さい。なお、工場が異なると関係線も異なる結果が得られており¹⁾、使用材料や電子レンジの若干の性能差の影響が考えられることから、工場ごとに補正値を求める必要があると考えられる。また、ウェットスクリーニング時の振動の与え方、時間も影響するため統一する必要がある。実用的には、このように室内試験で求めた近似式を補正値として用いればよい。

静電容量法は水セメント比が30%以上では測定値と設計値は同等であるが、水セメント比が25%の場合には測定値が極端に小さく、またばらつきが大きい。原因はよくわからないが、高強度コンクリートの場合には適用性が低いと考えられる。測定方法は簡便であるが、装置が高価な点も生コン工場には受入れにくい。

エアメータ法の測定値は設計値よりも小さくなるが、水セメント比の違いによらずほぼ一定となった。高周波加熱乾燥法に比べて測定値のばらつきが大きく、測定試料中の粗骨材量の変動、測定容器の上面仕上げ精度による空気量の変動の影響を受け易いためと考えられる。エアメータ法は空気量の測定時に行なえることから特殊な装置を必要とせず非常に簡便な方法であるが、これらの影響を極力排除するように試料の採取、容器への詰め方に注意を払い、データを十分に蓄積した上で補正値を設定すれば工場の品質管理に適用できる可能性があると考えられる。

いずれの方法も、以上のような点に留意すれば生コンの品質管理に適用可能と考えられる。図一2に工場で製造時の工程管理として実施した高周波加熱乾燥法による測定結果を示す。設計値 $\pm 10 \text{ kg/m}^3$ で推移しており、図一1に示した室内試験でもばらつきが $\pm 5 \text{ kg/m}^3$ 程度あること考慮すれば、総じて安定した水量管理ができていると考えられる。

当社では高強度コンクリートの出荷時の配合修正の判断にも単位水量測定を活用しており、製造時の流動



図一 2 工場の単位水量管理状況

性が目標から外れた場合の原因を骨材表面水あるいは混和剤量のいずれにあるかを単位水量結果に基づき判断している。単位水量が合っていれば施工性、強度ともほぼ想定どおりのコンクリートが得られる。

(2) 脱型までの取扱いが強度に及ぼす影響

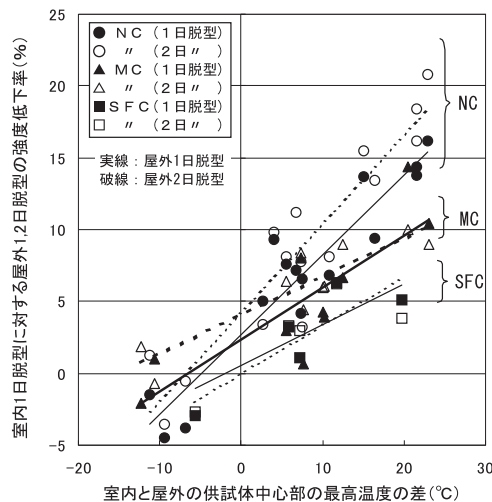
工場の強度管理結果には問題がないが、施工者側から強度が低めだとかバラツキが大きい等との苦情が起こることがある。理由の一つに、日本建築学会のように生コンのJISと検査ロットの考え方が違うため同じ運搬車から採取しないことが考えられる。また、JIS規格では採取から型枠の取外し(脱型)までの取扱いや保管条件に関する要件が定性的で柔軟な対応が可能になっているため、後の養生が同じでも強度へ大きな影響を及ぼす可能性があると考えられる。JIS A 1132「コンクリート強度用供試体の作り方」では、脱型は16時間以上3日以内でその間、衝撃、振動および水分の蒸発を防ぐこと、また、脱型までは常温で保管することと規定されている。また、日本建築学会の高強度コンクリート施工指針(案)には、初期養生対策として、水分の逸散防止や、その後に実施する養生と同一の温度になるような措置を施すように規定されている。具体的には、調査実験時と条件を極力合わせる。供試体上面のラップフィルムによる封かん、初期から

20℃の恒温養生槽を用いるなど。しかし、高強度コンクリートの受入れ現場では上述のJISに準じて現場内で保管される場合が見受けられる。

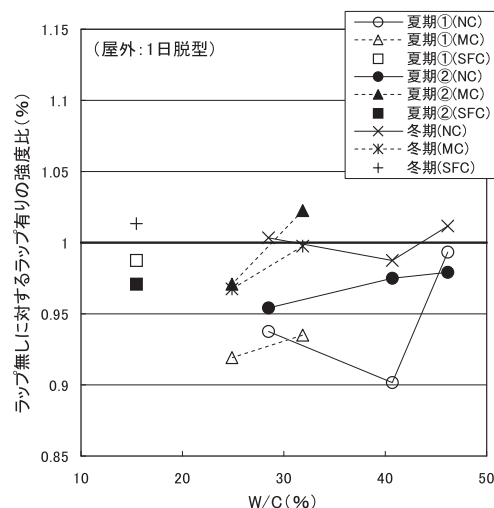
そこで、脱型を行うまでの条件として、脱型材齢、上面のラップフィルム、脱型までの保管場所としての20℃恒温室、屋外日陰、屋外日向を取り上げ、夏期3回および冬期1回の実験を行った。脱型後は材齢28日まで20℃の水中養生を行った。なお、屋外の日陰および日向の場合は上面に合板で覆いを施した。セメントには普通（NC）、中庸熱（MC）およびシリカフュームセメント（SFC）を使用し、呼び強度はそれぞれ36～72、63～83および120とした。

図－3に、脱型までの室内と屋外の供試体の最高温度の差と材齢28日強度低下率との関係を示す。強度低下率は、恒温室1日脱型に対する屋外1日脱型および2日脱型の場合の低下比率とした。冬期で室内よりも外気温が低く温度上昇が小さくなる屋外保管の場合は強度への影響は認められないが、夏場の室内よりも温度上昇が高くなる場合にはいずれのセメントでも強度発現が小さくなり、また、温度差が大きいほどその傾向が強くなる。標準期の場合は温度の影響を受けるがその影響は比較的小さいのではないかと推察される。セメント別では温度差が同じ場合には普通＞中庸熱＞SFCの順で、低発熱のセメントのほうが影響が小さい。また、普通および中庸熱の場合は1日脱型に比べて2日脱型の強度が低くなる傾向が認められる。なお、図には屋外の日陰および日向、また、ラップの有・無の結果も入れたが、これらの要因にかかわらず温度差で整理できるようである。屋外では日陰に比べて日向に置いた場合のほうが強度発現が小さくなり²⁾、これも日射による温度上昇により強度発現が悪影響を受けるためと考えられる。また、図－4に示すようにラップ有りのほうが、無しに比べて強度が低くなる場合が多くなった。逆の結果を示す報告³⁾もあるが、直射日光が当たらないように上面に合板を直接載せればラップ保護がなくても水分蒸発による影響は小さくなると考えられる。

以上のように、脱型までの供試体の取扱いは強度に大きな影響を及ぼす。特に夏期は屋外に保管するとセメントの水和熱による高温履歴の影響を受けて強度発現が阻害される。高強度コンクリートの構造体の強度管理においては、供試体採取直後から室内等の実験時と同じ一定温度の条件で保管し、できるだけ早期に脱型して、水中養生に移すことが望ましいと考える。



図－3 屋外保管による供試体の最高温度の差と強度低下率



図－4 ラップフィルムによる封かんの影響

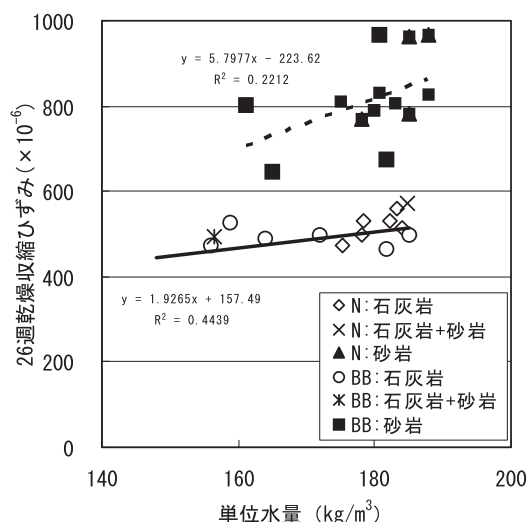
(3) 乾燥収縮の実態と混和材料による改善効果

2000年の品確法（住宅の品質確保の促進等に関する法律）の施行以来ひび割れ抑制が重要視されるようになり、独自に生コンの乾燥収縮の実態を調査している建設会社もみられる。対策として膨張材を使用する事例が増えており、最近では石灰岩粗骨材が指定されるケースも見受けられ、生コン側も対応に苦慮する場面が出てきている。一方で、土木学会コンクリート標準示方書2007年版に続き、日本建築学会鉄筋コンクリート工事標準仕様書JASS5においても2009年の改正で乾燥収縮ひずみ規定され、ますます乾燥収縮が重要視されるようになってきている。

生コンのJISでは乾燥収縮の要求がないこともあり、生産者側からのデータの開示は非常に少なかったが、これらを受けて全国生コンクリート工業組合連合会では実態調査⁴⁾を実施している。

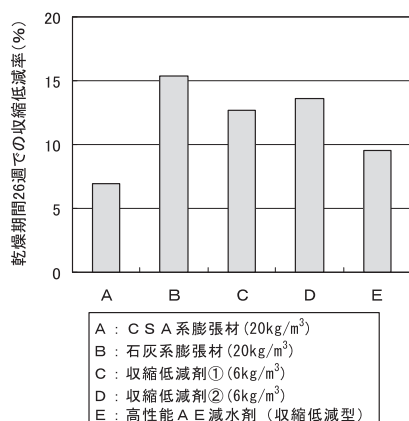
当社においては、これに先立つ2005年に実際の出

荷生コンを用いて乾燥収縮を調査した。結果を図—5に示す。呼び強度は21～30，セメントは普通および高炉セメントB種である。これによれば，粗骨材に石灰岩系碎石を用いたほうが，砂岩系の場合に比べて乾燥収縮が半分程度に小さくなった。砂岩系の粗骨材の場合は 8×10^{-4} を超える場合もあるが，概ね単位水量が 185 kg/m^3 以下であればそれ以下になるようであった。



図—5 単位水量と乾燥収縮ひずみ

乾燥収縮の低減方法として，一般的には単位水量の低減，粗骨材量の増加といった配合の改良が挙げられるが，流動性や打込み易さといった施工性能を落とさずに配合を大きく変更することは難しく，従って収縮性能を大きく改善することは難しいと考える。そこで，市販の混和材料で収縮を低減できるといわれる膨張材，収縮低減剤および収縮低減型の高性能 AE 減水剤について性能を確認した。結果を図—6に示す。コンクリートの配合は呼び強度 27，スランプ 18 cm で，使用材料としてセメントは普通，粗骨材は砂岩系砕



図—6 混和材料による乾燥収縮低減率

石，細骨材は砂岩系砕砂，石灰岩系砕砂および山砂の混合とし，混和材料を使用しないベースコンクリートの26週後の収縮ひずみは 850×10^{-6} である。

いずれもベースコンクリートよりも収縮が低減され，膨張材の場合7～15%，収縮低減剤および収縮低減型の高性能 AE 減水剤の場合は10～15%であった。これらを使用することにより乾燥収縮ひずみを 8×10^{-4} 以下にすることができるとは，石灰岩系の粗骨材を用いる場合に比べると効果は小さいようである。膨張材は標準使用量でありこれ以上の効果は期待できないが，収縮低減剤および収縮低減型の高性能 AE 減水剤の場合は使用量を増加させることによりさらに低減させることが可能と考えられる。なお，骨材の岩種の変更も含めていずれの対策についてもコストアップになるため，構造物の重要度，使用部位や配合を特定して選定されることが必要と考える。また，安易な骨材の岩種の変更は資源の有効利用の観点からも好ましくないとされる。

なお，当社では乾燥収縮のほか，鋼材腐食にかかわる塩分浸透および中性化，コンクリートの劣化にかかわる耐凍結融解性のデータも所持している⁵⁾。

3. 新規材料への取組み

ここでは，良質な細骨材の減少に対する生コンの品質確保のための①高炉スラグ細骨材の適用性および②粒形改善砂（ガリバー砂）の適用性についての検討結果を述べる。

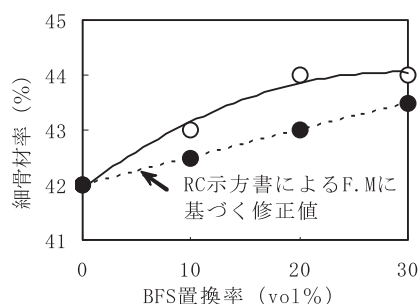
(1) 高炉スラグ細骨材の適用性

採取規制や品質の低下により天然のコンクリート用骨材が少なくなっており，粗骨材はほとんどが碎石に，細骨材も砕砂との混合に置き換わってきている。首都圏の細骨材の最大の供給先である千葉県でも良好な粒度の山砂の確保が難しくなっており，生コン工場では砕砂と混合して使用する事例が見受けられるようになっている。砕砂としては，九州・四国・東北・北海道からの海送による石灰岩系，近県からの陸送による砂岩系や石灰岩系のものが用いられている。一方で，砕砂ではないが，近年の輸送費の高騰に伴い骨材価格が上昇している点，また，安定供給の面から，近場で生産され輸送費の影響が少ない骨材として，高炉スラグ細骨材が考えられる。首都圏ではあまり着目されていないが中国地方では既に多くの実績がある材料である。高炉スラグ細骨材は，粗鋼生産時に高炉から副産される約 1500°C のスラグに加圧水を噴射して急冷し

た水砕スラグを粒度調整し、固結防止剤を添加したもので、JIS 規格も制定されている。なお、この水砕スラグは高炉セメントの原料としても利用されるものである。

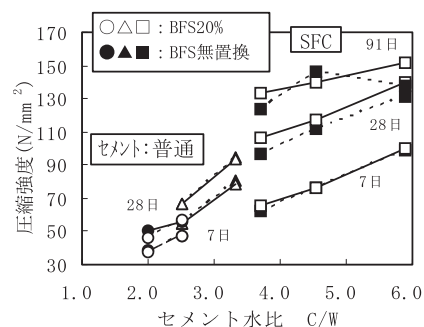
高炉スラグ細骨材（以下、BFS）の適用性をみるため砕砂と山砂の一部代替として使用した場合の評価を行なった。高炉スラグ細骨材は千葉県内の鉄鋼会社から入手した JIS A 5011-1 の粒度区分 5-0.3 に相当する密度 2.77 g/cm^3 、粗粒率 (FM) 3.33 のものを使用した。

図一 7 に細目の山砂 (FM1.91) と硬質砂岩砕砂 (FM2.81) の混合比を 6 : 4 の一定として BFS を容積置換した場合の BFS 置換率と最適細骨材率を示す。配合は水セメント比 50%，スランプ 18 cm で、粗骨材には石灰岩碎石を使用した。BFS で置換すると土木学会コンクリート標準示方書（施工編）を参考にした粗粒率の違いによる細骨材率の補正よりも 0.5 ~ 1% 大きくする必要がある。使用した BFS が微粒部分の少ない粒度のもので、混合砂中の微粒分が少なくコンクリートの粘性が低くなるためと考えられる。なお、置換率 30% になるとコンクリートが若干粗々しくなり、20% 程度までが適当と考えられる。



図一 7 最適細骨材率

細骨材の BFS 置換率を 20% とした場合のセメント水比と 20℃ 水中養生圧縮強度との関係を図一 8 に示す。図中記号の SFC はセメントにシリカフュームセメントを、粗骨材には硬質砂岩碎石を使用している。150 N/mm^2 以上の強度まで BFS を使用しない場合と同



図一 8 セメント水比と圧縮強度

等の強度が得られた。なお、10℃ および 30℃ で養生した場合の強度発現性も同等であり、また、静弾性係数および乾燥収縮への影響も認められなかった⁶⁾。BFS は首都圏では安定的に入手できる可能性がある骨材であり、山砂の粒度の低下を補え、また、輸送費にかかわるこれ以上のコストアップを抑制できる可能性があり、資源の有効利用の観点からも好ましい。但し、現状では JASS5 の高強度コンクリートの材料には BFS の記載が無く、普及の妨げになっていると思われる。

(2) 粒形改善砂（ガリバー砂）の適用性

東京都西部の三多摩地区等の内陸部の生コン用骨材は、碎石、砕砂が主である。砕砂は砂岩系がほとんどで、コンクリートの単位水量およびワーカビリティ、また、湿式製造で微粒分が低く管理されていることもあり、ブリーディングの点でも単独での使用は難しく、石灰系の砕砂と山砂を混合して改善する工場が多い。この地域では砂岩系砕砂は近隣で確保できるが、石灰岩は少なく供給面の不安と輸送コストがかかるという問題がある。また、山砂も千葉県産が主で輸送コストの問題がある。

そこで、砕砂の粒形と表面性状を改善しコンクリートの単位水量を低減させるとされる「ガリバー砂」を検討した。製造装置（写真一 1）の原理は回転ドラムの中に水とともに投入された砕砂を媒体石と称する特別な石で摺り合わせるにより、研磨するというものである。天然の砂までとはいかないようであるが、砕砂の角がとれ、写真一 2 に示すように処理前に比べるとテクスチャーが良くなる。当初はガリバー砂を単独使用あるいは混合でも使用比率を多くするとコンクリートが粗々しくワーカビリティが悪く、ブリーディングが多くなるものであった。一般の湿式砕砂と同様に微粒分のほとんどを除去する製造システムであったが、そのうちの一部を回収し再混合することを



写真一 1 ガリバー砂製造装置

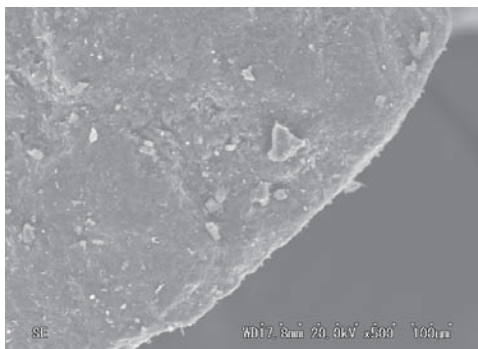


写真-2 ガリバー砂

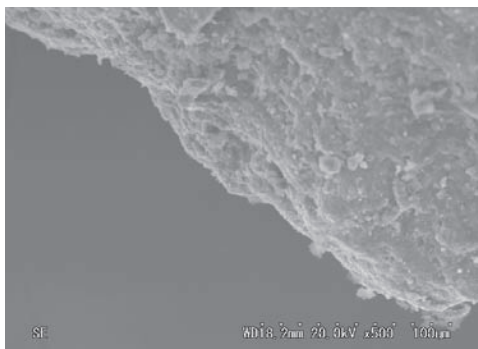


写真-3 原砂（処理前）

検討した⁷⁾。

微粒分を再混合するシステムを組込んだ装置で製造したガリバー砂の物性を表—1に示す。研磨された影響と微粒を再混合したため、原料の砕砂に比べて微粒分量が増え、粗粒率が小さく細くなるが、吸水率および実積率は若干良くなっている。

コンクリートの物性は表—2に示すとおりである。ガリバー砂を使用することにより砂岩砕砂、石灰砕砂および山砂の混合砂を使用した場合と同等の流動性でもブリーディングが低減され、良好な性状が得られる。強度および乾燥収縮率は同等である。

ガリバー砂を適用することによって、骨材の安定供給と生コンの製造コストの抑制が期待できる。まだ、実績は少ないものの、同様の問題を抱える地域においては検討に値する材料ではないかと思われる。

表—1 ガリバー砂の物性

種類	密度 (g/cm ³)	吸水率 (%)	微粒分量 (%)	粗粒率	粒形判定実積率 (%)
原砂 (砂岩系)	2.64	1.65	3.0	2.94	56.4
ガリバー砂	2.64	1.60	6.6	2.63	56.7

表—2 コンクリートの物性（水セメント比：60%，単位水量：182 kg/m³，細骨材率：49.5%）

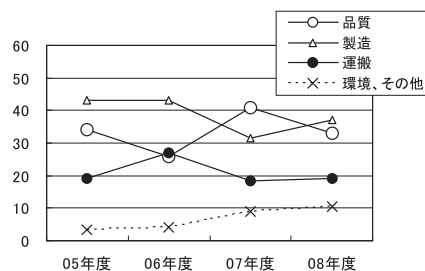
細骨材		スランプ	空気量	ブリーディング量	28日強度	6ヶ月乾燥収縮率
種類	粗粒率	(cm)	(%)	(cm ³ /cm ²)	(N/mm ²)	(×10 ⁻⁶)
混合 (砂岩：石灰：山砂 = 55：20：25)	2.70	20.5	4.3	0.73	35.7	762
ガリバー砂	2.84	21.0	3.8	0.47	37.4	—
混合 (砂岩：ガリバー：山砂 = 40：50：10)	2.70	20.0	4.3	0.56	35.5	782

4. 異常防止への取組み

生コン工場での出荷時検査や現場での受入れ時の検査での品質異常による廃棄、製造設備故障での出荷不能等による損失をゼロにすることは永遠のテーマである。現場での返品や品質が不安定な状態が続けば、工場の信用失墜により受注の機会が減るばかりでなく、複数工場を持つ当社の場合には全社的に波及することが予想される。当社ではこうした異常情報を一元管理している。情報の共有化による類似異常の防止を狙って得られた情報を他のグループ工場の他、営業や技術支援部門へもメールを利用して発信している。異常とは、ユーザーからの品質や納入にかかわるクレーム・返品はもちろん、工場内で生じた品質不適合や設備故障、輸送にかかわる事故など、大小にかかわらず生コンの製造から納入までのすべての段階で生じた不具合としている。2005年度から取組み始めたが、グループ全体で毎年200件以上の異常報告がある。

図—9に品質、製造、運搬に分類した場合の報告件数の割合を示すが、品質と製造が30～40%、運搬が20%である。図示していないが、首都圏の湾岸に立地する工場は品質と運搬の割合が高く、内陸の工場は製造の割合が高い。湾岸工場は普通強度から高強度まで多品種のコンクリートの出荷があり、また、距離に比べて運搬時間が総じて長く渋滞などによる変動も大きいため、品質変動の想定から外れることが多く、異常を生じ易いと考えられる。

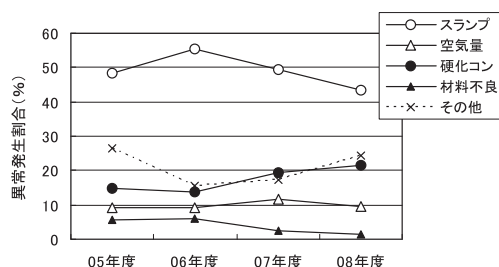
製造にかかわるものはほとんどが設備の故障であ



図—9 品質、製造、運搬にかかわる異常発生割合

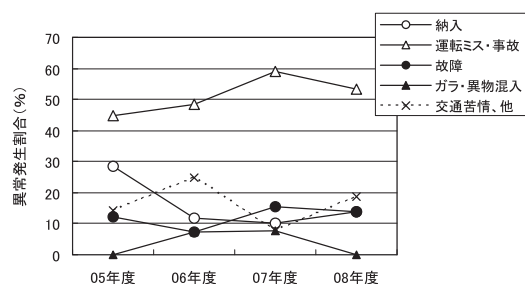
り、立地よりも老朽化の影響が大きい。まれに生コンが切れるといった苦情も受ける。予定どおりの車を準備したが現場の開始時間がずれて出荷が重なる場合に起こることが多い。客先からの電話応対で問題が大きくなる事例もあり、出荷係の技量として重要な要素である。

図—10に品質にかかわる異常の内訳を示すが、スランプが50%、空気量と硬化コンクリートが20%程度である。スランプと空気量は出荷開始直後の、サイロ内の細骨材の表面水の変動の影響を受け易い時間帯に多く、工場での検査で異常になる場合がほとんどである。現場の受入れ検査で返品になるのは上述の理由により湾岸の工場が多く、内陸の工場は非常にまれである。ほとんどといってよいと思われるが軟目の希望が多く、出荷時の目標範囲を狭くする必要があり対応が非常に難しい。荷卸し時に規定の範囲内であっても、変動が大きいとか、硬くて打てないとかの苦情も起こる。混和剤を遅延形に変えるような季節の変わり目で気温が上がらない場合などにも起こり易い。硬化コンクリートはひび割れや色、強度は現場の工程管理に使う現場水中や封かんの初期強度が低いなど、生コンの管理では想定しにくい苦情がほとんどである。



図—10 品質にかかわる異常の内訳

運搬にかかわる異常の内訳を図—11に示す。運転操作ミスが多い。交通事故も時々あるが、狭い現場で仮設物に接触する事例もある。また、アジテータ車のドラムの操作レバーが立ち木等に接触して洗浄水が排出されて汚す事例もある。生コンの輸送中は逆転防止ロックを掛けるが帰りに忘れるといったケースがあ



図—11 運搬にかかわる異常の内訳

る。納入にかかわるものは少なくなっており、以前は保護具の未着用もあったが、最近は教育がなされマナーが良くなっていると感じられる。

現実としてなかなか異常は無くならないが、現場での返品件数とその量はこの間に20%減少した。小さな異常も報告される(隠さず報告する雰囲気ができた)ので、問題が大きくなる前に課題として捉えることができる。情報共有化の効果として、工場内、工場と関係個所との意思疎通が良くなった。製造にかかわる苦勞が営業に伝わるようになり、クレームが発生した場合に営業と工場、そして技術支援個所が一体で迅速に対応する。言い換えれば、当然の対応ができるようになりユーザーからの信頼度が向上したのではないかと考えている。

5. おわりに

生コンの品質確保および向上のために、当社技術センターが中心となって取組んできた課題として、単位水量管理、強度管理、耐久性、新規骨材にかかわる検討結果および工場で起こる種々のトラブル削減のための施策を紹介させていただいた。参考になれば幸いである。今後も建設業界の動向を注視し、顧客の要求に応える技術の蓄積、同業他社との差別化を目指した課題に取り組んでいく所存である。

J C M A

《参考文献》

- 1) 加来正治, 松永篤, コンクリートの単位水量試験方法の評価と生コン工場への適用について, 第14回生コン技術大会発表論文集, pp.207-212, 2007
- 2) 加来正治, 伊藤智章, 松永篤, 脱型までの供試体の保管方法が高強度コンクリートの強度に及ぼす影響, 第15回生コン技術大会発表論文集, pp.83-88, 2009
- 3) 長根良美, 伊藤司, 国井一司, 風間美男, 原田修輔, 高強度コンクリートの強度管理用供試体の保管条件による強度への影響について, 第13回生コン技術大会発表論文集, pp.67-72, 2005
- 4) 全国生コンクリート工業組合連合会技術委員会, 乾燥収縮に関する実態調査結果報告書, 2009.11
- 5) 伊藤智章, 松永篤, 吉田浩一郎, 大和功一郎, 関東地方の生コン工場に製造したコンクリートの耐久性について, 第14回生コン技術大会発表論文集, pp.69-74, 2007
- 6) 松永篤, 小林一三, 高炉スラグ細骨材を用いたコンクリートの諸性質, 第12回生コン技術大会発表論文集, pp.1-4, 2003
- 7) 松永篤, 生コンの製造コストの抑制が期待できる・砕砂の最新技術: 粒形改善砂の適用性について, コンクリートテクノ, Vol.28, No.9, 2009.9

【筆者紹介】

松永 篤 (まつなが あつし)
関東宇部コンクリート工業(株)
常務取締役技術統括部長
兼 宇部興産(株)
生コン技術センター長



コンクリート生産設備に求められる 「生コン品質向上」における現状

生 形 正 幸・田 村 真・柳 下 太 志

信頼されるコンクリート構造物に供給する、品質の良い生コンクリートを製造するためにコンクリート生産設備の果たす役割は、幾多の他工程に比較して少ないと言える。しかしながら、環境面・経済的見地を含め技術的課題も多くあり、奥も深い。コンクリートプラントの技術的変遷を含め、最近の技術的ニュースや将来の展望などを紹介してみたい。

キーワード：変遷、新 JIS 対応、環境負荷、維持管理

1. 技術的変遷

(1) コンクリートミキサ

近代におけるミキサの歴史は、傾胴型から始まり、強制パン型へ進化し、1970 年代後半より強制二軸ミキサが主流になっている。

二軸ミキサの特徴として、

- ①高強度・高流動コンクリートの高負荷への対応が容易であること。
- ②攪拌力に優れ、短時間混練が可能であること。
- ③部品交換の周期が長く、計画的な保守管理がしやすいこと。
- ④コンクリート排出時間が短く、バッチサイクルが短いこと、などが挙げられる。

ここで現在主流となる、らせん式連続パドル構造の混練メカニズムについて紹介する。

強制二軸ミキサは、軸の回転により、2本の軸廻りにらせん状の流れである「らせん流動」が形成される。この「らせん流動」がミキサ中央で交互に衝突し合うことにより、「局部交錯流動」が形成させる。また、「らせん流動」がミキサ内で逆方向に進行し、ある位相差で交互に繰り返すことにより、ミキサ内を大きな流れで循環する「全体循環流動」を形成させる。この二種類の流動形態により、コンクリートの混練が行われる。また、単独パドルの配置追加により、コンクリート材料へのせん断作用を増加させている。この構造により、普通コンクリートはもとより、高粘性の高強度コンクリートに対し、圧縮・せん断作用を与えることにより、均一に早く混練ができる。

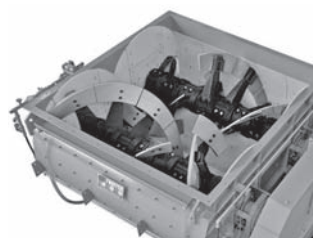


写真-1 コンクリートミキサ-1



写真-2 コンクリートミキサ-2

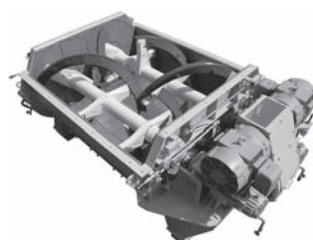


写真-3 コンクリートミキサ-3

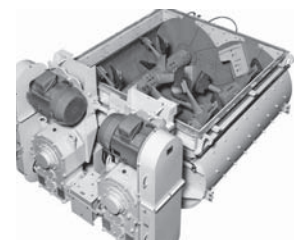


写真-4 コンクリートミキサ-4

(2) 全自動制御

プラントそのものも、手動式→半自動式→全自動式の経緯を経て、現状では電子制御方式の操作機構となっている。計量器は、荷重の伝達方式により分類され、機械秤と電子制御との組み合わせ方式、ロードセ



写真-5 コンクリート制御盤-1



写真—6 コンクリート制御盤-2

ル直接計量方式があり、現在ではロードセル直接計量方式が主体で操作盤には様々なソフトが組み込まれ、計量精度の向上が図られている。

(3) 敷地の有効利用

コンクリートプラントを中心設備とする生コン製造システムは、原材料の貯蔵、供給・貯蔵システム、計量・混練システム、操作・品質管理システム、環境・リサイクルシステムを機能的に組み合わせた結合システムである。

限られた用地に設備計画する際は、地形、面積、生コンの用途、生産規模、アジテータ車数、設置場所、原材料の入荷条件、設置工事期間などに適した型式を選択し、周囲環境の条件と入荷及び出荷の車の流れを考慮した配置を計画する必要がある。

特に、骨材搬送用ベルトコンベヤは、平ベルトの緩傾斜から、栈付ベルトの急傾斜コンベヤ、垂直コンベヤを有効配置し、狭地設置を可能にしている。

その他コンクリート製ビル形階層に、原材料ストックヤードと計量・混練設備を納めたビル形プラントも、都市部に出現している。



写真—7 コンクリートプラント-1



写真—8 コンクリートプラント-2

2. 最近の技術的ニュース

(1) 表面水率測定計（マイクロ波式）

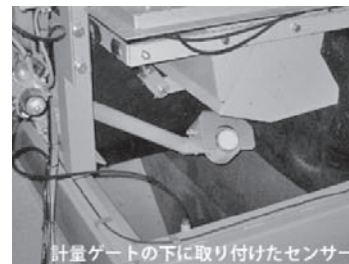
現在はマイクロ波式水分計が主流で、計量器の直前

に取付け、連続測定が可能である。

センサ部より発信されるマイクロ波の吸収差は骨材に含まれる水分に応じて異なる。この変化量を的確に検出し、ユニット内部で演算（水分値に換算）する。



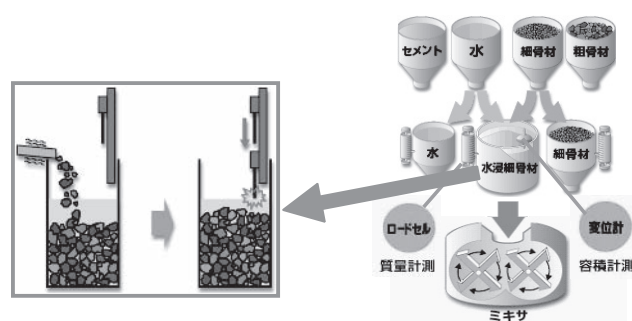
写真—9 マイクロ波水分形-1



写真—10 マイクロ波水分形-2

(2) 水浸式細骨材計量方式による表面水率測定装置

計量される細骨材の一部を引き出し、水浸細骨材計量器で質量と容積を計測し、密度差により水分量を算出する方式である。



図—1 水浸計量モデル図

計算方法

表面水率はJIS A1111 より次式によって算出される。

$$H = \frac{m - m_s}{m_l - m} \times 100 \quad \text{ただし, } m_s = \frac{m_l}{d_s}$$

H : 表面水率 (%)

m : 細骨材でおきかえられた水の質量 (g)

m_l : 細骨材の質量 (g)

d_s : 細骨材の表乾密度 (g/cm³)

(3) スラッジ水濃度計（マイクロ波式）

現在超音波式濃度計が主に利用されているが、生コンの中に含まれる気泡、付着などによる汚れ、可動部分を持たないなど保守性に優れているマイクロ波式濃度計も注目されつつある。

表一 各方式濃度計との比較表

項目	マイクロ波式	超音波式	光学式	回転式
測定原理	マイクロ波の伝播速度の変化	超音波の減衰	透過光の減衰	回転羽根が受けるせん断応力測定
温度測定範囲	0～50%	0～10%	0～1.2%	1～10%
付着の影響	影響なし	ほとんど影響なし	影響を受ける	ほとんど影響なし
気泡の影響	影響を受けにくい	影響を受ける	影響を受ける	ほとんど影響なし
流速の影響	影響なし	影響なし	影響なし	影響を受けやすい
可動部	なし	なし	なし	あり
管内突起物	なし	なし	なし	あり

3. 新 JIS 対応 (JIS A 5308)

2009 年 3 月 20 日付で改正公布となり、本年 4 月 1 日より施工となる。今回の改正に伴い、多くの生コン工場で製造・出荷に関するシステム・装置の変更が必要となっている。

“環境への配慮”として再生骨材 H の採用、スラッジ水の利用促進及び付着モルタル利用方法の拡大“配合などの透明化”として配合計画書や納入書の位置づけの明確化と、納入書への配合の表示などが規定された。

レディーミクストコンクリート納入書												
No. _____										平成 ____ 年 ____ 月 ____ 日		
製造会社名・工場名												
納入場所												
運搬車番号												
納入時刻												
納入容積												
呼び方		コンクリートの種類による記号		呼び強度		スランプ又はスランプフロー cm		粗骨材の最大寸法 mm		セメントの種類による記号		
配合表 kg/m^3												
セメント	減利材	水	細骨材①	細骨材②	細骨材③	粗骨材①	粗骨材②	粗骨材③	減利剤①	減利剤②		
水セメント比	%	水結合材比	%	細骨材率	%	スラッジ固形分率	%					%
備考 配合の種類: □標準配合 □修正標準配合 □計量記録から算出した単位量 □計量印字記録から算出した単位量 □計量印字記録から自動算出した単位量												
荷受機印						出荷機印						

図一 2 (参考) 平成 22 年 4 月 1 日から適用される納入書 (追加項目部)

プラント側の対応として

①計量印字記録より単位換算とプリンタ出力。

計量操作盤、出荷管理装置の型式により改造パターンが違う。改造不可の場合、パソコンとプリンタの追加もしくは新規に操作盤、出荷管理装置の入替となる。

②各補正值通信のためのインタフェース改造・追加。

③印字記録の 5 年間保管義務。

④各工場で違う出荷システムを調整確認しながら、最良の対応を図る。

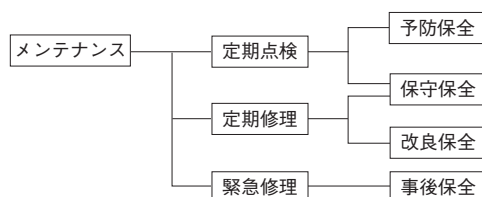
⑤スラッジ水を使用する場合、スラッジ水濃度の管理が必要となる。

⑥今回の改正の最大の内容が、環境とトレーサビリティ配慮であると受止めた場合、コンクリートプラントでの対応範囲は上述で代表される。ただ今後、付着モルタル利用や戻りコン・残コン処理などで発生する回収水の再利用の増加に適応するハードは、課題と考えるべきであろう。

4. プラント設備の維持管理

生コン工場が的確に保安管理されているか否かで、設備の品質が左右され、そのことが「品質の良いコンクリート」の製造につながる。さらに、故障しない工場であることが、需要側や協同組合からの信頼につながる。しかしながら、生コン需要減少から、生コン会社の経営は逼迫しており、これに対応するために各生コン工場はコスト削減に取り組んでいる。従業員が高齢化する中で、更に少数精鋭で運転されるため、設備の保安管理を担当する作業者に大きな負担がかかっているのが現状である。

プラントメカとしては、設備・機械の長寿命化、メンテナンス負荷軽減及び緊急時のサポート体制強化は、時代の要請と考えなければならない。プラントの長寿命化では、磨耗材の材質変更や肉厚アップなど初期費用がかかる。メンテナンスが熟練者でなくても容易に可能な構造・形状にする工夫は重要なことと考える。サポートについては、計量操作盤の電話回線によるリモートメンテナンスで対応している。又、ユーザ教育は、特に必要不可欠であり、保安管理の重要性を説明し、理解を求めている。特に定期点検（予防保全および保安保全）・定期修理（保安保全・改良保全）、トラブルが発生した際の緊急修理（事後保全）があり、「出荷停止を起こさない日常の保安管理」という意味では、生コン工場が自ら行なう定期点検が最も重要である。



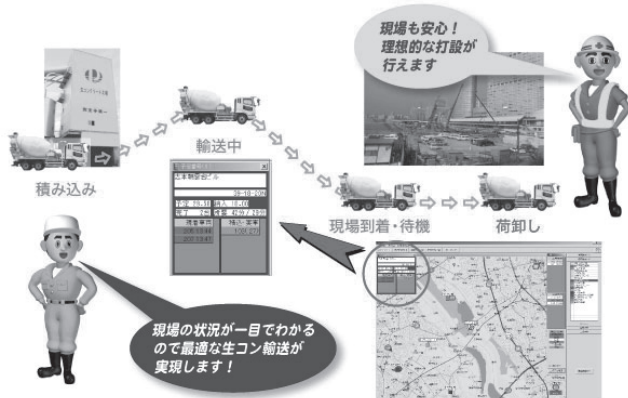
図一 3 メンテナンスシートの一例

5. コンクリートプラント関連での取組み紹介

(1) GPS を活用した生コン車の配車管理

すぐれた品質を維持した生コンを納入するためには、効率的な配車が不可欠であり、結果として現場待機時間の短縮により品質の経時変化の最少化および輸送コストの改善ができるものと考えられる。生コン輸送環境は、ジャストインタイム輸送、製品の品質確保、現場へのサービス向上といった要請を背景に GPS を活用した配車システム化への期待が高まっている。

(a) GPS を活用した生コン配車システム構成図



(b) 生コン配車システムの機能

- ①生コンの納入予定に基づき、出荷日の前日までに車両の必要台数や配車計画をコンピュータシミュレーションにより立案できる。
- ②出荷当日は納入現場の進行状況の変化をリアルタイムにデータ収集して、再シミュレーションを実行することで、その後の配車計画の修正が図れ、このことによりジャストインタイム輸送ができる。
- ③車輛動態を地図上で確認できる。
- ④車輛の稼働実績管理にて運搬業務の効率改善が図れる。

(2) アジテータ車ドラムに遮熱・断熱塗装した、コンクリート温度抑制方法

品質管理上、重要な項目である荷卸し時のコンクリート温度上昇が問題化されつつある。その対策のひとつとして、アジテータ車のドラム外装部に、遮断・断熱塗料を塗布しコンクリート温度の上昇を抑制する方法がある。

(3) 生コン車の燃費改善と CO₂ 削減対策

省燃費運転法の実施で、地球温暖化防止に貢献するだけでなく、燃料費の削減、また結果として安全な運転につながるため、交通事故の減少、保険費用の減少、

各種メンテナンス費用の減少など副次的なメリットも多い。

表一 一般道路での省燃費運転のポイント

1	急発進、急加速を避ける
2	早めのシフトアップ、遅めのシフトダウン
3	一定速度運転の励行（波状運転の防止）
4	惰力走行の多用（エンジンブレーキの多用）
5	経済速度での走行

6. コンクリートプラントの将来展望

日本におけるコンクリート生産設備は、計量精度の向上、瞬発力の増強、混練性能の向上、コンクリート温度の管理、環境対策など、ニーズに応じながら進化してきた。今後の技術革新のポイントは、さらに IT 技術を駆使した省力化、高性能化、環境対策となると考えている。例えば、コンクリート温度自動管理システム・表面水自動管理システムなどの技術が、今後さらに進むと考えている。

7. 謝辞

本投稿にあたり、経済産業省産業技術環境局発行の“レディーミクストコンクリートの JIS を改正”，セメント新聞社発行のコンクリートテクノ，(株)大林組，(株)北川鉄工所 日工(株) パシフィックテクノス(株)ホームページデータを引用させていただきましたこと、この場を借りて御礼申し上げます。

J C M A

[筆者紹介]

生形 正幸（うぶかた まさゆき）
光洋機械産業(株)
生産本部 第二技術部
統括部長

田村 真（たむら まこと）
光洋機械産業(株)
生産本部 第二技術部 設計グループ
部長

柳下 太志（やぎした ふとし）
光洋機械産業(株)
生産本部 第二技術部 設計グループ
プラント設計課
担当課長

超早強・超高強度コンクリートを利用したプレキャスト・プレストレストコンクリート(PCaPC)梁の適用とさらなる開発

小 室 努・是 永 健 好・甲 斐 隆 夫

建築構造架構の長スパン化においては、鉄骨造のみでなく、鉄骨造と鉄筋コンクリート造の長所を取り入れた複合構造やプレストレストコンクリート造が、多くの場合で求められている。これらの架構形式は、さまざまな要求性能や経済性・施工性を考慮し、改善・改良され、進化している技術である。ここでは、プレキャスト化を用いたプレストレストコンクリート梁の開発・適用の取り組みについて紹介する。

キーワード：プレストレストコンクリート、高強度コンクリート、プレキャスト、長スパン、複合構造

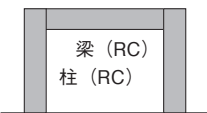
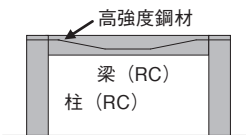
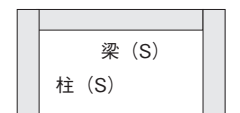
1. 背景

建築構造物の架構形式は、敷地条件、建設場所、建物用途、建物の高さ、スパン長、積載荷重、工期、経済性、振動・遮音性能、などを総合的に勘案して決められる。建物用途とスパン長の関係を見ると、集合住宅の場合スパン長は6～10 m程度、商業建築の場合8～12 m程度、事務所の場合12～20 m程度の要求が多く、設計時には、これらのスパン長に応じた架構形式を、建物用途に応じて検討する。通常では、スパン長が8 m以下であれば、鉄筋コンクリート(RC)造が主体となり、8 mを超える場合、鉄骨(S)造の検討を行う。しかし、近年の集合住宅では、間取りの自由性のために12 mクラスのスパンが必要とされる

場合があるが、振動低減や遮音性能のため剛性の高いRC造である必要がある。この場合、コンクリートにあらかじめ圧縮力を導入したプレストレストコンクリート(PC)造の適用を検討する¹⁾。また、長スパンを有する事務所建築の場合でも、鉄骨造のみの検討でなく、鉄骨の一部をRC造に置き換えた複合構造を連続的に考えて、経済性を追求する場合もある²⁾。架構形式の特徴を表—1に示す。

表—1に示す項目以外にも、コスト性が重要な要素である。この場合、材料自体の価格が基本となってくるが、鋼材価格は世界の経済状況の影響を受けやすく、近年変動が激しく、高騰時には建設費に大きく影響を及ぼす。鋼材比率の高い鉄骨造の場合、鋼材の価格高騰や調達難の影響を直接受け、建設費や工期に支障

表—1 架構形式の特徴

	鉄筋コンクリート(RC)造	プレストレストコンクリート(PC)造	複合構造	鉄骨(S)造
架構形式	 鉄筋とコンクリートによる架構	 RC造の梁に高強度鋼材を使用	 柱をRC造、梁をS造	 柱および梁をS造
スパン	長スパンに対応できない (通常8 m程度)	長スパンに対応可能 (12～20 m程度)	長スパンに対応可能 (12～20 m程度)	長スパンに対応可能 (12～20 m程度)
特徴	振動や音などに対する居住性に優れている			他工法と比較すると短工期
		梁に大きな開口が開けられない	柱と梁の交差部に特殊加工が必要	
主な用途	集合住宅	学校・病院・文化施設	事務所・研究施設	事務所・研究施設

を及ぼす場合もある。プレストレストコンクリート造や複合構造は、鉄筋コンクリート造と鉄骨造の中間に位置するもので、さまざまな状況下の中で、柔軟に選択肢を広げることができる。

このような背景のもと、本報告は、プレストレストコンクリート造で長スパン化を目指した、プレキャスト・プレストレストコンクリート構造（PCaPC）梁の技術の紹介で、緊張材に高強度鉄筋を使用し、高強度コンクリートを使用することで、部材の軽量化を図った技術である。

2. PCaPC 梁の適用

(1) 18 m スパンへの適用

高強度材料を使用し、高い応力レベルのプレストレス力を利用して、PCaPC 梁の断面寸法を小さくした適用例を示す。18.6 m のスパンを、単純小梁で掛け渡す架構である³⁾。図—1 に梁の概要を示す。

設計基準強度 70 N/mm^2 のコンクリートおよび緊張材として USD685 高強度異形鉄筋を使用することで、断面を $300 \text{ mm} \times 750 \text{ mm}$ としている。従来のプレストレストコンクリート梁では緊張材に PC 鋼材を使用するが、鋼材間隔の確保や別途軸方向に配置する普通鉄筋の存在により、梁断面の縮小化に限界がでてくる。これに対し、高強度軸方向鉄筋を使用して、これ自体を緊張材とすることで、余分な軸方向鋼材が不要となり、かつ十分下方な有効な位置に緊張力を与えることができることが特徴である。運搬および揚重計

画から、18.69 m のスパンのうち中央部 14.8 m 部分で、スラブ下面より下方部分をプレキャスト化するハーフ PCaPC 梁として軽量化を計った。また、効率的に PCaPC 梁製作が可能で、定着具やグラウト工事が不要となるプレテンション構法が採用された。

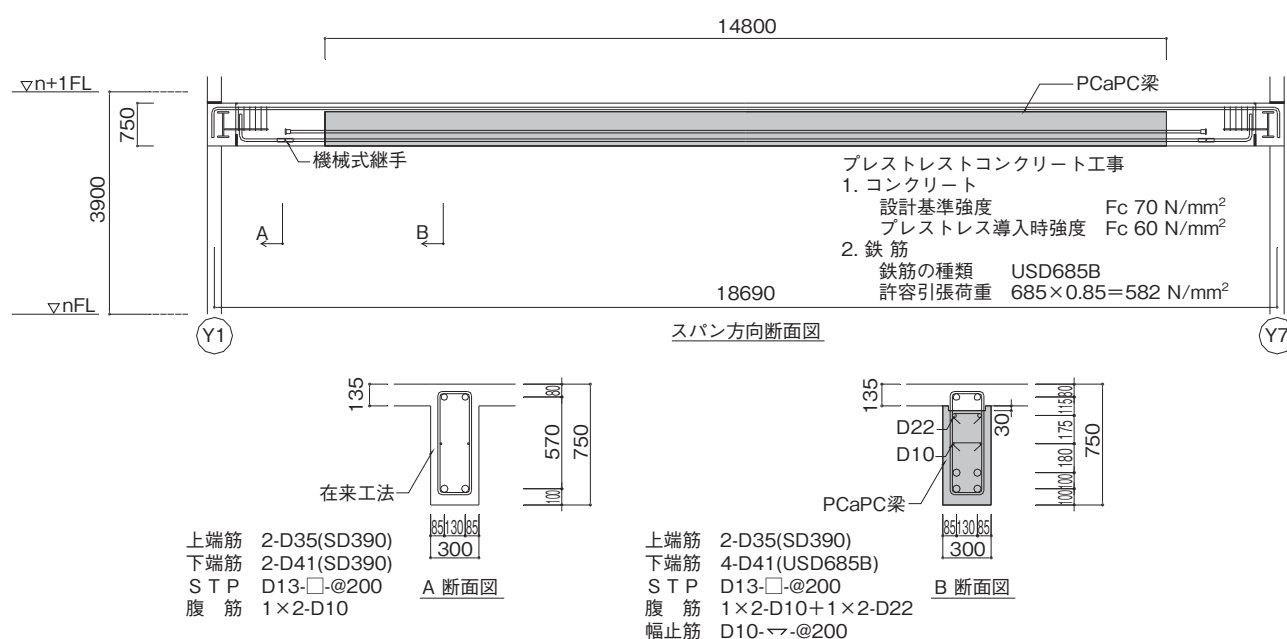
写真—1 に本梁が用いられた建物の内観を示す。梁同士の間隔を 1.95 m とピッチを細かくし、梁断面を小さくすることで、デザイン上繊細かつ軽快に表現することが可能となった。



写真—1 建物内観

(2) 22 m スパンへの適用

適用建物は、地上 21 階述べ床面積 $95,000 \text{ m}^2$ の事務所建築である。平面計画は、長辺方向（桁行）80.4 m、短辺方向（スパン）54.8 m であり、短辺方向のスパン 22.8 m に PCaPC 梁を採用した（図—2, 3）⁴⁾。PCaPC 梁は、幅 290 mm × せい 1,000 mm を 2 台平行



図—1 PCaPC 梁の適用

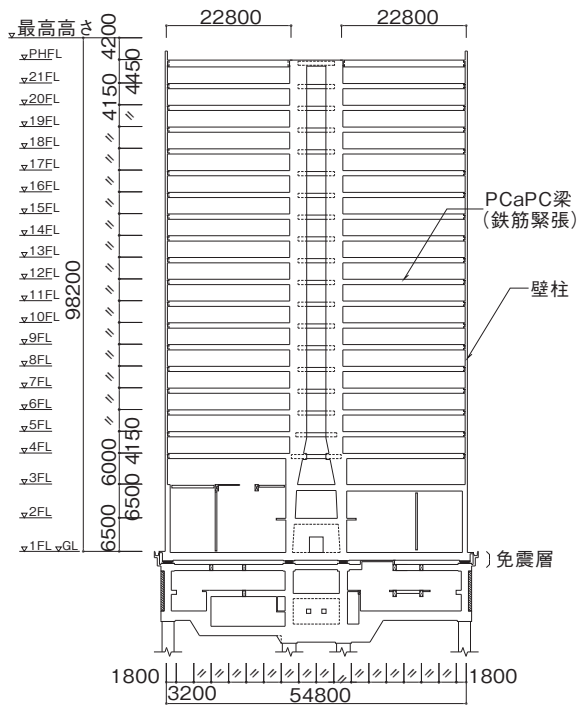


図-2 構造軸組図

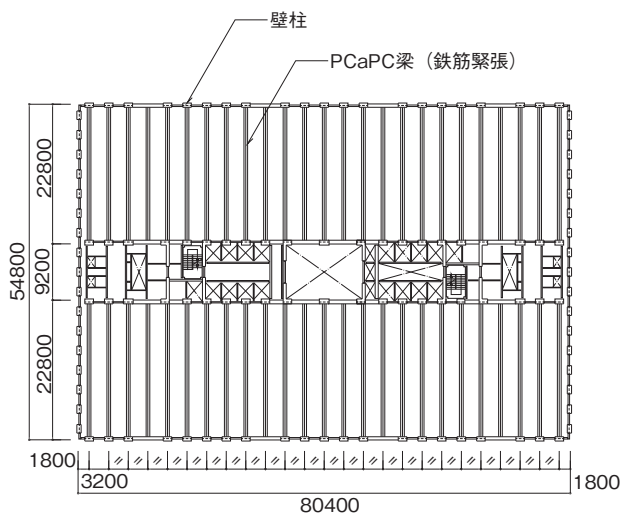


図-3 構造伏図

に配置して、PCa 壁柱ととりあう両端部 2.6 m を現場打ちコンクリートにて一体化する架構形式である。大型の設備スリーブ (400Φ) を梁中央部に連続的に設けていることが特徴である。このスリーブは、梁自重の低減・スリーブ対応が可能となり、これまでの PC 構造の短所を改善した形式である (図-4)。

タワークレーン設置計画を図-5 および写真-2 に示す。フロアーに 100 本の PCaPC 梁があるが、2 工区に分割し、タワークレーン 2 機で、1 フロアーを 7 日サイクルで施工した。

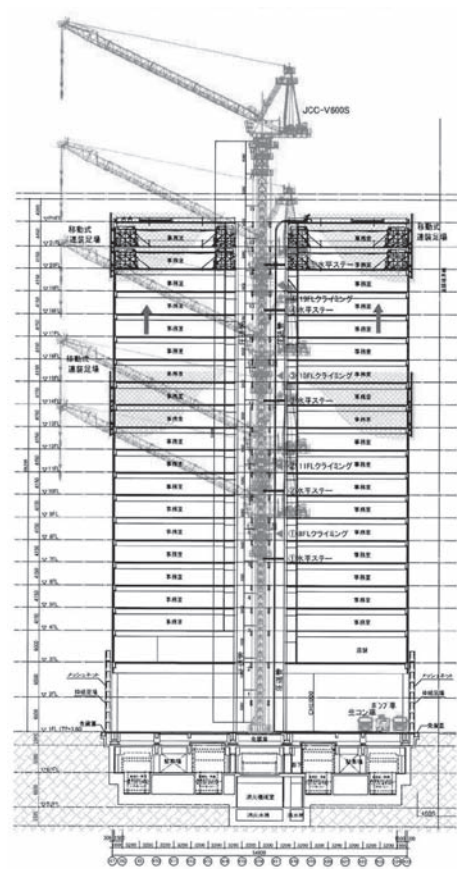


図-5 タワークレーン設置図

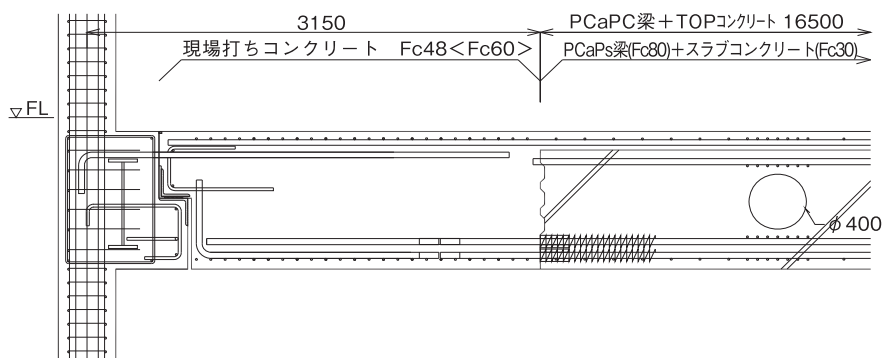
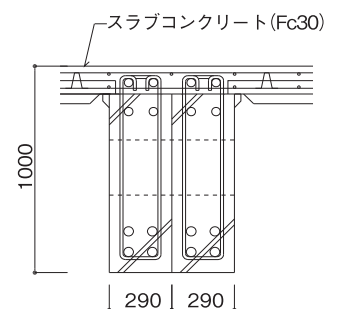


図-4 梁詳細図



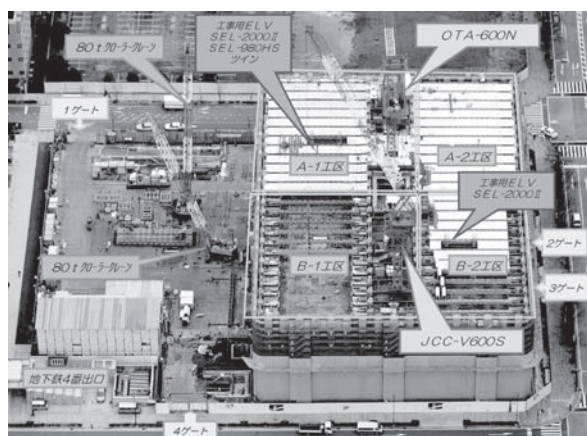


写真-2 仮設計画

に示すように一般のPC梁と比較して梁重量を約30%にまで低減することを可能としている。また、高強度の材料を使用することで使用材数量を少なくすることができ、結果として、梁製造過程でのCO₂の排出量が、通常の鉄骨造と比較して40～50%に低減できていることも大きな特徴である。

本構造は、実大製造・実大構造実験・耐火性能実験を行い、製造性・構造性能・火災時安全性の検証をし、実用化可能な段階となっている（写真-3, 4）。本PCaPC梁を系統的に利用することで、図-8に示すように50mクラスの大空間架構の実現も可能と考えている。

3. 更なる軽量化の取り組み T-POP

梁断面の極小化を追求し、製造の合理化を目指した、PCaPC梁（T-POP）の開発を紹介する。図-6に梁のイメージ図を示す。重量の低減をさらに図り、経済性を追求したPCaPC梁である。特徴は、①多数の梁開口、②I型の断面形状である。断面を極限までに小さくするため、設計基準強度130 N/mm²のコンクリートの採用を計画し、さらに、プレキャスト工場での製造サイクル工程を最短の1日とすることを目標に、圧縮強度100 N/mm²発現を16時間とした超早強・超高強度のコンクリートを開発し、適用している。

このようにして、断面を最小化することで、図-7



写真-3 製造状況

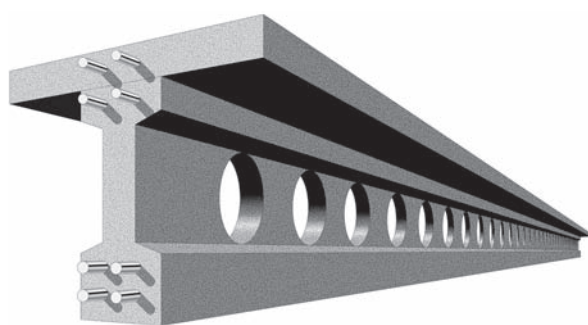


図-6 超軽量のプレキャスト梁システム
(Taisei Precast Optimized beam with Prestress : T-POP)

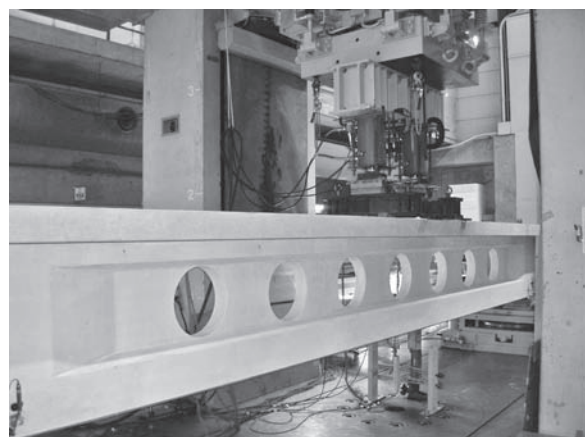
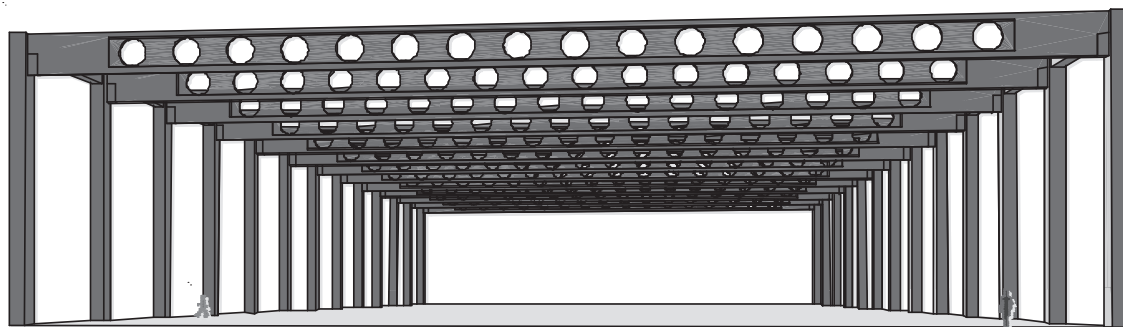


写真-4 構造実験状況



図-7 梁重量の比較



図ー8 大空間架構に適用した場合

4. おわりに

建築物の設計および施工においては、社会ニーズである多様な機能を満たすと同時に、適切な価格・工期で提供することがさらに重要となってくる。また、環境への配慮から、CO₂の排出低減や建設騒音の低減が求められる。これらの多くの要求に答える取り組みのひとつが、「PCa化を取り入れたRC造の長スパン化」であり、今回紹介したPCaPC梁の開発もその一技術である。著者らはPCaPC梁の適用拡大を追求して、実施適用をさらに進めていく予定である。

J C M A

【筆者紹介】

小室 努（こむろ つとむ）
大成建設㈱
設計本部
構造グループ

是永 健好（これなが たけよし）
大成建設㈱
技術センター 建築技術研究所
建築構工法研究室

甲斐 隆夫（かい たかお）
大成建設㈱
建築本部技術部 建築技術部

《参考文献》

- 1) 竹崎真一 他：プレテンション方式PCaPC大梁の適用拡大, 日本建築学会大会学術講演梗概集（中国）構造Ⅳ, pp923～924, 2008.9
- 2) 甲斐隆夫 他：RC造における長スパン化への取り組みと今後の展開, 建築技術 No.720, pp.56～63, 2010.1
- 3) 小室努 他：制振システムを取り入れた事務所建築の設計および施工, コンクリート工学 Vol.44, No.10, pp.36～41, 2006.10
- 4) 有山伸之 他：エネルギー吸収集約型制振システムの開発, 日本建築学会大会学術講演梗概集（東北）構造Ⅱ, pp.479～480, 2009.8

フルサンドイッチ型合成セグメントの 構造特性と製造方法

湯田坂 幸彦・副 島 直 史・中 川 雅 由

首都高速道路中央環状品川線のほぼ中間に建設予定の五反田出入口部は、シールドトンネルを切開いて出入口躯体を構築する計画である。当該区間の一部において、高耐力・高剛性を有する合成セグメントを一部区間に採用する。本セグメントは、6面を全て鋼材で覆い、内部をコンクリートで充填した鋼・コンクリート複合構造である。本稿では、適用に向けて実施した性能確認試験の他、充填方法を中心とした合成セグメントの製作方法等について報告するものである。

キーワード：シールドトンネル、セグメント、性能試験、製作要領

1. はじめに

(1) 路線概要

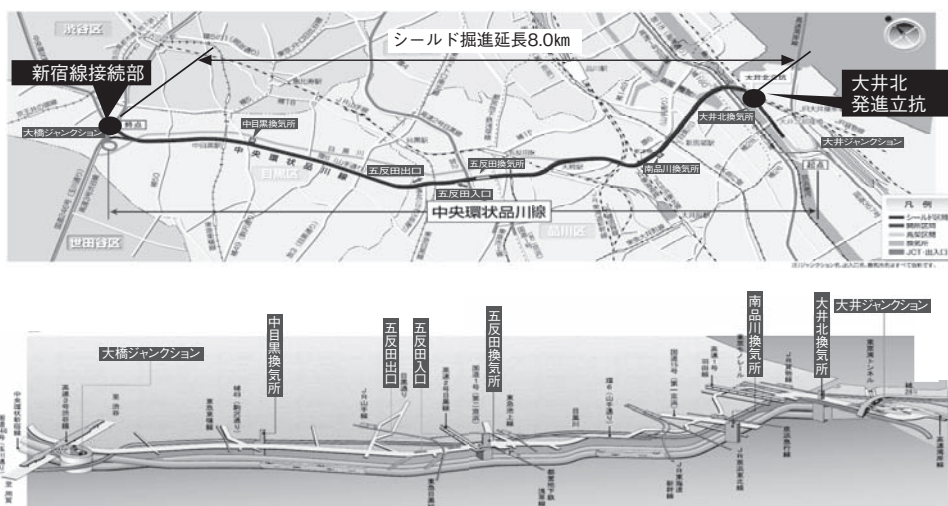
首都高速道路中央環状品川線は、首都高速中央環状線（全線約 47 km）（図—1）の南側部分を形成し、高速湾岸線から大井付近で分岐したのち、目黒川及び環状6号線（山手通り）の地下をトンネルで北上し、大橋JCTで中央環状新宿線及び高速3号渋谷線に接続する全長 9.4 km の路線である（図—2）。路線のほぼ中央に大橋方向アクセスとなる五反田出入口を構築する他、4つの換気所を構築する計画となっている。

本路線が開通することで、高速道路のネットワークが効率よく機能し、都心環状線などの渋滞が緩和されるとともに、一般道路の混雑解消に資する路線として平成 25 年度の開通を目指し鋭意建設中である。



※中央環状新宿線についてはH22.3.28全線開通

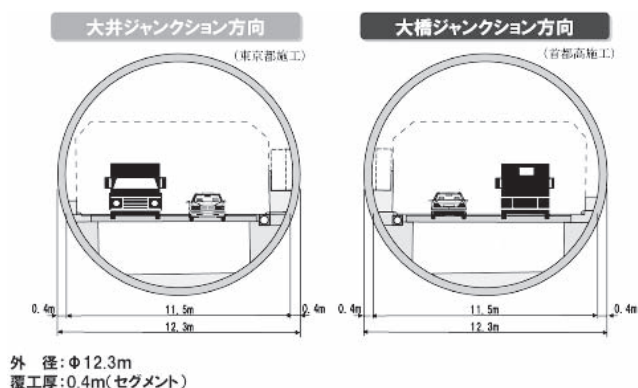
図—1 中央環状線概要図



図—2 中央環状品川線路線概要図

(2) 工事概要

本路線のうち、首都高速道路株が施工する中央環状品川線シールドトンネル（北行）工事は、地下トンネル部のうち 8.0 km を 1 台のシールド機にて掘進し、トンネル覆工と同時に側壁や床版等の内部構築を施工する長距離シールドトンネル工事である。本工事における標準断面を図一 3 に示す。本工事区間は、完成後に北行トンネルとなる大橋方向トンネル（本工事）と約 3 m の離隔で大井方向トンネル（完成後の南行トンネル：東京都施工）が併設されることとなる。



図一 3 トンネル標準断面図

本工事では、高速湾岸線から分岐する大井地区に発達立坑を設け、そこから新宿線との接続部である国道 246 号大橋地区までをシールド機で掘削する。シールドトンネル一般部の内径はφ 11.5 m であり、一般部のセグメント厚さは 400 mm である。トンネルの土被りは、南品川地区付近で最大 46 m、五反田出入口付近で最小 14 m となっており、通過土層は発進部の一部を除いてほぼ全線にわたって上総層群泥岩層（土丹層）であり、非常に安定した地盤を掘削する。トンネルの最小曲線半径は 230 m、最大勾配は 3% となっている。環状 6 号線（山手通り）とのアクセスとなる五反田出入口は、分合流部におけるトンネル覆工を一部撤去した上で出入口躯体と一体化するトンネル切開き構造で構築する。切開き部における覆工構造は、首都高速中央環状新宿線の出入口構築において鋼製セグメントが採用されているが、本工事では、部材応力が厳しくなる一部の区間において、撤去ピースと躯体接合部のピースを従来構造の鋼製セグメントとし、それ以外の残置されるピースを内面が平滑で高強度・高剛性を有する「フルサンドイッチ型合成セグメント」（以下、合成セグメントと称す）とする構造を採用することとした。合成セグメントの採用にあたっては、構造性能確認、耐火性能確認のために行った各種実証試験の他、大断面シールドトンネルとしての施工性・組立精度等

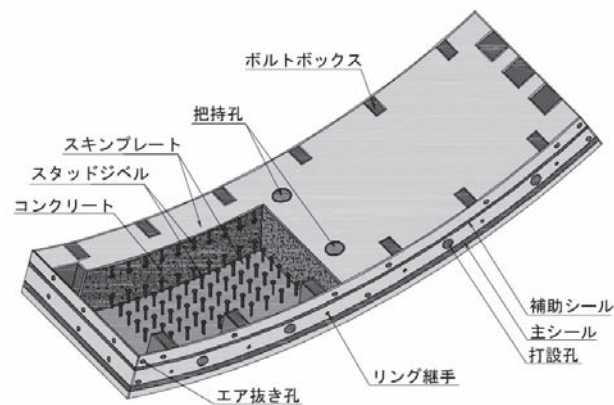
を検討した。本稿においては、これらの概要について報告するものである。

2. 合成セグメントの性能確認

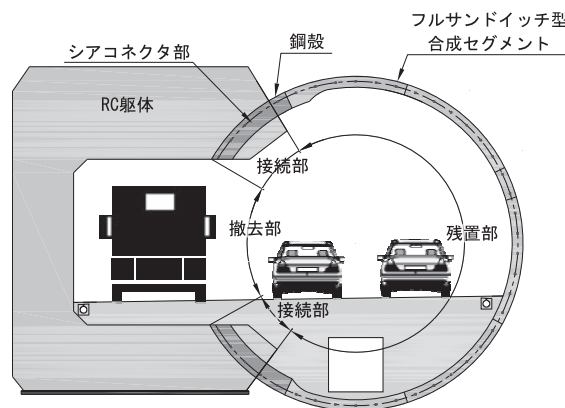
(1) 合成セグメントの概要と採用経緯

図一 4 に合成セグメントの概要図を示す。セグメントの外面となる 6 面全てを鋼板で覆い、その中にコンクリートを充填して一体構造とした“鋼・コンクリート複合構造”である。構造主部材である内外面のスキンプレートにはスタッドジベルを溶接してコンクリートとの確実な一体化を図っている。また継手構造は、ボルト構造のため鋼製セグメントとの接合も容易に行うことができる。

五反田出入口で採用するトンネル切開き構造部は、トンネル覆工に非常に大きな断面力と変形が発生する。当該箇所に鋼製セグメントを適用する場合、大きな強度と剛性を確保するため、主桁高さおよび主桁厚さをより大きくする必要がある。そこで、1 リングの中に鋼製セグメントと高耐力・高剛性を有する合成セグメントを併用することにより（図一 5）、従来の鋼製セグメントよりも覆工厚さを低減し、かつトンネル



図一 4 合成セグメント概要図



図一 5 切開き部トンネルイメージ図

覆工の変形量を抑制できる利点があると判断して本構造の採用を決定した。

(2) 性能確認

採用にあたっては、合成セグメントの本体構造性能、耐火性能の他、異種セグメント（鋼製セグメント）間における継手性能や部材設計手法の評価等の課題があったため、これらの課題を実大供試体による性能確認試験にて検証し、適用性を確認している。実施した主な実物大実証試験とその結果を表―1に示す。

合成セグメント本体構造性能は主鋼材（内外面のスキンプレート）を鉄筋換算したRC計算にて部材照査を行っている。本体性能・構造計算の妥当性を確認するために行った単体曲げ試験においては耐力・剛性とも計算結果と同等もしくはそれ以上ということを確認した。

また、合成セグメント相互の継ぎ手性能、合成セグメントと鋼製セグメントとの継ぎ手性能確認のためにそれぞれ継ぎ手曲げ試験を行った。結果は継ぎ手の回転ばね値は計算値と同等であることを確認することができ、破壊モードはボルトの破断であり、計算上の曲げ耐力以上であることを確認した。

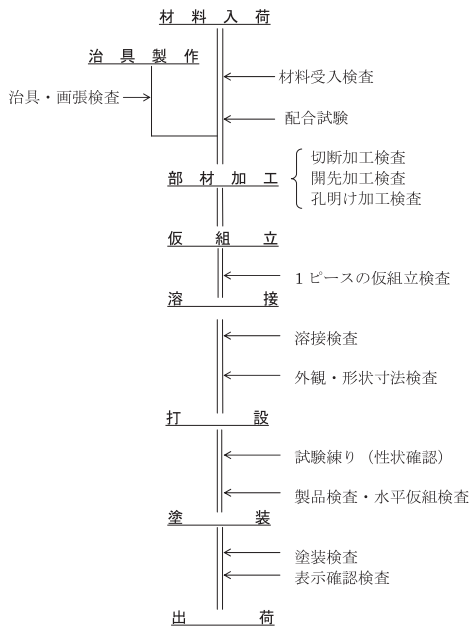
合成セグメントの耐火性能についても試験によって確認している。耐火試験は、耐火被覆材（耐火モルタル 35 mm）を被覆した試験体に、設計軸力を導入した状況下で RABT（60 分 - 1200℃）加熱曲線により試験を行った。加熱によって有害な変形やひび割れ等は発生しなかった。また加熱後試験体について単体曲げ試験を実施し、加熱によって耐力・剛性低下がないかを確認した結果、耐力・剛性とも未加熱試験体と同等であることを確認している。

3. 合成セグメントの製造

(1) 製造概要

フルサンドイッチ型合成セグメントは、まず主鋼材である内外面のスキンプレート、継手板、ボルトボックスを加工し、把持金物、グラウト注入孔なども含めた鋼製部材を溶接して六面鋼殻ピースを組み立てる。その後、内部充填コンクリートを打設して主鋼材との構造一体化を図り、防食塗装を施して完成する。

合成セグメントの製造および品質確保のための検査フローを図―6に、製作および品質確認検査状況を写真―1にそれぞれ示す。



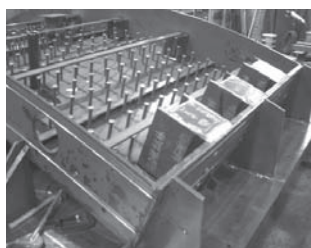
図―6 合成セグメントの製作フロー

表―1 実証試験一覧

確認すべき項目	検証方法		試験により得られた知見
	実施事項	実施概要	
本体および継手構造の部材評価	本体部の構造性能確認	合成セグメントの単体曲げ試験	・設計耐力以上の曲げ耐力を有している ・スキンプレートを鉄筋換算したRC計算による設計照査方法の妥当性を確認
	継手部の構造性能確認	合成セグメント間の継手曲げ試験 合成セグメント・鋼殻間の継手曲げ試験	・継手構造は設計耐力以上の曲げ耐力を有する ・回転ばね定数設計想定値（M-K 法）と同等
合成セグメント～鋼殻の千鳥組構造の評価	セグメントの添接性能確認	合成セグメント（変断面）と鋼殻3リングを千鳥組みし、中央リングに載荷する添接曲げ試験	・弾性範囲内において、千鳥組みによる添接効果を実験により確認 ・梁ばねモデルによる構造評価の妥当性を確認
火災時の部材健全性	耐火材を被覆した加熱試験	合成セグメント加熱試験（RABT60 加熱曲線）	・耐火不被覆厚 35 mm とすることで、部材の受熱温度は許容温度以下となることを確認 ・主鋼材のひずみも弾性範囲内であることを確認
	耐火材を被覆した加熱後曲げ試験	加熱後供試体の曲げ試験	・加熱後試験体は、曲げ耐力・剛性とも未加熱試験体と同等
耐火被覆の妥当性	加熱試験時および試験後の状況確認	試験時における耐火被覆材の状況確認 試験後の供試体内部の状況確認	・耐火材は加熱実験時にひび割れを生じたが剥離はない ・加熱後試験体の内部には有害なクラックは発生していない
出来形品質の確保	実大ピースの試作	合成セグメント実大ピースの製作 内部コンクリートの充填性確認試験	・内部充填する高流動コンクリートはリング継手板に空気孔を設けることにより均一な打設が可能



部材加工



仮組立



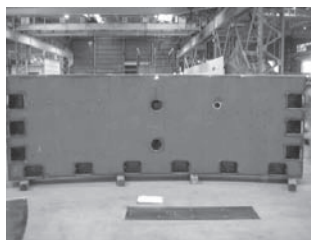
溶接（背面）



溶接（内面）



鋼殻の完成状況（背面 PL 撤去）



単体寸法・外観検査



コンクリートのスランプフロー試験



コンクリートの流動性確認試験



内部コンクリートの充填



写真—1 合成セグメントの製作状況

(2) 外面鋼殻の製作と寸法精度の確保

合成セグメントの鋼製部材である外面鋼殻の製作においては、製作寸法精度の確保が重要であると判断した。外面鋼殻の製作寸法精度については、シールド工事用鋼製セグメント^{1), 2)}に準じて、表—2のとおり製作寸法管理値を設定した。なお、合成セグメントは剛性が大きいので、コンクリートを充填する前の外面鋼殻のねじれに対する寸法精度確保が重要と判断し、鋼製セグメントでは規定がない「対角長差」を品質管

理項目として追加した。

また、製品寸法精度を確保するため、外面鋼殻組立時の溶接量を必要最小限に抑制することを目的に、部分溶け込み溶接が必要となるボルトボックスは予め部品として製作し、主鋼材、継手板、ボルトボックスなどの溶接は全て「すみ肉溶接」となるよう配慮した。

この結果、鋼殻は全て表—2に示す製品寸法精度を満足することができた。

表—2 ピース単体寸法精度試験における管理値

項目	基準寸法 (mm)	管理値 (mm)
桁 高	400, 450 550, 650	± 2.15 ^{※)}
幅	2000, 1500	± 1.5
対角長差	—	± 2.6
ボルト孔ピッチ	設計値	± 1.0
ボルト孔径	M45 以下: + 3 mm M48 以下: + 4 mm	— 0 + 1.0

※) 桁高の管理値はトンネル標準示方書によれば一般に±1.5 mm であるが、内縁側主鋼材の板厚公差 (± 0.65 mm) を加味して設定している。

(3) コンクリートの充填性能の確保

合成セグメントは、外面鋼殻内部にコンクリートを充填することで主鋼材とコンクリートの一体化を図る構造であることから、コンクリートが六面鋼殻内部に確実に充填され、一体化された製品がトンネル覆工として必要な製作寸法精度を満足することが求められる。

コンクリートの配合選定は、事前に要素充填実験、実大モデル充填実験（セグメント幅 2.0 m）を行い、表—3に示すとおり自己充填性に優れた高流動コンクリート（粉体系）配合を選定した。

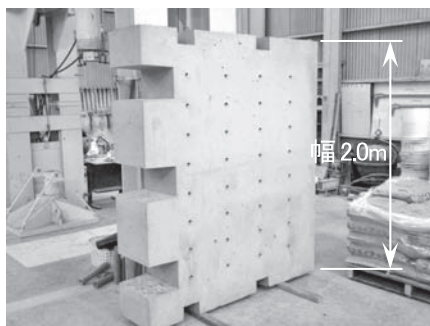
なお、コンクリートの設計基準強度は材齢 28 日における圧縮基準強度を基準として $f'_{ck}=48 \text{ N/mm}^2$ 、コンクリートに含まれる塩化物イオン量は 0.3 kg/m^3 以下とした。

また、コンクリート打設完了までのフレッシュ性保持を考慮して混和剤には遅延型の高性能 AE 減水剤を使用し、充填性向上を図る目的で膨張材を使用することとした。膨張率は、収縮補償用コンクリートとして JIS A 6202 に規定された材齢 7 日の膨張率で 150×10^{-6} 以上 250×10^{-6} 以下の範囲内であることを試験にて確認した。

選定した高流動コンクリートによる実大モデル充填実験結果を写真—2に示す。実験は、厚さ 0.4 m、幅 2.0 m の外面鋼殻モデルを製作し、主鋼材にスタッドジベル、補剛材、ボルトボックスを設置した状態で上部に打設用孔 (φ 180 mm) とエア抜き孔 (φ 50 mm)

表—3 充填コンクリートの示方配合表

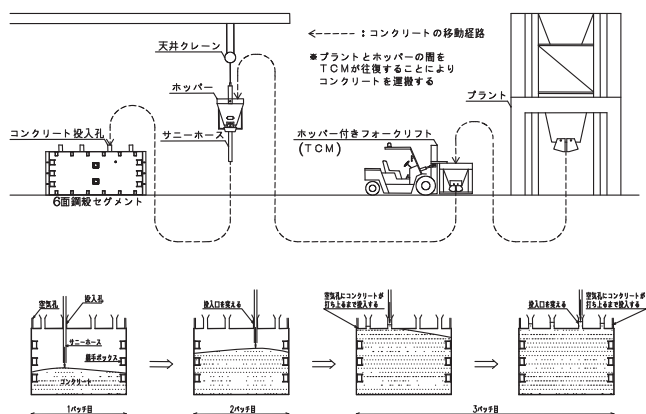
粗骨材の最大寸法 (mm)	スランブフローの範囲 (mm)	空気量の範囲 (%)	水結合材比 W/P (%)	細骨材率 s/a (%)	単位量 (kg/m ³)						
					水	セメント	細骨材	粗骨材	混和材		混和剤
					W	C	S	G	フライアッシュ	膨張材	SP
20	625 ± 75	3 ± 1.5	29.4	47.8	175	406	733	816	169	20	5.06



写真—2 実大モデルによる充填性確認実験結果

を設け、ホッパーおよびホース付きシュートを用いて高流動コンクリートを打設した。なお、実験ではコンクリート充填後の充填性を確認する目的で、主鋼材、継手板を外せる構造とした。実験の結果、コンクリートはスタッドジベル、補剛材、ボルトボックスの廻りを含めて十分に充填されており、コンクリート配合および打設方法の妥当性が確認された。

これらの実験結果を基に、合成セグメント製作工場におけるコンクリート充填要領を図—7のとおり設定した。

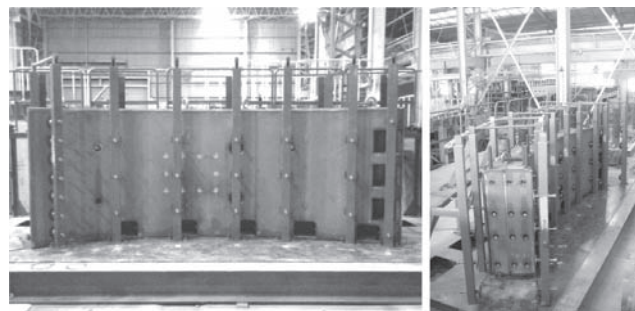


図—7 実プラントにおけるコンクリート充填要領

コンクリートの充填は、3バッチに分けて打設し、1ピース（弧長約4.7m）に4箇所設けた打設孔の位置および打設速度を管理しながら高流動コンクリートを充填し、上面（リング継手面）のエア抜き孔に設置した複数のエア抜きパイプ内で充填高さが約20cm程度になるのを確認して打設完了とした。

(4) 合成セグメント製作寸法精度の確保

外面鋼殻の内部にコンクリートを充填する際は、コンクリート打設圧により主鋼材が孕み出して合成セグメントの厚さ寸法を確保できなくなる懸念があったため、写真—3に示す形状保持構造（フレキシブル支保部材）を採用した。



写真—3 コンクリート充填時の形状保持構造

実製作ピースにおいて単体ピースの製作寸法精度を確認した結果、全ピースが表—2に示した管理値以内であることを確認した。

また、五反田出入口部では、トンネル切開き部の覆工として1リング内に合成セグメントと鋼製セグメントを併用した構造となるため、予め現場と同じ条件となるよう2リング水平仮組試験を実施し、複合リング構造として組み立てた状況での組立寸法確認試験を実施した（写真—4参照）。試験の結果、水平仮組寸法精度は、シールドトンネル用セグメントとして規定されている寸法管理値以内の精度であることが確認できた。

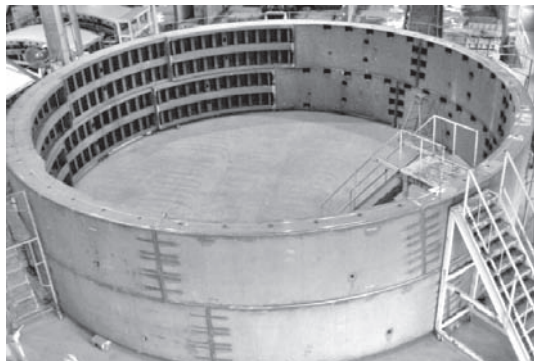
4. おわりに

本工事は、大断面の長距離シールドトンネルであり、構造物の品質を確保した上で工程遵守のために施工の高速化を目指した工夫を行いつつ鋭意施工中である。

本稿執筆現在、本線シールドトンネルは約1.7km地点を掘進中である。なお本工事は、シールド工事と合わせ、路線のほぼ中央に開削トンネルで施工される五反田出入口工事についても実施している。本掘進工における坑内の施工状況を写真—5に、五反田出入口部の完成イメージパースを図—8にそれぞれ示す。

合成セグメントは一連の性能試験並びに製作品質確

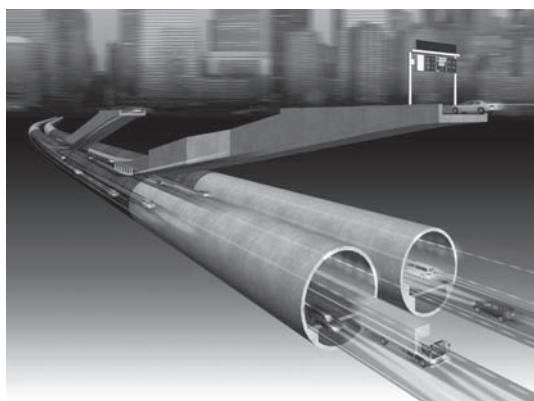
認検査結果から、トンネル覆工として優れた性能を有することを確認できた。今後は現場での組立、その後の耐火被覆工を含め、実施工の結果について別途報告したいと考えている。



写真一4 2リング水平仮組試験



写真一5 本掘進工における本線シールド坑内状況



図一8 五反田出入口部の完成イメージパース

《参考文献》

- 1) 土木学会：「トンネル標準示方書」（2006）
- 2) 土木学会・日本下水道協会：「シールド工用標準セグメント」（2001）

〔筆者紹介〕

湯田坂 幸彦（ゆださか ゆきひこ）
首都高速道路(株)
東京建設局 品川線工事グループ
課長代理



副島 直史（そえじま なおふみ）
首都高速道路(株)
東京建設局 設計グループ
主任



中川 雅由（なかがわ まさよし）
中央環状品川線シールドトンネル（北行）工事
鹿島・熊谷・五洋特定建設工事共同企業体 統合事務所
副所長



暑中コンクリートの運搬中の温度上昇に関する研究

小山 智 幸・小山田 英 弘

暑中コンクリート工事における種々の不具合は、主として練混ぜから運搬にかけての比較的短期間におけるコンクリート温度の上昇に端を発するため、この時期における温度上昇の予測はコンクリートの品質管理を行う上で重要である。筆者らは、実機プラントでの練混ぜ時やトラックアジテータによる運搬時におけるコンクリートおよび貯蔵時の材料温度を実測し、これらに及ぼす種々の影響要因、ならびにコンクリート温度推定式に関して検討を行ってきた。本稿ではこれまでに得られた結果を紹介する。

キーワード：暑中コンクリート工事，運搬，温度，日射

1. はじめに

暑中期に製造、施工されるコンクリートは、主として高い外気温や日射の影響で、標準期と比較して、使用する材料の温度が上昇し、練上がり時の温度が高くなる。その結果、製造時において、スランプが出にくくなる、空気が連行されにくくなる、さらにこれらの安定性が悪くなるなどの「わるさ」が生じやすい。上記のような高温の影響は運搬から打込み後初期にも継続し、スランプロスが大きくなる、コールドジョイントが生じやすくなる、初期ひび割れが生じやすくなるといった不具合を生じる。さらに高温の影響は後期の水和反応の進行にも生じ、硬化体組織の密実性の向上が通常期のコンクリートと比較して鈍化するため、標準期と比較して長期強度の増進が少なくなる、耐久性が低下するなどの問題が生じる^{1) 2)}。

このように暑中コンクリート工事における種々の「わるさ」は、主としてコンクリート温度が高いことに端を発することから、日本建築学会建築工事標準仕様書¹⁾（以下 JASS5）や暑中コンクリートの施工指針・同解説²⁾（以下暑中指針）では荷卸し時のコンクリート温度の上限値を 35℃ とするよう規定し、この温度を満足するように輸送中のコンクリートの温度上昇を考慮して練上がり温度を定めることとしている。また、その際に用いることのできるコンクリート温度の推定式が JASS5 解説（指針では 4.3.b 本文）に示されている。同式には、係数 α 、 β が含まれ、 α は外気とコンクリートとの間の熱の伝達のしやすさを表す係数、 β はセメントの水和熱および材料間の摩擦熱などによる

温度上昇量を表している。両者については実験室レベルで多くの検討が行われ³⁾ など、その値が示されているが、実機レベルでの測定は少ない^{1) 2) 4)} など。さらに式中に用いる材料温度の実例についても、公開されたものは少ない。筆者らは、実機レディーミクストコンクリート工場や現場プラントでの製造やトラックアジテータを用いた運搬時において、材料温度やコンクリート温度ならびにその経時変化を実測し、係数 α 、 β の値やこれらに及ぼす種々の影響要因の検討を行ってきた。未だデータは十分とはいえないが、本稿ではこれまでに得られた結果を紹介させて頂く。

2. コンクリート温度の推定式

暑中コンクリート工事における種々の「わるさ」は、主として練混ぜ、運搬、打込みおよびその後の比較的短期間におけるコンクリート温度の上昇に端を発する。セメントの水和発熱は高温になるほど促進されるので初期の高温はその後の温度上昇を助長する。すなわち製造から運搬までの温度上昇の抑制がその後の構造体コンクリートの品質低下の抑制に効果的であることは明らかである。JASS5 等に示されている式（1）のコンクリート温度推定式は、上記の練混ぜから運搬中におけるコンクリート温度を対象としており、この間の単位時間当たりのコンクリート温度変化量が、外気温とコンクリート温度との差に比例すると仮定して得られたものである³⁾。

$$\theta(t) = (\theta_0 - \theta_r + \beta) \cdot \exp(-\alpha \cdot t) + \theta_r \quad (1)$$

ここに,

$\theta(t)$: 時刻 t におけるコンクリート温度 ($^{\circ}\text{C}$)

θ_0 : 式 (2) に示す, 単純に構成材料の温度と比熱から求められるコンクリートの練上がり温度 ($^{\circ}\text{C}$)

θ_r : 外気温 (アジテータドラム内の空気温度) ($^{\circ}\text{C}$)

a : 外気とコンクリートとの熱の伝達の割合を表す係数 (1/時間)

β : セメントの水和熱および材料間の摩擦熱による温度上昇量 ($^{\circ}\text{C}$)

t : 輸送時間 (時間)

$$\theta_0 = \frac{a_c \theta_c W_c + a_a \theta_a W_a + a_m \theta_m W_m}{a_c W_c + a_a W_a + a_m W_m} \quad (2)$$

a_c, θ_c, W_c : セメントの比熱 (0.836 kJ/kg $\cdot$ K), 温度 ($^{\circ}\text{C}$), 質量 (kg)

a_a, θ_a, W_a : 式 (3) で表される含水状態での骨材の比熱 (kJ/kg $\cdot$ K), 温度 ($^{\circ}\text{C}$), 質量 (kg)

a_m, θ_m, W_m : 水の比熱 (4.18 kJ/kg $\cdot$ K), 温度 ($^{\circ}\text{C}$), 質量 (kg)

$$a_a = \frac{a_{a0} + a_m \mu_a + a_m f_a (1 + \mu_a)}{(1 + f_a)(1 + \mu_a)} \quad (3)$$

a_{a0} : 絶乾状態の骨材の比熱 (0.836 kJ/kg $\cdot$ K)

μ_a : 骨材の吸水率 (%) $\times 1/100$

f_a : 骨材の表面水率 (%) $\times 1/100$

コンクリートの練上がり温度は, 式 (1) において輸送時間 $t = 0$ として, $\theta(0) = \theta_0 + \beta$ から求められる。 θ_0 は, 「1993 年版 JASS5 に規定されていた推定式により求められる練上がり温度であるが, 同解説にも示されていたように実際の練上がり温度は, セメントの加水直後の水和熱や機械的に生じる熱が加算されるため推定値よりも若干高い値になる。この値は 2 ~ 3 $^{\circ}\text{C}$ に達する場合もあり, 暑中コンクリートではこの値が無視できないため, β によりこれらの影響を考慮した。 β の値は調合や使用するコンクリートミキサの種類によって変化し, 水セメント比が小さく, 単位セメント量が多くなるほど大きくなる。」¹⁾ とされているが, 実際に実機レディーミクストコンクリートで測定した例^{1) 2) 4)}などは少ない。

式中の θ_r は, 「厳密にはアジテータドラム内の空気温度」^{1) 2)} とされ, 「直射日光やトラックアジテータの発生熱により外気温よりも一般的に高くなっており, とくに晴天時にコンクリートを運搬する場合は, θ_r は外気温よりも高い値とする必要がある」^{1) 2)} が, 具体的に何 $^{\circ}\text{C}$ 高くすべきか示されていない。

係数 a は, 外気とコンクリートとの間の熱の伝達のしやすさを表す係数であり, この値が大きくなるほどコンクリート温度 $\theta(t)$ は短時間に θ_r に近づくことになる。実際にトラックアジテータで輸送した際の a の測定値も少ない。

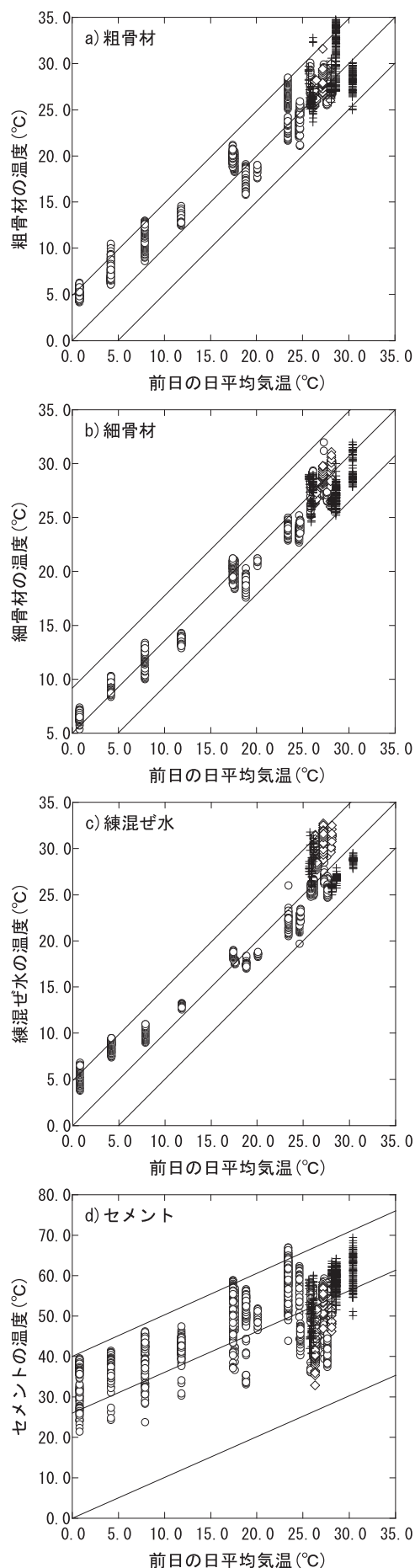
本研究では, 上記 a, β, θ_r の値, および材料温度について, 夏期を中心に福岡県においてレディーミクストコンクリート工場や現場プラントの協力を得て, 実機実験と測定を行った。

3. 外気温と材料温度

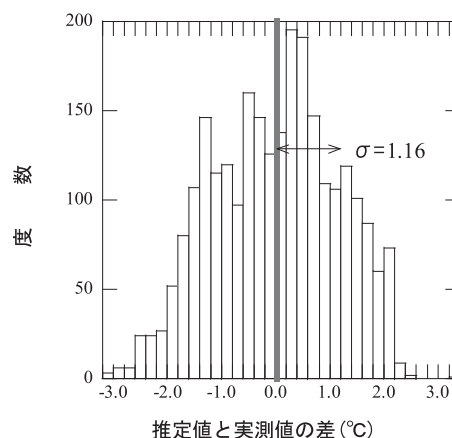
図一 1 は, 福岡県内の複数のプラントにおいて測定した, 材料温度と日平均気温との関係の一例を示したものである。日平均気温は気象庁発表の博多における値⁵⁾を用いている。粗骨材は碎石, 細骨材は海砂, セメントは普通ポルトランドセメントである。練混ぜ水はプラントにより水道水の場合と, 工業用水や上澄水の場合が混在している。骨材温度はプラントにより貯蔵瓶または計量瓶で測定した。骨材の貯蔵設備もプラントにより屋根付きの骨材置き場または骨材サイロと異なる。セメントはいずれのプラントにおいてもセメントサイロに貯蔵し, コンベヤで貯蔵瓶に送られた後, ミキサ直上の計量瓶において計量される際の温度を熱電対で測定した。水は混和剤とともに計量される際の温度を同様に測定している。なお図中の記号の違いはプラントの違いを表している。

年間を通して測定を行ったのは 1 プラント (図中の○印) においてのみであるが, 当然のことながら夏期に材料温度は高くなっている。細・粗骨材の温度は, 前日の日平均気温に対しはほぼ $\pm 5^{\circ}\text{C}$ の範囲にあり, 季節やプラントが異なっても同様の傾向となっている。同一プラントであれば, 図一 2 に細骨材の一例を示すように, 95% が約 $\pm 2^{\circ}\text{C}$ の範囲にある。一般的な調査のコンクリートでは骨材の温度が 2°C 変化すると, 式 (1) における練上がり温度は約 1°C 変化する^{1) 2)} ので, 前日の気温により予測した骨材温度のばらつきがコンクリートの練上がり温度の予測値に及ぼす影響は 1°C 程度ということになる。

練混ぜ水の温度も, プラントにより種類が異なるに



図一 日平均気温と材料温度の関係



図二 細骨材温度の推定値と実測値の差（推定値＝前日の平均気温）

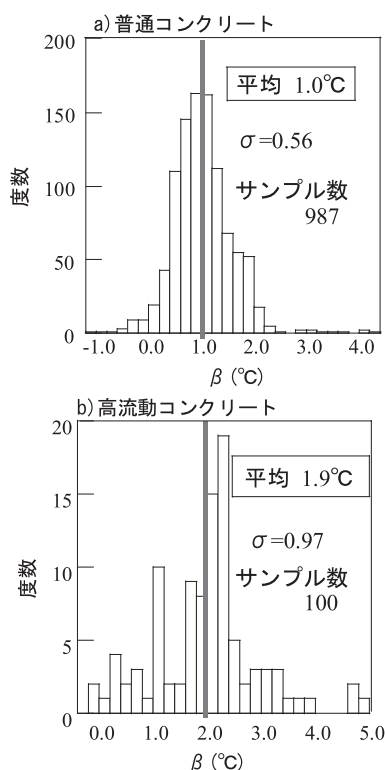
もかわらず、前日の日平均気温に対しほぼ $\pm 5^{\circ}\text{C}$ の範囲になっている。図は省略するが、骨材と同様、同一プラントでは95%が約 $\pm 2^{\circ}\text{C}$ の範囲にある。練混ぜ水が 4°C 高くなると練上がり温度は約 1°C 高くなる¹⁾²⁾ので、前日の気温により予測した翌日の練混ぜ水の誤差がコンクリートの練上がり温度の予測値に及ぼす影響は 0.5°C 程度となる。

セメントの温度は絶対値が他の材料より高く、ばらつきも大きい。前日の日平均気温に対し、最大で 40°C 近くも高くなっており、また同一の気温に対するセメント温度の幅も 20°C 程度となっている。他の材料と同様に同一プラントで95%のデータが存在する範囲は約 $\pm 11^{\circ}\text{C}$ である。セメントの温度が 8°C 変化すると θ_0 は約 1°C 変化する¹⁾²⁾ため、セメント温度の誤差がコンクリートの練上がり温度の予測値に及ぼす影響も 1°C 強と予想される。

4. 温度推定式における係数 β の検討

練上がり時のコンクリート温度は、先に示したように温度推定式(1)において運搬時間 $t = 0$ として、 $\theta(0) = \theta_0 + \beta$ から求められる。 β の値は、各プラントで定めることとなっているが、1997年版以降のJASS5に示されている値以外に数件の実測例⁴⁾などがあるのみであった。筆者らは2007年から2010年にかけて、福岡市近郊のレディーミクストコンクリート工場や現場プラントで、年間を通じて実測を行っている⁶⁾など。コンクリートは水セメント比50%前後、スランプ18cm前後（一部15cm）の一般的なものである。なお比較のため低水セメント比のコンクリートについても検討を行っている。材料温度は可能な限り練混ぜ直前に測定すること、ならびにコンクリート温度はできるだけ練上がり直後に測定することを目指とし、それぞれ、

ミキサ直上の計量瓶とミキサ直下のホップで熱電対を用いて自動測定した。ただし一部のプラントでは、骨材温度は、設備の都合でサーミスタによる手動計測としている。



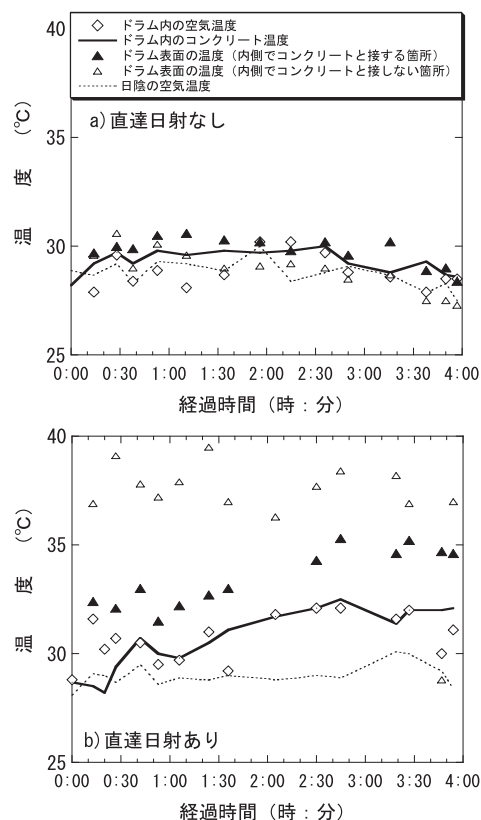
図—3 実機プラントにおける係数 β の測定例

図—3に、あるプラント（ミキサの容量 1.5 m^3 ）で得られた β の例を示す。a) はスランプ 18 cm の一般的なコンクリート、b) は高流動コンクリートである。一般的なコンクリートの場合、 β の値は 1.0°C 程度であった。図は省略するが、同様のスランプ（ 15 cm を含む）、呼び強度であれば、フライアッシュが 20% 程度置換されたコンクリートにおいても同程度の値となった。別のプラント（ミキサの容量 2.5 m^3 ）における結果では、サンプル数は少ないが、普通ポルトランドセメント単味で同様の調合のコンクリートの場合で 1.7°C 、高炉セメントB種を用いたコンクリートでは 1.0°C と、図—3よりも若干大きく、また混和材の影響もみられた⁶⁾。このような違いはミキサ容量の影響と考えられる。いずれにしてもこれらの値は、90年代前半に測定された現行JASS5に示される β の値 $1.8\sim 3.4^{\circ}\text{C}$ と比較すると小さい。その理由としては近年のコンクリートでは練混ぜ時間が $30\sim 45$ 秒程度と短いことが考えられる。b) に示す結果は、a) と同じプラントで得られた高流動コンクリートの結果であるが、練混ぜ時間が 70 秒と長いため β の値もa)の値よりも大きくなっている。

5. 温度推定式における係数 α の検討

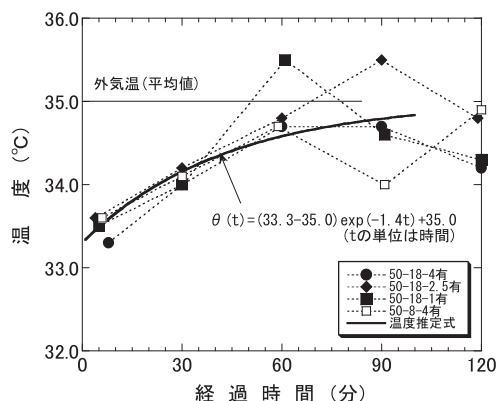
係数 α に関する実機実験は福岡市近郊のレディーミクストコンクリート工場で、2008年から2009年にかけて実施している。まず、水和発熱の影響をキャンセルして気温と日射のみの影響を検討するため、セメントの水和反応を一時的に停止することのできる安定化剤⁷⁾を用いて長時間測定を行った結果を示す⁸⁾。2台のトラックアジテータ（車体・ドラムの色は濃い赤褐色）を用い、福岡における一般的な材料、調合（スランプ 18 cm 、呼び強度 27 N/mm^2 ）のコンクリート 4 m^3 ずつを、練上がりから 240 分間運搬した。そしてアジテータドラム内のコンクリート温度、ドラム内の空気温度、ドラムの表面温度の経時変化を練上がり直後から約 15 分おきにドラムの回転を停止して測定した。トラックアジテータは、工場内の直射日光の当たる場所、または日陰になる場所に、アイドリング状態で待機させ、ドラムは通常の運搬時と同じ速度で回転させ続けた。なお、当日の天候はほぼ晴天、気象庁発表の福岡における日最高気温は 29.9°C 、日平均気温は 25.5°C 、水平面における全天日射量は 1 時間あたり最大で 3.32 MJ/m^2 （ 13 時）⁵⁾であった。

図—4は、アジテータドラム内のコンクリート温度、ドラム内の空気温度を、日射の有無により比較したも

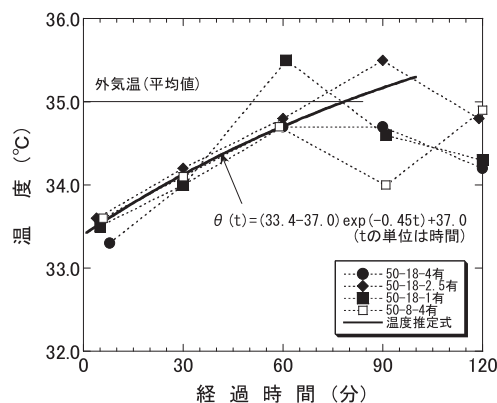


図—4 運搬中のコンクリート温度の経時変化

のである。直達日射のない場合 a) は、ドラム内のコンクリート温度や空気温度は、気温とほぼ同程度の値で推移している。ドラムの表面温度も同程度であった。直達日射が作用する場合 b) には、コンクリート温度は、今回の日射量やドラム色の場合、1 時間に 1℃ 程度の割合で上昇を続けた。ドラム内の空気温度はコンクリート温度と同程度であった。ドラム表面の温度は、変動が大きいものの、内側がコンクリートと接しない箇所では 36～40℃ 程度でほぼ一定、常時接する箇所ではコンクリート温度よりも 2℃ 程度高い値で、経過時間に伴いコンクリート温度と同じ割合で上昇していた。なお実験開始までトラックアジテータは直達日射下に待機させたが、そのときのドラム内の空気温度は約 34℃ で、気温よりも 6℃ 程度高かった (JASS5 等には気温より 8℃ 高い例が示されている^{1) 2)}) が、練り上がったコンクリートを投入した直後にはコンクリート温度と同程度の値となった。これらのことから、ドラム内のコンクリートへの熱の伝達は、ドラム内の空気を介してというよりも、主として直接ドラムを介して行われていると考えた方が自然であり、ドラム内の空気温度はコンクリート温度に影響するというよりは、コンクリート温度に追随して変化している。ドラム内の空気の熱容量を試算すると、 $0.113 \text{ kJ/K} \cdot \text{m}^3$ (空気 1 m^3 あたりの熱容量) $\times 4.9 \text{ m}^3$ (ドラム内の空気の体積) $= 0.554 \text{ kJ/K}$ となり、同様に求めたコンクリートの熱容量 $2650.0 \text{ kJ/K} \cdot \text{m}^3 \times 4.0 \text{ m}^3 = 10600 \text{ kJ/K}$ 、ドラムの熱容量 528 (kJ/K) と比較して遙かに小さい。したがって、空荷の状態でのドラム内空気温度が外気温より 8℃ 高い例を根拠として θ_r をドラム内の空気温度と定義するより、直達日射を加味した相当外気温としたほうが適切であり、その値は今回の条件の場合、気温よりも 2℃ 程度高く設定すべきである。図一 5 および図一 6 は、安定化剤を添加せずに別途行った運搬実験の結果に温度推定式を当てはめたものであ



図一 5 a の推定 (θ_r を外気温とした場合)



図一 6 a の推定 (θ_r を外気温より高くした場合)

る⁹⁾。実験中の平均気温は約 35℃ であった。実験開始直後は概ね晴天であったが、開始 60 分後頃から次第に曇天となり、運搬車による開始時刻の違いにより、後半は晴天の条件と曇天の条件が混在する。そのため図中、60 分以降の値がばらついている。よって同じ晴天の条件である前半の 60 分までのデータに対し回帰を行っている。図一 5 は、 θ_r の値に実験開始 60 分程度までの外気温の平均値 35℃ を用いた場合、図一 6 は先の結果から θ_r を外気温よりも 2℃ 高く設定した場合の適用結果である。 a の値は前者で 1.4、後者で 0.45 とかなり異なる結果となったが後者の方が実測値の傾向をより良好に表している。

6. まとめ

2009 年に改定された JASS5 の 13 節暑中コンクリートでは、近年最高気温が高くなる傾向にあることを考慮して、対策を講じても荷卸し時のコンクリートの温度が 35℃ を超えることが避けられない事態に備えて、材料・調合、打継ぎ時間、養生方法・期間などの変更により、コンクリートの品質変化をできるだけ小さく抑える対策を、あらかじめ工事監理者と講じておくこととしている。換言すると施工者は、「コンクリート工事開始のかなり前に」高温の影響が最小となるように十分な検討を行って施工計画書を作成する必要がある。したがって荷卸し時のコンクリート温度が何℃ になるのか予測することは重要であり、可能であれば、平年値等の予想気温から精度よくコンクリート温度を予測できることが理想である。本研究は製造から運搬までのコンクリートの温度推定式の、実機レベルでの精度向上を目的として行ってきたものであるが今後さらなるデータの蓄積が必要である。

〈謝辞〉実験において、清水建設(株)黒田泰弘氏、(株)梅谷コンクリート、福岡菱光(株)のほか、関係各位の多大な協力を得た。また BASF ポゾリス(株)大川裕氏のアドバイス、本学大学院生の北山博規氏、卒論生の大熊良典氏、大庭早弥香氏の多大な貢献を得た(所属はいずれも実験時)。ここに謝意を表す。

J C M A

《参考文献》

- 1) 日本建築学会建築工事標準仕様書・同解説 JASS5 鉄筋コンクリート工事 2009.2
- 2) 暑中コンクリートの施工指針・同解説、日本建築学会、2000.9
- 3) 松藤泰典、大久保孝昭、小山智幸、眞方山美穂、野原博志、暑中環境下で練混ぜ・運搬されるフレッシュコンクリートの温度推定に関する研究、日本建築学会九州支部研究報告、pp.85-88、1991.3
- 4) 船本憲治、稲富敬、志垣隆浩、伊集院博敏、寺原学、亀谷哲章、暑中環境下で製造・輸送されるコンクリートの温度推定およびその抑制対策に関する研究、日本建築学会九州支部研究報告、pp.883-884、2008.3
- 5) 気象庁ホームページ、「過去の気象データ検索」(<http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php>)、2009.12
- 6) 大熊良典、小山智幸、小山田英弘、北山博規、暑中コンクリートの運搬中の温度上昇に関する研究 その 1. 温度推定式における係数 β の検討、日本建築学会九州支部研究報告、pp.5-8、2009.3
- 7) 大川裕、山宮浩信、西林新蔵、戻りコンクリートの再利用に関する研究、コンクリート工学論文集、第 8 巻第 2 号、pp.31-37、1997.7
- 8) 大庭早弥香、小山智幸、小山田英弘、大熊良典、暑中コンクリートの運搬中の温度上昇に関する研究その 3. 温度推定式における α 、 θ に及ぼす日射の影響、日本建築学会九州支部研究報告、pp.145-148、2010.3
- 9) 小山智幸、小山田英弘、北山博規、暑中コンクリートの運搬中の温度上昇に関する研究 その 2. 温度推定式における係数 α の検討、日本建築学会九州支部研究報告、pp.9-12、2009.3

〔筆者紹介〕

小山 智幸 (こやま ともゆき)
九州大学大学院
人間環境学研究院
准教授



小山田 英弘 (こやまだ ひでひろ)
九州大学大学院
人間環境学研究院
助教



大口径岩盤削孔工法の積算 ——平成 22 年度版——

■改訂内容

- ・国交省の損料改正に伴う関連箇所の全面改訂
- ・ケーシング回転掘削工法のビット損耗量の設定
- ・工法写真、標準積算例による解りやすい説明
- ・施工条件等に対応した新たな岩盤削孔技術事例の追加
- ・“よくある質問と回答”の追加

- A4 判／約 250 頁 (カラー写真入り)
- 定 価
非会員：5,880 円 (本体 5,600 円)
会 員：5,000 円 (本体 4,762 円)
※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 450 円
沖縄県 340 円 (但し県内に限る)
- 発刊 平成 22 年 5 月

社団法人 日本建設機械化協会

〒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>

150 N/mm² 級超高強度コンクリートのポンプ圧送

河 野 政 典

近年、都心部の集合住宅では、高層化や大スパン化を実現するため、高層集合住宅に高強度コンクリートを適用する事例が増えつつあり、現在では、150 N/mm² 級超高強度コンクリートの研究開発が盛んに進められている。今回、150 N/mm² 級超高強度コンクリートのポンプ圧送性を検証するため、配管長75 m のポンプ圧送実験を行った。その結果、コンクリートの粘性が非常に大きいため、ポンプへの圧送負荷は大きかったものの、最大吐出圧が13.0 MPa のポンプ車および高圧配管（H 管）を用いれば十分圧送が可能であることを確認した。また、ポンプ圧送によるフレッシュコンクリート性状および圧縮強度への影響はみられなかった。

キーワード：超高強度コンクリート、ポンプ圧送、圧力損失、フレッシュ性状、圧縮強度

1. はじめに

現在のコンクリート造構造物の施工において、ポンプ圧送は必要不可欠なものとなっている。わが国では、高度経済成長期にあたる昭和40年前後からポンプ圧送が取り入れられ始め、従来のタワーカート工法に比べ、大量打設、省力化を可能とすることから、急速に普及し、高度経済成長期の社会基盤整備に大きく貢献した。その後、建物の高層化や、短期施工による要望とともにコンクリートポンプの性能も向上し、現在では、全高828 m の世界一高い超高層建物「ブルジュ・ハリファ」の高さ600 m までのコンクリートの圧送も実現¹⁾し、水平換算距離1,000 m を超える長距離圧送の施工実績も報告²⁾されている。

近年、わが国の都心部の集合住宅では、土地の高度利用から高層化、および、快適な平面空間を確保するための大スパン化が望まれ、それらを実現するため、高層の集合住宅に高強度コンクリートを適用する事例が増えつつある³⁾。現在では、150 N/mm² 級超高強度コンクリートの研究開発が盛んに進められ、バケット打設による施工事例⁴⁾や、ポンプ圧送実験の報告⁵⁾もされている。本報では、高強度コンクリートの特性、および、150 N/mm² 級超高強度コンクリートのポンプ圧送実験の結果について報告する。

2. 高強度コンクリートの特性と打設方法

(1) 高強度コンクリートの特性

日本建築学会の建築工事標準仕様書・同解説 JASS5 鉄筋コンクリート工事では、設計基準強度が36 N/mm² を超える場合のコンクリートを高強度コンクリートと定義している。

コンクリートの圧縮強度は、水セメント比（水の単位量をセメントの単位量で除した値）と密接な関係があり、コンクリートの調合設計では、水セメント比と圧縮強度の関係に基づき、目標とする圧縮強度に対応する水セメント比を設定している。高強度コンクリートを得るには、水セメント比を小さくする、すなわち、セメント量を増やす必要がある。設計基準強度が30 N/mm² 程度のコンクリート調合のセメント量は1 m³ 当たり350～400 kg である。それに対して150 N/mm² 級コンクリートでは1,000 kg 以上となる。セメントの量を増やすほど、練り混ぜたときのコンクリートの“粘り”が増し、コンクリートの練り混ぜに時間を要し、また、粘りが大きいため施工性も低下する。

セメントの種類によって粘性も異なり、一般的に使用されている普通ポルトランドセメントは、設計基準強度が60 N/mm² を超える調合では極めて粘性が大きくなり、コンクリートの練り混ぜが困難となる。また、セメント量の増加率に対する強度の伸び率が小さくなるため、設計基準強度60 N/mm² を超える調合では、



写真—1 高強度コンクリートのフレッシュ性状

中庸熱ポルトランドセメントや低熱ポルトランドセメントが使用されることが多い。しかし、中庸熱や低熱ポルトランドセメントも同様に、セメント量が増えると粘性が大きくなるため、設計基準強度 80 N/mm^2 を超える調合では、比表面積が $150,000 \text{ cm}^2/\text{g}$ 以上（セメントは $3,000 \sim 4,000 \text{ cm}^2/\text{g}$ ）の超微粒子のシリカフューム等を混和材として用い、シリカフュームによるベアリング効果によって粘性を抑制し、練り混ぜ性能の向上を図っている。

(2) 高強度コンクリートの打設方法

現場での主なコンクリート打設方法は、ポンプ圧送とバケット打設の2種類である。ポンプ圧送においては粘性が大きいほど圧送抵抗も大きくなるため、ポンプへの負荷が大きくなる。粘性の大きいコンクリート、すなわち、強度が大きいコンクリートほど、低層階の柱部材に用いられるので、打設量が限られ、揚重時間も掛からないことから、バケット打設を採用する場合が多かった。

しかしながら、高い強度のコンクリートほど、打込み直後から表層部分が急激に乾燥するため、ポンプ圧送のように連続打設が望まれていた。また、 80 N/mm^2 以上のコンクリートでは火災時の爆裂抑制対策の一つとして、有機繊維を混入する場合がある。繊維混入した場合、さらにコンクリートの流動性が低下するため、アジテータ車からのバケットへの積み込み、サニーホースなどを用いたバケットからの排出（写真—2に示す）に時間を要する。このことから条件によっては 4 m^3 程度の 100 N/mm^2 級コンクリート柱部材の打設に約 20～30 分程度要することとなる。

昨今では、コンクリートの高強度化が進む一方で、ポンプ車の性能向上や、コンクリートの粘性を低下させる化学混和剤の開発が進み、 100 N/mm^2 級コンクリートのポンプ圧送の施工事例も報告⁶⁾されてきている。

以降に、 150 N/mm^2 級超高強度コンクリートのポンプ圧送実験について報告する。



写真—2 バケット打設状況

3. 150 N/mm^2 級超高強度コンクリートのポンプ圧送実験

(1) 実験概要

(a) 実験要因と水準

ポンプ圧送によるフレッシュコンクリートおよび圧縮強度への影響や、圧送速度（吐出量）による輸送管内圧力の変化を確認する目的で、ポンプ圧送実験を実施した。圧送速度を実験要因とし、水準は 10、 $20 \text{ m}^3/\text{h}$ の2種類を設定した。生コンプラントにおいて 150 N/mm^2 級コンクリートをアジテータ車1台分（ $4 \sim 5 \text{ m}^3$ ）製造出荷（練混ぜ、繊維添加、出荷時のフレッシュコンクリート性状確認）するには 20～25 分要し、1時間あたりの出荷量は 15 m^3 程度に限られる。そのため、現場では $15 \text{ m}^3/\text{h}$ 程度の速度で圧送できればアジテータ車の待ちがなく、スムーズに打設できることとなる。このことから、圧送速度の水準の上限を $20 \text{ m}^3/\text{h}$ とした。

(b) コンクリートの使用材料と調合

コンクリートに使用した材料を表—1に、その調合を表—2に示す。

使用したセメントは、低熱ポルトランドセメントにシリカフュームをセメント工場において 10%（内割

表—1 使用材料

種別	記号	銘柄・産地等	物性値
セメント	C	シリカフュームプレミックス 低熱ポルトランドセメント (シリカフュームセメント)	密度: 3.08 g/cm^3 比表面積: $6,350 \text{ cm}^2/\text{g}$ シリカフューム内割り 10%
細骨材	S	桜川産 硬質砂岩砕砂	密度: 2.60 g/cm^3 F.M.2.85
粗骨材	G	桜川産 硬質砂岩碎石	密度: 2.64 g/cm^3 実積率: 60.0%
化学 混和剤	Add	高性能減水剤	ポリカルボン酸系 密度: 1.07 g/cm^3
添加材	PET	ポリエステル繊維	密度: 1.39 g/cm^3 径: 0.017 mm , 長さ: 10 mm

表一 2 調査

W/C (%)	S/A (%)	単位量 (kg/m ³)				Add Cx (%)	PET (vol%)
		W	C	S	G		
14.0	32.9	155	1108	398	824	2.25	0.2

り)プレミックスしたシリカフェュームセメントである。また、火災時のコンクリートの爆裂を防止するためにポリエステル繊維を 0.2 vol% 添加した。

水セメント比を 14% とし、繊維混入後のスランプフロー値 50 ± 7.5 cm、空気量 2.0% 以下をフレッシュコンクリートの目標値とした。

(c) 圧送および測定計画

ポンプ車には、最大理論吐出圧が 13.0 MPa のプッツマイスタージャパン社製 BSF28M.16H を用いた。ポンプの仕様を表一 3 に、圧送実験の配管概要を図一 1 に示す。

表一 3 ポンプ仕様

プッツマイスタージャパン社製 BSF28M.16H	
最大理論吐出量 (m ³ /h)	108 (高圧) / 160 (低圧)
最大理論吐出圧 (MPa)	13.0 (高圧) / 8.5 (低圧)
コンクリートシリンダー径 (φ)	230
ストローク長 (mm)	2100

圧送距離は約 75 m、ポンプ車側 30 m の輸送管には呼び径 125A の H 管 (高圧配管 使用圧力 12.0 MPa) を、それ以降の吐出側には 125A の M 管 (中高圧配管 使用圧力 7.0 MPa) を用いた。

測定・試験項目を表一 4 に、輸送管内の圧力計測位置を図一 1 に示す。各圧送速度で圧送後のコンクリート試料を採取し、フレッシュコンクリート試験、圧縮強度試験を実施した。輸送管内の圧力は、図一 1 中の写真に示すように圧力変換器を輸送管に取付け、ポン

表一 4 測定・試験項目

	試験・測定項目	試験方法	備考
フレッシュ	スランプフロー	JIS A 1150	現場着荷卸、
	空気量	JIS A 1128	圧送筒先試料
	コンクリート温度	JIS A 1156	実験終了後荷卸
硬化	圧縮強度	JIS A 1108	現場着荷卸： 標準水中、簡易断熱* 材齢 28, 56, 91 日 圧送後、実験終了後荷卸 標準水中、材齢 56 日
圧送圧力	ピストン 前面圧力	車載メータ	目視
	管内圧力	圧力変換器	データロガー収録

*簡易断熱 (養生)：厚さ 20 cm 以上の断熱材 (発砲スチロール等) で 6 面覆った養生槽での養生方法。供試体を断熱材で覆うことにより供試体の温度が柱構造部材の内部温度履歴に近いものとなり、簡易断熱養生供試体で構造体コア強度と同等の結果が得られる。

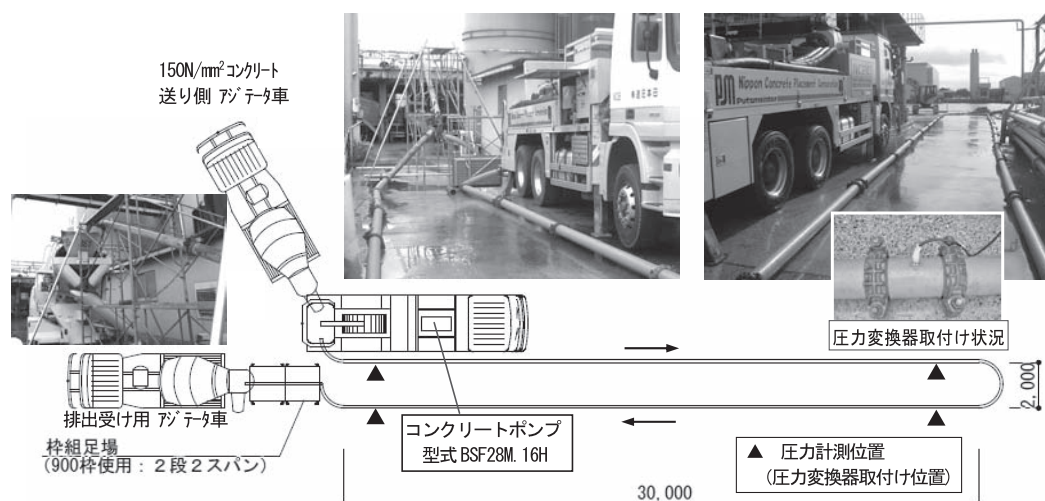
プ車から 5.5, 30, 41, 65 m の位置で計 4 箇所測定した。

なお、圧送実験は都内生コンプラント敷地内で標準期 (11 月) に行った。

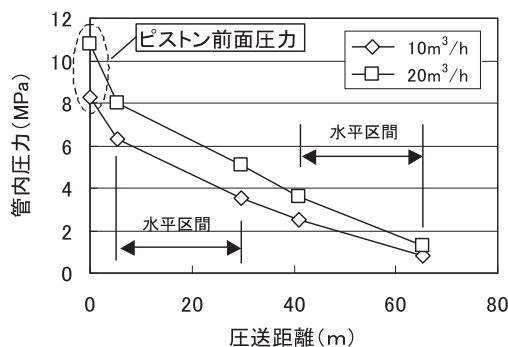
(2) 実験結果

(a) 圧送圧力

圧送距離と管内圧力との関係を図一 2 に示す。圧送速度 (吐出量) 20 m³/h でのピストン前面圧力は約 11 MPa で、一般強度のコンクリートの場合 (同一圧送条件で 1 MPa 程度) に比べて非常に大きい値を示した。また、30 m 以降の筒先側での最大圧力値は 4 ~ 5 MPa 程度であった。H 管と M 管の使用圧力の許容値はそれぞれ 12.0 MPa、7.0 MPa であり、使用範囲の上限に近い輸送管の選定であった。実際の施工に際しては、以降に示す水平管内圧力損失のデータを参考に管内圧力を算出して輸送管のグレードを決定するこ



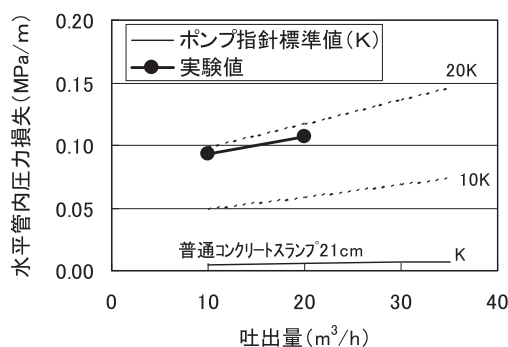
図一 1 ポンプ圧送実験の概要



図一2 圧送距離と管内圧力の関係

ととなるが、今回の圧送条件で 150 N/mm^2 級コンクリートの圧送が可能であることを確認した。

圧送速度（吐出量）と水平管内圧力損失との関係を図一3に示す。同図には、日本建築学会「コンクリートポンプ工法施工指針・同解説」⁷⁾（以下、ポンプ施工指針）において普通コンクリートのスランプ 21 cm の圧力損失である標準圧力損失値 (K) を併せて示す。実験の圧力損失は水平2区間の平均値とした。圧送速度（吐出量）が大きいほど圧力損失が大きくなり、 150 N/mm^2 級コンクリートでは標準圧力損失の約 18.5 倍となることが確認された。



図一3 吐出量と水平管圧力損失の関係

ここで、圧力損失を標準値の 20 倍とし、ポンプ施工指針の算出式を用いて圧送速度（吐出量） $15 \text{ m}^3/\text{h}$ の場合における圧送負荷を求めた。鉛直方向 10 m + 水平方向 50 m の配管条件での圧送負荷（必要理論吐出圧）は、本ポンプ車の最大理論吐出圧より小さくなり、本条件での圧送が可能であることが確認された。 150 N/mm^2 級コンクリートの打設は低層階部分に限られるため、実施工でのポンプ圧送は十分可能と考えられる。

(b) フレッシュコンクリートの性状

圧送前後のフレッシュコンクリートの性状を表一5に示す。スランプフロー、空気量は圧送前（荷卸）とほぼ同じで、圧送による影響はみられなかった。

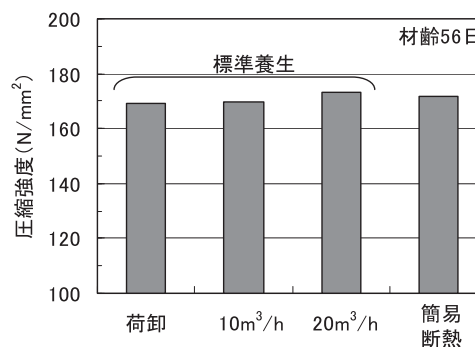
表一5 フレッシュコンクリート性状の比較

	出荷後 経過時間	フレッシュ	
		スランプフロー (cm)	空気量 (%)
現着荷卸	30 分	55.0×54.0	1.9
圧送後	$10 \text{ m}^3/\text{h}$ 60 分	57.0×56.0	2.0
	$20 \text{ m}^3/\text{h}$ 75 分	55.5×54.0	2.0
経時（荷卸）試験*	90 分	54.5×53.0	1.8

* 圧送を行っていない試料

(c) 圧縮強度

材齢 56 日の圧縮強度試験結果を図一4に示す。圧送後の圧縮強度は圧送前（荷卸）とほぼ同じであった。また、構造体を模擬した簡易断熱養生供試体の圧縮強度は 172 N/mm^2 であり、 150 N/mm^2 を満足することを確認した。



図一4 材齢 56 日の圧縮強度試験結果

(3) まとめ

150 N/mm^2 級超高強度コンクリートのポンプ圧送実験で得られた知見を以下に示す。

- ① 150 N/mm^2 級超高強度コンクリートの実施工でのポンプ圧送は十分可能である
- ② 圧送速度 $20 \text{ m}^3/\text{h}$ までの範囲ではフレッシュコンクリートの性状および圧縮強度に影響はみられない

4. おわりに

今回のポンプ圧送実験結果から 150 N/mm^2 級超高強度コンクリートの実施工での圧送は十分可能であることが確認できた。本実験データが 150 N/mm^2 級超高強度コンクリートのポンプ圧送資料として活用頂ければ幸いである。

ポンプ圧送実験に当たり、関東宇部コンクリート工業(株)大井工場、同豊洲工場、日本圧送(株)、並びに、(株)フローリックの関係各位の協力を得た。ここに付記して感謝の意を表します。

《参考文献》

- 1) プッツマイスタージャパン(株)技術資料
- 2) 中野文彦・岩嶋寛男・淵野満徳・浦野真次, 山頂まで高低差 220 m・配管延長 760 m の長距離圧送により構造物を構築 - NTT DoCoMo 権兵衛峠無線中継所新築工事 -, コンクリート工学, Vol.39, No.3, pp.52-57, 2001.3
- 3) 例えば 黒岩秀介・河合邦彦・小田切智明・嵐山正樹, Fc130 N/mm² の高強度コンクリートを用いた超高層集合住宅の施工, コンクリート工学, Vol.42, No.10, pp.44-49, 2004.10
- 4) 三井健郎・小島正朗・鴉越元紀・和地正浩・佐藤敏之・高尾全, Fc150 N/mm² 超高強度コンクリートの超高層集合住宅への適用 その 3 地上 59 階超高層集合住宅への適用, 日本建築学会大会学術講演梗概集 (九州), A-1 材料施工, pp.45-46, 2007.8
- 5) 鳴瀬浩康・石中正人・中瀬博一・藤井和俊, 設計基準強度 150 N/mm² 級超高強度コンクリートのポンプ圧送性に関する実験的研究, 日本建築学会技術報告集, 第 15 巻, 第 30 号, pp.359-362, 2009.6
- 6) 河野政典・起橋孝徳・吉本竜也・飯塚宏行, Fc100 N/mm² 高強度コンクリートの超高層集合住宅への適用, 奥村組技術研究年報, Vol.35, pp.125-130, 2009.7
- 7) 日本建築学会, コンクリートポンプ工法施工指針・同解説, 2009.11



[筆者紹介]

河野 政典 (この まさのり)
 (株)奥村組 技術研究所
 建築研究課
 主任研究員

橋梁架設工事の積算

——平成 22 年度版——

■改訂内容

1. 積算の体系
 - ・大都市補正地区の拡大
 - ・施工箇所が点在する工事の積算方法
2. 橋種別
 - 1) 鋼橋編
 - ・損料改定による複合損料全面改訂
 - ・FRP検査路歩掛, 鋼製排水溝設置新規掲載 ほか
 - 2) PC橋編
 - ・トラス梁特殊支保工 歩掛の追加 ほか
 - 3) 橋梁架設用仮設備機械等損料算定表
 - ・損料全面改訂

■ 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)

※別冊のみの販売はありません。
 ※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)

■発行 平成22年5月

社団法人 日本建設機械化協会

〒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>

コンクリート自動連続成型機械による 路側構造物の施工事例

嶋田 勝 弘・松 下 真 美

路側に設置する円形水路などのコンクリート構造物は、一般に舗装工事などの前工程になることや、電気・設備工事などの他工事と並行作業になることが多いことから、施工が煩雑となり、他工種に遅れなどの支障を与えることがある。このような背景から、当該工種における工期短縮やコスト削減、安全性を図ることは、工事全体において有用であるため、従来の手組型枠による方法や、二次製品を使用した工法に代わり、コンクリート自動連続成型機械を使用した施工技術に着目し、現場に採用した。

本報は、コンクリートの供給、敷均し、締固め、成型などの一連の作業を連続的に施工する専用機械を使用したスリップフォーム工法を活用した施工事例について報告するものである。

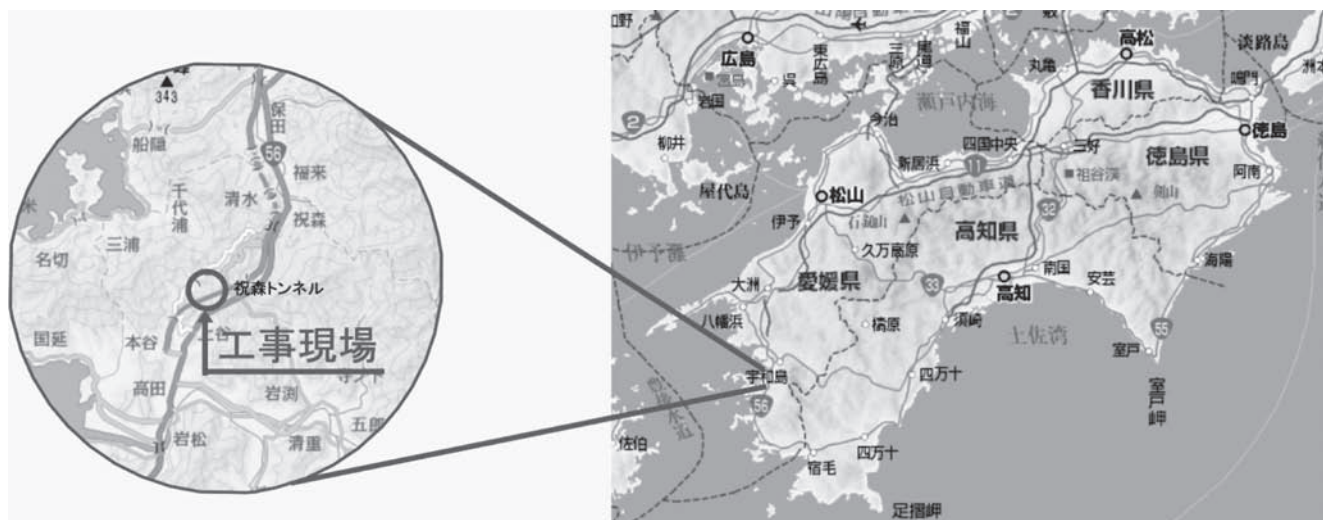
キーワード：トンネル、コンクリート、自動連続成型施工、工期短縮、省力化、円形水路、管渠型側溝、イーシーフレーム工法

1. はじめに

愛媛県南予地方に位置する一般国道56号線は、宇和島市街を中心に車両の交通量が年々増加する傾向にあり、渋滞が慢性化していることから、国道56号線のバイパス道路として、“宇和島道路”と称する高規格道路の事業を昭和59年度から行っている。当該区間は主に山間部を通過する路線であることから、トンネルや橋梁区間が多いのが特徴であり、工事完了後は

延長17.5kmの自動車専用道路となる。

本報は、当該工事区間のうち宇和島南IC～津島IC（仮称）間に位置する祝森トンネルなど3トンネル内において、路肩側の管渠型側溝を設置する際に、コンクリート自動連続成型機械を使用したトータルシステムによる施工技術（NETIS KT-980111-A イーシーフレーム工法）を導入した施工事例を紹介するものである。



図ー1 現場位置図

4. トータルシステム導入の利点

今回、現場に導入したシステムは、従来の手組型枠を使用せず、コンクリートの供給から敷均し、成型、締固めなどの機能を備えたコンクリート成型機械を使用したものであり、コンクリート版やコンクリート構造物を連続的に打設することが可能である。本システムの特徴は以下のとおりである。

①工期短縮：

従来の型枠組、コンクリート打設、養生、脱型の4工程が1サイクルに集約できることから、効率的な施工が可能である。

②品質：

- ・低スランプのコンクリートを強力油圧バイブレータで締固めることにより、従来の二次製品と同等以上の強度が確保できる。また、連続施工となることから、施工目地が減少でき、耐久性向上に繋がる。
- ・事前に設置したセンサーに基づいて、高さと通りが機械により自動制御されるため、高精度な線形、出来形の品質が得られる。

③施工性：

機械施工が中心の軽作業であることから、熟練技術者を必要としない。また、連続施工が可能であることなどから、作業員が削減できる。

④安全性：

作業に使用する型枠材などの資材が少なくなることから、資材置き場のスペースが不要になるため、作業帯が集約でき、安全に作業できる環境が確保できる。

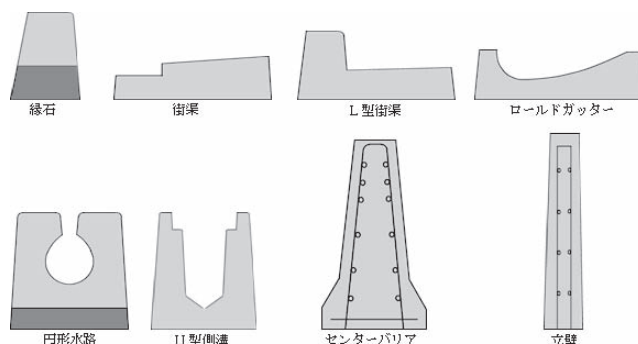
⑤経済性：

上記①～④より、トータルコストの縮減が図れる。

5. トータルシステムの構成

本システムは、低スランプの生コンクリートをベルコンにより、成型機械の型枠に投入し、所定の形状に敷均しながら、油圧バイブレータで締固めを行い、連続的に一定形状の構造物を直接現地に構築していく工法である。対応可能な構造物の形状は、図一5に示すように円形水路、縁石、U字側溝などが主であるが、特殊な形状なものも、基本型枠を応用することで任意に製造可能となる。

しかしながら、本工事では、図一4に示した薄型管渠型側溝に対応した型枠が無かったことから、専用型枠を新たに作製し、現場施工を行った。



図一5 成形構造物の形状

(1) コンクリートの配合条件および配合

本工法に用いたコンクリートは、施工性（成型のし易さ）、耐荷力（角欠けやひびわれ抑制などの品質確保）や過去の実績などを考慮して、表一2、3に示す配合のものを使用して施工を行った。

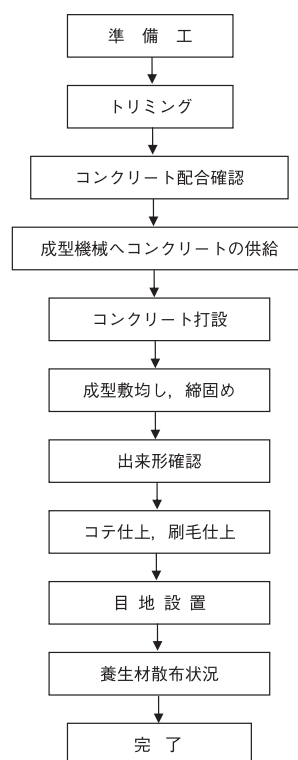
表一2 コンクリートの配合条件

項目	セメントの種類	呼び強度	スランプ	粗骨材の最大寸法
条件	高炉セメントB種	27	3.0 cm	20 mm

表一3 コンクリートの配合

細骨材率 S/a (%)	水セメント比 W/C (%)	単位量 (kg/m ³)				混和剤	
		水	セメント	細骨材*	粗骨材	AE減水剤 (I種)	AE剤 (I種)
39	38.2	135	354	761	1134	3.54	2.124

※細骨材は砂、砕砂、銅スラグを使用しており、混合比は35：45：20である。



図一6 施工フロー図

(a) 準備工

管渠型側溝を所定の位置に確実に据え付けるために、丁張り杭などを基準として、センサーラインを設置する（写真—1 参照）。



写真—1 センサーラインの設置状況

(b) トリミング

本施工前にテスト走行を行い、施工基盤の不陸を確認し（写真—2 参照）、その後人力にて整正を実施する。



写真—2 トリミング

(c) 成型機械へコンクリートの供給

スランプなどの品質を確認した後に、アジテータ車から、成型機械のバルコンにコンクリートを吐出し、ホッパに投入する（写真—3 参照）。



写真—3 コンクリート投入状況

(d) 成型敷均し・締固め

適宜出来形を管理しながら、打設、成型敷均し、油圧パイプレータによる締固めを連続的に行う（写真—4 参照）。



写真—4 打設成型状況

(e) コテ仕上げ、刷毛仕上げ

コンクリート打設後、表面の微細な凹凸などをコテにより整形しながら仕上げを行う。また、上面は刷毛仕上げを行い、すべり抵抗性を確保する（写真—5 参照）。



写真—5 コテ仕上げ状況

(f) 目地設置

打設完了後、翌日にサンダーまたはカッターを使用して、5m 間隔で目地の設置を行う。なお、目地は切断後に目地材を注入する（写真—6 参照）。



写真—6 目地設置状況

(g) 養生

被膜養生材による初期養生後に、トンネル坑口は後期養生としてマットによる散水養生を7日間実施した(写真—7, 8 参照)。



写真—7 養生剤散布状況



写真—8 養生マットによる養生状況



写真—9 管渠型側溝設置完了

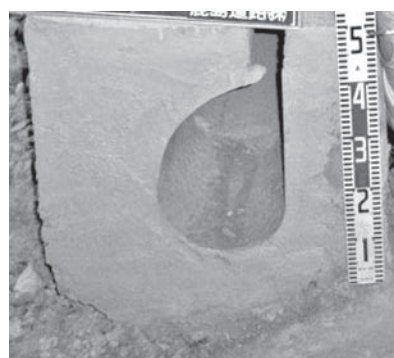
6. 施工時における留意点および工夫した点

今回の施工時における留意点および工夫点は、以下に示すとおりである。

- ①設計において薄型の管渠型側溝を用いることとなっていたが、水路部の形状は指定されていなかったため、ケーブル配管のスペースなど現場条件を考慮して写真—10に示すような楕円のものを選定した。

なお、型枠は当該形状に合わせて新規に作製したものである。

- ②設置した薄型の管渠型側溝は、形状が異質であることから、強度を確保するために、ベースコンクリートを設置した後に、鉄筋を配置して本体の側溝を打設した。
- ③コンクリートのセメント量は、通常 300 kg/m^3 程度であるが、耐荷力や成型時における品質確保、表面の仕上がり状態などを考慮して、 350 kg/m^3 を基本配合とした。
- ④コンクリートのスランプは、通常 $4.0 \pm 0.5 \text{ cm}$ であるが、上述した品質などを確保するために 3.0 cm を目標とした。
- ⑤上り線側の管渠型側溝の設置位置は、トンネルの覆工と側溝の間に、所定のケーブル配管のスペースが確保できない条件であったため、二次製品を使用する場合、二次製品の形状に細工を施す必要があった。しかしながら、当該システムを使用することにより、機械の操作のみで現地の形状に合わせた施工が可能であったため、円滑な施工ができ工期の短縮に繋がった。



写真—10 管渠型側溝

7. 施工後における効果確認

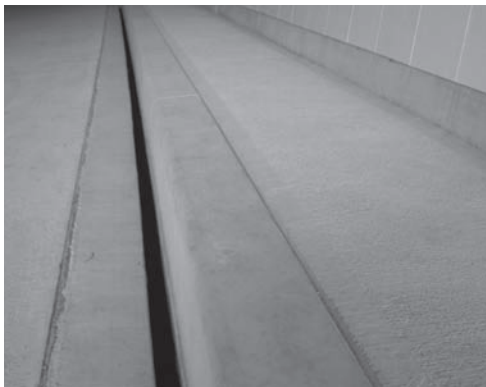
今回実施した工事は、工事受注直後から、工期の問題など様々な課題を抱えてスタートしたが、本システムを使用したことなどにより、工期遅延も回避でき、事故や現場内のトラブルもなく無事完了したことから、発注者から好評を得た。

今回の施工結果に基づき、現場に導入したコンクリート自動連続成型機械を使用したトータルシステムによる効果を分析すると、以下のとおりである。

- ①二次製品の管渠型側溝を設置する場合は、一般に $50 \sim 60 \text{ m}$ / 日程度の施工量であるが、本システムを使用すると、ベースコンクリートと本体の側溝を2回に分けて打設する工程であっても、2.5～3倍

の施工能力の向上が認められた。

- ②コンクリート舗装の際に、専用機械が管渠型側溝上を走行しながら施工を行ったが、ひびわれや、角欠けなどの不具合は見受けられず、良好な状態であった（写真—11 参照）。
- ③コンクリートの供給、敷均し、締固め、成型などの一連の作業が連続的にできることから、作業の煩雑さが軽減され、トンネル内という作業範囲が制限された現場においても、作業スペースの確保が可能のため、安全性に優れたものである。



写真—11 管渠型側溝（完成後）

8. おわりに

当該工事に使用したコンクリート自動連続成型機械を使用した施工技術は、従来、手組型枠にコンクリートを打設する方法や、二次製品などを用いて施工を行っていたものに代わるものであり、今後も同種工事を実施する際は、選択肢のひとつとして幅広い構造物の施工が可能な当該技術を有効に利用したいと考え

る。なお、本技術で製造される構造物は、二次製品と同等の品質が得られることから、今後普及拡大が期待されるが、更なる普及を図るためには、ベースコンクリートを含めた構造物の構築を1パスで施工可能とすることや、目地設置の簡素化などの改善が必要であると考えられる。



写真—12 祝森トンネル（全景）

J C M A

【筆者紹介】

嶋田 勝弘（しまだ かつひろ）
鹿島道路㈱
四国支店



松下 真美（まつした まさみ）
鹿島道路㈱
四国支店



FS フォーム工法（透水型枠工法）による トンネルインバート施工

金 谷 義 之

道路トンネルのインバートコンクリートは、供用開始後の利用時においては不可視部分となるため、その存在に気付く機会は少ない。トンネルインバートは、坑口部や地山の脆弱区間において断面を閉合する目的で設置され、トンネルの安定上重要な部分である。インバートの両側端部は、上部覆工形状や底版形状と比べると急曲面形状で設計され応力の集中しやすい箇所であり、上部覆工コンクリートの応力を底版部へ伝達する部分となる。

本稿では、このインバート両側端部の施工において、FS フォーム工法を使用してコンクリートの品質向上を図った事例について紹介する。

キーワード：トンネル、インバート、型枠、透水、コンクリート、美観、品質向上

1. はじめに

トンネルインバートの両側端部は、覆工コンクリートと底版コンクリートの接合部で曲面半径が $R = 1.5\text{ m}$ 程度と急曲面である。この部分のコンクリートの打設は、旧来は人力による左官仕上げにて施工されてきたが、近年はコンクリートの密実性向上を図るため、型枠を設置しての施工が多くなっている。しかし、型枠の設置が上伏せ状態となるため、コンクリート中の気泡と余剰水によるあばたが発生しやすく、美観や耐久性向上のために対策が必要であった。

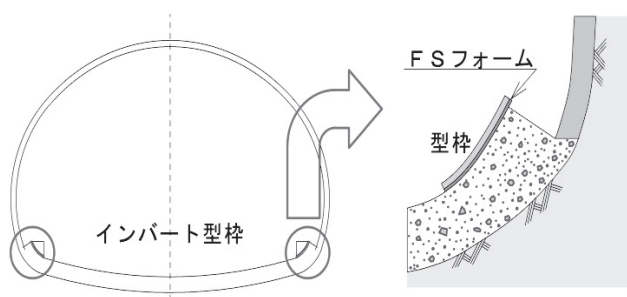
そこで、型枠に透水性を持たせることによりあばたを除去する「FS フォーム工法」を採用して改善を図ることとした。

本稿では、「FS フォーム工法」の内容と、実際に行った施工事例について報告する。

2. FS フォーム工法

(1) 概要

「FS フォーム工法」は、型枠内面に積層したフィルターシートを張り付けることにより、コンクリート中の気泡と余剰水を型枠外に排出させる工法である。本工法を用いることによりコンクリート構造物の斜面部等に発生する気泡や余剰水によるあばたを除去し、美観に優れたコンクリートを打設することができる。また、気泡や余剰水がコンクリート表面から排出されるとともにモルタル分も表面部に移動し、水セメント比が減少する。その結果、表面強度の増大や緻密性の向上等によって表面の耐久性が改善され、厳しい環境条件の下で打設されるコンクリート構造物の品質向上を図ることができる。



図一 今回紹介事例の箇所



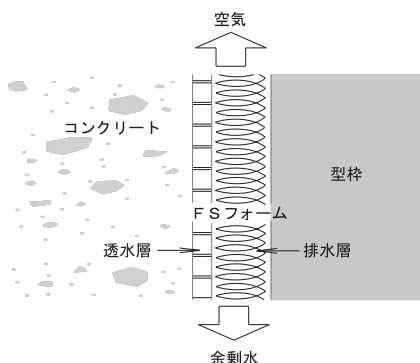
写真一 FS フォーム

(2) FS フォーム材料

FS フォームは、図—2 に示すような2層で構成された厚さ約 0.5 mm の特殊シートで、合板や鋼製の通常の型枠に取付けてコンクリートを打設する。

透水層：表層部（コンクリート側）の微細な孔開きポリエチレンフィルム。コンクリート中の余剰水と気泡を通し、セメント粒子を留める。

排水層：排水部（型枠側）のポリプロピレン製不織布。表面層を通過した余剰水と気泡を型枠外へ排出する。

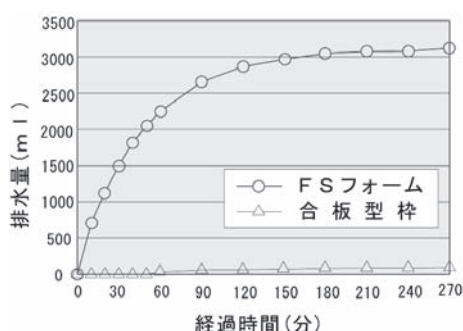


図—2 FS フォーム材料説明図

(3) 工法の特長

「FS フォーム工法」を用いることによって以下に示すような現象が生じ、コンクリートの品質向上を図ることができる。

①余剰水の排出量が、実験では合板型枠の20倍以上排水された（図—3）。



図—3 排水量の比較

- ②コンクリート表面のあばたの量が1/10以下になり、極めて少なくなる。
- ③コンクリートの表面の強度が2倍以上になり、増加する。
- ④コンクリートの凍結融解試験後の表層強度残存率比が1.1倍以上になり、表面の凍結融解抵抗性が向上する。

⑤コンクリート表面から進む中性化および塩分浸透の深さがそれぞれ2/3以下になり、減少する。

⑥剥離性および施工性に優れている。

「FS フォーム」は上記のような特長を有しており、全てのコンクリート構造物に適用できるが、特に表—1 に示すような構造物に対しては、構造物の品質向上に大きな効果がある。

表—1 「FS フォーム工法」の適用例

特長 構造物 種類	表面あばた の減少	表面強度 の増大	凍結融解に 対する抵抗 性の向上	中性化速度 の遅延	塩分浸透性 の低減	透水性 の低減	仕上げ材付 着性の向上
表面勾配のある構造物	◎	○					
水流衝撃を受ける構造物	○	◎	○			○	
トンネル坑口付近の覆工コンクリート		○	○				
気象条件の厳しい地域の構造物		○	○				
海洋構造物		○	○		◎	○	
酸性の強い河川の構造物		○	○	◎		○	
CO2濃度の高い場所の構造物		○		◎			
化学薬品等を扱う工場の躯体		○		◎	○	○	
タンク等水密性を必要とするコンクリート構造物		○	○			◎	
タイル等の仕上げ材の施工を行うコンクリート構造物	○	○					◎

(凡例) ◎ : 非常に効果がある。
○ : 効果がある。

3. トンネルインバート工の施工事例

愛媛県の国道バイパストンネル工事において、「FS フォーム工法」を採用してインバートコンクリートの施工を行った。

以下に、施工事例を紹介する。

(1) FS フォームの設置

①シートの切断

製品の標準形状は、幅 960 mm × 100 m のロール巻きである。カッターやはさみで容易に切断できるので、型枠への取り付け余裕幅を見込んで切断した。

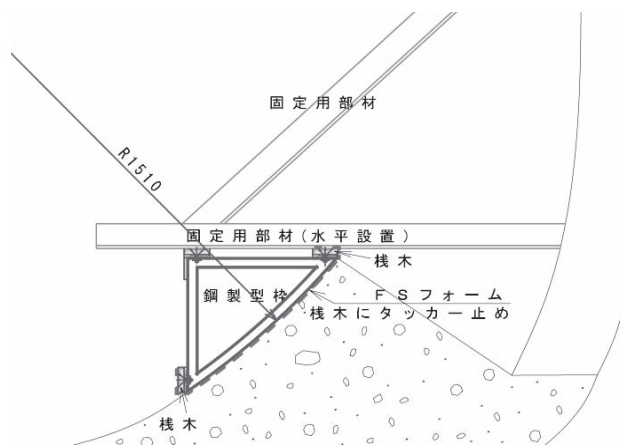
②シートの取り付け

シートの表裏に注意して、シートを型枠に取り付ける。取り付けは、一般的には合板型枠の場合はタッカー（工業用ホッチキス）を使用し、鋼製型枠の場合は両面粘着テープを用いて、型枠外周側面にシートを固定する。なお、合板型枠は未塗装のもので十分である。

今回使用した型枠は鋼製型枠であったが、作業性向

上の工夫として、型枠両端部に栈木を設置してタッカーによる取り付けを可能とした。

図一4にシート取り付け図、写真一2にシート取り付け状況を示す。



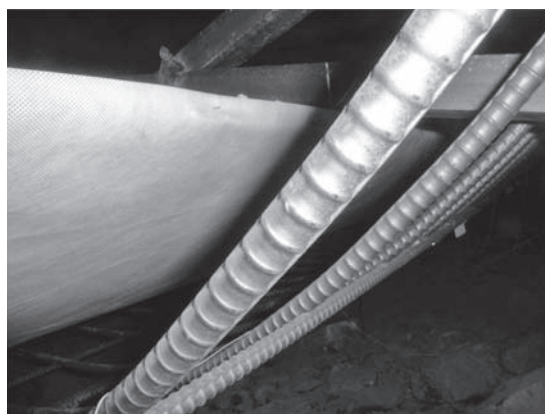
図一4 シート取り付け図



写真一2 シート取り付け (タッカー使用) 状況

シート取り付けにおける注意点は、シートのたるみやしわを十分に除去する点で、タテヨコともに@500 mm に1箇所以上の固定が望ましい。

なお、剥離剤の塗布等は不要である。



写真一3 FS シートの取り付け完了



写真一4 FS フォームの設置完了

(2) コンクリートの打設～養生～脱型

コンクリートの打設方法及び養生方法は、通常の施工方法と同様である。

脱型は、型枠を取り外すと FS シートがコンクリート面に付着した状態となるので、そのまま散水養生が可能である。

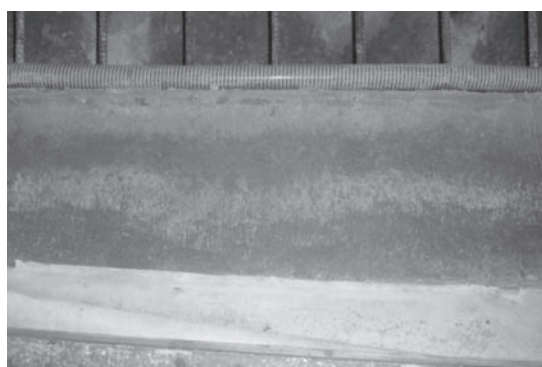
FS シートは、インバートの埋戻し前まで存置させておき、埋め戻し時に撤去して産業廃棄物として処分した。

(3) 脱型後の状況

脱型後のコンクリート仕上がり状況を、写真一5, 6に示す。



写真一5 FS フォーム脱型後状況



写真一6 コンクリート表面の状況

コンクリート中の余分な水や空気を排出することで、仕上がり面の美観の向上とコンクリートの密実な品質確保に満足できる結果を得た。

4. FS フォーム施工の考察

今回のFSフォーム施工における考察について、以下に列記する。

(1) 経済性

型枠にFSシートを余分に取り付けるため、その分高くなり経済性は低下する。材料費は約600円/m²である。

(2) 工程

型枠工にシートを取り付ける手間が増えるが、型枠表面の清掃及び剥離剤塗布は不要であるため、工程的な影響は少ない。

(3) 品質

コンクリート表面のあばたが激減し強度が増加するなど、コンクリートの品質は、未使用と比較すると格段に向上する。

(4) 安全性

シート取り付け作業が増えるが、型枠工の一部であり安全性は変わらない。

(5) 施工性

型枠の清掃回数が減り型枠の転用性が向上する。

(6) 環境

型枠脱型後、転用する場合は、シートを取り外し再度新しいシートを取り付けるため、残材処分が必要である。

5. おわりに

トンネルのコンクリートといえば、覆工コンクリートが注目されがちである。しかし、インバートコンクリートもトンネルの安定上重要な機能であり、過去においてはインバート両側端部の劣化事例が少なくないと認識している。

今回は型枠という面からのコンクリート品質向上への取り組みで、インバートの品質、機能向上という観点からは軽微な効果かもしれないが、確実に品質の向上があったと確信している。今後の施工において、参考になれば幸いである。

最後に、本工事の施工にあたりご指導をいただきました関係機関、関係者の方々に謝意を表します。

J C M A

《参考文献》

- 1) (財)土木技術センター 土木系材料技術審査証明 第0606号

【筆者紹介】

金谷 義之 (かなたに よしゆき)
戸田建設㈱
四国支店 土木部
工事課



コンクリート養生システムの開発

田村 隆弘・坂本 修・上野 秀昭

コンクリート工事における養生は、構造物の品質を左右する重要な要素の一つである。ここでは、コンクリートの硬化初期に発生する温度応力と乾燥収縮の抑制を目指した“コンクリート養生システム”の開発と、実際の工事への適用性について報告する。システムの開発過程で行った実験からは、無筋コンクリートに比較して鉄筋コンクリートの方がひび割れが多発するといった基本情報や、養生システムの効果を確認した。また、システムの実用性を確認するために2基の貯水槽で比較工事を行った結果から、養生システムで管理した貯水槽は、従来の養生方法で管理したものに比較して表面の状態もよく、長期のひび割れ性状も優れていることを確認した。

キーワード：コンクリート工事，養生，ひび割れ，ひび割れ対策，温度管理，湿度管理，工事環境

1. はじめに

(1) 背景

近年、コンクリート構造物の耐久性の確保が重視され、コンクリート構造物の建設現場では、高品質の仕上がりが求められている。しかし、実際の建設現場では気温や湿度は常に変化し、また、コンクリートは硬化時に水和熱による温度変化を起こす。従って、硬化初期の段階で、コンクリートは内部と外部の温度変化や湿度の影響を受ける。弱材齢の（つまり、生まれたての）コンクリートは、引張強度が小さいことから、これらの環境要因は重要な問題である。すなわち、これらの外的あるいは内的作用による応力がコンクリートの引張強度を超えると、ひび割れが発生する。このひび割れは、コンクリート構造物の耐久性や機能性に影響があることから、これまでその発生原因や対策について、多くの研究が行われてきた¹⁾。

コンクリートの養生は、建設現場におけるひび割れ対策の一つであり、各種の技術が提案されている。しかし、その性能については、定量的な評価が困難なことから決定的な技術が確立されるには至っていない。

本報は、建設現場におけるコンクリートの養生をより確実に行うための養生システムの開発に取り組んだことについて報告する。

ここで言う養生システムは、建設現場に於いて温度と湿度をコントロールすることで、コンクリート部材を保育器の中に置かれた新生児のように適切に管理す

ることを目指し、エアコンと加湿器で構成している。

システム開発のための基礎実験では、温度変化とコンクリートの応力状態の関係を測定し、実験結果から、コンクリートに発生するひび割れは、養生システムによってコントロールすることが可能であることを確認した。ここでは、基礎実験の成果をもとに、開発したシステムを、実際の構造物への適用した結果についても報告する。

(2) ひび割れ発生要因

コンクリートが荷重条件や環境条件で、ひび割れの発生しやすい材料であることは良く知られている。打設後間もなく発生するひび割れは、主に、水和熱と乾燥収縮に起因している。水和熱は、コンクリートが硬化する過程におけるセメントと水による水和反応によって発生し、通常使用されるコンクリートでも、断熱環境下では50℃程度の温度上昇が起こる。コンクリート温度の上昇により、コンクリート部材は膨張するが、この場合は、この膨張が拘束されても部材に圧縮応力が発生するため特に問題となることは少ない。しかし、上昇したコンクリート温度が、外気温まで低下するとき部材は収縮する。この収縮が何らかの拘束体によって拘束を受けるとき、コンクリートに引張応力が生じる。一方、コンクリートの乾燥収縮と呼ばれるものには、コンクリート表面から水分が逸散する乾燥収縮とコンクリート内部で水和反応が進行することで内部に乾燥状態が広がってゆく自己収縮がある。こ

これらの収縮現象が、何らかの拘束体によって制限を受けると、コンクリートには引張応力が生じる。

これらの水和熱や乾燥収縮による引張応力や、これに加えて外力による引張応力がコンクリートの引張強度を超えた場合には、コンクリート部材にはひび割れが発生する。従って、建設現場環境下のコンクリートの温度や湿度をコントロールする「養生」は、ひび割れ対策としても重要な役割を持っている。

2. 養生システムの開発

(1) 基礎実験

コンクリート養生システムの開発にあたり、ひび割れ発生要因を確認するための基礎実験を行った。実験に使用したコンクリートの配合を表―1に、また、実験条件を表―2に示す。

図―1は、実験に使用した無筋、あるいは鉄筋コンクリートの壁供試体で、高さは1mと30cmの2つのタイプを準備した。各供試体で、部材高さの1/2の位置のコンクリート内部温度を測定した。また、コンクリート打設後、供試体側面の上下16箇所ですずみを測定し、同時に、コンクリート表面のひび割れ状況を観察した。

表―1 配合設計

Mix		W/C	S/A	Unit weight (kg/m ³)				
Series	note	(%)	(%)	Cement	Water	Sand	Gravel	admixture
No.1	18-8-20(BB)	65	45.9	256	166	855	1045	4.86
No.2	18-18-20(BB)	65	49.1	291	189	869	935	5.53
No.3	27-8-20(BB)	50	42.8	332	166	769	1066	6.31
No.4	27-18-20(BB)	50	45.6	382	191	769	952	7.26

note : required average strength - slump - maximum size of aggregate

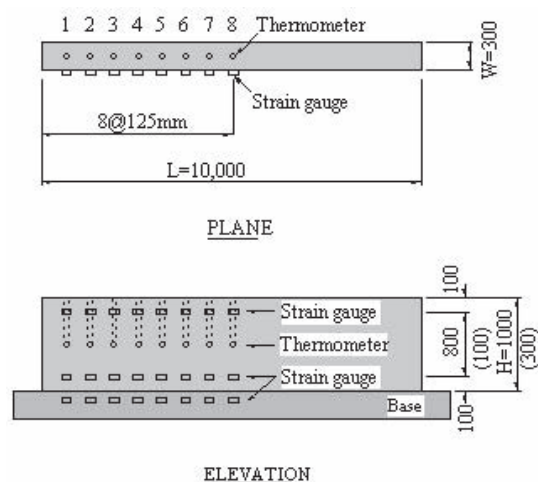
(BB) : type of cement type : portland blast-furnace slag cement

W/C = water-cement ratio

S/A = absolute fine aggregate ratio

表―2 実験条件

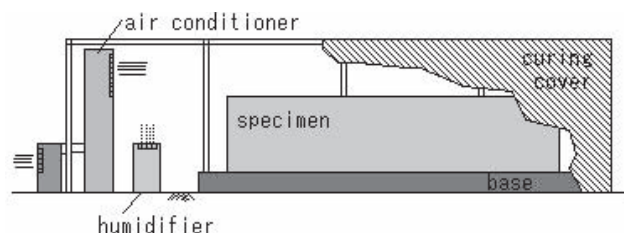
Specimens	Mixture	cure	length (mm)	width (mm)	height (mm)	rebar	restraint			
No.	Series No.									
1	No.2	non-cure	10,000	300	1,000	RC	under restraint			
2	No.4					RC				
3	No.2					C				
4	No.4					C				
5	No.1				300	RC	without restraint			
6	No.3					RC				
7	No.1					C				
8	No.3					C				
9	No.4	normal cure	10,000	300	1,000	RC	under restraint			
10						C				
11						RC				
12						C				
13		systematic cure				RC				
14						C				



図―1 実験供試体概要

(2) 養生試験

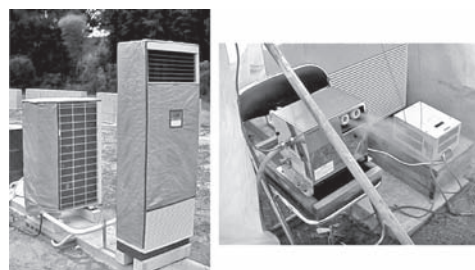
図―2は、供試体を包み込んだ養生システムの概要を示している。養生システムは、エアコン、加湿器、そして養生シートで構成している。装置の性能については表―3に示す。なお、養生期間は、土木学会の基準に従い10日とした。



図―2 養生システムの概要



写真―1 養生システムの試験



写真―2 養生システムに使用したエアコンと加湿器

表—3 養生システム機器

管理項目	機械装置名	能力
温度管理	エアコンディショナー	冷房 14 kW, 暖房 16 kW
湿度管理	加湿器	有効加湿量 1.0 kg/h

(3) コンクリート温度の解析

供試体の内部温度は、土木学会の算定方法に従い解析した。解析のための材料特性は、表—1を参考とした。

(a) 断熱温度上昇

コンクリートの硬化の過程における断熱温度上昇量は以下の(1)式により求めた²⁾。

$$Q_{(t)} = Q_m (1 - e^{-\gamma t}) \quad (1)$$

ここで、

$Q_{(t)}$: 断熱温度上昇量 (°C)

Q_m : 断熱温度上昇に関する係数

γ : 温度上昇に関する係数

t : 日数

ここで、係数 Q_m と γ は、以下の表—4を参照する。

表—4 Q_m と γ

Type of cement	Temperature of fresh concrete	$Q_{(t)} = Q_m (1 - e^{-\gamma t})$			
		$Q_m = aC + b$		$\gamma = gC + h$	
		a	b	g	h
BB	23.0 (°C)	0.10	15.0	0.0028	0.245

例えば、供試体 No.4 では、

$$Q_m = 0.10 \times 382.0 + 15.0 = 53.2,$$

$$\gamma = 0.0028 \times 382.0 + 0.245 = 1.315.$$

となり、これにより断熱温度は、以下の式で求められる。

$$Q_{(t)} = 53.2 (1 - e^{-1.315t}).$$

(b) コンクリート内部温度

先に求めた断熱温度上昇量を用いて、コンクリートの内部温度は、例えば、以下のシュミットの式から得られる^{2), 3)}。

$$T_i = 1/2 (T'_{i+1} + T'_{i-1}) + \Delta Q_{(t)} \quad (2)$$

ここで、

T_i : i 点の温度

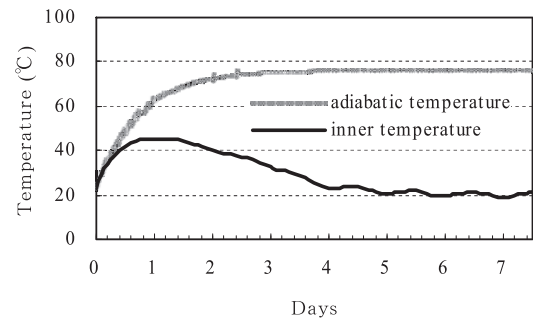
T'_{i+1}, T'_{i-1} : Δt 日目の i 点の両隣の温度

区間材令 Δt と構造物を分割した長さ Δw の関係は、

$$a \Delta t / (\Delta w)^2 = 1/2 \quad (3)$$

ここで、部材幅 $w = 0.3 \text{ m}$ と熱拡散率 $a = 0.08 \text{ m}^2/\text{day}$

の場合、 Δt は 0.035 になる。解析から得られた供試体の内部温度と断熱温度上昇量を図—3に示す。



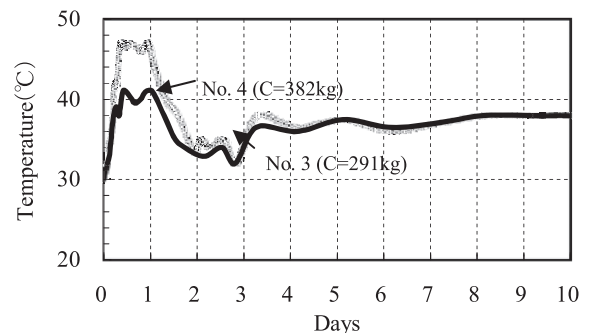
図—3 解析によるコンクリート供試体の内部温度と断熱温度上昇量

(4) 実験結果

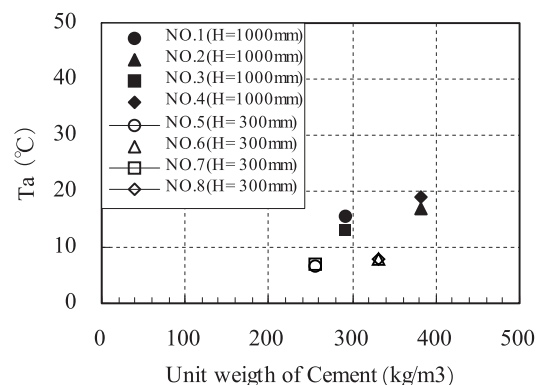
以下では、コンクリートの内部温度とひび割れ性状に着目して、代表的な結果について示す。

(a) コンクリート内部温度

材齢や単位セメント量に着目して、コンクリート内部温度を調べた。図—4は、 $H = 1000 \text{ mm}$ の部材における、材齢と内部温度の関係を示す。また、図—5は、単位セメント量と内部温度上昇量の関係を示す。



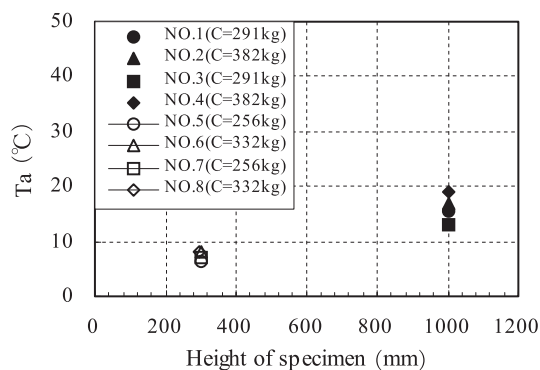
図—4 材齢と内部温度の関係 (H = 1000 mm)



図—5 単位セメント量と内部温度上昇量の関係

これらの図から、コンクリートの内部温度は、単位セメント量が多いほど高くなることが確認できる。また、図—6は、部材高さや内部温度の関係を示している。

コンクリート内部温度は、部材高さによっても変化することが確認できる。

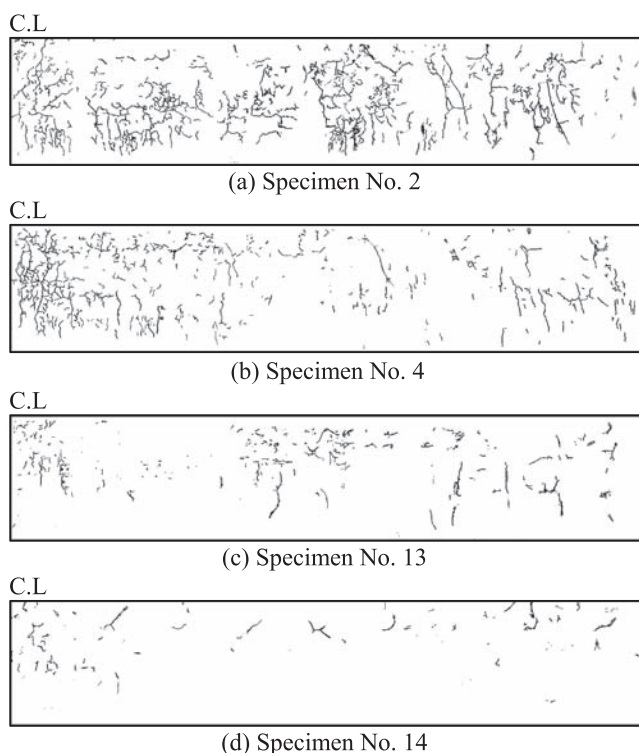


図—6 供試体高さで内部温度上昇量の関係

(b) ひび割れ状態

ひび割れ性状については、無筋コンクリートか鉄筋コンクリートか、そして、養生システムの使用の有無で比較した。代表的なひび割れ状態を図—7に示す。(図は部材長さの半分を示している。) 最大のひび割れ幅は、0.3 mmであった。

図の中で、(a) と (b) は、養生なしで部材下部を拘束しており、ひび割れに対して条件の悪い状態に置かれている。また、(c) と (d) は、(a) と (b) の供試体と同じ試験条件で養生システムを用いた供試体の結果である。養生システムを用いることにより、ひび割れが抑制されている状況が確認できる。

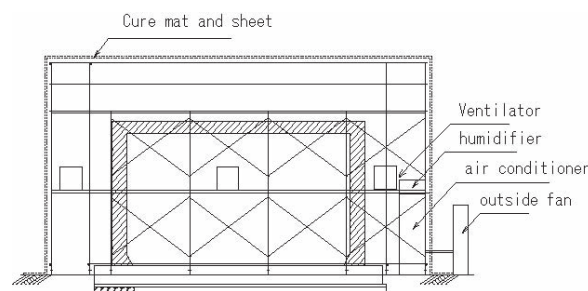


図—7 代表的なひび割れ性状

3. 養生システムの実構造物への適用

(1) 構造物の概要

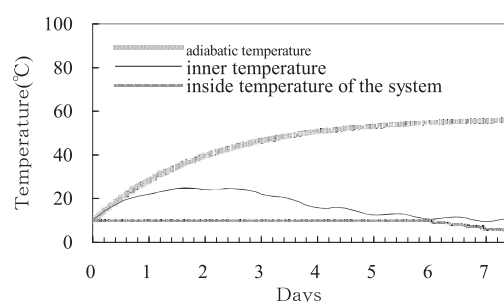
養生システムの実用性を確認するため、比較的等しい規模の2つの貯水槽で養生システムを使用した施工と通常の(冬季であるため)練炭とジェットヒーターでそれぞれ管理し、構造物の仕上がりを比較した。図—8は、養生システムを採用した貯水槽のコンクリート工事概要である。写真—3は、実際の工事の様子を示している(構造物全体を養生シートで覆っている)。貯水槽のサイズは、幅6.0 m、長さ11.5 m、高さ4.0 mで、壁厚は0.4 mである。養生システムとして使用したエアコンや加湿器は、先の実験で使用したものと同様である。施工時期は冬季で、山中の工事であったため、電源は発電機を使用した。エアコンの温度管理については、本構造物の場合、断熱温度上昇量の解析結果から、図—9に示すように設定した。



図—8 貯水槽の工事に養生システムを採用



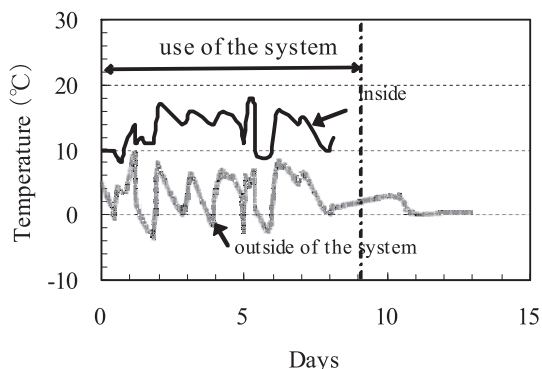
写真—3 養生システムの実用化



図—9 断熱温度上昇量からエアコンの設定温度を決定

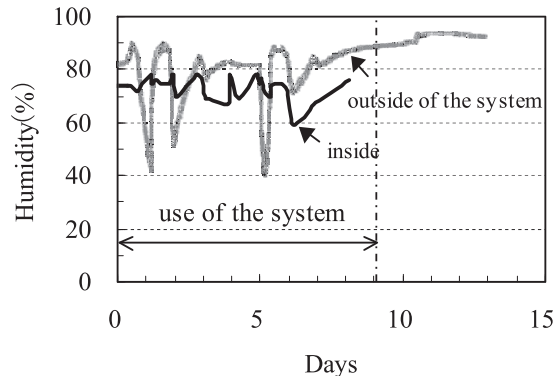
(2) 考察

図—10 は、外気温とシステム内部温度の経時変化を示す。冬季であるため、外気温は夜間は0℃を下回ることもあった。内部の温度は外気温により影響を受けているが、ほぼ、システム内部は解析に近い15℃程度の温度となっている。



図—10 外気温とシステム内部温度の経時変化

図—11 は、システム内部と外部の湿度の状態を示す。こちらも、冬季であるために、外部では40%まで湿度が低下することがあるが、内部ではほぼ70%を確保できた。



図—11 システム内部と外部の湿度の経時変化

この結果、練炭とジェットヒーターによる養生の場合は、脱枠段階で表面の荒さが認められたのに対して、養生システムを使用した貯水槽の仕上がりは、脱枠時には表面が鏡のように緻密な状態であることが確認された。

また、施工後3年経過した段階でそれぞれの構造物の状態を確認すると、練炭とジェットヒーターによる養生を行った貯水槽では、長さ2m程度の析出物を伴うひび割れの発生が確認された(写真—4)のに対して、養生システムを用いた貯水槽では、全くひび割れが確認されなかった。



写真—4 練炭とジェットヒーターによって養生された貯水槽でひび割れ調査

4. おわりに

建設現場で一定のコンクリートの品質を確保するための養生システムの開発のために、基礎実験を行い、この結果をもとに実構造物での適用を試みた。

基礎実験からは、コンクリートのセメント量や構造物の大きさとひび割れの関係が明らかになり、これらに対して、温度と湿度を制御する養生システムが効果的に機能することが確認できた。

養生システムの実際の構造物への適用を、貯水槽の工事で確認した結果からは、基礎実験と同様に、養生システム内の温度と湿度がコントロールされることで、構造物のひび割れが抑制され、品質の高い仕上がりが確認できた。その後、本システムは、国道バイパス工事の高架橋の高欄部分(写真—5～7)や擁壁工事でも成果を挙げている。



写真—5 養生システムを採用した国道バイパス上部工



写真—6 養生システムの設置状況



写真—7 完成した上部工（竣工時にひび割れは確認されていない）

しかしながら、養生システムは、養生シートの設置における施工手間や、シートで構造物全体を覆う必要があることから、大型のコンクリート構造物に対する気密性の確保や経済性は、今後の課題でもある。

一方で、コンクリートの養生を目的として開発した養生システムは、その養生空間内で（特に暑中や寒中に）作業する作業員のためにも快適な作業空間を提供するといった予定した効果以外のメリットも認められた。このことは3Kと言われ、厳しい環境にある建設現場で、工事関係者に快適な環境を与え、品質の良いコンクリート構造物をつくるといった未来の施工環境を考える一つのヒントになるとと思われる。

J C M A

《参考文献》

- 1) 日本コンクリート工学協会：マスコンクリートのひび割れ制御指針 2008, 2008
- 2) 土木学会：2007年制定コンクリート標準示方書設計編, 2007
- 3) 長田晴道, 小野定：温度解析方法に関する既往の研究成果について, マスコンクリートの温度応力発生メカニズムに関するコロキウム論文集, 日本コンクリート工学協会, pp.39, 1982

【筆者紹介】



田村 隆弘（たむら たかひろ）
徳山工業高等専門学校
土木建築工学科
教授



坂本 修（さかもと おさむ）
洋林建設㈱
品質安全環境部
部長



上野 秀昭（うえの ひであき）
洋林建設㈱
土木部
工事長

土木構造物を対象としたコンクリートの品質確保に向けた技術開発

近 松 竜 一・入 矢 桂史郎

耐久的なコンクリート構造物を構築するには、コンクリートの製造から、打込み、養生などのそれぞれの施工段階で適切に品質管理を行う必要がある。本報では、土木用コンクリート構造物の品質を確保するための技術開発動向を整理するとともに、最近の技術開発事例として、フレッシュコンクリートの単位水量の管理および測定技術、初期欠陥の発生危険度を予測し、施工計画を照査できる施工ナビゲーションシステムについて概説する。

キーワード：コンクリート、品質管理、単位水量、初期欠陥、施工計画

1. はじめに

耐久的なコンクリート構造物を構築するには、適切な材料を使用して所要の品質を有するコンクリートの配合設計を行い、コンクリートの製造から、運搬、打込み、締固め、養生などのそれぞれの工種毎に適切に品質管理を実施し、構造体コンクリートの品質を確保することが重要である。

土木構造物の場合、その立地や気象などの環境条件は様々で、水中下や逆打ちなど施工条件が特殊な場合も多い。また、性能規定を前提とした構造物の設計施工においては、施工者側の裁量により施工の自由度が高まる反面、構造物の品質に対する責任も大きくなり、品質の確保が技術の要となる。

本報は、土木構造物を対象としたコンクリートの品質確保に向けた技術開発の動向および具体事例の概要を紹介するものである。

2. 品質確保のための技術開発の動向

土木構造物を対象としたコンクリートの材料および施工分野の技術開発は、大まかに3つのカテゴリーに分類することができる。

1つ目は、新たな機能性を付加したコンクリート材料の技術開発である。水中不分離性コンクリート、地下連続壁用コンクリート、逆打ち用コンクリート、高流動コンクリートなど、特殊な施工条件においても所要の品質を確保するために、新材料を用いた配合設計や施工技術が確立され、実用化されている。

2つ目は、コンクリート構造物の品質向上を目的とした施工技術の開発である。土木構造物はその大半がマスコンクリートであり、施工時にセメントの水和熱に起因した温度ひび割れが生じやすい。この温度ひび割れの対策として、コンクリートの低発熱化および低収縮化、液体窒素によるプレクーリング、などの技術が開発されている。

また、構造物の耐久性向上や施工の合理化の観点からは透水性を付与した特殊な型枠や高い耐久性を有する埋設型枠なども開発されている。

3つ目は、施工計画に対する事前照査やコンクリート材料の品質管理や施工管理、さらには耐久性の予測を目的とした技術開発である。

以上のように、特殊なコンクリートやその施工法の技術開発が行なわれ、各種のプロジェクトにもその成果が活用されている。一方、最近では、コンクリートの品質管理やコンクリート構造物の信頼性を向上させる技術開発に重点が置かれている。

次章以降では、品質を確保するために取組みとして、最近の技術開発の事例を紹介する。

3. 単位水量の測定および計量技術

コンクリート中の水量は、強度や耐久性を左右する要因で、特に重点的に管理する必要がある¹⁾。

2003年4月に発生した生コンへの加水問題を契機として、同年10月に国土交通省から「レディーミクストコンクリートの品質確保について」の通達が出され、フレッシュコンクリートの単位水量を荷卸し時に

検査するようになった。最近では数多くの現場で単位水量検査が行われている。

一方、品質の変動が少ないコンクリートを製造するには水量を精度良く計量することが必須である。

そのためには、骨材の湿潤状態を迅速に把握し、表面水の量を水の計量値に反映させる必要がある。

本章では、単位水量の管理技術として、高精度エアメータによる単位水量の測定法および水浸式骨材計量システムによる水量管理技術について概説する。

(1) 高精度エアメータによる単位水量測定

フレッシュコンクリートの単位水量の測定法として、約 10 種類の方法が実用化されている。例えば、コンクリートの各材料の配合比をもとに質量や容積の差を利用して水量を算定する方法、コンクリート中の水を蒸発させて測定する方法、コンクリートに試薬を添加し、水溶液の濃度変化から水量を算定する方法、中性子線、静電容量など水量と相関がある指標から間接的に水量を算定する方法などである。

これらの方法は、対象試料の種類や量、測定時間、精度などが異なる。このため、それぞれの方法の特徴を十分に理解して使用する必要がある。

高精度エアメータを用いた単位水量の測定方法²⁾（以下、エアメータ法と呼称）は、コンクリートの空気量測定に併せて単位水量を測定する方法である。測定時間は約 5 分と短く、約 $\pm 5 \text{ kg/m}^3$ の精度で測定でき、公共工事を対象に約 25% のシェアがある。

エアメータ法では、コンクリートの単位容積質量の設定値と実測値の差を利用して単位水量を求める。各材料の計量値が設定値（示方配合に示される値）と異なる場合、単位容積質量が変化する。ただし、この単位容積質量は空気量によっても変化するので、高精度なエアメータで空気量を正確に測定し、その影響を補正して単位水量を算定する。

単位水量測定装置の構成を写真—1 に示す。この装置は、高精度エアメータ、台はかり、空気量および単位容積質量の演算ユニットから構成されている。各測定データは、演算ユニットに送信され、ディスプレイに表示される。高精度エアメータは、最小分解能が 0.1 kPa の圧力計が内蔵されており、理論上は $\pm 0.05\%$ の精度で空気量を測定することができる。

各材料を正確に計量して練り混ぜた 2 種類のコンクリートを対象に本装置による単位水量の測定精度を検証した。コンクリートの配合を表—1、単位水量の測定結果を図—1 に示す。

単位水量の測定値の平均は、計画値とほぼ一致する

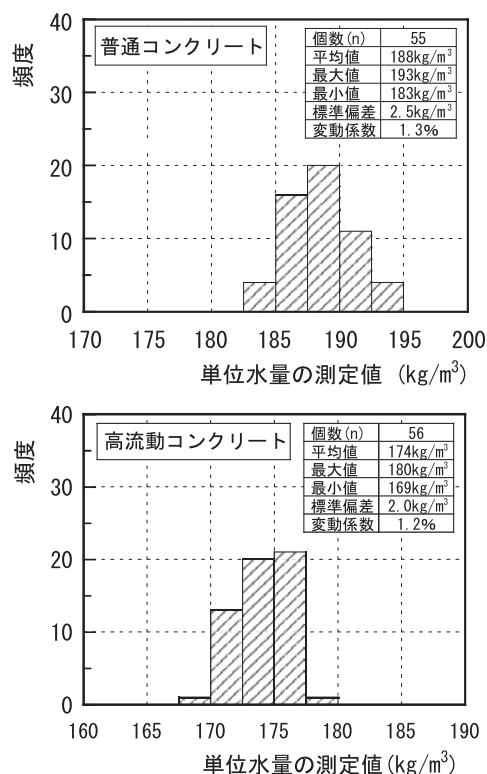


写真—1 単位水量測定装置

表—1 コンクリートの配合

種類	W/C (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m ³)							設定単位 容積質量 (kg/m ³)
			W	C	LS	S	G	WR	SP	
普通	55.0	43.0	187	340	—	747	1000	0.85	—	2279
高流動	33.0	47.0	175	530	50	726	836	—	5.51	2324

*LS: 石灰石微粉末, WR: AE減水剤(標準型), SP: 高性能AE減水剤



図—1 単位水量の測定結果

結果となっている。測定値は、装置の器械誤差やサンプリング誤差も含んでいるが、高い精度で単位水量を測定できることがわかる。

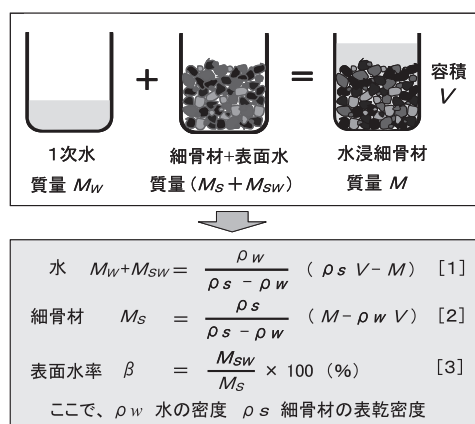
エアメータ法は、空気量試験に併行して迅速に単位水量を測定できる実用的な方法であり、品質確保の観点からは、荷卸し検査時の標準的な単位水量測定方法として活用が推奨される。

(2) 水浸式骨材計量による水量管理技術

コンクリートの配合設計において、骨材の単位量は表面乾燥飽水状態として取り扱われる。しかし、実際の製造では、骨材は湿潤状態のままで計量し、骨材に含まれる表面水の量を練混ぜ水の計量値から差し引いて計量する方法が用いられている。

この骨材の表面水は、貯蔵ビンに積み上げられた上下で異なったり、供給されるロット毎に変動したりする。そこで、この骨材の表面水が変化しても水と骨材を正確に計量できる方法として、水浸式骨材計量システムを開発した³⁾。この水浸式骨材計量システムの基本原理および現場プラントへの適用事例について、以下に紹介する。

水浸式骨材計量は、骨材を完全に水に浸して飽和含水状態で容積と質量を計量し、両者の密度差を利用してそれぞれの質量を算出する方法である。JIS A 1111「細骨材の表面水率試験方法」と同じ原理にもとづくもので、併せて骨材の表面水率を算出できる。水浸式計量を細骨材に適用した場合の概念と算定式を図一2に示す。

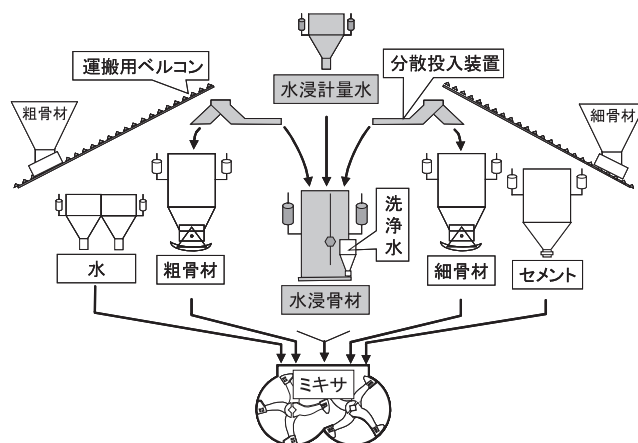


図一2 水浸式骨材計量の概念と算定式

水浸式骨材計量システムは、これまでに2件のダム工事、3件のトンネル工事の現場バッチャープラント、1件のセグメント製品工場に適用している。これらのうち、本報では山岳トンネルの吹付けコンクリートの製造プラントへの適用事例を紹介する。

プラントの各種計量設備の構成を図一3に示す。水浸計量する骨材は、貯蔵ビンから骨材をベルトコンベアで引き出して計量器に投入する途中で分取装置によりサンプリングし、振動フィーダを介して水浸計量器に投入する。

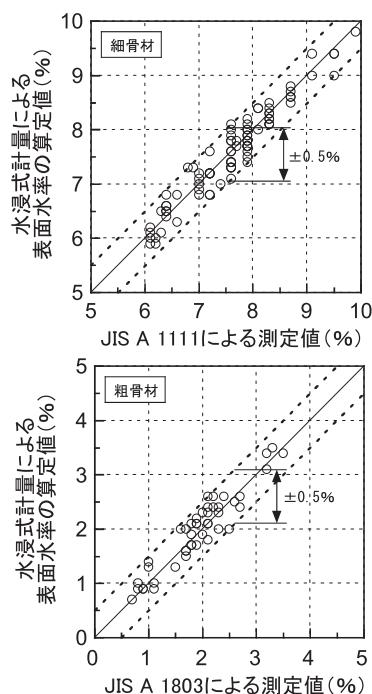
水浸用計量水を投入後、細骨材、粗骨材の順に投入し、水と骨材の混合物の質量と体積を累加で計量する。水浸計量器の他は、一般的な吹付けコンクリート用の



図一3 吹付けコン用水浸式骨材計量設備

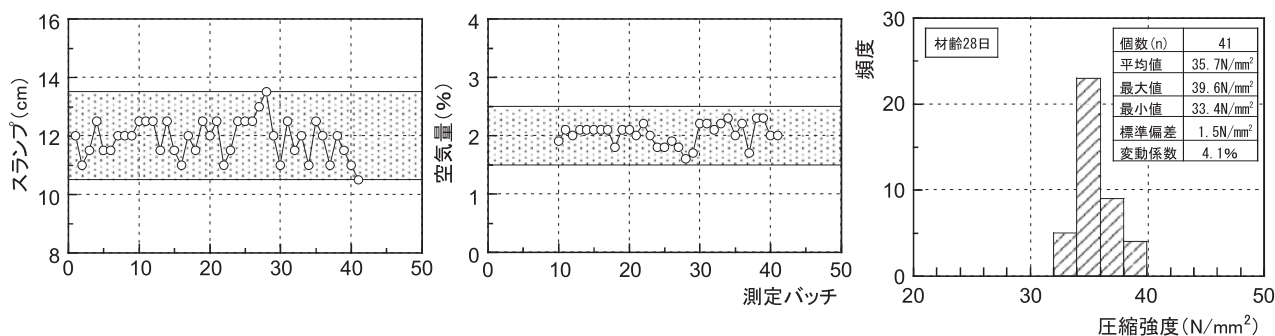
製造設備と同様である。

水浸計量により算定した表面水率の結果を図一4に示す。細骨材の表面水率は約6～10%、粗骨材の場合には約0.5～3%の範囲を推移しているが、水浸式計量による算定値とJISによる測定値の相違は $\pm 0.5\%$ 以内であった。水浸用骨材の量は全骨材の3%程度であるが、骨材をベルトコンベア上に薄層に引き出して縮分することで、少量でも代表的な試料をサンプリングできることが確認されている。



図一4 骨材の表面水率算定結果

水浸式計量を適用して製造したベースコンクリートの品質試験結果の一例を図一5に示す。スランプは目標値12 cm に対し ± 1.5 cm、空気量は目標値2% に対し $\pm 0.5\%$ の変動であった。また、圧縮強度も変動



図一五 水浸式骨材計量システムを用いて製造したコンクリートの品質

係数は4%程度とばらつきが小さい。細骨材および粗骨材の一部を水浸式で計量し、表面水量をバッチ毎に補正することで、品質の安定化が図られている。

4. コンクリートの施工計画照査システム

コンクリート工事の初期欠陥のうち、ジャンカ、コールドジョイント、かぶり不足、ひび割れが全体の約65%を占める⁴⁾。昔から「段取り八分」といわれるように施工の良否は計画によるところが大きい。初期欠陥を未然に防ぐには、規準類を遵守して計画を立案するだけでなく、体系的な照査が必要である。そこで、長年の実績に培われた経験則による施工ノウハウを集積し、初期欠陥の発生危険度を予測し、その結果にもとづいて計画を修正できる「施工ナビゲーションシステム」(以下、施工ナビと呼称)を開発した⁵⁾。

(1) 施工ナビゲーションシステムの概要

施工計画照査フローを図一6に示す。

入力データとして、構造物の条件、コンクリートの配合、運搬、ポンプ圧送、打込みおよび養生の諸条件を入力する。これらのデータをもとに初期欠陥の発生危険度をA～Cの3段階で評価する。A判定は初期

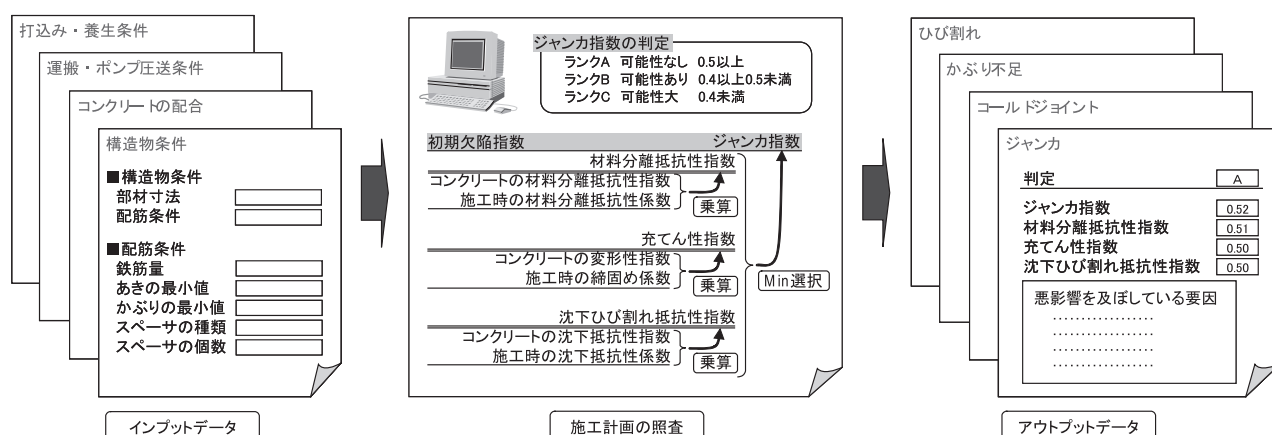
欠陥がほとんど生じない、B判定は初期欠陥の可能性がある、計画を見直すことが望ましい、C判定は既往の実績では初期欠陥が生じる可能性が極めて大きい。

初期欠陥は、単独の要因ではなく、様々な施工要因が複合的に作用して発生することが多い。本システムでは、入力データを相互に関連付け、初期欠陥の発生危険度を照査している。例えば、ジャンカの発生原因としては、1) 材料分離により特定の箇所に粗骨材のみが集積した場合、2) 締固めが不十分な場合、3) プリーディングにより、セパレータや鉄筋の下端に空隙が生じる場合、などがある。そのため、これらの発生要因別に、1) 材料分離抵抗性指数、2) 充てん性指数、および3) 沈下ひび割れ抵抗性抵抗性指数を算定し、これらの指数からジャンカの発生危険度を評価している。

(2) システムによる施工計画の照査事例

壁状構造物にコンクリートを打ち込んだ場合のジャンカの発生について照査した事例を示す。

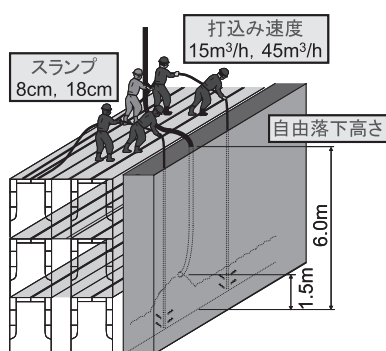
打設計画の概要を表一2に示す。また、コンクリート施工の概要図を図一7に示す。厚さ0.8m、高さ6mの壁を、ポンプ車1台で打ち込み、棒状バイブレータ2台により締め固める計画とした。



図一六 コンクリート工事の施工計画照査システムのフロー

表一 2 コンクリートの打設計画の概要

構造物 条件	部材の種類	壁状構造物
	部材寸法	厚さ0.8m×長さ30m×高さ6m
	鉄筋量 (kg/m ³)	200
	鉄筋の最小あき (cm)	10
コンクリート の配合	呼び強度 (N/mm ²)	24
	水セメント比 (%)	52.0
	単位水量 (kg/m ³)	160
	単位セメント量 (kg/m ³)	308
環境条件	打込み時期	夏期
ポンプ 圧送	ポンプ車の台数 (台)	1
	圧送方法	ブーム+フレキシブルホース
	配管径 (inch)	5
打込み 条件	パイプレータ本数 (本)	2
	打込み要員 (人)	4
	打込み量 (m ³)	144



図一 7 コンクリートの打込みのイメージ図

ケース 1 は、標準的な施工方法を想定した場合である。このケースを基準に、コンクリートの自由落下高さを大きくした場合（ケース 2）、打込み速度を大きくした場合（ケース 3）、スランプを大きくした場合（ケース 4）について照査した。

ジャンカ発生危険度の判定結果を表一 3 に示す。

表一 3 各施工ケースとジャンカ発生危険度

施工ケース		ケース1	ケース2	ケース3	ケース4
施工 配合 条件	自由落下高さ(m)	1.5	6.0	1.5	
	打込み速度(m ³ /h)	15		45	
	スランプ(cm)		8		18
照査 結果	材料分離抵抗性指数	0.52	0.48	0.52	0.42
	充てん性指数	0.51	0.51	0.48	0.52
	沈下ひび割れ抵抗性指数	0.50	0.50	0.38	0.37
	ジャンカ指数	0.50	0.48	0.38	0.37
ジャンカ発生危険度の判定		A	B	C	C

ケース 1 は A 判定で、標準的な施工方法を遵守すればジャンカが発生する可能性は小さい。一方、自由落下高さを大きくしたケース 2 は B 判定で、材料分離抵抗性指数が小さく、鉄筋にコンクリートが衝突し材料分離が生じる危険性が大きい。打込み速度を 3 倍に増大させたケース 3 は、充てん性指数が小さく、締固めが不足する懸念がある。ケース 4 は、充てん性指数はケース 3 より大きいですが、材料分離抵抗性指数が小さく、スランプを大きくすることで材料分離が生じやすいことが反映されている。また、打込み速度を増大させたケース 3 および 4 は、沈下ひび割れ抵抗性指数が 0.4 以下で沈降ひび割れが生じやすいと評価されている。

ジャンカは、材料分離や変形性の低下など、施工方法により様々な発生要因が考えられるが、本システムによりこれらの影響を適切に評価することができる。

J C M A

《参考文献》

- 1) 吉兼亨, 鈴木一雄, 辻本一志; 生コンクリート工場における単位水量管理の実態, コンクリート工学, Vol.42, No.12, pp.9-14, 2004.12
- 2) 近松竜一, 中村博之, 花田貴史, 高橋敏樹; エアメータを利用したフレッシュコンクリートの単位水量推定方法 (その 2), 大林組技術研究所報, No.65, pp.27-32, 2002.7
- 3) 近松竜一, 入矢桂史郎, 十河茂幸; 水浸式計量を用いたトンネル吹付け用ベースコンクリート製造システムの開発, コンクリート工学年次論文集, Vol.28, No.1, pp.1307-1312, 2006.7
- 4) 社団法人日本土木工業協会; コンクリートの充てん不良防止のための施策, p.2-3, 2008.2
- 5) 近松竜一, 川西貴士, 入矢桂史郎, 高橋敏樹; コンクリート工事の施工ナビゲーションシステムの開発, 大林組技術研究所報, No.69, 2005.12

〔筆者紹介〕

近松 竜一 (ちかまつ りゅういち)
 (株)大林組 技術研究所
 生産技術研究部
 主任研究員



入矢 桂史郎 (いりや けいしろう)
 (株)大林組 土木本部
 生産技術本部
 統括部長



一般報文

道路除雪オペレータの実態と改善ポイント

(社)日本建設機械化協会 北陸支部雪氷部会 道路除雪オペレータ実態調査 WG

道路除雪作業の実態については、経年的、発注機関別に調査されたことは少なくその実態調査については一部にとどまっていた。今回、北陸3県（新潟、富山、石川）の直轄、地方自治体の除雪オペレータ実態調査から、「道路除雪」の抱えている人手不足と除雪機械確保の負担問題などが明らかになった。

本稿では、近年における社会的変化などから、道路除雪オペレータの従事者年齢の変化やオペレータ人員分布の推移、オペレータの自社社員確保、勤務体制、人員充足状況及び除雪機械使用実態などを明らかにするとともに、除雪体制維持の改善ポイントを提案する。

キーワード：道路除雪、除雪機械、除雪体制、降雪量、豪雪、実態調査、アンケート

1. はじめに

我が国の国土の約60%が積雪寒冷地であり、その地域に暮らす人々は3,300万人を超え、人口密度は112人/km²と他国に類を見ないほど高い。この地域では道路除雪が冬期の日常生活や商業・産業活動などを支えていると言っても過言ではなく、地域の安全安心な暮らしを守る大切な役割を果たしている。

道路除雪においては社会的変化などから、除雪機械オペレータの従事者年齢の高齢化、除雪機械の確保の悩みなどが顕在し、さらに深刻化することが予想されている。又、建設業が地場産業として、地域と雇用を守ってきた頃とは違い除雪オペレータのシーズン確保に影響を与えていると考えられる。日本建設機械化協会北陸支部では過去11年間に3回（平成10、16、21年度）にわたり北陸3県（新潟、富山、石川）の直轄、地方自治体の道路除雪施工会社のオペレータ実態をアンケート方式で調査してきた。この調査によりオペレータの雇用状況、過不足数、労働条件などの経年変化と実態を把握することができた。ここで、その概要を報告する。

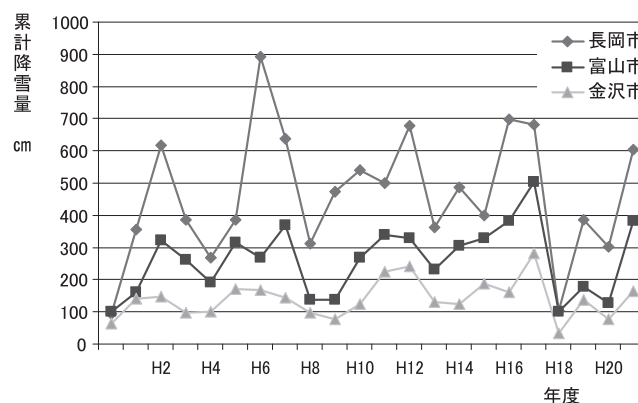
2. 北陸地方の降雪状況と道路除雪の実態

自然災害としての雪害は、12月中旬から2月中旬を中心に、屋根の雪降ろし等の除雪中の事故や倒壊した家屋の下敷き、交通障害、道路崩壊、電力障害等、多数の被害が発生している。

北陸地方の降雪状況は主要な3都市の累計降雪量（経年）図—1のとおりである。

新潟県長岡市の統計年鑑（平成20年版）によれば市道の道路除雪延長は1,885kmであり、道路延長当たり約6割強と、いまだに限定的な道路除雪延長にとどまっている。

代表地点の累計降雪量



図—1 主要都市の累計降雪量（気象庁気象統計情報より）

3. 調査方法

調査方法は、除雪施工会社にアンケート用紙を郵送・回収する方法で行い回収時期は道路除雪のほぼ終了する3月上旬を目途に回収した。アンケート対象数（除雪施工会社）は、平成10年度90社、平成16年度と平成21年度は120社（直轄30社、新潟県30社、富山県30社、石川県30社）に送付し回収率は、平成

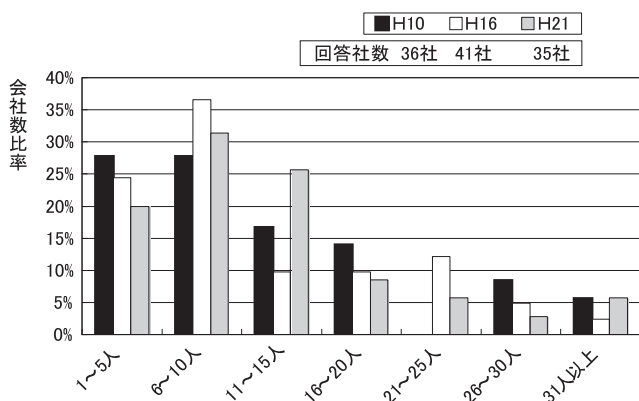
10 年度 73%, 16 年度 88%, 21 年度 69%であった。経年変化を見るため、その内平成 16, 21 年度においては整合性から平成 10 年度回答の施工会社のみを選定し集計・解析した。

4. 除雪オペレータ実態調査結果

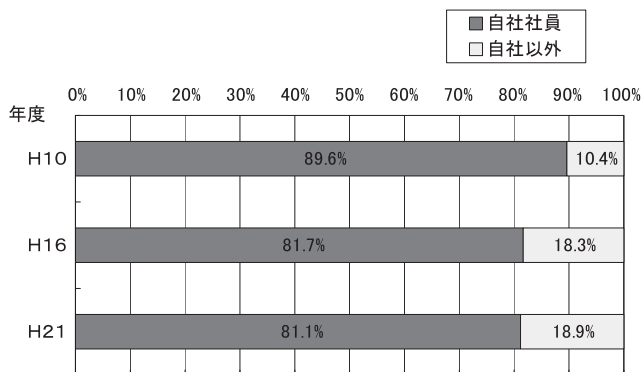
(1) 除雪施工会社（県発注）の調査結果

①自社で確保する除雪使用機械（図—2～4）

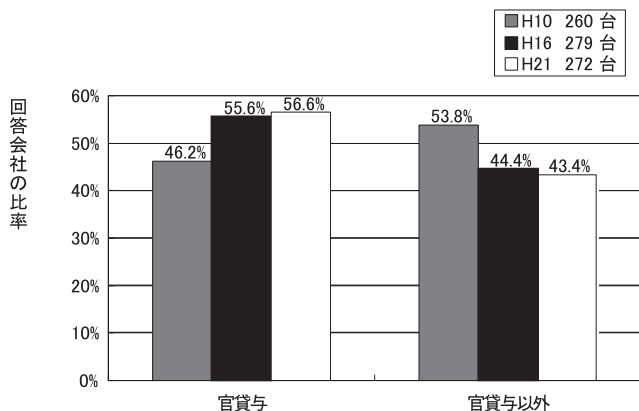
北陸 3 県が管理する道路の除雪施工会社が確保しているオペレータ人数は、会社の約 9 割が「20 人以下」



図—2 除雪機械オペレータ人員の推移（北陸 3 県）



図—3 除雪機械オペレータ構成の推移（北陸 3 県）



図—4 除雪機械使用台数の構成の推移（北陸 3 県）

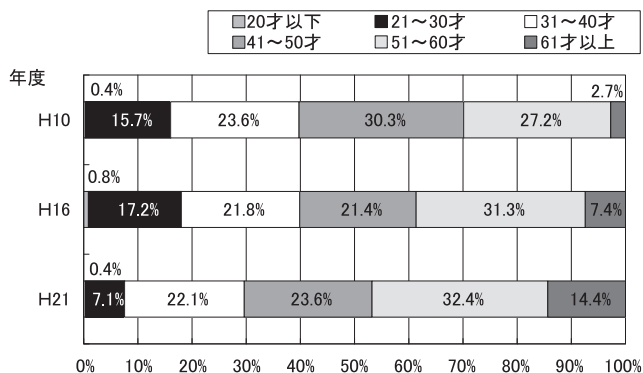
と少なく、自社社員で約 8 割を確保できている。経年では大きな変動はないと考えられる。

一方、使用機械台数の 40% 以上が自社（リース、レンタル機械も含む）で用意している実態である。地場中小企業が多い自治体の道路除雪において、除雪機械の維持は負担が大きいことから、使用機械の全数貸与が望まれる。

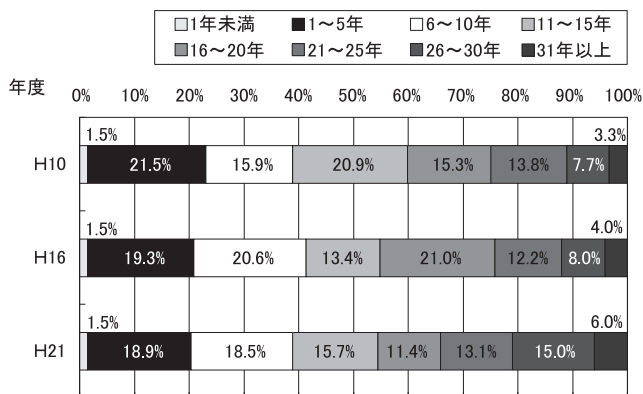
②高齢化の進む除雪オペレータ（図—5, 6）

除雪オペレータの年齢構成は、「51 才以上」の割合が、平成 10 年度では 30% だったのが毎回増加し、平成 21 年度では 47% に達し、17 ポイントも増えている。「21 才～30 才」の割合は平成 16 年度を比べ、10 ポイント減となっている。

経験年数の推移は、「16～20 年」で 10 ポイント減、「26～30 年」で 7 ポイント増、全体として大きな経年変化は見られないが、除雪オペレータの高齢化に伴い「16 年以上」の経験者の割合が増える傾向で推移している。



図—5 除雪機械オペレータ年齢構成の推移（北陸 3 県）



図—6 除雪機械オペレータ経験年数の推移（北陸 3 県）

③事業所毎の多様な勤務体制（図—7）

道路除雪のオペレータの勤務体制は 24 時間勤務で 1 交代制が 50%, 2 交代制が 41%, 3 交代制が 0%, その他 9% であり、経年では、2 交代制において平成 10 年度から 12 ポイント増加していた。

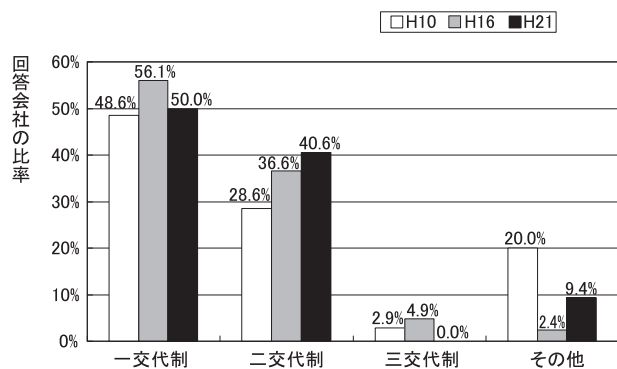


図-7 除雪オペレータ勤務体制の推移（北陸3県）

自由意見としては、「経験者とペアで作業をしないと対応出来ない。」「景気停滞の中、人件費をおさえるため1交代制。」「平年雪では1交代制で、対応が可能である。」といった回答があった。

④平年降雪時においても除雪オペレータは不足している（図-8、9）

除雪オペレータの充足状況で「十分である」としてしている事業所は、23%であり、他は「平年時の交代要員が不足」20%、「豪雪時に不足」54%と全体では77%の事業所でオペレータが不足していた。

豪雪時の不足人員は、図-9のとおり、オペレータの不足は深刻化していると考えられる。

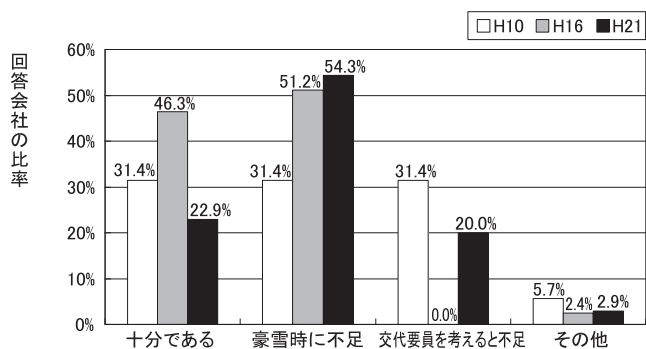


図-8 除雪機械オペレータの充足状況の推移（北陸3県）

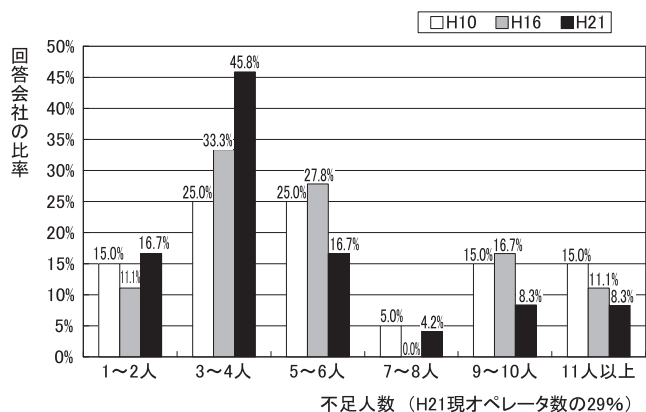


図-9 豪雪時のオペレータの不足人員（北陸3県）

特に自由意見としては、「平年雪では賃金補償もままならない」「冬期以外の雇用確保が難しい」など負担軽減の悩みを抱えている。

(2) 除雪施工会社（国発注）の調査結果

①多数の除雪オペレータを自社と下請で確保する。（図-10～12）

除雪施工会社の確保するオペレータ人数は、「21人以上」の割合が、88%にのぼり事業所毎に多数の人員確保が必要となっている。経年では、毎回、自社以外の割合が増してきており、平成21年度では42%が自社以外の除雪オペレータで占めるようになっている。

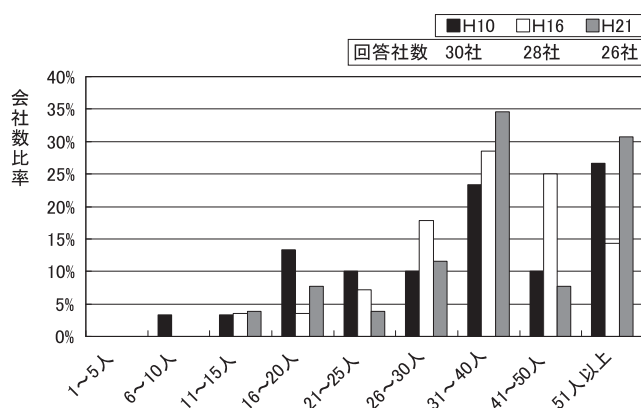


図-10 除雪機械の人員分布の推移（直轄）

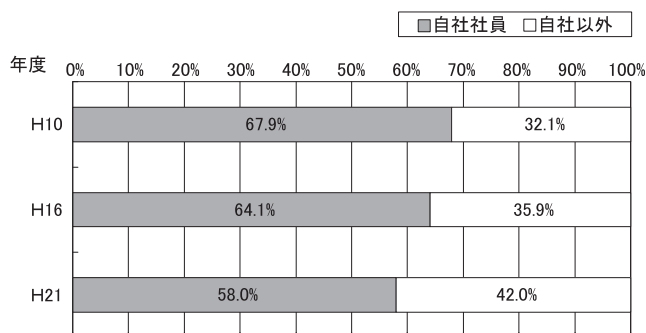


図-11 除雪機械オペレータ構成の推移（直轄）

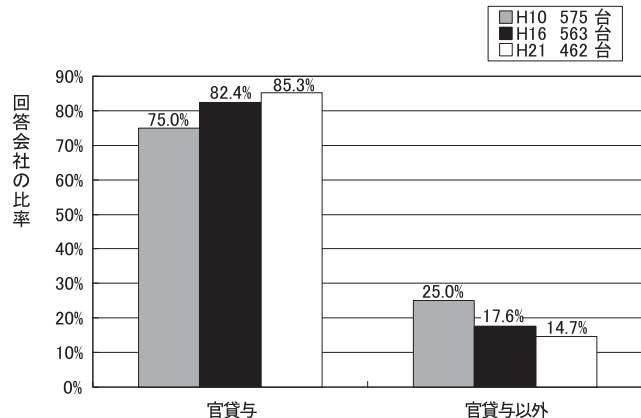


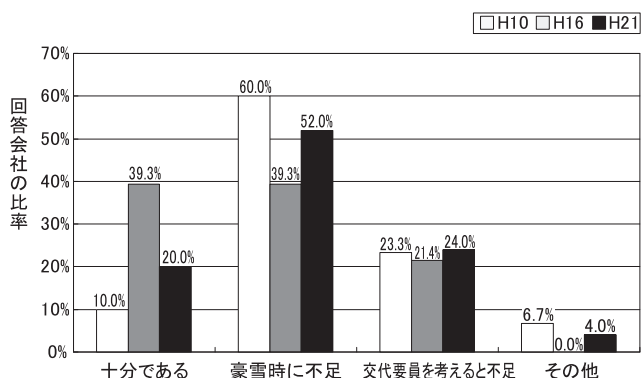
図-12 除雪機械使用台数の構成の推移（直轄）

②不安を抱える除雪オペレータの不足（図— 13, 14）

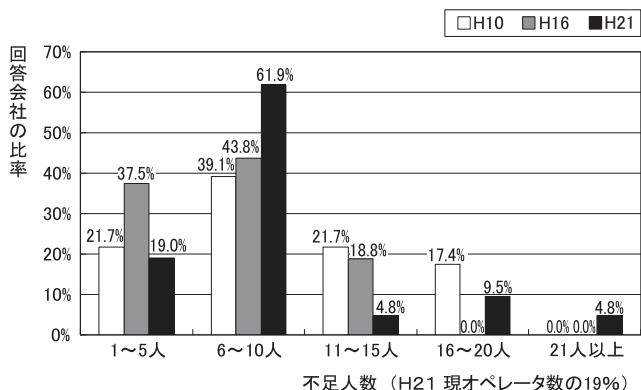
除雪オペレータの充足状況図— 13で「十分である」としている事業所は、20%であり、他は「平常時の交代要員が不足」24%、「豪雪時に不足」52%と全体では76%の事業所でオペレータが不足していた。

豪雪時の不足人員は、図— 14のとおり、オペレータの不足人数6～10人では61%の事業所に上っており深刻な状態と考えられる。ここでは自治体の除雪施工会社と同様な課題を抱えている。

特に自由意見としては、「待機補償費の底上げ」を希望している。



図— 13 除雪機械オペレータの充足状況の推移（直轄）

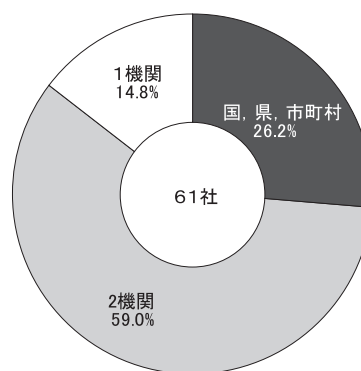


図— 14 豪雪時のオペレータ不足人員（直轄）

(3) 複数の発注者から除雪作業を請負っている実態（図— 15）

図— 15のとおり、85%以上の除雪施工会社が2機関、3機関の複数の除雪作業を請け負っている実態がある。自由意見として、「除雪請負業者の評価点の大幅アップ」「除雪を専門で行えるシステム構築」「委託機械の相互利用の促進」など除雪施工会社として経営できる制度を希望している。

H21除雪作業の発注者



図— 15 発注者別の受注実態（直轄 + 北陸3県）

5. 地域で見られる動き

図— 16のとおり、富山県内の建設業界が、除雪業務の課題掘り起こしに乗り出したとの記事が平成21年11月11日付け北日本新聞に掲載された。更には、石川県建設業協会では、除雪体制アンケート調査が実施され、同様な実態が明らかになっている。



図— 16 北日本新聞（H21.11.11）

6. まとめ

この調査で明らかになった主な内容は、

- 除雪オペレータの高齢化が進展していること。
- 除雪オペレータが、豪雪時と平時の交代要員確保で不足していること。
- 次世代を担う人材確保が困難になること。
- 24時間1交代勤務制が多く採られていること。
- 除雪機械の自社負担が数多くあり、今後は自社での確保が困難になること。（県発注除雪作業）

道路除雪には、交代要員を含め多くの除雪オペレータの確保が必要であり、厳しい経営状況の中、人員確

保や暖冬少雪等で稼働時間が少ない場合、除雪機械の維持管理費（減価償却費、点検費等の固定的経費）の負担など、降積雪状況により大きく影響を受ける不安定な側面を軽減することが望まれる。

改善1：不採算性を除去するうえで、除雪オペレータの待機補償の充実が必要であり、従来の一部分の補償から100%補償の実施。

改善2：除雪機械が持てない企業の除雪作業からの撤退が始まっており、負担軽減策としては、除雪機械購入及びリース・レンタル料金の助成などの個別補償や官貸与機械の増加。

などがこれからの改善ポイントとして考えられる。アンケートの中にも、そのような意見要望が数多く寄せ

られている。

7. 終わりに

道路除雪は、雪国地域の住民を安全・安心して生活できる環境に措くための必要不可欠な公共事業であり、今後も適正に維持運営されることを願うものである。

最後にこの調査にご協力戴きました多数の関係者各位に謝意を表します。

J C M A

平成 22 年度版 建設機械等損料表 発売中

■内 容

- ・国土交通省制定「建設機械等損料算定表」に基づいて編集
- ・損料積算例や損料表の構成等をわかりやすく解説
- ・機械経費・機械損料に関係する通達類を掲載
- ・各機械の燃料（電力）消費量を掲載
- ・主な機械の概要と特徴を写真・図入りで解説
- ・主な機械には「日本建設機械要覧（当協会発行）」の関連ページを掲載

■ B5 判 約 720 ページ

■一般価格

7,700 円（本体 7,334 円）

■会員価格（官公庁・学校関係含）

6,600 円（本体 6,286 円）

■送料（単価） 600 円（但し沖縄県を除く日本国内）

注 1）複数冊発注の場合は送料単価を減額します。

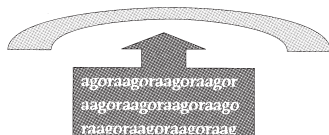
注 2）沖縄県の方は（社）沖縄建設弘済会

（電話：098-879-2097）にお申し込み下さい。

社団法人 日本建設機械化協会

〒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>



現場に生きる

挾 土 秀 平

私が29才～30才の2年間、箱詰めになって働いていた、メンバーズ棟18階、パブリック棟12階という、低層階がRC造、高層階はS造のリゾートホテル。

30才～34才のおよそ4年と半年は、もう記憶が定かではないが、総工費約400億という、それはコンクリートの巨大なRCの美術館にどっぷりと浸かっていた時代を、よく自分の強烈な人生の一部として思い出することがあります。

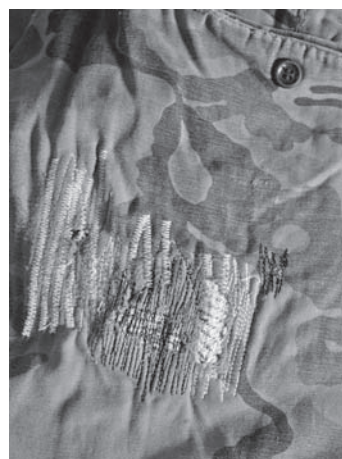
当時、岐阜、愛知の左官業界では、飛騨の高山にいる田舎の小さな左官屋のあととりだが、まだ若い職長で、どうにもならず強気で、あいつを野放しにはしておけない……そんな風のウワサが、本人である自分に伝わってくるほどでした。

その様子は、現場内のコンクリートの躯体の柱に、秀平のバカヤローと、どこかの業者の誰かが墨指しで記した落書きが数か所に書かれている、そんなエピソードもあります。

私が愛用していたのは、「晴姿」「五女子」という、12枚ハゼの地下足袋に、迷彩柄の7分という乗馬ズボン。膝下にゴムバンドをして、安全帯の腰にクギ袋にさしたハンマーをゆらゆらさせて、ヘルメットをかぶり、数十人の職人を現場にひきつれて仕事をしていました。



写真—1 迷彩柄のズボン



写真—2 迷彩柄のズボン

今思うと、自分は18～35才頃までの十数年間、まさにコンクリートの建設現場に荒く生きていたといっても過言ではありません。しかし、ただ荒くいていだけで現場は通りません。

振り返ると、それはまさに多種多様な職種とその組合せ、自分の前後に関わる他業者の仕事をどう読むか、すなわち現場の工程とセメント(セメントモルタルや、コンクリート)に向き合ってきた長い経験が、今の自分にしみ込んでいるように思います。その中で、特に建築の精度や強度、そしてその現場に関わる人間のレベルを決定づけるものが、コンクリート打設に集約されています。

コンクリート打設は木造建築に例えると、棟上：いわゆる建前というにふさわしく、その現場の様々な職種が、このひとつの作業に関わった共同作業といえ、鉄筋コンクリート造の現場では、主たる職種として、まず躯体3職＝型枠大工、鉄筋工、土工、そこに左官工の職長の私が、ここは俺が仕切るとばかりに、スラブのコンクリート金ゴテ仕上に登場します。

昔の床モルタル金ゴテ仕上は、浮きやクラック、コスト面から消え、コンクリート直押工が主流となると、ゼネコン側は、コンクリートの床の精度を、いか

にしてあげるかが重要なテーマとなり、プラスマイナス5mmなんて言う数字を言うものの、実際には、そんな簡単なものではなく、コンクリート打設が手作業である限りは、永遠の課題といってもいいくらいに、難しいものです。ただ、少しでも良い躯体とスラブ精度を求めて、ゼネコンをうならせる打設を行うことが、強気でわがままで荒くれていても、その現場をリードする職長として君臨できる方法だということを、この29才〜30才にリゾートホテルで体感しました。

ざっとこんな調子に……。コンクリート打設の朝、私はまず、コンクリート圧送車の配管がどうされているかに目を配らせます。コンクリートが通る配管は、とんでもない重量の振動が、足場を揺らすほどガンガンと音をたて圧送するだけに、スラブ断差をつけている浮き型枠の上に当たってないかどうかを見て、「おいポンプ屋、配管が型枠に当たりそうぞ！俺もお前も、レベルをみてある型枠を信じてコンクリートを入れてゆくのだから、気をつけろ！それに、もっと気を使って、鉄筋のスペーサーを倒さずに歩けないのか！」すると大工と鉄筋工は、自分が指摘しなければならないことを、左官の私が、自分のことのように怒鳴っているから、ニンマリとして……

逆にポンプ屋は、私から怒鳴られてムツとしていますが、今度はあの重い重い10mはあろう圧送口のホースを、龍の体のように使って動かし、壁型枠の中に圧送してコンクリートを入れている中では、型枠大工や鉄筋屋や土工に対して、「おい！ポンプ屋は、躯体に発生するコールドジョイントやジャンカを作らないために考えて打設しているんだから、バイブレーターや躯体たたきの人間は、もたもたせずに、その筒先を確認しながら、どこをコンクリートが流れているのか、ついていなきゃダメじゃないか。」と、また怒鳴りつけています。

朝から晩まで、1日500m³をこえる打設は、生コン車のコンクリートも、水セメント比がばらついていような場合も感じられ、今度は現場監督に、「おい！どこ見てんだ！このコンクリート、本当にスランプ18か！やけに水が多いぞ！プラントに電話するとか考えろ。」ようやくスラブを打ち始めた頃には、日が落ち始めて、ポンプ屋も早く帰りたいのか、スラブに入れるコンクリートをどんどん早めて、左官や土工が平均にならすのが追いつかなくなると、「ストップ、ストップだ！」と大声をあげて、ポンプ屋に、「お前！こんな打ち方で、プラスマイナス5mmなんていう精度で出来る訳ないだろう！今度からお前は出入り禁止だ！文句があるなら、どっちの意見が通る

か、現場所長のとこいってこい!!」と、またまた怒鳴り声をあげて……。高層階になればなるほど、ポンプ屋は、ポンプ車にかかる負担を考えると、打設を長く止めるほど、車のダメージやコンクリートつまりの原因となる為、わかったわかった、と泣き顔になるほどです。

……しかしやがて、私がただやみくもに突っ張っているのではないことが、現場内に浸透しはじめると、「今日のコンクリートは、やつが来たからうるさくなるぞ！」と、皆が受け入れながらも、その場がピンと張りつめます。それは、建設の仕上の段階でも同じ調子で、やがて時代が進むごとに、今では、安全面が一番重要なテーマになってきています。

私は10年ほど前、職人社秀平組設立という転機を迎え、今では、現場コンクリートに立つことは、ほぼなくなりました。しかし、この大きな現場での長い経験が、今、非常にものを言っています。

まさに今、建築は、スピードやコストや品質の安定を求める結果、建築から水を、すなわち、湿式の工法を極端に排除する形式に変わってしまいました。しかし、何やら建築が水を失うことで、〈縦〉〈横〉〈長さ〉のみとなって、何度傷つけても、補修をしたり取り替えたりできるという雑な感覚になってきたように思えてしまいます。すなわち、切る、貼る、打つといった平面的な方法になって、おなじ空間でも（縦、横、長さ）+時間（湿式工法ならではの乾燥期間やタイミング）の豊かさが消えつつあるように思えます。水を使う仕事は、絶妙な塩梅が大変必要で、実はこの塩梅こそが、我々日本人特有の繊細さや緻密さの源になっているのだと思うのです。

今、私の仕事は、土壁という、水をなくしてはありえない施工の中で、東京都内の大きな建設現場で、その施工を求められることがあります。その時いつも現場側は、私は何も知らないアーティストだと思って迎え入れますが、ゼネコン側は、とても簡単な感覚で土壁が出来上がるような勘違いも多分に感じられて、下塗り、中塗り、上塗りが5日間ほどで出来上がる予定となった工程表が、当たり前のように組まれていたり、塗り壁工事の下地を作る場合でも、何度説明しても、現場に行ってみると必ずといって良いほどに、乾式仕様の下地が作られているくらいです。

本来は、塗り壁の下塗りを、工程の中でいち早く入れ、その乾燥期間の間に天井や柱や床の業者との段取仕事を優先させたり、次に中塗りをさせて、またその間に塗装や天井ぎれのフクビ等を入れさせて上塗りをさせて、乾燥後に養生をして、床工事を進める……と

いう掛け合いのような絶妙なパズルを組むような……時間を読むことができません。乾式的な大突貫の建築全般の流れの中で、塗り壁の施工を無事終えることは、自分たちの技能以前に、その現場を読まなければ、その環境が整わないことがしばしばです。

今、湿式の象徴的な塗り壁の表現を、なんとかできている事……それが、あのコンクリート打設や大きな現場で生きていた経験が、自分を助け生かされていること。スピード優先の時代の中で、我々の絶妙なタイミングを要する仕事を成功させてきた事は、あの荒くれたコンクリート打設が支えているのだと、しみじみ感じています。



写真—6 洞爺湖サミット



写真—3 ペニンシュラ東京 フロント



写真—7 益子 土祭

J|C|M|A



写真—4 ペニンシュラ東京 階段室

[筆者紹介]

挟土 秀平 (はさど しゅうへい)

職人社 秀平組

代表取締役



写真—5 ペニンシュラ東京 階段室

ずいそう

コンクリートと私

澁川 雄二郎



民主党のスローガン“コンクリートから人へ”，年が明けてから何度も目にし、耳にしたことでしょうか、建設業に携わってきた私に取っては、何とも無意義な響きに聞こえたものです。本来コンクリートは<人の役に立つ道路、トンネル、橋梁、上下水道等の生活基盤となる社会資本>を担ってきた物です。そのコンクリートと私の出会いは、1971年にゼネコンに入社、TBMで掘削する水路トンネルの現場に配属されてから始まりました。当時のトンネル覆工コンクリートは、エアー（プレス）クリートという名称の円筒形の回転ドラムを台車に載せた機械を、バッテリーカーで牽引して坑外のプラントから坑内のセントルまで運搬し、打設箇所ではエアーホースを繋ぎ、ドラムの回転とエアー圧力の調整でコンクリートを鋼製セントル内に圧送して打設を行うものでした。その圧送距離は概ね20m前後であったと思います（今日使用しているコンクリートポンプでは100～500m程度）。従って長距離を送る時や最終詰め時の充填時には圧力不足となり、配管の途中に追加したエアーブーストで応援のエアーを送りようやく完了させることができました。この詰め充填時に発生する“ドーン・ドーン”と弾かれる感じの大きな音は非常に緊張する一瞬であったことが鮮明に思い出されます。打設作業の方法は、作業員がセントルの中に入り、天端に配管した先端のゴムホースを振回しながらコンクリートを流し込み、打ち上がりに応じて配管の切替えとホースの付替えを行います。配管はコンクリート圧送圧で暴れないように支保工等により固定し、ホースは作業員がロープ等でしっかり掴んでおく必要がありました。当時のセントルは検査窓が少なかった為、コンクリートの締固めは、狭いセントルの中に作業員が入り重量のあるエアー式バイブレーター（現在は軽い電動式バイブレーターが一般的）を振回しながら作業を行ったものです。これらの作業は巻厚内の狭い作業空間で、コンクリート硬化熱による高温環境下で、しかも一回の運搬打設量が6m³程度と少ない為に長時間作業となり、トンネル作業の中でも一番の苦渋作業であった事が思い出されます。トンネル作業は切羽の作業員が花形とされ、覆工に従事する人は後向き作業員と言われ年配の人や若年者が多く、切羽作業に比べて重労働である割りに低

収入であることをよく同情したものでした。

1999年頃、新幹線トンネルの覆工コンクリートの剥落事故等が大きな問題になりました。当時マスコミは、この剥落はウエス・木屑（当時の妻板や漏止め材）が出てきた手抜き工事では？等、毎日のように報道していましたが覆工コンクリートに関わった我々には“冗談じゃない！ 当時の機械・設備・技術で精一杯の仕事をした結果である”と声を大に言いたいものでした。とかくマスコミは大衆受けを狙うためか、建設業を“談合だ、手抜きだ”と大騒ぎして悪者扱いにすることが多く、その背景や原因を掘下げ、対策を取上げない傾向があるように感じました。その時からマスコミ報道は一部<眉つばもの>として聞くようにしています。このような事を経験した後、6年程前に当社創業社長（一昨年ご逝去）との出会いがご縁で現会社に入社しました。その故人の思い出の一つに仕事の片手間に書かれた“人の心に花一杯・60歳を過ぎてからが本当の青春”という著書があります。内容は故人が仕事に関わったゼネコンの偏屈なトンネル所長さん等との交流を綴った、酒飲みと女性とのチョット下品なお話です。その中で昔のトンネル屋さんは大酒を飲み羽目を外す事があっても仕事に対する気魄があり、難局になった時程その気魄が伝わった事、常に現場を見て戦う姿勢を持っていた事に対しての感嘆と、最近のトンネル屋さんについては、コンピューターの進歩から、現場監理を事務所でモニターとデーターを見ることで行い直接現場を見ることが少なくなった事を嘆かれています。私が思うに<現場重視>はトンネル現場の基本で、自分達が行った成功例や失敗例等の経験を次に活かす事が技術向上に繋がり、また作業員との交流が人として豊かな感受性を得る事になると考えます。今日のようなパソコン監理では決して現場の細かな技術・施工方法は取得できない事、また作業員の苦勞も分からない事をパソコン音痴の年代として苦言しつつ、残りの人生<60歳を過ぎてから本当の青春>を胸に、よりよい覆工コンクリートを後世に残すため、出会いを大切に仕事をしたいと思っています。

ずいそう

平城宮跡と私

高野 浩二



昭和40年代の初頭、私は初めて平城宮跡に立ちました。まだ寒さの残る早春の朝でしたが、その時の四周の風景に、今、さだかな記憶はありません。ただ、十町四方にもおよぶ荒地というに近い広大な野原が眼前に広がり、少し離れた集落の民家と近鉄電車の架線支持柱列以外人工を感じさせるものは、ほとんど見えなかったように思います。そのような景色の中で、大仏様のおられる観光地奈良、という私のイメージが、歴史の流れの中の奈良、というものに移行しようとしていたことを、私はまだ少しも感じてはいませんでした。

ここで奈良の街を簡単にご紹介するのに替えて、私の大好きな、昔日の、尋常小学校国語読本「奈良」の一節を読んで頂きましょう。「七代七十余年の帝都として、咲く花のにはふが如しと誇りし奈良の都も、色移り香失せて年既に久し。然れども春日の社頭、朱の回廊山の緑にはえて、森厳自ら人の襟を正さしめ、東大寺の金堂は天空高くそびえて、五丈三尺の大仏一千二百年の面影を残せり。—(中略)—佐保・佐紀の連岡に北を限り、春日・高円の山山を東に、矢田山・生駒山を西にひかへて、東西四十町、南北四十五町、九条の条坊井然として、北に大内裏(平城宮)の宮殿を仰ぎ、朱雀の大路南に走り、南端に羅城門をふまへたる古の奈良の都は、そもそも如何に美しく、如何に盛んなりしぞ。」

当時の奈良の道路事業は、画期的な自動車専用道路“名阪国道”世にいう“千日道路”の事業を完遂した直後であり、道路の建設によって、わが国経済の復興、発展に寄与する、との誇りと自信に満ち溢れていました。その奈良が、引き続き与えられた課題は、国道24号バイパス建設と平城宮跡などの保護、当時としてはまだまだ耳あたらしい“開発と遺跡保護”の大テーマであったのです。

この問題は、平城宮跡は、千年来信じられていた正方形ではなく、東側に張り出し部があったという、まさに大発見、これにともなうバイパスルートの変更、との経過を辿ることになりました。しかしながら、この問題に関係した数多くの人達が、開発の側、保護の側を問わず、それぞれの立場はありながらも、誠意をもってその調和・解決に努力し、一つの結論に達し得たことは、前例をみない大きな成果であったと考えるものであります。

この中で、私たちは多くのことを学びました。その一つは、社会の価値観の変化は至って急速であること。その一つは、適切な開発を行うためには、開発に関する知識以上に、周辺の広い範囲の知識(この場合は、歴史学、考古学など)が必要不可欠であること、などなどであります。

個人の話に戻りますが、必要に迫られて、私は歴史の世界を垣間見ることになりました。幸いにして、私の学んだ旧制高等学校は、哲学的思考や文学的思考を尊重する雰囲気であったこと、私自身が理系でありながら、英・数苦手、国・漢得手、であったことなどが、この分野への、やや趣味的な入門を比較的容易にしたように思われます。古典を読み、史蹟を巡り、詩歌を口にすることが、技術に打ち込むこととはまた別の喜びとして加わりました。お蔭で、この時点後、私の土木技術者としての人生は少しずつ方向を変え出しました。まず、“開発における遺跡などへの対応”が一つのテーマになり、高齢化とともに、土木的視野に立った古代史、といったものにも、いっそう興味が増してきたように感じています。

2010年は、平城遷都1300年に当たります。奈良が都であったのは74年間ですが、ふと気が付けば、私は、それより長い80歳になっていました。その老躯を自分でいたわりながら厳冬の平城宮跡、第二次大極殿跡の壇上に立ちました。木々は大きく成長し、その上に、さきに復元された朱雀門の屋根が覗いています。近年、平城宮跡の国営公園化が図られたのも何かのご縁でありましょう。ほぼ完成し、鴟尾輝く“第一次大極殿”の前面の舗装工事には、情報化施工が導入されたと聞いています。

雲一つない快晴ではありますが、青空は少し白っぽい感じです。正午に近い太陽のもと、西には生駒山が高く、青く、東には東大寺、興福寺の堂塔の上、冬枯れ芝の若草山も美しい。その南につづいて春日、高円、さらに南の山々が薄く霞んでゆきます。真冬にしては暖かめの風が心地よい。

“倭は 国のまほろば たたなずく 青垣 山隠れる 倭しうるはし”

CMI 報告

建設材料および構造物の 性能評価 材料試験研究センター(仮称), 疲労試験研究センター(仮称)の設立

谷倉 泉・榎園 正義・渡邊 晋也

1. はじめに

最近の社会情勢を鑑みると、コンクリートから人への大合唱のもと、公共投資の多くが無駄であったかのような論調を目にすることが多い。しかし、我が国で行われた社会資本整備等の建設事業の多くが本当に無駄であったのだろうか。否、我が国は道路や橋などの社会基盤整備やものづくり技術の開発等によって工業立国を成しとげ、社会生活の向上にも大きく貢献してきているのである。

このように、昨今の鋼およびコンクリート構造物を取巻く環境は厳しいものであるが、その一方で、これらの構造物は確実に高齢化しており、コンクリート片のはく離、はく落等の変状や、これに伴う維持管理費が増加していることも現実である。このため、構造物を管理する国や地方自治体はアセットマネジメントの考え方を取入れ、中長期的展望のもとでLCCを最小にするような維持管理手法を行うようになりつつある。

このような維持管理を行っていく上で重要なことは、供用中の構造物の健全性や新たに適用する補修・補強材料等の性能を正しく評価、確認することであり、このことは耐久性だけでなく、安全性確認の意味からも欠かすことは出来ない。

近年、特に中立的な立場で材料の性能を評価したり、補修・補強による効果の確認を求められるケースが増加している。この様なニーズに応えるため、当研究所では最近新たにいくつかの試験機を導入した。本報告では、従来から保有する疲労試験機等と合わせ、これらを総合的に管理する予定で設立した2つの試験研究

センターについて紹介する。

2. 材料試験研究センター(仮称)の概要

材料試験研究センター(仮称)は、コンクリート、瀝青材料、高分子材料、鋼材等の各種材料について、強度や耐久性等の性能を評価する目的で設立した。

これまで当研究所では、現地に出向いての付着試験や中性化深さ測定等に加えて、採取したコアの強度試験や塩化物イオン含有量の分析等を行ってきた。しかしながら、近年、水や塩化物、温度などの影響による耐久性を長期に渡る試験によって評価するニーズが増えてきた。さらに、従来実施してきた実物大試験体による施工試験や強度試験だけではなく、比較的小さな荷重で性能を評価することも必要とされてきている。この様なことから、以下に紹介するような試験機を新たに導入し、各種ニーズに対応できる体制を整えているところである。導入した試験機を以下に示す。

(1) 精密万能試験機

精密万能試験機は、静的に材料試験を行う試験機である。品質管理や製品開発に必要とされるため、この試験方法は、JIS、ISO、ASTMなどで数多く規格化されている。

本試験機は、変位および荷重により制御し引張試験、圧縮試験、曲げ試験、せん断試験などを実施することが可能である。精密試験機の外観を写真—1に示す。試験機の仕様は表—1のとおりである。



写真—1 精密万能試験機

表—1 精密万能試験機の仕様

項目	仕様
形式	機械式コントロール方式
最大荷重	50 kN
最小荷重	0.05 kN
クロスヘッド速度範囲	0.0005 ～ 1000 (mm/min)
ストローク	605 mm
有効試験幅	500 mm

(2) 環境負荷試験機

(a) 複合サイクル試験機

海洋環境や凍結防止剤などの塩害環境を再現し、材料の耐塩害性などを評価することが可能である。この試験機は、塩水噴霧と乾燥などをプログラムで自在に組み合わせることが可能である。これにより、短時間で材料の耐塩害性能を評価することが可能となる。

複合サイクル試験機の外観を写真—2に示す。試験機の仕様は表—2のとおりであり、表中の3つの異なる環境で試験することが可能である。また、重量架台を組み合わせることにより、重量物（約100 kg）の耐塩害性の評価も可能である。



写真—2 複合サイクル試験機

表—2 複合サイクル試験機の仕様

項目	仕様
湿潤モード	室温～55℃, 湿度95%～100RH
塩水噴霧モード	室温～55℃, 塩水噴霧量80 cm ² あたり0.5～3.0 ml/h
乾燥モード	室温～60℃, 湿度20%～65% RH (60℃時)

(b) 湿潤試験機

湿潤試験機は、塗装鋼板試験体等を結露させ、腐食の促進により錆の発生や塗膜の膨れ・剥がれの発生状態を確認し、塗料の耐湿潤性能を評価する試験機である。本試験機は、耐荷重が10 kgまでの製品を吊下げながら、毎分1/3回転させる機構である。

湿潤試験機の外観を写真—3に示す。試験機の仕様は表—3のとおりである。



写真—3 湿潤試験機

表—3 湿潤試験機の仕様

項目	仕様
試験機内温度	50 ± 1℃
相対湿度	98% RH 以上
空気流量	湿潤箱内容積の約3倍/時
回転環の速さ	毎分1/3回転

(c) 恒温恒湿槽

目的に応じた温度、相対湿度、負荷時間を設定し、繰返し回数をプログラム設定することが可能である。この外気条件を変えることにより、外気環境による材料の劣化・変状を確認し、各種材料の耐候性を評価することが可能である。

恒温恒湿槽の外観を写真—4に示す。試験機の仕様は表—4の通りである。



写真—4 恒温恒湿槽

表—4 恒温恒湿槽の仕様

項目	仕様
試験機内温度	– 40℃ ～ 100℃
相対湿度	20 ～ 98% RH
温度上昇時間	– 40℃ ～ 100℃ (45分以内)
温度下降時間	20℃ ～ – 40℃ (50分以内)
耐荷重	400 kg

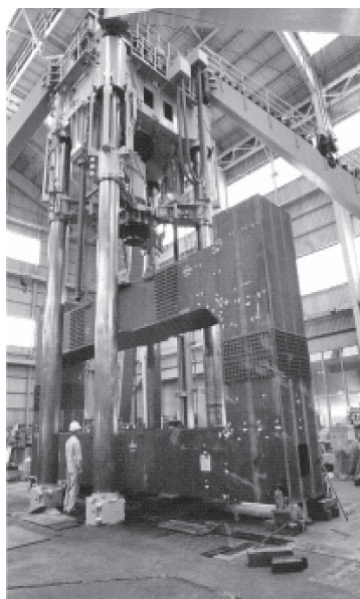
以上のような試験機を導入し、現在も各種材料の性能評価試験を実施している。これに引続き、低温から高温領域を再現できるひび割れ追従試験機（防水層の評価に用いる試験機で現在は23℃で評価する試験機を保有）、コンクリートの長さ変化率を測定するための恒温室、凍結融解試験機の導入についても検討しているところである。

3. 疲労試験研究センター（仮称）の概要

当研究所では、これまでに長大橋や高速道路に用いられる各種材料や溶接継手構造について、数多くの疲労試験を行ってきた。これらの多くは、圧縮、引張、曲げ、2方向載荷（鉛直、水平）等によるものであったが、最近では自動車の交通荷重を模擬した屋外輪荷重疲労試験機を2機導入した。これを機に、各種疲労試験機（Pmax:4000 kN, 200 kN, 100 kN）と合わせて、構造物の強度や耐久性を評価していく疲労試験研究センターを設立し、総合的な観点から試験の実施、評価、とりまとめまでを行っていく体制とした。以下に主な試験機を紹介する。

（1）大型疲労試験機

大型疲労試験機は、長大橋等で使用されるハンガーロープ、平行線ケーブルストランド、板厚100 mmまでの各種鋼材および溶接継手、実物大構造物などの疲労試験が可能である。また、各種の大型試験体を用いた構造物載荷試験も実施している。大型疲労試験機の外観を写真—5に示す。試験機の仕様は表—5のとおりである。



写真—5 大型疲労試験機

表—5 大型疲労試験機の仕様

項目	仕様
形式	油圧サーボコントロール方式
静的最大荷重	± 6000 kN
動的最大荷重	4000 kN
ストローク	150 mm
繰返し速度	0～500 回／分(振幅5 mm で 200 回／分)
試験体の最大寸法	板材：板厚 100 mm × 幅 300 mm
	チャック間距離：3010 mm
	曲げ試験：幅 2.5 m × 長さ 20 m

（2）200 kN および 100 kN 疲労試験機

この疲労試験機は、移設が可能な汎用、多目的の試験装置である。これまでの試験事例としては、曲げ疲労治具を組合わせて行った橋梁用ケーブルの曲げ疲労試験や、吹付けコンクリートの振動下での施工実験、橋梁に付設される照明柱等の各種付属物の疲労試験等がある。200 kN および 100 kN 疲労試験機それぞれの外観を写真—6, 7に示す。試験機の仕様は表—6, 7のとおりである。



写真—6 200 kN 疲労試験機



写真—7 100 kN 疲労試験機

表—6 200 kN 疲労試験機の仕様

項目	仕様
形式	油圧サーボコントロール方式
静的最大荷重	± 250 kN
動的最大荷重	± 200 kN
ストローク	250 mm
繰返し速度	0～660 回／分(振幅5 mm で 300 回／分)
試験体の最大寸法	幅 1 m × 長さ 10 m

表一 7 100 kN 疲労試験機の仕様

項目	仕様
形式	油圧サーボコントロール方式
静的最大荷重	± 125 kN
動的最大荷重	± 100 kN
ストローク	200 mm
繰返し速度	0 ~ 1800 回/分(振幅 1 mm で 600 回/分)
試験体の最大寸法	幅 2 m × 長さ 4 m

(3) 屋外輪荷重疲労試験機

屋外輪荷重疲労試験機は、実際の大型トラックが繰返し走行する状態を、気象条件の変化を含めて屋外の自然状態で再現し、実物大の鋼床版等の疲労試験を行うものである。

試験機の外観を写真一 8, 9 に示す。各試験機の仕様は表一 8, 9 のとおりである。最近、新設した 2 号機は載荷荷重を下げ、移動速度を速めたもので、両機とも数ヶ月に及ぶ昼夜間連続の自動運転が可能という特徴を有する。



写真一 8 屋外輪荷重疲労試験機 < 1 号機 >



写真一 9 屋外輪荷重疲労試験機 < 2 号機 >

表一 8 屋外輪荷重疲労試験機 < 1 号機 > の仕様

項目	仕様
形式	電動ウィンチ駆動方式
載荷台車重量	28 トン (軸重 14 トン × 2 軸)
移動距離	無段階可変式 (最大 20 m)
移動速度	毎分 5 往復 (移動距離 3 m 時)
タイヤサイズ	295/80R22.5
試験体の最大寸法	幅 10 m × 長さ 20 m

表一 9 屋外輪荷重疲労試験機 < 2 号機 > の仕様

項目	仕様
形式	電動ウィンチ駆動方式
載荷台車重量	最大 14 トン (軸重 7 トン × 2 軸)
移動距離	無段階可変式 (最大 10 m)
移動速度	毎分 7 往復 (移動距離 3 m 時)
タイヤサイズ	11R22.5 16PR
試験体の最大寸法	幅 8 m × 長さ 15 m

4. おわりに

施工技術総合研究所では、ここで紹介した試験機以外にも特色のある多くの試験機を保有し、各種建設材料や構造物についての試験を通して、その評価を行っている。

今後も社会のニーズを踏まえて試験設備の充実を図るとともに、中立公正な立場から性能を評価し、実際の現場で求められる材料や技術の研究、開発に貢献していきたいと考えている。

J C M A

[筆者紹介]

谷倉 泉 (たにくら いずみ)
 (株)日本建設機械化協会
 施工技術総合研究所
 研究第二部 部長



榎園 正義 (えのきぞの まさよし)
 (株)日本建設機械化協会
 施工技術総合研究所
 研究第二部 研究課長



渡邊 晋也 (わたなべ しんや)
 (株)日本建設機械化協会
 施工技術総合研究所
 研究第二部 研究員

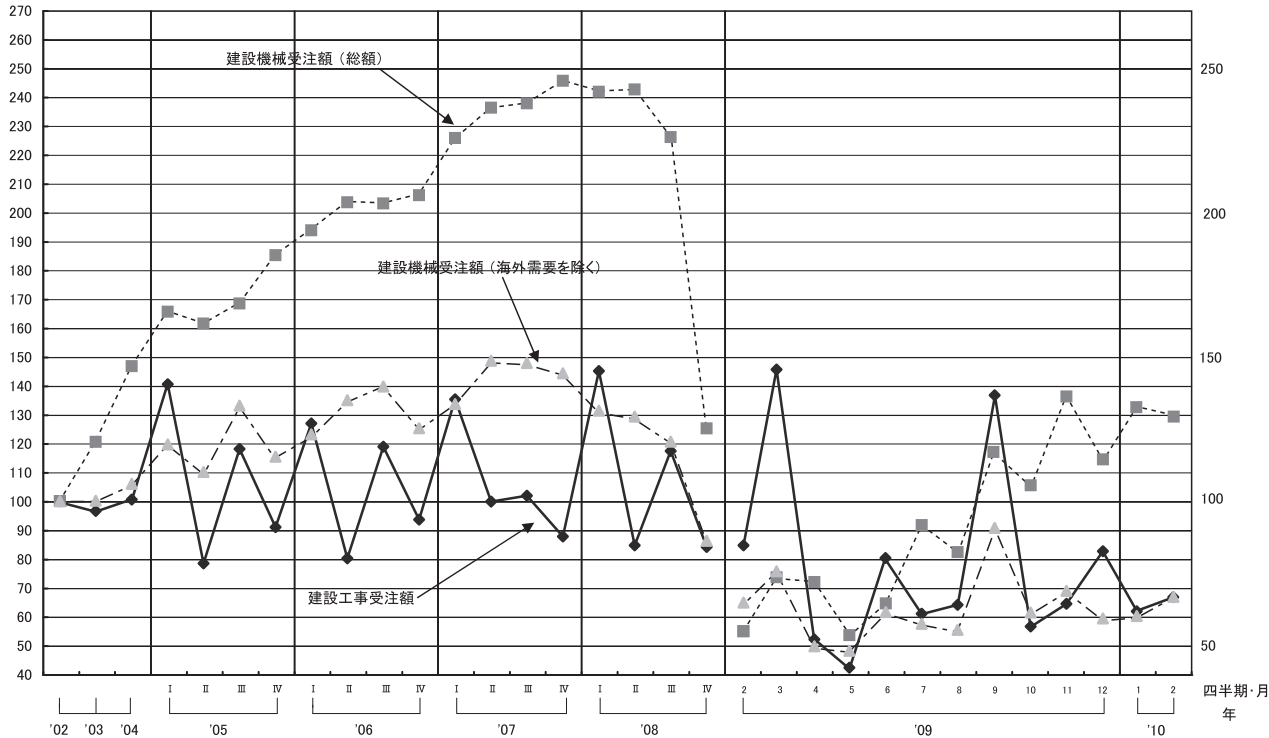


建設工事受注額・建設機械受注額の推移

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 2002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 2002年平均=100)

受注額

受注額



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								
2002 年	129,862	80,979	11,010	69,970	36,773	5,468	6,641	86,797	43,064	146,863	145,881	
2003 年	125,436	83,651	12,212	71,441	30,637	5,123	5,935	86,480	38,865	134,414	133,522	
2004 年	130,611	92,008	17,150	74,858	27,469	5,223	5,911	93,306	37,305	133,279	131,313	
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	129,919	142,289	
2009 年	2 月	9,168	5,968	1,269	4,699	2,476	472	251	5,765	3,402	123,985	11,178
	3 月	15,863	8,455	1,563	6,892	6,394	652	362	9,160	6,703	121,164	17,732
	4 月	5,628	4,201	932	3,269	856	454	117	3,619	2,009	115,323	12,276
	5 月	4,548	3,120	783	2,337	815	429	185	2,703	1,845	112,001	8,611
	6 月	8,697	5,501	979	4,522	1,788	463	946	6,332	2,365	110,113	11,237
	7 月	6,609	4,488	1,409	3,079	1,549	407	165	4,496	2,112	111,954	7,569
	8 月	6,943	4,741	1,132	3,609	1,285	455	462	4,714	2,230	109,318	8,933
	9 月	14,865	11,062	1,141	9,921	2,548	742	512	11,078	3,787	112,322	11,689
	10 月	6,216	3,794	610	3,183	1,827	387	208	3,604	2,611	111,239	7,536
	11 月	7,087	4,519	648	3,872	1,610	560	398	4,605	2,483	109,818	8,560
	12 月	8,994	6,135	1,229	4,906	1,744	448	667	6,353	2,642	103,956	14,218
	2010 年	1 月	6,699	4,533	530	4,003	1,420	412	335	4,517	2,182	106,884
2 月		7,303	4,761	778	3,983	2,160	466	- 83	4,663	2,640	—	—

建 設 機 械 受 注 実 績

(単位：億円)

年 月	02 年	03 年	04 年	05 年	06 年	07 年	08 年	09 年 2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月	10 年 1 月	2 月
総 額	8,667	10,444	12,712	14,749	17,465	20,478	18,099	397	528	515	386	464	663	594	850	767	991	831	962	934
海 外 需 要	4,301	6,071	8,084	9,530	11,756	14,209	12,996	161	258	333	210	239	452	391	518	543	738	616	743	687
海外需要を除く	4,365	4,373	4,628	5,219	5,709	6,268	5,103	236	270	182	176	225	211	203	332	224	253	215	219	247

(注) 2002～2004 年は年平均で、2005～2008 年は四半期ごとの平均値で図示した。

2009 年 2 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…

(2010年3月1日～31日)

■ 機 械 部 会

■油脂技術委員会・油脂規格普及促進分科会・燃料エンジン油分科会・合同会議

月 日：3月1日(月)

出席者：杉山玄六委員長、長尾正人分科会長、吉田史朗分科会長ほか6名

議 題：①平成21年度活動報告と平成22年度活動計画について ②油脂規格普及促進分科会活動について ③燃料エンジン油分科会活動について ④その他

■トンネル機械技術委員会・掘削ずり有効利用分科会

月 日：3月2日(火)

出席者：川本伸司分科会長ほか6名

議 題：①報告書まとめについての検討 ②その他

■路盤・舗装機械技術委員会・幹事会

月 日：3月9日(火)

出席者：渡邊充委員長ほか9名

議 題：①平成21年度活動実績について ②平成22年度活動計画について ③中期事業計画(平成19～21年度)の結果と次期中期事業計画(平成22～24年度)について ④その他

■路盤・舗装技術委員会・舗装機械変遷分科会

月 日：3月9日(火)

出席者：戸川裕文分科会長ほか11名

議 題：①アスファルトフィニッシャの変遷(11章～おわりに)についての校正 ②その他

■除雪機械技術委員会・幹事会

月 日：3月9日(火)

出席者：江本平幹事長ほか13名

議 題：①平成21年度活動結果と平成22年度活動計画について ②ホームページの作成について ③ロータリー除雪車性能試験方法の改訂について ④除雪ドーザ規格の見直しについて ⑤除雪機械のオプション使用法について ⑥その他

■クリーンエネルギー建機燃費測定標準作成WG・建機工省エネ特別幹事会・学識経験者への合同説明会

月 日：3月9日(火)

出席者：此村靖リーダーほか11名

議 題：①土工機械－エネルギー消費改善の確認試験方式－油圧ショベル

JCMAS H020(2010)案の説明報告

②助言および意見交換

■原動機技術委員会・建機工排ガス規制対応G・車載型排気ガス測定装置計測見学会

月 日：3月11日(木)

出席者：有福孝智委員長ほか20名

議 題：①油圧ショベルを用いたセンサーズ社製車載型排気ガス計測装置の測定テスト見学 ②施工技術総合研究所の施設見学 ③質疑応答

■自走式建設リサイクル機械分科会

月 日：3月15日(月)

出席者：佐藤文夫委員長ほか2名

議 題：①木材破砕機C規格JIS原案の付属書B重大な危険源リストの最終確認 ②引用JISの最終確認 ③引用図の最終確認 ④その他

■ショベル技術委員会

月 日：3月17日(水)

出席者：尾上裕委員長ほか6名

議 題：①2月25日の機械部会幹事会の報告 ②クリーンエネルギー建機燃費測定WGの進捗について ③JISA 83404-4 付属書Cの見直し最終確認 ④JISA 83404-1 付属書へのキャブ無し油圧ショベルの規定追加の確認 ⑤その他

■クリーンエネルギー建機燃費測定標準作成WG

月 日：3月18日(木)

出席者：此村靖リーダーほか7名

議 題：①3月10日の国内標準委員会の報告 ②土工機械－エネルギー消費改善の確認試験方式－油圧ショベル JCMAS H020 案の最終確認 ③解説、付属書の吟味

■トンネル機械技術委員会 幹事会

月 日：3月19日(金)

出席者：篠原慶二委員長ほか5名

議 題：①平成22年度活動計画の説明 ②平成22年度全体委員会の開催について ③見学会候補の調査について ④その他

■トンネル機械技術委員会・シールドマシン等安全技術調査分科会

月 日：3月23日(火)

出席者：高村勝之進分科会長ほか3名

議 題：①報告書の最終版についての審議 ②その他

■トンネル機械技術委員会・山岳品質・安全確保分科会

月 日：3月25日(木)

出席者：坂下誠分科会長ほか8名

議 題：①委員の交替について ②追加作成資料の検討 ③その他

■ 製 造 業 部 会

■幹事会

月 日：3月2日(火)

出席者：溝口孝遠幹事長ほか6名

議 題：①平成21年度活動結果と平成22年度の活動計画について ②中期事業計画(平成19～21年度)の活動結果と次期中期計画(平成22～24年度)の活動計画について ③次期排気ガス規制の状況について ④国交省の低燃費型建機指定制度検討と作業燃費検討会の状況について ⑤その他

■マテリアルハンドリングWG

月 日：3月16日(火)

出席者：生田正治主査ほか7名

議 題：①販売店等への通達文の最終確認 ②厚生労働省との打合せとその後の対応 ③平成22年度の活動について ④その他

■作業燃費検討WG・国交省打合

月 日：3月16日(火)

出席者：田中利昌リーダーほか8名

議 題：①低燃費型建設機械の基準値と目標値について ②低燃費型建設機械の普及に向けた基準値の使い方について ③検討課題と検討スケジュールについて ④その他

■作業燃費検討WG・国交省打合

月 日：3月26日(金)

出席者：田中利昌リーダーほか6名

議 題：①低燃費型建設機械のCO₂排出量の算出方法と低減評価について ②国交省の低炭素型建設機械の認定規定(案)について ③その他

■ 建 設 業 部 会

■幹事会

月 日：3月4日(木)

出席者：坪田章部会長ほか14名

議 題：①当期中期事業取組結果 ②次期中期事業計画 ③当年度事業報告 ④次年度事業計画 ⑤次年度以降建設業部会三役輪番制について ⑥その他

■建設業部会

月 日：3月16日(火)

出席者：坪田章部会長ほか27名

議 題：①当期中期事業取組結果 ②次期中期事業計画 ③当年度事業報告 ④次年度事業計画 ⑤次年度以降建設業部会三役輪番制について ⑥その他

■建設機械事故防止推進分科会

月 日：3月24日(水)

出席者：立石洋二分科会長ほか11名

議 題：①安全情報技術小会議の活動報告 ②公開情報に関する検討 ③その他

■ レンタル業部会

■ レンタル業部会

月 日：3月23日（火）
出席者：外村圭弘部会長ほか8名
議 題：①当期中期事業取組結果 ②次期中期事業計画 ③当年度事業報告 ④次年度事業計画 ⑤コンプライアンス分科会の活動について ⑥その他

■ CP 車総合改善委員会

■ 第一分科会

月 日：3月10日（水）
出席者：宇治公隆分科会長ほか7名
議 題：①第一分科会報告書取りまとめ ②その他

■ 各種委員会等

■ 機関誌編集委員会

月 日：3月3日（水）
出席者：太田宏委員長代行ほか22名
議 題：①平成22年6月号（第724号）の計画の審議・検討 ②平成22年7月号（第725号）の素案の審議・検討 ③平成22年8月号（第726号）の編集方針の審議・検討 ④平成22年3～5月号（第721～723号）の進捗状況の報告・確認

■ 新機種調査分科会

月 日：3月23日（火）
出席者：渡部務分科会長ほか6名
議 題：①新機種情報の検討・選定

…支部行事一覧…

■ 北海道支部

■ 広報部会

月 日：3月9日（火）
場 所：(社)日本建設機械化協会北海道支部
出席者：杉岡博史部会長ほか6名
内 容：①平成21年度の事業報告について ②支部だより100号の発行について ③平成22年度の事業計画について ④支部講演会について

■ 調査部会

月 日：3月10日（水）

場 所：(社)日本建設機械化協会北海道支部

出席者：吉田紘一部会長ほか7名
内 容：①平成21年度の事業報告について ②平成22年度の事業計画について

■ 技術部会

月 日：3月11日（木）
場 所：(社)日本建設機械化協会北海道支部
出席者：服部健作部会長ほか9名
内 容：①平成21年度の事業報告について ②平成22年度の事業計画について

■ 土木機械設備に関する北海道開発局との意見交換会（第2回）

月 日：3月30日（火）
場 所：札幌第1合同庁舎 10階 4号会議室
出席者：山田義弘技術部会副部会長ほか16名
内 容：①平成22年度向け土木機械設備工事の不調不落対策について ②総価契約単価合意方式について ③その他

■ 東北支部

■ 広報部会

月 日：3月8日（月）
場 所：東北支部会議室
出席者：阿部新治部会長ほか2名
内 容：広報誌「支部たより159号」編集方針の策定

■ 企画部会

月 日：3月12日（金）
場 所：東北支部会議室
出席者：菅原次郎部会長ほか5名
内 容：①平成21年度事業報告のとりまとめ ②平成22年度の事業計画について

■ 施工部会

「ゆきみらい2010 in 青森」除雪機械展示・実演会
月 日：3月19日（金）
場 所：本部 A 会議室
出席者：辻 靖三会長ほか10名
内 容：平成21年度除雪機械展示・実演会報告会

■ 企画部会

月 日：3月29日（月）
場 所：東北支部会議室
出席者：菅原次郎部会長ほか5名
内 容：平成22年度の東北支部事業体制について

■ 北 陸 支 部

■ 北陸情報化施工研究会

月 日：3月4日（木）
場 所：北陸地方整備局会議室
参加者：三日月晋一事務局長
議 題：北陸情報化施工研究会の事例研究と情報化施工推進の課題と対応について

■ 北陸情報化施工研究会現場見学会

月 日：3月10日（水）
場 所：日沿道村上 IC
参加者：穂刈正昭企画部会長ほか2名
内 容：トータルステーション出来形管理デモンストレーション

■ 広報委員会

月 日：3月15日（月）
場 所：北陸支部事務局
出席者：上杉修二広報委員長ほか7名
議 題：北陸支部機関誌の編集・発刊について

■ 中 部 支 部

■ 調査部会

月 日：3月3日（水）
出席者：山本芳治部会長ほか10名
議 題：「平成22年度建設事業説明会」の開催について

■ 「建設技術フェア2010 in 中部」実行委員会に出席

月 日：3月4日（木）
出席者：五嶋政美事務局代理出席
議 題：「建設技術フェア2010 in 中部」の開催に向けて

■ 関 西 支 部

■ 高所作業車事故対策協議会

月 日：3月18日（木）
場 所：西日本高速道路(株) 本社会議室
出席者：JCMA 関西支部から4名
議 題：①高所作業車の事故事例と対策について ②(社)日本建設機械化協会安全部会の報告 ③現況の高所作業車の安全対策について ④高所作業車の工事中の事故防止について意見交換

■ 建設用電気設備特別専門委員会（第363回）

月 日：3月26日（金）
場 所：中央電気倶楽部 315 会議室
議 題：①前回議事録読会 ②「JEM-TR121 建設用負荷設備機器点検保守のチェックリスト」の見直し検討 ③「JEM-TR104 建設工事用受配電

設備点検保守のチェックリスト」の見直し検討

■ 中国支部

■企画部会

月 日：3月17日（水）

場 所：中国支部事務所

出席者：高倉寅喜部会長ほか5名

議 題：①情報伝達訓練の具体的な進め方について ②平成22年度の事業実施について

■第3回施工技術部会

月 日：3月18日（木）

場 所：中国支部事務所

出席者：西本富志章副部会長ほか7名

議 題：①支部中期事業計画（平成22～24年）及び平成22年事業計画（案）について ②新公益法人制度への移行について ③情報伝達訓練の実施につ

いて ④情報化施工講習会の企画及び実施計画について

■第6回広報部会

月 日：3月23日（火）

場 所：中国支部事務所

出席者：小石川武則部会長ほか8名

議 題：①支部中期事業計画（平成22～24年）及び平成22年事業計画（案）について ②新公益法人制度への移行について ③広報誌「CMnavi」No.30（SUM）の編集及び発行について ④支部ホームページの改良及び有効利用について ⑤技術資料等の会員への公開・閲覧とその方法等について ⑥そのほか懸案事項

■ 四国支部

■支部長・副支部長等会議の開催

月 日：3月15日（月）

場 所：有限会社 香松

出席者：望月秋利支部長ほか3名

議 題：①新公益法人制度への移行に関する件 ②支部役員の改選に関する件 ③平成22年度収支予算（案）に関する件 ④総会、運営委員会の開催要領に関する件 ⑤その他

■ 九州支部

■企画委員会

月 日：3月24日（水）

出席者：久保田正春整備部会長ほか7名

議 題：①平成21年事業報告及び決算報告について ②平成22年事業計画及び収支予算について ③功労者表彰について ④新公益法人制度等本部対応について ⑤災害協定体制等見直しについて

■「建設の施工企画」投稿のご案内■

—社団法人日本建設機械化協会「建設の施工企画」編集委員会事務局—

会員の皆様のご支援を得て当協会機関誌「建設の施工企画」の編集委員会では新しい編集企画の検討を重ねております。その一環として本誌会員の皆様からの自由投稿を頂く事となり「投稿要領」を策定しましたので、ご案内をいたします。

当機関誌は2004年6月号から誌名を変更後、毎月特集号を編成しています。建設ロボット、建設IT、各工種（シールド・トンネル・ダム・橋等）の機械施工、安全対策、災害・復旧、環境対策、レンタル業、リニューアル・リユース、海外建設機械施工、などを計画しております。こうした企画を通じて建設産業と建設施工・建設機械を取り巻く時代の要請を誌面に反映させようと

考えています。

誌面構成は編集委員会で企画いたしますが、更に会員の皆様からの特集テーマをはじめ様々なテーマについて積極的な投稿により機関誌が施工技術・建設機械に関わる産学官の活気あるフォーラムとなることを期待しております。

（1）投稿の資格と原稿の種類：

本協会の会員であることが原則ですが、本協会の活動に適した内容であれば委員会で検討いたします。投稿論文は「報文」と「読者の声」（ご自由な意見、感想など）の2種類があります。

投稿される場合はタイトルとアブストラ

クトを提出頂きます。編集委員会で査読し採択の結果をお知らせします。

（2）詳 細：

投稿要領を作成してありますので必要の方は電子メール、電話でご連絡願います。またJCMA ホームページにも掲載してあります。テーマ、原稿の書き方等、投稿に関わる不明な点のご遠慮なく下記迄お問い合わせ下さい。

社団法人日本建設機械化協会「建設の施工企画」編集委員会事務局

Tel：03(3433)1501, Fax：03(3432)0289,

e-mail：suzuki@jcmanet.or.jp

編集後記

5月号は「コンクリート」特集ということで、目的により様々な機能を要求されるコンクリート構造物の品質を確実に確保するための施工方法・施工機械等について、骨材生産プラント、コンクリート製造プラント、配合、運搬、打設、型枠、養生、検査、品質管理手法など、様々な視点から最近の施工事例及び研究事例を紹介させていただきました。

巻頭言には、小澤満津雄先生に「コンクリートに愛情を」というテーマで執筆いただきました。この中にあるように、現在の政権与党民主党は「コンクリートから人へ」というキャッチコピーを掲げスタートし、大規模公共工事の事業見直しにより、施工が停止となった構築中のコンクリート構造物の映像が連日マスコミに取り上げられたことは記憶に新しい所です。

そもそもコンクリートは、強度と価格の面や施工の安易さから、一般に最も広範に使用されている建築資

材の一つであり、建築物、道路、ダム、高架橋、トンネル、港湾設備と用途は幅広く古くから用いられているもので、我々の生活になくてはならないものです。

このように我々の生活に古くから密着し歴史のあるコンクリートですが、今の時代に対応し、各工程において日々様々な研究がなされ、高い品質を確保することはもちろん、環境に優しく、低コストなものが探求されていることを、今回編集委員として担当させていただき改めて実感しました。

新規構造物はもちろん、高度経済成長期に大量に建設された構造物の更新など、これからもこれら最新の技術が活躍する場が増えることは間違いありません。

年度末のお忙しい時期にお願いしたにもかかわらず、執筆者の方々には快く原稿執筆を引き受けていただき非常に感謝しております。誌面をお借りして改めて厚く御礼を申し上げます。

(石戸谷・中村)

6月号「建設施工の環境対策」予告

- ・ディーゼル特定特殊自動車の排出ガス規制の強化
- 「特定特殊自動車排出ガスの規制等に関する法律施行規則」等の一部改正
- ・排出ガス対策型建設機械指定制度と直轄工事における燃料対策
- ・エレベーターシャフトのアスベスト除去システム「エレベーストカット工法」
- 専用仮設ゴンドラと自動負圧制御装置の開発
- ・砂圧入式静的締固め工法 SAVE-SP (Silent, Advanced Vibration-Erasing - Sand Press) 工法
- ・ANCを用いた建設機械騒音の低減 TANC (タンク)
- ・大穴張トンネルにおける換気計画 2重エアーカーテン装置による集塵効率の向上
- ・高濃度ダイオキシン類汚染物(廃棄物・土壌)の現地無害化処理
- ・PCB汚染土壌の拠点浄化施設「ジオスチーム法」での汚染土壌処理
- ・CSG工法による環境負荷の低減と自走式土質改良機の適用
- ・自走式土質改良機
- ・環境負荷低減を目指した油圧ショベルの開発

機関誌編集委員会

編集顧問

浅井新一郎	今岡 亮司
上東 公民	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	田中 康順
塚原 重美	寺島 旭
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

岡崎 治義 (株)東京建設コンサルタント

編集委員長代行

太田 宏 三井造船(株)

オブザーバ

山下 尚 国土交通省

編集委員

山田 淳	農林水産省
松岡 賢作	(独)鉄道・運輸機構
圓尾 篤広	(株)高速道路総合技術研究所
石戸谷 淳	首都高速道路(株)
高津 知司	本州四国連絡高速道路(株)
松本 久	(独)水資源機構
松本 敏雄	鹿島建設(株)
和田 一知	(株)KCM
安川 良博	(株)熊谷組
渥美 豊	コベルコ建機(株)
富樫 良一	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)
星野 春夫	(株)竹中工務店
泉 信也	東亜建設工業(株)
斉藤 徹	(株)NIPPO
高木 幸雄	日本道路(株)
堀田 正典	日立建機(株)
岡本 直樹	山崎建設(株)
中村 優一	(株)奥村組
石倉 武久	住友建機(株)
京免 継彦	佐藤工業(株)
鎌田 裕一	五洋建設(株)
藤島 崇	施工技術総合研究所

No.723「建設の施工企画」 2010年5月号

〔定価〕1部840円(本体800円)

年間購読料9,000円

平成22年5月20日印刷

平成22年5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 社団法人 日本建設機械化協会

〒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〒460-0008 名古屋市中区栄4-3-26	電話 (052) 241-2394
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

KOBELCO

さすがコベルコ!

選択される「商品」「社員」「会社」へ

“さすが”を
証明



後方超小旋回の小・中型機には

通常形の中・大型機には

極低騒音 低燃費

超低騒音基準より -5dB (SK70SRは -0dB)

当社従来機より $-18\sim 20\%$

SK70SR SK125SR
SK135SR [LC] SK225SR
SK235SR [LC]

SK200 SK210LC SK250
SK260LC SK330 SK350LC
SK460 SK480LC

※燃費は同等作業土量で比較

ACERA アセラ・ジオスペック
GEOSPEC

フルラインナップ完成!



全機種
オフロード法適合

コベルコ建機株式会社 <http://www.kobelco-kenki.co.jp>

東京本社/〒141-8626 東京都品川区東五反田2-17-1 ☎03-5789-2111

多様な現場環境に柔軟に対応する技術とパワー。
 進化を続ける三笠が確かな未来を約束します。



バイブレーションローラー
MRH-600DSA



高周波バイブレーター
FX-40RB/FU-161



コンクリートカッター
MCD-216VDXS



パイプロコンパクター
MVH-306DS



タンピングランマー
MT-55L

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)
 ●営業所：札幌／仙台／関越／長野／静岡 ●出張所：山梨

三笠建設機械株式会社

本社／〒550-0012 大阪市西区立売堀3-3-10 TEL：06-6541-9631 (代)
 ●営業所：中部／金沢／中国／九州 ●出張所：鹿児島／沖縄／四国

木質粉碎の処理機械・廃棄物の高速選別機械は マルマにおまかせください。

粉碎機械

特 長

- ◎抜群の生産量
- ◎均一チップの生産
- ◎独自のドラムカッターによる大幅コスト低減
- ◎自動負荷制御
- ◎ヘビーデューティ
- ◎コンパクト設計
- ◎安定した機動性
- ◎移動しながらの高効率粉碎
- ◎チップ飛散極小

木材・巨根の粉碎

自走式大型木質系粉碎処理機（タブグラインダー）



長材・家屋廃材の粉碎

横投入式木質系粉碎処理機（ホリソナルグラインダー）



自走式混合廃棄物高速選別機

特 長

- ◎大量選別
- ◎星型ブレード
- ◎過負荷防止機能
- ◎残土、混廃、チップ等選別可能
- ◎コンパクト設計
- ◎材料を跳ね上げて選別
- ◎優れた輸送性

木材チップの選別

モービル・スタースクリーン



混合廃棄物の選別

モービル・スタースクリーン



日本輸入総代理店



マルマテクニカ株式会社

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
営業部 TEL 042 (751) 3091 FAX 042 (756) 4389

東京事業部 東京都世田谷区桜丘1丁目2番22号 〒156-0054
TEL 03 (3429) 2141 FAX 03 (3420) 3336

名古屋事業所 愛知県小牧市小針2丁目18番地 〒485-0037
TEL 0568 (77) 3311 FAX 0568 (77) 3719

URL <http://www.maruma.co.jp>

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/カスタマーサービス
中部支店
西部支店
三重工場

〒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
〒514-0396 三重県津市雲出鋼管町6番地2
〒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
〒514-0396 三重県津市雲出鋼管町6番地2

TEL. 03-5733-9443
TEL. 059-234-4139
TEL. 092-411-4998
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・直接修理を实践中！

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 サテラ 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
ポーバ 防爆形無線機

- ◆ 業界随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

スリムケーブルレス

より安価なオーダー対応を実現！

微弱電波・特定小電力
両モデル対応 N/U/Gシリーズ
フルオーダー対応で
最大32点まで対応可！
2段階スイッチ
装着可能
●スリムなボディ…従来品(TX-5600)との体積比約88%
●自由度の高い操作スイッチ配置など、多様なオーダー対応性
●優れた耐塵・防雨性能…送信機はIP65相当
●衝撃に強い新ブラケースを採用
●自社開発！新生2段階スイッチで高い耐久性
●パネルゴムに突起部を追加、操作感を向上(標準釦位置のみ)
●見易くなった□電池残量告知ランプ付

標準型
RC-5708N

- 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

標準型
RC-5712N

- 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

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24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)

微弱電波・特定小電力
両モデル対応 N/U/Gシリーズ
2段階押し・特殊
スイッチ装着可能
標準型
RC-8516N
セットで
23.1万円
タフ
頑強 ケーブルレス
強くて大きい最強ハンディ機登場！
無理難題を一刀両断!!
●16操作16リレー、
最大32リレーまで対応可能
●堅牢なボディ、耐衝撃性能が向上
●ハンディなのに特殊スイッチ
(キノコ形スイッチ、キースイッチ等)装着可能
●防雨・防塵性能強化、送信機はIP65相当
●裏側スイッチ
特殊スイッチ
装着例
防爆形はTX-8400型送信機で対応(Nシリーズのみ)

マイティサテラ

N/U/Gシリーズ
防爆形 対応可能(Nシリーズのみ)

微弱電波・特定小電力
両モデル対応
●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)
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
新型
ジョイスティック
採用

チップケーブルレス

コンパクトという選択肢!!
～機能を絞ると、こんなに小さくなりました～

微弱電波モデル
対応 Nシリーズ
標準型
RC-3208N
●8操作
8リレー
セットで
12.6万円
●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!
●電動トリロ付きチェーンブロックの無線化に最適!
●操作距離30m程度の微弱電波専用機!
●アルカリ乾電池なら60時間以上の連続使用可能!
●高い防水性能…送信機はIP65
●従来機と信号互換あり!受信機は既設のみで送信機のみ取替可

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!
●3操作3リレー
最大5リレーまで対応可能
●2段階押しスイッチ追加可能!(オプション)
標準型
RC-4303N/R
セットで
10.5万円
テラハには
ゼロ線電源*と
おんぶ/だっこ金具*で
電気配線不要・取付簡単!
(*オプション)
取付例

リソーサー 離操作

Nシリーズ
Uシリーズ
価格もサイズも
ハンディー並み!

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□電池残量告知ランプ付
軽量コンパクト
ショルダータイプ
セットで
23.1万円

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
送信機
(外部接点入力型)
7100型
6300型
5700型
3200型
受信機
標準型
RC-4303N/R
セットで
10.5万円
●機器間の信号伝送に!
●多芯の有線配線の代わりに!
標準型 セットで
TC-1305R 21.525万円
TC-1308N(微弱電波) 23.1万円
写真は
Uシリーズ

MAXサテラ

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
全押しボタン
装着タイプ
RC-9300U
●多機能多操作
(比例制御対応も可)
金属シャシの
多操作・特注仕様専用機!!
セットで
99.75万円
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
アンテナ等の
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、
携帯電話へもOK!
●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

ベ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/

東日本地区販売代理店/技術拠点
FAX 042-492-0411
東海地区販売代理店/技術拠点
FAX 0562-46-1908
大阪地区販売代理店
FAX 06-6393-5632

株式会社 広進
TEL 042-492-0410
(有)キノシタ・E・システムズ
TEL 0562-46-1905
中川システム
TEL 06-6393-5635

KOMATSU

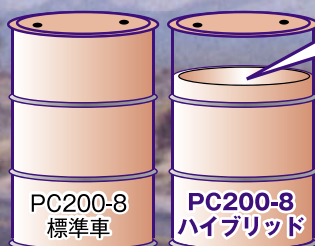
Hybrid

燃費低減 **25%** を実現中！

もう！現場標準です

ハイブリッド
続々稼働中

現場 日本全国津々浦々
工期 2008年6月～
施工者 全国のお客様



通常機比 燃料消費量(市場平均試算※)

25%低減

※建設機械の平均的使われ方から算出した社内基準より試算

PC200 ハイブリッドは、旋回エネルギー回生するので、旋回時の負荷・旋回角度・旋回の頻度によって燃費低減効果が異なります。旋回角度が大きい作業においては25%以上の低減効果を得ることも可能です。お客様テストにおける実測データでは**最大41%**もの低減を実現した例もあります。

'08年6月の30台限定発売後、すでに稼働8500時間を超えるものも出ており、その高い信頼性のもと、燃料消費量とCO₂排出量を削減し続けます。

CO₂排出量も
25%削減

CO₂排出量の削減

PC200ハイブリッドによる標準機との1年間のCO₂排出量の削減量は…



杉の木 **748本**が
1年間に吸収する
CO₂量に相当

●年間1000時間稼働とし、杉の木1本(杉の木は50年杉、高さ20～30m)当たり1年間に平均約14kgのCO₂を吸収するものとして換算

世界初※

※市販車
**ハイブリッド建設機械
PC200 Hybrid**

ハイブリッドの詳細▶

<http://www.komatsu.co.jp/hybrid/top.html>

KOMATSU

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>

