

建設の施工企画 9

2012 SEPTEMBER No.751



高知県室戸岬西方沖GPS津波計

防災, 安全を確保する社会基盤整備 特集

- 東北地方太平洋沖地震を踏まえた津波警報の改善
- 断層用鋼管の開発
- 耐震補強等に用いるあと施工型せん断補強技術
- 杭頭と構造物底盤を絶縁・分離する杭頭絶縁免震工法の開発
- 地盤の不飽和化による液状化対策技術
- 地下鉄道の火災と排煙対策
- 250,000kL LNG地下タンク建設に向けた取り組み
- 高知県における堤防の耐震・津波対策
- 上層階先行供用開始後の下部免震化工事
- GPS津波計測システム
- ダム貯水池内における地すべり対策工事

一般社団法人 日本建設機械施工協会
(平成24年4月1日 団体名称を変更致しました)

平成24年度 建設施工と建設機械シンポジウム 参加のご案内

会 期：平成24年11月 7日(水)～11月 8日(木) (2日間)

会 場：機械振興会館 地下3階研修一、2号室、B3-2会議室及び地下2階ホール
(東京都港区芝公園3-5-8)

特別講演：「東日本大震災からの復旧、復興への取り組みについてーインフラ整備の視点から見た復旧、復興ー」
復興庁 参事官 尾澤 卓思 様

パネルディスカッション：

「岐路に立つ無人化施工」

○コーディネーター：立命館大学理工学部 教授 建山 和由 氏

○パネラー：芝浦工業大学工学部教授 油田 信一 氏、一般財団法人砂防・地すべり技術センター
企画部長 田村 圭司 氏、無人化施工協会会長 植木 睦央 氏、土木学会建設用ロボッ
ト委員会代表小委員長 北原 成郎 氏、国土交通省公共事業企画調整課企画専門官
宮武 一郎 氏

発 表：論文6分野38編、ポスターセッション10編、当協会平成22年度研究開発助成研究成果報告2件
施工技術総合研究所研究発表4編

レセプション：懇親会(2,000円/人) 11月 7日(水) 17:00～

会場：機械振興会館地下3階 レストラン・ニュートーキョー

主 催：一般社団法人 日本建設機械施工協会

後 援：国土交通省、経済産業省、(独)土木研究所、(社)土木学会、(社)地盤工学会、一般社団法人日本
機械土工協会、一般社団法人日本機械学会、一般社団法人日本測量機器工業会、一般社団法人日本建設
機械工業会、(株)日刊工業新聞社、(有)建設機械新報社、(株)日刊建設通信新聞社(順不同)

趣 旨：本協会では事業活動の一環として、毎年、建設機械と施工法に関する技術の向上を図ることを目的
に、日頃の研究・開発の成果を発表する「建設施工と建設機械シンポジウム」を開催して参りました。

協会といたしましては、建設施工と建設機械分野の産学官の専門家相互の情報交換と技術力の
研鑽の場を提供できればと願っておりますので、ご多忙中とは存じますが、是非ご参加いただきますよ
うご案内申し上げます。

内 容：「プログラム」は当協会ホームページをご参照下さい。

参 加 費：会員…2,000円、非会員…3,000円、論文集…2,000円(税込)

申込方法：別紙「参加申込書」にご記入の上、FAXにてお申込み下さい。

* 申込書は当協会ホームページ(<http://www.jcmanet.or.jp/>)からもダウンロードできます。

申込期限：平成24年10月26日(金)

※本シンポジウムは、「土木学会継続教育(CPD)プログラム認定」の申請を予定しております。

問合せ先：一般社団法人日本建設機械施工協会 シンポジウム実行委員会事務局(河田)

〒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

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



平成24年度 建設施工と建設機械シンポジウム 「参加申込書」

下記のとおり「平成24年度 建設施工と建設機械シンポジウム」への参加を申し込みます。

【注意事項】

- この申込書にて5名までの参加者をお申込み頂けますので、社内・部署内等で取りまとめの上お申込み下さい。
- 参加費の「請求書」及び「聴講券」等はお申込者様宛に一括送付致しますので、「聴講券」はそれぞれ参加者にお渡し下さい。
「聴講券」は参加者各自、当日受付にご提出下さい。
- 参加費は「請求書」に記載の銀行口座へ11月 6日迄にお振込下さい(お支払いが会期終了後となる場合は下記の連絡事項欄に予めご記入下さい)。また、当日現金でのお支払いはご遠慮下さい。
- ご記入頂きました個人情報は、当協会のプライバシーポリシー(個人情報保護方針)に基づき適正に管理いたします。当協会のプライバシーポリシーは http://www.jcmanet.or.jp/privacy_policy.htm をご覧下さい。

◆シンポジウム参加費

区 分	参 加 費	参加人数	参加費等合計
会 員	2,000 円／人	人	
非会員	3,000 円／人	人	
論文集	2,000 円／部	部	
			円

◆お申込者

官公庁名 ／会社名等			
所属部課名			
(フリガナ) 申込者氏名			
住 所	〒		
TEL		FAX	
E-mail			
そ の 他 連絡事項			

◆シンポジウム参加者

No.	参 加 者 氏 名	所 属 部 課 名
1		
2		
3		
4		
5		

第 6 回 一般社団法人日本建設機械施工協会 研究開発助成対象者の募集について

一般社団法人 日本建設機械施工協会（以下「JCMA」という。）は、第6回研究開発助成対象者を下記のとおり公募します。

1. 実施スケジュール

- (1) 公募期間は、平成24年8月1日から平成24年10月31日までとします。
- (2) 助成対象者の決定は、平成24年12月中旬頃の予定です。
- (3) 助成期間は、助成決定の翌日から平成26年3月31日までです。
- (4) 研究成果報告書を、平成26年6月30日までに提出して頂きます。
- (5) 研究成果報告を、「平成26年度建設施工と建設機械シンポジウム（例年11月中旬頃開催）」で発表して頂きます。

2. 研究開発助成の対象

建設機械及び建設施工に関する技術等の向上と普及を図り、もって国土の利用、開発及び保全並びに経済及び産業の発展に寄与すると考えられる建設機械・施工に関する試験・調査・研究・技術開発であって、以下の要件のいずれかに該当する新規性、必要性又は発展性が高いと判断されるものを助成の対象とします。

- ① 建設機械施工の合理化
- ② 建設機械施工の品質確保
- ③ 建設機械施工における安全対策
- ④ 建設機械施工における環境保全
- ⑤ 建設機械による防災・災害復旧に関する技術の開発
- ⑥ 建設機械施工に関連した社会資本保全技術の開発

3. 研究開発助成の対象者

JCMAより研究開発助成を受けることができる方(以下「助成対象者」という)は、原則として以下のとおりです。

- ① 大学、高等専門学校及びこれらの附属機関に属する研究者及び研究グループ
- ② 法人格を有する民間企業等の研究者及び研究グループ

4. 申請手続きと注意事項

- (1) 助成を希望する研究者又は研究グループの代表者は申請書（様式－1①②④⑤）（共同研究の場合は様式－1③を追加）に必要事項を記入のうえ、正本1部、写し1部及び電子データを記録した電子媒体を、期限まで(当日必着)にJCMAへ郵送により提出するものとします。（なお、セキュリティ上の都合から電子メールによる受付は行っておりません。）また、申請の際に、説明に必要な範囲で参考資料を添付することは差し支えありません。
- (2) 申込件数は1人（共同研究の場合は1研究グループ）あたり1件とします。

- (3) 所属される機関において助成等の申請，受入れ機関が指定されている場合等は指定された機関の長又は代表者が申請することができます。
- (4) JCMA 以外の補助制度，助成制度との重複申請は可能です。但し，JCMA の助成において実施を予定する内容と他の制度もしくは助成によって実施する研究開発の内容の全てが重複しないようにして下さい。
- (5) 助成対象とならなかった場合には申請書及び添付資料等は審査終了後に返却します。

5. 申請書に記載された個人情報及びその他技術情報の利用目的について

申請書に記載された個人情報は，申請者への連絡，情報提供のために使用いたします。

また，取得した個人情報のうち，氏名，所属機関名及び役職名および申請書に記載された研究開発調査名及びその概要等については，当事業の広報のために刊行物，報告書，ホームページ等で公表し，第三者に提供することがあります。

これに同意した上で申請を行っていただきますようお願い申し上げます。

なお，研究開発の概要は公開されることを前提に，300～400 字で作成してください。

6. 助成金交付手続き

- (1) 助成が認められた申請者は助成決定通知受領後，JCMA に請書等の手続き書類（様式－2①②③④）を提出して頂いた時点で全額を交付します。
- (2) 助成金は手続き終了後にすみやかに助成研究者の指定する金融機関の口座（助成金振込先通知書（様式－2②に記載された口座））に振り込みますが，助成金の受け入れ方法については，予め申請書（様式－1①）にも明記しておいてください。

7. その他

採否の理由等に関しましては，お問い合わせに応じかねますので，ご了承下さい。

(参考)	助成実績	
年度	申請数	採択数
平成 19 年度	14 件	2 件
平成 20 年度	8 件	2 件
平成 21 年度	8 件	2 件
平成 22 年度	20 件	2 件
平成 23 年度	22 件	4 件

〒105-0011 東京都港区芝公園 3－5－8 機械振興会館 2 階
一般社団法人 日本建設機械施工協会 研究開発助成事務局
担当 鈴木
TEL:03-3433-1501 FAX:03-3432-0289
ホームページ（実施要綱・様式のダウンロード）はこちらから
<http://www.jcmanet.or.jp/>

発 売 中

平成24年度版 建設機械等損料表

- 発刊 : 平成24年4月
- 体裁 : B5判 モノクロ 684ページ
- 価格(税込) : 7,700円(一般) 6,600円(会員等)
- 送料(単価) : 600円(沖縄県を除く日本国内)

※ 複数発注の場合は送料単価を減額します。

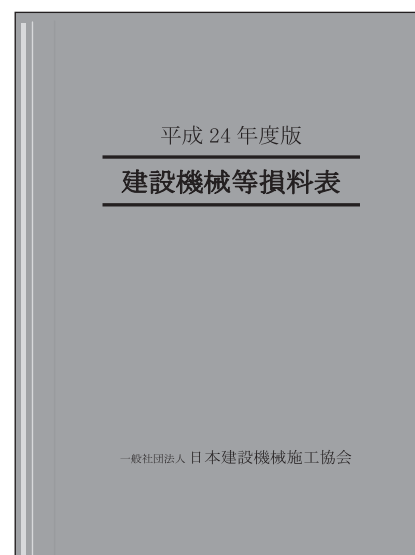
※ 沖縄県の方は一般社団法人 沖縄しまたて協会(TEL:098-879-2097)にお申込み下さい。
(沖縄県内送料単価:450円)

■内容

- ・国土交通省制定「建設機械等損料算定表」に基づき編集
- ・機械経費・損料等に関する通達・告示類を掲載
- ・損料表の構成・用語や損料積算例を解説
- ・燃料・電力消費量(率)を掲載
- ・主要建設機械は写真・図で概要を紹介
- ・主要建設機械は「日本建設機械要覧」
の関連ページを紹介

★参考(平成24年度版の主要改正点)

- ・損料諸数値を全面改正
- ・バックホウの形式名称と分類コードを変更
- ・空気圧縮機(低圧・定置式・レシプロ型)等を削除
- ・かにクレーン、乳剤スタビライザ、多機能型ロータリ除雪車等を追加掲載
- ・その他



一般社団法人 日本建設機械施工協会

発 売 中

よくわかる建設機械と損料 2012

(平成 24 年度版 建設機械等損料表 解説書)

■発刊 : 平成24年5月

■体裁 : B5 判、一部カラー、390ページ

■価格(税込): 5,460円(一般)、4,620円(会員)

■送料(単価): 450円(沖縄県を除く日本国内)

* 複数発注の場合は送料単価を減額します。

* 沖縄県の方は一般社団法人沖縄しまて協会(TEL:098-879-2097)にお申込み下さい。(沖縄県内送料単価:340円)

■本の特長

★損料表の構成・用語の意味、損料補正方法

などを平易な表現で解説

★20件の関連通達類の位置付けと要旨を解説

★H24年度版損料表の主な改正・変更点を一覧表にして紹介

★損料表に掲載の機械について、大分類別にコード体系を図示

01 ブルドーザ及びスクレーパ

02 掘削及び積込機

03 運搬機械

04 クレーンその他の荷役機械

05 基礎工事用機械

06 せん孔機械及びトンネル工事用機械

07 モータグレーダ及び路盤用機械

08 締固め機械

09 コンクリート機械

10 舗装機械

11 道路維持用機械

12 空気圧縮機及び送風機

13 建設用ポンプ

15 電気機器

16 ウインチ類

17 試験測定器

18 橋梁架設用仮設備機器

20 その他の機器

30 作業船

40 ダム施工機械等

50 除雪用機械

★損料表に掲載の各建設機械の概要(機能・特徴)を紹介

★主要建設機械のメーカー・型式名を表にして紹介

★機械の俗称からも、損料表における掲載ページ検索が可能

よくわかる建設機械と損料 2012

(H24 建設機械等損料表 解説書)

一般社団法人 日本建設機械施工協会

一般社団法人 日本建設機械施工協会

◆ 日本建設機械施工協会『個人会員』のご案内 ◆

会 費：年間 9,000円

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

★個人会員の特典

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

今後、続々と個人会員の特典を準備中です。この機会に是非入会下さい!!

◆ 一般社団法人 日本建設機械施工協会について ◆

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

一般社団法人 日本建設機械施工協会とは…

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

■会員構成

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

■主な事業活動

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

■主な出版図書

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

その他、日本建設機械施工協会の活動内容はホームページでもご覧いただけます！

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

※お申し込みには次頁の申込用紙を使用してください。

【お問い合わせ・申込書の送付先】

一般社団法人 日本建設機械施工協会 個人会員係

〒105-0011 東京都港区芝公園3-5-8 機械振興会館

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

一般社団法人 日本建設機械施工協会会長 殿

下記のとおり、日本建設機械施工協会個人会員に入会します。

平成 年 月 日

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

【会費について】年間 9,000円

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

【その他ご入会に際しての留意事項】

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

【個人情報の取扱いについて】

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

建設の施工企画

2012 年 9 月号 No. 751

目次

防災、安全を確保する社会基盤整備 特集

3	巻頭言 災害大国と非常時モード	大石 久和
4	東北地方太平洋沖地震を踏まえた津波警報の改善	永岡 利彦
9	断層用鋼管の開発	長谷川延広・今井 俊雄
14	耐震補強等に用いるあと施工型せん断補強技術 RMA 工法	竹本 幸弘・佐竹 辰州・羽馬 徹
19	杭頭と構造物底盤を絶縁・分離する杭頭絶縁免震工法の開発	西村 晋一・木全 宏之・福武 毅芳・田地 陽一
25	地盤の不飽和化による液状化対策技術 空気注入不飽和化工法 (Air-des 工法) の開発	三枝 弘幸・三好 朗弘・藤井 直・山田 直之・岡田 克寛・岡村 未対
30	地下鉄道の火災と排煙対策	伊藤 健一
39	250,000 kL LNG 地下タンク建設に向けた取り組み	平賀 宙・石ヶ谷幸曉
44	高知県における堤防の耐震・津波対策	吉村 浩司・木村 育正
49	上層階先行供用開始後の下部免震化工事 岐阜市民病院施工報告	宇梶 剛司・小嶋 広宣・小島 時和
56	GPS 津波計測ブイシステム GPS を搭載した海洋ブイによる津波早期検出システム	神崎 政之・松下 泰弘
63	ダム貯水池内における地すべり対策工事 大滝地区地すべり対策工事	芦田 徹也・船迫 俊雄・大友 充
69	交流の広場 陸・海・空からの防災・減災支援	中島紫寿香
72	ずいそう 会社一筋四十年を振り返って	斎木 成治
73	ずいそう ムスリムは不思議な人?	熊谷 守晃
74	CMI 報告 研究所施設の紹介と活用状況	太田 正志
78	建設機械施工技術・建設技術審査証明報告 エコベストを用いた吹付け石綿の無害化処理工法 (CAS 工法)	
82	部会報告 ISO/TC 127 (土工機械) 国際作業グループ 2012 年 6 月ドイツ会議報告	標準部会
88	部会報告 木質バイオマスコージェネレーション工場見学会	建設業部会
90	新工法紹介	機関誌編集委員会
91	新機種紹介	機関誌編集委員会
95	統計 平成 24 年度 公共事業関係予算	機関誌編集委員会
98	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
99	行事一覧 (2012 年 7 月)	
102	編集後記	(安川・京免)

◇表紙写真説明◇

高知県室戸岬西方沖 GPS 津波計

写真提供: 高知工業高等専門学校

海洋ブイの頭頂部に GPS アンテナを搭載し、高精度な衛星測位技術により海面変動を計測して、波浪や潮位をリアルタイムで観測する。台風などの厳しい海象条件

に耐える構造で、海底に設置したアンカーとチェーンにより係留している。灯火設備や観測に必要な電力は、太陽光パネルにより発電して供給する。海洋ブイ内部の温度・湿度、漏水の有無などを遠隔で監視することができる。各種観測機器を搭載することにより、海上交通や漁業活動に有効な風向・風速、流向・流速、水温、気温などの情報も観測することができる。

情報化施工により東日本大震災の復興を支援

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

まずは、一般社団法人日本建設機械

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

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

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

第6回 日本建設機械施工協会 研究開発助成

建設機械・施工に関する試験・調査・研究・技術開発であって、以下のいずれかに該当する新規性、必要性又は発展性が高いと判断されるものを対象とします。

- ①建設機械施工の合理化
- ②建設機械施工の品質確保
- ③建設機械施工における安全対策
- ④建設機械施工における環境保全
- ⑤建設機械による防災・災害復旧に関する技術の開発

⑥建設機械施工に関連した社会資本保全技術の開発

1. 助成対象者

大学、高等専門学校及びその附属機関、もしくは法人格を有する民間企業等に所属する研究者及び研究グループ

2. 公募期間

8月1日(水)～10月31日(水)

3. 助成決定

平成24年12月中旬

4. 助成期間

助成決定の翌日～平成26年3月31日

詳細問い合わせ先:

一般社団法人日本建設機械施工協会
研究開発助成事務局 鈴木

TEL: 03-3433-1501

FAX: 03-3432-0289

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

平成24年度建設機械施工技術検定試験

ー 1・2級建設機械施工技士ー

平成24年度1・2級建設機械施工技術検定試験を次の通り実施いたします。

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

1. 申込み方法

所定の受検申込み用紙に必要事項を

記載し、添付書類とともに郵送。

平成24年2月1日から3月30日まで、受検申込み用紙等を含む「受検の手引」一式を当協会等で販売しました。

2. 申込み受付

4月6日: 終了

3. 試験日

学科試験: 平成24年6月17日: 終了

実地試験: 平成24年8月22日から9

月中旬: 終了

4. 合格発表

11月下旬

詳細問い合わせ先:

一般社団法人日本建設機械施工協会
試験部

TEL: 03-3433-1575

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

平成24年度「関東甲信地区道路除雪講習会」開催のご案内

冬期の道路管理、道路除雪の施工法、除雪機械の安全施工、事故防止等に関する技術を習得し、安全で効率的な道路除雪作業に資することを目的として、今年度も道路除雪講習会を開催します。

関係する方々の多数のご参加を賜りますようご案内申し上げます。

1. 開催日時: 平成24年10月26日(金) 10時30分～16時05分

2. 場 所: 機械振興会館 地下3階 B3-1 会議室

住所: 東京都港区芝公園3丁目5-8

3. 定 員: 50名

4. 受講料: 会員6,000円、非会員9,000円

5. 問い合わせ先: 一般社団法人日本建設機械施工協会

除雪講習会担当 河田 TEL: 03-3433-1501

詳細は、当協会のホームページ(<http://www.jcmanet.or.jp/>)をご覧ください。

巻頭言

災害大国と非常時モード

大石 久和



これだけ大災害が頻発する国であるから、大災害への備えをおろそかにしてきたことなどないはずなのだが、それがそうでもないことが大問題なのだ。

阪神淡路大震災では、神戸を通るすべての交通幹線がしばらく遮断され、日本は東西に分割された。新幹線も在来線も私鉄も鉄道は全部止まり、道路は二本の高速道路も都市高速も国道も全部ストップした。活断層だらけの国で、たった一つの活断層が暴れただけでこのようなことになったのは山陽側に産業や人口の集積が多く、交通量や採算性といった「日常の」尺度ではここを通すことに合理性があったからである。

そのため、中国山地の中央や日本海側にルートを敷き、地震などの災害時に国土・国家の東西分断だけは避けるという「非常時の」尺度はまったく考慮されてこなかったのである。このことは、いまは交通量が少ないが幹線交通整備によって非稠密地域に産業の集積を図り、国土をより広く全体を効率的に使うといった考えもなかったことを示している。

需要に追随するという日常時に有効な一つの価値だけを追いかけてきたのだ。今回の地震を受け東北では三陸縦貫道路の意義が見いだされ早期整備が決められたが、地元の熱心な運動があったにもかかわらず、なぜこれが最初の供用から30年も経つのに50%しか完成していないのかといえ、多くの交通量が見込めないということだけなのだ。結果的に高速道路群はつぎはぎだらけでネットワークを形成していないために十分な効用を発揮できず、投資資金の有効活用の観点からも問題のある造り方になっていたのである。

非常時においても県庁所在地間の連絡は確保するとか、人口10万以上の都市を孤立させないとかいった交通処理とは別の価値観で、リダンダンシー豊かなネットワークを構成するという非常時モードの価値を追求してこなかったのである。阪神淡路大震災で分断を経験したにもかかわらずそれを計画理念の反省とは

せず、最近ではさらにB/C（費用対効果の比）ばかりが強調される有様だったのだ。これでは、この国には大災害頻発国に住んでいるという自覚や覚悟など存在していないと断言してもいい。

道路・空港・港湾などの整備理念としてのリダンダンシーの欠如とは別に、制度的にも非常時モードの欠落がある。もちろん局所については非常時モードの規定はあって、たとえば、河川法は緊急時においては河川管理者が「必要な土地を使用し、若しくは収用」することができる」と規定して、了解なく人の土地を使用する権限を認めている。

しかし、今回の東日本大震災では、もっと広域のかつ包括的な非常時モード規定が必要なことを示した。たとえば、ガレキの処理は小災害では市町村業務でいいのだが、これだけの規模になれば、物や土地の使用権や所有権までもいったん政府が預かって処理を優先し、権利に伴う紛争は事後処理する仕組みをあらかじめ用意して早期に処理する必要があったと考える。災害大国では、災害の都度、臨時の立法で処理するのではなく非常時に起動する法制度が不可欠で、スイッチだけで動く仕組みの用意が必要なのである。

阪神淡路大震災以前に1,000人以上の死者を出した災害は、1959年（昭和34年）の伊勢湾台風であったから、ちょうど高度経済成長期の36年間は大災害の空白期間にあたる。

これはわれわれにとって実に幸運なことであって、過去のわが国の長い歴史のなかには大災害集中期が何度もあったから奇跡と言っているのだが、これを指摘した識者はいない。しかし、そのことがわれわれの災害に対する構えを甘くし、戦後の平和ぼけ的な風潮もあって非常時モードを考慮外に置いてきてしまった。この地震はそれを問うたのである。

東北地方太平洋沖地震を踏まえた津波警報の改善

永 岡 利 彦

平成 23 年（2011 年）東北地方太平洋沖地震で発生した津波により、東北地方から関東地方の太平洋沿岸の地域を中心に甚大な被害となったことに鑑み、当時、気象庁が発表した津波警報の内容及びタイミング等を検証するとともに、人命を守る防災情報としての津波警報をどのように改善すべきかについて検討を進めてきた。その結果、明らかとなった課題等を踏まえ、より避難行動に結びつくよう津波警報等の発表方法及び情報文の内容を改善することにした。本稿では、これまでの取り組み状況と改善内容の概要について述べる。

キーワード：東北地方太平洋沖地震、津波警報、地震、津波、マグニチュード、モーメントマグニチュード、GPS 波浪計、海底水圧計

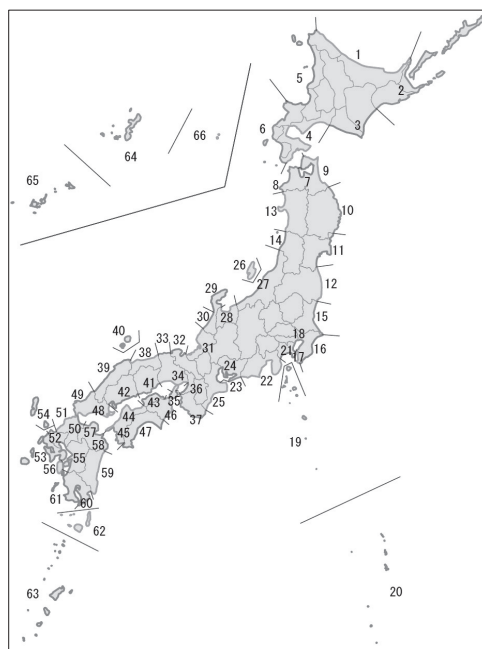
1. はじめに

平成 23 年 3 月 11 日 14 時 46 分に発生した「平成 23 年（2011 年）東北地方太平洋沖地震」は、我が国の観測史上最大となるマグニチュード 9.0 を記録し、東北地方から関東地方にかけての太平洋沿岸に高い津波が来襲し、各地で甚大な被害が発生した。気象庁では、地震発生 3 分後に津波警報の第 1 報を発表したが、地震の規模や津波の高さ予想は、実際を大きく下回るものであった。こうした事態を受け、有識者や関係防災機関等からなる検討会等を開催し、改善の方向性や具体的な改善策について提言をいただくとともに、広く一般等から意見募集を行うなど改善に向けた検討を進めてきた。

2. 気象庁の津波警報

気象庁では、国内 200 箇所以上に設置している地震計の観測データをリアルタイムで収集し、24 時間体制で地震活動を監視している。地震発生時には、これらのデータを活用して震源の位置や地震の規模（マグニチュード）を推定し、津波による被害のおそれがある場合には、ただちに日本の沿岸を 66 に区分した津波予報区（図—1）ごとに津波警報・注意報を発表している。

津波の予測は、津波を発生させる可能性のある様々な地震について、震源の位置及び深さ、マグニチュー



図内 番号	津波予報区	図内 番号	津波予報区	図内 番号	津波予報区
1	オホーツク海沿岸	23	愛知県外海	45	愛媛県宇和海沿岸
2	北海道太平洋沿岸東部	24	伊勢・三河湾	46	徳島県
3	北海道太平洋沿岸中部	25	三重県南部	47	高知県
4	北海道太平洋沿岸西部	26	佐渡	48	山口県瀬戸内海沿岸
5	北海道日本海沿岸北部	27	新潟県上中下越	49	山口県日本海沿岸
6	北海道日本海沿岸南部	28	富山県	50	福岡県瀬戸内海沿岸
7	陸奥湾	29	石川県能登	51	福岡県日本海沿岸
8	青森県日本海沿岸	30	石川県加賀	52	佐賀県北部
9	青森県太平洋沿岸	31	福井県	53	長崎県西方
10	岩手県	32	京都府	54	宮崎・対馬
11	宮城県	33	兵庫県北部	55	有明・八代海
12	福島県	34	兵庫県瀬戸内海沿岸	56	熊本県天草灘沿岸
13	秋田県	35	淡路島南部	57	大分県瀬戸内海沿岸
14	山形県	36	大阪府	58	大分県豊後水道沿岸
15	茨城県	37	和歌山県	59	宮崎県
16	千葉県九十九里・外房	38	鳥取県	60	鹿児島県東部
17	千葉県内房	39	島根県出雲・石見	61	鹿児島県西部
18	東京湾内湾	40	隠岐	62	種子島・屋久島地方
19	伊豆諸島	41	岡山県	63	奄美群島・トカラ列島
20	小笠原諸島	42	広島県	64	沖縄本島地方
21	相模湾・三浦半島	43	香川県	65	宮古島・八重山地方
22	静岡県	44	愛媛県瀬戸内海沿岸	66	大東島地方

図—1 津波予報区

ド別に、津波の発生とその伝搬をあらかじめシミュレーションし、計算結果をデータベース化（約10万通り）している。実際に地震が発生した際には、その地震の震源の位置及び深さ、マグニチュードを基にデータベースから検索することで迅速に津波警報を発表し、津波到達予想時刻や予想される津波の高さの情報を発表している。また、気象庁及び関係機関が設置している津波観測点（国内約190箇所）の津波の状況を監視し、津波が観測された場合は、第1波の到達時刻や津波の最大の高さ等の情報を発表している。

3. 東北地方太平洋沖地震での津波警報発表の経緯

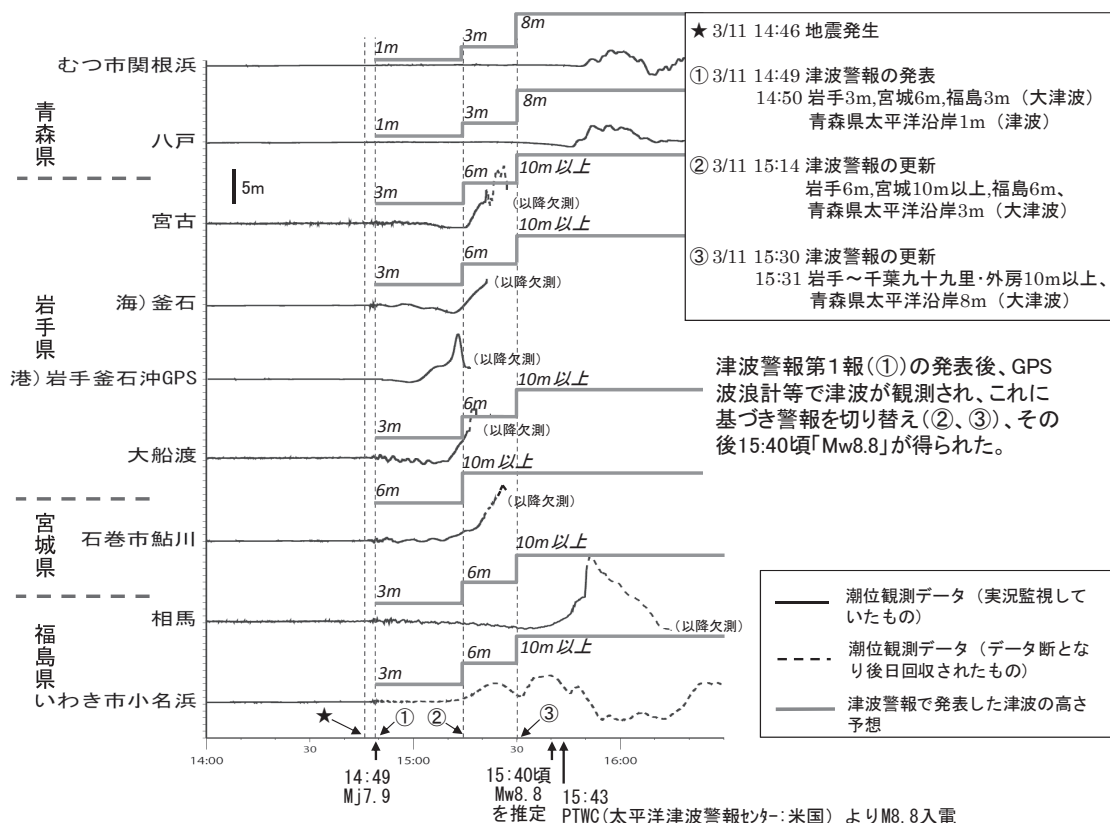
平成23年3月11日14時46分に東北地方太平洋沖地震が発生し、地震計で観測された地震波形データを解析し、地震の震源位置及び深さ、マグニチュードを求めた。計算されたマグニチュード（以下Mとも記述）は7.9であったが、これは想定されていた宮城県沖地震（海溝寄りの連動型M8.0前後）とほぼ一致していること、地震波形記録に長周期成分の卓越や振幅の成長が見られなかったことから、計算されたマグニチュードは適切に評価しているという認識であった。このM7.9に基づき、地震発生3分後の14時49分に

津波警報の第1報（津波の高さ予想：岩手県3m、宮城県6m、福島県3m等）を発表した。

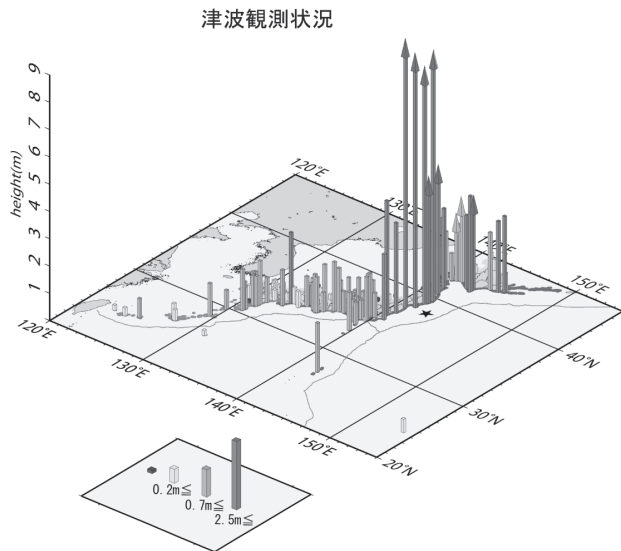
地震発生約15分後に計算される、巨大地震でも正確な地震規模が推定できるモーメントマグニチュードを用いて津波警報を更新する予定であったが、計算に使用する広帯域地震計の観測データが、国内のほとんどの地点で振り切れたため求めることができなかった。

その後、15時10分頃から、岩手県釜石市の沖合約10kmに設置されたGPS波浪計（国土交通省港湾局）において、急激な水位の上昇が観測されたため、15時14分に津波警報更新の第2報（津波の高さ予想：岩手県6m、宮城県10m以上、福島県6m等）を発表し、その後も津波の観測状況に基づき津波警報の対象範囲を拡大するなど続報を順次発表した。津波警報発表の経緯を図一2に示す。

東北地方の太平洋沿岸を中心に高い津波（岩手県の宮古8.5m以上、大船渡8.0m以上、宮城県の石巻市鮎川8.6m以上、福島県の相馬9.3m以上等）を観測したが、観測施設の流失や機器障害等により観測データが得られなくなり、更に高い津波であった可能性もある。沿岸の観測施設で観測された津波の高さを図一3に示す。なお、後日、気象庁が行った現地調査では、津波の痕跡から推定した津波の高さが16mに達した所（岩手県大船渡市三陸町）があった。



図一2 津波警報発表の経緯（東北地方太平洋沖地震）
海：海上保安庁の観測点，港：国土交通省港湾局の観測点



図一 3 津波観測施設で観測された津波の高さ

矢印は、津波観測施設が津波により被害を受けたためデータを入力できない期間があり、後続の波でさらに高くなった可能性があることを示す

4. 津波警報の課題と改善策

東北地方太平洋沖地震による津波被害の甚大さを踏まえ、気象庁では、津波警報をどのように改善すべきかを検討するため、有識者や関係防災機関等の参加による「東北地方太平洋沖地震による津波被害を踏まえた津波警報改善に向けた勉強会」を開催し、ここでの議論等を踏まえ、平成 23 年 9 月に「津波警報改善の方向性」を公表した。その後、津波警報など情報文の具体的な内容等を検討するため、「津波警報の発表基準等と情報文のあり方に関する検討会」を開催し、平成 24 年 2 月に「津波警報の発表基準等と情報文のあり方に関する提言」をまとめ公表した。

以下に津波警報の課題と提言を反映した改善策の概要について述べる。

(1) 津波警報の課題

東北地方太平洋沖地震における津波警報等の課題について以下のとおり整理した。

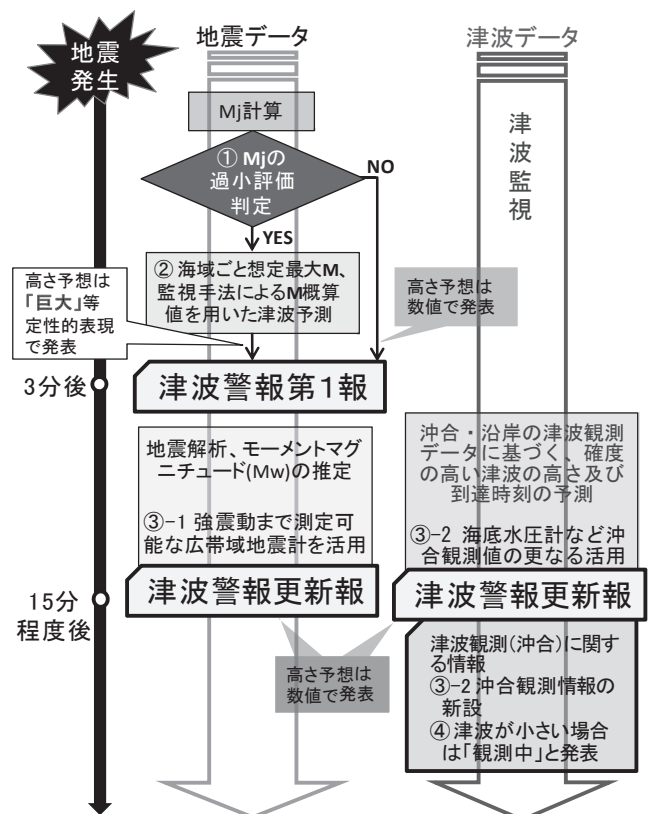
- ①地震発生 3 分後に発表した津波警報の第 1 報において推定した M7.9 が過小評価であった。また、推定したマグニチュードが過小である可能性を認識できなかった。M8 を超えるような巨大地震において、迅速にその規模を推定する手法を導入し、津波警報の第 1 報に活用することが課題。
- ②マグニチュードを過小評価した中で発表した「予想される津波の高さ 3 m (岩手県、福島県)」が、過去の経験等から防潮堤を越えることはないと思ったなど、避難の遅れにつながった例があったと考えら

れる。津波警報の第 1 報における予想される津波の高さに関する情報の発表のあり方が課題。

- ③地震発生約 15 分後に計算される巨大地震でも正確な地震規模の推定が可能なモーメントマグニチュードが、地震による大きな揺れにより、国内に配置していたほぼ全ての広帯域地震計が測定範囲を超えたため計算できず、津波警報更新の続報を迅速に発表できなかった。

また、GPS 波浪計より更に沖合に設置されているケーブル式海底水圧計（津波計）のデータの、津波警報更新への活用手段が不十分であった。津波警報の更新において、モーメントマグニチュードを迅速に求められるよう強震動まで測定できる広帯域地震計の活用とともに、沖合の津波観測強化と利用のための技術開発が課題。

- ④津波観測に関する情報で発表した初期段階の小さな津波の観測結果「第 1 波、0.2 m」等が、今回の津波はたいしたことはないと思ったなど、避難の遅れや中断につながった例があったと考えられる。津波



図一 4 改善後の津波警報・情報発表の流れ

- ・気象庁マグニチュード (Mj)
短周期の地震波データを計算に使用
長所：迅速性
短所：M8 を超えると過小評価
- ・モーメントマグニチュード (Mw)
長周期の地震波データを計算に使用
長所：M8 を超えても正確に推定可能
短所：計算に時間 (15 分程度) を要する

観測情報の伝え方、情報文のあり方が課題。

(2) 津波警報の改善策

上記の課題を踏まえた津波警報の改善策について、以下のとおり整理した。また、改善後の津波警報及び情報発表の流れを図—4に示す。

①改善の基本方針

津波警報の第1報は、避難に要する時間をできるだけ確保できるよう、地震発生後3分程度以内の発表を目指す従来の方針は堅持し、津波の波源（海底の地殻変動）の推定に不確定要素がある場合は、安全サイドに立った津波の推定に基づいた津波警報を発表し、その後、得られる地震・津波データ等の解析結果に基づき、より確度の高い津波警報に更新するものとする。

なお、津波警報は地震発生後約3分で発表されるが、沿岸付近で大きな地震が発生した場合に間に合わないことがあること、停電や通信断等により情報が伝わらない場合があることから、「強い揺れを感じたら自らの判断で避難する」ことの基本について周知徹底したうえで、津波警報を効果的に機能させる必要がある。

②技術的な改善策

a) 津波警報の第1報で使用するマグニチュード

M8を超えるような巨大地震や、地震規模から推定されるよりも大きな津波を伴う地震（津波地震）に対しては、マグニチュードを3分程度で正確に算出することは技術的に困難である。このため、計算されたマグニチュードを過小評価している可能性を速やかに認識できる監視・判定手法（強震域の広がり、長周期変位波形による長周期成分の卓越等）を導入し、より規模の大きな地震の可能性があると判定した場合には、当該海域で想定されている最大のマグニチュード、または前述の判定手法から得られるマグニチュードの概算値を使用し、安全サイドに立った津波警報の第1報を発表する。

b) 津波警報の迅速な更新

津波警報の第1報の発表後、最新の地震・津波観測データに基づき、確度の高い津波警報に更新する。なお、更新に必要なモーメントマグニチュードを地震発生後15分程度で迅速かつ安定的に求めるため、大きな揺れでも振り切れない広帯域地震計の整備を進めている。また、GPS波浪計より更に沖合にブイ式海底水圧計（津波計）を整備し、他機関のケーブル式海底水圧計の観測データと合わせて津波監視に活用するとともに、データ利用に係る関連技術の開発を進める。

③津波警報等の情報文の改善内容

a) 津波警報の発表基準と津波の高さ予想の区分

津波の高さと被害との関係の調査結果等から、津波警報等の発表基準及び津波の高さ予想の区分を表—1のとおりとする。予想される津波の高さには誤差があることや、とりうる防災対応の段階等を踏まえ、現行の8区分を5区分とする。また、情報で発表する予想される津波の高さは、簡潔な単一の数値で、危機感を喚起するため高さ予想区分の範囲の高い方の数値とする。

表—1 発表基準と津波の高さ予想区分

警 報 ・ 注意報 の分類	現行	改善後		
	発表する 津波の高さ	発表基準 (h = 津波の高さ)	発表する津波の高さ	
大津波 警報	10 m 以 上	10m < h	10 m 超	巨大
	8 m			
	6 m	5 m < h ≤ 10 m	10 m	
	4 m	3 m < h ≤ 5 m	5 m	
	3 m			
津波 警報	2 m	1 m < h ≤ 3 m	3 m	高い
	1 m			
津波 注意報	0.5 m	0.2 m ≤ h ≤ 1 m	1 m	(表記なし)

また、計算されたマグニチュードに過小評価の可能性があると判定し、当該海域で想定されている最大のマグニチュードを適用するなどして津波警報の第1報を発表する場合は、地震規模推定の不確定性が大きいと考えられることから、予想される津波の高さは、数値ではなく「巨大」など定性的表現で発表し、通常地震とは異なる非常事態であることを伝えることとする。

なお、地震発生約15分後には、モーメントマグニチュードによる確度の高い津波予測や、津波観測結果に基づいて津波警報の更新を行い、この場合の予想される津波の高さは数値で発表する。また、従来の「津波警報（大津波）」等の名称は、情報文中では広く一般的に用いられている「大津波警報」と表現する。

b) 津波到達予想時刻の発表

津波の到達予想時刻は、津波予報区で最も早い時刻及び主な津波観測地点における時刻を発表しており、比較的精度はよいが、同じ津波予報区内でも場所によって1時間以上違うことがあることから、このような違いを情報文において明示して伝える。

c) 津波観測データの発表

観測された津波の高さが低い場合、今回の津波は小さいものとの誤解を与える恐れがある。一方、津波が

観測されたという事実を伝えることも重要であることから、津波の第1波については、到達した時刻と押し・引きのみ発表し、最大波については、観測された津波の高さが予想されている津波の高さより十分低い場合は、観測された数値をそのまま発表せず、「観測中」と定性的な表現とする（表—2）。なお、既に最大波が観測されたと誤解を与えないよう「これまでの最大波」と表現する。

表—2 津波観測に関する情報の発表内容

発表中の警報・注意報	現 行		改善後	
	第1波	最大波	第1波	最大波 (数値発表基準)
大津波警報	・到達時刻 ・押し引き ・第1波の高さ	すべて数値で発表 ^{*)}	・到達時刻 ・押し引き	1 m < 観測値 (基準に達しない場合は「観測中」)
津波警報				0.2 m ≤ 観測値 (基準に達しない場合は「観測中」)
津波注意報				すべて数値で発表 ^{*)}

^{*)} ごく小さい場合は「微小」で発表

津波は、何度も繰り返し来襲し、第1波が最大になるとは限らず、第2波以降の後続波がより大きくなる場合が多く、数時間以上経ってから最大波が観測される場合があることから、警報解除まで避難を継続することが重要である。

d) 沖合の津波観測データの発表

東北地方太平洋沖地震では、津波警報更新においてGPS波浪計など沖合の津波観測の有効性が実証された。沖合津波観測データは、現在、沿岸での観測データと合わせて発表しているが、これまでの観測情報と

は別に新設し、沖合において津波をいち早く検知し、間もなく沿岸に津波が押し寄せる恐れがあることを直ちに発表することとする。なお、水深の深い沖合で観測された津波は、水深が浅い沿岸に近づくほど高さが高くなる性質があるため、沿岸で推定される津波の高さを発表しているが、沿岸で推定される高さが、予想されている津波の高さよりも低い場合は、「推定中」と定性的表現で発表することとした。

5. おわりに

今般の改善に伴う津波警報等の情報文の変更については、気象庁システムの改修を行うが、情報をオンラインで利用している防災関係機関においても改修等の対応が必要であることから、平成25年3月から新しい情報文の運用を開始する予定である。また、津波警報の改善内容や津波防災に関する周知広報を実施するとともに、津波警報等が住民に確実に伝達されるための取り組みについて、関係機関と連携し推進していく。

J C M A

《参考文献》

- ・気象庁（2011）：地震・火山月報（防災編）平成23年3月、〈<http://www.seisvol.kishou.go.jp/eq/gaikyo/monthly201103/201103index.html>〉。
- ・気象庁（2011）：津波警報の改善について、〈http://www.seisvol.kishou.go.jp/eq/tsunami_keihou_kaizen/index.html〉。

【筆者紹介】

永岡 利彦（ながおか としひこ）
気象庁
地震火山部 地震津波監視課
調査官



断層用鋼管の開発

長谷川 延 広・今 井 俊 雄

わが国には膨大な数の活断層が全国的に広く分布しており、水道ライフラインなど数多くの線状構造物がこれらを横断して布設されている。断層横断部では、想定される変位量が桁違いに大きいことから、実用的な対策が十分に整備されておらず、従来は断層を避けた路線選定を行うなどの消極的な対策が主流であった。本論では、上記の課題を解決するため水道管路を対象に開発した「断層用鋼管」についてその概要ならびに設計事例を紹介する。

キーワード：活断層，断層変位，水道用鋼管，ライフライン，耐震化，座屈波形，弾塑性変形

1. はじめに

1995年兵庫県南部地震を契機に水道施設耐震工法指針・解説¹⁾が1997年に改訂され、地中に埋設される水道管路についても2種類の地震動レベル，施設の重要度に応じた要求耐震性能が規定されたほか，液状化に伴う地盤変状の影響についても言及され，地震動と地盤変状の双方に対する耐震安全性照査の必要性が認識されるようになった。ただし，活断層については特別な言及はなされておらず，一般論として路線選定においては良好な地盤を選定すべきである旨の記述や，地盤急変部における伸縮可撓管の適用例等が示されているに過ぎない。

一方，ISO 2394²⁾やEurocode³⁾など欧州連合を中心に信頼性設計理論に基づく性能設計体系の構築が推進されたことに呼応し，わが国においても性能規定型設計法の普及が図られるようになってきた。水道施設耐震工法指針についても上記の動向を踏まえ，従来の仕様規定型に代わって性能規定型設計の考え方が導入され，これまでの指針よりも具体的に構造物の目的とこれに適合する機能および要求される耐震性能が明確化された。ただし改訂指針⁴⁾においても，活断層近傍の水道施設に対して，十分な耐震性を有するよう配慮すべきであることについては言及されたものの，実際の対策については具体的な記述がなされていない。

ところで，2011年東北地方太平洋沖地震ではMw 9.0という観測史上4番目の大地震に伴って東北地方の広い範囲で大規模な地殻変動が発生した。この地殻変動によって福島県の塩ノ平断層（図—1参照）



図—1 塩ノ平断層の地盤変状（鉛直方向1.8m）⁵⁾

など各地で断層変位が生じたほか，活断層の動きが活発化し，数多くの断層型地震が発生している。断層を横断する水道管路に対しては上記のように伸縮可撓管を連続的に多数配置するなどの対策が提示されているものの，膨大なコストを要するために現実的に実施されている例は殆ど無いのが現状であり，その意味では断層横断部においては，これまで実用的な耐震対策が十分に整備されていなかったものと言えよう。

著者らは，上記課題を解決するために「断層用鋼管」を開発^{6), 7)}した。断層用鋼管は，断層面前後の直管部に予め山状の変形部（座屈波形部）を設けることで断層変位の吸収の際に管路に生ずる変形の位置や変形モードを制御する機能を有する水道用鋼管である。この機能により，断層面の滑りなど地震時に数メートルオーダーの極めて大きな地盤変状が局所的に発生した場合においても漏水を生ずることなく内空断面を確保

して通水機能を維持することができる。本報では、開発した断層用鋼管の概要ならびに設計事例を紹介する。

2. 地震時荷重としての断層変位

図—2 にその分布を示すが、わが国における活断層はこれまでに2,000箇所以上⁸⁾ 確認されており、現在も追加調査によって新たな活断層の存在が確認されている。一般的な活断層の長さは数km～数十kmに及び、さらにこれらの活断層が滑りを生じた場合平均で2m以上の断層変位が生ずるものと考えられている。断層は、滑り面の方向によって正断層、逆断層、横ずれ断層などに分類できるが、わが国における断層の大半は逆断層型であると言われている。断層を横断して布設された鋼管路を想定した場合、正断層では管軸に対して引張方向の強制変位が作用するのに対して、逆断層ではその反対に軸圧縮方向の曲げが作用する。このような強制変位を受けると、鋼管には図—3 に示すような座屈現象が生じる。座屈の発生位置は鋼管の初期不整（製造上のごく僅かな非対称形状や管厚の差など）に影響を受けるため、座屈が発生する限界ひずみを推定することは可能でも、座屈がどの部位に

生ずるかを予測することは極めて困難である。また、一旦座屈が生じてしまうと、その後の鋼管の変形がどのように進展するかを予測することも困難であり、変形の進展状況によっては亀裂・漏水の発生に繋がるため、地震動に対する鋼管路の耐震設計では、座屈発生限界ひずみを基にした耐震安全性照査を行っている。

以上を踏まえて、本開発では逆断層を横断して布設された埋設鋼管路を対象として、2m以上の断層変位が生じた場合においても通水機能を維持できる鋼管の開発を目標とした。

3. 断層横断部における要求耐震性能

前述のように、現行の耐震工法指針⁴⁾ は性能規定型設計を指向しており、地震動に対する埋設鋼管路の要求耐震性能は表—1のように規定されている。

表—1 地震動に対する鋼管路の要求耐震性能

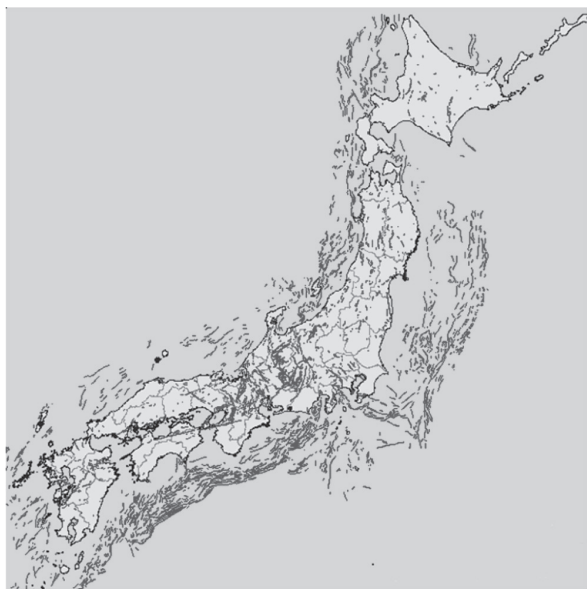
地震動	要求性能	内 容
レベル1	耐震性能1 (使用限界状態)	力学的特性が弾性域を超えない (許容ひずみを超えない) 限界状態
レベル2	耐震性能2 (修復限界状態)	部分的に塑性化しても漏水が発生しない限界状態

このとき、レベル2地震動に対しては修復限界状態として、軸圧縮を受ける鋼管の座屈開始限界ひずみ相当値が安全照査値として規定されているが、前述の座屈現象における特性を考慮しているため、実際に漏水が発生しない限界値（亀裂発生限界ひずみ）からは安全側に大きくかけ離れている（ただしその度合は個体差による初期不整の影響が大きく評価困難）ものと考えられる。

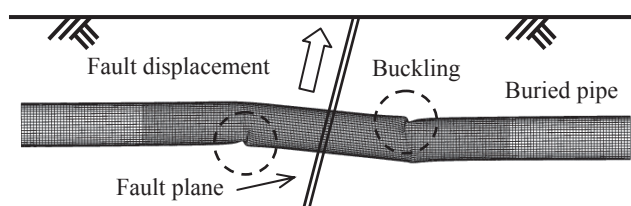
一方、断層変位や地滑り等の大規模な地盤変状に対しては上記レベル2地震動のケースと同様に、「部分的に塑性化しても漏水が発生しない限界状態」が要求されるが、照査値として座屈開始限界ひずみ相当値を適用したのでは、その変位量の大きさから、対応が極めて困難であると考えられる。

そこで、鋼管の座屈開始限界ひずみを限界値とせず、亀裂発生限界ひずみまでの領域を有効に活用することで、「部分的に塑性化しても漏水が発生せず、通水機能を確保可能な限界の状態」を満足する構造を検討することとした。

開発した断層用鋼管は、断層の滑りを伴う大地震発生後、長期にわたって通水機能を保持することができるが、大規模な塑性変形を許容しているため、発震後



図—2 わが国における活断層の分布⁸⁾



図—3 断層変位による鋼管路の座屈変形

数年以内程度の期間で同部位の健全度調査や必要に応じて部分的更新を行うことを前提とした製品である。

4. 断層用鋼管の開発

(1) 基本原理

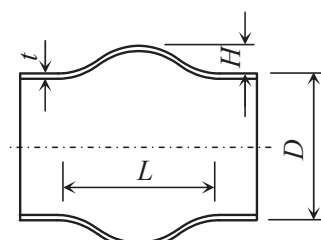
図—1に示すように逆断層を横断して布設された鋼管路に断層変位を与えると、断層の滑り面前後で鋼管に座屈が生ずる。座屈の発生位置は断層変位によって鋼管路に作用する曲げモーメントが最大となる位置近傍と想定されるが、前述のように鋼管の微小な初期不整形に影響を受けるため、その位置の特定は難しい。また、座屈発生後の変形の進展状況によって亀裂・漏水発生限界値は大きくなばつきを持って変動することが予想される。そこで、図—4のように直管に予め初期変形を与えておき、座屈変形が生じ易い（曲げ変形が集中する）箇所を設けることで、変形の発生位置ならびに変形の進展モードを制御し、大規模な強制変位に対しても、亀裂・漏水の発生を抑制して通水機能を確保できる鋼管の構造を考えた。この形状としては、薄肉円筒の軸圧縮の際に派生する座屈波形を基に以下のように設定した。

$$\text{長さ} : L = n \cdot L_w \quad (1)$$

$$\text{高さ} : H = m \cdot t \quad (2)$$

ただし、 L_w は (3) 式で与えられる Timoshenko⁹⁾ の座屈半波長の理論式、 n 、 m は整数、 r は管中心半径、 t は管厚をそれぞれ示す。

$$L_w = 1.72 \sqrt{r \cdot t} \quad (3)$$



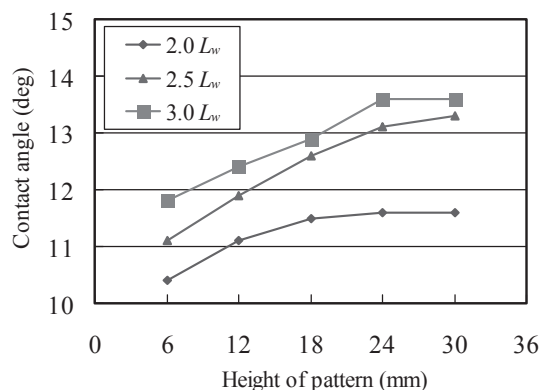
図—4 断層用鋼管の座屈波形

(2) 最適形状の選定

図—4に示す座屈波形を有する鋼管（φ600×6t）について、吸収可能な曲げ角度が最大となる最適形状を、FEMモデルを用いたパラメトリックスタディにより求めた。解析パラメータとしては、波形の長さ L ならびに高さ H を選定した。波形部は管の曲げ変形の進展に従い、山部が成長して管の内壁同士が接触する状態を呈するが、本研究ではこの状態の管の曲げ角

度を「内面接触角度」と称し、断層用鋼管の設計上の許容曲げ角度として規定した。

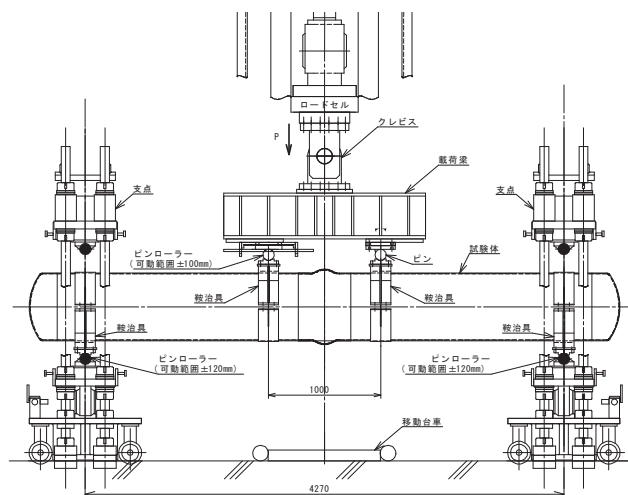
図—5にその結果を示す。長さ L については $L = 225 \text{ mm}$ （ $3.0 L_w$ ）のケースで内面接触角度が最大となることがわかる。また、高さ H については、大きくする程内面接触角度が大きくなる傾向がうかがえるが、 $H = 24 \text{ mm}$ （ $4t$ ）以上では横ばいとなるため、 $L = 3.0 L_w$ および $H = 4t$ を最適形状として選定した。



図—5 内面接触角度に及ぼす波形長さ・高さの影響

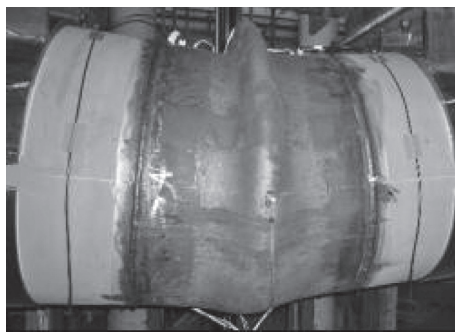
(3) 実管による性能試験

FEM解析によって得られた最適な波形形状の性能を確認するため、3 MN 構造物試験機を用いて図—6に示す実管の曲げ試験を実施した。実験では亀裂発生の有無を確認するため、管内に内圧 0.1 MPa を作用させた状態で、試験機のスโตรーク限界まで曲げを与えた。



図—6 実管の曲げ試験装置

図—7ならびに図—8には試験中の供試管外観を示すが、前者は内面接触角度まで曲げを与えた状態、後者は試験機スโตรーク限界（曲げ角度 30° 以上）の状態をそれぞれ示す。図—7の状態では、曲げ変形



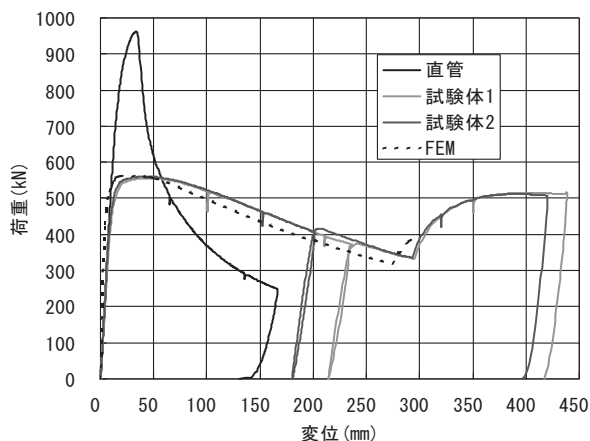
図一七 曲げ試験状況（内面接触角度）



図一八 曲げ試験状況（ストローク最大）

は剛性の小さい波形部に集中しており、左右対称の山が形成されていることが確認できる。さらに曲げ角度を大きくしていくと、波形部に形成された山が横方向に倒れ込む挙動を示すが、図一八の状態に至っても亀裂発生は確認されなかった。したがって、断層用鋼管の設計上の許容曲げ角度として規定した内面接触角度と亀裂発生限界曲げ角度の間には十分な余裕があるものと考えられる。

図一九には、直管ならびに断層用鋼管の曲げ試験結果（荷重—変位曲線）をFEM解析結果と併せて表示している。断層用鋼管の最大荷重は直管の座屈開始荷重の60%程度であり、波形部が選択的に変形している様子がうかがえる。さらに、断層用鋼管では曲げ



図一九 直管ならびに断層用鋼管の曲げ試験結果

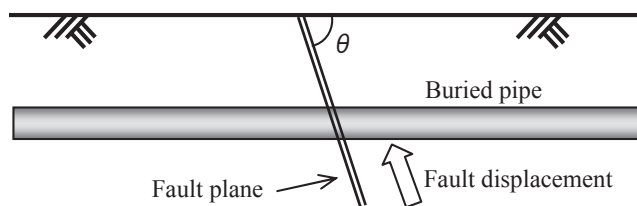
角度の増大に伴って荷重は徐々に低減していくが、内面接触角度を境に反力が回復する。図中に示すFEM解析の結果（破線）は、内面接触角度を実験値に比較して若干小さく評価しているものの、概ね実験値を再現できているものとする。

5. 断層用鋼管の検討事例

(1) 配管設計法

断層用鋼管の計画・設計に際しては、布設される断層毎に異なる想定変位量、断層傾斜角度、埋設位置、地盤条件等に合わせて最適な配管方法を決定する必要がある。口径・管厚については、当該路線における水理的条件ならびに埋設条件から、一般の埋設管路と同様に決定されるが、断層用鋼管の山数ならびにその配置方法は、断層の条件によって決定される。

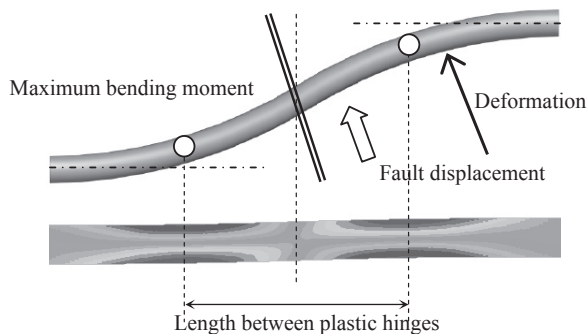
ここでは、図一十に示す逆断層の横断を想定した断層用鋼管の設計フローについて紹介する。



図一十 想定した配管条件

(2) 設置間隔の検討

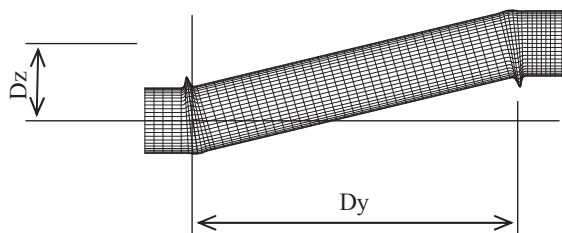
図一十に示すように、断層面を横断する直管路に対し、断層面の滑りに伴う強制変位が作用した場合を想定する。すると、図一十一のように断層面を中心に管路に曲げが生じ、変位の進行に伴って図中の○印の位置における曲げモーメントが全塑性モーメントに到達して塑性ヒンジが形成される。そこで、効率良く断層変位を吸収するために、曲げモーメントが最大となる塑性ヒンジ位置に断層用鋼管を配置するよう計画する。



図一十一 塑性ヒンジ位置

(3) 山数の検討

次に断層パラメータとして与えられた断層変位量ならびに上記で設定した塑性ヒンジ間距離より、断層用鋼管1本当たりの所要曲げ角度を(4)式より計算する(図—12)。断層用鋼管の1山当たりの許容曲げ角度は口径と管厚の関係によっても異なるが、概ね12°程度であることから、これに基づいて断層用鋼管の山数を設定する。断層用鋼管の山数は、1～3山を標準としており、それぞれⅠ型～Ⅲ型と呼んでいる。



図—12 所要曲げ角度の計算方法

$$\theta = \tan \left(\frac{D_z}{D_y} \right) \quad (4)$$

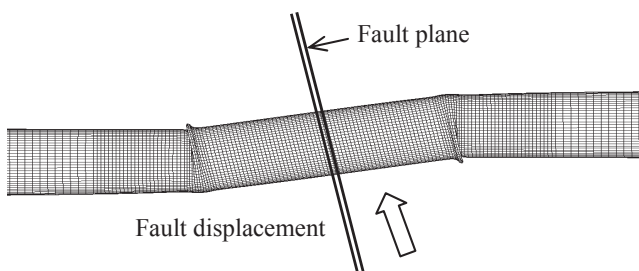
ここに θ : 曲げ角度 (°)

D_y : 塑性ヒンジ間距離 (m)

D_z : 鉛直断層変位量 (m)

(4) FEM 解析による安全性照査

上記で設定した設置間隔ならびに山数を有する断層用鋼管の耐震安全性照査は、FEM モデルを用いた解析によって行う。図—13 は、その一例を示したものであるが、曲げ変形は波形部に集中しており、かつ曲げ角度が内面接触角度に至っていないことから、山数ならびに波形部の配置間隔について妥当であると判断できる。



図—13 FEM モデルによる安全性照査

6. おわりに

以上、水道向けに開発した断層用鋼管の概要ならびに実管試験に基づく曲げ性能の確認、検討事例について紹介した。

断層用鋼管は、鋼管の弾塑性変形性能を十分に活用することで、極めて大きな断層変位にも追従し、震災時における水道ライフラインの供給継続を確保しようとするものであるが、本開発によってこれまで積極的な耐震対策を講ずることができなかった断層横断部に対しても、具体的な耐震対策が検討できる環境が整備されたものと考ええる。

断層用鋼管については、現在日本水道鋼管協会(WSP)において規格化作業が進められており、今年度中にはWSP規格として制定・発刊される見通しである。また、2011年東北地方太平洋沖地震においては、可撓管の脱管による漏水被害が多数報告¹⁰⁾されているが、断層用鋼管は、脱管のおそれが無い耐震性可撓管としての利用可能性もあることから、現在適用拡大に向けた検討を進めているところである。

本開発が現在全国的に進められている水道耐震化の一助となれば幸甚である。

JCMA

《参考文献》

- 1) 日本水道協会：水道施設耐震工法指針・解説 1997年版，日本水道協会，1997。
- 2) ISO：ISO 2394 General principles on reliability for structures, 3rd edition, 1998。
- 3) EUROCODE：EUROCODE 0 Basis for structural design, EN 1990 Eurocode 0 basis, 1990。
- 4) 日本水道協会：水道施設耐震工法指針・解説 2009年版，日本水道協会，2009。
- 5) http://outreach.eri.u-tokyo.ac.jp/eqvolc/201103_tohoku/fukushimahamadoori/, 2012。
- 6) 長谷川延広，今井俊雄，鈴木信久，Development of High Seismic Performance Pipe for Crossing Active Faults. 第6回日米台耐震ワークショップ，2009。
- 7) 長谷川延広，今井俊雄，長嶺浩，中島良和，座屈波形を利用した断層用鋼管の開発。日本工業用水協会第46回研究発表会，2011。
- 8) 活断層研究会編，新編日本の活断層—分布図と資料—，東京大学出版会，1991。
- 9) Timoshenko，座屈理論，コロナ社，1954。
- 10) 鎌田泰子ら，土木学会東日本大震災被害調査団緊急地震被害調査報告書，2011。

〔筆者紹介〕

長谷川 延広 (はせがわ のぶひろ)
JFE エンジニアリング(株)
アクア事業部 水道管路技術部 管路技術室
副課長



今井 俊雄 (いまい としお)
JFE エンジニアリング(株)
アクア事業部
水道管路技術部長



耐震補強等に用いるあと施工型せん断補強技術

RMA 工法

竹 本 幸 弘・佐 竹 辰 州・羽 馬 徹

耐震補強を目的として、既設の地中構造物をあと施工によりせん断補強する場合には、外面からの施工は難しい。また、一般的なせん断補強工法は、せん断耐力のみならず曲げ耐力も増加させる。一方、「RMA 工法」（以下、本工法という）は、既設構造物の内面からあと施工で細径の削孔を行って補強筋を設置することで、せん断耐力だけの向上を図るものである。また、補強筋に特別の筋材を必要とせず、一般の鉄筋を用いることができ、定着材としてカプセルタイプの無機系モルタル「RMA」（以下、モルタルカプセル）を使用するため、安定した品質が簡便な施工で確保できるなどの特徴もある。なお、その設計は、理論と実験により決定したせん断補強の有効率を用いて行う。

キーワード：耐震補強、あと施工、せん断補強、地中構造物、RMA 工法

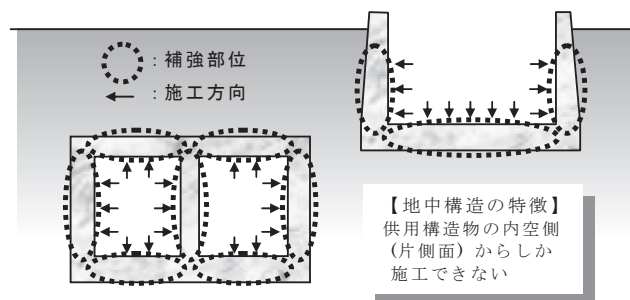
1. はじめに

近年、高度経済成長期に建設された大量の構造物が次々に更新期を迎えている。これらの既存社会資本ストックを長期間にわたり活用するために、構造物を補強して延命化することは有効な手段である。その構造物の長期使用を図るための補強方法の一つとして、耐震補強等に用いるあと施工型せん断補強技術である本工法がある。

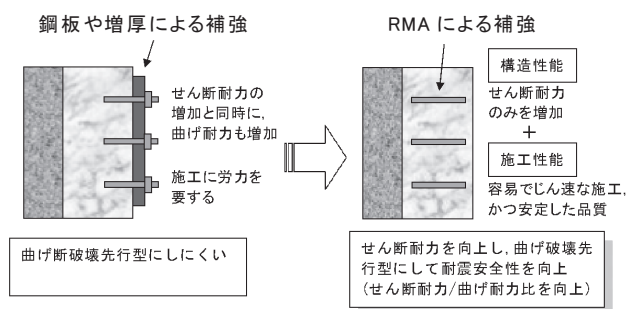
2. 背景

1980 年以前に建設された構造物には、当時の基準で照査すると曲げ破壊が先行するが、現行の基準ではせん断破壊が先行し、じん性が不足するものが多数存在している。構造物の長期使用を図るためには、これらの構造物のせん断耐力を向上させ、曲げ破壊先行型にする補強が必要である。しかし、地中構造物はその特徴から片側面からしか施工できない(図—1)。また、一般的な鋼板設置や部材の増し厚等による補強は、せん断耐力のみならず曲げ耐力も増加させるため、効率的にあと施工でせん断補強する方法が求められている(図—2)。

こうした要求を満たす方法の一つとして本工法がある。以下に、その工法概要と、せん断補強効果の性能確認実験および設計方法の概要を説明する。



図—1 地中構造物の補強の概要



図—2 本工法による補強の概念

3. 工法概要

本工法の概要を図—3 および図—4 に、施工状況の例を写真—1 に示す。

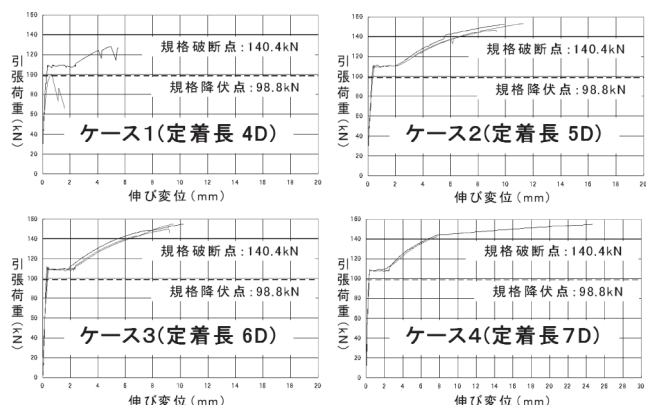
本工法は、既設構造物にあと施工で細径の削孔を行い、補強鉄筋を設置することで、せん断補強を施すものである。他の類似工法と比べて主に以下の特徴を有する。

定着長をパラメータとして4D から7D (D:鉄筋径)まで1D 毎変化させ、評価を行った。

載荷装置は図—6 のとおりとした。

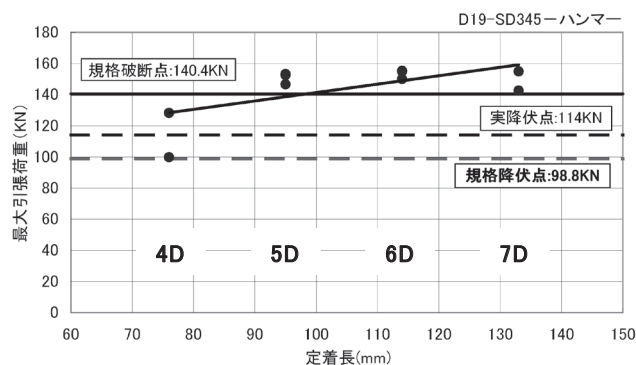
②実験結果

図—7 に引張荷重—伸び変位関係を示す。ケース1 (定着長4D) では、規格降伏強度以上から規格引張強度より小さい荷重で付着破壊した。ケース2 (定着長5D) とケース3 (定着長6D) では、規格引張強度以上の荷重で付着破壊した。ケース4 (定着長7D) では、付着破壊することなく、規格引張強度以上で鉄筋の破断に至った。



図—7 引張荷重—伸び変位関係

定着長と最大引張荷重をまとめたものを図—8 に示す。定着長が4D 以上でSD345 の規格降伏強度相当の定着力を確保できる。また、実降伏強度相当に対しては、5D 以上が必要となる。これらの結果と、使用する鉄筋の先端が斜めにカットしていることも考慮し、より安全側に規格破断強度相当以上の定着力を確保するものとして、本工法のせん断補強鉄筋の基本定着長は6D とした。



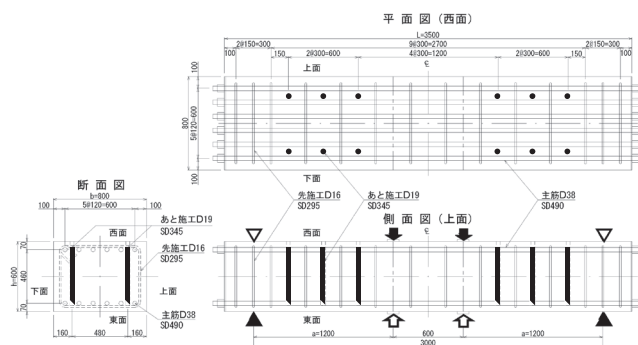
図—8 最大引張荷重—定着長関係

(2) せん断性能

①実験目的と方法

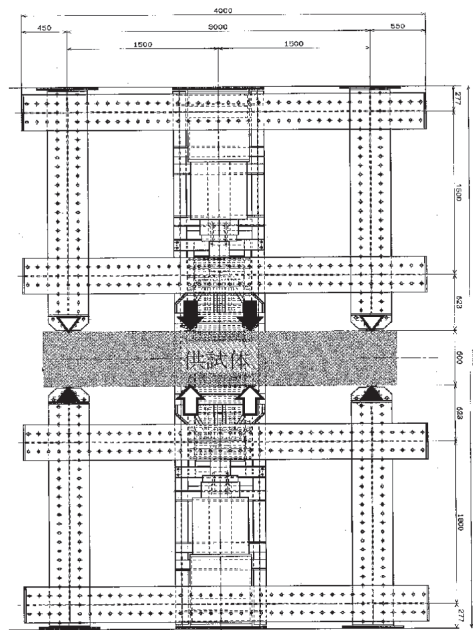
本工法によるせん断補強効果について性能確認実験を行った。B800 × H600 × L3,500 mm のRC 梁の供

試体(先施工のせん断補強筋 D16@300 mm)を製作し、これに本工法であと施工のせん断補強 (D19@300 mm × 2 列) を施し (図—9), せん断耐力を確認する実験を行った。

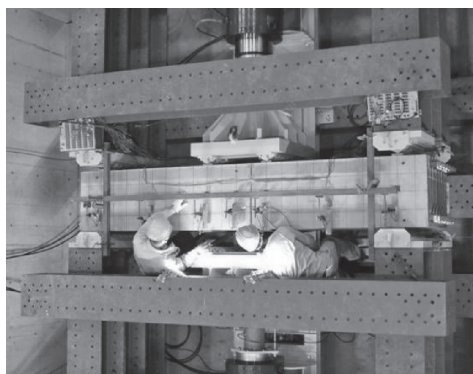


図—9 供試体

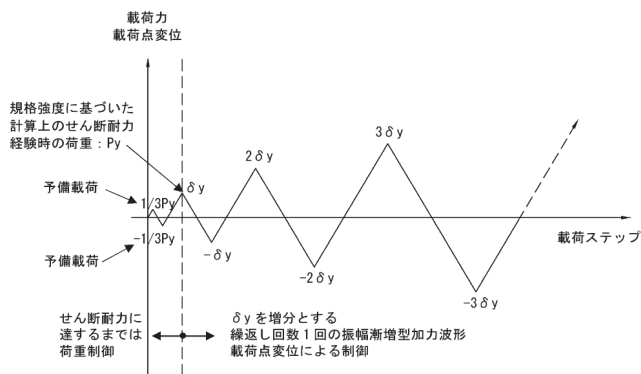
実験は、せん断スパン $a = 1.2$ m とする交番載荷によって行った。載荷装置を図—10 に、実験状況を写真—2 に示す。載荷方法は図—11 のとおりとした。



図—10 載荷装置



写真—2 実験状況

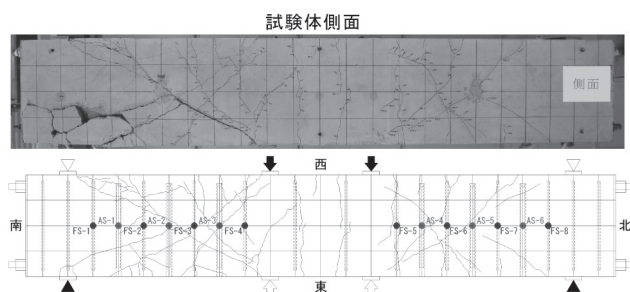


図—11 荷重方法

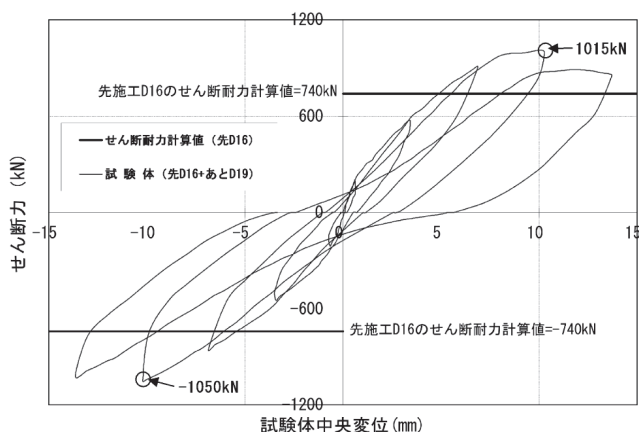
②実験結果

図—12 に実験後の供試体写真とひび割れ状況を示す。また、図—13 に荷重－変位 ($P-\delta$) 関係図を示す。図—13 より、供試体のせん断耐力 (1,015 ~ 1,050 kN) を確認した。これは RMA で補強する前のせん断耐力の計算値 (740 kN: コンクリートが受け持つ分は二羽式¹⁾により算定) を上回る結果である。また、ここでは割愛するが、別実験において、あと施工のせん断補強だけがない供試体の耐力が、この計算値と同等であることを確認している。

以上より、本工法によるせん断補強効果が確認された。

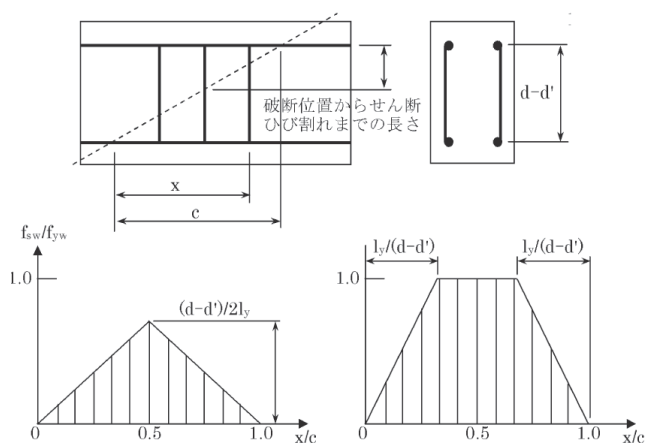


図—12 実験後の供試体写真とひび割れ状況

図—13 荷重－変位 ($P-\delta$) 関係

5. 設計方法

本工法でのせん断補強効果は、「アルカリ骨材反応を受けて破断したせん断補強鉄筋のせん断耐力評価」²⁾を用いて評価することとした。その概念を図—14に示す。同図は、端部にフックを持たないせん断補強筋の負担できるせん断力を、せん断ひび割れからの定着長にしたがって線形で仮定したものである。



図—14 斜めひび割れ内の破断したせん断補強鉄筋応力

図—14 から、通常のせん断補強筋に比べて端部にフックを持たない補強筋の負担できる応力の低下率 η は、下式で表すことができる。

$$\eta = (d - d') / (4 \cdot l_y) \quad \text{if } (d - d') \leq 2l_y \quad (1)$$

$$\eta = 1 - l_y / (d - d') \quad \text{if } (d - d') > 2l_y \quad (2)$$

ここに、 η : 補強筋の負担応力の低下率

d, d' : 上面側、下面側の主鉄筋の位置

l_y : 補強筋の基本定着長

この η を本工法によるあと施工せん断補強筋の有効率 β_{aw} とする。本工法の適用範囲を式 (2) の範囲とすれば、 β_{aw} は下式 (3) で表せる。

$$\beta_{aw} = 1 - l_y / (d - d') \quad \text{ただし } (d - d') > 2l_y \quad (3)$$

ここに、

β_{aw} : 本工法によるせん断補強筋の有効率

l_y : 補強鉄筋の基本定着長 = 6D

式 (3) より、今回せん断実験での供試体 ($d = 530 \text{ mm}$, $d' = 70 \text{ mm}$, $l_y = 6D = 114 \text{ mm}$) の理論上の補強筋の有効率は $\beta_{aw} = 0.75$ となる。一方、実験結果から補強筋の有効率を算定すると $\beta_{aw} = 0.80$

表一2 本工法のせん断補強鉄筋の有効率

単位:kN

せん断耐力					有効率	
計算値				V_{y_exp}	V_{RMA} $=V_{y_exp} - (V_c + V_{s_cal})$	β_{aw} $=V_{RMA} / V_{s_cal}$
V_{c_cal}	V_{s_cal}	$V_{s'_cal}$	V_{y_cal} $=V_c + V_s + V_{s'}$			
512	228	344	1083	1015	276	0.80
$\bullet V_{y_cal}$: せん断耐力(計算値) $\bullet V_{y_exp}$: せん断耐力(試験値) $\bullet V_{RMA}$: 本工法のせん断補強鉄筋負担せん断耐力(試験値) $\bullet V_{c_cal}$: コンクリート負担せん断耐力(計算値:二羽式) $\bullet V_{s_cal}$: 帯状せん断補強鉄筋(先施工)負担せん断耐力(計算値) $\bullet V_{s'_cal}$: 本工法のせん断補強鉄筋を通常のせん断補強鉄筋と見なした場合のせん断補強鉄筋負担せん断耐力(計算値)					$\bullet \beta_{aw}$: V_{RMA} の有効率 $\bullet \beta_{aw_cal}$: 計算による 本工法でのせん断補強鉄筋の有効率	

であった(表一2)。ゆえに、設計は安全側の式(3)(理論値)を用いて行うものとした。ただし、実験の供試体厚が600mmであったことから、600mm以上の壁厚の場合は、 $\beta_{aw} = 0.75$ とし、 β_{aw} に上限を設けることとする。

6. おわりに

以上が、RMA工法の概要と、性能確認実験および設計方法の概要である。詳細については、一般財団法人土木研究センターの建設技術審査証明報告書「RMA」(平成24年9月発行予定)を参照されたい。

現在、RMA工法のせん断補強鉄筋はD13～D25を標準としているが、今後はコスト低減に向けて太径の適用性などを研究していく予定である。

なお、宮城県沿岸地域で採用されたRMA工法による補強構造物は、東日本大地震においても損傷はなかったことを付け加えておく。

最後に、本工法の開発にあたっては、早稲田大学清宮理教授より、細部にわたり懇切丁寧なご指導をいただいた。ここに深甚なる感謝の意を表する。

《参考文献》

- 1) 二羽淳一郎, 山田一字, 横沢和夫, 岡村甫, せん断補強鉄筋を用いないRCはりのせん断強度式の再評価, 土木工学論文集, No.372/V-5 pp.167-176, 1986.
- 2) 土木学会, アルカリ骨材反応対策小委員会報告書, 2005.9.

【筆者紹介】

竹本 幸弘 (たけもと ゆきひろ)

(株)ケー・エフ・シー

技術部

技術課長



佐竹 辰州 (さたけ たつくに)

(株)ケー・エフ・シー

営業企画推進部

係長



羽馬 徹 (はば とおる)

(株)ケー・エフ・シー

取締役

技術部長



写真一3 モルタルカプセル RMA

杭頭と構造物底盤を絶縁・分離する 杭頭絶縁免震工法の開発

西村 晋一・木 全 宏 之・福 武 毅 芳・田 地 陽 一

筆者らは千葉大学と共同で、地震時における杭応力や上部構造物の慣性力を低減することを目的として、杭頭と基礎スラブを剛結しない完全切り離す基礎構造「杭頭絶縁免震工法（以下「本工法」という）」を提案している^{1), 2)}。30 g 場の遠心模型実験により、1) 杭頭絶縁基礎は杭頭を剛結した基礎よりも構造物の加速度応答が低減されること、2) 構造物と杭頭の間の地盤にジオテキスタイルを介在させることにより構造物の沈下や構造物と地盤の相対沈下が抑制されること、が明らかとなった。また、屋外に設置した免震効果検証用の構造物により実際の地震時の挙動観測を開始している。

キーワード：免震、杭基礎、杭頭接合、遠心実験、ジオテキスタイル、沈下

1. はじめに

近年、我国は地震活動期に入り、東海地震等の巨大地震が切迫している。地震対策の一つに免震技術があるが、土木構造物に対しては道路橋支承部を除いて導入が遅れているのが現状である。このような状況下から、土木構造物に対する合理的な免震技術のニーズが一段と高まってきている。

そこで、筆者らは地盤・基礎に着目した免震技術として、基礎杭の頭部と構造物底盤を結合しない本工法に関し、平成 20 年 4 月から千葉大学の中井正一教授のご指導のもとで開発を行ってきた。本免震工法の開発にあたり、遠心模型振動実験を行い、杭応力と挙動に関する杭頭剛結の場合との比較を行った。さらに地盤内の杭頭レベルにジオテキスタイルを敷設することにより、構造物の残留沈下を抑制する効果についても検討した。

本報告では、①本工法の概要、②遠心模型実験による検証、③屋外に設置した免震効果検証用の地震時挙動観測システムについて述べる。

2. 本工法の概要³⁾

杭基礎を採用する構造物では、建築・土木を問わず一般に、杭頭と構造物の底盤とを一体化（剛結合）している。剛結合すると地震力が杭から構造物に直接伝播して、構造物の加速度が大きくなるとともに杭頭部分に大きな力が作用する。したがって、杭の断面積と

強度は、地震時に杭頭に作用する力と平常時に杭頭に作用する上部構造物の荷重の両方を勘案し、決定している。

そこで今回、逆転の発想で杭基礎の概念を覆し、杭頭と構造物の底盤を絶縁・分離する全く新しい免震技術を開発した。杭頭と構造物の底盤を分離すれば、構造物に伝播する地震力を大幅に低減できると同時に、杭頭に作用する力が大幅に小さくなるため杭の断面積と強度を削減できる可能性がある。

本工法の概念を図-1に示す。従来の杭頭剛結合基礎に比べ、本技術では杭と構造物を結合しないことにより、構造物に作用する加速度と杭に発生する応力を低減することができる。また、杭の応力低減により杭のコストダウンも可能となる。杭と構造物を繋がないので施工も簡単になり、杭頭部と構造物部分の過密配筋の問題も解消される。なお、地盤内の杭頭レベルに、構造物の残留沈下を抑制するためのジオテキスタイルを敷設する。

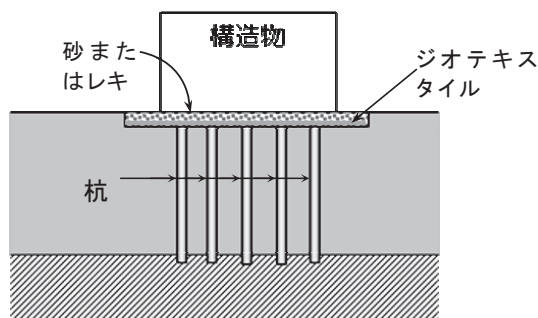


図-1 本工法の概念

3. 遠心模型実験による検証⁴⁾

杭とスラブ間を杭径 D ($1D$) 離れた杭基礎構造物を対象として、遠心模型実験により免震効果の検討を行った。また、地盤内の杭頭レベルにジオテキスタイルを敷設することにより、構造物の残留沈下を抑制する効果についても検討した。

(1) 実験条件と方法

遠心模型実験は、長さ 770 mm、幅 470 mm、高さ 370 mm のせん断土槽を用い、30 g の遠心载荷場で実施した。図-2 に遠心模型実験の概要を示す。模型砂地盤は空中落下法により相対密度が約 60% となるように作成した。模型地盤の材料は、7 号珪砂 ($G_s = 2.635$, $e_{max} = 1.185$, $e_{min} = 0.712$, $D_{50} = 0.147$ mm) を用いており、乾燥状態である。

模型杭は、外径 17 mm、肉厚 1 mm、長さ 268 mm の真鍮製の 4 本杭構造とした。杭芯距離は 85 mm ($5D$) としており、杭先端は完全固定条件とした。上部構造物は、長さ 136 mm、幅 136 mm、高さ 88 mm のアルミ製ブロックであり、重量は 4.4 kg (実物換算 1,190 kN) で、接地圧は実物換算で 69.9 kN/m^2 である。

今回は、全部で 4 ケースの実験を実施した (表-1)。Case1 は上部構造物と杭頭を剛結した実験 (普通の杭基礎構造物) で、Case2 ~ 4 は杭頭と上部構造物を $1D$ (17 mm) 切り離れた実験 (杭頭絶縁基礎) である。杭頭絶縁基礎実験のうち、Case3 と 4 は、地震後の残留沈下の抑制を担って、上部構造物と杭頭の間に沈下対策を施した。対策方法として Case3 は、碎石相当の材料 (3 号珪砂) を用い、Case4 は碎石を (3 号珪砂) ジオテキスタイルで巻き座布団状にしたものを用い

た。また、上部構造物の下端の位置は地表面としており、地盤の埋め込みは考慮していない。Case4 の碎石をジオテキスタイルで巻いた実験では、ジオテキスタイル上に構造物を乗せ、1 g 場での引っ張り試験を実施した。構造物とジオテキスタイルの動摩擦係数は、0.483 ($\phi_u = 25.8^\circ$) であり、一般的な砂材料の内部摩擦角よりは小さい。

杭頭絶縁基礎の模型実験のうち、図-2 は Case2 における計測器配置図である。模型地盤中の 8 深度に加速度計を設置し、振動台と土槽底面に加速度計を設置した。地表面にはレーザー変位計を 2 箇所を設置し、水平変位と鉛直変位の時刻歴を測定した。上部構造物については、水平加速度、鉛直加速度、ならびに水平変位と 3 箇所において鉛直変位を測定した。模型杭のひずみゲージは、P1, P4 杭については 7 深度に設置し、P2, P3 杭は杭頭付近の 2 箇所に設置した。また、地盤のせん断剛性の把握ため、模型地盤中にベンダーエレメントを設置し、せん断波速度を計測した。さらに、上部構造物と杭頭の間には色砂を敷くことで実験後の残留沈下状況の把握を試みた。

これらの実験条件を表-1 にまとめて示す。ベンダーエレメントより計測された模型地盤のせん断波速度は、158 ~ 171 m/s 程度でややばらついているが、概ね同一の地盤条件であると考えられる。入力加速度は 60 Hz10 波 (実物換算 2 Hz) の正弦波加速度を用いており、最大加速度は 9 g (実物換算で 300 Gal) を目標とした。実際に入力された加速度は、土槽底面で計測された加速度の最大値であり、278 Gal ~ 299 Gal である。

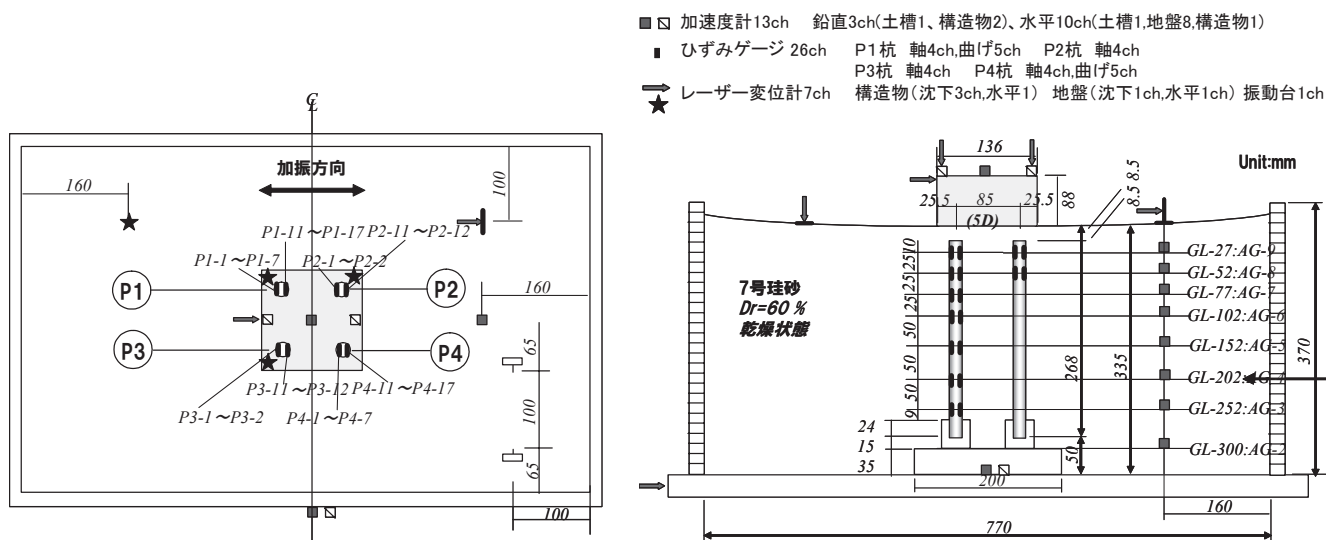
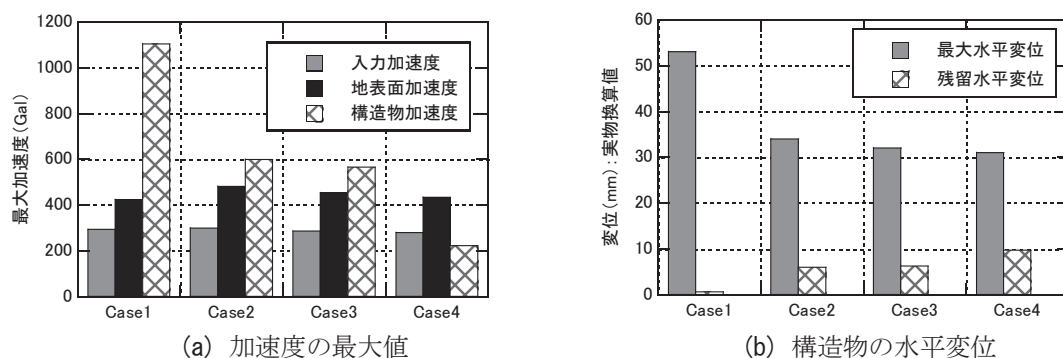


図-2 遠心模型実験の概要



図—4 応答加速度の最大値と構造物の変位

表—2 構造物の残留沈下量（実物換算値）

		鉛直残留変位 (mm)				相対沈下
		上部工 (Z1)	上部工 (Z2)	上部工 (Z3)	地盤	地盤構造物－地盤
Case1	杭頭剛結	0	0	0	81	－81
Case2	杭頭絶縁 (1D)	204	210	209	100	108
Case3	杭頭絶縁 (1D) + 碎石	185	189	175	78	105
Case4	杭頭絶縁 (1D) + ジオテキ	47	39	58	55	－7

600 Gal を下回る値となっており、大きな免震効果が得られていることが分かる。特に、Case4 のジオテキ補強実験での構造物加速度応答は、220 Gal と最も小さい。

上部構造物の水平残留変位は、Case4 が 10 mm と最も大きい。この実験では、杭頭絶縁による免震効果と上部構造物がジオテキタイルとの間で滑ることによる免震効果の両者が作用したためである。模型実験の概要において記したように、Case4 での内部摩擦角 25° と一般的な砂材料よりは小さいため、滑りが生じて上部構造物に残留変位が生じた。このことは、Case4 の構造物の加速度や変位波形からも見てとれる。

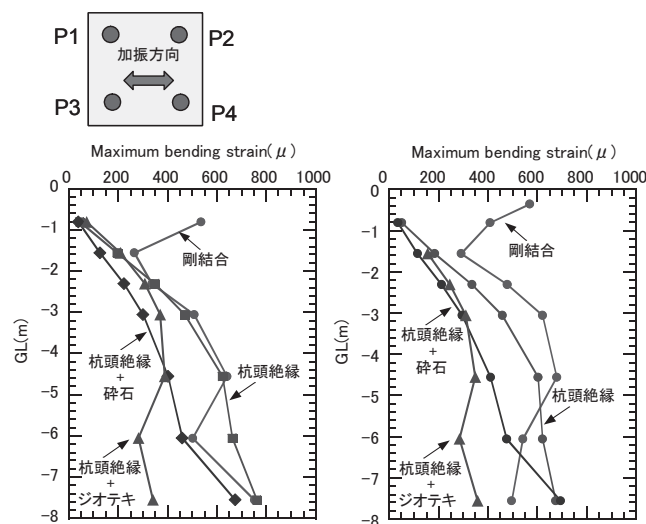
② 構造物の残留沈下量

構造物の相対残留沈下量は、構造物の 3 箇所計測した鉛直変位（絶対沈下量）の平均値から地盤の鉛直変位を差し引いて算定した。表—2 に Case1 ～ 4 の構造物の鉛直変位、地盤の鉛直変位、構造物の相対残留沈下量を示す。Case2, 3 での構造物の相対残留沈下量は 100 mm をやや上回る値となっている。一方、沈下対策としてジオテキスタイルを用いた Case4 での相対残留沈下量は -7 mm であり、構造物の沈下抑制効果は大きい。

ジオテキスタイルにより、地盤が繰り返し変形に抵抗できず移動する欠点を補うことができ、地盤の変位が拘束された。すなわち、地震時の地盤の移動を、ジオテキスタイルのテンション抵抗によって防ぎ、構造物の沈下が抑制できた。

③ 杭基礎の断面力

図—5 に全深度においてひずみを計測した P1 杭、

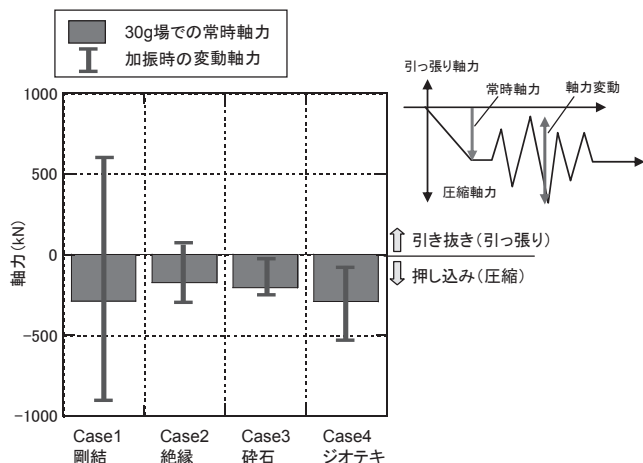


図—5 杭基礎の曲げひずみの深度分布

P4 杭における曲げひずみの深度分布を示す。杭頭絶縁基礎での杭頭曲げひずみは、杭頭剛結基礎と比較して大きく低減されている。各々の実験における曲げひずみの深度分布は多少ばらついているが、概ね同様な傾向を示している。

④ 杭基礎の軸力

加振中における杭 1 本当たりの変動軸力を図—6 の赤色で示す。同図中に青色の棒グラフで表示したのは、遠心加速度が 30 g に達したとき（常時）の杭頭軸力である。杭頭の常時軸力は Case1 と Case4 では 280 kN であり、上部構造物重量である 1,200 kN のほぼ 1/4 を分担しており、構造物の重量を杭で負担している。一方、Case2, Case3 での常時軸力は、構造物



図—6 杭頭の常時軸力と変動軸力（1本当たり）

の重量の全てを杭が分担した場合の杭1本当たりの常時軸力を下回っており、杭頭と構造物の間の地盤が重量を分担している。また、図—6中に赤線で示した加振中の変動軸力は、Case1では引き抜き側、押し込み側ともに大きな値を示しているのに対し、杭頭絶縁基礎では、杭頭が接合されていないため引き抜き側の力は、ほとんど作用していない。杭基礎の押し込み側への圧縮力は、残留沈下に対して効果的であったCase4の実験で若干大きくなる傾向にある。杭頭を剛結ではなく絶縁構造とすることにより、杭頭曲げモーメントの低減のみならず、押し込み、引き抜き力の低減に対しても大きな効果がある。

(3) まとめ

本工法の有効性を検証するため、4本杭による構造

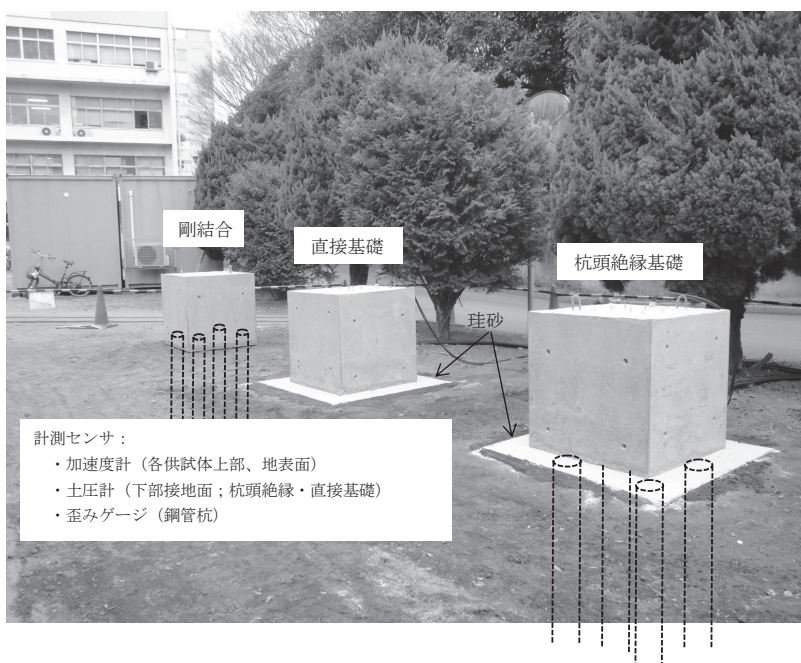
物～地盤系の遠心模型実験を実施した。実験結果より以下の成果が得られ、杭頭絶縁基礎の有効性を確認した。

- ①杭頭絶縁は杭頭剛結に比べ、構造物の加速度が低減した。
- ②杭頭絶縁 Case2, 3は杭頭剛結に比べ、杭応力（曲げひずみ）や軸力が大きく低減するが、残留沈下が生じた。
- ③杭頭絶縁 Case4は、杭応力（曲げひずみ）や軸力の低減効果に加え、残留沈下も抑制できた。これは、ジオテキスタイルの張力による。

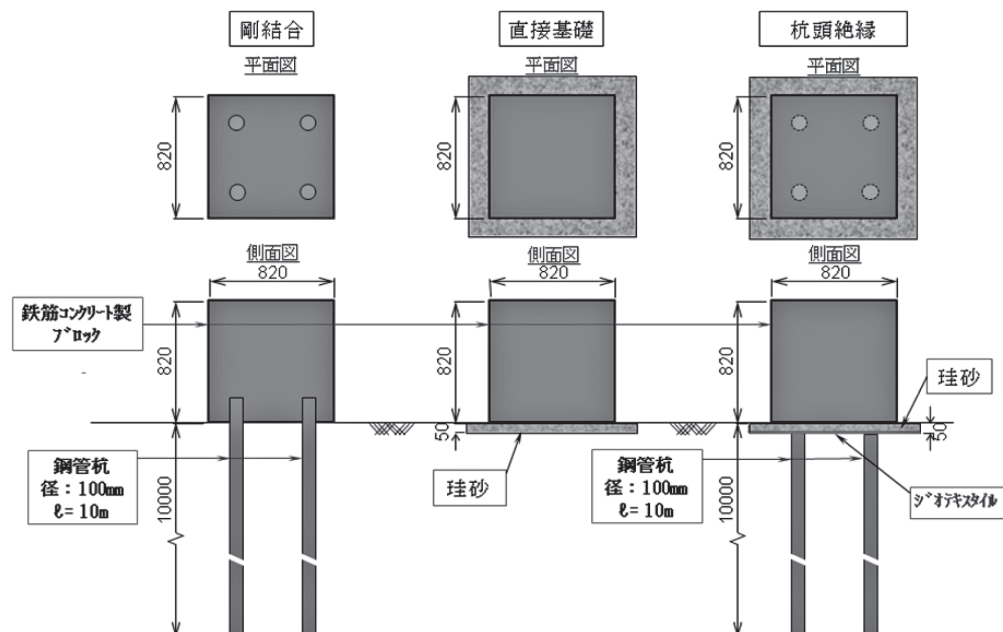
4. 地震観測システム

本技術の実用化を目的として、千葉大学の構内に1/10スケールの構造物モデルを設置し、免震の効果を確認するための地震時挙動観測を2012年の1月から開始した（写真—1、図—7）。今回設置した構造物モデルは一辺が82cmの立方体の鉄筋コンクリートブロック、杭は径100mmの鋼管であり、地震時挙動を比較するために杭頭絶縁、杭頭剛結合、直接基礎の計3体を設置した。杭頭絶縁基礎は、杭の直上部にジオテキスタイルを敷き、その上に6号珪砂を50mmの厚さ（杭径Dの0.5倍）で敷設した。各モデルには加速度計、土圧計、杭のひずみゲージを設置している。

今後は引き続き観測を継続し、地震観測記録の蓄積・分析を定期的に行い、杭頭絶縁基礎の免震効果の有効性検証を行っていく予定である。



写真—1 地震時挙動観測システムの全景（千葉大学構内）



図一七 地震時挙動観測用の構造物～杭モデル

5. おわりに

地震時における杭応力や上部構造物の慣性力を低減することを目的として、杭頭と基礎スラブを剛結しないで完全に切り離す基礎構造「杭頭絶縁免震工法」を提案した。そして、30 g 場の遠心模型実験により、1) 杭頭絶縁基礎は杭頭を剛結した基礎よりも構造物の加速度応答が低減されること、2) 杭応力が低減されること、3) 構造物と杭頭の間の地盤にジオテキスタイルを介在させることにより構造物の沈下や構造物と地盤の相対沈下が抑制されることを示した。さらに、1 g 場におけるより大きな模型構造物に対しても効果を実証するため、屋外に設置した構造物により実際の地震時の挙動観測を開始し、実証データを収集している。

近年の地震活動期においては、地震対策技術の整備が急務である。今後は実際の地震に対する免震効果を検証・確認したうえで、プラント基礎などの杭基礎を有する各種土木構造物に展開していく考えである。

JICMA

謝 辞

本稿執筆に当たり多大な協力を頂いた千葉大学中井正一教授に誌面を借りて心よりお礼を申し上げます。

《参考文献》

- 1) 張 至鎬, 田地陽一, 福武毅芳, 中井正一, 関口 徹, 木全宏之, 西村晋一: 遠心模型実験による杭頭絶縁基礎の地震時挙動の検討, 第13回日本地震工学シンポジウム, 2010.

- 2) 田地陽一, 張 至鎬, 福武毅芳, 中井正一, 関口 徹, 木全宏之, 西村晋一: 遠心振動実験による杭頭絶縁基礎の地震時挙動に関する研究, 第31回土木学会地震工学研究発表会講演論文集, 2011.
- 3) 田地陽一, 福武毅芳, 中井正一, 関口 徹, 木全宏之, 西村晋一: 杭頭絶縁基礎の地震時挙動に関する遠心模型実験, 第46回地盤工学研究発表会, 2011.
- 4) 福武毅芳: 軟弱地盤の非線形特性を利用した免震基礎, 特別寄稿, MENSIN, No.34, pp.26-40, 2001.

【筆者紹介】

西村 晋一 (にしむら しんいち)
清水建設㈱
土木技術本部 技術開発部
主査



木全 宏之 (きまた ひろゆき)
清水建設㈱
土木技術本部 設計第二部 設計技術グループ
グループ長



福武 毅芳 (ふくたけ きよし)
清水建設㈱
技術研究所 総合解析技術センター 地盤解析グループ
グループ長



田地 陽一 (たじ よういち)
清水建設㈱
技術研究所 総合解析技術センター 地盤解析グループ
主任研究員



地盤の不飽和化による液状化対策技術

空気注入不飽和化工法（Air-des 工法）の開発

三 枝 弘 幸・三 好 朗 弘・藤 井 直・
山 田 直 之・岡 田 克 寛・岡 村 未 対

地盤の液状化強度を増加させる方法の一つに、地盤の飽和度を強制的に低下させる空気注入技術がある。当技術は、使用する材料が空気であるという点で経済面や環境面でも非常に優れており、広範囲な領域を、効率のかつ安価に液状化対策できるものとして期待されている。著者らは、沿岸域の複数地点にて現場実験を実施し、この空気注入を中心とした一連のシステムで液状化対策を行うことができる世界初の空気注入不飽和化工法（Air-des 工法—以下「本工法」という）を開発した。本報は、空気注入による不飽和化の効果を概説し、現場実験での品質確認結果を交えて工法の特長をまとめたものである。

キーワード：液状化、空気注入、飽和度、不飽和、凍結サンプリング

1. はじめに

我が国の人口と資産のほとんどは、ひとたび地震が発生すれば液状化する可能性の高い低平地に集中している。そのため、過去にも液状化によって電気や通信、上下水道などのライフライン、海岸や河川堤防などの防災施設、空港・港湾・道路を始めとする物流施設など、数多くの構造物がその被害を受けてきた。このような状況の中、1995年に発生した兵庫県南部地震以降、重要構造物に対する耐震対策および液状化対策が進められているが、今日に至るまでの対策進捗率は決して高いとはいえないのが現状である。これは、液状化対策を必要とする領域が広範囲に亘るのに対し、その対策コストが高価であるという点が理由の一つである。わずかな液状化強度の増加で十分な効果が得られる自然地盤が多く存在する中、安価で効果的に実施できる対策技術があれば、対策進捗率も大幅に向上する

ものと考えられる。

周知のとおり、地盤の液状化は緩く堆積した飽和砂地盤で生じ易く、締固めによる密実化や薬液、セメントによる固結などの原理に基づいた多くの対策工法が提案され、実用化されている（表—1）。しかしながら、前述のとおりこれらの多くは工費が高く、加えて既設構造物直下を改良できる工法はごく限られている。

一方、地盤の飽和度を低下させると液状化強度が増加することは室内試験を通じて古くから知られており¹⁾、その1つに空気注入技術がある。この極めて簡単な作業で地盤を確実に不飽和化できれば、経済面や環境面からだけでなく、既設構造物直下にも適用できる優れた液状化対策になり得ると考えられている²⁾。

このような背景の中、著者らは当技術を実用化させることを目的に、沿岸地域にて現場実験を継続的に実施してきた。その結果、空気注入のみで液状化対策を行う世界初の工法として、空気注入不飽和化工法を開

表—1 代表的な液状化対策工法の原理と概要

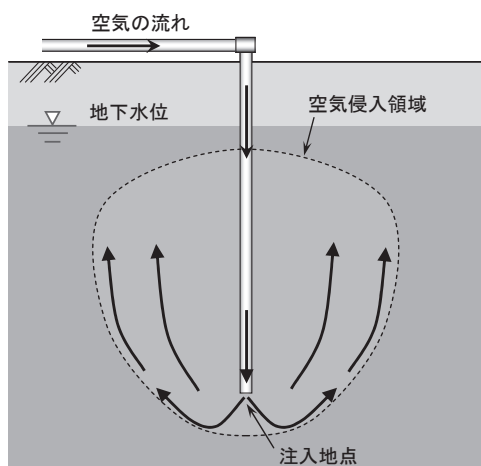
原 理	概 要	主 な 工 法
締固め (密度増大)	地盤を締固めて液状化強度を増加させる方法	サンドコンパクションパイル工法、バイプロフローテーション工法、重錘落下工法
水圧消散	透水性の良い材料を地盤内に設置し、水圧消散を図る方法	砕石ドレーン工法（グラベルドレーン工法）、サンドドレーン工法
固結 (拘束)	地盤を固結させて、液状化を防止する方法	深層混合処理工法（CDM、DJM）、薬液注入工法
拘束	拘束効果によって地盤のせん断変形を防ぎ、液状化を防止する方法	シートパイル
置換	液状化を起こさない材料で対象部を置き換える方法	掘削置換工法

発した。本報は、空気注入によって液状化強度が増加するメカニズムについて概説し、現場実験から得られた品質確認結果を交えて、工法の特長を報告するものである。

2. 空気注入による液状化抑制の効果

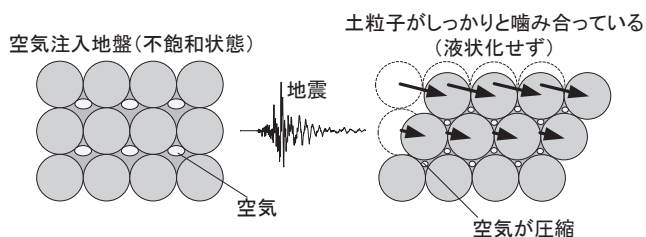
(1) 原理

空気注入のイメージを図一1に示す。土粒子の骨格構造に影響を与えないように、慎重に地盤内に空気を注入すると、間隙水の一部が空気と置換えられる。注入地点から空気が拡がる領域（以下、空気侵入領域）は、対象地盤の飽和透水係数や注入時間により異なる。注入停止後は一部の空気を除き、余剰な空気は地盤上部から自然に排出され、液状化対象となる砂地盤の飽和度 S_r は概ね 85～95% 程度に低下した安定状態となる³⁾。



図一1 空気注入のイメージ

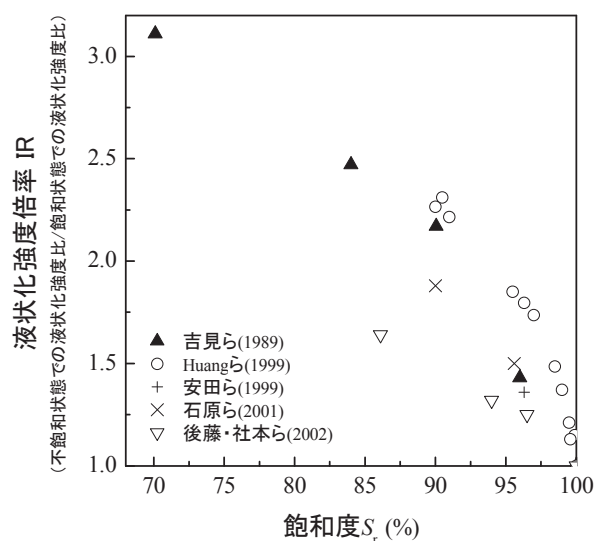
図一2に空気注入を行った地盤における液状化強度増加のイメージを示す。注入停止後に空気が間隙にトラップされた砂質地盤では、地震による荷重が作用した際、間隙の体積が圧縮することで過剰間隙水圧の上昇が抑制され、液状化に対する抵抗が増加する。これによって、ある程度大きな地震力までは土粒子が互いの接触を保持して噛み合った状態が維持され、土



図一2 液状化強度増加のイメージ

の強度・剛性の低下が抑制される。

この不飽和化による液状化強度の増加（液状化強度倍率 IR の増加）は、過去にも室内試験を通じて数多く確認されている¹⁾。既往の実験結果をまとめて図一3に示す。なお、液状化強度倍率とは、飽和状態で得られる液状化強度との比率を示しており、 $S_r = 100\%$ にて1.0となるものである。対象とした土質試料やその相対密度、試験方法といった条件により分布傾向は異なるが、飽和度 S_r が低下することで液状化強度が増加する傾向は全ての試料で一致しており、地盤が不飽和することで液状化に対する抵抗性が増加していることは明らかである。



図一3 飽和度と液状化抵抗増加率の関係

(2) 空気注入地盤の液状化強度の評価

前述のとおり、間隙に空気が存在することによる液状化強度増加のメカニズムは、発生する過剰間隙水圧が空気の圧縮により低減することにある。

この現象は土の三相構造（土粒子、水、空気）を用いれば、間隙圧の増加 Δp によって間隙中の空気が圧縮して発生する土の体積ひずみ ε_v として、ボイルの法則から式一1で表現することができる。なお、土粒子と水は非圧縮としている。

体積ひずみ ε_v は液状化に達した状態、すなわち過剰間隙水圧が完全に上昇した $\Delta p = \sigma'_c$ 条件の時に最大となり、体積ひずみポテンシャル ε_v^* にて式一2で表される⁴⁾。

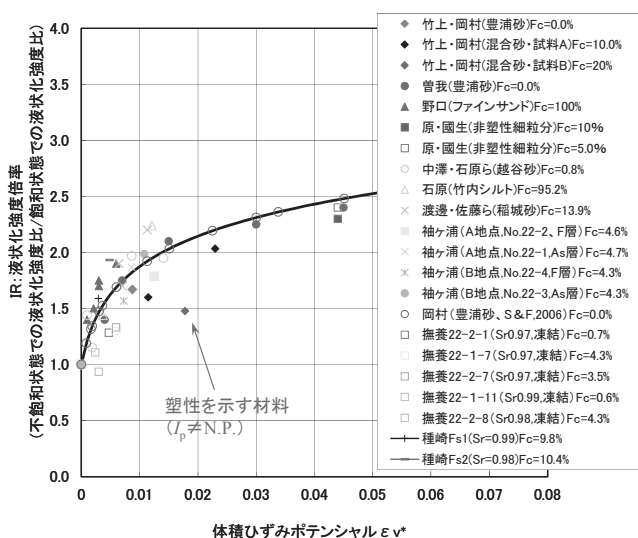
$$\varepsilon_v = \frac{\Delta p}{p_0 + \Delta p} \left(1 - \frac{S_r}{100} \right) \frac{e}{1 + e} \quad (\text{式一1})$$

$$\varepsilon_v^* = \frac{\sigma'_c}{p_0 + \sigma'_c} \left(1 - \frac{S_r}{100} \right) \frac{e}{1 + e} \quad (\text{式一2})$$

ここで、 p_0 は初期間隙圧（絶対圧）、 Δp は間隙圧

の増加量, S_r は飽和度, e は間隙比, σ'_c は有効拘束圧をそれぞれ意味している。

図—4 に液状化強度倍率 IR と体積ひずみポテンシャル ε_v^* の関係を示す。塑性を示す材料 ($I_p \neq N.P.$) で一部異なる傾向が確認されるが、それ以外の全ての材料で液状化強度倍率と ε_v^* はユニークな関係が見られる。この関係を用いれば、空気注入によって低下した飽和度 S_r から液状化強度を求めることが可能である。そのため、ある地盤における液状化対策を検討する際、必要となる液状化強度の値から飽和度 S_r を算定し、その飽和度 S_r が空気注入によって実現できるものである場合、当工法が適用可能と判断されることになる。



図—4 液状化抵抗増加率と ε_v^* の関係

3. 工法の特長

開発した本工法の特長は以下のとおりである。

- 1) 材料費のかからない空気を使用するため、他の液状化対策工法に比べて安価となる

従来の工法がセメントや薬液、砂、ドレーンなどの材料を必要とするのに対し、当工法は材料費のかからない大気中の空気を利用することができる。加えて、施工に大型機械を必要とせず、注入管設置のための削孔機、および注入に必要なコンプレッサー程度である。小規模な設備で施工が行えることから、他工法に比べて十分な低コスト化が実現できる。

- 2) 施工中に地盤の変形が生じないため、構造物直下も供用中のまま適用できる

土粒子の骨格構造を変化させずに空気を間隙水と置き換えるため、注入に伴う地盤の体積変化が発生しない。そのため、施設自体にも有害な変形を生じさせる

ことなく、供用したままの施工が可能となる。

- 3) 使用材料が空気であるため、施工に伴う周辺環境への負荷が極めて小さい

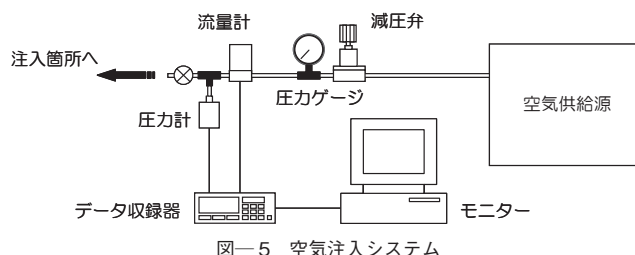
セメントや薬液などの材料を使用する他工法の場合においては、六価クロムなどに代表されるとおり、材料に起因した環境要因に注意を払っておく必要があり、十分な監視が要求される。加えて、作業に大型施工機械を使用することが多く、周囲への振動・騒音のみならず、機械からの油漏れについても注意しておかなくてはならない。他方、当工法は大気中の空気を使用することから、材料に起因した環境への負荷要因は極めて少なく、施工に大型機械も必要としないことから、騒音・振動の影響も考慮する必要はほとんどない。

- 4) 小規模設備で施工が行えるため、狭隘なスペースでも施工可能である

図—5 に空気注入時に必要となる注入システムを、写真1～4に実際の施工状況をそれぞれ示す。

空気供給源としては、通常の建設工事で標準的に使用されるコンプレッサーを利用でき、供給された空気は圧力計と流量計で計測・管理しながら地盤に送り込むシンプルな装置構成である。他工法と異なり材料プラントの設置も必要ないため、狭隘な場所でも十分施工が可能である。

また、注入施工箇所には送気管が敷設されているのみであり、施工に大型機械が不要であることも状況写真から明らかである。



図—5 空気注入システム



写真—1 空気注入システム



写真-2 空気供給源（コンプレッサー）



写真-3 空気注入状況



写真-4 空気注入状況 全景

4. 現場実験

(1) 実験概要

空気注入技術を実用化させるために、以下の目的を掲げて現場実験を実施した。なお、現場実験場所は千葉県袖ヶ浦と徳島県撫養の沿岸域である。

- 1) 空気注入の施工性確認
- 2) 空気注入による改良効果の確認

(2) 空気注入の施工性確認

地盤内に安定的に空気を注入するためには、土粒子の骨格構造を変化させないように注入を制御する必要がある。そのためには、空気注入の注入圧力 p および注入流量 q を適切に管理しなくてはならない。特に注入圧力 p は、注入地点深度での有効土被圧 σ'_{v0} の0.8倍程度以上で割裂破壊を生じる可能性が指摘されており⁵⁾、より厳密な管理が要求される。

現場実験での注入履歴（注入圧力 p と注入流量 q の経時変化）の一例を図-6に示す。注入圧力 p は $(p-u_0)/\sigma'_{v0}$ で0.3以下と、約5時間にわたり安定した管理が行えていることがわかる。また、この管理に応じた注入流量 q は18～20 L/minであり、ほぼ一定状態が維持されている。注入中に各履歴に急激な変動が見られていないことから、地盤が割裂破壊を生じることなく不飽和化が進行していることが示唆される。

この履歴の注入圧力 p と注入流量 q の関係を図-7に示す。注入圧力 p は約4 kN/m²程度で地盤内に空気が流れはじめ、注入流量 q は注入圧力 p によって直

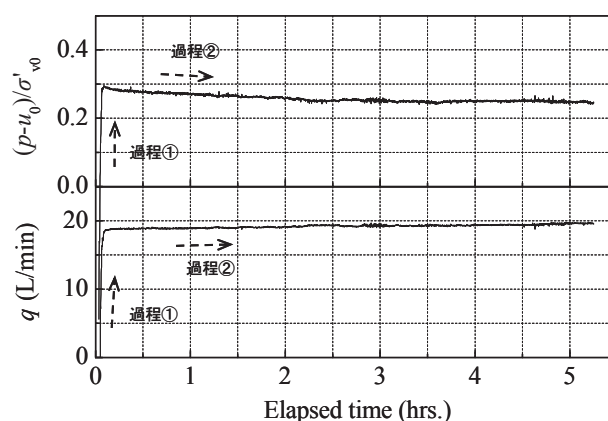
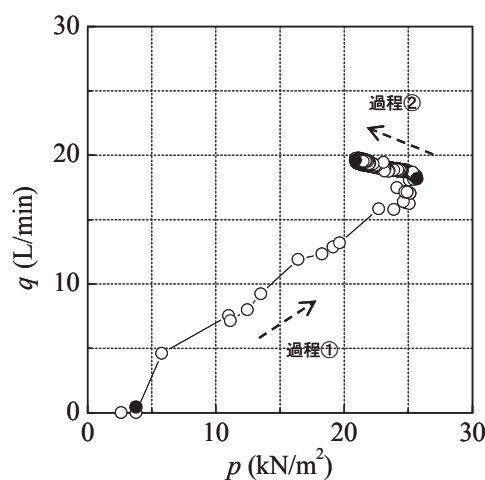


図-6 空気注入履歴

図-7 注入圧力 p と注入流量 q の関係

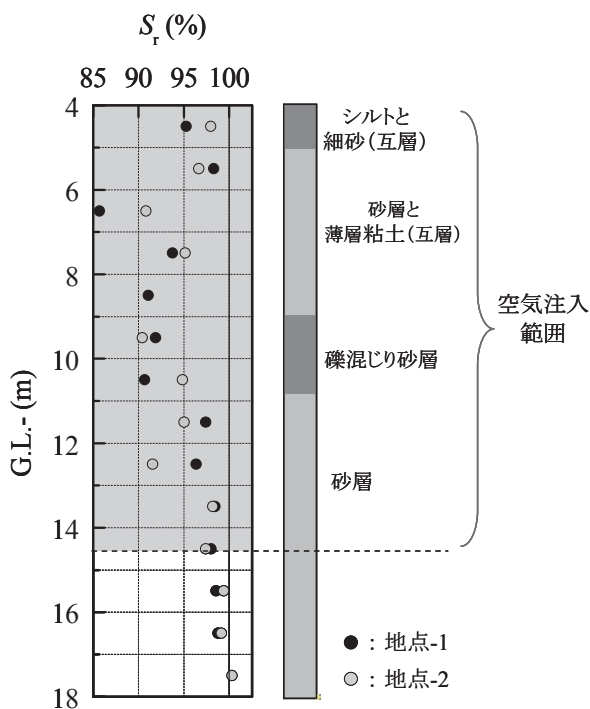
線的に増加している（過程①）。その後の過程②では、過程①と異なり、低い注入圧力 p で大きな注入流量 q が得られる傾向である。この結果は、地盤内に空気が

注入されることで飽和度が低下し、これに伴って透気性が向上するという既往の知見と良く一致している⁶⁾。

(3) 空気注入による改良効果の確認

空気注入を行った約4ヶ月後において、地盤を凍結させて試料採取を行う凍結サンプリングを実施した。これによって得られた試料から飽和度 S_r を算出し、空気注入による改良品質を評価した。なお、試料の採取は空気注入地点から約1.5m離れた位置で、2地点(地点-1, 2)とした。

算出された飽和度 S_r の深度分布を図—8に示す。空気注入の対象としたG.L.-14.5m以浅において、飽和度 S_r は注入前の100%から明らかに低下しており、概ね90～95%の範囲内に分布している。これは、当注入システムにて地盤内に空気が確実に注入できること、かつ注入した空気が長期的に安定して地盤内に留まっていることを示す結果であり、当技術が確実に液状化対策に寄与できることを証明するものである。



図—8 空気注入の品質確認結果 (飽和度評価)

5. おわりに

地盤内に空気を注入することで地盤の液状化対策を行うことができる世界で初めての画期的な本工法を開発した。現在も、当工法の施工性を向上させるべく、現場実験を継続的に実施している。今後発生するであろう大地震に備えて、緊急を要する莫大なエリアの液状化対策に、当工法が大きく貢献できるよう、さらな

る技術改良を図っていく所存である。

J C M A

《参考文献》

- 1) Yoshimi, Y., Tanaka, K. and Tokimatsu, K.: Liquefaction resistance of a partially saturated sand, Soil and Foundations, 29 (3), pp.157-162, 1989.
- 2) 白石俊多: 地震による液状化地盤の側方流動と液状化防止法試案, 土と基礎, 47 (10), pp.31-34, 1999.
- 3) 田村直登, 萬行淳, 岡村未対: 保水性試験の吸水過程における吸水速度が残留飽和度に及ぼす影響, 第17回土木学会四国支部技術研究発表会, 2011.
- 4) Okamura, M., Soga, Y.: Effects of pore fluid compressibility on Liquefaction resistance of partially saturated sand, Soil and Foundations 46 (5), pp.695-700, 2006.
- 5) 緒方宏行, 岡村未対, 矢田部龍一: 飽和地盤中に対する空気注入時の空気挙動に関する実験的研究, 土木学会四国支部平成18年自然災害フォーラム論文集, pp.89-92, 2006.
- 6) 宇野尚雄, 神谷浩二, 杉井俊夫: 毛管モデルに基づく土の透気性に関する考察, 第38回土質工学シンポジウム平成5年度発表論文集, pp.25-32, 1993.

〔筆者紹介〕

三枝 弘幸 (さえぐさ ひろゆき)

東亜建設工業(株)

技術研究開発センター 地盤・防災技術グループ
主任研究員



三好 朗弘 (みよし あきひろ)

(株)不動テトラ

地盤事業本部 開発部
課長



藤井 直 (ふじい なお)

オリエンタル白石(株)

施工・技術本部 技術部 技術チーム
担当課長



山田 直之 (やまだ なおゆき)

(株)ダイヤコンサルタント

地質解析事業部 物理探査部
課長



岡田 克寛 (おかだ かつひろ)

国土交通省 四国地方整備局

高松港湾空港技術調査事務所 調査課
建設管理官



岡村 未対 (おかむら みつ)

愛媛大学大学院

理工学研究科 生産環境工学専攻
教授



地下鉄道の火災と排煙対策

伊 藤 健 一

鉄道施設の防災対策には、地震、津波のほか、大雨、高潮、大雪、強風、竜巻、落雷などの自然災害が想定されるが、地下鉄道については火災に対する備えが重要な施策のひとつとなる。地下鉄道の火災対策は、地上での事例を含めた数多くの車両火災をはじめ、トンネル火災、地下駅火災の犠牲の上に構築されてきた。

本稿では、過去の火災事例と火災対策基準の変遷、現在の火災対策基準、消防法および建築基準法との関わり、排煙システム、大深度地下鉄道への展開などについて報告する。

キーワード：地下鉄道、火災、車両火災、火災対策、排煙設備

1. はじめに

地下鉄道は地中に閉じられた空間であり、火災時には大量の煙が発生するおそれがある。煙制御がうまくいかないと、駅構内に煙が充満し、混乱によるパニックで2次、3次の災害が発生するかもしれない。

このため、人命尊重の立場から、地下鉄道の火災対策として、排煙設備、消火設備、警報設備、通報設備、避難誘導設備が大変重要なものとなる。このうち、地下駅の土木構造（何層の駅か、地上からの深さ、接続されているトンネルの長さ、等）やトンネルの形態（複線断面トンネルか、単線トンネル並列か、等）に大きく関わってくるのが排煙設備である。

2. 過去の火災事例と火災対策の変遷

地下駅およびトンネル内における火災を特徴づけているのは、「鉄道車両」の火災である。トンネル内のケーブル火災など車両以外の火災事例もあるが、まずは、鉄道車両の火災対策の歴史を振り返ってみたい。

表—1および表—2に示すように、鉄道車両の火災事故は地上線も含めて古くから発生している。1940年1月には、大阪の鉄道省西成線（現JR西日本桜島線（JRゆめ咲線））安治川口駅でガソリン動車が脱線転覆炎上し、189名の死者を出している。

戦後、1951年4月には国鉄京浜東北線桜木町駅（現JR東日本根岸線桜木町駅）で電車の火災事故が発生し、ドアが開かなかったため脱出できず、106名の死

者を出している。これをきっかけに、地方鉄道建設規程で電車火災事故防止策が定められ、まずは地下鉄車両について不燃性構造が求められた。同年6月以降には連結車の貫通式改造や非常用コックの設置などが開始されている。

1956年5月には南海電鉄高野線のトンネル内で火災が発生し、1名死亡、42名が負傷した。この事故は本格的な鉄道車両の火災対策を実施するきっかけとなり、事故後、直ちに電車の不燃化の検討が進められ、同年6月、運輸省（現国土交通省）は「電車の火災事故対策について」を通達し、電車を新製又は改造する場合は電気機器の熱的防護の強化、車両の鋼体化、貫通路、予備灯などの非常設備の整備を行い、木製の電車は速やかに改造するなど車両の火災対策の強化を指示した。その後、私鉄経営者協会による「電車火災事故対策実施要項」が運輸省に提出され、それを踏まえて、翌1957年1月には車両のA様式（地下に乗り入れる車両用）、B様式（その他の車両用）の2種類を定めた「電車の火災事故対策に関する処理方について」が通達された。

1957年12月、大阪市地下鉄御堂筋線西田辺駅で車両が全焼する事故が発生した。これにより、地下鉄用車両についてはより厳しい基準が必要であるとされ、不燃化の最高基準として新たにA-A様式が追加された。

1968年1月、営団地下鉄（現東京メトロ）日比谷線六本木～神谷町間で、出火しても燃え広がらないとされていたA-A様式の東武鉄道の電車が、主抵抗

表－1 日本国内における車両火災・地下鉄火災・トンネル火災事例（※は地上での車両火災）

発生日	発生場所	概況	備考
1940.1.29	鉄道省西成線 安治川口駅	ガソリン動車脱線転覆 死者 191	※ 車両火災
1947.4.16	近鉄奈良線 生駒山トンネル	トンネル内で主抵抗器過熱 死者 28	車両火災
1951.4.24	国鉄京浜東北線 桜木町駅	架線切断、車体とショート 死者 106	※ 車両火災
1956.5.7	南海高野線 紀伊神谷付近	主抵抗器過熱トンネル内停車 死者 1	車両火災
1957.7.16	大阪市地下鉄御堂筋線 西田辺駅	集電装置から出火 車両全焼	車両火災
1961.9	営団赤坂見附駅	工事作業員のトーチランプのガソリン引火 電線等延焼	
1961.11	国鉄石北本線石北トンネル	気動車エンジンから出火	車両火災
1968.1.27	営団日比谷線 六本木～神谷町	主抵抗器過熱で回送中に出火 死者 0	車両火災
1969.8	営団東西線 高田馬場駅	乗客のタバコの火からホロに引火焼損	車両火災
1972.11.6	国鉄北陸本線 北陸トンネル	急行きたぐに食堂車から出火 死者 30	車両火災
1974.2	都営浅草線 新橋駅	駅機械室 工事作業のガス溶断火花から引火 電車は通過	
1975.1	阪神電鉄 三宮地下駅	空調機器室 空調ダクトフィルタ焼損 電車はホーム通過	
1983.8.16	名古屋地下鉄 栄駅	変電室から出火 整流器ショート 死者 2（消防士）	
1985.9.26	営団地下鉄半蔵門線 渋谷駅	死傷者なし 乗客 2,800 人避難	
1987.9.21	近鉄東大阪線 生駒トンネル	高圧ケーブルから出火 列車停止 死者 1（喘息患者）	
1988.3.30	JR 東日本 上越線 越後中里駅付近	気動車（アルカディア）床下から出火 死者 0	※ 車両火災
1991.10.3	宮崎リニア実験線	車両（MLU002）火災	※ 車両火災
1992.8.29	都営三田線 春日・白山間	車両床下で地絡、ほや 死傷者 0	
2001.3	JR 東日本 戸塚駅	車掌室運転台の計器部分が突然破裂し、炎が噴出	※ 車両火災
2001.10.12	東武野田線 運河駅～梅郷駅間	屋根上避雷器内部でアークが発生し地絡、発煙 死傷者 0	※ 車両火災
2002.5.16	JR 西日本 山陰線 出雲市駅構内	屋根上のブレーキ抵抗器から炎及び黒煙 死傷者 0	※ 車両火災
2003.8.26	JR 四国 土讃線 阿波川口駅構内	気動車 発電エンジン出火 床材、床敷物等焼損 死傷者 0	※ 車両火災
2003.8.30	JR 中央線 田立駅～南木曽駅間	トンネル内で乗客 1 名が焼身自殺 座席、床等一部焼損	車両火災
2005.10.27	横浜市営地下鉄新横浜駅下り線	床下部に設置された主電動機ツナギ箱及び内部配線 死傷者 0	車両火災
2006.9.28	JR 東日本 京葉線 東京駅変電所	鍛冶橋変電所で漏電 ブレーカーが正常に作動せず延焼	
2008.8.12	近鉄鈴鹿線 三日市駅	床下機器（断路器）に異常電流 死傷者 0	※ 車両火災
2011.5.27	JR 北海道 石勝線 第 1 ニニウトンネル	スーパーおおぞら脱線火災 39 名病院搬送	車両火災
2012.1.4	富山地方鉄道 立山駅	床下機器（抵抗器）から出火？ 1 両全焼 死傷者 0	※ 車両火災
2012.2.22	大阪市地下鉄御堂筋線 梅田駅	3,000 人避難、運転士と車掌が軽症 清掃員がごみ倉庫で喫煙	
2012.4.4	JR 東日本 信越線 鯨波駅	パンタグラフ付近から発煙 死傷者 0	※ 車両火災

表－2 海外における車両火災・地下鉄火災・トンネル火災事例（※は地上での車両火災）

発生日	発生場所	概況	備考
1903	パリ地下鉄クロヌ駅	木造車両 8 両が漏電から炎上 死者 84	車両火災
1964.4.21	ニューヨーク地下鉄グランドセントラル駅	ホーム留置の電車 電気関係から火災 負傷者 13	車両火災
1969.5	ペンセントラル鉄道ハドソン川底トンネル	通勤電車火災 抵抗器過熱 死者 1、負傷者 8	車両火災
1970.8	ニューヨーク地下鉄インターボロー線	トンネル内ケーブル火災 電車停車 死者 1	
1971.12	モンリオール地下鉄	他の車両と衝突 電力ケーブル破損による火災 死者 1	
1979.1.14	サンフランシスコ湾高速鉄道 海底トンネル	車両回路遮断器故障により出火 5 両全焼 死者 1、負傷者 56	車両火災
1979.9	フィラデルフィア地下鉄	トランスが短絡出火 負傷者 178	車両火災
1979.9	ニューヨーク地下鉄インターボロー線	線路のごみが第三軌条に接触出火 枕木火災 負傷者 67	
1981.6	ロンドン地下鉄グッジストリート駅	ケーブル火災に直面して停止 死者 1、負傷者 16	
1984.11	ロンドン地下鉄オックスフォードサーカス駅	タバコの火で資材炎上 トンネル塗装燃焼	
1987.11.18	ロンドン地下鉄 キングスクロス駅	木製エスカレーターにタバコ投げ捨て 死者 31、負傷者 50	
1990.12	ニューヨーク イーストリバー川底トンネル内	吹込雪で架線ショート 電車出火 死者 2、負傷者 125	
1995.10.28	アゼルバイジャン・バクー市営地下鉄	走行中に出火 死者約 300、負傷者約 270	車両火災
1996.11.18	ユーロトンネル	貨物シャトル列車上のトラックより出火 8 人負傷	車両火災
2000.11.11	オーストリア・カプルン、山岳鉄道ケーブルカーのトンネル内	違法に運転席に持ち込まれた電気ファンヒーターの電熱線に油圧系統の漏油が引火 死者 155	車両火災
2002.2.20	エジプト カイロ郊外	電気系統の不具合 死者 373、負傷者 70	※ 車両火災
2003.2.18	韓国・大邱市地下鉄 中央路駅	車内でガソリン放火 死者 192、負傷者 148	車両火災
2006.8.11	上海リニア 龍陽路駅付近	死傷者 0	※ 車両火災
2008.9.11	ユーロトンネル	貨物シャトル列車上のトラックより出火 14 人負傷	車両火災
2008.10.4	ノルウェー ベルゲン鉄道	Hallingskeid 付近 木製トタン貼り防雪シェルターで火災	

器の過熱により全焼した。運輸省ではその反省に立ち、電車の不燃化対策を再検討し、車両用材料の難燃化、配線の配列、機器の配置の3点の抜本的検討を進め、1969年5月、従来の通達を廃止し、「電車の火災事故対策について」を通達し、新たな電車の不燃化基準（A－A基準、A基準、B基準の3区分）を定めた。これにより、電熱機器に対する防護、使用材料の燃焼性試験方法等が明文化された。

1972年11月6日、国鉄北陸本線北陸トンネル内で急行「きたぐに」の食堂車から出火、架線が切れ停電したため運転不能となり、トンネル内に充満した煙により乗客ら30名が死亡、714名が負傷した。

翌1973年10月、運輸省はこの事故に対して、電車のみならず客車についても車両の不燃化対策の充実、強化を図るよう指示した。

さらに、この事故を契機に、運輸省では、車両の防火、耐火強度の向上策と併せ、火災発生時の対応策の強化を図る観点から、新たに「地下鉄道の火災対策の基準」を1975年1月に定めた。この基準は地下駅およびこれに接続する地下トンネルに適用するもので、建造物の不燃化、自動火災報知装置、通報放送設備、避難誘導設備、二方向避難経路、排煙設備、防火戸、消火設備、防災管理体制の設備の基準を示したものである。それまでの地下駅での出火事故は、たばこの吸殻の投げ捨てによりごみや可燃物が燃えたケースや、改造工事に伴って引火しやすい塗料の取扱いを誤ったケースなどが多く、トンネル内で車両が燃えることを意識していなかったが、この基準ではそれも十分配慮した防災設備を備えるようにしている。同時に、基準の解説として、「地下鉄道の火災対策の基準の取扱いについて」が通知されている。

そのあとも引き続き、地下鉄道の具体的な排煙対策が検討され、1982年4月に「地下鉄道の火災対策の基準の取扱いの改正について」により排煙設備の設計方法等が通達された。これらの基準が、現在の地下鉄道の火災対策基準のベースとなっている。

1987年3月には、国鉄分割民営化による関係省庁の整備に伴い、車両の火災対策基準は運輸省令の「普通鉄道構造規則」および「車両に係る普通鉄道構造規則および特殊鉄道構造規則の運用等について」に規定されることとなった。

その後、2001年12月には、仕様規定として鉄道の種類ごとに規定されていた基準が一本化され、性能規定化されたため、火災対策に関する具体的基準は、運輸省の「鉄道に関する技術上の基準を定める省令」の解釈基準として従前どおりの内容が定められることと

なった。

2003年2月には韓国大邱（テグ）市地下鉄中央路駅で、放火により192名が死亡するという大きな火災事故が発生した。これを踏まえ、国土交通省と総務省消防庁は「地下鉄道の火災対策検討会」を設置し、売店や車両の燃焼実験を含め、諸々の検討が実施された。同検討会の提言（2004年3月）を受けて、国土交通省は、2004年12月に「鉄道に関する技術上の基準を定める省令等の解釈基準」を改正した。新基準では、新たにガソリン放火等の大火源火災を考慮するとともに、ホーム階段の2段降下防煙防火シャッター（写真—1）の設置や連結車両貫通扉閉鎖機構など、さらなる安全性向上策が義務化されている。

写真—1は、シャッターを床面から2mの高さまで降下させ、ホーム階と上階コンコースとの間に防煙区画を形成した状態を示す。ホーム階の旅客を避難させたあとは、遠隔操作又は熱感知器等でシャッターを全閉とし、防火区画を形成する。万が一、逃げ遅れた場合でも、サイドにあるくぐり戸から階段に脱出することが可能である。



写真—1 ホーム階段の2段降下防煙防火シャッター

3. 現在の火災対策基準

上記のように、わが国の鉄道車両は不燃化・難燃化が進んでおり、車両火災実験でも燃えないがゆえに定量的な発煙量の把握ができないような状況である。しかし、ガソリン放火など予期せぬ事態が全くないとはいえず、乗客の手荷物なども不燃化・難燃化できないため、「地下駅に排煙設備は不要」とはなっていない。

2004年12月「鉄道に関する技術上の基準を定める省令等の解釈基準」の改正による現行の火災対策基準の概要を以下に示す。

(1) 省令と解釈基準

国土交通省の「鉄道に関する技術上の基準を定める省令」(2001年12月)は、鉄道営業法に基づく省令で、従来の普通鉄道構造規則、新幹線鉄道構造規則等が一元化され、仕様基準から性能基準へと全面的に改正されたものである。

地下鉄道の火災対策については、「地下駅等の設備」として、省令第29条に規定されている。

さらに、国土交通省鉄道局は、具体的に数値化した解釈基準「鉄道に関する技術上の基準を定める省令の解釈基準」(2002年3月)を定めて、認可申請の審査等に対応している。解釈基準に強制力はなく、解釈基準によらない内容で審査を受けることもできるが、それ相応の技術的な裏付けや説明を求められることになる。

【鉄道に関する技術上の基準を定める省令(抜粋)】 (地下駅等の設備)

第29条 主として地下式構造の鉄道の駅であって地下にあるものおよびこれに接続するトンネル並びに長大なトンネル(以下「地下駅等」という。)には、必要な換気量に応じた換気設備を設けなければならない。ただし、十分な自然換気が得られるものにあっては、この限りでない。

2 地下駅等には、施設の状況に応じ必要な消火設備、避難設備その他の火災対策設備を設けなければならない。

【解釈基準(抜粋)】

Ⅲ-15 第29条(地下駅等の設備)関係

地下駅等における火災対策は、以下のとおりとする。

1 適用について

この基準は、地下駅および地下駅に接続するトンネルに対し適用する。なお、「地下駅」とはホームが地下にある駅(山岳地帯に設けられるものを除く。)をいう。

4 警報設備、通報設備、避難誘導設備等の整備

(4) 排煙設備

①駅および駅間には、旅客が安全に避難できるよう必要に応じて排煙を有効に行える設備を設けるものとする。

(ア)排煙設備の必要排煙量等については、別紙7により算出するものとする。

(イ)排煙設備は、機械換気設備を兼用してもよい。

(ウ)トンネルの縦断線形により自然換気口によってもトンネルの排煙効果が十分期待できる場合は、排煙機を設けなくてもよい。

(エ)電源を必要とする排煙設備には、非常電源を附置するものとする。

②駅には、ホームと線路との間、階段、エスカレーター等の部分に必要な応じて垂れ壁等の煙の流動を妨げるものを設けるものとする。

この場合において、煙の流動を妨げるものとは、天井面から下方に突出した垂れ壁その他これと同等以上に煙の流動を妨げる効力のあるもの(感知器との連動により降下し、かつ、防災管理室からの遠隔操作によっても作動できるものを含む。)で、不燃材料で造られ、又は覆われたものをいう。

改正前の解釈基準は、1975年に運輸省から通達された「地下鉄道の火災対策の基準」によることとされていたが、大邱市地下鉄火災を受けて見直されている。必要排煙量は、従来の通常火災(床下機器からの発火による車両火災、ライター等を用いた放火による売店火災)に加えて、ガソリン等の放火による大火源火災が想定されている。また、避難に要する時間は、従来は駅の規模によらず一律であったが、改正後は個々の駅ごとに算出することとなった。

防災管理室の例を写真—2に示す。



写真—2 防災管理室

(2) ホームおよびコンコースの必要排煙量

省令第29条では、「主として地下式構造の鉄道の駅であって地下にあるもの」と規定されており、掘割構造のホームは該当しない。ただし、掘割区間に蓋をかけた場合は、その延長によっては地下駅と同じ形態になることから、施設の状況に応じた検討が必要になる。

解釈基準では、地下駅とはホームが地下にある駅で、山岳地帯に設けられるものは除かれている。したがって、山岳トンネルの中にホームがあるJR上越線土合駅、湯檜曽駅(下りホーム)、JR北陸本線筒石駅、北越急行美佐島駅、野岩鉄道湯西川温泉駅などは対象と

はならない。

(a) 想定火災と避難安全性の照査方法

想定する火災は、通常火災（従来の規模）および大火源火災（4リットルのガソリン放火）に分類されている。

排煙設備の必要排煙量は、旅客が避難場所（地上）に安全に避難できることを基本とし、それぞれの火災性状および煙流動性状の特性に応じた避難安全性を照査する。

ホーム階の通常火災の場合は、煙濃度（減光係数） $C_s=0.1$ (1/m) 以下（視認距離 20 m 以上）であること、コンコース階の通常火災の場合は、避難時間より算出した煙拡散容積以上であることとされている。煙拡散容積とは、煙が拡散するコンコース空間のうち、煙が滞留すると推定される容積をいう。

大火源火災の場合は、煙が避難上支障のある高さ（床面から 2 m）まで降下するのに要する時間により照査する。

(b) 避難時間の算定

避難に要する時間は、歩行時間と滞留時間の合計となる。

滞留時間は、避難が必要な人数を（階段等幅員 $N \times$ 群集の流出係数 B ）で除したもので求める。（ $N \times B$ ）人／秒は、階段等における避難者の流出速度を表している。最後尾の避難者は滞留現象の解消とともに階段等から避難できることになる。エスカレーターを避難通路とする場合は、運転停止時の踏段下降防止の措置が講じられている場合に限られる。また、自動改札機は、ゲートが一斉開放されることを前提に、有効通路幅員の合計とすることができる。

避難経路における歩行時間および滞留時間の算出に用いる歩行速度と流出係数は、水平部と階段部に分けて設定されている。

(c) 要避難者数の算定方法

避難安全性の照査における要避難者数は、三大都市圏にある駅とそれ以外の地域にある駅に分けて、それぞれで列車の乗車率が定められている。要避難者数は列車の乗車率にホーム上の列車待ち旅客換算乗車率を加えたものに、列車の定員を乗じたものとする。売店がない場合あるいは売店が防火区画されている場合は、売店火災による要避難者数は 0 人とする。

(d) ホーム通常火災に対する煙濃度の照査

ホーム通常火災の排煙量は、ホーム階における火点ブロック容積を算定し、想定する火災（車両火災又はホーム売店火災）および避難に要する時間に応じた算定式を用いる。

火点ブロック容積とは、列車火災が発生した場合にホームにおいて煙が拡散する空間のうち、煙濃度が最も濃いと推定される空間をいう。火点ブロックの設定は、線路直角方向の断面積から車両断面積を減じたものの、線路方向長さ 20 m を乗じたものをいう。相対式ホームでは、火災列車と反対側のホームは、軌道部分より天井が低いため煙は拡散しないものとする。

なお、最小排煙量として、ホーム階には火点ブロック容積に対して $5000 \text{ m}^3/\text{h}$ 以上の排煙設備を設ける。

(e) コンコース通常火災に対する煙拡散容積の照査

コンコース通常火災は売店火災を想定し、煙が拡散する空間のうち、煙が滞留すると推定される容積（煙拡散容積）を確保する。煙拡散容積が不足する場合は機械排煙設備で補う。

コンコースの必要煙拡散容積は、避難に要する時間に応じた算定式を用い、別途、実際のコンコース形状から算出した煙拡散容積が必要煙拡散容積以上であることを確認する。

実際のコンコースの煙拡散容積は、床面積から柱の面積を控除した面積に、天井高さから 2 m を減じた高さを乗じ、さらに避難に必要な時間内の有効機械排煙量を加えたものとする。したがって、コンコースの天井は高いほど有利であるが、大空間の中に防煙区画されていない避難階段が設置されている場合は、最も高いところにある避難経路の床面から天井までが、計算上の天井高さとなり、そこから 2 m を減ずることとなる。

写真—3 にコンコースでの発煙試験の状況を示す。



写真—3 コンコースでの発煙試験

(f) 大火源火災に対するホーム・コンコースの排煙量

大火源による車両火災、ホームおよびコンコース売店火災は、ガソリン燃焼による煙が床面から 2 m の高さまで降下するのに要する時間を算定し、避難終了時間と比較する。避難終了時間の不足分に対応する容

量の機械排煙設備が必要となる。

車両燃焼実験で測定された流出煙量の最大値が約 $5.0 \text{ m}^3/\text{sec}$ であること、また車両火災実験および売店火災実験に基づき設定した火災性状モデルを用いて二層ゾーン煙流量予測プログラムにより算出した流出煙流量の最大値も約 $5.0 \text{ m}^3/\text{sec}$ であることから、これを 60 倍して、流出煙量は $300 \text{ m}^3/\text{min}$ と設定されている。

なお、ホーム階の天井が吹き抜けでコンコース階の天井と同じ高さとなっている場合など、複雑な煙流動が予測される地下駅では、二層ゾーン煙流動予測プログラム等を用いて詳細な検討を行う。

大火源火災に対して照査した結果、排煙設備では対応できない場合は、①避難時間短縮のための避難通路の新設又は避難通路の幅の拡大、②煙拡散容積の拡大、③火源となる売店の防火・防煙区画およびスプリンクラーの設置、④火源となる売店の不設置、⑤その他旅客の避難安全性が確保できる装置を講じて、再度照査する。

(3) 駅務室の排煙設備

地下駅の駅務室、定期券発行所、詰所等の居室は、排煙機による排煙が必要となる。排煙量その他構造等は建築基準法施行令第 126 条の 3 の規定に準じる。

(4) トンネルの排煙設備

省令第 29 条では、「地下駅に接続するトンネル並びに長大なトンネル」には、必要な換気量に応じた換気設備を設けなければならないと規定されている。ただし、地下駅に接続されたトンネルが坑口に向かって上り勾配になっているなど、自然換気が可能な場合は除外されている。また、地下駅に接続されていないトンネルも対象外である。

なお、地下駅に接続されないトンネルであっても、「長大なトンネル」には排煙設備が必要となるが、省令第 29 条に係る解釈基準には「長大なトンネル」の具体的な定義はない。実際の施工事例としては延長 53.4 km の青函トンネルにのみ排煙設備が設置されている。第 41 条(電車線路等の施設等)の解釈基準に「長大トンネル(市街地の地下に設けるトンネルであって一つのトンネルの長さが 1.5 km を超えるもの、市街地の地下以外に設けるトンネルであって一つのトンネルの長さが 2 km を超えるもの及びトンネル内に駅を設置するトンネルであってトンネル内の駅間距離(ホーム端距離をいう。)又はトンネル端と最寄駅のホーム端との距離が 1 km を超えるもの)」の記載があるが、これは「き電線」(第 41 条)および「送配電

線」(第 46 条)にのみ適用されるもので、第 29 条には適用されない。

4. 消防法と建築基準法

地下駅の排煙設備に適用される法令には、鉄道に関する技術上の基準を定める省令のほか、消防法および建築基準法がある。

(1) 消防法による地下駅の排煙設備

消防法による排煙設備の設置義務は消防法第 17 条および消防法施行令第 28 条等に規定されている。地下駅は、消防法施行令別表第一(10)項の「車両の停車場」(旅客の乗降又は待合いの用に供する建築物に限る。)に該当する防火対象物であり、「地階又は無窓階で、床面積 1000 m^2 以上のもの」に排煙設備を設置する義務がある。

また、各地の火災予防条例は、消防法の規定に対する上乘基準が設けられている場合があり、それぞれの地域における内容を確認する必要がある。東京都の例では、平成 17 年に地下駅舎に係る管理規定が創設され、防災管理室や防煙壁、二段降下シャッターなどの管理についての規定が追加されている。

指導範囲は東京都内の地下駅に限られるが、東京消防庁の「予防事務審査・検査基準」に「地下鉄の排煙設備」として、排煙時の階段部下降気流の規定が定められている。同書では、「地下ホームに設ける排煙設備にあつては、上層階への煙伝播を防止するため、階段、エスカレーター部分等におおむね $2 \text{ m}/\text{sec}$ 以上の下降気流が生じる方式とすること。」と指導している。

$2 \text{ m}/\text{sec}$ 以上の下降気流となると、相当大容量の換気量となる。そのため、ホーム排煙時には、複数の階段やエスカレーターのうち 1 箇所の階段を除いて防煙防火シャッターを全閉とし、1 箇所だけ床面からの高さ 2 m までシャッターを降下させた状態で下降気流を形成させることとする。駅の構造や隣接するトンネルの換気方式によっては、下降気流の形成が難しい場合があるので、事前に、駅とトンネルを一体的にモデル化した気流シミュレーションが必要である。

写真—4 にホーム排煙時の階段部下降気流の測定状況を示す。

なお、消防法では、地下駅舎全体が防火対象物として扱われているが、トンネルは法律上の防火対象物ではない。ただし、実際に消火・救出活動を行うのは消防隊員であり、法令等に記載がない場合であっても、十分に消防機関と事前に協議する必要がある。



写真—4 ホーム排煙時の階段部下降気流の測定

(2) 建築基準法による排煙設備

消防法による排煙設備が消火活動上の必要性に重点を置いているのに対して、建築基準法による排煙設備の設置目的は安全な避難経路の確保にある。

建築基準法では、鉄道線路敷地内の運転保安施設、プラットホーム上家などは、適用範囲から除外されている。所轄自治体により解釈に違いがみられるが、駅舎の場合は、改札口の外側のみ建築基準法が適用されることが多い。

建築基準法では火災時における安全避難の確保に重点を置いて、排煙設備の設置義務規定が設けられている。建築基準法により排煙設備を必要とする部分は、次の(a)～(d)に大別できる。

(a) 一定の建築物の居室・通路の部分

建築基準法第35条および建築基準法施行令第126条の2により排煙設備を設置すべき建築物は、次の①～④のいずれかに該当するものである。

- ①法別表第一(1)～(4)に掲げる用途に供する特殊建築物で、延べ面積が 500 m^2 を超えるもの（駅は該当しない。）
- ②階数が3以上で延べ面積が 500 m^2 を超える建築物（ホーム階など建築基準法適用外の階数を差し引く。）
- ③排煙上無窓の居室
- ④延べ面積が $1,000\text{ m}^2$ を超える建築物に存する床面積 200 m^2 を超える居室

地下駅の場合は、駅務室などの居室が③④に該当する。

コンコースについては②が該当する。改札口の外側だけで階数が3以上となるケースは稀であるが、実態は改札内外を問わず、すべてのコンコース部分について建築基準法を準用した排煙設備の考え方を採用することが多く、後述の「鉄道に関する技術上の基準を定

める省令」の規定と併せ、両方を満足するような排煙設備仕様となっている。

(b) 特別避難階段の付室

地下駅が地下3層以上である「建築物」で、地下3階以下に居室を有する場合は、特別避難階段が必要となる。ただし、ホーム階や運転保安施設専用の階など、「建築物」ではない階は階数に含めないため、地下3層以上の深い駅でも特別避難階段を必要とする駅は少ない。

特別避難階段は階段部分と屋内とを、排煙設備を有する付室を通じて連絡しなければならない。

(c) 非常用エレベーターの乗降ロビー

非常用エレベーターは高さ31mを超える建築物に設けるものであるが、消防機関からの要望により大規模な地下駅に設置された例がある。非常用エレベーターの乗降ロビーは特別避難階段の付室と同様、排煙設備が必要である。

(d) 地下街の地下道

「地下街の地下道」は、地下街に設けられた店舗、事務所等各構えのための避難施設であることから、防火上および避難上各種の規制を受ける。排煙設備も避難上必要な措置として、その設置が義務付けられている。

「地下街」とは「一般公共の用に供される地下工作物内の道（地下道）に面して設けられた店舗、事務所その他これに類するもの（通常の建築物の地階とみなされるものを除く。）の一团（地下道を含む。）をいう。」と定義されている。

ここである店舗、事務所等に類する施設が、駅務室、機械室等もっぱら公共施設の管理運営のためのもの、移動可能なもの又は仮設的なもののみの場合は、地下街として扱わないため、地下駅のコンコースは地下街には該当しない。ただし、地下街と地下駅とを一体的として、あるいは接続して設置する場合には、防火区画や相互の防災センター間の報知・通話設備などが必要となる。

5. 地下駅の排煙システム

実際に採用されている排煙システムは、地下鉄道の長い歴史、地域性などから様々な方法があるが、大邱市地下鉄火災以後は、新しい火災対策基準を既設の駅にも遡及適用して、順次改良が加えられている。

(1) ホームの排煙システム

ホームの排煙は風量が大きく、非常時のみに使用する専用の排煙ダクトを設けることは、限られたスパー

ス、経済性の面から不利である。ホームは建築基準法が適用されず、国土交通省鉄道局の解釈基準でも機械換気設備の兼用が認められている。このため、駅の空調換気設備および隣接するトンネルの換気設備を含めた総合的な排煙計画が必要である。

排煙方式選定の目安は概ね次のようになる。

- ①ホームが第1種換気(又は還気方式の空調)を行っている場合で、排気口が天井にある場合は、排気(又は還気)ダクトを排煙に兼用する。
- ②第1種換気でも排気口がホーム下などにある場合は、給気ダクトをダンパで切り替えて排煙に兼用するか、又は、別途天井部(軌道部でも可)に排煙口を設けて排気ダクトに接続し、ダンパで切り替えて排煙に兼用する。
- ③第2種換気を行っている場合は、給気ダクトをダンパで切り替えて排煙に兼用する。
- ④トンネル中間排気方式を採用している場合は、当該駅の両側の中間換気所排風機でホーム排煙を行う方法もある。

排煙機は専用機を持つ場合と、換気用の排風機を兼用する場合とがある。①～③の場合で排煙量が不足するとき、あるいは階段部下降気流が形成できないときは、隣接するトンネル用の排風機や専用の補助排風機又はその他の送風機を併用することを検討する。また、第1種換気の排気ダクトを兼用する場合でダクトサイズが小さいときは、給気ダクトの併用も考えられる。

(2) コンコースの排煙システム

コンコースおよび旅客通路は、所轄の自治体によって建築基準法の適用範囲が異なっているが、最近の地下駅では、建築基準法適用外であっても同法を準用し、防煙区画、防火区画、排煙口、専用排煙機等を設ける場合が多い。

消防法上は、所定の基準で直接外気に開放されている部分があれば、排煙設備を設置しないことができる。また、国土交通省の解釈基準でも、必要な煙拡散容積が確保できれば、機械排煙設備を設ける必要はない。

コンコースの排煙システムは、通常の換気方式との関連および所轄官庁の指導により決定する。排煙方式の選定は概ね次のようになる。

- ①専用の排煙設備(排煙口、排煙ダクト、排煙機等)を設置する。
- ②第1種換気(又は還気方式の空調)を行っている場合は排気(又は還気)ダクトを排煙に兼用する。
- ③第2種換気を行っている場合は給気ダクトをダンパで切替えて排煙に兼用する。

②および③の場合は、専用の排煙機に切替える場合と排風機を兼用する場合とがある。排風機を兼用する場合は静圧および風量が大きくなり、常時と排煙時の風量に差があるときは風量制御が必要である。

防煙区画は、建築基準法に準拠して500m²毎に垂れ壁等で区画する場合とコンコース階全体を1区画とする場合がある。②および③で防煙区画を設ける場合は、当該区画だけを排煙するためのダンパ切り替え制御が複雑になる。

なお、駅ナカ店舗を有する場合のコンコース排煙設備は以下ようになる。

地下駅構内の店舗については、連続した店舗配置にしないことを条件に建築基準法上の地下街扱いとはなっていない。

消防法上は、小規模店舗(単体のコンビニエンスストアなど)の場合は従属的用途条件として、令別表第一(10)項の「停車場」扱いとなるが、店舗面積が駅の延床面積の10%以上又は300m²以上となる場合は(16)イの「複合用途防火対象物」として扱われている。

これらの店舗は防煙区画が形成されるため、国土交通省令の解釈基準における「売店」には該当せず、コンコースの避難時間の算定には関与しない。

(3) トンネルの排煙システム

トンネルの排煙設備は通常の換気設備を兼用し、トンネルの形態に合わせていくつかの方式が選択されている。

基本的には、上下線別に単線トンネルが並列する場合は、列車の進行方向に合わせた排煙方向とするのが一般的で、トンネルを挟んだ両駅端に送排風機を置き、プッシュ・プル方式で煙を制御する。

複線断面のトンネルでは、トンネル中間に排気のための換気立坑(換気塔)を設置する方法、あるいは、



写真—5 トンネル排煙機

勾配等を考慮して両駅端に送排風機を置く方法などが採用される。

写真—5 にトンネル用の大型排煙機を示す。

6. 大深度地下鉄道

「大深度地下の公共的使用に関する特別措置法」の適用の有無に関わらず、今後建設される地下鉄道は、従来よりも深い駅、従来よりも長いトンネルが想定される。

駅のホームが今以上に深くなると、老若男女が入り混じった旅客の垂直避難移動が困難になり、地下空間における安全区画の確保やエレベーター利用による避難なども検討する必要がある。

従来から、ホーム火災の場合の一次避難場所として、ホーム階の直上階コンコースを安全区画とする案があるが、ホーム階より下の階に一次避難場所を設定する提案も出されている。この場合、一次避難場所から地上への独立した避難経路や給気ルート確保が必要であるが、煙の遡上を考慮すると、万が一、旅客階段の堅穴防煙区画が破られた場合にも有利である。

また、コンコース階が火災の場合は、その下のホーム階にいる人の避難経路確保が重要な問題となるため、この場合はコンコースを通らずにホーム下階を経由して地上へ脱出できるルートの構成は非常に有効であるといえる。

また、地下駅に限らず現状はエレベーターでの避難は禁止されている。したがって、車いす使用者など身体障害者の避難は、周囲の人の善意が頼りとなる。現行の非常用エレベーターは放水に耐えられる仕様であるが、耐火構造にはなっていない。エレベーターによる避難を行う場合は、殺到する人の整理も必要となる。車いす使用者などが一時的に避難できる安全区画（避難シェルター）の確保も含め、現在、日本建築設備昇降機センター、日本火災学会、日本建築学会などで検討が行われている。

7. おわりに

鉄道車両や地下駅内装材は不燃化が進み、実際に燃焼試験を実施しても試験片が燃え尽きた後の延焼・発煙はないという結果が出ている。しかし、持ち込まれた可燃物や爆発物による人為的な破壊活動の可能性はゼロではない。燃えないとされている我国の地下鉄車両であるが、万が一の火災に対応して、大邱市地下鉄放火事件の規模を想定した火災対策設備が設置されている。

今後、大深度地下鉄道が建設される場合は、さらに慎重に、様々な「想定」を行い、機械排煙設備だけでなく、構造物の工夫によるパッシブな火災対策、密閉型ホームドアによる軌道部とホーム部の区画、駅部における迅速な垂直避難方法、長いトンネルの中間部で停車した場合の避難方法などが重要な課題になるであろう。

JICMA

《参考文献》

- 1) 国土交通省鉄道局監修：解説 鉄道に関する技術基準(土木編)改訂版，2007，(社)日本鉄道施設協会。
- 2) 韓国大邱市で発生した地下鉄火災について(第2報) 2003.2.21 日本建築学会。
- 3) 複合化するターミナル施設の防火対策のあり方，2011.3，東京消防庁。
- 4) 火災及び避難シミュレーションを用いた地下鉄駅における火災避難に関する研究，塚原 学，2011，消防技術安全所報。

【筆者紹介】

伊藤 健一 (いとう けんいち)
(独)鉄道建設・運輸施設整備支援機構
鉄道建設本部 設備部 機械課
総括課長補佐



250,000 kL LNG 地下タンク建設に向けた取り組み

平 賀 宙・石ヶ谷 幸 曉

天然ガスの需要拡大に対する供給安定性の確保のため、都市ガスの原料となる LNG (Liquefied Natural Gas) を貯蔵する地下タンクを横浜市に建設中である。貯蔵容量は25万 kL であり世界最大となる。本報では、同工事にて取り組んでいるコストダウンと工期短縮に関する技術的検討について紹介する。

キーワード：天然ガス、LNG 地下タンク、エアレイジング

1. プロジェクト概要

現在、横浜市鶴見区扇島に貯蔵能力が世界最大となる25万 kL の LNG 地下タンクを1基建設中である。これは地球温暖化対策などへの対応としての環境性や原油と比した供給安定性、熱や電力などの様々な需要形態に対応できる利便性を持つ天然ガスの需要拡大に対応し、より信頼性の高い安定供給を実現するために建設するものである。これまでの20万 kL タンクの建設、運転の実績を踏まえ、さらなる大容量化、経済性を追求し25万 kL の地下タンクを建設することとした。

建設現場が立地する横浜市は、港湾都市として知られ、その景観は都市計画により美しく整備されてきた。また、南側の約100 m 先には高速道路が通っている(写真—1)。

このような立地条件と周囲環境の特徴からタンク建設にあたっては安全・景観の面で十分な配慮が必要である。そこで建設する LNG タンクは、安全性に優れ、土地の有効利用が図られ、周囲環境との調和を保つことが出来る覆土式の地下タンクを採用し、2012年7

月現在、順調に工事は進行している。

本報では高品質かつ低コストの世界最大容量地下タンク建設にあたり、取り組んでいるチャレンジについて紹介する。

2. 地下タンク概要

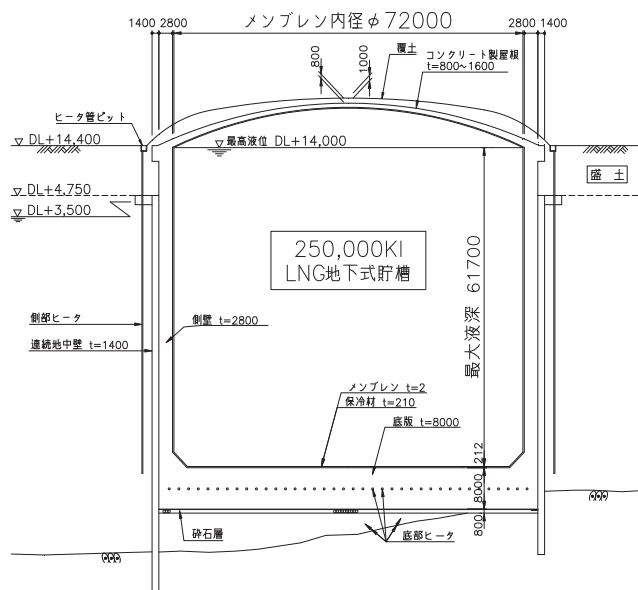
(1) 構造

LNG 地下タンクの基本形状は、外圧が支配的となる地下構造物に最適な円筒形であり、内径、液深、屋根のライズ等の基本寸法は、基地のレイアウト、地盤条件および経済性を考慮した上で決定している(図—1)。

LNG 地下タンクは、鉄筋コンクリート製躯体(側壁、底版)、鉄筋コンクリート製屋根、金属製薄膜メンブレン、保冷材等により構成される。躯体は土水圧等の



写真—1 建設現場全景



図—1 地下タンク概要図

外力を保持している。躯体内面に取り付けられるメンブレンはLNGの液密・気密を保つ機能を持ち、保冷材はメンブレンと躯体の間に設置され、LNGの蒸発を抑制するとともに、液圧ガス圧を躯体に伝達する機能を持っている。

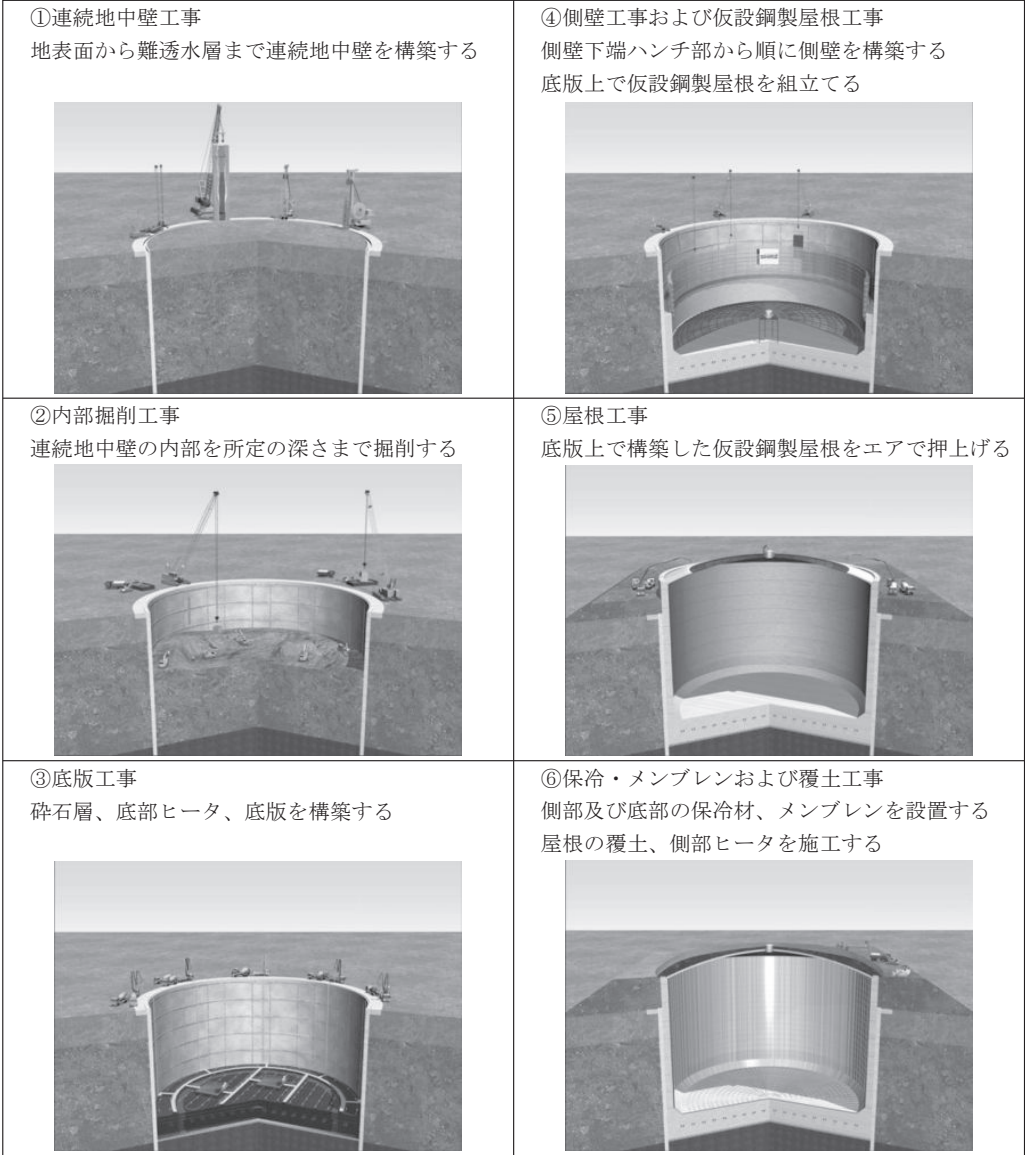
今回建設する地下タンクはこれまで最大であった20万kL地下タンクと比較し、内径は同じで液深さが12.5m深くなっている。表―1に地下タンクの主な仕様を示す。

(2) 建設の流れ

可能な限り短工期でかつ低コストのタンクを建設すべく、2008年4月に検討を開始した。2009年11月に連続地中壁の工事を開始し、2012年3月に仮設鋼製屋根が完成、2013年7月にマンホール閉の計画である。図―2に建設フローの概要を示す。

表―1 地下タンクの主な仕様

貯蔵容量	250,000 kL	
貯蔵液	・ 液化天然ガス (LNG)	
	・ 設計温度：－162℃	
	・ 設計圧力：23.5 kPa	
	・ 液密度：475 kg/m ³	
主要寸法	・ 貯槽内径：72,000 mm (メンブレン内径)	
	・ 最高液深：61,700 mm	
基本形式	部 位	材 料
	①屋根	鉄筋コンクリート製 t = 0.8 ～ 1.6 m
	②メンブレン	SUS304 t = 2 mm
	③側壁	鉄筋コンクリート製 t = 2.8 m
	④底版	鉄筋コンクリート製 t = 8.0 m
	⑤連続地中壁	鉄筋コンクリート製 t = 1.4 m
	⑥側部ヒータ	STPG370
	⑦底部ヒータ	STPG370, SUS304



図―2 地下タンク建設の流れ

3. 25 万 kL タンク建設におけるチャレンジ

(1) 覆土式の採用

LNG 地下タンクの容量を増加するためには内径を拡大することがコスト抑制には効果的であるが、用地の制約もあり既設地下タンクと同じ内径にする必要があった。そこで、容量を 20 万 kL から 25 万 kL に増加させるために液深を 1.25 倍とすることとした。液深の増加は掘削深さの増加につながるため、コスト増加要因となる。そこで、鉄筋コンクリート製ドーム屋根を地表面より上に出し、最高液位レベルを地表面と同じとし、既設地下タンクとほぼ同じ掘削深さにするによりコスト増加を抑制した。

覆土表面には緑化を行い、想定降雨強度および涵養のための散水で覆土が流出しない構造とした。覆土形状は、周辺環境との調和を保つとともに、近傍を走る高速道路からの景観にも配慮して決定した(写真—2)。

(2) 仮設鋼製屋根構造

仮設鋼製屋根は、鉄筋コンクリート製屋根の内面にあって、屋根板と屋根骨で構成されている。仮設鋼製屋根の役割は、①鉄筋コンクリート屋根建設時の型枠支保、②鉄筋運用開始後、コンクリート屋根内部で凍結止水が完成するまでの止水機能を受け持つことである。したがって、屋根板には低温強度、低温靱性が要求される。

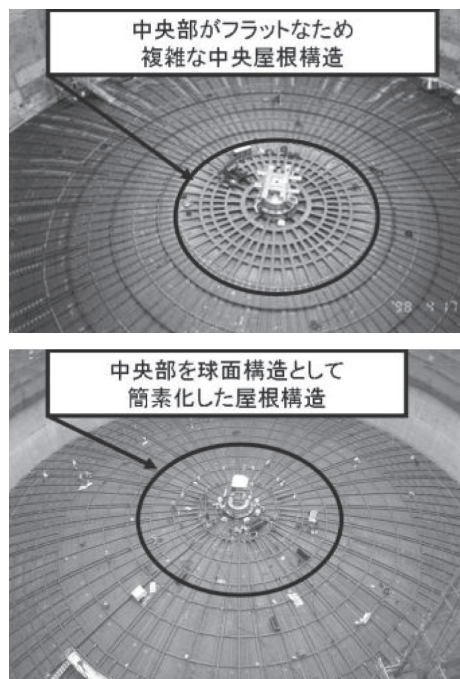
運用開始後は、鉄筋コンクリート製屋根が強度部材として働くため、屋根板は鉄筋コンクリート製屋根にその荷重を預けている。従来は、屋根板の脱落防止のため、低温用鋼材の屋根骨と一体構造としていたが、今回はその機能をメンブレンアンカー等に負担させることにより、屋根骨の材質を低温用鋼材から常温用鋼材へと変更しコストダウンを図った。

また、従来の屋根構造は中心から半径 9 m 以内をフラット構造にして、屋根中央部メンブレンを底部メンブレンと同一モジュールにすることにより製作、据付けを容易にしていた反面、中央部の屋根骨が複雑で重いというデメリットがあった(写真—3)。

今回は球面に対応するメンブレンモジュールを新た



写真—2 完成予想パース

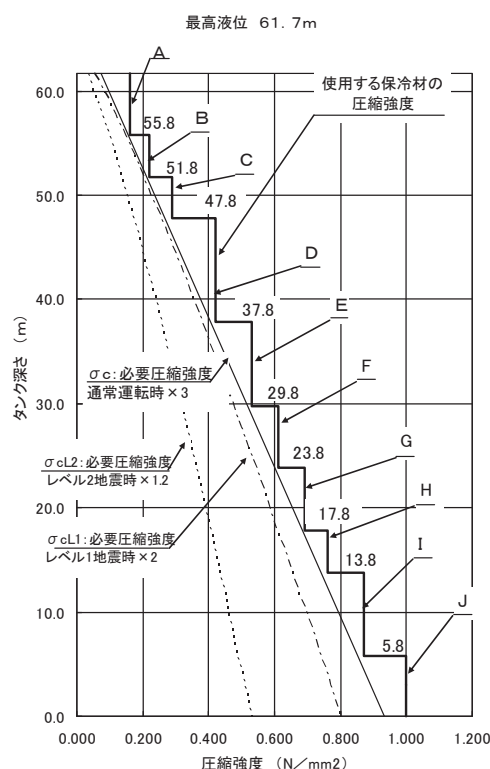


写真—3 屋根骨構造比較

に製作し、据付け施工性はそのままに、球面屋根とすることで屋根骨構造を単純化し、仮設鋼製屋根中央部の軽量化とコストダウンが図られた。

(3) 保冷材

LNG 地下タンクでは、深さ方向に作用する圧力を考慮して必要に応じた強度（グレード）の保冷材を配置している(図—3)。



図—3 タンク深さと保冷材グレードの関係

表一2 LNG 地下タンク用保冷材の規格値と開発品（韓国製）の試験結果一例（Gr.J）

試験項目	圧縮強度 (N/mm ²)	引張強度 (N/mm ²)	曲げ強度 (N/mm ²)	せん断強度 (N/mm ²)	熱伝導率 (W/mK)	吸水量 (g/100 cm ²)	燃焼性 (秒/mm)
規格値	1.00 以上	1.06 以上	1.66 以上	0.77 以上	0.030 以下	3.0 以下	≤ 120/ ≤ 60
開発品	1.63	1.46	2.96	1.28	0.0278	1.01	62/22

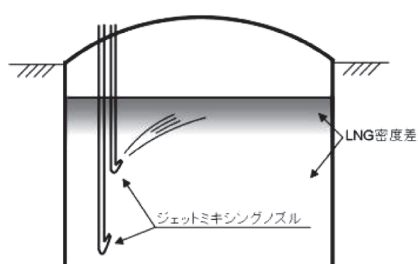
日本国内のLNG地下タンクの保冷材は、これまで日本国内製品が採用されてきたが、調達先の拡大およびコストダウンを目的としてLNG船用保冷材で多数の実績のある韓国保冷ベンダーに対して、LNG地下タンク仕様の保冷材の開発を行った。

LNGタンク用保冷材はLNG船用保冷材と異なり図一3に示すような多様なグレード分けが必要となる。そのため、各グレード（Gr.A～J）に対して圧縮強度、引張強度、曲げ強度、せん断強度、熱伝導率、吸水性、燃焼性、圧縮クリープの各種試験を行った。

試験の結果、従来の日本製品と同等の性能を有する保冷材を製作することに成功した（表一2）。

（4）LNG 層状化防止対策（ジェットミキシング）

タンク内LNGと比して密度差の大きなLNGを受入れる際に、攪拌が不十分であると、タンク内部で層状化するリスクがある。対策として、従来タンクではジェットミキシングラインを設け、タンク内LNGを攪拌できるようにしていた。今回は液深が増加し、従来の1段ミキシングノズルでは層状化の解消に時間を要するシミュレーション結果を得たため、効果的な攪拌が行われるようミキシングノズルを2段設けた（図一4）。



図一4 ジェットミキシング概念図

この構造により層状化解消時間は25%以上の短縮が可能となる解析結果を得た。

また、上部ノズルには液面計からインターロックを設定し、LNG突き抜けによる屋根メンブレン損傷を防止する。

（5）工程短縮

既設20万kL LNG地下タンクと比して本25万kL LNG地下タンクでは、さまざまな工程短縮の試みが

なされており、既設20万kL LNG地下タンクの工事期間56ヵ月に対し、本25万kL LNG地下タンクの工事期間は45ヵ月である。この工程短縮の例は下記の通りである。

①連続地中壁工事

（5.5ヶ月⇒3.5ヶ月：－2ヶ月）

- ・地盤形状に応じた連続地中壁の採用により工事数量を低減
- ・連続地中壁製作時のパネルの大型化によりパネル数を削減

②底版・側壁工事

（機械工事引き渡しまで13.5ヵ月⇒10ヵ月：－3.5ヶ月）

- ・側壁－底版一体構造の採用により目地工事なし
- ・高強度鉄筋の採用により鉄筋量を低減

③機械工事（23ヵ月⇒17.5ヵ月：－5.5ヶ月）

- ・躯体、保冷、メンブレンの施工に対する信頼性向上により水張り試験省略
- ・実績の十分なメンブレンモジュールを採用しておりプレカールテスト不要

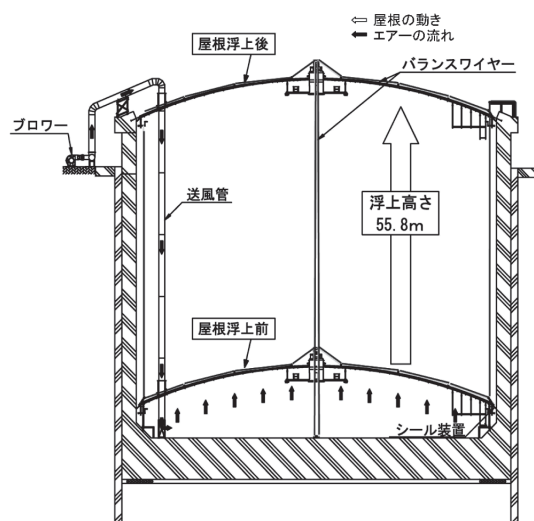
4. 屋根工事詳細（エアレイジング）

工事の安全確保および工期の短縮のため、鋼製屋根はタンク底部で組み立てた後、所定の位置までエアレイジング工法により浮上させた。2012年3月26日、タンク底部で組み立てた仮設鋼製屋根をエアの圧力で浮上させ、所定の位置へ固定が完了した。緒言は下記の通り。

鋼製屋根重量	950 t
浮上圧力	2.4 kPa
浮上速度	250 mm/min
所要風量	1,400 m ³ /min

地上のプロワを使用して仮設鋼製屋根下部へエアを供給し、ドーム形状の仮設鋼製屋根はバランスワイヤーで均衡を保ちながら浮上させる。図一5にエアレイジングの概要図を示す。

浮上中は屋根の傾斜、バランスワイヤーの張力、タンク内圧、浮上スピードが管理値を超えないように送風量を調整して浮上速度の制御を行い、所定の高さである55.8mの浮上を完了させた。



図一5 エアーレイジング概要図



写真—4 エアーレイジング状況

写真—4 にエアーレイジング時の状況を示す。

その後、コンクリート打設を2回に分けて実施する。1回目の打設は仮設鋼製屋根を型枠とし、タンク内圧により鉄筋およびコンクリート打設時荷重を支える。2回目の打設は自立したコンクリート屋根を型枠支保として鉄筋コンクリート工事を行う。

5. おわりに

2012年7月現在、計画通り屋根鉄筋コンクリートの工事が進捗している。25万kLのLNG地下タンクは、これまで長年に渡って蓄積してきたノウハウを活かして、技術開発を進めてきた結果、建設されるものである。今後もさらなる新技術を取り入れて、LNG地下タンクの有する高い安全性、信頼性および経済性の向上を図っていきたい。

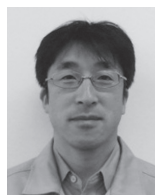
J C M A

【筆者紹介】

平賀 宙（ひらが ひろし）

東京ガス(株)

生産エンジニアリング部 扇島プロジェクトグループ
担当課長



石ヶ谷 幸曉（いしがや ゆきとし）

東京ガス(株)

生産エンジニアリング部 扇島プロジェクトグループ



高知県における堤防の耐震・津波対策

吉 村 浩 司・木 村 育 正

高知県では近い将来発生が予想されている南海トラフで発生する巨大地震に対して海岸堤防等の耐震・津波対策を進めているところである。東日本大震災で得られた教訓をもとに地盤の沈降や液状化等に対しても柔軟に対応が可能な構造形式を採用し順次整備を進めていくことにしている。歴史的な背景も含め、本稿ではその取組みについて紹介する。

キーワード：津波対策，液状化対策，防潮堤

1. はじめに

東日本大震災からすでに一年半をむかえようとしている。今でも津波により東日本沿岸各地にもたらされた大きな爪あとの記憶が鮮明に蘇る。想定外といわれる巨大な津波は、多くの民家や建物、社会インフラ、さらには福島原発などにも大きなダメージを与え、生活基盤や生活環境までを一変させてしまうほどの被害を生じさせた。

津波被害を増長させた一因として防潮堤の被災があげられる。沿岸地区に構築されていた防潮堤は過去の教訓から、強固に構築されていたにもかかわらず、設計外力を超えた津波に対してはなすすべもなく、脆性的に倒壊したものが非常に多く見られた（写真—1）。



写真—1 津波により倒壊した防潮堤

倒壊した原因はさまざまな要素が考えられるものの、重力式護岸の形式をベースとしたこれらの構造物はじん性が乏しく、一度倒壊してしまうと継続的に襲ってくる津波の影響を粘り強く継続的に軽減させることが不可能である。したがって外力が想定値を超え

た場合にも一定の機能を維持しながら、第二第三波に対しても継続的に抵抗するような構造形式が求められている。

次に紹介する事例は想定を超える外力が作用しても健全性を保持した構造形式である。

写真—2は大学と民間企業がコンソーシアムを組み実施した震災後の調査で明らかになった事象のうちの一例である。



写真—2 被災した水門

この水門は津波対策等のために計画され、その構築中に被災した構造物である。写真は水門の正面から撮影されたものである。水門の左側は鉄筋を組み上げている途中であったが、津波の来襲により折れ曲がった状態が見てとれる。水門の前面側はシートパイルによる二重締切りが施され、その内部がドライ状態になっていた。津波はこのシートパイルの天端のはるか上空を越波し遡上していった。引き波の影響も受けているがこの二重締切りに損傷した箇所は見当たらなかった（写真—3）。鋼矢板の河床からの突出長は約3.0mで



写真一 二重締切り内部

地中部に約 6.0 m 根入れされていた。

この二重締切りのように地中部に根入れを持つ構造物を「インプラント構造」と呼んでいる。インプラントとは“埋め込む”・“移植する”ことであり、基礎と躯体が一体化した構造部材を静荷重で地中に押し込んで、地球に直接支えてもらう構造を意味する。

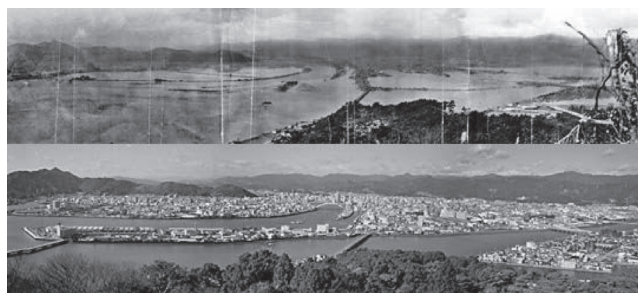
歯科医療に例えると分かりやすい。入れ歯やブリッジ治療に対し、インプラントと呼ばれる人工歯根は、歯根部分を顎の骨に直接連結することで強固に固定し、天然歯に近い機能を与える。インプラント構造では、顎の骨が地球、人工歯根と歯が構造部材に相当している。つまり、鋼矢板を地上から圧入するだけで基礎と躯体を同時施工し、地球と強固に一体化した構造物を構築できるものである。このような構造の特長を取り入れて堤防の補強を実施している高知県の事例について以下に紹介する。

2. 二重締切り鋼矢板による既設堤防補強の事例（津波対策）

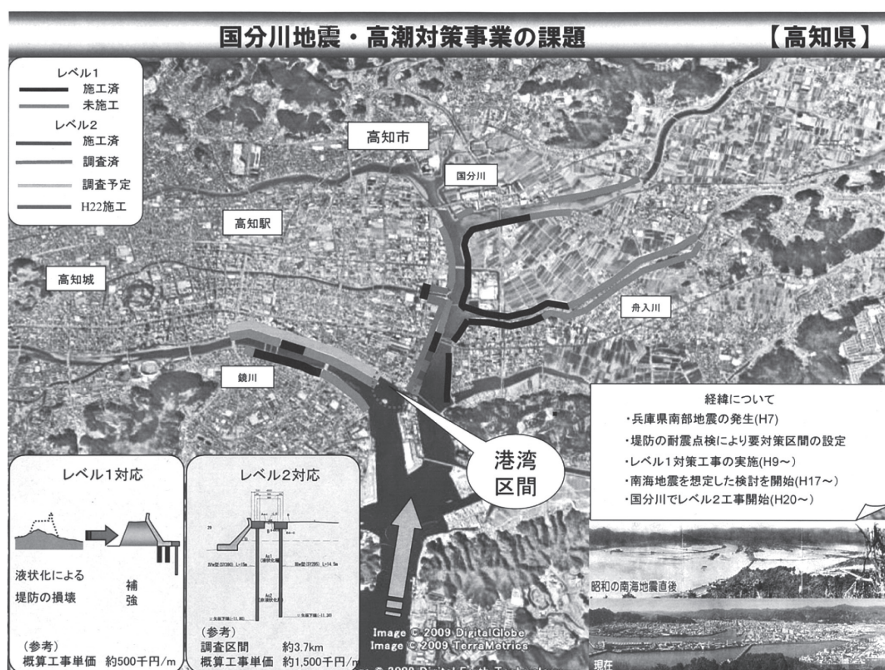
高知県では過去に幾度となく津波の被害を受けている。直近のものは 1946 年（昭和 21 年）12 月の昭和南海地震（写真一 4）であるが、古くは 684 年 11 月の津波被害が「日本書紀」に記されている。

昭和南海地震では強い揺れと同時に発生した地盤沈下と津波により沿岸部の防潮堤は決壊し、自然に水が引かず約 1 ヶ月にわたり市内は冠水したままであった。

1995 年の阪神淡路大震災を契機として高知県では県の中心である高知市の河川堤防の耐震点検を実施し、南海地震に対する要対策区間を設定した（図一 1）。また、南海地震での地盤沈下量は高知市周辺では最大で 2.0 m 程度と想定されている。昭和南海地震で冠水により市民の生活が多大な悪影響を受けたことを教訓として、高知県は浦戸湾沿岸部の地震・高潮対策事業の一環として次に紹介する事業に着手した。



写真一 4 昭和南海地震直後（上）と現在の高知市内



図一 1 地震・高潮対策事業の概要

この事業では、浦戸湾に流入する各河川堤防について耐震診断を実施し、津波に対する被害軽減の必要度により「レベル1対応堤防」と「レベル2対応堤防」に分けて対策を実施している。

以降に記す工事は、このうち「レベル2対応堤防」に位置付けられた堤防の工事である。

その構造は既存の堤防内に鋼矢板を二列に打ち込み地盤を拘束することによって地震時における液状化による堤防天端の沈下を抑制させ、かつ、側方流動対策効果を併せ持つものである。地震発生から津波が到達するまでの間に液状化が進行し堤防が沈下するのを防ぎ、陸地部分の冠水を減少させることが大きな目的となっている。こうした構造は「鋼矢板芯壁堤」と呼ばれ、重力式の構造形式とは異なりじん性に富み、津波の襲来に対してもねばり強く抵抗し第二第三波が押し寄せても抵抗することが可能である。

図-2に堤防の横断面図を記す。

写真-5に鋼矢板の圧入施工状況を示す。背面側には民家が隣接している。さらに堤防の上面は生活用道路として活用されていたため、騒音、振動対策と省スペースでの施工方法が要求された。さらに、設計時の土質調査では確認されなかったが、昭和南海地震やそれ以前の津波によるさまざまな漂流物が堤防内部に堆積していると考えられた。これらの背景を受け当該個所では、低振動低騒音で、省スペース施工が可能であり、かつ地中障害物に対応できる工法として「硬質地盤クリア工法」が標準施工法として採用された。H21年～H23年までに総延長約1kmを施工し堤体の補強を進めた（図-3）。



写真-5 鋼矢板圧入状況

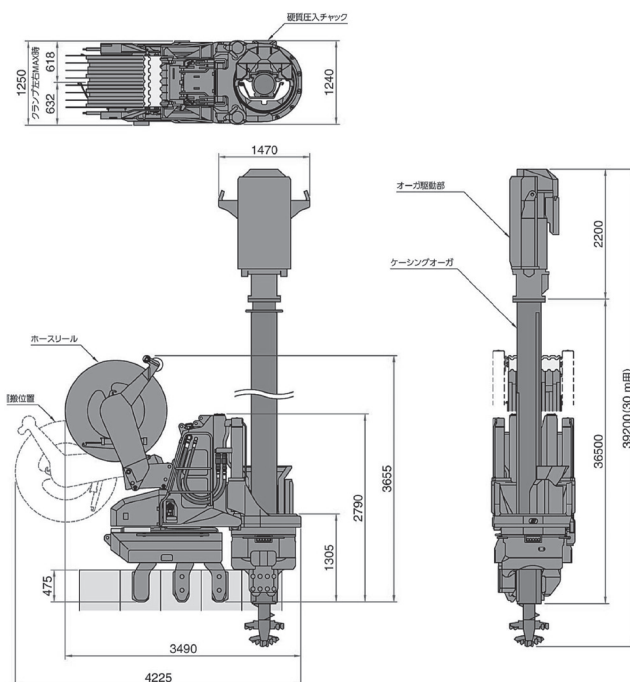


図-3 硬質地盤対応圧入機（サイレントバイラー SCU-ECO600S）

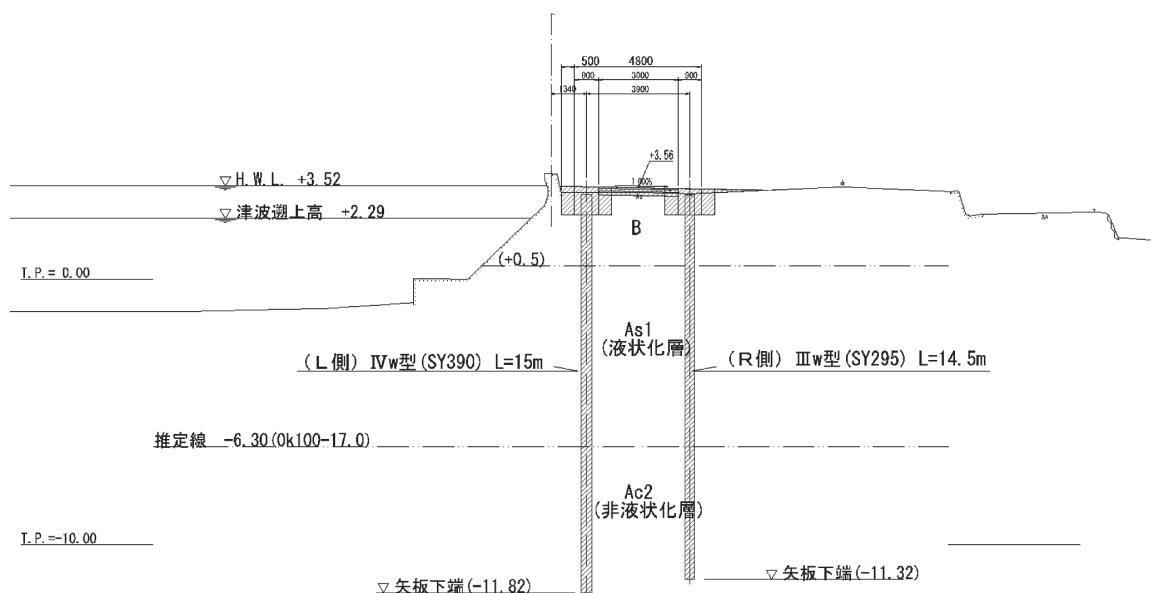


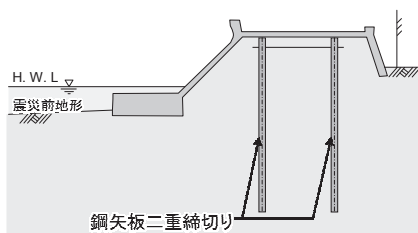
図-2 堤防横断面図

3. 南海地震からの早期復旧における検討

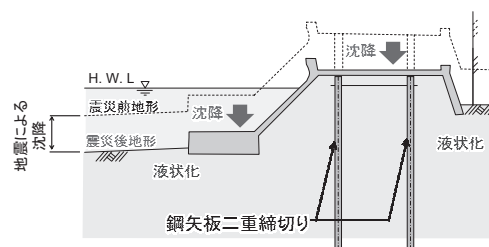
県は平成23年度から産学官共同事業として「高知県産学官連携産業創出研究推進事業」を立ち上げている。そのなかで津波被災後いち早く平穏な県民生活を取り戻すための応急復旧方法も検討している。図—4にそのイメージを示す。阪神淡路大震災では陸路が閉

ざされた際に海路を有効に活用して災害復旧活動が実施された。このように、様々なインフラを活用しながら沿岸部の緊急輸送路を確保することは、早期に県民生活を取り戻すために、また、早期に経済活動を再開させるために、非常に有効な手段となると考えられる。具体化に向け早期に検討を進めているところである。

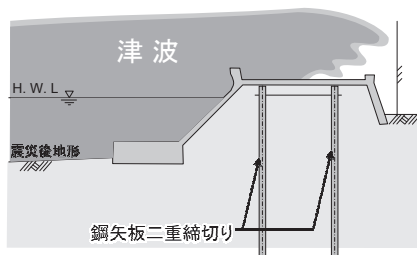
1. 鋼矢板芯壁堤構造の護岸を整備



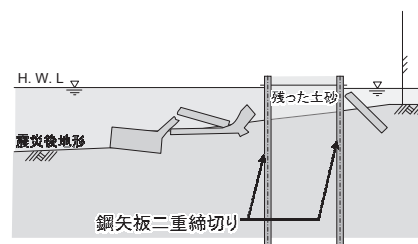
2. 地震発生による地盤の沈降



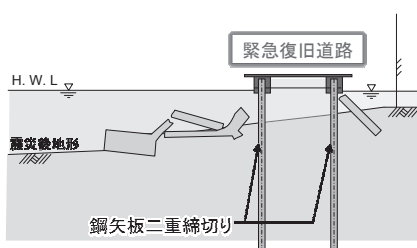
3. 地震による津波の発生



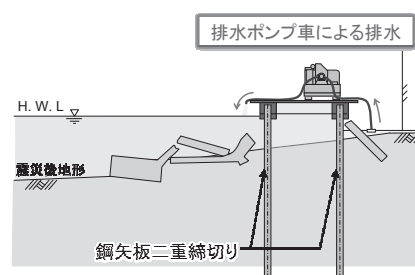
4. 津波による堤防の越水破壊が生じても、堤防天端は保持される



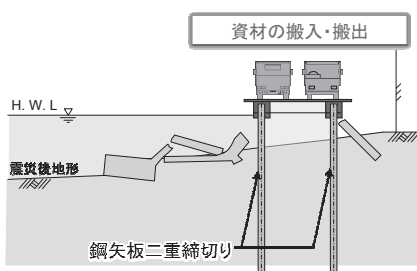
5. 鋼矢板上部に覆工板を架設、緊急復旧道路を構築



6. 鋼矢板芯壁堤道路を利用して、排水ポンプ車による堤内地の排水



7. 鋼矢板芯壁堤道路を緊急復旧道路として活用



図—4 津波被災後の復旧方法

4. おわりに

高知県では新たな地震想定に基づき上記に紹介した地震、津波対策の他にもさまざまな地震、津波対策を進めている。紙面の都合上紹介できないが県のHPを参照されたい。県民の人命と財産を津波等から守るためには、ハードのみならずソフト対策も併せた方策を忠実に実行することが肝要である。本県における取り組みの紹介が参考となれば幸いである。

謝 辞

現地調査の実施においては、高知大学（大年教授、原准教授）の協力を得た。感謝の意を表する次第である。

J|C|M|A

《参考文献》

高知県庁 HP <http://www.pref.kochi.lg.jp/soshiki/010201/>
 ㈱技研製作所 HP <http://www.giken.com/ja/>

【筆者紹介】

吉村 浩司（よしむら ひろし）
 高知県
 高知土木事務所
 所長



木村 育正（きむら やすまさ）
 ㈱技研製作所
 工法事業部 工法推進課
 課長



平成 24 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
- ・機械経費・機械損料に関係する通達類を掲載
- ・損料積算例や損料表の構成等をわかりやすく解説
- ・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 680 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）沖縄県の方は一般社団法人沖縄しまたて協会（電話：098-879-2097）にお申し込み下さい。

一般社団法人 日本建設機械施工協会

〒105-0011 東京都港区芝公園 3-5-8（機械振興会館）

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

上層階先行供用開始後の下部免震化工事

岐阜市民病院施工報告

宇 梶 剛 司・小 嶋 広 宣・小 島 時 和

岐阜市民病院改築整備第一期建築工事は、同じ敷地内に増築するスペースを設けることが不可能なため、また入院患者及び外来患者への影響を最小限に抑えるため、設計計画段階から、既存病棟（西病棟）の上空を跨いで6～11階を先に建設し、上部完成後に西病棟の入院患者及び外来患者を移動させ西病棟を解体し、その後下階の施工を行う計画となっていた。平成22年9月より上層階を供用開始後、既存病棟の解体工事（別途工事）を経て、低層部分の工事を行った。上層階が先行で供用開始されている中、先行して構築された建物の下で、先行した上層階と接続するという特殊条件での工事で、接続時には制振構造から免震構造への切り替えも併せて行われた。この制振構造から免震構造への切り替え時の施工記録を報告する。

キーワード：上層階先行工事、免震化工事、病院居ながら施工

1. はじめに

岐阜市民病院は、岐阜地域の中核病院である。既存の外来棟、西病棟は昭和40年代に建設され老朽化が進むとともに、施設自体も手狭となり快適な医療サービスを提供することが難しくなっていた。このため、より高度で先進的な医療を安全に患者に提供できるよう、外来棟、西病棟の改築整備が計画された。

当市民病院はJR岐阜駅の北西約2kmに位置し、来院者は自家用車の使用比率が高い。診療時間中は常に駐車場は満車状態となるため、今回の改築整備計画においても既設駐車場を極力減らさないことが求められた。

このため、設計者である山下・岐創設計共同体により、仮設病棟等を極力減らし病院敷地を有効に活用できるよう、既存西病棟を跨ぎ、病院機能はそのままに新棟上層部（6～11階）の建設を先行し、西病棟の機能を新棟上層部に移設後、既設西病棟の解体（別途工事）及び、新棟低層部（1～5階）の工事を行う計画がまとめられた。また、上層部工事から低層部1階床工事までは制震構造とし、1階床構築後に、制震構造から免震構造へと切り替えた後、低層部工事を施工する計画となっている（図－1、写真－1、2）。

本稿では上層階仮使用開始後の下部工事における制震構造から免震構造への切り替え工事について報告する。



図－1 完成パース（南面）



写真－1 西側全景（下部解体中）



写真－2 西側全景（下部建方中）

2. 工事概要

工事名称：岐阜市民病院改築整備第一期建築工事

工事場所：岐阜県岐阜市鹿島町7-1

発注者：岐阜市

設計者：山下・岐創設計共同体

監理者：山下・岐創設計共同体

施工者：熊谷・共栄・松永特定建設工事共同企業体
 実施工期：平成21年1月27日～平成23年12月12日
 敷地面積：22,925.46 m²
 建築面積：2,751.54 m²
 延床面積：22,704.06 m²
 構造規模：基礎免震層 SRC 造・地上部 S 造 11 階
 +PH1
 軒高さ：47.3 m 最高高さ：49.48 m 深さ：4.9 m
 用途：病院
 1～3 階 外来部門
 4 階 外来部門・更衣室・会議室
 5 階 医局管理部門
 6 階 精神デイケア・設備階
 7～10 階 病棟
 11 階 外来・職員レストラン
 屋上 緊急離発着場ヘリポート

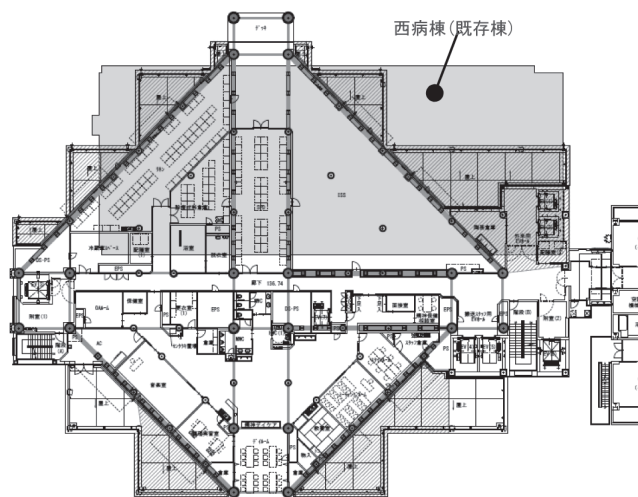
3. 設計概要

平面形状は、低層部（1～5 階）で X 方向（東西方向）は 60.075 m、Y 方向（南北方向）は 52.0 m、上層部（6 階以上）は約 38m×38m のおおよそ正方形の平面を 45°回転させた形状である（図—2）。

主架構は鉄骨造によるラーメン構造を主体とし、1 階から 5 階までは十字型に大断面鋼管の組柱（Φ1,000×4 本）のメガ柱を配置し、6 階レベルでメガトラス梁を連結させ、上層部架構を支持する構造となっている。この構造により上層部の先行建設を可能としている。

基礎構造は、GL-4.9 m で砂礫層を支持層とする直接基礎である。

また、新棟完成時には天然ゴム系積層ゴム支承、鉛プラグ入り積層ゴム支承、直動転がり支承、減衰材と



図—2 6 階平面図

して粘性ダンパーを用いた基礎免震構造となるが、上層部工事から低層部工事の 1 階床工事までは、これらの免震装置機能を仮設壁（RC 造）及び、仮設支柱（S 造）で拘束し、粘性ダンパーについても仮に制震ダンパーとして使用した制震構造となっている。

4. 施工ステップ

本建物は、施工ステップ毎に構造形態を変えながら構築する計画となっている。

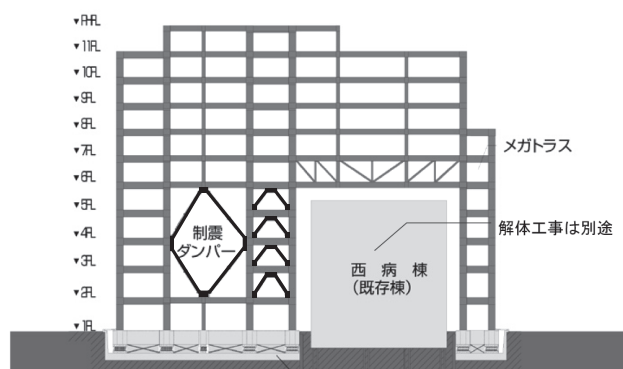
施工ステップは大きく 4 つに分かれており、そのステップ毎の形態は次のとおりである。

・ステップ 1（平成 22 年 9 月～平成 23 年 3 月）

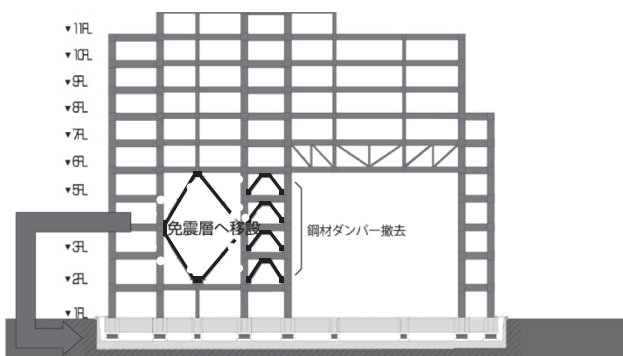
高層部工事完了後、高層部の供用開始、西病棟解体、1 階床構築までの間、構造形式として 4 本の鋼管から構成されるメガ柱のみで耐震要素が少ない不安定な形状となるため粘性ダンパーを用いた制震構造として構築される。なお、仮設支柱、仮設壁、擁壁と 1 階床を一体化することにより免震機能を拘束している（図—3）。

・ステップ 2（平成 23 年 4 月）

仮設支柱、仮設固定壁、擁壁とのスラブの撤去解体により拘束を切り離し、鋼製ダンパー撤去、粘性ダンパー移設までの免震化工事段階（図—4）。

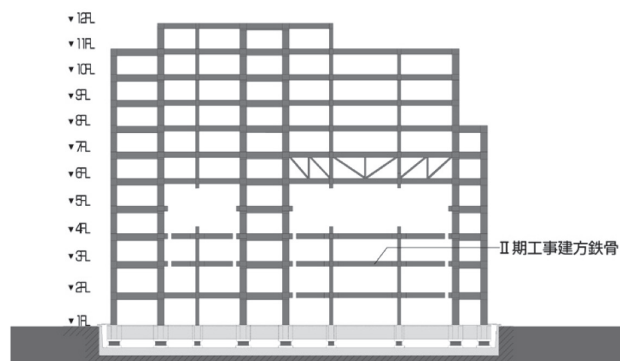


図—3 I 期工事完了

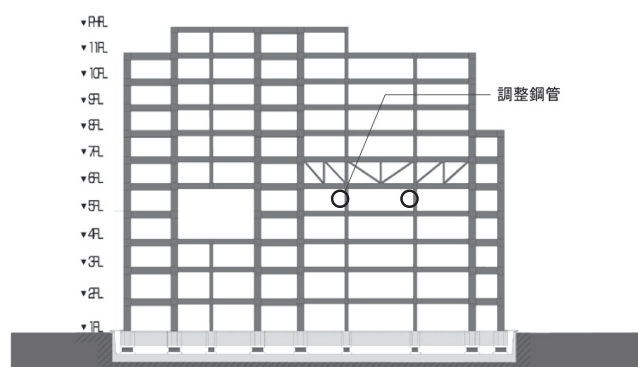


図—4 免震層へのダンパー移設

- ・ステップ3（平成23年5～6月）
免震化後、低層部鉄骨工事（上層部とは未結合）段階（図—5）。
- ・ステップ4（平成23年7月）
上層部と調整鋼管にて結合最終構造形態（図—6）。



図—5 II期工事鉄骨建方



図—6 II期工事鉄骨建方完了

5. 制震時の仮設固定方法

ステップ1では制震構造とするために仮設支柱，仮設壁，擁壁と1階スラブでの一体化により免震装置が機能しないように拘束している。以下にその詳細について述べる。

(1) 仮設支柱

マットスラブ内に埋め込んだ仮設支柱（写真—3）と1階梁とを鉄骨支柱にて固定し免震装置の機能を拘束する。仮設支柱はすべての鉄骨建方が完了し，各階のコンクリート打設後に接続を行った（写真—4）。

(2) 仮設壁，擁壁による拘束

建物中央部分は， $t=300$ のRC造の仮設壁により免震機能を拘束している（写真—4 右側壁）。

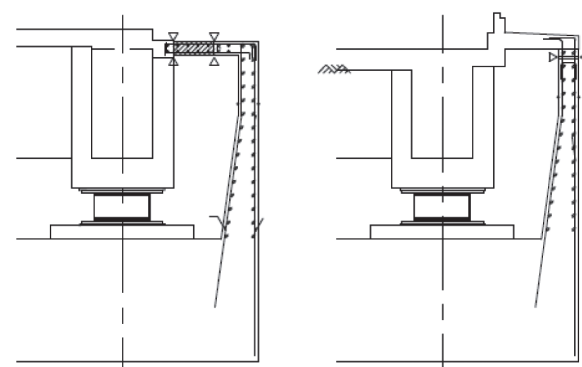
また，外周擁壁と1階床を一体化することにより外周部を固定し，免震機能を拘束している（図—7）。



写真—3 仮設支柱設置状況



写真—4 仮設支柱・仮設壁による拘束状況



図—7 擁壁部詳細（△印が免震化時切断位置）

6. 免震化工事

ステップ2において，ステップ1の制震構造からステップ3の免震構造へ切り替える免震化工事を行った。この期間中は構造的に免震構造でも，制震構造でもない構造的に不安定な状態となるため，できるだけこの期間を短くすることが求められた。

また，不安定な状態の中にも平面バランスを考慮し，供用中の上層階に免震化に伴う振動や衝撃を与えることがないように，かつ短期間に免震構造へ移行することが求められた。

施工数量については表—1の通りである。

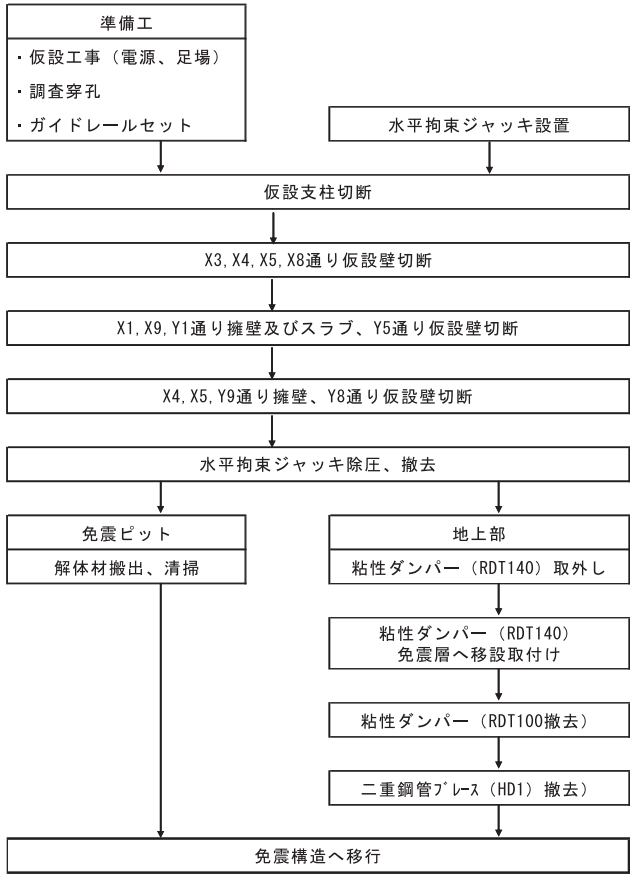
表一 1 施工数量表

項目	仕様	単位	数量
仮設支柱撤去	H300×300～H450×450 ガス切断	箇所	101.0
仮設壁切断	ワイヤーソー t=400を超える壁	m	44.4
仮設壁、擁壁切断	ウォールソー 2条切り	m	157.5
スラブ切断	フラットソー t=250	m	59.0
粘性ダンパー移設	RDT140（地上部より免震層へ）	箇所	8.0
粘性ダンパー撤去	RDT100（廃棄処分）	箇所	8.0
二重鋼管ブレース撤去	HD1	箇所	32.0

(1) 免震化施工手順

免震化工事の施工フローを図一8に示す。

制振構造として使用した粘性ダンパーは、16基のうち8基を基礎免震部へ移設した。移設したRDT140は、ストローク量±650mm可動できる仕様で、あらかじめ免震層に転用する設計となっていた。免震層に必要なダンパーとして8基のRDT140全てを免震ピットへ移設し、RDT100はストローク量±100mmのため、免震構造では使用できない仕様のため8基とも廃棄処分とした。

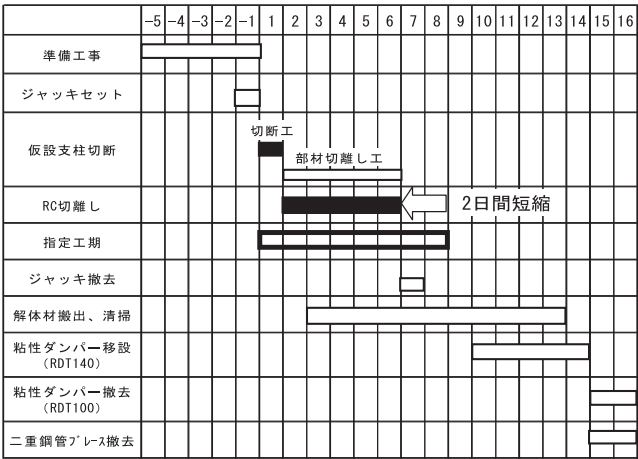


図一8 施工フローチャート

(2) 切り替え工期の短縮

施工フローチャート中の『仮設支柱の切断』から『X4,X5,Y9 通り擁壁、Y8 通り仮設壁切断』までの期間が、構造的に制震構造でもなく免震構造でもない、非常に不安定な期間であり、この期間をできるだけ短くすることが建物の耐震安全性を確保する上で、非常に重要であった。設計条件による標準工期として8日間が設定されていたが、この期間を6日間に短縮することを技術提案し採用された(図一9)。

工期短縮に際しては、施工機械の大量投入によらざるを得ない極めて厳しい工期設定ではあったが、機械投入に当たっても切断の進捗による構造的な平面バランスに配慮する必要があるため、量的投入のみではなく施工順序、施工方法の面からも効率化を図る必要があった。効率化を図る方法の一つとして切断機械の特性を生かし、ウォールソーでは2枚の歯による2条切りを採用した。



図一9 工程表 ※黒塗り工程が提案工程

(3) 仮設壁、擁壁切断工法

免震化に伴う仮設壁、擁壁のRC部分の切り離し工事には、稼働中の病院内での工事であることより極力騒音の少ない施工機械としてワイヤーソー、ウォールソー、フラットソーの3つを採用した(写真一5)。

施工精度の面よりウォールソーを主体として計画を行った。ワイヤーソーより施工能力は若干劣るが(3～6m/日)、切断刃を切断巾(5cm)で2枚装着し切断を行う2条切りとし工期短縮を図った(写真一6)。

2条切りについては、最大切断深さが400mmまでとなるので、それを超える部分についてはワイヤーソーを使用した(写真一7)。

また、6階以上を仮使用中の新築病棟に対する騒音・粉塵対策として、開口部には防音シートによる養生を先行で設置し対応した(写真一8)。

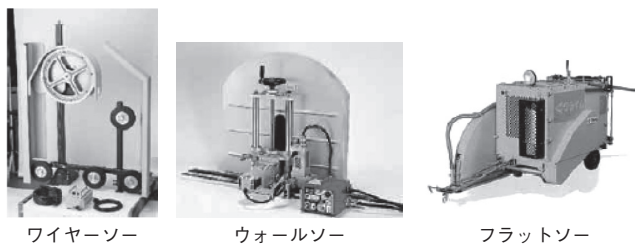


写真-5 使用した施工機械

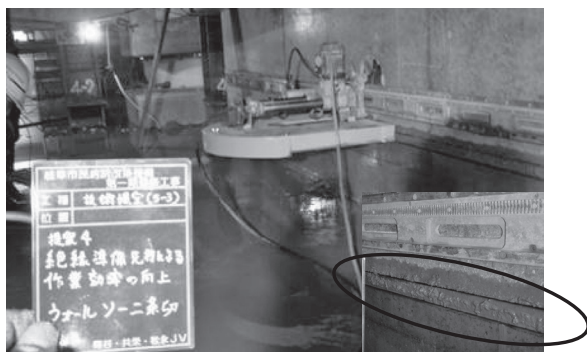


写真-6 ウォールソー2条切り仮設壁切断状況（右下囲みは切断部近景）



写真-7 ワイヤーソーでの仮設壁切断状況



写真-8 防音シートによる開口部騒音対策

今回の工事において、仮設壁切断の最終部分を切断する際に、上部荷重が1点に集中して壁端部が爆裂的に破壊される現象が何箇所かで発生した。破壊が起きた部分では、ウォールソーの刃を噛み込むような形となり、切断を続けることも、刃を抜くこともできなくなり時間をロスすることがあった。今回のような事例がある場合は、切断端部については2条切りを止め通常の一枚刃で施工することが望ましいと思われる。

床切断部については、フラットソーを採用した。

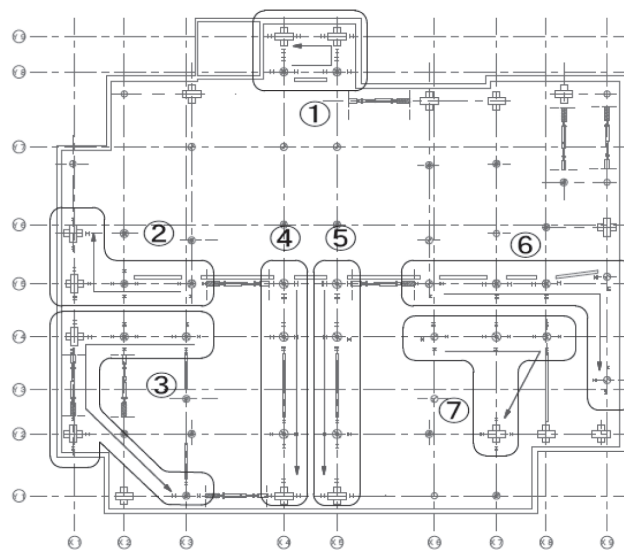
(4) 平面バランスを考慮した切り離し作業

免震化への切断作業は平面バランスを考慮して施工を行った。フローチャート中の仮設支柱切断については全支柱を1日で切断するが、建物中心部より外部へ向い切断を行う手順とした。それぞれ仮設支柱のサイズは違うが、切断長さが概ね同程度となるように7つのブロックに分け、それぞれのブロックにおける切断順序を決めて平面的にバランスを取りながら施工を行った。各ブロックの切断順序は、現場の各支柱に表示し作業員の勘違い等による間違いのないように配慮した（図-10）。

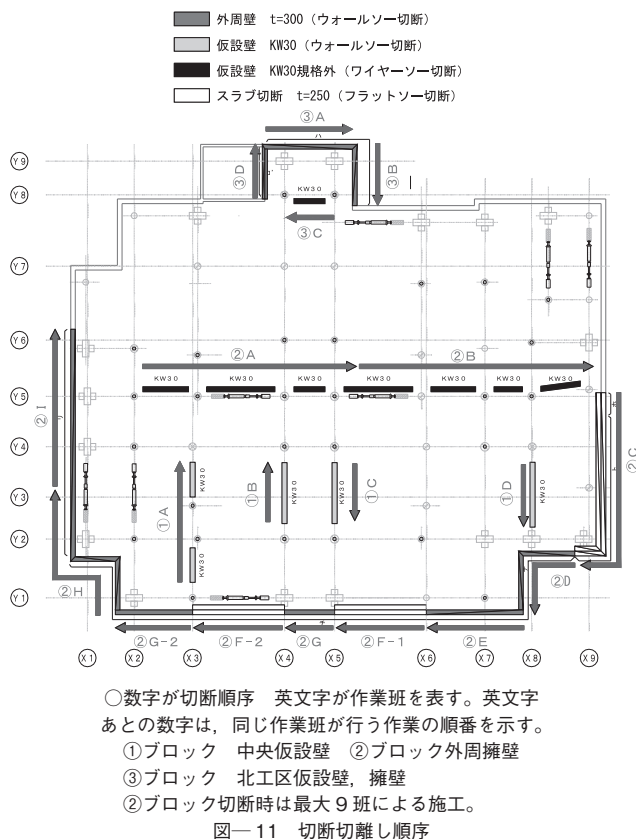
仮設壁、擁壁の切断についても同様に平面バランスを考慮して切断作業を行った。最大9班による切断作業を行ったが、切断機械の性能差があるので、一部の切り離しが先行することがないように管理を行った。また、切断方向についても、相対する壁と逆方向より切断を行うことにより偏芯荷重が生じないように配慮した（図-11）。

(5) 免震切り離しクリアランスの確保

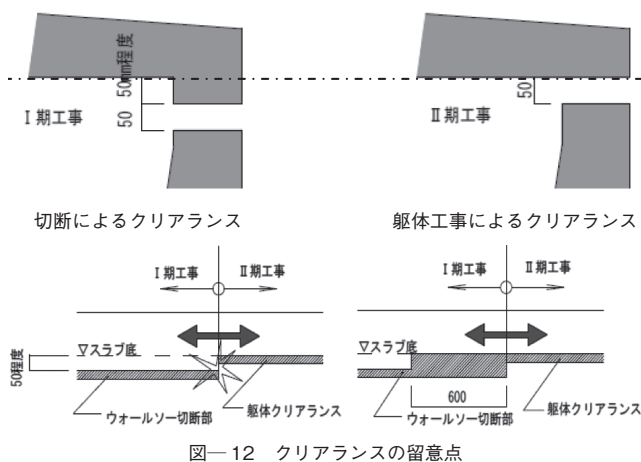
免震切り離しについては切断のみが目的でなく、免震クリアランスの確保についても注意が必要である。ウォールソーによる2条切りの場合は5 cmのクリアランスの確保が容易であるが、ワイヤーソーの場合は、切断面が波打つことがあり、最低クリアランスを確保するためには、切断面の不陸を考慮に入れて施工を行う必要があった。専門工事業者とも協議の結果100 mmとして施工を行ったが、最低クリアランス50 mmを下回る部分はなかった。



①～⑦のブロック分け
矢印は各ブロックの切断順序を表す。
図-10 仮設支柱のブロック分けと切断順序



また、免震化工事部分は躯体の切断により免震クリアランスを確保する際、切断工具を用いるためスラブ下より5cm程度下がったところで切断する必要がある。そのため、クリアランスを躯体施工時にスラブ直下にするⅡ期工事部分との取り合い部分で、免震水平クリアランスが鉤形となり、水平方向クリアランスが確保できなくなってしまうため、図-12に示すような形状で切断を行い、クリアランスを確保することとした。



(6) 水平拘束ジャッキによる歪み制御

上層階はすでに供用済みであり、3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震で岐阜市内は震度3であったが、長時間にわたり揺れが続いたことから、地震に

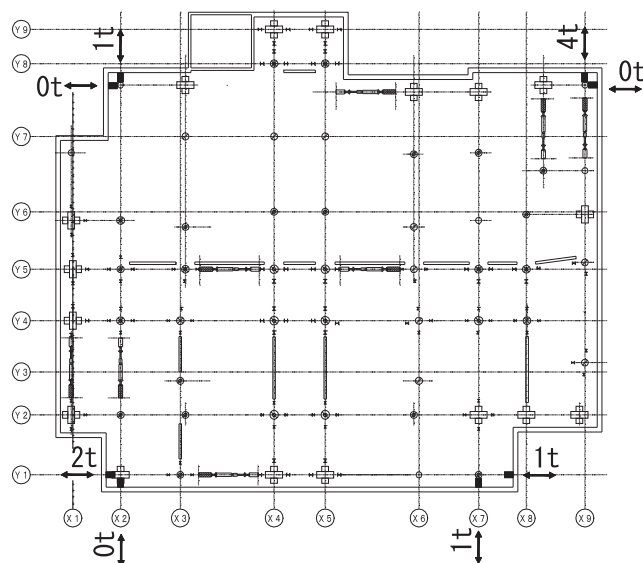
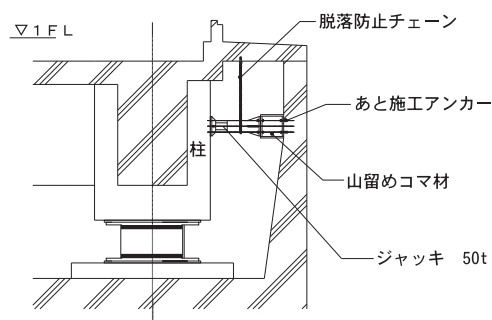
よる影響が構造体に歪みとして蓄積されている可能性があった。そのため、制震構造から免震構造への移行に伴う切断作業時にこれらの歪みの開放に伴う衝撃的な変位が発生する可能性があった。この衝撃的な変位を抑えるために油圧ジャッキを設置し、供用されている上層階への影響が及ばないように、緩やかな移行ができるよう計画した。

ジャッキは、500 kN (50 t) のプレロードジャッキを建物4隅に2台ずつ計8台を設置した(図-13)。

設置したそれぞれのジャッキには、1tのプレロードを掛け免震上部基礎の変位を拘束した状態で、支柱、仮設壁、スラブの切り離し作業を行った。

免震化切り離し作業が完了した時点で各ジャッキの荷重を確認したところ、図-14に示すように大きな荷重がかかっていないことが確認された。このことより、制振構造の状態を受けた地震の影響等による構造体への歪みの蓄積は、殆どなかったことが確認された。

ジャッキの除圧は図-14右上の4tの荷重を2tまで減圧しその後、図-14左下の2tと一緒に1tまで減圧し最後にすべてのジャッキを一斉減圧しジャッキを開放した。



(7) 免震化後の変位

免震化後に各部位の計測を行ったところ水平変位については0 mm, 垂直変位については-3 mm (建物中央部で計測) となった。

(8) 免震化工事中の危機管理体制

免震化工事中は構造上不安定な状態での作業となり, 作業中の地震, 暴風に対して作業中止の指示を即座に出せるよう設備を整えた。地震に対しては, 市民病院より地震速報を受信し場内への一斉放送を可能にした。暴風については, 風速計を設置し暴風時にはパトランプによる表示と, メール配信装置を設置し, 各作業班長の携帯電話に作業中止のメールを配信できるようにした。

また, 作業状況を随時確認できるようウェブカメラを設置した。このウェブカメラは施主, 設計事務所でも閲覧可能とし作業状況の公開を行った。

7. おわりに

免震化工事については技術提案通りの工期短縮を実現できたと共に, 供用中の上層階への振動・衝撃を与えることなく制震構造から, 免震構造へスムーズに移行することができた。施工方法によるところもあるが, 大きな偏芯荷重がかからなかったことより施工精度も良く, 免震装置に無理な荷重がかかっていなかったものと思われる。

謝 辞

本工事实施の各過程では, 発注者・設計監理者の皆様によるご指導, 社内技術研究所の支援をいただいた。また, 難易度の高い施工を遂行するにあたっては, 協力業者による技術的な理解ならびに多大なる努力があったことも忘れられない。本工事に关与していただいたすべての方々に改めて感謝申し上げる次第である。

JICMA

[筆者紹介]

宇梶 剛司 (うかじ たけし)
㈱熊谷組
名古屋支店 岐阜市民病院作業所
所長 (当時)



小嶋 広宣 (こじま ひろのり)
㈱熊谷組
名古屋支店 岐阜市民病院作業所
副所長 (当時)



小島 時和 (こじま としかず)
㈱熊谷組
名古屋支店 建築部
技術部長



GPS 津波計測ブイシステム

GPS を搭載した海洋ブイによる津波早期検出システム

神 崎 政 之・松 下 泰 弘

東日本大震災は、東北地方の太平洋沿岸部に未曾有の災害、特に大津波により甚大な被害をもたらした。この大震災を踏まえ、国土交通省では国民の暮らしや産業・経済活動の被害をできるだけ軽減する事を目指し、新規施策と政策の見直しを行うことを発表した。大規模災害の予防対策として、総合的な津波対策を推進する目的から、沖合津波観測体制の強化等による津波警報の精度向上・発表内容の改善を図ることが挙げられている。

本稿では、海洋ブイを利用した GPS 津波計による津波観測の現状と高度化に向けた開発内容について述べる。

キーワード：地震、津波、防災、減災、警報、GPS、RTK、ブイ

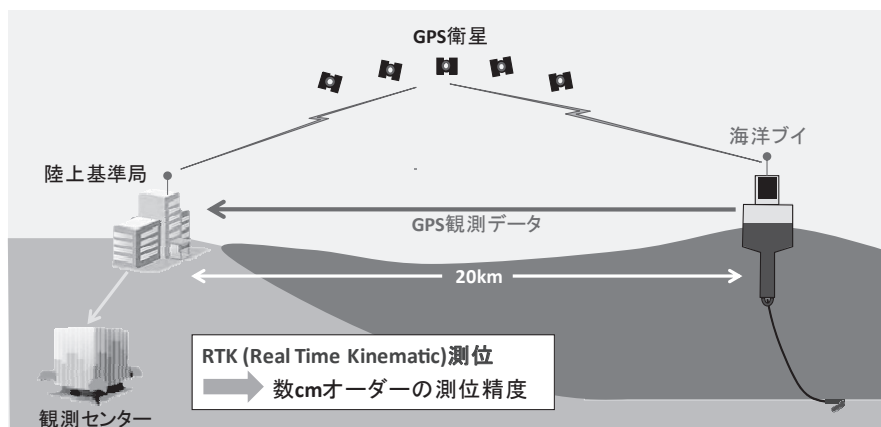
1. はじめに

平成 23 年 3 月 11 日に発生した東日本大震災は、日本の観測史上最大のマグニチュード 9.0 を記録した東北地方太平洋沖地震と、海洋プレートの大きな変動に伴って発生した 10 m を超える巨大津波によって東北地方の太平洋沿岸部に壊滅的な被害をもたらした。津波警報等には緊急地震速報システムが活用されているが、地上に設置された地震計（加速度計）が想定を超える大きな地震によって振切れたため正確な測定ができない状態となり、その結果として地震規模が過小評価され、岩手県・福島県両沿岸に到達する津波の高さをそれぞれ 6 m と 3 m と実際と比較して大きく下回る予測をした。地震の発生から 24 分後に岩手県釜石市沖 20 km に設置された GPS 波浪計が 3 m を超える波

高を観測したことから、気象庁では沿岸部に到達する津波の高さをそれぞれ 10 m と 6 m に切替えて発表した。この津波警報の精度向上に大きく貢献した GPS 波浪計とは、東京大学地震研究所他との共同研究「GPS 津波計」の成果を発展させて、津波波高だけでなく港湾整備に必要な沖合の波浪情報（波浪や潮位）を海洋ブイに搭載した GPS 受信機を用いて計測するものであり、国土交通省港湾局により整備が進められている。

2. GPS 津波計測ブイシステムの基本機能

GPS 津波計測ブイシステムのコンセプトは、津波を沿岸への到達より先に検知し住民に知らせることによって、津波被害の軽減に役立てることである。システムの概念図を図 1 に示す。沖合に係留した海洋



図—1 システム概念図

ブイに GPS 受信機と通信機器を搭載して、陸上基準局との間を RTK（リアルタイムキネマティック）測位方式により海面の変動を cm レベルの精度でリアルタイム計測する。計測結果は観測センターに常時転送され、通常の風波と津波を弁別するために、フィルター処理を施した結果と共にホームページ上に判り易くグラフ化して一般公開する。

3. 基礎機能実験

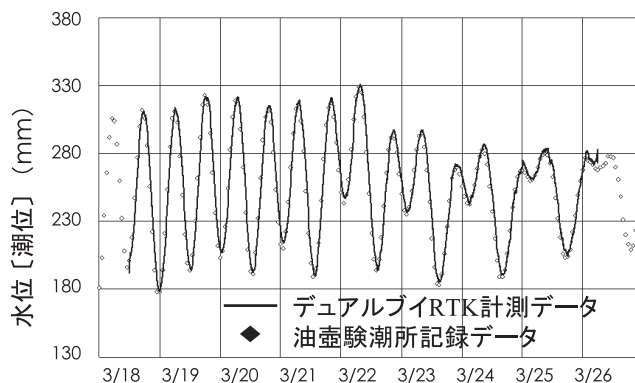
平成 8 年に東京大学地震研究所と共に GPS 津波計の開発を開始し、翌年 1 月に小網代湾にてプロトタイプブイ（写真—1）による実験を実施した。平成 10 年には相模湾沖約 900 m の位置にデュアルブイ（写真—2）を設置して 10 日間連続した計測を行った。この実験では、アンテナ位置を 1 秒のサンプリングで RTK 測位を行い、鉛直方向成分の変位を海洋ブイの上下動としてその時系列変化をリアルタイムに表示した。得られた結果を実験海域近くにある油壺験潮所の潮汐データと比較したグラフを図—2 に示す。験潮所の計測データは毎正時、海洋ブイの上下動データは



写真—1 小網代湾実験プロトタイプブイ



写真—2 デュアルブイ



図—2 デュアルブイで計測した潮汐データと験潮所記録との比較

毎秒のデータであることから、風波成分を除去して潮汐データを得るためにローパスフィルターとして鉛直方向成分に 9 秒の移動平均をかけた値をプロットしている。実験期間中の毎正時 169 回の潮汐値を比較した結果、両計測値の最大差が 5.2 mm、標準偏差は 2.0 mm であった。この結果から、本システムは秒単位の周期を持つ風波から日単位の周期の潮汐までの広い周波数領域に対応できる海面変位計として機能することを確認した¹⁾。

4. 実海域における実用化実験

相模湾での基礎機能実験において本システムが海面変動の検出に有効であることを確認したことから、沖合展開可能な GPS 津波計測ブイシステムとして必要不可欠な海面変位への追従性の良い海洋ブイと係留設備を設計施工し、風波と津波の弁別アルゴリズム、システムに負荷の少ない測位システムの検証及び市民へのデータ公開を行う防災システム等を開発課題として、平成 11 年より大船渡市にて実用化に向けた応用実験を行った。大船渡市沖約 2 km の位置に実用型ブイ（写真—3）を設置して 3 年間連続した計測を行った。海洋ブイ本体の径は 2.8 m、高さは 10 m である。海



写真—3 実用型ブイ

洋ブイで受信した GPS データ（疑似距離・搬送波位相等全ての情報）は、429 MHz 帯の特定小電力無線を用いて陸上基準局に伝送し、同じく陸上基準局で受信した GPS データと併せて RTK 測位を行ない、毎秒得られる測位結果（時刻・緯度・経度・波高）は 3.4 KHz のアナログ専用電話回線 2 系統で大船渡市役所総務課防災部門と大船渡市消防署指令室に送信し、各関係機関でリアルタイムに監視できるようにした。また、ISDN 回線を使用してインターネットサーバに転送しホームページで一般公開した。図-3 に表示例を示す。図中の上部に海洋ブイで計測された波高を

1 秒ごとに 1 時間分表示し、短周期の波浪成分と長周期の津波成分に分離して表示している。下部左側には、海洋ブイの水平の動きを示し、毎秒の位置をドットで表示している。最下部には 2 日分の波高を表示して、潮汐の動向を確認できるようにしている。実験期間中の平成 11 年 6 月 25 日にペルー沖地震による津波を、平成 13 年 9 月 26 日に十勝沖地震に伴って発生した津波をそれぞれ観測した。図-4 に十勝沖地震により発生した津波の波形を捉えたグラフを験潮所データと共に示す。

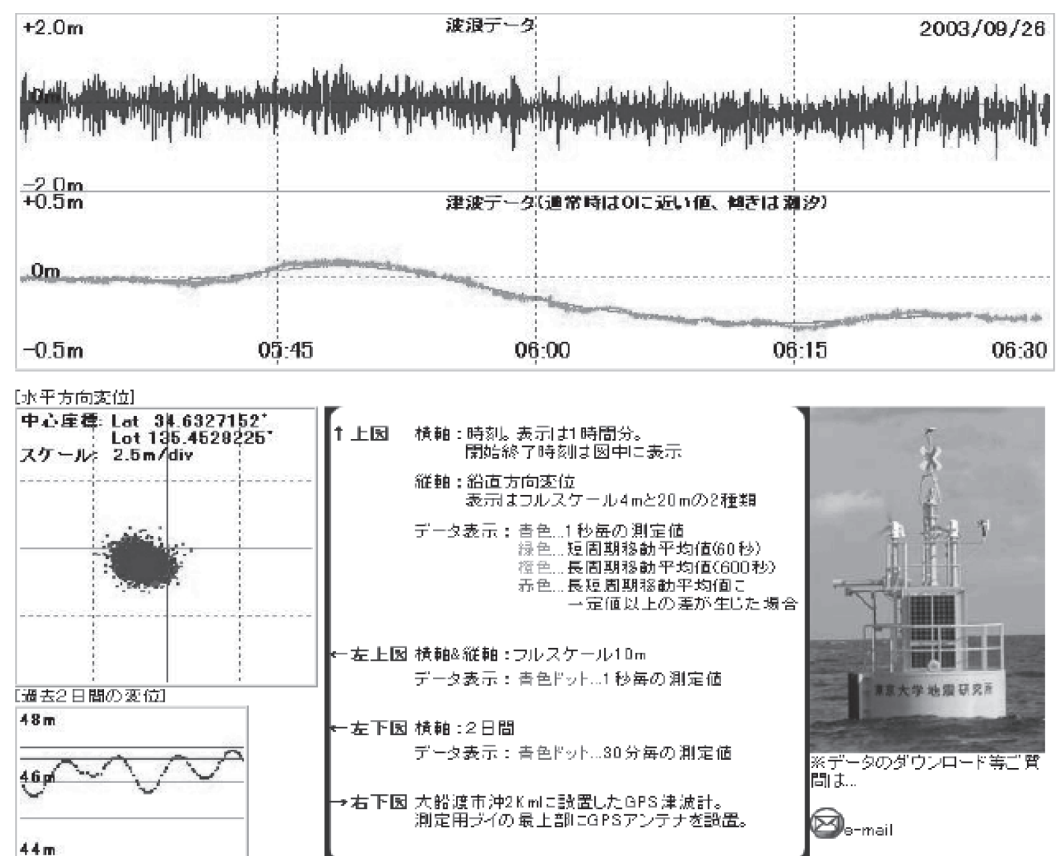


図-3 一般公開用ホームページ表示例

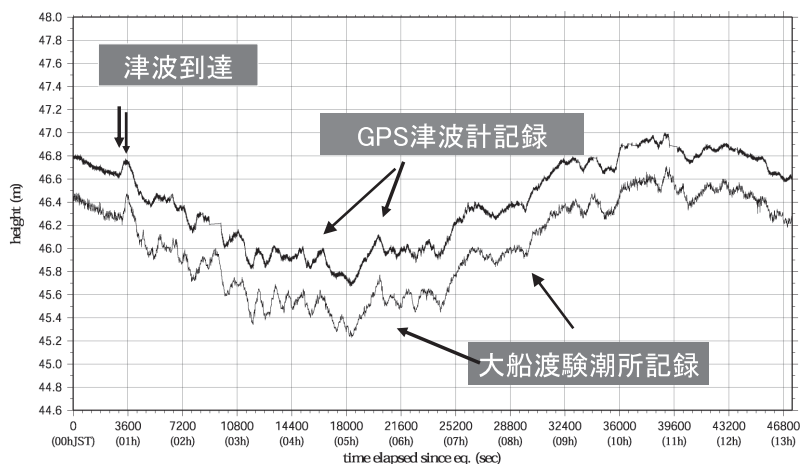


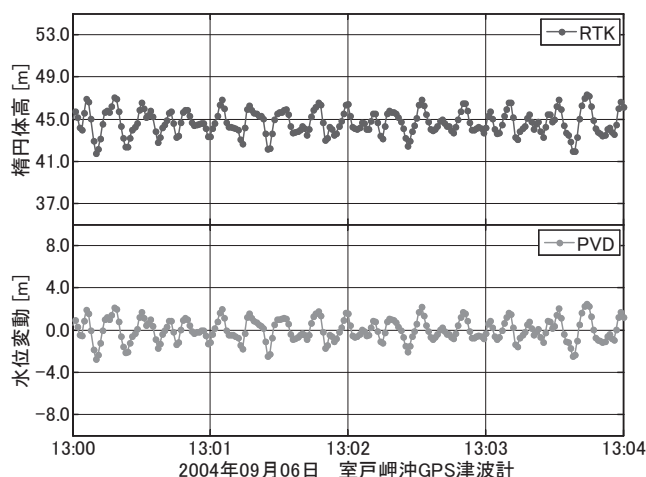
図-4 十勝沖地震津波観測データ

5. 大深水沖海域における実証実験

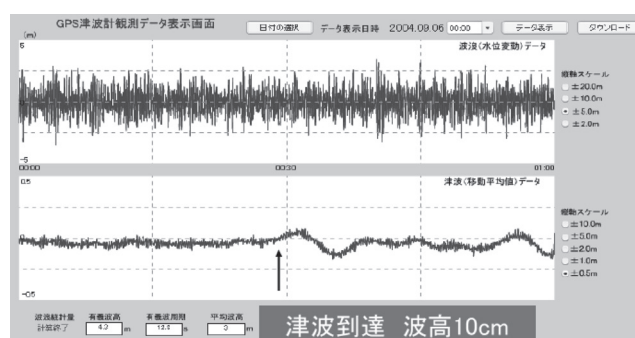
大船渡沖の実海域における実用化実験により、GPS 津波計測システムは実際の津波を検知し、準リアルタイムに防災関係機関及び住民へ津波波形情報を伝達できることを実証した。この成果を受けて、平成 14 年から文部科学省産官学連携プロジェクトとして東京大学地震研究所・港湾空港技術研究所・人と防災未来センターと共に、新方式 GPS 計測法、海上・陸上のデータ伝送法、津波検出法、波浪データ解析法、津波伝播シミュレーション法を確立するとともに、リアルタイム常時データ公開方法及び自治体防災への活用方法等を明らかにするべく開発を開始した。平成 17 年度より科学研究費補助金基礎研究事業として再編、研究者の組織変更等の理由により、高知工業高等専門学校及び東北大学大学院が本開発に参加している。

(1) 室戸岬南方沖 GPS 津波計による実証実験

平成 16 年には大船渡沖にて連続観測を行ってきた海洋ブイを撤収し、新たに高知県室戸岬南方沖約 13 km の位置に GPS 津波計を設置して 3 年間の実証実験を行った。海洋ブイ本体の径は 3.4 m、高さは 16 m と大船渡沖の海洋ブイからさらに大型化した。10 km を超える距離における RTK 測位の安定性を確認するとともに、さらに外洋へ設置することを考えて、設置位置（陸上からの距離）に依存しない新しい GPS 測位法として PVD 法の開発と実証を行った。PVD 法とは、陸上基準点の GPS データを必要とせず、海洋ブイに搭載した GPS 受信機単独で変動のみを検出する方式である。この方式では、大容量データ伝送のための無線装置や、高価な二周波受信機も必要としないため、沖合での波浪計測には最適な手法である。ただし、搬送波位相の短周期変動成分のみを計測することから、周期が 30 秒以下の波浪の観測に適用できるが、周期が数十分を超える津波の観測には適用できない。図—5 に室戸岬沖 GPS 津波計にて計測された RTK と PVD の波高データの比較結果を示す。実験期間中の平成 16 年 9 月 5 日に発生した紀伊半島沖地震による津波をリアルタイムに観測した。この津波は海洋ブイに到達した時点で 10 cm という非常に微小な津波ではあったが、潮汐・波浪と弁別するためのフィルターを施すことにより、図—6 の通り津波と認識できる結果を得た。併せて、GPS 津波計の波高と験潮儀、シミュレーションとを比較を行ったところ、津波波高シミュレーション結果と GPS 津波計の計測結



図—5 RTK 法と PVD 法による波高データの比較



図—6 紀伊半島沖地震津波観測データ

果が良く一致していることを確認した。これは、験潮儀では浅海域での複雑な海底地形の変化や、験潮儀近辺での反射波などの影響により、シミュレーションでは考慮しきれない波の変化が発生したものと考えられる。一方、GPS 津波計は外洋上での計測であるため、これら複雑な変化の影響を受けないことから、津波シミュレーションの検証や改訂に役立つことを確認した。

(2) 室戸岬西方沖 GPS 津波計による実証実験

平成 18 年 3 月に室戸岬南方沖に設置した GPS 津波計に大型フェリー船が衝突したため、実証実験は一時中断をせざるを得なくなった。平成 20 年 4 月に室戸岬西方沖に再設置して実証実験を再開した。再設置した海洋ブイの外観と諸元を図—7 に示す。設置位置を室戸岬西方沖に変更したのは、南方沖は船舶の往来が頻繁な航路であることから、衝突を回避するためである。離岸距離は前と同じく約 13 km として、室戸岬に設置した陸上基準局の他、南国市にある高知工業高等専門学校にも長距離試験用の陸上基準点を新設した。新しい長距離対応の RTK 測位法や、準天頂衛星に対応したマルチ GNSS 対応受信機の試験等、沖合展開に向けての事前試験を実施した。また、GPS 津

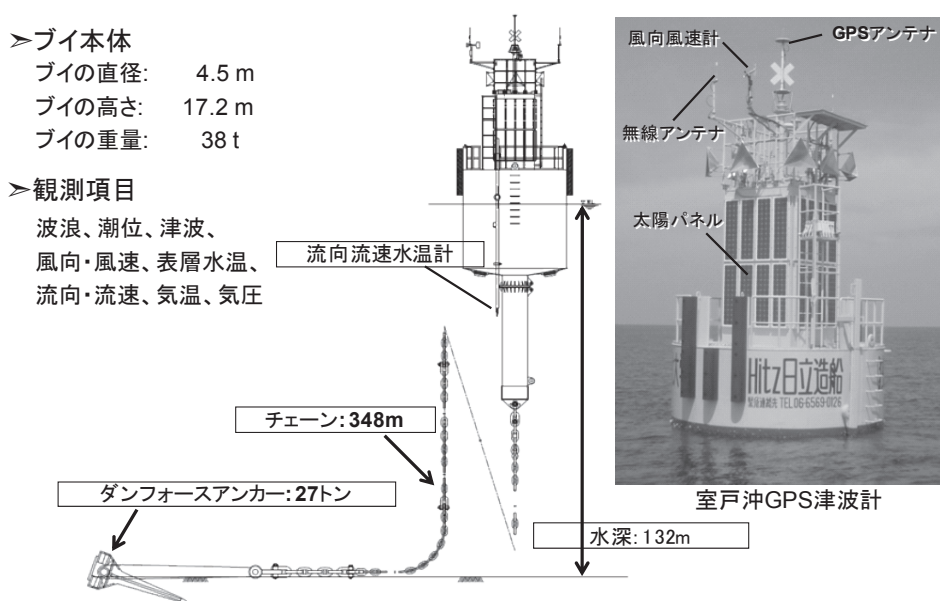


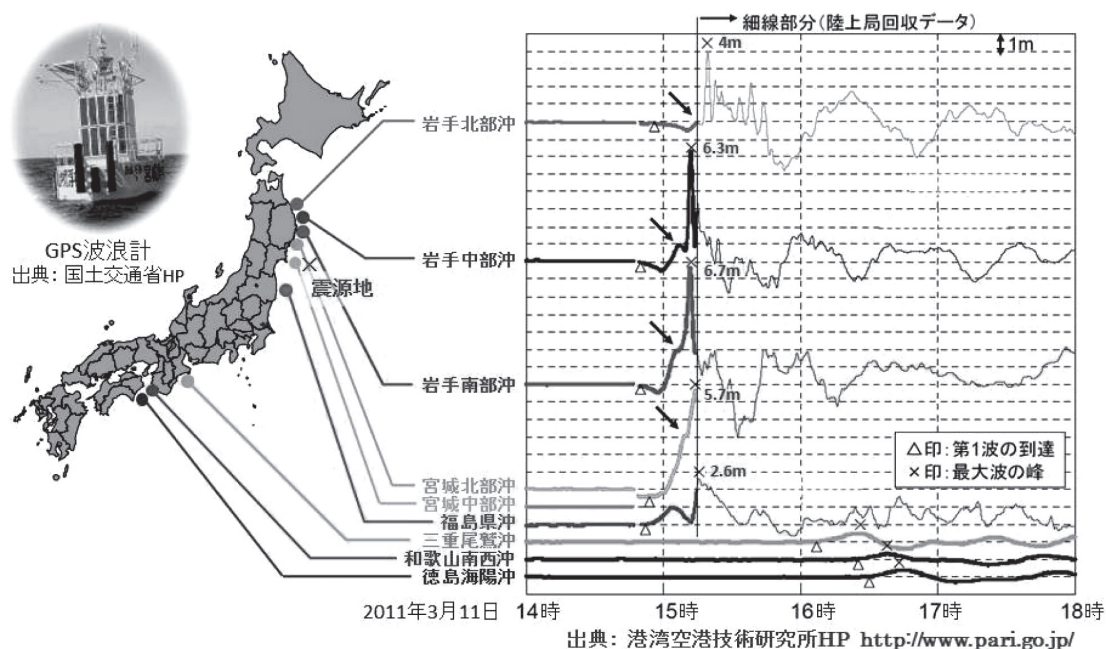
図-7 室戸岬沖 GPS 津波計概要

波計は海洋上で観測した GPS データを陸上まで伝送していることから、このデータを大気監視に利用する試みも行われた。GPS 衛星と海洋ブイの間に存在する大気（電離層・対流圏）の状態に関しては GPS 観測の誤差として扱ってきたが、海洋ブイの三次元位置が正確に判明する事から、これらの誤差から海洋上での大気の状態が正確に計測できると考えられた。気象研究所と情報通信研究機構により海洋ブイで観測された GPS データを地上基準点と統合して解析を行ったところ、気象予測の改善や電離層擾乱状態の広範囲な観測に利用可能であることを確認した。本開発は平成 25 年度まで継続するが、設置した海洋ブイが設計耐用年数を越えたため平成 23 年 11 月に撤収した。現在は、更なる沖合展開に向けて高知県が所有する大型の海洋ブイ「土佐黒潮牧場 16 号浮魚礁」をプラットフォームとして新たな実証実験を進めている。この海洋ブイは室戸岬東方沖約 41km に設置されており、現有の陸上基準局の設定等を変更するのみで継続利用が可能である。

6. 東日本大震災における巨大津波の観測結果

平成 23 年 3 月 11 日に東北地方太平洋沖地震が発生し、その地震による巨大津波は各研究機関により沖合に展開されている各種の津波計により観測された。最初に釜石市沖の 2 箇所に設置された海底ケーブル式圧力計（東京大学・東北大学）で波形が観測され、釧路沖の 2 箇所に設置された海底ケーブル式圧力計（海洋研究開発機構）でも津波波形が観測された。そして岩

手県・宮城県・福島県から沿岸に約 20 km 離れた 4 箇所に設置された GPS 波浪計でも津波波形が観測された。いくつかの津波計で観測された津波波形には、長周期の津波に短周期の津波が乗った特徴的な波形を捉えていた²⁾。先に述べたように GPS 波浪計とは、国土交通省港湾局が港湾設備管理に必要な波浪観測を目的として整備している沖合波浪観測ブイであり、その観測データは全国港湾海洋波浪情報網(NOWPHAS)を通じて広く公開している。GPS 波浪計の詳細については、本誌 2009 年 9 月号に国土交通省港湾局により寄稿された「GPS 波浪計による沖合波浪の観測」に記載されているので参考にされたい³⁾。港湾空港技術研究所がまとめられた、太平洋沿岸に設置した GPS 波浪計で観測された津波波形を図-8 に示す。図中で太い線で示す波形はリアルタイムで計測され、陸上基準局から地上回線で観測センター等へ配信された情報である。細い線で示す波形は、地震によって地上回線が壊滅的な被害を受けたため、陸上基準局から外部へ配信する事ができなかった情報であり、震災後に陸上基準局の装置から取得したものである。津波警報の予測到達波高を変更するきっかけとなったのは岩手県南部沖 GPS 波浪計で計測された情報であるが、地上通信回線が不通となってからは、有意な波高情報を配信する事ができず、最終的に第 7 波まで観測された津波波高情報を津波警報の継続的な発表や津波警報の解除に活かすことができなかった。GPS 波浪計で計測された津波による波高の計測は、世界で初めてリアルタイムに直接波形を記録したものであり、発災時における津波警報の訂正だけでなく、今後の減災研究



図一8 太平洋沿岸に設置されたGPS 波浪計で観測された津波波形

や地球物理学, 津波研究に大いに役立つものと期待されている。

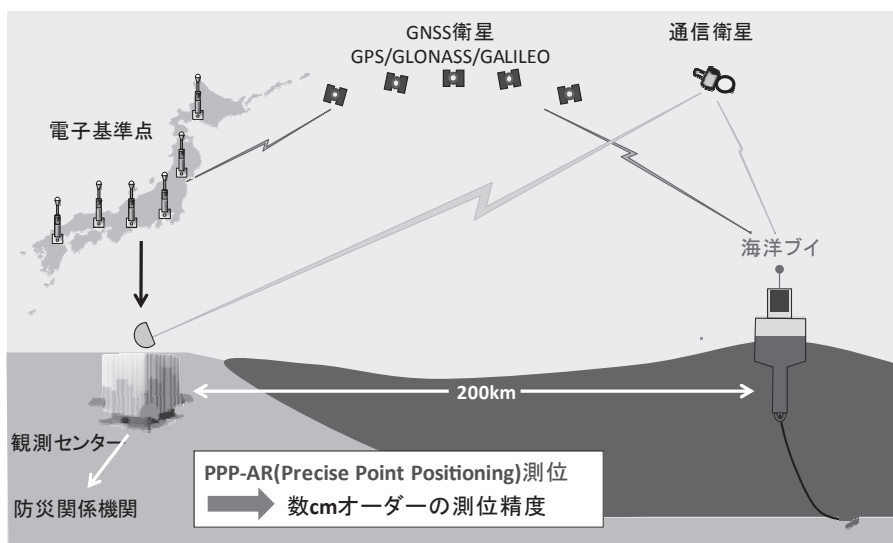
7. GPS 津波計測システムの高度化に向けた開発

東日本大震災では, GPS 波浪計によってリアルタイムに沖合 20 km における津波の波高観測ができたこと, そしてその情報を気象庁へ配信されたことによって, 津波が沿岸に到達する約 10 分前に津波警報を改訂することができた。このことから, GPS 津波計測システムの初期の目的を達成できたと言える。しかしながら, 巨大津波の被害から逃れるために

は 10 分という時間の猶予は短すぎることから, 更なる沖合への展開に向けた研究開発が求められる。安全に避難が可能な時期に津波早期警報が発表できることを目標として, 200 km 程度の沖合に海洋ブイを設置するために必要となる開発課題と現在の状況について述べる。高度化された GPS 津波計測システムの概念図を図一 9 に示す。

(1) 沿岸からの距離に制限のない安定した測位

津波検知が可能な測位法として RTK 方式を採用しているが, 陸上基準局と海洋ブイとの距離が 20 km を超えると安定した測位が不可能である。予測のつかない津波災害に対応するためには, 99%以上の可用率



図一9 高度化されたGPS 津波計測システム

を求められるため、陸上基準局からの距離制限のない安定した測位方式を開発する必要がある。また、東日本大震災では、陸上基準局の位置も広範囲・大規模な地殻変動により変化したため、正確な海洋ブイの位置計測に支障をきたした。これらのことから、現在 RTK に代わる新しい測位法である PPP-AR（精密単独測位方式）の採用を目指して技術開発と検証を行っている。この方式では、陸上基準局での GPS データ観測は不要となる代わりに、国土地理院が運用している全国 GNSS 連続観測システムのデータを利用して、GPS 衛星の軌道と時計、そして搬送波測位に必要な補正情報を生成して伝送する必要がある。現在 1,000 km 程度の距離における測位試験では、RTK と同等な測位精度を確認しているが、気象・海象の環境に依らずに安定した測位ができること、そして GPS だけでなく GNSS（GPS・GLONASS・GALILEO 等の衛星測位システム）に対応して信頼性を確保できるように、更なる開発と検証を実施する。

(2) 遠距離データ通信

沿岸からの距離に制限のない測位法が実現した場合においても、新しい測位法に必要な補正情報を海洋ブイに伝送するか、海洋ブイで観測された GPS データを陸上にある観測センターに伝送する必要がある。現在使用している無線通信システムの制限は 50 km 程度であり、求められている 100 km 以上の離岸距離では使用が困難である。そこで、通信手段として考えられるのは衛星通信であるが、現在利用可能な衛星通信ではデータ伝送量の制限、アンテナの指向性や消費電力、そして高額な通信費用という種々の問題がある。データ伝送量の削減や GPS 津波計測ブイシステムの機能の削減（波高のみの伝送など単純化）等も検討し、技術試験衛星を利用した実験などを計画中である。将来的には、無指向性と低消費電力を実現した高速かつ低価格な衛星通信が実現した時点で対応することとなるが、現実的な対応として地上型無線を拡張して利用し、伝送データの一部に低帯域の衛星通信を組合せて沖合展開を図ることが必要である。

8. おわりに

平成 8 年に開発を開始した GPS 津波計測ブイシステムは、従来の加速度計測ブイ方式や、海底水圧計設置方式とは異なる新しい海面変位計測システムである。その基本機能として長周期成分（津波）の検出が可能であることはもとより、直接水面変動を計測するため、

波浪から高潮、潮汐にいたる広い周期の海面変動の計測が高精度で可能なことを数々の実海域での実証実験で検証した。現在整備の進む海底設置型地震計や津波計は、海底ケーブルを敷設できる広い範囲での設置が可能であるが、その原理から海中の温度や塩分濃度の補正に付加的な計測装置または長期的な観測に基づくモデルが必要であることなど、システムの設置や維持運用を総合的に考えると高価なものである。GPS 津波計測ブイシステムはこれらの計測方法に比べて沿岸から離れた沖合に海洋ブイを設置するだけで、津波の波高を直接計測できることから、津波の到達をいち早く検出できる安価なシステムと言える。更なる高度化や長年の実績に基づくシステム改良を継続して進め、日本独自の津波早期警報システムから、全世界で活用できる総合海洋観測システムとして展開を図っていく。

謝 辞

本研究開発は、現在科学研究費補助金基礎研究(21221007)の助成を受けて実施しているものである。東京大学地震研究所加藤照之教授には GPS 津波計のコンセプト確立から学術的な検証を、高知工業高等専門学校寺田幸博教授には、日立造船技術研究所在職中より本研究を主導的に推進いただいている。港湾空港技術研究所永田紀彦客員研究官他、科学研究費補助金基礎研究の各研究分担者及び連携研究者の皆様に謝意を表します。

J C M A

《参考文献》

- 1) 加藤照之、寺田幸博、松岡幸文、高田美津雄、実海域における GPS 波浪計・津波計の性能確認実験、海洋開発論文集、第 19 巻、土木学会、P839-844、2003 年 7 月。
- 2) 谷岡勇市郎、Aditya R. Gusman、2011 年東北地方太平洋沖地震による津波解析結果から再検討する巨大津波の発生様式、地震、(第 2 輯) 第 64 巻第 4 号、日本地震学会、P265-270、2012 年 6 月。
- 3) 小林孝、GPS 波浪計による沖合波浪の観測、建設の施工企画、特集：防災、安全・安心な社会基盤整備、日本建設機械施工協会、P16-19、2009 年 9 月。

【筆者紹介】

神崎 政之（かんざき まさゆき）
日立造船(株)
機械・インフラ本部 衛星測位事業推進室
主席技師



松下 泰弘（まつした やすひろ）
日立造船(株)
機械・インフラ本部 鉄構ビジネスユニット
海洋プロジェクト部
部長



ダム貯水池内における地すべり対策工事

大滝地区地すべり対策工事

芦田 徹也・船迫 俊雄・大友 充

大滝ダム建設事業の一環である本工事は、大滝ダム貯水池内の大滝地区の地すべり対策工事であり、ダム貯水池を貯水した場合に斜面の安定性が低下するため行ったものである。地域住民の不安解消と大滝ダムの早期運用のために、一刻も早い工事の完成が求められた。地すべり対策工事は、抑制工と抑止工に分類される。抑制工はダム貯水池内で浚渫し、水中不分離性コンクリートで置換え、さらに鋼管矢板による仮締切、水替後、CSG (Cemented Sand and Gravel) 盛土を行う。抑止工は、CSG 盛土上部の斜面に鋼管杭を設置する。

本稿では、抑制工および抑止工の内容について紹介する。

キーワード：ダム貯水池、地すべり、水中不分離性コンクリート、CSG、鋼管杭

1. 大滝地区地すべり対策事業の経緯

大滝ダムは奈良県吉野郡川上村（図—1 参照）に位置し、1959 年の伊勢湾台風により紀の川流域に発生した被害を契機に事業が開始している。

2002 年にダム本体が完成し、2003 年に試験湛水を開始したところ、ダム貯水池内の白屋地区にて家屋の壁や道路、地面などに亀裂の発生が確認された。この白屋地区の地すべり対策工事は 2005 年に施工を開始し、2009 年に完了している。

また、白屋地区の亀裂現象を踏まえ、2005 年に設置された「大滝ダム貯水池斜面再評価検討委員会」では、大滝地区においても地すべり対策が必要であるとの結論に至っている。

これらの経緯を受け、大滝地区地すべり対策工事が 2008 年に総合評価落札方式（標準型）にて発注された。

2. 全体工事概要

工 事 名：大滝地区地すべり対策工事

発 注 者：国土交通省近畿地方整備局

工事場所：奈良県吉野郡川上村大滝地先

工 期：2008 年 9 月 5 日～2011 年 12 月 28 日

表—1 に主要工事数量を示す。

表—1 主要工事数量

工種	種別・細別	仕様	数量
抑制工	置換工（浚渫）		25,300 m ³
	置換工（水中コンクリート）	24-50-20BB	24,550 m ³
	CSG 盛土工	配合強度 2.6～5.1 N/mm ²	224,800 m ³
抑止工	鋼管杭工	φ 800 t = 47.23 mm	64 本
		L = 33.5～55.5 m	
撤去工	無筋構造物撤去	水中	1,100 m ³
	鉄筋構造物撤去	水中	160 m ³
撤去工	鋼製布団かご撤去	水中	2,600 m ³

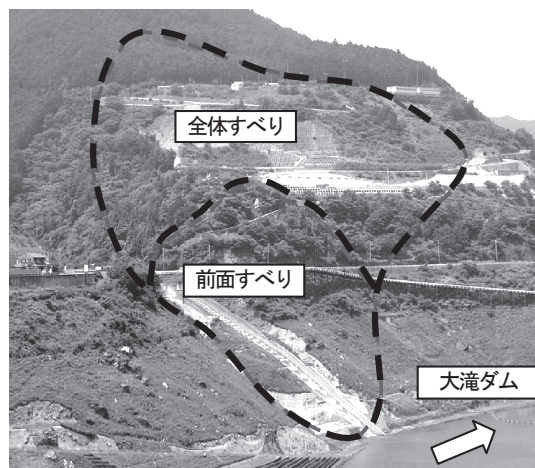


図—1 位置図

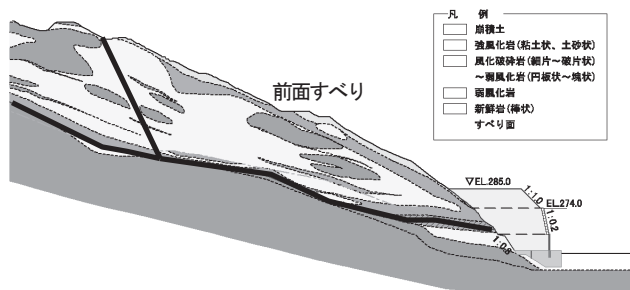
3. 地すべり概要

写真—1 に大滝地区の地すべり斜面の全景を示す。地すべりは、全体すべり（土塊体積約 500 万 m^3 、幅約 250 m、奥行 700 m、層厚 50 ～ 60 m）と前面すべり（土塊体積約 100 万 m^3 、幅約 150 m、奥行 250 m、層厚 40 ～ 60 m）が想定されている。このうち前面すべりに対する斜面の安全率を確保することで、全体すべりに対する安全性も確保する。なお、対策工の計画安全率は、抑制工で 1.05 以上を確保し、抑止工を加えた全体で 1.15 で計画されている。

地すべり箇所の地質は、泥質岩及び緑色岩の互層で、チャートや石灰岩がブロック状に混在している。また、深度 50 ～ 60 m の新鮮岩に達するまで亀裂が発達し、部分的に角礫化、細粒化、粘土化等が見られ、風化が進行している。特に粘土化が進行した強風化岩の層に沿って、地すべり面の形成が確認されている（図—2 参照）。



写真—1 地すべり全景



図—2 風化区分断面図

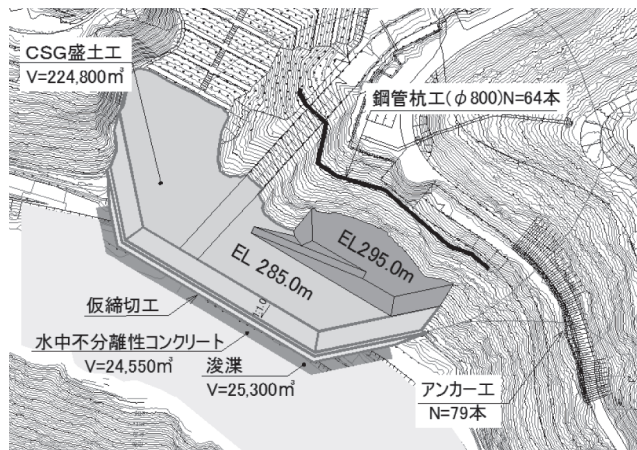
4. 地すべり対策工事概要

抑制工は、ダム貯水池内を浚渫し構造物を撤去し、水中不分離性コンクリートにて置換えながら鋼管矢板によって仮締切を設け、締切内部を水替え後に CSG

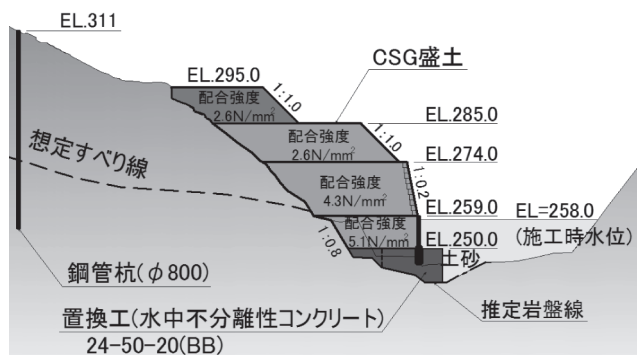
盛土を行う。

一方、抑止工では、斜面上部に仮設構台を設置し、これを利用して鋼管杭を設置する。

図—3、4 に対策工の平面図および断面図を示す。



図—3 対策工平面図



図—4 対策工断面図

5. 本工事における課題と対策

本工事の最大の課題は、ダム貯水池内での通年施工による「出水時のリスク管理」と、地域住民や施主から要請された「工期の遵守」であった。

(1) 出水時のリスク管理

施工時のダム貯水池の貯水位は EL258 であったが、工事着手以降 40 ヶ月間に水位上昇 3 m 超の大出水が 7 回、水位上昇 1 ～ 3 m の小出水が 24 回発生した（写真—2、3）。特に、2011 年 9 月の台風 12 号では、水



写真—2 通常時



写真—3 出水時

位が29 m上昇し、約1ヵ月施工箇所が水没した。

施工中は、ダム貯水池内への資機材の流出防止および作業員の安全確保を目的として管理した。主に、国土交通省「川の防災情報」などを活用し、過去のダム貯水池の水位と雨量、ダム放流量などの相関関係を把握した。さらに、発注者である国土交通省、上流の大迫ダムの管理者である農林水産省と出水時の情報を共有し、WEBカメラによる水位上昇の確認、緊急避難用放送マイクの設置等、出水時に迅速に退避できる体制を構築し3度の出水期を乗り越えた。

(2) 工期の遵守

工事のクリティカルは抑制工であったが、工程管理上、以下の課題があった。

- ①出水が予想されるごとに、工事を中断し、設備・機械を退避させる必要があり、稼働率低下が著しい。
- ②水中部の既設構造物が当初想定より大量に存在し、加えてダム貯水池の水中の視界が数十 cm と施工条件が悪かったため、撤去に手間取る。
- ③CSG盛土の運搬ルート of 工事用道路幅員が狭く、重ダンプが採用できない。

対策として、①の工事期間中の出水については、過去の統計より稼働率を事前に推定し、工程余裕を設定した。

②の水中部の撤去については、ワイヤーソー、水中ブレイカ等の解体工法を駆使して効率を向上させるとともに、後工程の水中部不分離性コンクリートにおいて、ポンプ2台施工で、工程回復を図った。

③のCSG盛土の運搬方法については、高低差70 mの斜面にCSG直接搬送設備を適用することで運搬効率を向上させ、CSG盛土の急速施工を図った。

6. 施工実績

(1) 抑制工

(a) 浚渫

浚渫は、100 t クレーン台船及び土運船2隻、曳船2隻の組合せで行い、4 m³ 級大型グラブバケットを主に、狭隘部や斜面部には1 m³ グラブバケットを併用した。

浚渫土は土運船に積み込み、曳船にて約1.2 km 上流の船舶基地用栈橋まで曳航し、栈橋上でバックホウにて揚土した。浚渫後、サンドポンプ(φ150)およびエアリフト(φ150)を併用して、岩盤面が確認できるまで岩盤清掃を行った。

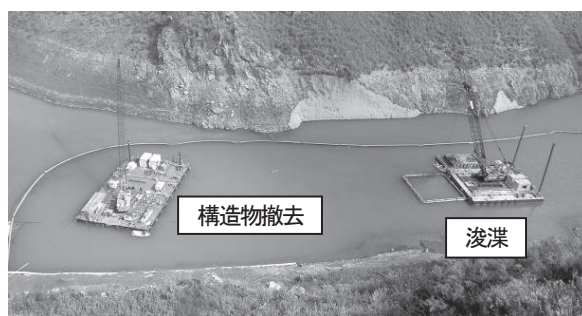
なお、今回使用した台船は、陸路にて運搬可能な組

立式台船を採用した。クレーン台船は、ダム貯水池内で台船ユニットを連結して組立し、完了後、クローラークレーンを台船上に自走させて搭載した。組立は、船舶基地用栈橋を利用した。

(b) 構造物撤去工

置換工を行う施工場所は、旧国道に面しており、かつダム本体建設のための仮設ヤードであった。このため、数多くの既設構造物が存置され、これらの撤去を浚渫と平行して行った。このうちSRC構造の潜水橋床版を水中ワイヤーソーにて撤去した。また、無筋構造物については、水中大型ブレイカで撤去した。

浚渫および構造物撤去状況を写真—4に示す。



写真—4 浚渫および構造物撤去状況

(c) 水中不分離性コンクリート

水中不分離性コンクリートは、プラントから出荷したベースコンクリートを現場内で場内運搬車両に移し替え、現場内に設置した添加設備で水中不分離材を添加し攪拌して製造した。水中不分離性コンクリートは、打設時期が2月から8月と気温が著しく異なるため、室内試験(コンクリート温度5～33℃)より温度に応じた配合を決定した。

浚渫完了時の深浅測量結果では、岩盤面の凹凸が大きく、型枠を精度よく設置することが困難であったため、均しコンクリートを打設した。

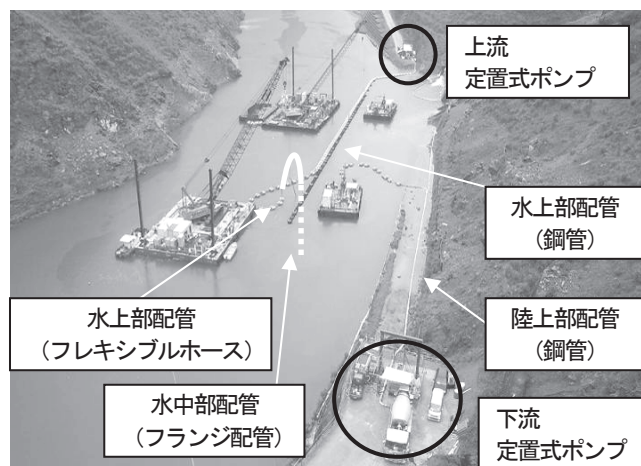
型枠は、当初は、コンクリート製のプレキャストL型擁壁にて計画したが、凹凸や傾斜形状の地形のため加工可能な鋼製型枠を使用した(写真—5)。また、型枠を幅6 m × 高さ3 m に大型化することで型枠の設置回数が減少でき、工程短縮に貢献した。



写真—5 使用型枠

圧送は大容量定置式圧送ポンプ（最大前面圧 22 MPa）を使用し、配管は地上部では鋼管（ ϕ 125 mm、最大水平換算距離約 200 m）を、水上部ではフロート上に固定したフレキシブルホース（一部鋼管）を使用した。また、水中部はクレーンにて揚重して打設を行うため、フランジ配管を使用して圧送した。打設位置では台船上に設置したクレーンにてホースを移動させながら、潜水土により筒先を誘導した。

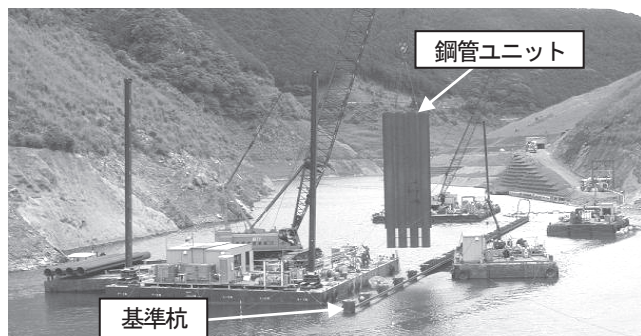
圧送ポンプは、工程短縮を図るため、上、下流に 2 台配置して打設した（写真—6）。水中不分離性コンクリート施工時の使用クレーンは、当初計画の 100 t 吊、50 t 吊の 2 台に加え、小回りの利く小型クレーン（2.9 t 吊）を 2 台追加し、合計 4 台のクレーン台船を投入して工程の短縮を図った。



写真—6 打設状況（2 台同時施工時）

(d) 仮締切

仮締切は、先行して単杭で設置する基準杭と、その間に後で差込む鋼管ユニットで構成される。基準杭は基準杭用さや管をコンクリートに固定し、この管内部に下端を建込んでさや管と基準杭の隙間を水中不分離性モルタル（水中不分離性コンクリートから粗骨材を抜いた配合）で充填し、固定する。基準杭下部を水中不分離性コンクリートで根巻きした後に、鋼管ユニッ



写真—7 仮締切施工状況

ト下部までコンクリートを打ち上げ、鋼管ユニットを基準杭をガイドとし、基準杭と基準杭の間に一括で架設する。これにより、止水性の向上と工程の短縮を図った（写真—7）。

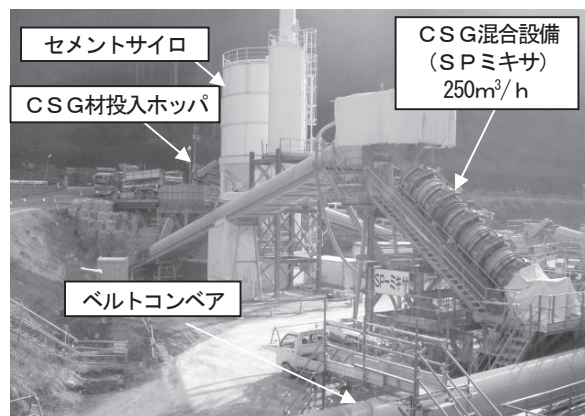
(e) CSG 盛土

① CSG の概要

CSG とはコンクリートと同様に材料を示す用語であり、Cemented Sand and Gravel の略称である。工事地点近傍で得られる土石にセメントと水を加えて混合した材料で、これを振動ローラにより締固めて盛土する。CSG の物性は、コンクリートが弾性体、フィルダム材料が塑性体に対し、CSG は弾塑性体であり、強度、弾性係数ともコンクリートより 1 桁小さい材料である。

② CSG 製造・搬送設備

CSG は、CSG 混合設備（SP ミキサ）で、CSG 材（土砂）・セメント・水を攪拌混合して製造（製造能力 250 m³/h）した（写真—8）。製造した CSG は、高低差 70 m の斜面に設けた CSG 搬送設備（ベルトコンベア・SP-TOM）を経由し、材料分離を起こすことなく施工箇所まで直接搬送した（写真—9）。その結果、大量輸送（ダンプ運搬の約 2 倍）が可能となり、品質を低下させずに CSG 盛土の高速施工を可能とした。



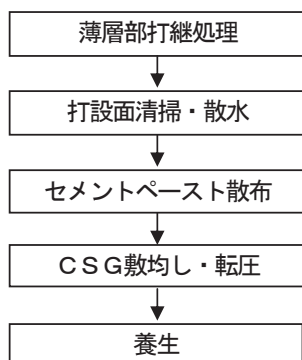
写真—8 CSG 製造設備



写真—9 CSG 搬送設備

③施工方法

CSG の施工フローを図—5 に示す。



図—5 CSG 施工フロー

CSG 搬送設備で運搬した CSG は、 0.8 m^3 級バックホウで 11 t 積キャリアダンプに積み込み、盛土箇所まで運搬する。その後 16 t 級ブルドーザにより 1 層 25 cm で 3 層敷均し、 11 t 級振動ローラ（両輪振動タイプ）で 1 リフト 75 cm を転圧した。転圧回数は、試験施工の結果から、無振動 2 回 + 有振動 6 回とし、振動ローラに GPS を設置し、リアルタイムに転圧状況の管理を行った。

CSG の施工は、平均日打設量 850 m^3 / 日、日最大打設量 $1,600\text{ m}^3$ を確保し、全体 $224,800\text{ m}^3$ を約 14 ヶ月で打設を完了した（写真—10）。



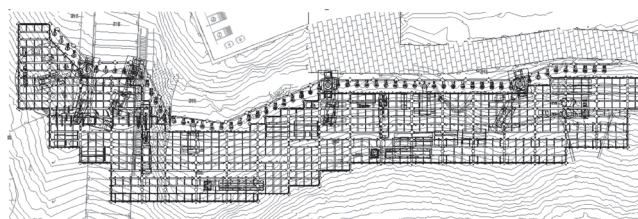
写真—10 CSG 施工状況

(2) 抑止工

(a) 鋼管杭用構台

鋼管杭の施工用構台は、LIBRA（リーブラ）工法を採用した。構台の平面図を図—6 に示す。

LIBRA 工法は、栈橋の工場加工された上部工を予め平場でパネルとして組み立て、天秤式の斜張式設備で設計位置に固定し、そのパネルを、支持杭を打ち込むための導材として使用し、支持杭の鋼管を、拡張式のダウンザホールハンマで硬質地盤（岩盤）に削孔と同時に直接打ち込むものである。従来の方法で工程、安



図—6 鋼管杭用構台



写真—11 LIBRA 工法施工状況

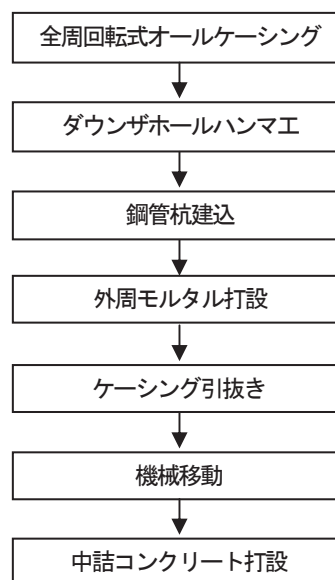
全上の制約となっていた斜面上、高所作業などの現場条件の影響を低減でき、安全かつ高速に施工を行えた。

構台は、鋼管杭施工の重機の離合や、鋼管杭等の搬入資材の仮置きなどで、幅 16 m を基本とし、約 $3,800\text{ m}^2$ の作業ヤードの設置に約 1 年を要した（写真—11）。

(b) 鋼管杭

鋼管杭は、図—7 に示すフローで施工を行った。

鋼管杭施工時の主な機械編成は、全周回転式オールケーシング用の 80 t 級クローラクレーン、ダウンザホールハンマ用の三点式杭打機、杭建込用の 150 t （もしくは 120 t ）級クローラクレーンを一班とし、工程短縮のため、二班編成で施工した。

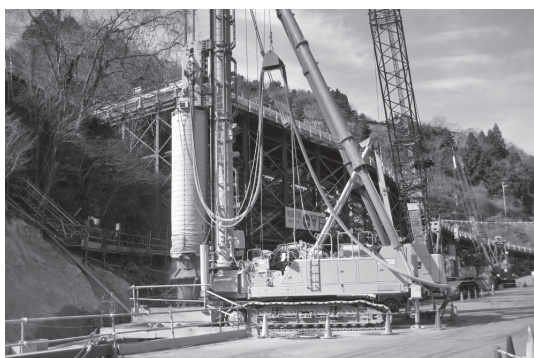


図—7 鋼管杭施工フロー

削孔方法は、当初すべての地質で全周回転式オールケーシング工法が計画されていたが、硬質岩層の削孔が不可能と判断し、ダウンザホールハンマ工法を併用する方法とした。削孔径は、全周回転式オールケーシングがφ1,200 mm、ダウンザホールハンマはφ1,060 mmとした。ダウンザホールハンマは大口径のクラスタードリルを採用した。全周回転式オールケーシングの施工状況を写真—12、ダウンザホールハンマの施工状況を写真—13に示す。



写真—12 全周回転式オールケーシング施工状況



写真—13 ダウンザホールハンマ施工状況

鋼管杭建込み後、外周モルタルを打設し、ケーシングを引抜き、全周回転式オールケーシングマシンを移動し、中詰コンクリートを打設した。

なお、鋼管杭は高規格厚肉仕様（47 mm または 23 mm）で、継手が当初はすべて現場溶接となってい

た。厚肉で溶接作業の工程への影響が大きいため、全箇所機械継手に変更した（図—8）。

7. おわりに

本工事は施工条件、工程面とも非常に厳しい工事であった。さらに、施工箇所は斜面の上下で抑制工、抑止工の施工を行うため、日々、綿密な上下作業の作業調整を行い、工事を無事完了した（写真—14）。



写真—14 完成写真

大滝ダムでは、試験湛水を2011年12月15日より開始し、2012年6月19日に貯水池斜面の安全性を確認し、無事完了した。その翌日、和歌山県南部に上陸した台風4号では、たった雨水を計画的に放流する洪水調節を初めて実施し、昭和40年の事業着手から半世紀近くを経て、初めて治水ダムとして機能した。

近年、既設ダムのリニューアルが増加する中、これらの施工方法および施工実績が今後、同種工事の参考になれば幸いである。

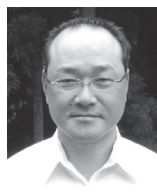
J C M A

【筆者紹介】

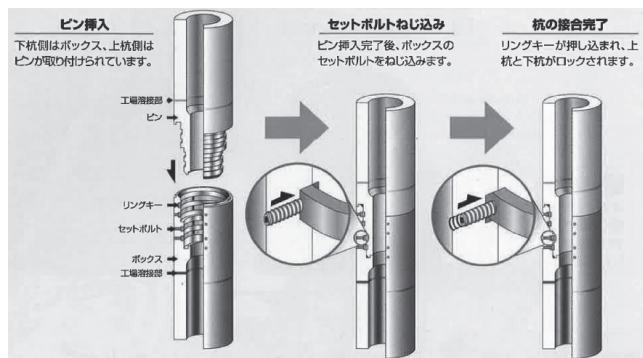
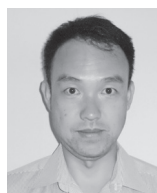
芦田 徹也（あしだ てつや）
鹿島建設㈱
関西支店 土木部
担当部長



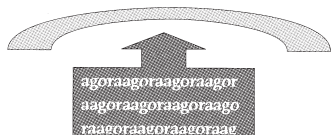
船迫 俊雄（ふなばさま としお）
鹿島建設㈱
関西支店 赤谷工事事務所
所長



大友 充（おおとも みつる）
鹿島建設㈱
関西支店 機材部
課長



図—8 機械継手



陸・海・空からの防災・減災支援

中 島 紫寿香

平成 23 年 3 月 11 日に発生した、東日本大震災。発生に伴い地上の交通網は寸断され、車両での移動がままならなくなったが、孤立した被災地を支えると共に現地の最新状況を把握することは、復旧・復興のために大変重要なアクションとなる。

朝日航洋㈱では、所有するヘリコプターやビジネスジェット機といった航空機を運用すると共に、長年培ってきた計測技術といった得意分野での機動力を活かし、復興・復旧に向けたさまざまな活動を行ってきた。

ここでは、東日本大震災を中心に、航空機および計測車両・調査船舶による計測技術が大規模災害にどう貢献するかを紹介したい。

キーワード：防災，減災，GIS，レーザ計測，使命感

1. 地震発生直後の混乱

一定の要件を満たせば自由に空を飛行できるヘリコプターだが、その飛行のためには、給油や整備作業などを行うための“離着陸場”が必要となる。「災害発生時、ヘリコプターの機動性が活かせる」と認識していたものの、14時46分に地震が発生した直後は通常時の連絡手段である外線電話がなかなか繋がらない状態となり、社内外の調整に大変苦慮した。その後、メール・内線電話・無線通信などあらゆるツールを駆使し、何とか初動の鍵となる“離着陸場”，“ヘリコプター”，そしてそれらを運用する“要員”を確保するに至った。

このときに確保した「角田場外離着陸場」（宮城県角田市内）および「瀬峰場外離着陸場」（宮城県栗原市内）は、被災地支援活動の前線基地として、非常に重要な役割を果たすことになる。

すぐにでも支援のためのヘリコプターを飛行させたいところだったが、大変残念なことに、被災地の最寄りである仙台空港に格納していたヘリコプターは、津波により水没してしまった。この機体はAS332Lという、所有機の中でも最大のもので、物資・人員輸送などで大いに活躍できる機体であったため、後の被災地支援活動にとって大きな打撃となってしまった。

しかし、駐機場にあった他社ヘリコプターの近くに偶然居合わせた当社操縦士が他社ヘリコプターを避難させたり、また、当社社員が他社事務所の建物上層階に避難させてもらうなど、会社を超えて互いに協力し

あいながら、命だけは助かることができたのは不幸中の幸いであった。



写真—1 瀬峰場外離着陸場の様子

2. 大震災における当社の支援活動

さて、前述の前線基地（角田および瀬峰場外離着陸場）が確保できたことにより、11日～28日までの間で、グループ全体で延べ48機、総飛行時間では908時間にも亘り航空機（ドクターヘリ、国・県防災機、報道ヘリ、固定翼機）を運用した。

主なミッションは、医師・看護師ら医療関係者の人員輸送や鉄道会社・電力会社などの救援物資・人員の輸送、報道、調査・視察飛行などである。

地震発生当日の動きとしては、DMAT（災害派遣医療チーム）の活動支援のためのドクターヘリおよび全国各地で運航していた国・県防災機等は、それぞれ

被災地にできるだけ近い空港でスタンバイし、すぐに対応できるよう救助体制を整えた。

また、地震発生翌日である12日は、撮影用ヘリコプターおよび固定翼機により、被災地の緊急航空撮影を実施した。ここで撮影した垂直写真・垂直写真から作成したオルソ画像・斜め写真により、津波湛水区域や津波湛水面積の抽出、県道不通区間の判読などが可能になり、被災地の状況把握や復興・復旧・2次被害防止に向けて役立てられることになった。なお、ここで得られた斜め写真は、わかりやすい検索機能を搭載した当社のWeb-GISにより、世界に向けて情報発信した。

その後、他社と共同で海岸などの被災地域を航空レーザ計測し、瓦礫のボリュームを算出したり、調査船舶により災害地域内の港湾施設の被災状況を緊急調査するなど、朝日航洋の持つ技術力・機動力をいかんなく発揮することができた。



写真一 二 災害緊急航空写真撮影（宮城県鳥の海周辺の海岸）

3. 放射能の影響

地震発生直後からいまだ大きな問題となっているのが、福島第一原子力発電所の放射能漏れ事故である。放射能に対する日本国民の不安が増幅するきっかけとなった。

国からの要請により、全国各地の放射能の影響を調査することとなった。

調査エリアは多岐に亘り、調査用ヘリコプターを複数機動員し、西日本地区から北日本地区までの調査飛行を実施。その成果は文部科学省のホームページで公開され、国民への情報提供に貢献している。

4. 液状化の状況を計測車両で調査

東日本大震災による液状化被害が大きかった千葉県浦安市の湾岸エリア。地震による液状化の研究を行っている東京大学生産技術研究所の小長井一男教授と共

に、浦安市における液状化の地理的分布や範囲、その量を把握するための震災前後の地形データ取得・比較（差分調査）を行った。

震災前データは、アーカイブデータを使用し、震災後データは、高規格計測車両およびヘリコプターに搭載した航空レーザ計測機器により、広域測量で取得したものである。

今回の地震により基盤全体が沈下しているため、地震による地盤変動（液状化＋基盤変動）の調査・解析を行うことにより、地震被害の全容が解明できる。



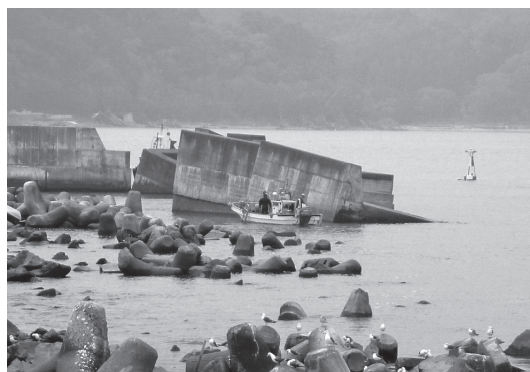
写真一 三 計測車両によるデータ取得

5. 調査船による港の被災状況調査

東北地方整備局からの委託を受け、3月28日から久慈港と宮古港（岩手県）の被災状況調査を行った。

両港とも津波により甚大な被害を受けていたため、調査船が不足し、北九州から回航して実施する状況だった。調査内容は、調査船舶に搭載したナローマルチビーム測深機およびサイドスキャン探査機による空洞化調査・潜水調査・潮位観測等で、多岐に亘って実施した。

本件により『東日本大震災関係功労者表彰』（東北地方整備局）を受賞したことは、調査結果が施設復旧設計の基礎資料として大きな意味を持つことであり、



写真一 四 津波で崩壊した防波堤の被災状況調査（宮古港）

大変誇りに感じている。

6. 火山噴火という大災害に立ち向かう

ここからは、東日本大震災以外の事例を紹介していきたい。

一昨年、九州で霧島山新燃岳が噴火したことは記憶に新しい。(独)土木研究所の発注業務『超長距離地上レーザ測量器を用いた霧島山地形計測業務』において、新燃岳を対象とした地上レーザ計測を実施した。

これは、航空レーザが使えない噴火活動中の火山における地形等の情報を取得する手法の一つとして、長距離計測可能なタイプの地上レーザを用い、試行したものである。計測は、御鉢および矢岳の山頂から立ち入り禁止区域である新燃岳火口周辺まで水平距離3kmを超す範囲で行った。

計測の成果としては、新燃岳火口周辺でデータが取得できない範囲があったものの、大規模な地形変化がないことが確認できた。

さらなる今後の活用のためには、計測可能な条件の整理および精度向上等が課題である。



写真—5 地上レーザ計測の様子

7. 土砂災害による犠牲者ゼロの取り組みを支援

土砂災害は発生箇所や時期の予測が困難なため、行政の防災対策には限界があると言われている。最近では局所的集中豪雨（ゲリラ豪雨）が増えており、その傾向はますます強くなっている。

そこで群馬大学の片田敏孝教授の指導のもと、群馬県砂防課が全国に先駆けて実施している『住民主体による土砂災害対策支援業務』の委託を受け、避難ルールの策定・防災マップの作成・避難訓練実施等による



写真—6 避難訓練の様子

「犠牲者ゼロの取り組み」を支援している。

本業務は、地元からも高い評価を受けており、今後このような地域防災力向上のための支援業務を全国で展開していきたい。

8. おわりに

今回、東日本大震災だけでなく、火山噴火や集中豪雨など、災害全般に対する当社の取り組みも紹介させていただいた。

一度災害が発生してしまうと、待ったなしでの対応が求められるため、それまで行っていた業務を一度ストップし、被災地支援を最優先とする社員の姿が多く見られる。文字通り不眠不休で対応するその姿からは、単に「業務だから」では片付けられない、「強い使命感」を感じている。

災害の殆どは、発生する時期や規模を確実に当てることはできないが、過去の傾向などから、危険性のある場所をある程度予測し、国や県といった自治体の防災対策活動に繋げていくことはできていると思っている。

防災・減災の取り組みを行っている当社としては今後も、「まず災害を防ぐ」ことに注力し、それでも不幸にも被災してしまった場合は「2次被害を受けないための支援」、「復旧・復興のための支援」に尽力し続けていきたい。

JCMIA

【筆者紹介】

中島 紫寿香（なかじま しずか）
朝日航洋㈱
企画室 広報担当



ずいそう

会社一筋四十年を振り返って

齋木成治



弊社は今年2月18日に創業四十周年を迎えました。この間決して順調ではなく、業界全体がそうであったように、弊社も大きな山谷を幾度も越えてきましたが、その都度“神風”が吹き今日まで生き延びてきたという感じがしております。

弊社の創立期は「日本住宅産業リース株式会社」と称し、建設業界に一定の貢献をするべくして、各方面の皆様方よりご支援を頂き、設立された会社でした。当時は重機のレンタル事業は既に定着し始めていましたが、弊社のようにタワークレーンを保守管理・オペレーティング付きでレンタルする事業は画期的な発想で、業界内においては注目されたものでした。私は創業期から縁あって弊社に入社しましたが、今は創業期から生き残っているのは私一人だけとなりました。ある意味決して平穏でなかったということになるのかもしれない。

この四十年間を振り返り、今更ながらレンタル事業の難しさを痛感しています。メーカーではないものの商品説明においては機械の性能ノウハウはメーカーより持っていなければならない。また使用ノウハウにおいてもお客様より持っていなければならない。何より難しいのは、戦略的機械であるタワークレーンを、お客様の要求により、必要な時に、必要な機械を提供するということです。戦略的な機械に位置づけられているタワークレーンは価格も高く、製作期間も長く、市場の動向とのマッチングは極めて難しいのです。タワークレーンの日常作業は高所作業であり、常に危険が伴い、安全作業への取組みも手抜きは許されません。

近年、「企業は人なり」とよく言われますが、改めて、個人のスキル・感性が大切と痛感し、ノウハウ・技術の伝承と感性を磨く人間力の向上に取り組んでいます。いろんな文献を読み漁りつつ、諸先輩方のご意見を聞き、モチベーションの維持向上や企業の方向性についての目的統合を図るも、なかなか湧き上がるものがない。何故だろうかと日々思っている今日です。

私自身、企業の生い立ちからして、当初は部長クラ

スになれるとは思ってもみなかったし、もちろん社長になるとは夢にも思っていませんでした。再三の危機にもこの会社を辞めようとも一度も思わず、この会社に縁があったのでしょう。当初は、必ずしも上司や上層部の評価は良いものではなかったような気がしています。寄せ集めの人材で立ち上がった会社であり、「機を見るに敏」な社員も多く、愛社精神が生まれるほどの軍団としての組織も形成されておらず、多くの人が去り、残る人がいかにも非力な映り方をしたのですが、私自身は、結末をしっかりと見定めるまでは頑張ろうと思っておりました。

田舎育ちの私は、中学生以上になれば一人前の労働力として員数に組み込まれ、あらゆる農作業に取り組んだことは、今となっては実に懐かしく思い出されます。そして社会人になり当時の田舎者は、都会つまり東京に出て将来を見出すしか方法がなかったように思っています。私自身の特異な環境なのかもしれませんが。

入社時には会社設立に携わったものの、その後は営業職に転じました。出身は文系であるがゆえ、当初は計画等の技術系の仕事はできるか不安もありましたが、わからないことはしっかり聞き、更に確認してもらいながら、大きなミスもなく今日までくることができました。

私自身に言い聞かせていることではあるが、「言われたことだけをしている仕事に苦労はない」、「自分から積極的に申し出てする仕事にこそ苦労がある」と、苦労は早くしたほうが良いと思うが、昨今の世の中、理解してもらえないでしょう。最近特に感じることは、年齢に関係なく、守備範囲が狭く、カバーリングもしなくなってきたように思えてなりません。

競争力のアップが勝ち抜く手段とすれば、常に一歩踏み込んだ行動が不可欠と常に社内に発信しています。古い人間になったのかもしれないが、今更ながら器用に生き方は変えられません。

ずいそう

ムスリムは不思議な人？

熊谷 守晃



私は15年ほど前に約2年間、チュニジア人の研究者と職場をともにし、コンクリートに関する論文を共同執筆するという貴重な経験をしました。

彼（A氏）は、母国チュニジアで仏語により大学教育を受け、その後、日本の大学で博士号を取得しており、母国語のアラビア語のほか、英語、仏語、日本語が堪能で、漢字もかなり読み書きができました。

物静かで、極めて科学的、合理的な思考に基づき研究業務を遂行する、有能な研究者でした。もちろん、敬虔な「ムスリムの人」（イスラム教徒）です。

イスラム教徒と言うと「イスラム原理主義」「アルカイダ」「テロ」などの語句がすぐ連想され、我々日本人は「何だかよく分からない人達」「怖い人達」とのイメージを抱きがちです。実は、私もそうでした。

しかし、A氏との交流を通じて偏見が払拭でき、よりニュートラルな気持ちでイスラム世界を見ることができるようになりました。

印象に残ったエピソードを、いくつかご紹介します。「ムスリムの人」を理解する一助になれば幸いです。

エピソード1 私の名前は神様の名前

私「Aさん、あなたの名前の由来は何ですか？」、A氏「神様の名前です」、私「神様の名前なんて、凄いですね」、A氏「いえ、私の国ではみんな神様の名前をつけています」、私「はあ？ イスラム教は一神教ですよ。他にも神様がいますの？!!」

何と、神様には「最も慈悲深き者」「最も神聖なる者」「全てを知る者」など、コーランをルーツとする「99の美名（別名）」があると言うのです。

ちなみに、ポピュラーな「アブド…」という名前は、「…」部分が「美名」で、「…であるアッラーの僕（しもべ）」という意味になるのだそうです。

エピソード2 アダムとイブは人間の祖先

「人間はアダムとイブから生まれたのだから」と真顔で言われた時にはびっくりしました。あの合理的なA氏が、宗教上の建前としてではなく、どうやら本気で信じている様子でしたので二度驚きました。

日本ではどうかと聞かれたので「創世神話はあるが、あくまでも神話に過ぎず、歴史的な事実とは誰も考え

てなんかいませんよ」と答えたら、「信じられな〜い」と目を丸くして呆れられてしまいました。

イスラム教徒ばかりでなく、キリスト教原理主義者たちも「進化論はインチキである。聖書に書いてあることはすべて真理、真実であり、ノアの洪水も本当にあった」と主張しています。

アメリカでは、公立学校教育の場で進化論を教えることを禁止する「反進化論法」が、実に1967年まで存在していました。

彼らが自分の中で、どのように科学と宗教の折り合いをつけているのか、ぜひ知りたいものです。

エピソード3 羊は神様が食料として下さったもの

ラマダーン（断食）の期間中は、皆イライラして怒りっぽくなるそうです。また、日が暮れると大宴会となり、かえって食費がかかるとのことです。

ラマダーンが終わると、子羊をメインのご馳走に大宴会を開きます。イスラム教徒は、全世界で約16億人と言われているので、数千万頭の羊が、一度に殺されると言うのです。

私が「可哀そうですね」と言うと、A氏は「何で？ 羊は神様が食べ物として人間に下さったものでしょ」と言いました。この一言で、一神教と多神教の本質的な違いに合点がきました。

確かに、旧約聖書の創世記で、人間は、神にかたどって創造され、自然や動物の支配者とされています。

過酷な環境下で暮らす砂漠の民と、豊かな緑に囲まれた我々とは、世界観・人生観が異なるのも致し方ない事なのかもしれません。

さて、チュニジアでは、民主化運動（ジャスミン革命）により23年間続いた独裁政権が崩壊しましたが、治安は未だに回復していません。

残念ながら、A氏の帰国後の消息は不明ですが、ご家族ともども平穏な暮らしを営まれていることを祈ってやみません。

すべては神の思し召しのままに（インシャラー）。

——くまがい もりあき

日本高圧コンクリート(株) PC事業部 技術顧問——

暗騒音が 40 dB 程度の静穏な場所で、非常に恵まれた測定環境にある。ここでは、低騒音型建設機械や EU 騒音指令に基づく騒音証明を行っており、年間 100 台程度の機械が持ち込まれている。内訳は、大型クレーン等の各種建設機械が主で（写真—1①）、近年ではバギー車やスノーモービル等の騒音測定も増えている（写真—1②）。



①大型クレーン



②バギー車

写真—1 音響パワーレベル測定状況

(2) ROPS 試験棟

ROPS 試験棟では、建設機械の転倒時保護構造 (ROPS) および横転時保護構造 (TOPS) 等の性能試験を実施している（写真—2①）。落下物保護構造 (FOPS) の性能試験は屋外にて実施している（写真—2②）。



①ROPS試験



②FOPS試験

写真—2 ROPS および FOPS 試験の状況

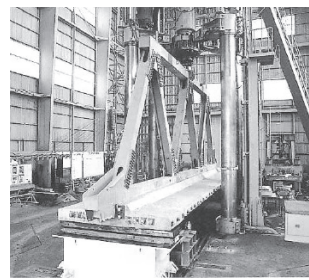
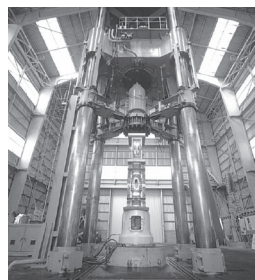
3. 構造物疲労試験

鋼構造物やコンクリート構造物などの強度や耐久性の検証などが可能な疲労試験機を複数有しており、多くの材料や部材の試験等を行っている。

(1) 大型疲労試験棟

大型疲労試験機は静的最大荷重 6,000 kN、動的最大荷重 4,000 kN の国内有数の試験機で、本州四国連絡橋に使用された各種材料の疲労試験を多く実施し、現在まで 35 年以上稼働する中で、さまざまな形状の部材や材料の載荷試験および疲労試験を実施している（写真—3）。

また、大型疲労試験機以外にも動的最大荷重 200 kN



写真—3 大型疲労試験機

および 100 kN の疲労試験機があり、2,000 kN の試験機を追加準備中である。

(2) 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再現し、屋外で実物大の橋梁床版等の疲労試験を行うものである。

移動載荷最大荷重は、1号機が 280 kN（写真—4①）、2号機は 140 kN（写真—4②）となっている。



①1号機



②2号機

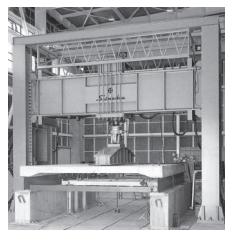
写真—4 屋外輪荷重疲労試験機

(3) NEXCO 総研の疲労試験機

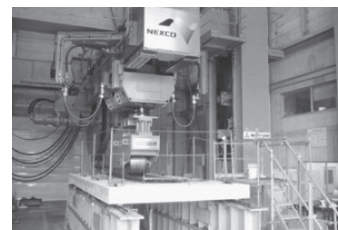
(株)高速道路総合技術研究所（NEXCO 総研）が所有する構造用疲労試験機および移動載荷疲労試験機は、実物大の橋梁床版等の大型構造物に繰返し載荷を行う試験設備として当研究所構内に設置されている。

構造用疲労試験機は、静的最大荷重 1,470 kN、動的最大荷重 980 kN の試験機で、主にコンクリート床版等の疲労強度、耐疲労性の改善方法、新材料、新工法を用いた構造物の疲労特性などの試験に使用している（写真—5①）。

移動載荷疲労試験機は、実際の車両の走行状態を再現するため、移動する輪荷重により疲労試験を行うもの



①構造用疲労試験機



②移動載荷疲労試験機

写真—5 NEXCO 総研所有の疲労試験機

で、実物大の橋梁床版等の疲労強度をより現場に近い状態で確認する試験を行っている。移動載荷最大荷重は490 kNで、載荷方法は鉄輪またはダブルタイヤを用いて単輪から二軸四輪まで対応可能である（写真—5②）。

4. 建設機械の性能試験等

(1) 登坂試験場

傾斜角度が20°、25°、30°、35°の4種類の斜面で構成されており、建設機械の登坂性能試験の他、ブルドーザなどの転倒実験（写真—6①）、急傾斜地での機械類の性能試験（写真—6②）、落石防護材の性能試験なども実施している。



①ブルドーザの転倒実験



②急傾斜での機械性能試験

写真—6 登坂試験場の使用事例

(2) テストコース

1周750m(直線区間300m)、幅員5mのコンクリート舗装とその外側の幅員7.5mの土道からなっており、建設機械や車両等の走行試験の他、テストコースの内側では広大な平坦地という特徴を活かした各種実験などを行っている（写真—7）。



写真—7 テストコースの使用事例



(3) 河床地試験場

河川等での建設機械の渡渉能力を測定するためのコンクリート製ピットで、幅10m×長さ60m(両端の15mはスロープ)×深さ1.5mとなっており、水陸両用機械の浸水試験（写真—8①）、機械や車両の水没実験、水生植物の回収実験（写真—8②）などにも利用している。



①水陸両用タワーショベル



②水生植物の回収実験

写真—8 河床地試験場の使用事例

5. 実物大構造物等の各種試験

(1) 模擬トンネル

内空断面積78m²(高さ7.8m、幅12.4m)、延長80mの実物大道路トンネルを模擬した設備で、吹付けコンクリート20cm、覆工コンクリート30cmの構造である（写真—9）。

これまでに、各種燃料（ガソリン、天然ガス、水素）の車両（運搬車に積載した状態）の火災実験や打音点検車の性能試験、地中掘削機械の要素実験、吹付けコンクリート試験、特殊防水シートの実証試験等の使用実績がある。



写真—9 模擬トンネルの全景

(2) テストフィールド

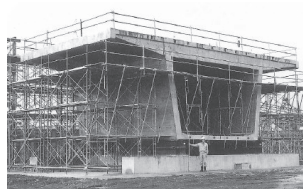
構内南側には約200m×100mのテストフィールドがあり、実物大構造物による各種実験として、PC箱桁橋特殊断面の施工試験（写真—10①）、長支間場所打ちPC床版の長期挙動解析（写真—10②）、鉄筋補強土工の効果確認試験（写真—10③）、風力発電タワー強度試験（写真—10④）などを行った。

また、近年では情報化施工に関連した試験研究や実務講習会なども行っている（写真—10⑤）。

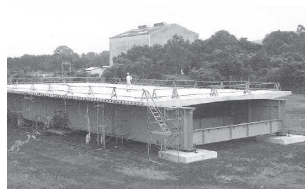
なお、油圧ショベルの転倒実験は、広い斜面が必要となるため、登坂試験場ではなくテストフィールド北側に30°の傾斜面を造成して実施した（写真—11）。

6. 各種材料試験

第1～第3試験棟および材料試験棟には、コンクリート、鋼材、樹脂、瀝青材料などの材料試験を行う装置や設備があり、力学的な性能評価や耐久性の評価を行っている。



①PC箱桁橋特殊断面の施工試験



②長支間場所打ちPC床版の長期挙動解析



③鉄筋補強工の効果確認試験

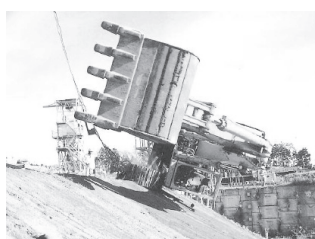


④風力発電タワー強度試験



⑤情報化施工研修会(実務講習)

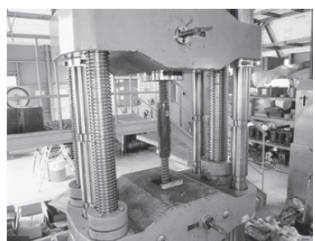
写真—10 テストフィールドの使用事例



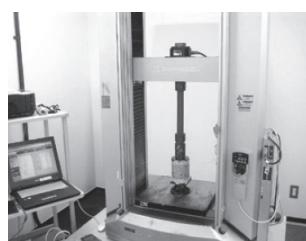
写真—11 油圧ショベルの転倒実験状況

(1) 力学性能評価設備

コンクリートや鋼材などの各種材料試験の力学性能評価を行う設備として、2,000 kN の万能試験機 (写真—12 ①) や 50 kN の精密万能試験機 (写真—12 ②)、ひび割れ追従性試験機、耐圧試験機 (2,000 kN)、高速加圧試験機、内水圧試験機等がある。



①万能試験機



②精密万能試験機

写真—12 万能試験機による力学性能評価

(2) 耐久性性能評価設備

コンクリートや樹脂材料などの耐久性を評価する設備として、複合サイクル腐食試験機 (写真—13 ①)、

凍結融解試験機 (写真—13 ②)、湿潤試験機 (写真—14 ①)、環境負荷試験機 (−40 ~ 100℃, 20 ~ 90% RH, 写真—14 ②)、大型低温恒温室 (−30 ~ 50℃, 写真—14 ③)、防水試験機、恒温恒湿室、塩分分析装置、中性化促進試験装置等がある。



①複合サイクル腐食試験機



②凍結融解試験機

写真—13 各種試験機による耐久性性能評価 (1)



①湿潤試験機



③大型低温恒温室

写真—14 各種試験機による耐久性性能評価 (2)

7. おわりに

昭和39年に建設機械化研究所として設立されて以来、建設機械および機械化施工に関する調査・試験・研究を重ね、各種性能や品質の向上、環境・安全対策、新機種・新工法の開発など、多様な分野に関わってきた。今後も建設業界の更なる発展を祈りつつ、建設機械技術や施工法の高度化・効率化など、幅広いニーズに対応できるよう努めていきたい。

なお、本稿で紹介している施設を含め、当研究所の施設一覧と業務分野の詳細は、ホームページに掲載しているので参照されたい (<http://www.cmi.or.jp/>)。

当研究所への交通手段は、東海道新幹線、東名高速道路に加え、今春より静岡県内の新東名高速道路が開通し、新富士ICからのアクセスが便利になりました。

J C M A

[筆者紹介]

太田 正志 (おた まさし)
一般社団法人 日本建設機械施工協会
施工技術総合研究所 研究第四部
主任研究員



建設機械施工技術・建設技術審査証明報告

審査証明依頼者：株式会社エコ・24

技術の名称：エコベストを用いた吹付け石綿の 無害化処理工法（CAS 工法）

上記の技術について一般社団法人日本建設機械施工協会建設技術審査証明事業（建設機械施工技術）実施要領に基づき審査を行い、建設技術審査証明書を発行した。以下は、同証明書に付属する建設技術審査証明報告書の概要である。

1. 審査証明対象技術

既設構造物の多くには、吹付け石綿が使用されており、その石綿が損傷や劣化により飛散する恐れがある場合は、除去工法、囲い込み工法および封じ込め工法の措置を行う必要がある。

このうち、除去工法では石綿繊維の気中浮遊濃度を高めることが多く、石綿関連疾病のリスクを高めることが懸念されるため、近年、除去工法から封じ込め工法による対策へと変化しているのが現状である。また、囲い込み工法は管理区域で密封養生を行って仮囲いするものであるが、抜本的対策にはなりにくいため最近あまり採用されていない。

本工法は、封じ込め工法に属するものであるが、現場において石綿繊維にエコベストを噴霧することにより、石綿繊維を飛散しないような塊状にし、なおかつ、石綿層の最深部まで浸透させるものである。これにより、石綿層内部においてもエコベストを媒介として石綿繊維同士が連結されて単体で飛散しないようになり、処理した石綿層の性能を低下させることもなく、安全で長期的な使用が実現できる。

CAS 工法は、吹付け剤として開発したエコベストを本材料に適した低圧噴霧装置を用いて現場の石綿に吹付け、これを短時間で含浸・固化させることで無害化処理するものであり、本来の石綿が持つ優れた性能を低下させることもない。また、CAS 工法標準マニュアル等に従って適正な施工を行うことにより、含浸・固化作業中、本工法処理後における安全性も確保できる。さらに、本装置を用いて噴霧できる箇所であれば、構

表－2 低圧噴霧装置の種類・諸元、適用範囲

	噴霧装置		
	CAS-1	CAS-2	CAS-3
装置の種類	リモートコントロールによるノズル自動回転噴霧装置（写真－1, 2, 表－3 参照）	充電式低圧噴霧装置（写真－3, 4, 表－4 参照）	伸縮式ロングノズル噴霧装置（写真－5～7, 表－5 参照）
諸元	動力：ガソリンエンジン式コンプレッサー	動力：14.4 V バッテリー式	動力：100 V コンプレッサー
	全方向（360 度）噴霧	ショルダータイプによる噴霧	伸縮式ロングノズル（1.7～7.2 m）噴霧
適用範囲（対象構造物）	煙突内等の内面（図－1 参照）	天井、壁、梁等の一般部	足場設置の困難な高所部

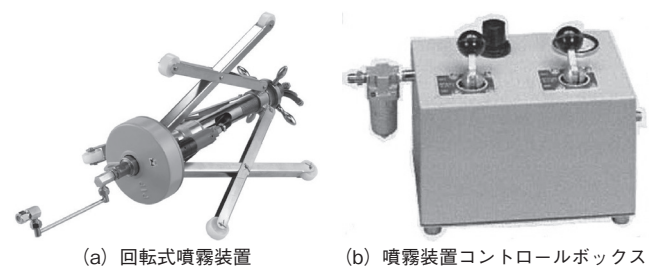
造物の上面、側面、下面および狭隘な箇所においても施工が可能である。

本工法の吹付け剤および低圧噴霧装置の種類・諸元、適用範囲は、表－1, 2 に示すとおりである。また、SEM 観察によりエコベストを含浸固化処理することで無害な形状となった確認の例を写真－8, 9 に示す。

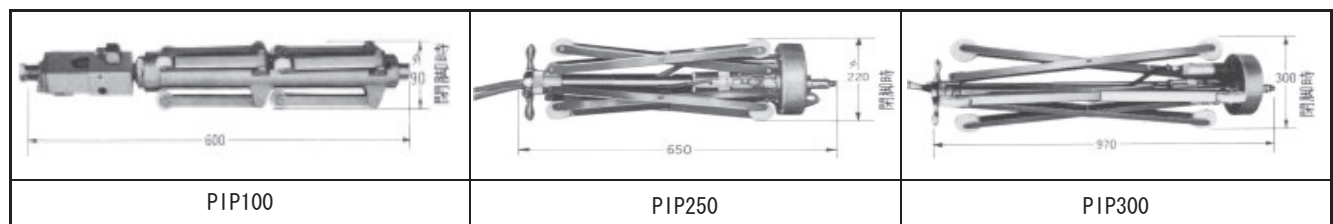
(1) CAS-1 自動回転噴霧装置の仕様

表－1 吹付け剤の種類・諸元、適用範囲

材料の種類	材料	
	エコベスト（基材）	エコベスト W（触媒）
諸元	粘度：1～10 MPa・s/23℃（規格値） 成分：シリコンレジン	粘度：5.5～9 MPa・s/23℃（規格値） 成分：ポリアルキレングリコール
適用範囲	気温：－10°～50°	気温：0°～50°



写真－1 リモートコントロールによるノズル自動回転噴霧装置

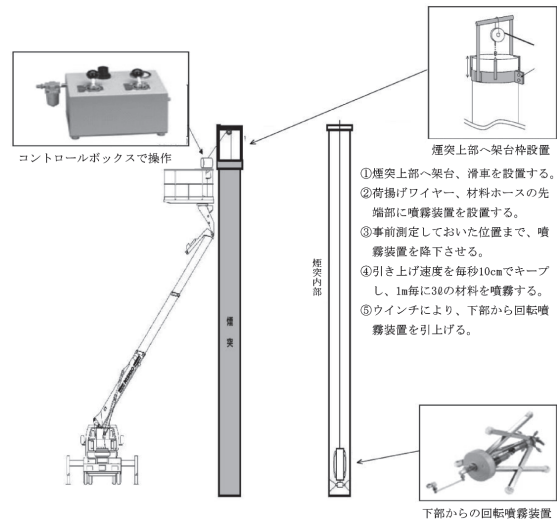


写真—2 自動回転噴霧装置の外観と寸法

表—3 主な諸元

型式	PIP100	PIP250	PIP300
適用パイプ 内径	φ100～ 300 mm	φ250～ 750 mm	φ300～ 1,200 mm
スプレィノズ ル回転数	—	90 ～ 125 rpm	
エアー消費量	—	300 L/min	
本体全長	590 mm	630 mm	950 mm
本体重量	12 kg	13 kg	18 kg
備考	ノズルは回転 せず 丸吹ノズルを 使用	—	ノズルエク ステンションは 2本使用

CAS工法による煙突への手順図解



図—1 煙突内面への施工事例

(2) CAS-2 充電式低圧噴霧装置の主な仕様



写真—3 充電式低圧噴霧装置

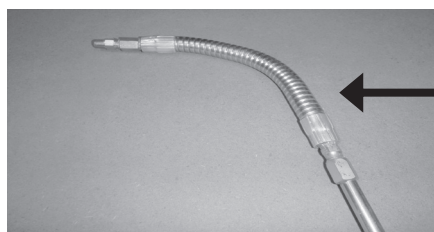


写真—4 施工箇所近傍での作業

表—4 主な諸元

型番	吐出圧力	電源(バッテリー)	タンク容量	ノズル可動域
MUS100DW	0.3 MPa	2.6 Ah/14.4 V	10 L	0.2 m ～ 1.0 m
MUS150DW	0.3 MPa	2.6 Ah/14.4 V	15 L	0.2 m ～ 1.0 m

(3) CAS-3 伸縮式ロングノズル噴霧装置の主な仕様

写真—5 ノズル先端部
ノズル先端部フレキパイプにより可動（360度可変式）

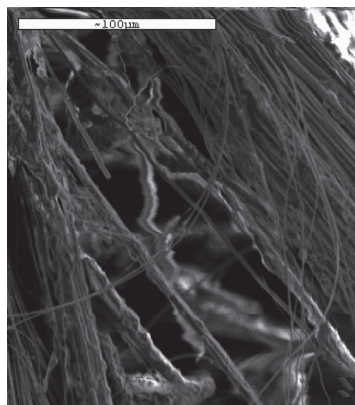
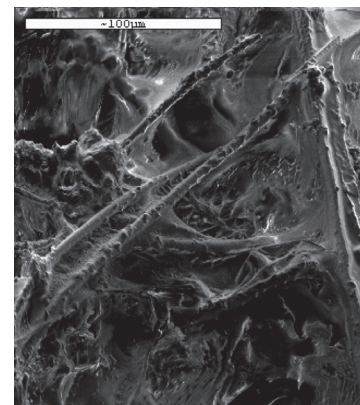
写真—6 伸縮式ロングノズル噴霧装置

表—5 主な諸元

種類	吐出圧力	動力源	タンク容量	ノズル可動域
伸縮式ロングノズル	0.1 MPa ～ 0.4 MPa	エアー	18 L ～ 30 L	1.7 m ～ 7.2 m



写真—7 高所への作業（伸縮式ロングノズル）

写真—8 処理前の石綿繊維の SEM 観察
(500 倍)写真—9 処理後の石綿繊維の SEM 観察
(500 倍)

2. 開発の趣旨

現在、建築構造物等において大量に使用されている吹付け石綿は、構造的に微細な針状形状であるため、経年劣化や解体作業時・震災による被災時に飛散・浮遊し、人体への有害な影響が懸念される。

本工法は、吹付け石綿が施されている構造物に対して、低圧噴霧装置とエコベストを用いて含浸・固化させることにより、人体に対して安全で無害とされる形状・寸法および飛散量とし、石綿の形質を変化（以下、「成形石綿」と呼ぶ）させることで、多岐にわたる環境下での石綿処理作業および処理後の建築材料としての安全性を確保し、その普及を図ることを目標とする。

3. 開発の目標

- ①エコベストで含浸固化した成形石綿は、有害物質として吸入されやすい石綿繊維と石綿粉じんの発生および浮遊を基準値以下に抑えられること。
- ②成形石綿は、石綿が有する耐熱性能を低下させないこと。
- ③成形石綿は、石綿が有する性能を低下させることがなく、十分な耐久性を有すること。
- ④従来の石綿除去工法と比較して、仮設設備と養生方法が簡素化され、施工の合理化が図られること。また、新たな検査方法の採用により、施工品質の向上が図られること。

4. 審査証明の方法

各々の開発目標に対して、施工実績データ、性能確認試験および現地立会試験の結果より、表—6 に示す各審査項目について確認した。

5. 審査証明の前提

- ①審査証明の対象とする工法は、所定の適用条件のもとで適正な材料・機械を用いて施工されるものとする。
- ②審査の対象とする工法に用いる装置は、適正な品質管理のもとに製造され、必要な点検、整備を行い、正常な状態で使用されるものとする。
- ③審査の対象とする工法は、「CAS 工法標準マニュアル」に準拠して、適正な設計・施工、機械操作および施工管理の下に実施されるものとする。

6. 審査証明の範囲

審査証明は、依頼者より提出された開発の趣旨・開発の目標に対して設定した審査証明の方法により確認した範囲とする。

7. 審査証明の結果

前記の開発の趣旨、開発の目標に照らして本技術を審査した結果は、以下のとおりであった。

- ①エコベストで含浸固化した成形石綿は、有害物質として吸入されやすい石綿繊維と石綿粉じんの発生および浮遊を基準値以下に抑えられることが認められる。
- ②成形石綿は、石綿が有する耐熱性能を低下させないことが認められる。
- ③成形石綿は、石綿が有する性能を低下させることがなく、十分な耐久性を有していることが認められる。
- ④従来の石綿除去工法と比較して、仮設設備と養生方法が簡素化され、施工の合理化が図られることが認められる。また、新たな検査方法の採用により、施工品質の向上が図られるこ

表一6 開発目標と確認方法

開発目標	審査項目	確認方法
①石綿を安全な建材（成形石綿）として処理できること。	1) 無害化形状・寸法	①エコベストの低圧噴霧での吹付けにより石綿繊維全体へ染みこませて、密着・被覆させることにより、石綿繊維の形状が有害とされる形状・寸法にならないことを、SEM-EDS 分析により確認する。
	2) 石綿粉じん濃度	①石綿繊維の粉じん濃度が法令基準値を上回らないことを、現場での実測データにより確認する。
②石綿が有する耐熱性能を低下させないこと。	1) 耐熱性能	①吹付け石綿と同等の耐熱性能を有し、耐熱試験後もエコベストの付着を SEM-EDS により確認する。 ②耐熱試験後に、著しい発火痕が見られず、建築上有害な変形および亀裂が見られないこと。また、灼熱減量率が、30%未満であることを、石綿含有成形板を用いて確認する。
③石綿が有する性能を低下させることがなく、十分な耐久性を有す。	1) 石綿繊維層の付着性	①引張強度試験により確認する。
	2) 石綿とエコベストの親和性	①湿潤冷熱繰返し試験、温冷繰返し試験により確認する。 ②耐酸性試験により確認する。 ③耐衝撃性試験により確認する。 ④耐アルカリ性試験により確認する。
④従来の除去工法と比較して、施工の簡素化と合理化が図られ、新たな検査方法の採用により施工品質の向上を図る。	1) 作業性、施工性	①従来工法のような二重三重の足場や養生シートの設置が不要であり、コンパクトな施工方法がとれることを現地立会により確認する。 ②他の封じ込め工法と比較し、作業中の安全性が確保され、低粘度の材料による低圧噴霧を可能とすることで、合理的な施工方法となることを、噴霧装置の諸元・性能と、作業中の粉じん濃度データにより確認する。 ③適用現場ごとに対応できる機材配置と操作方法を CAS 工法標準マニュアルにより確認する。
	2) 施工品質	①確実な浸透検査方法が適用されていることを施工検査要領書により確認する。 ②検査結果が施工管理者および施主により確認し易いよう書類化されていることを、出来形調書により確認する。

とが認められる。

ること。

- ④本証明は、他の公的機関や大学等において証明、確認された資料を根拠としており、特に新たな追加試験は行っていない。

8. 留意事項および付言

- ①施工に至る際は、その都度、設計仕様書、CAS 工法標準マニュアル、標準検査要領書を確認し、適宜記録に残すこと。
- ②施工前の事前調査では、吹付け石綿の劣化状態を把握しておく必要があり、劣化・損傷が激しい場合には、施工時、適切な吹付け圧力を維持し、ノズル先端部と躯体との間隔を十分に確保すること。
- ③本工法による施工が完了している物件においても、成形石綿を除去する際は、その都度適用法令の確認をし、処理にあた

9. 追記事項

- ①本工法で使用する吹付け剤であるエコベストには PL 保険（生産物賠償責任保険）が適用されている。
- ②本工法で使用する吹付け剤であるエコベストは建築基準法第 37 条で規定する「石綿飛散防止剤の性能評価」に基づき大臣認定を取得した建築材料である。

部 会 報 告

ISO/TC 127(土工機械)国際作業グループ 2012 年 6 月ドイツ会議報告

ISO/TC 127/SC 3/WG 9 - ISO 14990-1(電気駆動及びハイブリッドの安全性)会議及び

ISO/TC 127/SC 2/WG 16 - ISO 13766(電磁両立性)会議及び

ISO/TC 127/SC 2/WG 22 - ISO PWi 17757(自律式機械の安全性)会議及び

ISO/TC 127/SC 3/WG 4 - ISO 15818(つり上げ及び固縛箇所)会議

標 準 部 会

2012 年 6 月に、国際標準化機構 ISO/TC 127(土工機械専門委員会)の国際作業グループの、主として電子技術に関連した会議がドイツ国ベルリン市の VDMA(ドイツ機械工業連盟)で、また、日本担当の機械の輸送時のつり上げ及びトレーラ荷台などへの(機械本体側)固縛箇所に関する会議が同じくドイツ国ミュンヘン市の BGBau(建設業職業保険組合)で開催され、協会標準部会 ISO/TC 127 土工機械委員会から国際専門家(Expert)として出席の砂村氏他の報告を紹介する。

1. ISO/TC 127/SC 3/WG 9 ベルリン国際会議出席報告

- 1.1 会議名：ISO/TC 127/SC 3/WG 9-ISO 14990(電気駆動及びハイブリッドの安全性)
- 1.2 開催地：ドイツ国ベルリン市の VDMA(ドイツ機械工業連盟)会議室
- 1.3 開催日：平成 24 年 6 月 18 日(月), 19 日(火)
- 1.4 出席者：チェコ 1 名：Mr Michal Karas(チェコ Bobcat/斗山), ドイツ 4 名：Mr Ulrich Drees(BOMAG), Dipl.-Ing René Kampmeier(VDMA ドイツ機械工業連盟), Dr Oliver Fenker, Mr Bernd Sommer(Liebherr), 日本 3 名：西畑考志氏(コマツ), 枝村学氏, 砂村和弘氏(日立建機), 米国 8 名：Mr Mark L Elliott, Mr Kevin J Lueschow(Caterpillar), Mr Mike Onsager(Caterpillar/Bucyrus), Mr Rick Weires, Mr Gary Weidner, Mr Orrin West(Deere), Mr Mike(Michael) T Gacloch(Deere), Mr Steve Neva(Bobcat/斗山), Mr George Wnukoski(GE transportation), 英国 2 名：Mr Alan Burrows, Mr David Blackburn(JCB) 計 19 名

・ISO/TC 127/SC 3/WG 9 コンビナー(主査)兼 ISO 14990PL(プロジェクトリーダー)：前記 Mr Rick Weires, なお、案文編集担当者は前記 Mr Gary Weidner

経緯：電気駆動(商用電源レベルのものが対象で、鉱山などの高圧は対象外ではあったが今回見直し)及びハイブリッドの建設機械が増加してきているので、これに対する安全要求事項の ISO 規格策定を米国提案で開始し、IEC 60204(JIS B 9960 機械類の安全性—機械の電気装置)に基づき、土工機械としての実情を考慮した形で進めているが、IEC の文面の転載は、著作権の問題から難航している。また、前回会合で、規格を分割して、第 1 部を共通、第 2 部を外部電源、第 3 部を内部電源として扱うこととなった。

1.5 会議結果概要：

1.5.1 PL の Weires 氏が用意してあった、土工機械の電気安全に関する ISO 14990 と一般的な機械の電気安全に関する IEC 60204 との対照表を、附属書(参考)にせよと、Neva 氏から提案があり、了承された。

1.5.2 これまで低電圧指令の範囲を適用範囲にしていたが、より高圧側の 36 kV の給電電圧の機械まで対象とすることになった。その場合には漏洩電流が増えるのではないかと、論議になったが、発言できず。

1.5.3 より高電圧の機械や路上走行の機械も扱うので、最低限の要求事項を規定する規格ではなく、選択肢のある規格にしよう。

・当面の作業項目(会議後、ISO 側の TC 127 議長 Roley 博士と欧州標準化機関 CEN 側の Kampmeier 氏とが関与して調整)

- 1) 親委員会 ISO TC 127 での高電圧側を含める新業務項目提案実施 (PL 担当) [付記: 他の各部も (再度の) 新業務項目提案要]
- a. これは第 1 部～第 3 部に引き続き, 業務として設定
- b. 米国 Weires 氏が (高電圧側を含める新業務でも) プロジェクトリーダー
- c. IEC 60204-11 の対象である高電圧給電も適用範囲に含めることとし, 第 4 部とするか?
- d. 国際規格としての案文の委員会原案 CD (または DIS 案文) を新業務項目提案と一緒に来年 1 月までに用意, 来年の早い時点で投票へ
- e. それまでに IEC 60204 転載の著作権問題を解決要
- f. 欧州標準化機関 CEN との合同作業グループを提案
- 2) (高電圧側を含める件に関して) 作業グループ専門家は皆 IEC 60204-11 からどの箇所を引用するか検討する

1.5.4 今回ベルリン作業グループ会議で合意したコメントに基づく案文修正は Weidner 氏と PL の Weires 氏が担当

1.5.5 IEC の著作権抵触部分の書き直し (で抵触を避ける): Weidner 氏と PL が担当

1.6 次回会合予定: 2013 年 4 月 22 日～26 日の間に日米欧韓中各国建設機械工業会の技術交流合同会合 JTLM (4 月 22 日, 23 日予定) と重ならない日程でドイツ国 Biberach の Liebherr 社施設にて。

2. ISO/TC 127/SC 2/WG 16 ベルリン国際会議出席報告

- 2.1 会議名: ISO/TC 127/SC 2/WG 16-ISO 13766 (電磁両立性)
- 2.2 開催地: ドイツ国ベルリン市の VDMA 会議室
- 2.3 開催日: 平成 24 年 6 月 20 日 (水)
- 2.4 出席者: チェコ 1 名: Mr Michal Karas (チェコ Bobcat / 斗山), フランス 2 名: Mr Paul Mazet (CETIM フランス機械技術中央研究所), Mr Frederic Knecht (Liebherr France), ドイツ 7 名: Mr Achim Busenbender (Wirtgen), Mr Ulrich Drees (BOMAG), Dipl.-Ing René Kampmeier (VDMA ドイツ機械工業連盟), Dr Holger Kellerbauer (EMC Test NRW), Mr Michael Knoferl (Bauer Maschinen), Dipl.-Ing Wolf-Michael Petzold (Putzmaister),

Mr Werner Grommes (IFA ドイツ法的損害保険の労働安全研究機関), スウェーデン 2 名: Mr Joakim Gäfvert (Volvo), Mr Christian Karlsson (Dynapac), 日本 2 名: 吉田克美氏 (コマツ), 砂村和弘氏 (日立建機), 米国 6 名: Mr Mark L Elliott, Mr Kevin J Lueschow (Caterpillar), Mr Rick Weires, Mr Orrin West (Deere), Mr Gerry Welles [Charles Machine Works (Ditch Witch)], Mr Steve Neva (Bobcat / 斗山), 英国 1 名: Mr Alan Burrows (JCB) 計 21 名

・ISO/TC 127/SC 2/WG 16 コンビナー (主査) 兼 ISO 13766 改正プロジェクトリーダー (PL): 2.5.1 参照

経緯: 電磁両立性 (機械の電子系の外部電磁環境に対する耐性 = イミュニティ, 及び, 外部電磁環境への不要な電磁妨害波の発生 = エミッション, の双方を不具合のないレベルに規制する) に関する ISO 13766 と CEN 規格 EN 13309 の整合を図るため, SC 2/WG 16 で検討しているが, ISO 13766 を二分して EN 13309 に基づく基準を ISO 13766-1 とし, 機能安全に関する要求基準を ISO 13766-2 とする方向となっている。

2.5 会議結果概要:

2.5.1 はじめに, コンビナー兼プロジェクトリーダーの Mr Wolfram Klimars (AVL Trimerics 社) が来られなくなってしまったので, 暫定的に Mr Ulrich Drees がコンビナーを務める旨, WG 幹事の Kampmeier 氏から挨拶。

2.5.2 前回回覧したアンケート (下記) での結果が Kampmeier 氏から報告。チェコの回答が砂村には納得だった。いわく「“Exceed” の意味がわかりにくく, アンケートの真意がわからない。」

アンケート要旨: ISO 13766-2 のイミュニティレベル 100 V/m は “Maintain” (通常よりも厳しいレベルでの (選択的) 要求) か? 又は “Exceed” (一般にも厳しい要求をする) か? “Exceed” との回答の場合, a) 100 V/m とした厳しいイミュニティレベルでは安全停止も許容するか? 又は b) 正常機能を要求するか?

2.5.3 Kellerbauer 博士から: 「第 1 部で 30 V/m までは正常な動作をしなければならない。第 2 部では

100 V/m までは、正常な動作または安全停止をしなければならない。」というドイツの基本方針がのべられた。

2.5.4 日程が6ヶ月以上遅れていることに関して Kampmeier 氏から説明あり、結局 ISO の TMB (技術管理評議会) 権限による自動キャンセルを避けるために委員会側から自主キャンセルをして、速やかに再スタートすることとした。NWIP は来年早々に可決されるから次の WG はその後。日程は別途 TC 127 議長の Roley 博士と相談(来年4月に Biberach が1候補)。

2.5.5 安全停止の妥当性に関して、附属書を追加する。

2.6 次回会合予定：次回は2013年4月17日の週にドイツ国 Biberach の Liebherr 社施設にて。

3. ISO/TC 127/SC 2/WG 22 ベルリン国際会議出席報告

- 3.1 会議名：ISO/TC 127/SC 2/WG 22-ISO PWi 17757 (自律式機械の安全性)
- 3.2 開催地：ドイツ国ベルリン市の VDMA 会議室
- 3.3 開催日：平成24年6月21日(木)、22日(金)
- 3.4 出席者：米国8名：Mr Mark L Elliott, Dr Daniel G Roley, Mr Kevin J Lueschow, Mr Ken L Stratton (Caterpillar), Mr Rick Weires (Deere), Mr Steve Ulrich (Vermeer), Dr Jan Wei Pan, Mr Troy Canalicchio (Liebherr), ドイツ2名：Mr Georg Piller (Wirtgen), Mr René Kampmeier (VDMA), フィンランド1名：Mr Mika Luuko (Sandvik), 日本4名：遠嶋雅徳氏, 吉田克美氏, 田中昌也氏 (コマツ), 砂村和弘氏 (日立建機), ISO 中央事務局：Mr Steffen Kennedy 計16名
・ISO/TC 127/SC 2/WG 22 コンビナー (主査) 兼 ISO/PWi 17757 プロジェクトリーダー (PL)：前記 Elliott 氏 (米国, Caterpillar 社)

大規模鉱山などで使用される無人式機械 (超大型の重ダンプトラックが多い) の自律式運転 (無線操縦ではなくプログラム制御により運転) の安全性に関する標準化検討で、今回の会議でだいぶ「目鼻がついた」ので、原案が今後配付されたら、ぜひコメントをいただきたく、また、勉強会も国内で開催したい。

3.5 会議結果概要：

3.5.1 ISO 中央事務局の Kennedy 氏が、ISO テンプレートを用いて作成した ISO/WD 17757 原案を見せた (だいたいの形になってきている。今回も Kennedy 氏は楽しそう。のりのり)。

3.5.2 電源故障時の自動停止要求が論議された (限りがあるよね)。

3.5.3 通常の有人運転する機械を、関連装置を後付けで自律 (運転) 式とした機械を適用範囲に含めるため、原文を修正することとした。

3.5.4 白髪 of Stratton 氏がコミュニケーション不良時の安全停止要求を書いてきた。なかなかよい文章、さすが。

3.5.5 前回会議で、運転員の操作が必要な無人式の機械 (遠隔操縦) と自律式 (プログラム運転) の区別の必要性が論議されているので、これに関連して“運転員”が定義されている。

3.5.6 制動装置の圧力低下の警告ランプをつけることとされた。

3.5.7 毎朝始業前に制動装置の自動試験をすることが論議されたが、新しい概念ではないか。

3.5.8 Roley 博士は、今回も、自律式だけの機械は制動装置の要求をゆるめてよいんじゃないかと言っているが、実際にはすべての自律式機械は、乗車式の機械をベースにつくられているのでは？

3.5.9 機械は、制動装置及びかじ取り装置に対する気候の影響を考慮せよ。

3.6 次回会議予定：2013年2月にオーストラリアにて。

4. ISO/TC 127/SC 3/WG 4 ミュンヘン国際会議出席報告

- 4.1 会議名：ISO/TC 127/SC 3/WG 4-ISO 15818 (つり上げ及び固縛箇所)
- 4.2 開催地：ドイツ国ミュンヘン市 BGBau (ドイツ法的損害保険の建設業職業保険組合) 5階 503 会議室
- 4.3 開催日：平成24年6月25日(月)、26日(火)
- 4.4 出席者：ドイツ DIN から5名：Dipl.-Wirt.-Ing. Alexander Hoffmann [RUD(チェーン製造業)], Mr Matthias Groer (Komatsu Hanomag), Mr Reinhold Hartdegen, Mr Franz Welsch (BGBau), Mr Werner Ruf (LIEBHERR), 米国 ANSI から5名：Dr Dan Roley, Mr Chuck Crowell (Caterpillar), Mr Steve Neva

(BOBCAT / 斗山), Mr Tim West (John Deere), Mr Steven Uhrich (VERMEER), 日本 JISC から 1 名: 西脇徹郎 (協会)

・ SC 3/WG 4 コンビナー代理 (Session Convenor): 前記西脇

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

(従来経緯): ISO 15818 “土工機械—つり上げ及び固縛箇所—性能要求事項” は, 建設機械を工場から出荷, また, 現場から現場へと移動する際にクレーンでつり上げたり, また機械をトレーラなどに乗せて運搬する際に荷台に固定する際の機械側のアイその他の強度などに関する規格案として日本担当で長年検討してきたものであり, 国内でも時々発生している機械のトレーラからの脱落による交通事故などの対策の資となるものでもあるが, この分野では近年 EU で貨物輸送の際の固縛などに関する法令及び規格が整備されてきていることもあって, 各国の意見調整が容易でなく, 最終国際規格案 FDIS の投票は 2 回にわたって不承認, 親 (分科) 委員会 ISO/TC 127/SC 3 のベルリン国際会議では, 国際作業グループ ISO/TC 127/SC 3/WG 4 で段階を戻して再検討要とされ, 前回 SC 3/WG 4 コンビナー宮崎氏が WG 会議を再招集, 英国ロンドン市の BSI (英国規格協会) で会合, 第 2 次 FDIS 投票時の各国コメントを検討して, 案文を修正 (SC 3/WG 4 N 25) したものの, 前回会合で十分検討できなかった点に関して, 再度国際 WG を開催して調整することとなっていた。

(概要): 今回会合での検討によって, ほぼ方向性がまとまり, 段階を DIS に戻して各国投票に諮ることとなった。ただし, 特に固縛に関しては, 欧州で固縛箇所がある方向の荷重に対して計算上有効なのは 2 箇所までとされていることから, これで不足な場合は個別的な計算で対応する必要があること, また, 固縛器具の安全率が欧州では 2 に対して日米は 4 と異なる点をどうするかという点が根本的な課題としては残っており, また, 荷を固縛する相手側のトレーラ荷台などの固縛器具の容量 (強度) もドイツと日本では大差があるもようで, この規格がこのまま制定された場合, 機械本体側の固縛箇所から何本ものワイヤで車体側の固縛箇所に負荷分散することが予想される状況である。

4.5.1 開会: コンビナーの宮崎氏が出席できないため, 西脇が代理を務めることの了解を求め, 出席者挨拶, 会議のロジスティクスをホスト BGBau の Hartdegen 氏より説明ののち, 案文検討に先立って前回論議の他に追加の論点が無いか出席者の意見を求め次の指摘があった。

- ・ Hartdegen 氏から, つり上げ及び固縛に関する検証方法に関して指摘があり, Roley 博士は, 製造業者はつり上げに関しては単純な計算で, 固縛に関してやや複雑な計算を実施と示唆した。
- ・ つり上げ及び固縛器具の取扱に限度があると指摘され, また, 米国と欧州では規格が異なり (欧州ではつり上げに対しては安全率 4, 固縛に対しては安全率 2, これに対して米国の ASTM はそうではないよう), 欧州では最大チェーン線径 16 mm で容量 20,000 daN (約 20 tonf) に対して, 米国では線径 10 mm で約 4,000 kgf 及び線径 13 mm が一般的で, 最大は線径 16 mm で容量 7,170 kgf (材質 Grade70 の場合) とのことである (米国労働省の規制 CFR393.100 による)。
[付記: 国内の船舶安全法関係法令 (船舶検査心得) では, 固縛器具の安全率は 4 と定められていて, 欧州規格の 2 と差があるので, 規格の規定含め, どう対応するかという問題がある。]
- ・ West 氏は機械設計上の課題としては, (つり上げ及び固縛の) 方法を取扱説明書に記載する内容であると指摘した。

4.5.2 案文の検討

4.5.2.1 構成部品及びサブアッセンブリ (のつり上げ及び固縛): 日本から構成部品及びサブアッセンブリのつり上げ・固縛箇所は, 機械全体のつり上げ・固縛箇所と混同される懸念があるからこの規格の適用範囲から除外すべきと意見提出したが, 会議では大形機は輸送時分解要でその (分解された荷姿での) 輸送もこの規格の対象であるとして否定的で, ただし, その懸念に対しては適切な指示で対処すべきとされた (構成部品などのつり上げ・固縛箇所には機械全体用ではないことを示すべきとの意見もあったが)。機械が表示ラベルだらけになるのは (混乱を招くから) 避けるべきとして, 構成部品・サブアッセンブリのつり上げ・固縛箇所には機械全体用のラベルを貼付してはならないこととし, 取扱説明書などで適切な指示を行うこととされた。

4.5.2.2 現場での路外輸送: この国際規格を現場での路外輸送に適用すべきかが論議され, 論議の結果として現状の「道路輸送」に「例えばトラック, トレー

ラ」と括弧書き追記することとなった。これにより、現場での路外輸送でも通常のトラック、トレーラを使用するのであればこの規格の適用範囲内と解することもでき、ただし、特殊な輸送方法は範囲外と解せる。

4.5.2.3 輸送制限及び「出荷質量」状態での輸送：日本から輸送制限及びその結果として「出荷質量(SM)」状態での輸送に関して意見提出に対して（出荷質量（ISO 6016=JIS A 8320）そのものに関しては、製造業者からの出荷時点ではあてはまってもその後の現場間での輸送の際には出荷質量の定義された状態に管理するのは困難との意見もあり），論議の結果，新規に計算質量“mass for calculation”との親用語を設け，その下に，各分解部分の質量“mass of each disassembled unit”をおき，定義の事例として「構成部品，サブアッセンブリ，本体」と括弧書きで記し，これにより出荷質量も各分解部分の質量の一つと解してもよいこととなった。

4.5.2.4 「破断荷重」の定義：現状の定義句「つり上げ又は固縛箇所が荷重を保持できる最大荷重」に対して疑問が出され，他方，この定義は欧州規格 EN 1677-1: 2000 に基づくとの指摘もあり，論議の結果，引張試験の現実に即した記述とすることとされた（付記：JIS でも破断荷重の定義は「…引張試験において耐えた最大荷重」（従来案文に近い），「破断試験において，…破断に至るまでの最大荷重」，「破断試験において，…破断するときの最大荷重」（今回修正に近い）とまちまちである）。

4.5.2.5 つり上げ箇所の計算用の有効箇所数：つり上げ箇所の計算用の有効箇所数 1 から 4. に対して日本から説明図の追加を求めた。これに対して，2 点の図は既存，4 点の図（スクレーパ）の図も既存であるが文面修正要（適切な荷重のバランスが確実であることなどを追記）とされ，1 点吊りに関しては米国から図を提出するとの申出あり，また，適切な図があれば 3 点も同様とのことであった。また，議論の際に欧州規格 EN 818-4 及び -6 に基づいて，「重心回りに対称な 4 点吊りでは吊り具の角度，長さが等しい場合は（計算用には 4 より 1 少ない）3（点吊りとして計算）」を追加することとなった。

4.5.2.6 負荷加速度係数：日本は（道路，鉄道，海上各輸送での）負荷加速度係数に関して出典を求め，これに対して「IMO/ILO/UNECE 貨物輸送ユニットの収納のためのガイドライン」をここで参照するのは不適として，欧州規格 EN 12195-1:2003（旧版）を参照すべきとされた。

4.5.2.7 固縛箇所の計算用の有効箇所数：日本は

固縛箇所の計算用の有効箇所数に関する記述として当該箇所で一般的な固縛手段及びトレーラ側には制約があるなどと記しているのは不適切としてむしろつり上げ及び固縛に関する指示項目を規定する箇所で記述すべきと指摘，これに関して論議の結果，一般的な計算方法の規定では有効箇所数 2 を適用するのを前提とすることとし，一般的な方法では不十分な場合に追加手段を必要とするという書きぶりとするとして，一般的な寸法の固縛手段では計算結果が不十分な場合は，計算用の有効箇所数を増やす，ゴムマットなどを用いる（摩擦係数を増やす），車止めなどを用いる，とされ，ただし，計算用の有効箇所数 2 箇所以上として計算する場合は，固縛手段の弾性変形を考慮すべきとされた。

4.5.2.8（設計に用いる）動的摩擦係数：フランスと日本からは（床面などに）特定の材料を用いた場合の摩擦係数に関する意見が提出されているが，会議での論議としては，すでに一般的な場合には係数 0.2 を適用することを決定済みであるとされ，ただし，例外的な場合には欧州規格 EN 12195-1: 2003（旧版）の記述事項を適用することとされた。また，関連して悪条件下での摩擦係数低下の注記も削除とされた。

4.5.2.9 材料要求事項：日本はつり上げ又は固縛箇所の材料要求事項に関して，鋼材の使用が差し支えないことを記述するよう提案したが，（脆性を示す）品質の悪い鋼材は不可と反論され，「延性のある鋼材」との意見もあったが，結局，現行の文面が要求事項を規定するには十分とされた。

[付記：WTO 協定の（貿易の技術的障害に関する）TBT 協定の附属書三「任意規格の立案，制定及び適用のための適正実施規準」の規定 I で「標準化機関は，適当な場合には，デザイン又は記述的に示された特性よりも性能に着目した製品の要件に基づく任意規格を定める。」と明確に規定されており，現行記述（…破断する前に眼に見える変形を示す…）はこの規定に適していると考えられる。]

4.5.2.10 つり上げ及び固縛の対象とする質量（の識別表示）：日本からはつり上げ及び固縛の対象とする質量に関して，機械全体に関しては出荷質量 SM を，各分解部分の質量に関しては取扱説明書に明示することを求めたが，前段での論議とも関連して，現状の記述（機械上での機械の質量の明示を規定）で十分とされた。

4.5.2.11 輸送用床面の清掃：輸送用床面の動摩擦係数をめぐる論議から，床面の清掃の必要性が指摘され，次の文面を追加することとされた。

「積み込み載荷する床面及び機械側の接触面は清掃し、氷、雪その他の滑りやすい物質がないようにしなければならない。」

4.5.2.12 固縛の指示の詳細（または許容範囲を含む指示）：日本から、機械の製造業者は輸送手段に関する詳細情報がないから固縛に関する（角度、長さなどの）詳細情報を決定出来ないと指摘し、取扱説明書ではそれらに関する計算条件を記すか、又は、ある範囲として記述すべきことを提案し、これにより文面を次のように修正することとされた。

「取扱説明書には固縛角度の許容範囲及びその範囲に対する各固縛箇所の最大分布固縛荷重の容量を示さなければならない。製造業者が発行する取扱説明書は、機械全体又は各分解部分の、つり上げ及び固縛に対して適正な固縛容量となるよう、適切な、つり上げ及び

固縛器具を推奨する。」

4.5.2.13 日本は、一部の絵が（つり上げ及び固縛箇所を示さず）不適切と指摘し、他にも不適切な図があればそれらも削除すべきとなった。

4.5.3 案文の段階設定について：各国が意見提出できるよう、DIS（照会原案）段階に戻すべきとされた。

4.5.4 当面の予定について：前述により、会議の論議に基づく改訂案文は一旦国際作業グループ SC 3/WG 4 内でむしろ編集上のチェックの上、ISO 中央事務局に DIS 投票用として提出する。

4.5.5 閉会：2012 年 6 月 26 日午後遅く閉会

4.6 次回開催予定：特に予定せず、投票の結果で、大きな問題があれば再会合。

JCMA



ミュンヘン会議風景（米国勢）



コーヒーブレイク



ドイツのチェーン製造業の代表 Hoffmann 氏

部 会 報 告

木質バイオマスコージェネレーション工場見学会

建設業部会

1. はじめに

建設業部会主催の平成 24 年度第 1 回目の現場見学会を 2012 年 7 月 27 日に前田道路(株)木質バイオマスコージェネレーション工場において実施したので本誌に紹介する。参加者は事務局を含め 19 名であった。

2. 工場概要

当工場は、道路建設資材のアスファルト混合物を製造する合材工場、コンクリート廃材（以下 CO 廃材）、アスファルトコンクリート廃材（以下 AS 廃材）のリサイクル化を図る中間処理施設及び建設発生土の改良工場の 3 工場としてスタートした。

都心ではガソリンスタンドの廃業が多くなり、東京駅から 10 km 程の距離があるということで、このスタンドの土地再利用として油混じりの建設発生土の引き合いが多くなり、この要望に応えるため建設発生土改良工場内に油汚染浄化工場を建設した。

首都圏での産業廃棄物 CO 廃材、AS 廃材、建設発生土及び油汚染土を受入れている中で、産業廃棄物の建築廃材が都心では多量に発生するということで、この建築廃材からエネルギーを創出して、この工場で大量エネルギーを消費する合材工場に、電気と熱を供給する、木質バイオマスコージェネレーションの導入を決定した。建築廃材は、木の段階では光合成で CO₂ を有機物として体内に蓄積するため、追加的な CO₂ のない自然循環型のエネルギーで、京都議定書の京都メカニズムでは CO₂ にカウントしないことから、カーボンニュートラルな燃料として扱うことができる。従って、全工場における地球温暖化防止対策としての CO₂ 削減に寄与することになる。

建設は約 2 年を掛けて完成した。当初は炭化物を微粉にし、微粉炭で燃焼させ、空気予熱器を介し、合材工場に熱風として供給するラインにトラブルが多く、稼働の妨げになったが、試行錯誤で解決し、現在は連続で供給することができている。

この木質バイオマスコージェネレーションの特長は、熱分解ガス化炉でガスと炭化物を作り、各々を燃

焼させることで、電気エネルギー 1,650 kWh、熱エネルギー 19 GJ/h を供給することができる。



写真—1 工場全景

3. 現場見学

見学会は工場内にある管理棟の会議室において工場概要説明を受けた後に行われた。

はじめに建設業部会の山崎幹事長から見学会開催のお礼の言葉があり、この工場の責任者である工場長よりお言葉を頂き、続いて機械担当の課長による工場概要説明を受けた。質疑応答を経て、現場見学会となった。当日は、晴天続きの猛暑の中、防塵継服を着用した行動となってしまった。

2 班に分けての見学会となり、1 班は建設発生土改良・浄化工場、2 班は木質バイオマスコージェネレーション工場からとなった。

持ち込まれた建築廃材を破碎する箇所からのスタートとなった。20 mm アンダーの木くずになるように



写真—2 工場概要説明状況

シュレッダーで破碎し、鉄片を取り除いた後、一時貯留と移動を兼ねた床が動くウォーキングフロアを経て、バケットエレベータで熱分解ガス化炉に運ばれる。バケットエレベータは余分な空気の侵入を防ぐため、2段のスライドゲートを採用している。



写真-3 熱分解ガス化炉

熱分解ガス化炉は、間接加熱ロータリーキルンで、写真-3の右が投入位置で、左へと木くずが流れていく。前段で蒸し焼き状態にしガスを発生させ、後段で炭化物を生成させている。この設備では木くずが焼けているときの臭いがした。



写真-4 空気予熱器と燃焼室（左：炭化物 右：ガス）

生成されたガスはガス燃焼室に送られ、ここで完全燃焼されたガスを利用して蒸気を発生させ、蒸気タービンで発電する。1日の発電量は39,600kWで、大凡一般家庭の約3,000世帯が1ヶ月で消費する電力と同じである。一方、炭化物は燃焼効率を上げるため微粉にし、炭化物燃焼室で燃焼させ、廃ガスを隣にある空気予熱器に送り、間接加熱で空気を600℃になるまで加熱し、合材工場側の燃焼バーナ用の空気として送られる。

当初、微粉炭にする過程で、鉄片が入り込み粉碎機及び微粉炭バーナのトラブルが多く、思うように燃焼

用熱風空気を合材工場に送ることができず、CO₂削減に寄与することができなかったが、現在は、合材工場側のCO₂削減率が22%で、地球温暖化防止対策に貢献している。

環境保全については、ボイラからの廃ガス230℃程と空気予熱器からの廃ガス250℃前後を、減温塔でさらに廃ガス温度を下げ、バグフィルター、洗煙塔及び脱硝反応塔を通過し、都の排ガス基準を大幅にクリアしている。排水については、このプロセスで使用する水量を抑え、残りの排水は下水放流基準に従い放流している。悪臭については、熱分解ガス化炉付近で発生しているが、都の悪臭基準はクリアしている。振動・騒音については、工業専用地域なので制限は受けない。



写真-5 工場見学状況

年間の稼働時間は4回の定期整備を除き260日である。都内から発生する建築廃材のため、含水比を含めバラツキが多いので、安定した熱電併給にはなっていないが余剰電力は電力社に売電している。このバラツキに対応し、さらに効率をUPさせる改善に努めている。

4. おわりに

いつもの見学会とは異なっていたが、都心でこのような大規模な建築廃材の処理が行われ、連続稼働している点が興味を惹いたものと思われる。猛暑の中、防塵継服用であったが、工場のご手配で水分を多く取れ、幸いにして、熱中症に罹ることもなく無事終了することができた。最後に大変忙しい中、親切に対応してくださった原田工場長並びに松本課長以下スタッフの方々に厚く御礼申し上げます。

（文責：傳田）

新工法紹介 機関誌編集委員会

04-331	トンネル覆工コンクリートの 長期密着養生シート工法	清水建設
--------	------------------------------	------

▶ 概 要

トンネル覆工コンクリートの施工では、一般に打ち込み後の翌日に型枠を外しているが、緻密性などコンクリート品質のためには脱型後の表面の乾燥や温度低下の防止が重要である。

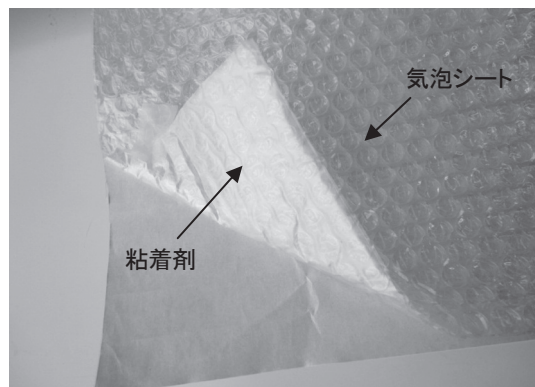
このため、既存の技術として保湿シートや袋体を覆工コンクリート表面に押し当て、塩ビ管や専用台車で支えて固定する方法が採られているが、覆工コンクリート表面とシートの間には僅かに隙間が生じ、完全に密閉状態にして保温・保湿することは難しい状態であった。また、従来の設備は転用を前提としているため、養生期間が最大で1～2週間程度と短くなり、設備が大規模でコストが高いという問題もあった。

そこで、粘着剤が塗布された気泡シートを覆工表面に貼り付けて脱型後の乾燥を防止し、コンクリートの品質を確保できる「長期密着養生シート工法」を開発した。

本工法で使用する養生シートは、気泡シートに粘着剤をあらかじめ工場で塗布加工したもので、シートの粘着剤が塗布された面を覆工コンクリート表面に押しつけて密着させる。これにより覆工表面を密閉できるので完全な保湿状態にすることができ、保温もできる。シートはポリエチレン製で全面が気泡構造になっており、重さは1㎡当たり約200gと軽量である（写真—1）。施工方法は高所作業車を用いて、粘着剤の保護紙を剥がしながらシートを貼りつけていく（写真—2、3）。

▶ 特 徴

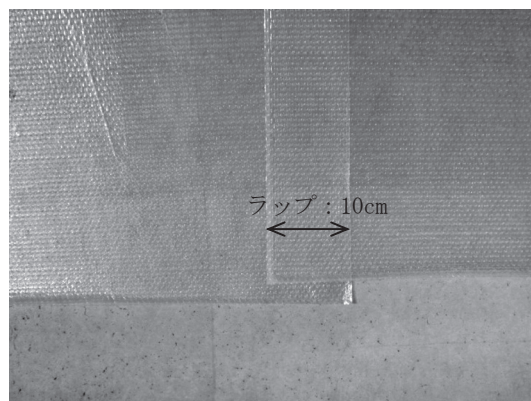
- ①シートの粘着剤により覆工コンクリート表面を完全に密閉できるので、保湿効果が高くなる。
- ②気泡シートにより型枠脱型後の急激な温度低下を防ぐことができる。



写真—1 養生シート



写真—2 施工状況



写真—3 施工後のシート

- ③塩ビ管や専用台車でシートを支えて固定する方法に比べ、養生期間を長くできる。
- ④上記①、②、③の効果により、覆工コンクリートの緻密性が増し、品質が向上する。
- ⑤従来の専用台車を使用する方法に比べ、養生費用が10%削減できる。
- ⑥塩ビ管や専用台車でシートを支えて固定する方法に比べ、軽量のシートを貼るだけなので、施工が容易である。

▶ 用 途

- ・トンネル覆工コンクリートの封かん養生（トンネル以外のコンクリートにも適用可）

▶ 実 績

- ・道路トンネルの覆工コンクリート養生
- ・橋脚のコンクリート養生

▶ 問 合 せ 先

清水建設㈱ 土木技術本部 技術開発部
〒104-8370 東京都中央区京橋 2-16-1
TEL：03-3561-3886

新機種紹介

機関誌編集委員会

▶ 〈02〉掘削機械

11-〈02〉-18	キャタピラージャパン 油圧ショベル Cat 320E (L) / 320E (L) RR	'12.01 発売 新機種
------------	--	------------------

オフロード法 2011 年基準をクリアする環境性能とパワーシステムの統合制御等による優れた燃料生産性を両立した 20 トンクラスの油圧ショベルとして新たに導入された Cat 320E, Cat 320E L および汎用小旋回機の Cat 320E RR, Cat 320E L RR の 4 機種は、それぞれ Cat 320D(L) および Cat 320D(L) RR のフルモデルチェンジ機である。

環境対応パワーユニットには、低エミッションと低燃費を両立する「Cat 電子制御システム」、高効率燃焼を実現し排出ガス成分を抑制する「燃料噴射システム」、排出ガスの一部を、冷却して吸気側に循環することで NO_x の排出を低減する「NO_x リダクションシステム」、一酸化炭素、炭化水素をディーゼル酸化触媒 (DOC) により低減・無害化するとともに、ディーゼルパティキレートフィルタ (DPF) により PM を低減・除去する「アフタートリートメント技術」など数々のテクノロジーを搭載し、オフロード法 2011 年基準をクリアしている。

高効率油圧システムによって作業速度、掘削性能の向上を図り、また作業に応じて最適な流量配分を行うスマートワークシステムによって良好な連動性を実現している。また、汎用小旋回機 320E (L) RR の後方の小回り性は、312D (12 トンクラス油圧ショベル) を上まわる狭隘地作業性能を有している。

作業負荷によらずエンジン回転を一定に維持するアイソクロナス制御を採用することで軽負荷時のエンジン回転を抑制する。さらに、新型コントロールバルブや高効率プームエネルギー再生システム等、エンジンおよび油圧システムの統合制御により、生産性はそのままに、従来機比で燃料消費量を約 10% 低減 (スタンダードモード)、エコノミーモードではスタンダードモードからさらに約 12% 低減する。また、一定時間アイドル状態が続くと自動的にエンジンを停止させるオートアイドルストップ機能を新たに搭載している。エンジン停止までの時間や機能の ON/OFF はモニタ上で容易に設定可能である。こうした燃料消費量を低減するさまざまな機能は、CO₂ 排出量の削減にも貢献している。

国土交通省超低騒音型建設機械の基準値をクリアしている。

ROPS (転倒時保護構造) キャブの搭載、後方および側方の作業視界を確保するリアビューカメラとミラーを標準装備、さらに機体上面からの転落を防止する大型ガードレールを装着している。

キャブガラス面積を従来機比約 9% 拡大、またキャブ内騒音を従来機比で 320E (L) は約 3 dB 低減、320E (L) RR は約 5 dB 低減している。さらに、視認性に優れた 7 インチ大型画面のフルグラフィックカラーモニタにより、各種設定のほか稼働状況、リアビューカメラ映像、各種警告の確認が容易に行える。

チルトアップアフタークーラとスイングアウトエアコンコンデンサの採用によるクーリングパッケージ清掃の容易化を始め、メンテナンス・ポイントへのアクセス性向上とメンテナンス作業の省力化

表—1 Cat 320E / 320E L の主な仕様

		320E	320E L
運転質量	(t)	20.7	21.3
標準バケット容量	(m ³)	0.8	0.9
最大掘削力 (アーム)	(kN)		109
最大掘削力 (バケット)	(kN)		149
全長	(m)		9.53
全幅 (トラック全幅)	(m)	2.80	2.98
全高 (ガードレール上端)	(m)		3.24
後端旋回半径	(m)		2.83
登坂能力	(度)		35
接地圧	(kPa)	48	44
エンジン名称		Cat C6.6 ディーゼルエンジン	
総行程容積	(ℓ)		6.6
定格出力 / 回転数 (kW (ps) / min ⁻¹)		114 (155) / 1,800	
最大掘削深さ	(m)		6.64
最大掘削半径	(m)		9.94
最大掘削高さ	(m)		9.41
価格	(百万円)	19.93	20.95

表—2 Cat 320E RR / 320E L RR の主な仕様

		320E RR	320E L RR
運転質量	(t)	23.0	23.6
標準バケット容量	(m ³)	0.8	0.9
最大掘削力 (アーム)	(kN)		109
最大掘削力 (バケット)	(kN)		149
全長	(m)	8.82	8.97
全幅 (トラック全幅)	(m)	2.80	2.98
全高 (ガードレール上端)	(m)		3.15
後端旋回半径	(m)		2.08
登坂能力	(度)		35
接地圧	(kPa)	53	49
エンジン名称		Cat C6.6 ディーゼルエンジン	
総行程容積	(ℓ)		6.6
定格出力 / 回転数 (kW (ps) / min ⁻¹)		113 (155) / 1,800	
最大掘削深さ	(m)		6.64
最大掘削半径	(m)		9.94
最大掘削高さ	(m)		9.41
価格	(百万円)	21.50	22.45



写真—1 キャタピラージャパン Cat 320E, Cat 320E RR 油圧ショベル

により、大幅にメンテナンス性・サービス性が向上している。

問合せ先: キャタピラージャパン 人事企画室 広報グループ
〒158-8530 東京都世田谷区用賀 4-10-1

新機種紹介

12-(02)-03	日立建機 ミニショベル ZX30U-5A ほか	'12.08 発売 新機種
------------	-----------------------------------	------------------

ZX30U-5A, ZX35U-5A, ZX40U-5A, ZX50U-5A は3tから5tクラスの後方超小旋回型ミニショベルである。基本性能を充実させ、低燃費や経済性、居住性、整備性を高めた「ユーザーフレンドリーなミニショベル」をコンセプトとしている。

外観は曲線を基調としたラウンドフォルムデザインを採用している。

エンジンに電子ガバナを採用し、油圧システムを改善することにより、低燃費と低騒音化を図った。作業モードは燃費優先の「エコモード」、作業量優先の「パワーモード」をボタンで選択でき、両モード共に従来機より低燃費で高作業効率を実現している。また標準装備のオートアイドル、オプションのオートアイドルリングストップ機能も低燃費に寄与している。

居住性では3.6インチマルチ液晶モニターを採用し視認性も向上している。また、フロアステップの導入で、乗降性も楽にした。フロアマットは分割式を採用し、泥汚れ時、足元部のみ取り外し可能となり清掃もしやすくした。キャブ仕様機はキャブ内幅、後方、前窓とも従来機より拡大し、室内空間を広げている。

整備性では開閉式ラジエーターカバーや小型化したタンクカバー、上下スライド開閉方式エンジンカバーなど日常点検も容易に行えるようにした。

ブームスイングポスト部にホースガイドカバーを設置することにより、ホース挟み込みも防止している。安全面では2柱キャノピ仕様を TOPS 対応することで安全性を向上した。

問合せ先：日立建機㈱ 商品開発・建設システム事業部 技術部
〒112-8563 東京都文京区後楽 2-5-1

表－3 ZX30U-5A ほかの主な仕様（2柱キャノピ仕様機）

項 目	ZX30U-5A	ZX35U-5A	ZX40U-5A	ZX50U-5A
標準バケット容量 (m^3)	0.09	0.11	0.14	0.16
最大掘削深さ (mm)	2,790	3,060	3,320	3,530
最大掘削半径 (mm)	4,890	5,210	5,760	5,750
最大掘削高さ (mm)	4,620	4,870	5,590	5,750
機械質量 (kg)	3,000	3,410	4,440	4,780
エンジン定格出力 ($\text{kW}/\text{min}^{-1}$)	21.4/2,400	21.4/2,400	28.3/2,400	28.3/2,400
走行速度 高速／低速 (km/h)	4.3/2.8	4.3/2.8	4.2/2.5	4.2/2.5
全長 (mm)	4,450	4,640	5,350	5,470
全幅 (mm)	1,550	1,740	1,960	2,000
全高 (mm)	2,480	2,480	2,530	2,530
標準小売価格 税抜 (万円)	430	470	540	575



写真－2 日立建機 ZX30U-5A 後方超小旋回型ミニショベル

12-(02)-04	コベルコ建機 ハイブリッドショベル SK200H	'12.09 発売 新機種
------------	------------------------------------	------------------

機体が旋回減速する際に発生するエネルギーを電気エネルギーとして、キャパシタと呼ばれる蓄電池に蓄電し、蓄電したエネルギーを電動機によって油圧ポンプのアシストに使用することで燃費消費量を低減するハイブリッドシステムを装備した油圧ショベルである。

従来までの8tクラスのハイブリッドショベル SK80H を販売していたが、今回 20tクラスでのハイブリッドショベルとして販売を開始した。

新開発のハイブリッドシステムにより、標準仕様機『SK200-8』と比較して、JCMAS 燃費換算で▲16%の燃費低減を実現している。また、掘削土量では、作業量重視モードでの比較で生産性を24%向上させている。

オフロード法 2011 年基準を満たす低公害エンジンを装備し、PMの排出量も削減している。また、キャブに ROPS 規格を満たした新型キャブを装備している。

メンテナンス性能についても、ハイブリッド機構の部分には特別な日常メンテナンスが不要となっており、通常の油圧ショベルと同等のメンテナンス性能を維持している。

問合せ先：コベルコ建機㈱ 企画管理部 広報秘書グループ
〒141-8626 東京都品川区東五反田 2-17-1（オーバルコート大崎マークウエスト）



写真－3 コベルコ建機 SK200H ハイブリッドショベル

新機種紹介

表—4 SK200H の主な仕様

バケット容量	(m ³)	0.8
最大掘削深さ	(m)	6.7
最大掘削半径	(m)	9.9
最大掘削高さ	(m)	9.72
機械質量	(t)	20.4
定格出力	(kW / (ps) / min ⁻¹)	117 / (159) / 2,000
走行速度 高速/低速	(km/h)	5.2 / 3.1
登坂能力	(度)	35
接地圧	(kPa)	46
最低地上高	(m)	0.445
クローラ中心距離	(m)	2.2
クローラ全幅 (シュー幅)	(m)	0.6
全長×全幅×全高	(m)	4.94 × 2.8 × 3.03
価格	(百万円)	24.16

▶ 〈17〉 空気圧縮機，送風機およびポンプ

11-〈17〉-01	古河産機システムズ 高効率スラリーポンプ SPL e-Performance	'12.04 発売 新機種
------------	--	------------------

スラリーポンプとは、固体粒子を多く含む泥状になったスラリー液を移送するための専用ポンプであり、高粘度かつ激しい摩耗性を示すスラリー液を安定的に移送できるように設計されている。工場や水処理プラントにおいて種々のポンプが消費する電力の総和は大きな割合を占めており、省エネや温暖化ガス排出量の削減が求められている昨今、ポンプの高効率化による消費電力の低減は重要な取り組みの一つである。

高効率スラリーポンプ「SPL e-Performance」は、ポンプ効率が現行機比 10 ポイント以上向上した、省エネと安定的なスラリー送液を両立させたポンプである。

一般的にスラリーポンプは、ポンプ内部でのスラリーの固着もしくは閉塞を防ぐためにインペラの羽根間流路は広めに取られており、激しい摩耗にも耐えられるように羽根の肉厚も厚くなっている。これはインペラはスラリーを安定的に送液するには利点として働くが、ポンプ効率を低下させる要因の一つとなっていた。

本スラリーポンプは、閉塞に強い半開放形のセミオープン形インペラを採用すると共に、羽根間の流路は十分な通過粒径を確保した。セミオープン形はポンプ効率に対して不利に働くが、CFD 解析^(注)を用いてインペラを新設計することにより、ポンプ内の流れをスムーズにして 10 ポイント以上のポンプ効率向上を果たした。また、新インペラは従来と同等のポンプ揚程を約 5% 低い回転速度で得ることができ、低回転化による摩耗低減が図られている。

接液部は二重構造になっており、スラリーによる激しい摩耗に耐えられるよう厚肉のライナーを備えているので、消耗部品の交換に伴って発生するランニングコストを抑えることができる。ライナーおよびインペラの材料には、耐摩耗性に優れた、高クロム鋳鉄を用

いており、ライナーとインペラの交換サイクルのバランスを考慮して、インペラのクロム含有率を従来よりも高めた。

本スラリーポンプは、当社 SPL シリーズと高い互換性があり、ベアリングを支承するための頑強かつ芯精度に優れたフレーム構造、ならびに摩耗による性能低下を抑えるための独自のクリアランス調整機構を継承している。

本スラリーポンプの省エネ効果は、製紙工場等における実液試験によって確認されている。例えば炭酸カルシウムスラリーの送液において VVVF インバータ制御により回転速度と吐出量を可変させたところ、全域に亘って従来形の SPL シリーズよりも 10% 以上低い電流値が得られた。また、石灰スラリーの送液においては、ポンプ使用点の最適化も併せ、電流値が最大 29% 低減された事例もあり、これらは電気料金や温暖化ガス排出量の削減に十分寄与するものである。

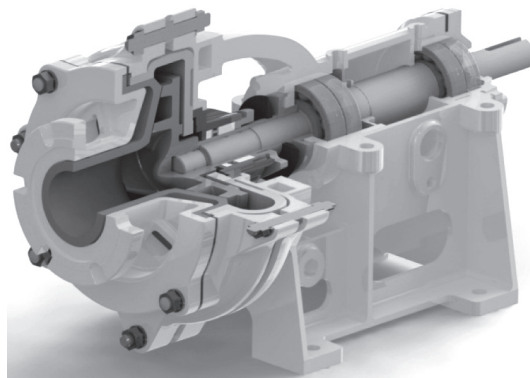
本スラリーポンプは、使用条件により駆動モータの枠番を 1 ランク小さくできる場合があり、イニシャルコストを抑えられる。加えて、工場や水処理プラントの実情を見るとポンプ選定時に余裕を見過ぎているケースも少なくないが、本スラリーポンプを高効率モータと組み合わせてインバータ駆動し、ポンプ使用点の最適化を図ることによって、相乗的な省エネ効果が得られる。

(注) CFD 解析：流体の運動方程式をコンピュータで解き、流れを観察する数値解析・シミュレーション手法

問合せ先：古河産機システムズ(株) 第一営業部
〒100-8370 東京都千代田区丸の内 2-2-3

表—5 SPL e-Performance の主な仕様

		SPL3-			
		40C	50C	80C	100C
口径	(mm) × (mm)	50×40	80×50	100×80	150×100
吐出し量	(m ³ /min)	0.1～0.5	0.3～1.3	0.7～2.0	1.4～4.0
全揚程	(m)	5～45	5～45	8～45	8～45
通過粒径	(mm)	8	16	20	36
軸封装置	グランドパッキン, メカニカルシール				
価格	オープン価格				



写真—4 古河産機システムズ SPL e-Performance 高効率スラリーポンプの構造図

新機種紹介

12-(17)-02	デンヨー 空気圧縮機 DAS シリーズ 3 機種 DAS-100LB/180LB/685LS	'12.07 発売 モデルチェンジ
------------	--	----------------------

1. DAS シリーズの用途と主な特長

DAS-100LB/180LB は道路、建築などの土木工事、塗装、エア工具の動力源として、DAS-685LS は吹き付け、ボーリング、地盤改良などの土木工事、工場設備、降雪装置などに使用される空気圧縮機である。

DAS シリーズは、高効率スクリュ空気圧縮機採用による圧縮空気の安定供給と、国土交通省第 3 次排出ガス基準値に適合したエンジン搭載による環境負荷の低減、超低騒音型建設機械の基準値適合を図ったモデルチェンジである。

2. 製品の特長

(1) DAS-100LB

高効率スクリュ空気圧縮機を新規に採用したことにより、搭載エンジンの定格回転数を低速に抑え、低騒音化と燃費性能（現行機比）を 15%向上している。

現行機と同じエンジンサイズで定格吐出空気量を 10%アップさせることによりワンクラス上の作業機への対応を可能としている。

燃料給油のし易いサイドドアの装備やラジエータ・オイルクーラの清掃容易化を図ることによりメンテナンス性を改善している。

操作面では新型モニター採用により視認性向上、運転時間管理の可能化、製品の保護装置としてのエンジン回転異常、始動圧力確認機能を追加している。

(2) DAS-180LB

低騒音エンジン採用によりエンジン室の防音装置を簡略化し、両側のドアや、ラジエータ・オイルクーラの清掃容易化によるメンテナンス性を改善している。

製品の搬送を考慮してベース寸法を 2 トン車標準サイズのトラック荷台に横積みすることが可能なサイズとしている。

新型モニター採用により視認性を向上させ、運転時間管理機能を追加、操作性を向上している。

(3) DAS-685LS

容量制御を電子制御化とすることで高効率の制御を可能とし、負荷消費動力に対して余裕を持ったエンジン出力とすることで耐久性を向上している。

大型ドア・パネルの装備、ラジエータ・オイルクーラ・インタクーラの清掃容易化を図ることによりメンテナンス性を改善している。

エンジン関連情報を表示するデジタルパネルは昼夜の視認性を向上、時間管理機能を追加している。操作パネルには運転中の圧力、空気温度を集中表示し、アンロード切換機能を装備している他、異常時にはエラーコードを表示し、必要に応じてエンジンを停止する機能を装備している。

表—6 DAS-100LB, 180LB, 685LS の主な仕様

	DAS-100LB	DAS-180LB	DAS-685LS
吐出空気 (m ³ /min)	2.8	5.1	19.4
吐出圧力 (MPa)	0.70	0.70	0.7
定格出力 (kW/min ⁻¹)	20.2/3,400	36.0/2,700	209/2,100
燃料タンク容量 (L)	32	90	280
空気槽容量 (L)	30	39	192
全長×全幅×全高 (m)	1.58×0.76×0.92	1.70×1.00×1.06	3.83×1.64×2.04
乾燥質量 (kg)	520	735	3,130
価格 (百万円)	2.0	3.1	11.0



写真—5 デンヨー DAS-100LB 空気圧縮機



写真—6 デンヨー DAS-180LB 空気圧縮機



写真—7 デンヨー DAS-685LS 空気圧縮機

問合せ先：デンヨー(株) 技術部第 5 課
〒 919-1397 福井県三方上中郡若狭町相田 38-1

統

計

機関誌編集委員会

平成 24 年度 公共事業関係予算

はじめに

平成 24 年度の国土交通省の公共事業関係予算の概要を紹介する。
その内容は平成 23 年 3 月の東日本大震災の教訓から、台風・集

中豪雨・地震・火山等に対する災害復興及び対策を最重点とし、国際競争力の強化や地域活性化のための基礎整備を継続するものとなっている。

1. 平成 24 年度国土交通省関係予算総括表

(単位：百万円)

事 項	国 費		前年度予算額	備 考						
	平成 24 年度	対前年度倍率								
治 山 治 水	598,164	1.01	590,981	1. 本表は、沖縄振興開発事業費の国土交通省関係分を含む。 2. 推進費等の内訳（平成 24 年度）は、 ○災害対策等緊急事業推進費等 22,027 百万円 ○北海道特定地域連携事業推進費等 8,229 百万円である。 3. 上段（ ）書きは、対前年度との比較を容易にするため、内閣府計上の地域自主戦略交付金等に移行した額を加えた場合の計数である。 4. 本表のほか、 （1）東日本大震災からの復旧・復興対策に係る経費として、416,236 百万円（復興庁計上分 413,504 百万円）がある。 （2）内閣府計上の地域再生基盤強化交付金 61,900 百万円（全国防災を含む）がある。 （平成 23 年度 62,000 百万円 対前年度倍率 1.00 倍） 5. 復興庁計上の東日本大震災復興交付金の平成 24 年度全体額は 286,760 百万円である。 6. 事業費は通常分及び日本再生重点化措置の合計額である。 （参考）全国防災を含んだ場合の事業費の再計 <table><tr><td>区分</td><td>24 年度（百万円）</td><td>倍率</td></tr><tr><td>公共事業関係費</td><td>11,442,138</td><td>0.94</td></tr></table>	区分	24 年度（百万円）	倍率	公共事業関係費	11,442,138	0.94
区分	24 年度（百万円）	倍率								
公共事業関係費	11,442,138	0.94								
治 水	577,249	1.02	568,663							
海 岸	20,915	0.94	22,318							
道 路 整 備	1,020,249	1.03	986,238							
港 湾 空 港 鉄 道 等	336,943	1.00	337,213							
港 湾	168,529	1.01	166,649							
空 港	70,662	0.98	71,944							
都 市 ・ 幹 線 鉄 道	23,080	0.98	23,546							
新 幹 線	70,600	1.00	70,600							
航 路 標 識	4,072	0.91	4,474							
住 宅 都 市 環 境 整 備	419,742	0.88	477,130							
住 宅 対 策	145,082	0.80	182,303							
宅 地 対 策	0	－	0							
都 市 環 境 整 備	274,660	0.93	294,827							
市 街 地 整 備	14,144	0.89	15,958							
道 路 環 境 整 備	237,676	0.95	249,627							
都 市 水 環 境 整 備	22,840	0.78	29,242							
公 園 水 道 廃 棄 物 処 理 等	36,283	0.82	44,393							
下 水 道	5,903	0.52	11,261							
国 営 公 園 等	30,380	0.92	33,132							
	(1,657,770)	(0.95)								
社 会 資 本 総 合 整 備	1,439,530	0.82	1,753,870							
	(4,069,151)	(0.97)								
小 計	3,850,911	0.92	4,189,825							
推 進 費 等	30,256	0.83	36,332							
	(4,099,407)	(0.97)								
一 般 公 共 事 業 計	3,881,167	0.92	4,226,157							
災 害 復 旧 等	53,449	1.00	53,449							
	(4,152,856)	(0.97)								
公 共 事 業 関 係 計	3,934,616	0.92	4,279,606							
官 庁 営 繕	16,842	0.95	17,783							
そ の 他 施 設	29,174	0.94	31,149							
行 政 経 費	566,977	0.84	672,450							
	(4,765,849)	(0.95)								
合 計	4,547,609	0.91	5,000,988							
	(4,813,733)	(0.97)								
国全体公共事業関係計	4,573,396	0.92	4,974,338							

統 計

2. 主な施策と予算

Ⅰ. 東日本大震災からの復興等の推進

○復興道路・復興支援道路の緊急整備 [1,088 億円 (皆増)]

被災地の早期の復興を図るため、三陸沿岸道路等の太平洋沿岸軸、沿岸部と東北道を結ぶ横断軸の強化について、防災面の効果を適切に評価しつつ、重点的な緊急整備を実施する。

【復興道路】

復興の背骨となる太平洋沿岸軸（三陸縦貫道等）の形成

- ・これからのまちづくり、産業振興を支える基礎的な交通基盤を構築
- ・津波に強い道路により、被災時の孤立を防ぐ
- ・仙台周辺の道路ネットワークを強化

【復興支援道路】

太平洋沿岸地域と東北道を繋ぐ横断軸強化

- ・内陸から沿岸部への広域支援ルートを確認



○被災した鉄道の復興の支援 [23 億円 (皆増)]

被災地域の本格的な復興を図るため、甚大な被害を受けた三陸鉄道の災害復旧事業を引き続き実施し、平成 26 年 4 月頃的全線運行再開に向け早期復旧を支援する。

Ⅱ. 国民生活の安全・安心の確保

1. 災害に強い社会基盤整備

○公共施設の耐震化・津波対策等の推進 [2,157 億円 (1.54)]

今後発生すると想定されている首都直下地震、東海・東南海・南海地震等における地震被害及び津波被害の発生を防止するため、全

国レベルでの公共施設の耐震化・津波対策等を強力に推進する。

- ・沿岸域、河川の津波遡上区間や低平地における、堤防・水門等の液状化対策・耐震化、堤防の嵩上げ、水門等の自動化・遠隔操作化等
- ・背後に山間地を抱えるような地域において、避難地や避難路等の保全等、津波からの避難に資する土砂災害対策
- ・下水管の液状化対策、水処理施設の耐震補強、開口部の防水化、自家発電施設の充実など、下水道施設の耐震化・耐水化対策
- ・法面・盛土等の防災対策や橋梁の耐震補強等をはじめとする道路の防災・震災対策
- ・災害時における緊急物資輸送のための耐震強化岸壁等港湾施設の整備、海岸保全施設の耐震化等による再度災害の防止、湾口防波堤や海岸保全施設の組み合わせによる総合的な防護
- ・空港施設の耐震化等の実施、津波襲来リスクのある空港等の早期復旧対策の検討及び実施
- ・主要な鉄道駅や橋梁・高架橋の耐震対策をはじめとする鉄道施設の防災対策
- ・人命の安全の確保、防災機能の強化及び災害に強い地域づくりを図るための官庁施設の総合的な耐震安全性の確保
- ・津波被害からの行政機能の早期回復を図るとともに、一時的な避難場所の確保により人命の救済に資するための官庁施設における総合的かつ効果的な津波対策

○予防的な治水対策の強化、河川管理施設の戦略的な維持管理・更新の推進 [2,778 億円 (1.05)]

- ・三大都市圏や氾濫域に政令市等を抱える災害危険度の高い河川において、堤防強化対策等、効果的な災害予防対策を重点的に実施する。
- ・大規模崩壊地等における土砂災害対策や、被災すると経済活動に甚大な影響を及ぼす重要交通網等の保全対策を推進する。
- ・増大している老朽化河川管理施設のうち、著しい劣化等により、機能に重大な支障が生じ、洪水被害を助長するおそれがあるなど、故障した場合に影響が大きいもの等について優先的かつ計画的に更新・補修を行うなどの戦略的な維持管理・更新を推進する。

○激甚な水害・土砂災害が生じた地域等における災害対策 [1,152 億円 (1.03)]

- ・激甚な水害・土砂災害や、床上浸水が頻発するなど繰り返しの水害の発生により、国民の生活に大きな支障が生じている地域において、被害の防止・軽減を図るため、集中的に事業を実施する。
- ・大規模災害時のより迅速な対応を図るため、深層崩壊発生の危険性が高い地域において、斜面崩壊検知センサーの設置やレーザー航空測量等を行う。

【監視観測、危機管理体制の強化】

2. 災害への対応力の強化

○台風・集中豪雨、地震・火山等に対する防災情報の強化

[146 億円 (1.00)]

○海上保安庁の執行体制の強化

[481 億円 (1.09)]

3. 生活基盤の安全・安心

○住宅セーフティネットの充実 [455 億円 (1.40)]

- ・民間賃貸住宅を有効活用した住宅セーフティネットを構築するため、空家をリフォームし、子育て世帯・障害者世帯等の住宅確保要配慮者向けに、適切な契約・管理の下で賃貸する民間事業者等を支援する制度を創設する。
- ・高齢者住まい法に基づき登録されるサービス付き高齢者向け住宅の供給促進のため、建設・改修費に対して、民間事業者・医療法人・社会福祉法人等を支援する。

Ⅲ. 持続可能な低炭素・循環型社会の構築…省略

Ⅳ. 成長戦略の推進

○国際コンテナ・バルク戦略港湾等の整備 [1,171 億円 (1.05)]

- ・「選択と集中」の考え方のもと、「国際コンテナ戦略港湾」として選定された阪神港、京浜港において、アジアと北米・欧州等を結ぶ国際基幹幹路の日本への就航を維持・拡大させるため、ハブ機能の強化のためのコンテナターミナル等のインフラ整備、貨物集約、港湾経営の民営化等の総合的な対策を推進する。
- ・我が国の産業や国民生活に必要な不可欠な資源、エネルギー、食糧等の物資を安定的かつ安価に供給するため、選択と集中の観点から選定された「国際バルク戦略港湾」において、大型船舶に対応した港湾施設の整備等の総合的な対策を推進する。

○大都市圏環状道路の整備 [1,237 億円 (1.11)]

迅速かつ円滑な物流の実現等、国際競争力の強化や交通渋滞の緩和等のため、三大都市圏環状道路の整備を推進する。

○全国ミッシングリンクの整備 [3,663 億円 (1.09)]

地域経済の強化による地域の自立の支援や観光地へのアクセス・観光周遊ルートを形成するとともに、災害に強い広域ネットワークを構築するため、主要都市間等を連絡する高規格幹線道路等の整備を推進する。

	総延長 (km)	供用延長 (km)	進捗率 (%)
高規格幹線道路	約 14,000	9,855	70

H23.4.1 現在

○鉄道による地域活性化 [275 億円 (1.15)]

- ・既存の都市鉄道ネットワークを有効活用しながら、投資効果の高い大都市圏における連絡線の整備や相互直通化、鉄道駅を中心と

した交通ターミナル機能の向上等に重点投資するとともに、地下高速鉄道の整備、輸送障害対策等を推進し、公共交通の利用促進を通じた、都市・地域構造の低炭素化及び都市の発展、競争力の強化を図る。

- ・新幹線と在来線の直通運転を実現し、新幹線の高速化効果を他の地域にもたらすことが可能な軌間可変電車（フリーゲージトレイン）について、これまでの技術開発成果を踏まえ、今後の耐久走行試験をより効果的に行うため、更なる軽量化や長編成化等を図った新たな試験車両の設計・製作等を実施し、フリーゲージトレイン技術の早期実用化を図る。

○整備新幹線の着実な整備 [706 億円 (1.00)]

我が国の交通体系にあって、基幹的な高速輸送体系を形成する整備新幹線の整備を進める。建設中の区間については、予定どおりの完成・開業を目指して着実に整備を進める。

(参考)

未着工区間については、「整備新幹線の取扱いについて（平成 23 年 12 月 26 日付政府・与党確認事項）」において、いわゆる「着工 5 条件」のうち、収支採算性と投資効果を改めて確認し、また、営業主である JR の同意と並行在来線の経営分離についての沿線自治体の同意を得た上で、さらに、各線区の課題について対応が示されていることを確認した区間から、所要の認可等の手続きを経て着工することとされている。

○社会資本整備総合交付金の効果的な活用 [14,395 億円 (0.82)]

社会資本整備総合交付金について、低炭素・循環型社会の構築や産業空洞化の防止、災害リスクの低減など、成長基盤の強化等につながるインフラ整備で、国と地方公共団体のパートナーシップにより推進するものに対し、重点的に配分することとする。

まとめ

公共事業関係予算は政権が代わって以来、平成 21 年度の 5 兆 7,324 億円から、平成 24 年度は 4 兆 5,734 億円となり 2 割強削減されている。

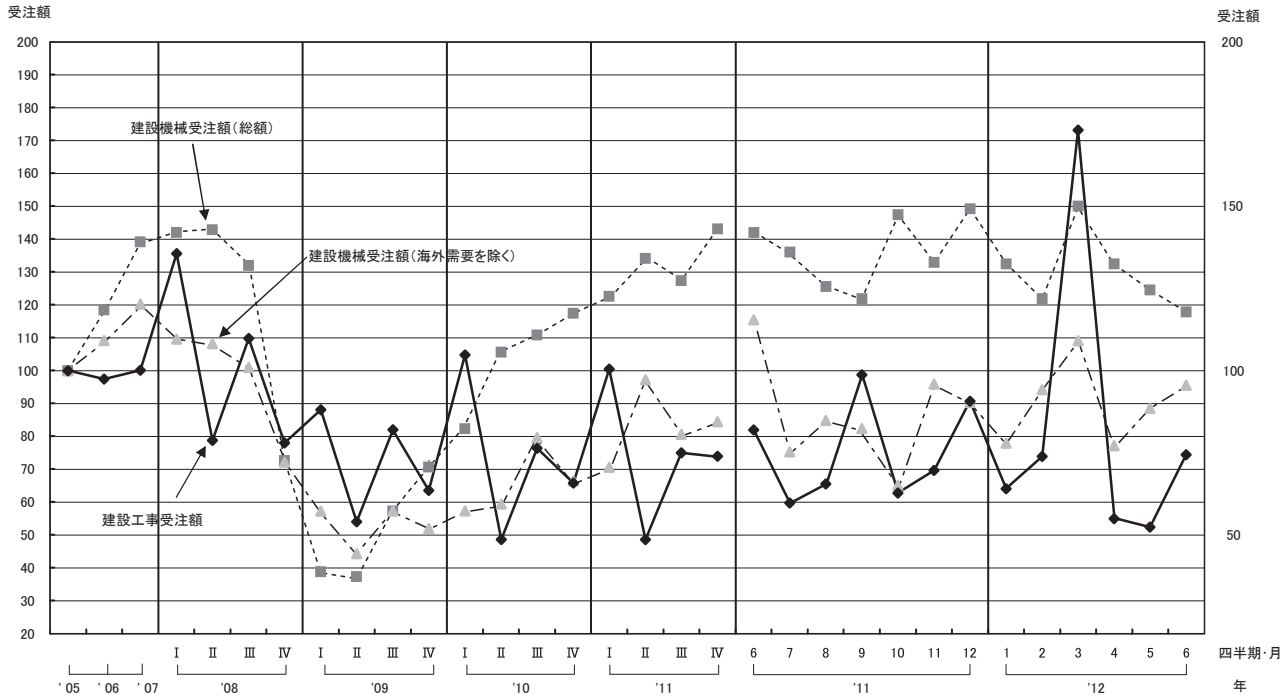
しかるに東日本大震災は我が国が厳然として自然災害の多い地形的条件を有し、改めて平常時の災害に対する備えが必要であることを痛感する。

国民の生活、安全と安心を担保する建設事業の健全な発展は必要不可欠であり、災害に強い国造りのための公共投資が正常なものになることを希望する。

(文責：山名)

建設工事受注額・建設機械受注額の推移

建設工事受注額：建設工事受注動態統計調査(大手50社) (指数基準 2005年平均=100)
建設機械受注額：建設機械受注統計調査(建設機械企業数24前後) (指数基準 2005年平均=100)



建設工事受注動態統計調査(大手50社)

(単位：億円)

年 月	総 計	受 注 者 別						工 事 種 類 別		未消化 工事高	施工高
		民 間			官 公 庁	そ の 他	海 外	建 築	土 木		
		計	製 造 業	非製造業							
2005 年	138,966	94,850	19,156	75,694	30,657	5,310	8,149	95,370	43,596	136,152	136,567
2006 年	136,214	98,886	22,041	76,845	20,711	5,852	10,765	98,795	37,419	134,845	142,913
2007 年	137,946	103,701	21,705	81,996	19,539	5,997	8,708	101,417	36,529	129,919	143,391
2008 年	140,056	98,847	22,950	75,897	25,285	5,741	10,184	98,836	41,220	128,683	142,289
2009 年	100,407	66,122	12,410	53,712	24,140	5,843	4,302	66,187	34,220	103,956	128,839
2010 年	102,466	69,436	11,355	58,182	22,101	5,472	5,459	71,057	31,408	107,613	106,112
2011 年	106,577	73,257	15,618	57,640	22,806	4,835	5,680	73,983	32,596	112,078	105,059
2011 年 6 月	8,280	6,194	1,251	4,943	1,471	356	259	5,958	2,322	111,336	10,102
7 月	6,933	5,174	1,303	3,871	1,124	363	273	5,052	1,882	111,681	6,563
8 月	7,585	5,247	1,484	3,764	1,600	338	399	5,300	2,285	111,469	7,730
9 月	11,468	7,561	1,669	5,892	3,420	433	54	7,059	4,409	111,797	11,948
10 月	7,290	4,424	1,079	3,345	2,204	440	222	4,427	2,864	113,424	6,867
11 月	8,124	5,202	1,179	4,023	1,587	431	904	5,811	2,313	113,297	8,208
12 月	10,327	6,989	1,753	5,237	2,184	391	763	7,301	3,026	112,078	11,030
2012 年 1 月	7,449	4,990	933	4,058	1,727	333	399	5,241	2,208	112,743	7,001
2 月	8,576	5,387	1,056	4,330	2,442	404	343	5,695	2,880	112,603	9,034
3 月	20,021	13,216	2,021	11,196	5,148	540	1,117	13,976	6,045	117,803	15,393
4 月	6,443	4,721	1,083	3,638	1,110	418	194	4,577	1,866	117,710	6,342
5 月	6,176	4,284	960	3,324	1,309	337	246	4,171	2,005	116,271	7,709
6 月	8,663	6,106	1,433	4,673	2,053	354	149	5,999	2,664	—	—

建 設 機 械 受 注 実 績

(単位：億円)

年 月	05 年	06 年	07 年	08 年	09 年	10 年	11 年	11 年 6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月	12 年 1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月
総 額	14,749	17,465	20,478	18,099	7,492	15,342	19,520	1,744	1,662	1,542	1,502	1,802	1,634	1,831	1,641	1,500	1,851	1,627	1,532	1,443
海 外 需 要	9,530	11,756	14,209	12,996	4,727	11,904	15,163	1,238	1,333	1,173	1,145	1,517	1,208	1,441	1,306	1,089	1,378	1,290	1,147	1,026
海外需要を除く	5,219	5,709	6,268	5,103	2,765	3,438	4,357	506	329	369	357	285	426	390	335	411	473	337	385	417

(注) 2005～2007 年は年平均で、2008～2011 年は四半期ごとの平均値で図示した。

2011 年 6 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…

(2012年7月1日～31日)

■ 機 械 部 会

■路盤・舗装機械技術委員会 幹事会

月 日：7月9日(月)

出席者：行川恒弘委員長ほか10名

議 題：①ホールド・ツー・ランの方向性について ②アスファルトプラントの変遷の打合せ ③総会(8月)の内容打合せ ④その他

■原動機技術委員会 土木研究所 車載型排ガス測定試験 見学会

月 日：7月9日(月)

参加者：長瀬隆二委員長ほか19名

場 所：(独)土木研究所

内 容：①車載型排ガス測定装置の説明(ALV マイクロスートセンサ) ②実機(20tクラス油圧ショベル：3次規制対応車)搭載状況と運転状況の見学 ③遠隔操縦技術に関する研究の紹介および他施設見学

■トンネル機械技術委員会 夏季現場見学会

月 日：7月10日(火)

参加者：篠原望委員長ほか14名

場 所：キャタピラージャパン(株)秩父デモセンター

内 容：フルラインデモ・実車見学、懇談会(情報化施工機器、排ガス対策機、CAT製品に関する質疑応答)

■基礎工事用機械技術委員会

月 日：7月11日(水)

出席者：篠原慶二委員長ほか10名

議 題：①各自持ち寄った基礎工事関連建設現場でのヒヤリハット事例の検討について ②ヒヤリハット事例の成果品の姿(ポスター、カード、手帳、etc)について ③その他

■トンネル機械技術委員会 トンネル機械未来像分科会

出席者：浅沼廉樹分科会長ほか4名

月 日：7月12日(木)

議 題：①昨年度活動成果から今年度活動テーマ・調査対象についての各自5件以上の案を提出し検討 ②機械部会全体技術連絡会(6/12開催)の報告について ③その他

■ダンプトラック技術委員会

月 日：7月19日(木)

出席者：大貫廣明委員長ほか6名

議 題：①講演：「建設機械用タイヤについて」(株)ブリジストン、「建設車

両用タイヤの選定・使用・整備基準1995年版」の内容について意見交換

②安全作業ガイド作成準備について

③インターマツト2012展示会のレポート ④2014年排ガス規制に向けた三省への業界要望についての報告

⑤その他

■トンネル機械技術委員会 新技術・施工技術分科会

月 日：7月26日(木)

出席者：若山真則分科会長ほか7名

議 題：①「弾性波によるトンネル切羽前方探査について」プレゼン説明 応用地質(株) ②前回議事録の確認 ③今後の進め方と取り纏め方について ④その他

■トンネル機械技術委員会 環境保全分科会

月 日：7月27日(金)

出席者：掛川敏弘委員長ほか6名

議 題：①各課題についての追加調査結果の説明と内容の検討 ②今後の作業環境改善の方向性についての検討 ③その他

■原動機技術委員会

月 日：7月27日(金)

出席者：平島孝美副委員長ほか14名

議 題：①平成24年度活動計画と進め方について ②国土交通省殿からの情報提供 ③環境省中環審自排専のパブリックコメントについて ④環境省・国交省・経産省への2014排ガス規制対応要望説明のその後の報告について ⑤海外排気ガス規制の動向についての情報交換 ⑥土木研究所からのIn-Use車載型排ガス測定試験についての概要速報 ⑦日本建設機械要覧2013の総説・概説の見直し結果の報告 ⑧その他

■ 製 造 業 部 会

■製造業部会 小幹事会

月 日：7月2日(月)

出席者：小室洋幹事長ほか3名

議 題：①平成24年度事業計画について ②国交省関東地整からの「災害応急対策業務協定」検討依頼に対する製造業部会としての意見回答について ③8/8(水)開催の合同部会の議題と進め方について ④三省へ提出した2014年排ガス規制についての要望、および5/30に開催された中環審自排専でのオパシメータ化とその猶予期間に関するその後の動きについて ⑤ハンドガイドローラのホールド・ツー・ランについての機械部会路盤舗装機械

技術委員会の再調査報告に対する製造業部会としての意見について ⑥その他

■ 建 設 業 部 会

■機電技術者交流企画 WG

月 日：7月11日(水)

出席者：久留島匡緒リーダーほか4名

議 題：①第16回機電技術者意見交換会テーマについて ②講演会について ③年間スケジュールの確認 ④機電技術者意見交換会当日のスケジュールおよび担当者の割り振り ⑤その他

■三役会

月 日：7月12日(木)

出席者：増子文典部会長ほか3名

議 題：①夏季現場見学会について ②「油圧ショベル吊上げ作業の事故予防検討会」活動報告 ③「機電技術者交流企画 WG」活動報告 ④7/19(木)建設業部会の持ち方について ⑤クレーン安全協議会の位置づけと役割に関する検討 ⑥その他

■建設業部会

月 日：7月19日(木)

出席者：増子文典部会長ほか27名

議 題：①平成24年度活動体制 ②三役交替時期の変更 ③平成24年度年間活動計画 ④企画WG、検討会の活動報告 ⑤夏季現場見学会 ⑥その他(合同部会議題等)

■油圧ショベル吊上げ作業の事故予防検討会

月 日：7月25日(水)

出席者：傳田喜八郎リーダーほか6名

議 題：①アンケートのたたき台検討 ②その他

■夏季現場見学会

月 日：7月27日(金)

出席者：山崎忍幹事長ほか18名

場 所：前田道路(株) 東京総合合材工場 木質バイオマスコージェネレーション工場

■ 各 種 委 員 会 等

■機関誌編集委員会

月 日：7月4日(水)

出席者：田中康順委員長ほか17名

議 題：①平成24年10月号(第752号)の計画の審議・検討 ②平成24年11月号(第753号)の素案の審議・検討 ③平成24年12月号(第754号)の編集方針の審議・検討 ④平成24年7～9月号(第749～751号)の進捗状

況の報告・確認

■建設経済調査分科会

月 日：7月18日（水）

出席者：山名至孝分科会長ほか2名

議 題：①8月号原稿「平成24年度建設投資の見通し概要」の検討 ②平成24年度公共事業費の概要方針検討 ③その他

■新機種調査分科会

月 日：7月24日（火）

出席者：江本平分科会長ほか3名

議 題：①新機種情報の持ち寄り検討 ②新機種紹介データまとめ ③その他

■新工法調査分科会

月 日：7月25日（水）

出席者：安川良博分科会長ほか2名

議 題：①新機種情報の持ち寄り検討 ②新機種紹介データまとめ ③その他

…支部行事一覧…

■北海道支部

■情報化施工旭川地方セミナー打合せ

月 日：7月13日（金）

出席者：鬼澤正美事務局長

場 所：一般社団法人旭川建設業協会

内 容：①セミナー開催予定について ②旭川セミナーへの協力依頼について ③その他

■東北支部

■ゆきみらい in 秋田 2013 実行委員会（施工部会）

月 日：7月3日（火）

場 所：秋田正庁舎

出席者：東北地方整備局長ほか23名

内 容：①実行委員会の設立 ②実行委員会財務容量（案） ③基本計画（案） ④スケジュール

■建設部会

月 日：7月9日（月）

場 所：東北支部会議室

出席者：佐野真支部会長ほか6名

内 容：①委員の加入について ②平成24年度活動計画について ③支部たより「安全コーナー」について ④60周年記念誌の準備作業について ⑤特殊工事研修会について ⑥その他 EE 東北について

■施工部会

月 日：7月17日（火）

場 所：支部会議室

出席者：稲村正弘部会長ほか9名

議 題：①第1回施工部会会議メモ確認 ②平成24年度除雪講習会開催一覧表（案）について ③「道路除雪の手引き」等改正点整理 ④その他

■広報部会（第2回 EE 東北実行委員会作業部会）

月 日：7月25日（水）

場 所：フォレスト仙台

出席者：東北技術事務所 鹿野安彦副所長ほか22名

議 題：①「EE 東北 '12」開催概要 ②出展状況 ③「EE 東北 '12」予算案 ④ブース等配置計画 ⑤プレゼンテーション計画 ⑥震災関連特設コーナー ⑦広報計画 ⑧ガイドブック ⑨その他

■北陸支部

■第7回 北陸情報化施工研究会

月 日：7月5日（木）

場 所：北陸地方整備局 会議室

出席者：宮村兵衛事務局長

内 容：①これまでの情報化施工の取り組みについて ②平成24年度の取り組みについて

■北陸雪氷シンポジウム運営委員会

月 日：7月17日（火）

場 所：新潟市役所 会議室

出席者：丹羽雪氷部会長（代理：宮村兵衛事務局長）

内 容：平成24年北陸雪氷シンポジウムの開催について

■新技術評価会議

月 日：7月19日（木）

場 所：北陸地方整備局北陸技術事務所 会議室

出席者：山田和則新技術評価会議委員

内 容：新技術活用効果評価

■中部支部

■「建設技術フェア2012 in 中部」事務局会議に出席

月 日：7月10日（火）

出席者：永江豊事務局長

議 題：「建設技術フェア2012 in 中部」実施計画について

■「建設 ICT 施工ガイドブック（仮称）」作成実行委員会

月 日：7月19日（木）

出席者：青木技術部会長ほか10名

議 題：編集方針、目次構成について

■建設機械整備技能検定実技試験

月 日：7月19日（木）～21日（土）

場 所：愛知県立高浜高等技術専門学校

受験者：1級23名，2級62名

■企画部会

月 日：7月31日（火）

出席者：三宅企画部会長ほか6名

議 題：今年度の活動計画について

■関西支部

■「損料・橋梁・大口径」積算技術講習会

月 日：7月5日（木）

場 所：追手門学院 大阪城スクエア 会議室

参加者：28名

内 容：①大口径岩盤削孔の施工技術と積算 ②建設機械等損料の積算 ③鋼橋架設の施工技術と積算 ④PC橋架設の施工技術と積算

■建設用電気設備特別専門委員会（第389回）

月 日：7月24日（火）

場 所：中央電気倶楽部 会議室

議 題：①前回議事録確認 ②JEM-TR104 建設工事用受配電設備点検保守のチェックリスト審議 ③その他

■広報部会

月 日：7月26日（木）

場 所：関西支部 会議室

出席者：荒金秀一広報部会長以下7名

議 題：①「JCMA 関西」第101号の取り組みについて ②建設施工研修会の取り組みについて ③「建設技術展2012 近畿」の取り組みについて

■中国支部

■第1回開発普及部会

月 日：7月4日（水）

場 所：中国支部事務所

出席者：阿土緒部会長ほか8名

議 題：①平成24年度開発普及部会事業実施計画（案）について ②建設機械新機種・新工法発表会について ③土木機械設備維持管理研究会について ④その他懸案事項

■第3回企画部会

月 日：7月10日（火）

場 所：中国支部事務所

出席者：高倉寅喜部会長ほか6名

議 題：①中国地方整備局との「懇談会」の進め方について ②平成24年度大規模津波防災総合訓練について ③中国地方整備局との「防災協定」の関連について ④その他懸案事項

■第1回広報部会

月 日：7月17日（火）

場 所：中国支部事務所
出席者：小石川武則部会長ほか4名
議 題：①平成24年度広報部会事業実施計画（案）について ②広報誌「CMnavi」No.36（AUT）の編集について ③広報活動に関する課題等について ④その他懸案事項

■第4回企画部会

月 日：7月25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中国地方整備局との「懇談会」の進め方について ②平成24年度大

規模津波防災総合訓練について ③中国地方整備局との「防災協定」の関連について ④その他懸案事項

■ 四 国 支 部

■支部機関誌「しこく（No.89：2012.7）」を発刊

月 日：7月27日（金）
配布部数：約230部
配布先：支部役員・団体会員外関係機関等約200箇所
主要記事：波介川河口導流路の運用開始、

国道33号三坂道路が開通、タイ洪水被害に対する国際緊急援助隊活動報告など

■ 九 州 支 部

■企画委員会

月 日：7月18日（水）
出席者：高場正富施工部会長ほか5名
議 題：①橋梁・大口径・損料積算講習会実施結果について ②施工技術検定学科試験結果について ③施工技術検定実地試験について ④その他

■「建設の施工企画」投稿のご案内■

——一般社団法人 日本建設機械施工協会 機関誌編集委員会事務局——

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な方は電子メール、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。

一般社団法人 日本建設機械施工協会
機関誌編集委員会事務局

Tel：03(3433)1501, Fax：03(3432)0289,

e-mail：suzuki@jcmanet.or.jp

編集後記

例年本誌の9月号は防災に関する特集をしています。東日本大震災から500日以上経過し、これからの国土の防災など日本列島の強靱化について学会や行政、政策でも意見や提言が取りざたされております。社会資本が強固で安全でないと自然災害から国民の生活を守ることは出来ません。大自然の力に強靱に対抗する社会資本、いち早く危険を察知するシステム、そして全員の避難を可能にするシステム、また大自然の強大な力をしなやかにいなす設備など、英知を集めた技術を使って社会基盤を構築、整備することで社会生活の安全・安心を確保出来るわけで、安全・安心な生活は、国の基本であると思います。私共の協会は、国民生活の安全・安心を支える社会基盤を構築し、整備に携わっている会社が集まっており、防災を踏まえた社会基盤の強靱化へのお手伝いが出来ればと思っております。

さて、今月号の巻頭言は、国土と社会、歴史を考察し続けておられる国土学アナリスト（財団法人 国土技術研究センター理事長）の大石久和様をお願いいたしました。災害大国である我が国にとって非常時モードの規定が必要なことに言及されて

います。

行政情報では、気象庁から津波警報の表現を改善して来年3月から運用を開始する警報情報文についての概要を掲載しました。

技術報文では、社会基盤としてのLNGガスタンク設備や水道管路の耐震構造、地中構造物の耐震補強工法、杭頭の絶縁免震工法、地盤の液化化対策工法について解説されています。防災関係の報文では、社会施設としての鉄道駅の火災と排煙対策、高知県における堤防の耐震・津波対策についての報告、また津波を察知する、GPSを搭載した津波計測ブイについて執筆いただきました。数少ない建築関係で、社会基盤としての病院を供用しながら下部免震化構造にした岐阜市民病院の施工事例を紹介しています。

安全で安心な社会生活を確保するために多種多様な技術が開発され実用化しています。それぞれが機能を発揮して、またその機能を維持していく努力が継続されていくことが国民生活の安心を担保することになると思います。これらの報文が少しでも参考になれば幸いです。お忙しい中、快く執筆依頼を引き受け、寄稿していただいた皆様にこの場を借りて厚く御礼申し上げます。

（安川・京免）

機関誌編集委員会

編集顧問

浅井新一郎	今岡 亮司
加納研之助	桑垣 悦夫
後藤 勇	佐野 正道
新開 節治	関 克己
高田 邦彦	田中 康之
塚原 重美	中岡 智信
中島 英輔	橋元 和男
本田 宜史	渡邊 和夫

編集委員長

田中 康順 鹿島道路(株)

オブザーバ

山下 尚 国土交通省

編集委員

桑原 一登	農林水産省
伊藤 健一	(独)鉄道・運輸機構
篠原 望	鹿島建設(株)
和田 一知	(株)KCM
安川 良博	(株)熊谷組
原口 宏	コベルコ建機(株)
原 茂宏	コマツ
藤永友三郎	清水建設(株)
赤神 元英	日本国土開発(株)
山本 茂太	キャタピラー ジャパン(株)
岡崎 直人	(株)竹中工務店
齋藤 琢	東亜建設工業(株)
相田 尚	(株)NIPPO
船原三佐夫	日立建機(株)
岡本 直樹	山崎建設(株)
川西 健之	(株)奥村組
石倉 武久	住友建機(株)
江本 平	範多機械(株)
京免 継彦	佐藤工業(株)
野元 義一	五洋建設(株)
藤島 崇	施工技術総合研究所

10月号「海洋と海岸施設」予告

- ・浮体式洋上風力発電施設の普及促進 安全確保のため技術基準を制定
- ・漁港漁場整備長期計画（平成24～28年度）の概要
- ・海洋工事の多様なニーズに応える多目的自航式起重機船 多目的自航式起重機船 CP-5001
- ・法面浚渫用バケットの開発
- ・ケーソン無人化据付システムの運用とその評価
- ・広範囲に杭を保持するパイルキーパー装置 着脱式ワイドキーパー
- ・CCbによる栈橋補強
- ・一重締切により河川を切り回しながら汐止堰を構築 斐伊川沿岸農業水利事業 平田船川汐止堰建設工事
- ・自立航行型無人測量ボートによる浅浅測量
- ・塗装工事における設計・施工の留意点 海岸近くの道路橋へのRc—I塗装系の適用
- ・三次元VOF法による津波シミュレーション

No.751「建設の施工企画」 2012年9月号

〔定価〕1部840円（本体800円）

年間購読料9,000円

平成24年9月20日印刷

平成24年9月25日発行（毎月1回25日発行）

編集兼発行人 辻 靖三

印刷所 日本印刷株式会社

発行所 一般社団法人 日本建設機械施工協会

〒105-0011 東京都港区芝公園3丁目5番8号 機械振興会館内

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

施工技術総合研究所	〒417-0801 静岡県富士市大淵 3154	電話 (0545) 35-0212
北海道支	部〒060-0003 札幌市中央区北三条西2-8	電話 (011) 231-4428
東北支	部〒980-0802 仙台市青葉区二丁目16-1	電話 (022) 222-3915
北陸支	部〒950-0965 新潟市中央区新光町6-1	電話 (025) 280-0128
中部支	部〒460-0008 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

本誌上への広告（株）共栄通信社までお問い合わせ下さい。

本社 〒105-0004 東京都港区新橋3-15-8（精工ビル5F） 電話 03-5472-1801 FAX03-5472-1802 E-MAIL : info@kyoeitushin.co.jp

担当 本社編集部 宗像 敏