

建設の施工企画 **2**

2009 FEBRUARY No.708 JCOMA

ハイブリッド構造の高架駅
柏の葉キャンパス駅



建築 特集

クレーン、搬送台車、建設機械、特殊車輛他 産業機械用無線操縦装置

今や、業界唯一。日本国内自社自力生産・直接修理を实践中！

ポケットサイズ ハンディ～ショルダー機 フルラインアップ!! ケーブルレス サテラ 離操作

Nシリーズ：微弱電波
Rシリーズ：産業用ラジコンバンド
Uシリーズ：429MHz帯 特定小電力
Gシリーズ：1.2GHz帯 特定小電力
ポーバ：防爆形無線機

- ◆ 業界随一のフルラインの品揃えとオーダー対応制度で多様なニーズに対応！
- ◆ 常に！業界一のコストパフォーマンス！
- ◆ 迅速なメンテナンス体制！
- ◆ 未来を見据えた過去の実績を見て下さい！
代々互換性を継承、補修の永続

スリムケーブルレス

より安価なオーダー対応を実現！

微弱電波・特定小電力
両モデル対応

2段階押し・特殊
スイッチ装着可能

フルオーダー対応で
最大32点まで対応可！

- スリムなボディ…従来品(TX-5600)との体積比約88%
- 自由度の高い操作スイッチ配置など、多様なオーダー対応性
- 優れた耐塵防雨性能…送信機はIP65相当
- 衝撃に強い新ブラケースを採用
- 自社開発！新生2段階押しスイッチで高い耐久性
- パネルゴムに突起部を追加、操作感を向上(標準位置のみ)
- 見易くなった「電池残量告知ランプ付」

標準型
RC-5708N

- 8操作8リレー
- 軽量・コンパクト受信機

セットで
15.75万円



標準型
RC-5712N

- 12操作12リレー
- 照明出力リレーの保持を標準採用

セットで
17.85万円



マイコンケーブルレス

N/U/Gシリーズ

標準型

RC-6016N

- 16操作16リレー
- 最大24操作まで対応可能

セットで
21万円



防爆形無線機 対応可能
《ポーバ》(微弱電波・特定小電力)

マイティサテラ

N/U/Gシリーズ

3ノッチジョイスティック型

RC-7132N

セットで
94.5万円～

ジョイスティック
2本装着オーダー例

無段変速対応可

防爆形無線機 対応可能
《ポーバ》(微弱電波のみ)

微弱電波・特定小電力
両モデル対応

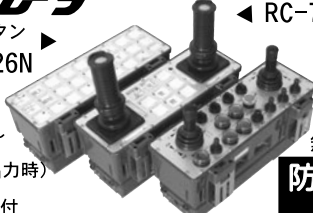
2段階押し・特殊
スイッチ装着可能

全押しボタン

RC-7126N

セットで
47.25万円～

- 最大操作数64(オープンコレクタ出力時)
- 見易くなった「電池残量告知ランプ付」



マイコンケーブルレス

N/U/Gシリーズ

微弱電波・特定小電力
両モデル対応

2段階押し・特殊
スイッチ装着可能

標準型

RC-8416N

セットで
23.1万円

- 16操作16リレー
- 最大32リレーまで対応可能
- ハンディ～なロータリー・トグルスイッチ装着可能
- 見易くなった「電池残量告知ランプ付」



裏側
スイッチ
装着例

新 チップケーブルレス

コンパクトという選択肢!!
～機能を絞ると、こんなに小さくなりました～

微弱電波モデル
対応

標準型

RC-3208N

- 6操作8リレー

セットで
12.6万円

Nシリーズ

スリムなので
片手で握り替えずに、
正逆操作が行えます!

- スリム・小型・軽量
- 送信機ケース強度が増大!
- 防水性アップ(送信機はIP65)
- 価格がさらに安価に!
- 従来機と信号互換あり!

チップケーブルレス
(親指が遠くまで
届きます)

特許!

テルハには
ゼロ線電源*と
おんぶ/だっこ金具*で
電気配線不要・取付簡単!
(*オプション)

従来機
(ケーブルレス型)

微弱電波・ラジコンバンド
両モデル対応

標準型

RC-4303N/R

セットで
10.5万円

- 微弱Nシリーズは、240MHz化により安定した電波の飛び!
- 2段階押しスイッチ追加可能!(オプション)

取付例

取付例

ケーブルレスミニ

ポケットサイズの本格派!

微弱電波・ラジコンバンド
両モデル対応

標準型

RC-4303N/R

セットで
10.5万円

- 3操作3リレー
- 最大5リレーまで対応可能

取付例

取付例

リソーサー 離操作

Nシリーズ
Uシリーズ

価格もサイズも
ハンディー並み!

微弱電波・特定小電力
両モデル対応

2段階押し・特殊
スイッチ装着可能

標準型

RC-2512N

セットで
23.1万円

- 12操作12リレー
- 最大32リレーまで対応可能
- 送信機防塵防滴構造強化
- 見易くなった「電池残量告知ランプ付」

軽量コンパクト
ショルダータイプ

全押しボタン
装着タイプ

RC-9300U

セットで
99.75万円

- 多機能多操作(比例制御対応可)

無段変速ジョイスティック
2本装着例

無段変速ジョイスティック
2本装着例

無段変速ジョイスティック
2本装着例

無段変速ジョイスティック
2本装着例

無段変速ジョイスティック
2本装着例

無段変速ジョイスティック
2本装着例

無段変速ジョイスティック
2本装着例

無段変速ジョイスティック
2本装着例

無段変速ジョイスティック
2本装着例

無段変速ジョイスティック
2本装着例

データケーブルレス

工夫次第で用途は無限!

微弱電波・特定小電力
両モデル対応

標準型

RC-1305R

セットで
21.525万円

送信機

RC-1308N(微弱電波) 23.1万円

受信機

写真はUシリーズ

写真はUシリーズ

写真はUシリーズ

写真はUシリーズ

写真はUシリーズ

写真はUシリーズ

写真はUシリーズ

写真はUシリーズ

写真はUシリーズ

写真はUシリーズ

写真はUシリーズ

写真はUシリーズ

写真はUシリーズ

写真はUシリーズ

写真はUシリーズ

写真はUシリーズ

写真はUシリーズ

写真はUシリーズ

7100型

6300型

5700型

3200型

送信機

受信機

写真はUシリーズ

写真はUシリーズ

写真はUシリーズ

写真はUシリーズ

写真はUシリーズ

写真はUシリーズ

写真はUシリーズ

写真はUシリーズ

写真はUシリーズ

写真はUシリーズ

写真はUシリーズ

写真はUシリーズ

写真はUシリーズ

写真はUシリーズ

写真はUシリーズ

写真はUシリーズ

写真はUシリーズ

写真はUシリーズ

写真はUシリーズ

無線化工事のことならフルライン、フルオーダー体制の弊社に今すぐご相談下さい。また、ホームページでも詳しく紹介していますのでご覧下さい。 朝日音響 検索



常に半歩、先を走る
ベンチャー企業創出支援投資 対象企業
朝日音響株式会社
〒771-1350 徳島県板野郡上板町瀬部
FAX: 088-694-5544(代) TEL: 088-694-2411(代)
http://www.asahionkyo.co.jp/

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

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

「平成 21 年度建設機械と施工技術展示会（CONET2009）」 開催の延期と出展募集中止について

社団法人 日本建設機械化協会
会長 辻 靖三

過日よりご出展募集の案内を申し上げておりました「平成 21 年度建設機械と施工技術展示会（CONET2009）」の開催についてでございますが、昨年の世界金融危機に端を発した百年に一度ともいわれる経済大不況のため、従来から標記展示会にご出展をいただいております企業殿の大半が今回の標記展示会へのご参加が困難な状況に陥っております。また、様々な産業界が未曾有の大不況に陥っている今回の件は、変化が急激におきている事に加え、早期回復も見込めない状況であり、予想の範囲を超えたまさに不可抗力と考えざるを得ないと感じております。関係各位殿におかれましては大変ご迷惑をお掛けし、恐縮とは存じますが、社会経済状況が安定し、従来通り「建設機械と施工技術展示会（CONET）」が開催できる環境が整いますまで当分の間、当展示会の開催を延期させていただきたいと存じますので、なにとぞご理解とご協力を賜りますよう拙にお願い申し上げます。

また、「建設機械と施工技術展示会（CONET）」が開催できるようになりました折には、是非ともご出展及びご参加賜りますよう重ねてお願い申し上げます次第です。

以上

お問い合わせ先：社団法人 日本建設機械化協会

Tel：03-3433-1501

常務理事 山名 良

業務部長 飯村 正則

「1・2級建設機械施工技士」

国家資格取得にチャレンジしませんか!

—— 平成21年度建設機械施工技術検定試験のご案内 ——

平成21年度1・2級建設機械施工技術検定試験を次のとおり実施いたしますので、建設機械操作施工に従事している技術者の皆さんは、資格取得を目指してみませんか。

この資格は施工技術の向上を図るため、建設事業の建設機械施工に係る技術力や必要な知識を検定するもので、高い評価が得られ、ご本人と所属の企業にとって大いに役立ちます。

(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。)

平成21年2月

国土交通大臣指定試験機関

JCMA 社団法人 日本建設機械化協会

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

1. 申込み方法は？

所定の受験申込み用紙に必要事項を記載し、添付書類とともに申込み受付期間に郵送申込み。

平成21年2月中旬から受験申込み用紙など(「受験の手引」一式)を当協会等で販売いたします。

「1級受験の手引」1部 600円(送料 200円)

「2級受験の手引」1部 500円(送料 200円)

問合せ先、販売場所は裏面末尾の一覧表のとおりです。

2. 申込み受付期間は？

平成21年3月16日(月)から4月10日(金)まで

* 申請は、郵送申込のみとなりますのでご注意ください。

3. 試験日は？

学科試験：平成21年6月21日(日)

実地試験：平成21年8月下旬から9月中旬

* 実地試験は、学科試験合格者のみ受験でき、日程は8月上旬に決定、通知いたします。

4. 受験手数料は？

1級学科試験：10,100円

2級学科試験：1種別につき10,100円(2種別は2倍)

1級実地試験：

操作施工法2科目と組合せ施工法の場合 27,800円

操作施工法1科目と組合せ施工法の場合 21,400円

組合せ施工法の場合 15,000円

2級実地試験：1種別につき21,600円(2種別は2倍)

5. 受験資格は？

(1) この試験は、学科試験と実地試験に区分され、学科試験に合格した方が実地試験を受験できます。

(2) 学歴等の資格区分に応じて一定の実務経験が必要であり、基本的な資格は下表のとおりです。

学歴等の資格区分		1級(必要な実務経験年数)	2級(必要な実務経験年数)
大 学	指 定 学 科	3 年 以 上	1 年 以 上
	指定学科以外	4 年 6 月 以 上	1 年 6 月 以 上
短 期 大 学 高等専門学校	指 定 学 科	5 年 以 上	2 年 以 上
	指定学科以外	7 年 6 月 以 上	3 年 以 上
高 等 学 校	指 定 学 科	10 年 以 上	3 年 以 上
	指定学科以外	11 年 6 月 以 上	4 年 6 月 以 上
上 記 以 外		15 年 以 上	8 年 以 上
資2 格 取 得 者 級	高 等 学 校	指 定 学 科	通算8年以上
		指定学科以外	通算9年以上
	そ の 他	—	通算12年以上

* 1級の実務経験には指導監督の実務経験を1年以上を含む必要があります。

* 1年以上の専任の主任技術者の実務経験を有する場合は、受験資格が緩和されます(1級のみ)。

* 2級については、2種類の建設機械を受験する場合の必要実務経験年数です。

* 「指定学科」は、この試験に関し大学、高等学校等における機械工学、土木工学、都市工学等専門的な分野の学科を言い、これらを履修した者の受験資格は緩和されます。

6. 試験地は？

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

* 受験希望地を選択していただきます。

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

* 受験希望地を選択していただきます。

(受験する建設機械の種別によっては、受験地に制約あり。)

7. 試験の種別と使用機械等は？

(1) 学科試験

- 1級は、土木工学、建設機械一般、建設機械施工法、法規等の一般的な知識を択一式・記述式で行います。
- 2級は、土木工学、建設機械一般、各種別ごとの建設機械施工法、法規等の概略の知識を、共通科目、選択した種別を択一式で行います。
(1種～6種の種別の内、偶数・奇数の組み合わせで、一回の試験で最大2種別まで受験可能)

(2) 実地試験

- 1級は6種別の建設機械施工法に区分され、実地試験は2種別の施工法を選択し、施工の実技試験を行います。
- 2級は学科合格種別を、施工の実技試験で行います。

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

8. 資格取得のメリットは？

- ① 「1級又は2級建設機械施工技士」の称号が付与されます。
- ② 建設業の許可基準の一つである営業所ごとに置く専任の技術者、建設工事現場に置く主任技術者、又は監理技術者(1級のみ)になれます。
- ③ 建設業法に基づく経営事項審査における技術力の評価に、技術者数として加点できます。
- ④ 労働安全衛生法に規定する車両系建設機械などの特定自主検査者(事業主を除く。)として、必要な科目について下表のとおりその全部免除(○)又は一部免除(△)の取扱いが受けられます。

特定自主検査者の取扱い(主要なもの)

事業内検査員資格 建設機械技術検定		車 両 系 建 設 機 械			
		整地・運搬・積み込み・掘削・解体用	縮固め用	基礎工事用	コンクリ打設用
1級建設機械施工技士		○	○	○	△
2級建設機械 施 工 技 士	第1種	○	△	△	△
	第2種	○	△	△	△
	第3種	○	△	△	△
	第4種	△	○	△	△
	第5種	△	△	△	△
	第6種	△	△	○	△

◆◆◆ 問合せ先、「受験の手引」請求先一覧表 ◆◆◆

名 称	所 在 地	電 話 番 号
(社)日本建設機械化協会 試 験 部	〒105-0011 東京都港区芝公園3-5-8 機械振興会館2F (URL http://www.jcmanet.or.jp)	03-3433-1575
同 北海道支部	〒060-0003 札幌市中央区北3条西2-8 さつげんビル5F	011-231-4428
同 東北支部	〒980-0802 仙台市青葉区二日町16-1 二日町東急ビル5F	022-222-3915
同 北陸支部	〒950-0965 新潟市中央区新光町6-1 興和ビル9F	025-280-0128
同 中部支部	〒460-0008 名古屋市中区栄4-3-26 昭和ビル9F	052-241-2394
同 関西支部	〒540-0012 大阪市中央区谷町2-7-4 谷町スリースリースビル8F	06-6941-8845
同 中国支部	〒730-0013 広島市中区八丁堀12-22 築地ビル4F	082-221-6841
同 四国支部	〒760-0066 高松市福岡町3-11-22 建設クリエイトビル4F	087-821-8074
同 九州支部	〒812-0013 福岡市博多区博多駅東2-8-26 第3白水駅東ビル	092-436-3322
(社)沖縄建設弘済会	〒901-2122 浦添市勢理客4-18-1 トヨタマイカーセンター4F	098-879-2097
同 北部支所	〒905-1152 名護市字伊差川24-1	0980-53-1555

ご 注 意

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

よくわかる建設機械と損料

— 発刊のご案内 —

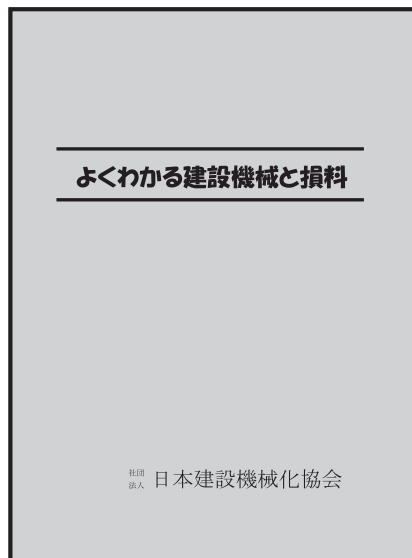
当協会では平成18年4月に「平成18年度版 建設機械損料の解説と機械一覧」を発刊、機械損料とは何か、損料算定表に掲載されている建設機械はどんなものか、どのメーカーのどの型式が特定の規格に該当するのかななどの情報を提供して来ました。

本書は、この既刊本の内容を大幅に刷新し、名称も「よくわかる建設機械と損料」に変更し発刊したものです。

まず機械損料や損料補正などについては、より分かりやすく平易な表現で解説を加えており、平成20年度版建設機械等損料表における改正ポイントも一覧表にして掲載しています。また、関連通達・告示についても、それらの位置づけと要旨をわかりやすく解説しています。建設機械などについては最新の情報を織り込むとともに、損料算定表に掲載されている「ほぼほとんどの機械・機器（分類コード7桁で表現される機種）」について、その概要・特徴をわかりやすく解説しています。

さらに、索引では建設機械等の一般的な呼び名（総称・俗称）からでも、その機械が平成20年度版損料算定表の何ページに掲載されているのかを調べられるよう工夫しており、損料本の全般についてわかりやすさ、使いやすさを追求した構成となっています。

機械損料に関する理解を深め、損料算定表の適切な活用方法を習得するために、必ずや参考になるものと考えます。是非とも本書をご活用頂きますようご案内致します。



■掲載内容

1. 損料算定表の解説
2. 特殊機械の機械損料
3. 関連通達・告示の解説
4. 建設機械等の分類・概要と主要メーカー・型式名
5. 索引

① 損料、損料補正、損料算定表などについて、より分かりやすく解説
② H20損料算定表の改正点を一覧表で紹介

H20損料表に掲載の22文書の要旨を解説

ほとんどの機械・機器について、概要と特徴を解説

機械の総称・俗称からページ検索が可能

■本の体裁 B5判 約360ページ（一部カラー刷）

■発売期日 2008年12月

■販売価格（消費税を含む）

・会員価格 4,300円 ・一般価格 4,900円

■送料 450円

社団法人 日本建設機械化協会

建設の施工企画

2009 年 2 月号 No. 708

目次

建築 特集

- 4 グラビア ・ハイブリッド構造の高架駅
・超高層集合住宅におけるリフトアップ工事 アイランドタワースカイクラブ
- 5 巻頭言 萎縮する建設投資の中でのプロセス改善 照井 進一
- 6 建築物総合環境性能評価システム (CASBEE) の概要 吉澤 伸記
- 11 近年の建築施工関連研究 高橋 弘
- 18 施工シミュレーションの動向 嘉納 成男
- 25 ドイツの建設産業における構造変化とテクノロジー利用
..... Thomas Bock・Thomas Linner
- 31 最新の屋上緑化と課題 今野 英山
- 35 超高層集合住宅におけるリフトアップ工事 嘉本 敬樹・石川 善弘
- 40 NEDO におけるアスベスト処理対策技術開発と最新動向 山下 勝
- 49 ハイブリッド構造の高架駅 滑川 昌彦
- 53 博多駅開発の特徴と施工計画 糸山 勝二
- 58 建築物の構造ヘルスマニタリング 白石 理人・岡田 敬一
- 64 既存事務所ビルと灯台レンズの免震レトロフィット 上 寛樹
- 70 特殊建築物の外壁診断における赤外線調査ガイドライン
..... 天野 勲・山川 和夫・伊藤 秀和
- 77 CSM 工法「クアトロサイドカッター機」による大深度ソイルセメント壁の
施工—首都高速道路中央環状品川線大橋連結路工事—
..... 原田 哲伸・井上 隆広・今若 弘孝
- 83 交流の広場 環境改善効果を強化した植物 原 千雪
- 87 ずいそう 宇宙旅行への想い 大貫 美鈴
- 88 ずいそう 中国への関心 山下 祐一
- 89 JCMA 報告 bauma China 2008 視察報告 研究調査部
- 91 新工法紹介 機関誌編集委員会
- 94 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
- 95 行事一覧 (2008 年 12 月)
- 98 編集後記 (藤永・宮崎)

◇表紙写真説明◇

つくばエクスプレスー「柏の葉キャンパス駅」

写真提供：(独)鉄道建設・運輸施設整備支援機構

平成 17 年 8 月に開業した「つくばエクスプレス」の千葉県柏市内の駅である。研究・教育施設が集積し、公園や池の存在する自然

にも恵まれた地域に建つ。科学と自然を融合するデザインを目指し、「ゆらぎを感じる駅」をコンセプトとし、「ゆらぎ」のリズムをもつ「風」がテーマである。この「風」を、多様な開口を持つウレタン塗装 GRC パネルを使用して表現した。コンコースはシンプルな白いイメージで、ハイブリッド構造のためコンパクトにまとめられている。ホーム上には柱を設置せず、見通しの良い空間となっている。

2009 年 (平成 21 年) 2 月号 PR 目次

【ア】朝日音響機.....表紙 2

【カ】カヤバシステムマシナリー機.....後付 10

コスモ石油ブリカン機.....後付 6

コベルコ建機機.....後付 2

コマツ.....表紙 4

【ク】大和機工機.....表紙 3

機鶴見製作所.....後付 9

デンヨー機.....後付 5

【ハ】日立建機機.....後付 3

【マ】マルマテクニカ機.....後付 4

三笠産業機.....後付 7

機三井三池製作所.....表紙 3

【ヤ】吉永機械機.....後付 8

【ラ】機流機エンジニアリング.....後付 1

平成 21 年度建設機械施工技術検定試験

— 1・2 級建設機械施工技士 —

平成 21 年度 1・2 級建設機械施工技術検定試験を次のとおり実施いたします。

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い合わせをしてください。)

1. 申込み方法

所定の受験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 21 年 2 月中旬から、受験申込み用紙などを含む「受験の手引」一式を当協会等で販売します。

2. 申込み受付期間

平成 21 年 3 月 16 日(月)から 4 月 10 日(金)まで

※申込みは郵送のみです。

3. 試験日

学科試験：平成 21 年 6 月 21 日(日)

実地試験：平成 21 年 8 月下旬から 9 月中旬

※実地試験は、学科試験合格者のみ受験でき、日程は 8 月上旬に決定、通知します。

詳細問い合わせ先：

(社)日本建設機械化協会 試験部

TEL：03-3433-1575

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

平成 20 年度版 橋梁架設工事の積算 購入のおすすめ

— 橋梁架設工事及び設計積算業務の必携書 —

■主な改訂内容

1. 共通(鋼橋、PC 橋)

共通仮設費率の改訂 / 架設用仮設備機械等損料算定表の改訂 / 機械設備複合損料の改訂

2. 橋種別

1) 鋼橋編

設備損料の諸雑費の改訂(ケーブルクレーン、送出し設備、門型クレーン、トラベラクレーン等) / 架設桁組立・解体歩掛の改訂

2) PC 橋編

プレグラウト PC 鋼材縦締工歩掛の新規設定 / コンクリート床版の炭素繊維補強工法の吊足場改訂

発刊：平成 20 年 4 月 28 日

体裁：B5 判 本編約 1,120 頁

別冊約 120 頁セット

価格：(送料別途)

一般：8,400 円(本体 8,000 円)

会員：7,140 円(本体 6,800 円)

詳細問い合わせ先：

(社)日本建設機械化協会 総務部

TEL：03-3433-1501

FAX：03-3432-0289

e-mail：info@jcmanet.or.jp

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

平成 20 年度版 建設機械等損料表 購入のおすすめ

— 機械経費積算に必携 —

■国土交通省制定「建設機械等損料算定表」に基づいて編集

■損料算定例や損料表の構成を解説

■機械損料等に関する通達類を掲載

■各機種の燃料消費量を掲載

■各種建設機械の概要を紹介

■当協会発行「日本建設機械要覧」の参照頁を掲載

発刊：平成 20 年 4 月

体裁：B5 判 約 600 頁

価格：(送料別途)

一般 7,700 円(本体 7,334 円)

会員 6,600 円(本体 6,286 円)

詳細問い合わせ先：

(社)日本建設機械化協会 総務部

TEL：03-3433-1501

FAX：03-3432-0289

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

写真でたどる建設機械 200 年 購入のおすすめ

本書では建設機械が出現する以前の人力器械の時代から、1800 年初頭の蒸気浚渫船や蒸気ショベルの発明に始まり、現在に至る 200 年間の建設機械の歴史を約 350 葉の写真と図でたどることができます。

■主な掲載内容(全 15 章)

1. 18 世紀以前の人力による建設器械

2. 蒸気式建設機械の誕生

3. 蒸気トラクタや蒸気ショベルの発

達

4. クローラの発達史

5. ガソリンエンジン式建設機械の出現

6. ディーゼルエンジンへの移行

7. 第 2 次世界大戦前後の建設機械メーカーの状況

8. 戦後の建設機械の技術革新

9. 最近の建設機械の流れ

発刊：平成 20 年 6 月

体裁：A4 判 128 頁

価格：(送料別途)

一般：2,940 円(本体 2,800 円)

会員：2,490 円(本体 2,372 円)

詳細問い合わせ先：

(社)日本建設機械化協会 総務部

TEL：03-3433-1501

FAX：03-3432-0289

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

INTERMAT

インターマツト 2009

国際建設機械見本市

2009年

4月20日(月)~25日(土)

於: フランス パリ・ノール見本市会場

Building the future

出展 | **来場者** | **会場面積**
1500社 | **21万人** | **18万m²**



A trade show organized by
comexposium

お問い合わせは: フランス見本市協会
TEL: 03-3405-0171
FAX: 03-3405-0418
E-mail: japan@promosalons.com

www.intermat.fr

ハイブリッド構造の高架駅



⇨ 1：流山セントラルパーク駅



⇨ 2：みどりの駅



⇨ 3：万博記念公園駅



⇨ 4：研究学園駅

超高層集合住宅におけるリフトアップ工事 アイランドタワースカイクラブ



⇨ 5：第2回リフトアップ状況（15F → 26F）

巻頭言

萎縮する建設投資の中での
プロセス改善

照 井 進 一



昨年の6月ごろ、山手線の電車の中で、モルガン・スタンレーにいる友人に何年か振りにばったり出会いました。久しぶりでしたので、品川駅のカフェで最近のお互いの近況について情報交換をしようということになりました。そこで驚いたことは、彼がすでにモルガン・スタンレーを退職したということで、その理由はやはり、アメリカのスブプライムの関係で、モルガン・スタンレーが日本における不動産証券事業を完全撤退したのだということでした。これまで、外資系のファンドが、リートという不動産証券手法を使ってわが国の住宅分野に大きな投資をしてきたことは、誰もが知っていることと思いますが、その話を聞いたとき、もしかしたら、サブプライム問題が日本の建設市場に大きな影響を与えるのではないかと、背筋が寒くなったのを覚えています。

その影響かどうかははっきり判りませんが、わが国の2007年度の建設投資は、とうとう50兆円を下回ってしまいました。この数値は、2007年度の統計ですから、サブプライムの影響かどうかは判りませんが、今年度以降は明らかにその影響が出てくる可能性が高いと思います。すでにこの影響で、株式の暴落、円高が進み、設備投資を控える企業も多くなると予想されます。それゆえに、わが国の建設投資がさらに悪化するとすれば、今以上に建設業の経営が苦しくなることが予想されます。

また、労働統計によれば、わが国の建設業が10年一日のごとく、労働生産性が変わらないという統計もあり、建設業は近代化を拒否してきたのではないかと

いう疑いも持たれています。

そこで、このような厳しい時代には、まず手がけなければならないのは、生産性の向上を他の一般的な製造業に一步近づくことが必要ではないかと思うのです。つまり、従来から、建設業は受注産業であり、請負産業だから、生産性の向上は困難とされてきました。しかし、もうそんなことに甘えていることはできないのです。これでは、せっかく自社で開発した技術も使用する機会がありません。ここで重要なことは建設プロセスをどうやって改善するかということです。建設プロセスを改善して、安いコストで、短い時間で、高品質を可能にする方法はないのかそれを探っていかなければならないのです。タイム、クオリティ、コストによるプロセス改善が最重要課題と思われます。もし、この3原則が同時達成されれば、建設事業の理想に近づくのではないかと考えられます。

初期の段階でコストを十分煮詰めることをせずに進めた事業は、必ずといって良いほど、設計のやり直しや、大幅な変更を余儀なくされます。これだけを考えても、無駄な時間が使われているのが一目瞭然です。このような無駄は、建設プロセスの中では至る所にあるのですが、特に予算、企画、設計の川上の各段階でも、時間をかけずに精度の高い事業の概算が可能であれば、この無駄の一部がなくなるのです。現在の建設プロセスでは、そのような技術が欠けており、当然教育さえなされていません。これからの世の中は、まさに不確実性の世界であり、建設業は、常に新しい時代に向けてさまざまな準備が必要に思われます。

——てるい しんいち（社公共建築協会）——

建築物総合環境性能評価システム (CASBEE) の概要

吉澤 伸 記

建築物の環境性能を評価するための手法は、これまでに世界各国で様々なシステムが開発されており、環境に配慮した建築物の普及に貢献している実績がある。CASBEE（キャスビー）は2001年より国土交通省の支援の下に、日本サステナブル・ビルディング・コンソーシアムが開発を進めているものであり、多くの建設会社や設計事務所等で自らのプロジェクトの環境性能を評価するツールとして用いられている。また、一部の自治体では着工前の届出制度としても導入されており、行政による誘導施策のためのツールとしても利用が広がっている。本稿ではCASBEEの概要と今後の展開について報告する。

キーワード：建築，環境，評価手法，サステナブル，CASBEE，環境効率，環境負荷，環境品質

1. はじめに

建築物と環境問題との関係は70年代のオイルショックや公害問題の発生とともに考慮されるようになったが、一言に建築物による環境問題と云っても様々な側面があり、それに係わる当事者は、建設会社や設計者、ビルオーナー、居住者、建設資材メーカーなど多岐に渡るのが通常である。現在、様々な業種の関係者が、建築物の環境問題に対する取り組みを行っているが、その結果として完成した建築物がどのような環境性能を有しているかについては公に評価する手法が存在せず、それぞれの建設会社やメーカー等が「環境にやさしい」と主張する範囲に留まっていた。一方、英国や米国等の欧米諸国では90年代より建築物の環境性能を客観的に評価するシステムの開発が始められ、建物オーナーや設計者等に対して優れた環境配慮型建築を建設・設計するインセンティブを与える方策として急速に普及が進んでいた。

このような動きを受け、日本でも自国の評価ツール開発に向けて、2001年より（財）建築環境・省エネルギー機構内に設置された委員会においてCASBEEの検討が開始され、2002年には最初の評価ツールが完成し、以後継続的な開発と更新が行われている。

現在、CASBEEは「国土交通省環境行動計画」（2004年6月策定）や「京都議定書目標達成計画」（2007年9月）等においてその開発と普及が位置づけられており、建設分野における環境対策として、国レベルにおいても今後の発展が期待されている。

CASBEEの開発には、国土交通省の支援のもとに産官学共同プロジェクトとして設立された、JSBC（日本サステナブル・ビルディング・コンソーシアム）（事務局：（財）建築環境・省エネルギー機構）がツールの開発と運営に当たっている。

2. CASBEEのツール構成

CASBEEはプロジェクトの段階や建物用途等に合わせて、複数のツール群から構成されている。「基本ツール」と呼ばれる建物のライフサイクルに対応した4つのツールと、その他の個別の目的に応じた「拡張ツール」があり、それらを総称して「CASBEEファミリー」と呼んでいる。以下に各ツールの概要を紹介する。

4つの基本ツール

ツール0：「CASBEE-企画」（CASBEE for Pre-design）

プロジェクトの企画段階や基本計画（プレデザイン）の段階で使用するツールであり、プロジェクトの環境性能予測や、適切な敷地の選定を支援するツールである（現在開発中）。

ツール1：「CASBEE-新築」（CASBEE for New Construction）

計画段階において設計仕様や目標性能に基づき、建築物の環境性能を評価するツールである。設計者や事業者が、建築物の環境性能の目標設定や、性能確認の際の評価ツールとして使用できる。

ツール2：「CASBEE-既存」（CASBEE for Existing Building）

既存建築ストックを対象とする評価ツールであり、竣工後約1年以上の運用実績に基づき評価を行う。運用中の建物の実測データ等を用いることで、現時点における建物の

環境性能を評価する。建物の資産評価にも活用できるツールである。

ツール 3 : 「CASBEE-改修」(CASBEE for Renovation)

建物の大規模改修の際に使用し、改修前後の環境性能を比較することで、良好な改修計画を行うための支援ツールとして開発された。建物の改修計画に対する提案等に活用できるツールである。

拡張ツール

CASBEE-新築(簡易版)

予備の評価や概略評価など、迅速性を要する場面における評価ツールとして開発されたツールである。2時間程度(省エネルギー計画書作成時間を除く)で簡易に評価することができる。

自治体版 CASBEE

現在、名古屋市、大阪市、横浜市等の自治体では、CASBEEを利用した建築物環境計画書等の届出制度が実施されている(平成20年12月現在、全国13自治体で実施)。一部の自治体では、新築(簡易版)をベースに重み係数や一部の評価項目を、それぞれの地域性や重点施策等を勘案して変更を行った各地域独自のCASBEEを策定している。

CASBEE-すまい(戸建)

戸建住宅を対象とした評価ツールであり、評価基準等は戸建住宅の特性を踏まえて策定されている。CASBEEの基本ツールと比べ、より簡易にすまいの総合的環境性能を評価できる仕組みとなっており、住宅メーカーや工務店などの住宅供給者だけでなく、居住者が自らのすまいを評価することも視野に入れて開発された。

CASBEE-まちづくり

複数の建築物などで構成される市街地再開発事業や、戸建住宅団地等のプロジェクトを評価するためのツールである。「CASBEE-まちづくり」では、個々の建築物の環境性能は評価しないが、対象となる地区全体の外部空間の環境性能や、公共性に関する性能、面的エネルギーの導入による負荷削減など、まちとしての環境性能に着目した評価を行うことができる。

CASBEE-HI(ヒートアイランド)

大都市圏で重要視されている建築物のヒートアイランド対策を促進するツールとして開発された。建築物のヒートアイランド負荷の低減と暑熱環境緩和効果に係わる対策について詳細に評価することができる。

CASBEE-短期使用

仮設建築物などの短期間のみ使用される建築物を評価するためのツールである。現在は建物用途を展示施設に限定したツールが開発されている。

上させる側面を同時に持ち得ることが特徴的である。CASBEEでは評価対象とする「環境」の検討に当たり、「建築物の環境品質(Q;Quality)」と「建築物の環境負荷(L;Load)」の側面から評価項目の整理を行った。

CASBEEの評価項目はQ側3項目(Q1室内環境、Q2サービス性能、Q3室外環境(敷地内))、L側3項目(L1エネルギー、L2資源・マテリアル、L3敷地外環境)の合計6つの大項目から構成される。さらにその下に中、小、細項目があり、およそ90の評価項目(CASBEE-新築の場合)を採点することで総合評価が行われる。なお評価項目中では、LはLR(Load Reduction:建築物の環境負荷低減性)として採点を行うが、これは環境負荷を低減するための取組みや配慮が高い程、得点が高くなるように評価基準が定められているためである。

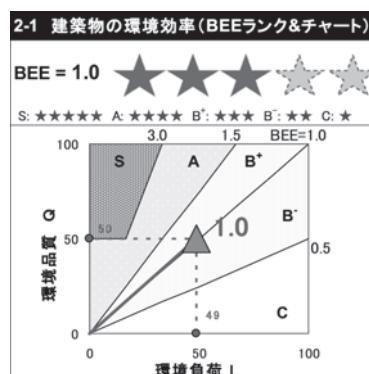
(2) BEE(建築物の環境性能効率)による評価結果の明示

CASBEEには多様な視点の評価項目が含まれるため、その結果を誰にでも分かりやすい形で提示することが特に重要である。CASBEEでは環境効率の概念を援用したBEE(建築物の環境性能効率、Building Environmental Efficiency)という指標により総合評価の結果を明示することとした。実際に表示される評価結果では、図1のようにBEEの値はグラフで表され、横軸にLの値、縦軸にQの値をとり、プロットされた点と原点を結んだ直線の勾配がBEEの値となる。即ちQの値が大きく(環境品質が高く)、Lの値が小さい(環境負荷が低い)ほど、BEEの値が大きくなり、より環境性能が高い建築物として表されることとなる。BEEが大きい順にSランク(素晴らしい)、Aランク(非常に良い)、B⁺ランク(やや良い)、B⁻ランク(やや劣る)、Cランク(劣る)の5つのランクに区分されており、それに対応する星印が示されることで、その建物がどの程度の環境性能にあるのか

3. 評価の仕組み

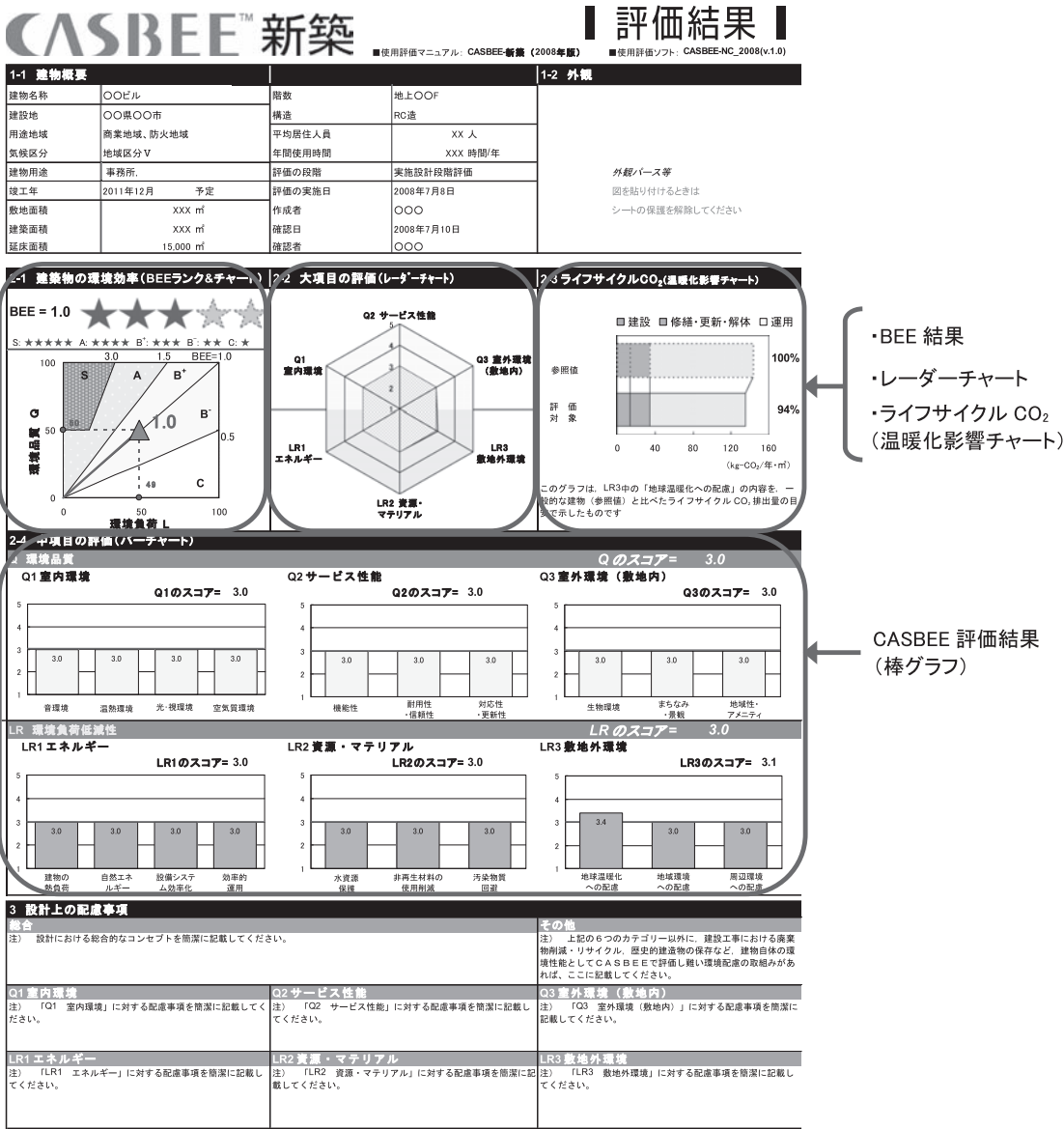
(1) 評価項目の構成と仮想閉空間

建築物を取り巻く「環境」は多様であり、一義的に捉えることは困難な面がある。また建築物における「環境」は、エネルギー消費や汚染物質の排出等に代表される環境負荷の側面だけではなく、室内の快適性や屋外のアメニティ性のように環境のクオリティを向



表一 1 CASBEE- 新築の評価項目（中項目まで掲載）

Q1 室内環境	1. 音環境	LR1 エネルギー	1. 建物の熱負荷抑制
	2. 温熱環境		2. 自然エネルギー利用
	3. 光・視環境		3. 設備システムの高効率化
	4. 空気質環境		4. 効率的運用
Q2 サービス性能	1. 機能性	LR2 資源・マテリアル	1. 水資源保護
	2. 耐用性・信頼性		2. 非再生性資源の使用量削減
	3. 対応性・更新性		3. 汚染物質含有材料の使用回避
Q3 室外環境（敷地内）	1. 生物環境の保全と創出	LR3 敷地外環境	1. 地球温暖化への配慮
	2. まちなみ・景観への配慮		2. 地域環境への配慮
	3. 地域性・アメニティへの配慮		3. 周辺環境への配慮



図一 2 CASBEE- 新築の評価結果表示シート

が一目で理解することができる。

(3) 評価の仕組みと評価結果

各項目の採点基準は、建築物の用途毎に分けられており、可能な限りシンプルに評価できるようレベル 1

～5 の 5 段階評価となっている。中間のレベル 3 は一般的な技術・社会水準に相当するレベルとして定められており、ごく標準的な建物の場合には、概ね全項目がレベル 3、即ち BEE = 1.0 となるように作られている。CASBEE の評価は Microsoft Excel[®] を用いた評価

ソフト上で行うことができる。ソフト上のメインシートに延床面積など建物の基本情報を入力後、各項目の採点を行うと、その結果が評価結果シートにグラフィカルに表示される。最新版のツールではライフサイクル CO₂（建設時～解体時まで排出される CO₂ の量）の値が、評価結果から自動的に表示されるようになり、温暖化防止対策との関連がより一層明示されるようになった（図－2）。

4. CASBEE の活用

(1) 自治体における活用

CASBEE は一部の自治体において建築行政と連動した届出制度として活用が進んでおり、環境配慮型の建築物の普及促進に役立っている。現在 13 の自治体において CASBEE が利用されており、着工前に提出する環境配慮計画書の一部として CASBEE- 新築（簡易版）に基づく評価結果の提出を義務付けている（表－2）。現在のところ大規模建築物に限定した届出制度であるが、今後更に面積を拡大することや CASBEE- すまい（戸建）など対象用途の拡大が検討されている。また名古屋市等の自治体では、総合設計制度を適用する際の容積率緩和の指標として利用されるなど、インセンティブを付与する手法としても活用されている。

(2) 評価員制度と認証制度

CASBEE は誰もが自由に自らの設計活動や事業計画の中で使用できることを前提としているが、評価結果の正確性や透明性が問われる場面では、評価の信頼

性を担保する手法が必要となる。これに対応するため、JSBC の事務局である（財）建築環境・省エネルギー機構では、「CASBEE 評価員登録制度」と「CASBEE 評価認証制度」を実施している。評価員登録制度は、いわば CASBEE のプロフェッショナルとしての資格制度であり、年 2 回実施する試験に合格することで評価員の資格を取得できるものである。評価員には、CASBEE- 新築や既存などの大規模建築物を対象とした CASBEE の各ツールを扱う「CASBEE 建築評価員」と、戸建住宅の専用ツールである CASBEE- すまい（戸建）を扱う「CASBEE 戸建評価員」の 2 種類があり、11 月末現在で約 4000 人の評価員（両評価員の合計）が全国に誕生している。

また「CASBEE 評価認証制度」は CASBEE の評価結果を第 3 者の視点から厳密に審査し認証を与える制度であり、これまでに全国で約 40 件（戸建住宅を含む）の建物が認証を取得している。最近は企業の環境行動のアピールとして認証の利用が広がっており、2007 年末頃より申請数が急速に増加した。これに対応するため当財団の他に審査を実施する機関の認定を開始し、現在 4 つの民間認定機関においても申請を受け付けている。

5. おわりに

2001 年の開発着手から現在に至るまで、多様な目的に合うツールの開発を行ってきたが、新たなツールの開発は一服した感があり、普及や活用を促進する段階に入ったと考えている。今後、サステナブル建築を普及する上で鍵となるのは、既に建設されて相当の年

表－2 自治体における CASBEE の活用

自治体名	制度名	施行年	対象建物の 延床面積の下限（m ² ）
名古屋市	建築物環境配慮制度（総合設計制度適用の場合には、容積率緩和が通常 200%までのところ、S ランク以上で 250%まで緩和）	2004.4	2,000
大阪市	建築物総合環境評価制度（B ⁺ ランク以上で総合設計制度適用許可）	2004.10	5,000
横浜市	建築物環境配慮促進制度（A ランク以上で総合設計制度適用許可）	2005.7	5,000
京都市	特定建築物排出削減計画書制度	2005.10	2,000
大阪府	建築物環境配慮制度	2006.4	2,000
京都府	特定建築物排出削減計画書制度	2006.4	5,000
神戸市	建築物総合環境評価制度	2006.10	2,000
川崎市	建築物環境配慮制度	2006.10	2,000
兵庫県	建築物環境性能評価制度	2006.10	5,000
静岡県	建築物総合環境性能評価制度	2007.7.1	2,000
福岡市	建築物環境配慮制度	2007.10.1	5,000
札幌市	建築物環境配慮制度	2007.11.1	5,000
北九州市	総合環境性能評価制度	2007.11.1	2,000

数を経過した既存建築物であり、全国に無数に広がるこのような建築物に対して環境配慮を促して行くことが重要である。そのためにはCASEBEのように建物の環境性能を正當に評価し、価値を与える仕組みが必要と考えられる。当財団では昨年夏より委員会を設置し、不動産鑑定基準の中にCASBEEの考え方を導入する可能性について検討を開始した。同時に、既存建築物の評価をより短時間に行うことができるツールとしてCASBEE-既存（簡易版）の開発を進めており、本年3月末に完成する予定である。

CASBEEは最近、新聞や雑誌等でも目にすることが多くなってきているが、一般市民の認知という面ではまだ十分に浸透していないのが現状である。CASBEEは環境性能を測るモノサシであるが、評価結果の解り易さという点では市民への訴求力を十分に

有していると考えられる。私達は今後、普及活動を含め、CASBEEの開発を通じてサステナブル建築の発展に寄与して行きたいと考えている。

今回、紙面の都合で詳細な内容に触れることは出来なかったが、CASBEEに関する最新情報については、CASBEEのウェブサイト（<http://www.ibec.or.jp/CASBEE>）で紹介されているので、是非ご一読願いたい。

JCM A

【筆者紹介】

吉澤 伸記（よしざわ のぶふさ）
 (財)建築環境・省エネルギー機構
 建築研究部
 課長補佐



橋梁架設工事の積算

——平成 20 年度版——

■改定内容

1. 共通（鋼橋、PC 橋）
 - ・ 共通仮設費率の改訂
 - ・ 架設用仮設備機械等損料算定表の改訂
 - ・ 機械設備複合損料の改訂
2. 橋種別
 - 1) 鋼橋編
 - ・ 設備損料の諸雑費の改訂（ケーブルクレーン、送出し設備、門型クレーン、トラベラクレーン等）
 - ・ 架設桁組立・解体歩掛の改訂
 - 2) PC 橋編
 - ・ プレグラウト PC 鋼材縦締工歩掛の新規設定
 - ・ コンクリート床版の炭素繊維補強工法の吊

足場改訂

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

■定 価

非会員：8,400 円（本体 8,000 円）
 会 員：7,140 円（本体 6,800 円）

※別冊のみの販売はありません。

※学校及び官公庁関係者は会員扱いとさせていただきます。

※送料は会員・非会員とも

沖縄県以外 600 円

沖縄県 450 円（但し県内に限る）

社団法人 日本建設機械化協会

〒105-0011 東京都港区芝公園 3-5-8（機械振興会館）

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

近年の建築施工関連研究

高 橋 弘

近年、地球温暖化をはじめ様々な環境問題が顕在化してきており、多くの分野で環境対策が施されてきている。建設施工も同様であり、排ガス対策、建設副産物の削減・再資源化など様々な環境対策が試みられている。さらに、安全対策、コスト縮減、品質確保などは今後の建設施工に欠かすことのできないキーワードである。本報では、主として著者らの研究室で取り組んでいる環境関連研究テーマを紹介し、近年の建築施工関連研究を概観する。

キーワード：建設副産物、情報化施工、環境ジオメカトロニクス、環境対応建機、環境地盤・リサイクル工学

1. はじめに

近年、地球温暖化をはじめ様々な環境問題に対して関心が高まってきており、種々の対策が施されてきている。建設施工も同様であり、現在では施工を実施するに当り、「環境問題」は避けて通れない状況にある¹⁾²⁾。それゆえ、これからの建設施工は、環境調和型である必要がある³⁾。さらに「環境問題」だけではなく、「安全対策」を施し、「コスト縮減」を達成し、かつ「品質を確保する」施工が強く望まれると考えられる。

このような状況を鑑み、大学における建設施工研究も社会のニーズに対応するものに变化しつつある。著者は平成15年4月に東北大学に新しく設立された大学院環境科学研究科に所属し、「環境と機械、環境と施工」をキーワードに研究を進めている。ここでは、主として環境と施工に関連した著者らの研究室における研究を紹介し、さらに今後、国内外の研究機関と共同研究を進めるべく計画中である「月資源利用」研究について簡単に紹介する。

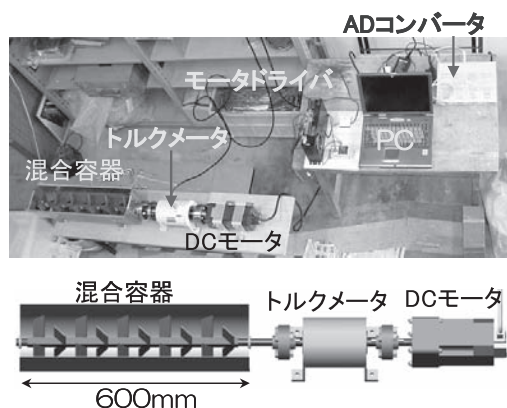
2. 建設副産物の再資源化

上述したように、現在、廃棄物問題は避けて通れない大きな環境問題の1つである。機械施工においても廃棄物を極力出さない施工法あるいは廃棄物を再資源化し、できるだけ最終処分しない施工法が望まれている。これは、機械施工における3R (Reduce, Reuse, Recycle) に他ならない。このうち、Reduce が最も

優先されるべきであるが、難しい課題でもある。そこで、当面は Reduce 技術に関する研究開発を進めるとともに、Recycle を広く実施し、最終処分場や地球環境に負荷を与えない環境調和型の施工法を確立していく必要がある。このためには、Recycle すなわち建設副産物の再資源化技術は必要不可欠な重要な技術である。著者らの研究室では、いわゆる建設副産物の「地産地消」を提案しているが、ここでは、主として掘削土砂や建設汚泥等の高含水比泥土のリサイクル技術について紹介する。

まず、掘削土砂（建設残土）は再生資源として位置付けられており、現場で比較的容易にリサイクル可能である。掘削土砂の再資源化处理に使用される建機が、いわゆる自走式土質改良機と呼ばれるものである。自走式土質改良機を用いた掘削土砂の再資源化处理では、掘削土砂は固化材と攪拌・混合されるが、攪拌・混合時の攪拌トルクについては、物理的に十分解明されているとは言えず、また自走式土質改良機に搭載できる動力は限られていることから、土砂の土質条件によっては、あるいは一度に大量の土砂を機械に投入するなどといった工事のやり方によっては、土砂と固化材が十分に攪拌・混合されないという事態も発生してきている。土砂の状態に応じた攪拌トルクを理論的に求めることができれば、均一な攪拌・混合という条件を満足し、かつ最大の土砂投入量を決定することができ、最適施工や機械の最適設計などが可能になると考えられる。そこで、著者らの研究室では自走式土質改良機の攪拌トルクを算出するための物理モデルを導出

し、土砂の攪拌・混合実験を通して、モデルの妥当性について検証した⁴⁾。図一1に、土砂の攪拌・混合実験に用いた小型のパドル式混合装置を示す。また図一2に土砂混合の様子を示す。トルク計算では、パドル位置に応じた「パドル上部における土砂の自重によるトルク」と「土砂のせん断抵抗によるトルク」を考え、物理モデルを構築している。モデルにはまだ改良の余地は残されているものの、計算値は実験値とほぼ一致しており、概ね妥当なものと考えている。



図一1 小型パドル式混合装置



図一2 パドル式混合装置における土砂混合の様子

著者らの研究室では、この他に(1)掘削土砂と固化材の混合シミュレータの開発(内容は後述する)⁵⁾⁶⁾、(2)処理量に及ぼす土質の影響⁷⁾、(3)処理量と攪拌トルクとの関係⁸⁾などに関する研究を実施し、最適操業条件の把握を目指した研究を進めている。

一方、高含水比泥土のリサイクルに関しては、これまでに下記のような工法が提案されている。

- ①天日乾燥
- ②機械式脱水処理
- ③焼成処理
- ④流動化処理工法
- ⑤気泡混合土処理工法
- ⑥安定化処理(固化処理)
- ⑦吸水性樹脂による処理

これらの工法の概要については、文献⁹⁾に記してあるので、そちらを参照して頂きたい。上述のように様々な高含水比泥土の再資源化工法が提案されているが、これらの工法で生成される土砂は破壊ひずみが小さく、乾湿繰り返しに対する耐久性が低いなど、必ずしも土砂の改良が十分に行われているとは言いがたい。そこで、著者らはこれらの問題を解決するために、高含水比泥土に古紙破砕物と高分子系改良剤を混合して良質な土砂に再資源化する「繊維質固化処理土工法」を開発した¹⁰⁾。本工法により生成される土砂は、破壊強度や破壊ひずみが大きく、乾湿繰り返しおよび凍結融解に対して高い耐久性を示す¹¹⁾ことから、既に200を越える施工実績を有する。繊維質固化処理土工法の原理および生成土の強度特性については、文献¹²⁾に詳しく記述されているので、そちらをご参照頂きたい。ここでは、最近の大規模な工事事例として、中国地方整備局殿ダム工事事務所発注の殿ダム建設第1期工事に採用された事例¹³⁾を紹介する。

殿ダムは鳥取県東部千代川水系袋川の上流に建設を進めている中国地方整備局初のロックフィルダム(堤高75m、堤体積約200万 m^3)である。現場付近の地質は軟質・層状の泥岩がその大部分を占めており、雨水浸透に対する抵抗性が低いため、ダム本体の基礎掘削時には降雨によって場内が泥土化していた。このため、長期間に亘る下流域への濁水流出や施工効率の低下等の課題を抱えており、泥土処理対策が急務となっていた。本工事では現地にて配合試験を実施し、繊維質処理土工法(ボンテラン工法(NETIS登録番号TH-020042-V))を採用した。配合試験では含水比が100%程度の場合、固化材のみによる改良では最低3日以上の上養生が必要であったが、繊維質処理土工法では改良後1時間程度で施工機械のトラフィカビリティを満足しており、日々変化する現場状況下での早急な対応工法として十分な効果を確認できた(図一3)。このことは、本工事のような泥土処理のみならず、特に土砂災害時の緊急・応急工法としての活用が期待できる。また、泥土を最終処分した場合と比較すると約4億円のコスト削減効果を得ており、コスト的にも優れていることが確認された。



図一 3 殿ダム建設工事現場における沈砂地堆積泥土再資源化の様子

また近年の研究により、繊維質固化処理土は従来の固化処理土や通常土に比べて動的強度が大きく、耐震性地盤材料として最適であることが確認されている¹⁴⁾。

ところで、この繊維質固化処理土工法は、脱水工程を施すことなく、高含水比泥土を良質な土砂へ再資源化することができる。換言すると、生成される土砂は大量の水分を含有していることになる。つまり、固化材を含まない非自硬性汚泥であれば、本工法により再資源化される土砂（繊維質処理土）は、保水性の高い植生基盤材として使用できる可能性がある。そこで、著者らの研究室では、屋上緑化用植生基盤材への適用を目指した研究を行っている。屋上緑化用植生基盤材に求められる性能としては様々なものがあるが、中でも重要視されるのが「軽量性」と「保水性」である。また植物の生育には通気性や保肥性なども重要であると考え、軽量性、保水力、保肥力、透水性、三相分布などの点から繊維質処理土の土壌物理特性を評価している。（財）都市緑化技術開発機構発行の「屋上緑化・壁面緑化のてびき」によると、湿潤時の比重が1.0以下の土砂を軽量、0.6以下を超軽量と定義している。また保水力に関しては、100～200 [l/m³] を標準、200 [l/m³] 以上を大と定義しているが、浄水汚泥を用いて作成した繊維質処理土は、湿潤時の比重が0.68、保水力が324 [l/m³] であることが確認された¹⁵⁾。市販の人工軽量土壌の中には超軽量土壌も存在するが、ほとんどの土壌の比重は0.7～0.8程度であり、保水力も100～200 [l/m³] の範囲内であり、超軽量かつ保水力大という人工軽量土壌はほとんど見当たらない。浄水汚泥を用いた繊維質処理土は超軽量とまでは至っていないが、かなり超軽量に近く、かつ極めて高い保水力を有していることが分かる。屋上緑化工事では、経費の大半が人工軽量土壌の購入費になるが、浄水汚

泥を用いた植生基盤材を利用すれば、工事費の大半を占める植生土壌を、今までは廃棄物として捨てていたものから生成できることになり、コスト的なメリットは計り知れない。今後、超軽量を達成すべく研究を進めるとともに、PFIを利用した浄水汚泥リサイクル事業を提案して行きたいと考えている。なお、浄水汚泥を用いた植生基盤材を利用して屋上緑化を行った施工例としては、大分市役所庁舎、広島市役所庁舎、仙台市茂庭浄水場などがある。図一4は大分市役所庁舎の屋上緑化の様子である。図中の破線の部分に浄水汚泥を用いた植生基盤材が使用されている。全体のイメージを砂浜に隣接した草地に見立て、流木を止まり木とした鳥が種子を運び、新しい生命が宿り続けることを表現するとともに、廃棄物から生成した植生基盤材を利用していることから資源の循環をメッセージとして表現している。



図一 4 大分市役所庁舎の屋上緑化の様子

3. 建設機械の自動化・情報化施工

国土交通省は、平成20年7月に情報化施工推進戦略を発表した¹⁶⁾。情報化施工とは、調査、設計、施工、維持管理という建設生産プロセスのうち「施工」に注目し、各プロセスから得られる電子情報を活用し、高効率・高精度な施工を実現しようとするものである。情報化施工に関するキーテクノロジーの1つにマシンコントロールがある。これはGPSやトータルステーションTSを用いて機械の位置座標を把握し、ブレードやバケットの位置をコントロールする技術であるが、この技術は既に実用化のレベルにある。情報化施工を推進するためには、上述したように各プロセスから得られる電子情報を活用しなければならないが、現時点では設計データをマシンコントロールに直接利用できない。今後は、各プロセス間のインターフェース

に関する研究が緊急の課題であると考えられる。

さらに、近未来の機械施工は自動化・ロボット化施工へと発展していくと思われる。著者らは近未来の自動化・ロボット化施工を目指し、「ジオメカトロニクス」という新しい研究分野を提案している¹⁷⁾。「ジオメカトロニクス」とは、機械工学（メカニクス）、電子工学（エレクトロニクス）および地盤工学（ジオメカニクス）を融合させた新たな造語であり、施工する地盤の状況をリアルタイムに機械自らが判断し、その地盤状況に合った最適な施工方法を機械自らが選択して施工を自律的に実施する技術の確立を目指した学問体系を意味する。このジオメカトロニクスが対象とする研究分野としては、

- 1) 対象地盤の特性評価
- 2) 地盤と機械系の相互作用の評価
- 3) 地盤特性を考慮した自動化・ロボット化技術

などが挙げられ、地球環境と社会基盤整備、災害対策・環境対策、機械と無人化施工などへの適用が期待される。

ジオメカトロニクスに関する研究例としては、振動ローラーによる締固め度の把握および地盤強度に応じた最適振動数の決定¹⁸⁾、パワーショベルによる自動掘削¹⁹⁾、ホイールローダの自律移動制御²⁰⁾や破碎堆積物自動掘削²¹⁾などがある。

今後は環境対応建機の知能化が期待される。例えば、上述した自走式土質改良機では、機械が投入された土砂の物性値を自ら判断し、その土砂に最適な稼動条件になるように自らを制御するような知能環境対応建機の開発に関する研究が期待される。

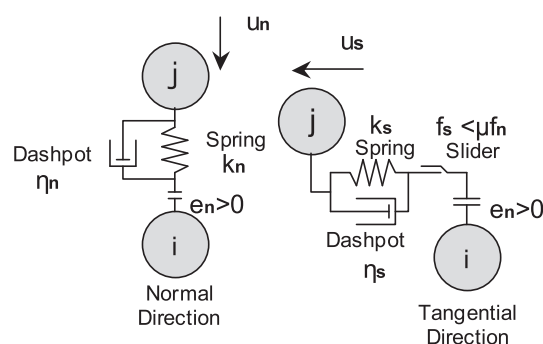
4. 数値シミュレーション

近年のコンピュータの発達は著しく、従来は大型計算機を使用しなければできないような計算がパーソナルコンピュータでも多少の時間をかければ計算可能になってきている。その結果、数値シミュレーションに関する研究が盛んに行われるようになってきている。シミュレーションモデルの開発には、有限要素法など多くの手法があるが、最近では個別要素法（Distinct Element Method, 以後DEM²²⁾と記す）を用いたシミュレーション研究が盛んに行われるようになってきている。著者らの研究室でも約10年前よりDEMによるシミュレーション研究を実施している。DEMは、土砂や岩石・コンクリートなどの対象物を数多くの要素の集合体から構成されていると考え、その個々の要素に対して運動方程式を立て、その運動方程式を時間領

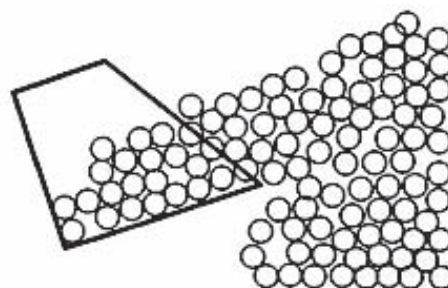
域で解いて、対象物の挙動をシミュレートしようとするものである²³⁾。DEMは粒状体などの非連続体の挙動解析に適用されることが多いが、隣接する要素を結合状態とすることにより、岩石やコンクリートなどの連続体の挙動解析にも適用される。すなわち、DEMは連続体から非連続体まで連続してシミュレートすることが可能である。

一般に、DEMの計算では、図—5に示すようなモデルが用いられる。2つの要素が接する場合、法線方向および接線方向に弾性を表すスプリングと粘性を表すダッシュポットを設ける。さらに接線方向には摩擦を表すスライダーも設ける。DEMの計算では、要素同士の重なりからスプリングによる反発力などを計算する。連続体の場合、要素間に働く力が破壊基準に達するまでは、圧縮にも引張りにも抵抗するが、要素間に働く力が破壊基準を超えると、その要素間の結合は切れ、圧縮には抵抗するが、引張りには抵抗しない、すなわち要素が離れた場合、要素間には引張力は作用しないとして計算を進める。

著者らの研究室でDEMシミュレーションに最初に取り組んだ研究例は、ホイールローダによる破碎堆積物のすくい取りである²⁴⁾。図—6は、DEMシミュレーションにより得られたバケットの動きに伴う破碎堆積物の挙動を示したものである。バケットに作用する抵抗力の実験結果とシミュレーション結果を比較し、両



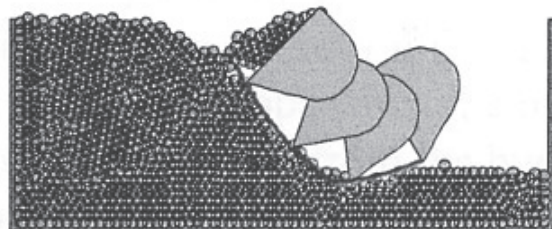
図—5 DEMシミュレーションで用いられる要素モデル



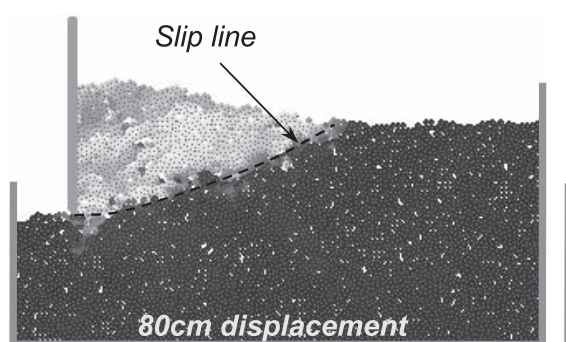
図—6 ホイールローダによる破碎堆積物のすくい取り

者はほぼ一致することを確認している。

図一7は、パワーショベルによる地盤掘削にDEMを適用した例である²⁵⁾。また同様に図一8は、ブレードによる地盤掘削にDEMを適用した例である²⁶⁾。



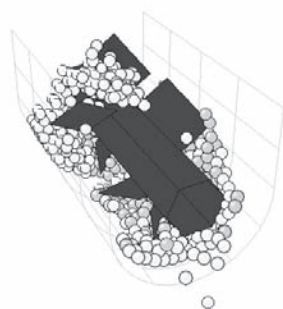
図一7 パワーショベルによる地盤掘削²⁵⁾



図一8 ブレードによる地盤掘削²⁶⁾

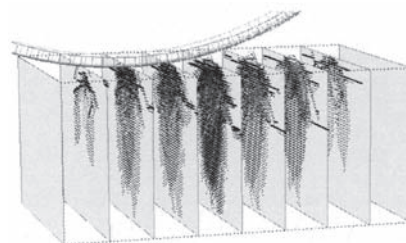
ところで、上述した土質改良機は掘削土砂と固化材を如何に効率よく、均一に混合できるかが極めて重要なポイントであるが、土砂と固化材の混合過程は機械要素のみならず土質の影響も受けるなど非常に複雑であるため、これらの影響を全て実験的に検討するのは非効率的であるばかりでなく非経済的でもある。そこで、著者らの研究室では、自走式土質改良機の最適設計を支援するため、コンピュータ上で土砂と固化材の混合過程をシミュレートできる土砂混合シミュレータを開発している(図一9)^{5) 6)}。

これらの研究により、掘削土砂と添加剤(薬剤)と



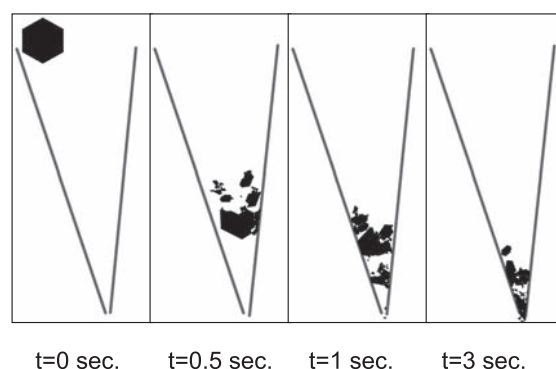
図一9 土質改良機による土砂と添加剤混合シミュレーション

の混合過程や混合性能に及ぼす機械要素・土砂物性値の影響をコンピュータ上でシミュレートすることが可能になってきている。この他にディスクカッターによる岩盤掘削(図一10)などのシミュレーションも実施している²⁷⁾。



図一10 ディスクカッターによる岩盤掘削のシミュレーション

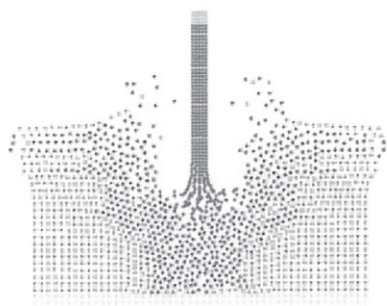
また現在は、モービルクラッシャーによるコンクリート塊破碎に関するシミュレータの開発を行っている。モービルクラッシャーによる破碎性能は、機械の要素のみならず、岩石・コンクリート塊などの物性値も影響を及ぼすため、最適な機械の設計や最適破碎条件を実験により把握するのは非効率的かつ非経済的である。そこで、破碎に及ぼす機械要素の影響や岩盤・コンクリート塊の物性値の影響をコンピュータ上でシミュレートできる計算機シミュレータの開発を行っている。図一11はその一例であり、ジョークラッシャーの可動板の動きにより大岩が破碎されていく様子がシミュレートされている²⁸⁾。また可動板に作用する力を基に、破碎に必要なエネルギーの算出も行っており、実現場での効率的な機械稼働条件の把握も試みている。



図一11 大岩破碎のシミュレーション結果

DEMでは、要素を剛体として計算を実施するが、流体要素を扱う手法としてSPH法(Smooth Particle Hydrodynamics)がある。SPH法とは、流体を要素の集合体とみなし、要素の挙動を計算することにより、流体の挙動をシミュレートしようとするものである。

図—12は、SPHを用いてウォータージェットによる岩盤掘削をシミュレートした結果を示している²⁹⁾。ウォータージェットが岩盤に衝突し、岩盤が掘削されている様子が再現されているが、2次元モデルでは掘削孔の大きさが実験による掘削孔の大きさよりもかなり大きくなっており、このような現象に対しては3次元モデルによるシミュレーションが必要であるとされている。



図—12 SPHを用いたウォータージェットによる岩盤掘削のシミュレーション

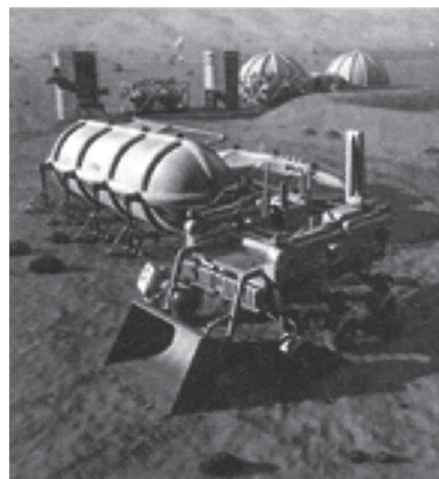
5. 今後の研究課題の一例：月資源利用

近年の宇宙開発に関する研究の進展はめざましく、放送衛星や気象衛星、GPS等にみられるように、宇宙は今日、童話やSFの世界から、人類の生活に欠くことのできないインフラストラクチャーの一部となっている。2007年9月に打ち上げられた我が国初となる本格的な月探査衛星「かぐや」は、新しい月探査時代の幕開けを飾る重要なミッションとして世界からの期待も高く、これに続く将来の無人・有人探査機の研究開発が世界中で急速に活発化してきている。

ところで、2005年4月に宇宙航空研究開発機構(JAXA)による長期ビジョン(JAXA2025)が発表されたが、特筆すべき事項として、旧来のJAXA中期計画と比べて新たに「月の探査と利用」という分野が創設されていることが挙げられる。そこでは、月資源利用(In-Situ Resource Utilization, ISRU)という概念が注目を浴びてきており、月を目指すひとつの大きな動機となっている。これは、月にある物質や環境を利用して、生命維持や燃料・工業製品、建設資材等の材料・製品を製造し、月面における人類の活動に役立てようとするものである。

月資源利用研究を遂行するためには、資源を探索する「センシング技術研究」、資源を掘削・採取する「ハンドリング技術研究」および資源から材料・製品を製造する「プロセッシング技術研究」が必要不可欠であ

る。ハンドリング技術研究では、国内外の大学・研究機関と連携して、月面地盤特性の評価、月面の削孔、月土壌の掘削や運搬などの研究が計画されている(図—13³⁰⁾)。このようにハンドリング技術研究は建設施工分野に密接に関連するものであり、地上での建設施工技術の応用が期待されている。本研究室でもハンドリング技術研究に参画し、月面の削孔技術開発を行う予定である。



図—13 月資源利用におけるハンドリング技術研究のイメージ³⁰⁾

6. むすび

本報では主として環境と施工に関連した著者らの研究室における研究を紹介し、さらに今後の研究として計画を進めている月資源利用に関する研究の一端を紹介した。本報は著者の力不足により必ずしも正確な「近年の建築施工関連研究」の報告原稿になっていない点もあるかと思うが、ご容赦頂ければ幸いである。また本報が読者にとって何らかの寄与するところがあれば、望外の喜びである。

J C M A

参考文献

- 1) (社)日本建設機械化協会:建設施工における地球温暖化対策の手引き, 2003.
- 2) (社)日本建設機械化協会地球温暖化対策:省エネ運転マニュアル, 2003.
- 3) 高橋 弘:機械施工と環境問題,(社)日本建設機械化協会東北支部 平成19年度新技術情報交換会論文集, pp.1-11, 2007.
- 4) 高橋 弘, 酒井 康雄, 森 泰雄:土質改良機における土砂と添加剤の攪拌トルクに関する研究,応用力学論文集, Vol.9, pp.679-687, 2006.
- 5) 高橋 弘, 渡嘉敷 憲一郎, 山中 勇人, 関野 聡, 橋本 久儀:掘削土砂リサイクル処理機械内土砂挙動解析用シミュレータの開発に関する基礎研究, J. of MMIJ (資源・素材学会誌), Vol.116, No.6, pp.502-508, 2000.
- 6) 高橋 弘, 山中 勇人, 関野 聡, 橋本 久儀:掘削土砂リサイクル処理機械における土砂と添加剤の混合に関する研究, J. of MMIJ (資源・

- 素材学会誌), Vol.116, No.10, pp.839-846, 2000.
- 7) 高橋 弘, 安藤 真和: パドル混合式土質改良機の処理能力に及ぼす土質の影響, 建設機械, Vol.44, No.5, pp.37-41, 2008.
 - 8) H.Takahashi and M.Ando: Study on Effect of Soil Properties on the Performance of Paddle-Type Soil-Recycling Machine, Proc. of the 16th Int. Conference of ISTVS, pp.245-249, 2008.
 - 9) 高橋 弘: 掘進工事にともなう掘削排土対策の現状と今後の課題, 月刊推進工事, Vol.20, No.4, pp.3-8, 2006.
 - 10) 森 雅人, 高橋 弘, 逢坂 昭治, 堀井 清之, 片岡 勲, 石井 知征, 小谷 謙二: 放紙破砕物と高分子系改良剤を用いた新しい高含水比泥土リサイクル工法の提案と繊維質固化処理土の強度特性, J. of MMIJ (資源・素材学会誌), Vol.119, No.4-5, pp.155-160, 2003.
 - 11) 森 雅人, 高橋 弘, 熊倉 宏治: 繊維質固化処理土の乾湿繰り返し試験による耐久性に関する実験的研究, J. of MMIJ (資源・素材学会誌), Vol.121, No.2-3, pp.37-43, 2005.
 - 12) 高橋 弘: 古紙破砕物を用いた建設汚泥の新しい再資源化工法, 建設機械, Vol.42, No.8, pp.50-56, 2006.
 - 13) 岩田 輝貴: 工事現場における高含水比汚泥処理について, 平成20年度中国地方建設技術開発交流会講演集, pp.34-37, 2008.
 - 14) 高橋 弘, 高橋 研太, 森 雅人, 繊維質固化処理土の動的強度に関する実験的研究, 第4回土砂災害に関するシンポジウム論文集, pp.1-5, 2008.
 - 15) 森 雅人, 山崎 淳, 高橋 弘: 高含水比泥土リサイクルの新たな展開と応用, 日本泥相流学会誌, Vol.21, No.1, pp.22-28, 2007.
 - 16) 情報化施工推進戦略 HP: <http://www.mlit.go.jp/common/000020669.pdf>
 - 17) 深川 良一, 建山 和由, 高橋 弘: ジオメカトロニクスの提案と展望, 土木学会論文集, No.700 / VI-54, pp.1-14, 2002.
 - 18) 藤山 哲雄, 建山 和由: 振動ローラの加速度応答を利用した転圧地盤の剛性評価手法, 土木学会論文集, No.652 / III-51, pp.115-123, 2000.
 - 19) 高橋 弘, 齋藤 泰: パワーショベルによる斜面掘削作業時における抵抗力解析, 応用力学論文集, Vol.7, No.2, pp.787-796, 2004.
 - 20) H.Takahashi and Y.Konishi: Path Generation for Autonomous Locomotion of Articulated Steering Wheel Loader, Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering, Vol.16, No.3, pp.159-168, 2001.
 - 21) 皿田 滋: ホイールロードによる積み込み作業を対象とした自律作業システム, 建設の施工企画, No.705, pp.75-79, 2008.
 - 22) P.A.Cundall and O.D.L.Strack: A Discrete Numerical Model for Granular Assemblies, Geotechnique, Vol.29, No.1, pp.47-65, 1979.
 - 23) 伯野元彦: 破壊のシミュレーション-拡張個別要素法で破壊を追う-, 森下出版, pp.10-55, 1997.
 - 24) 高橋 弘: 鉱石のすくい取り作業時におけるバケットに作用する抵抗力の個別要素法解析, Vol.12, No.1-2, pp.19-26, 1999.
 - 25) T.Koizumi, N.Tujiuchi, Y.Tomita and H.Andou: Evaluation Process of Digging Performance for Hydraulic Excavator using DEM, additional paper of 16th Int. Symposium on Earth Science and Technology 2008, 2008.
 - 26) H. H. Bui, 小林 泰三, 田茂井 憲, 深川 良一: 個別要素法による土の切削メカニズムのシミュレーション, テラメカニクス, 第24号, pp.141-146, 2004.
 - 27) 高橋 弘, 佐藤 達起, 金子 勝比古: ディスクカッタの圧入による岩盤破砕に関する数値シミュレーション, トンネル工学研究論文・報告集, Vol.12, pp.69-76, 2002.
 - 28) H.Takahashi and M.Ando: DEM Simulation of Boulders by Mobile Crusher, Proc. of 16th Int. Symposium on Earth Science and Technology 2008, pp.299-306, 2008.
 - 29) 篠原 寿充, 岡部 啓一, 中山 司: ウォータージェットによる固体切断の数値シミュレーション, 中央大学理工学研究論文集, 第10号, pp.21-32, 2004.
 - 30) NASA-JSC Mr. Jerry Sandes 提供

[筆者紹介]

高橋 弘 (たかはし ひろし)
 東北大学大学院
 環境科学研究科環境科学専攻
 教授



平成20年度版 建設機械等損料表

■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
- 各機種の燃料消費量を掲載
- わかりやすい損料積算例や損料表の構成を解説
- 機械経費・機械損料に関係する通達類を掲載
- 各種建設機械の構造・特徴を図・写真で掲載
- 日本建設機械化協会発行「日本建設機械要覧」参照頁を掲載

■B5判 約600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 沖縄県以外 600円

沖縄県 450円 (但し県内に限る)

(複数お申込みの場合の送料は別途考慮)

社団法人 日本建設機械化協会

〒105-0011 東京都港区芝公園 3-5-8 (機械振興会館)

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

施工シミュレーションの動向

嘉 納 成 男

建設工事におけるコンピュータを使用したシミュレーションは、1970年代から乱数シミュレーションを使用して不確定な状況における生産性や工期の推定をより正確に行おうとする研究として始まり、今日では工事の進捗状況を3次元空間で再現し視覚的に各種の検討を行う計画や管理の手法として変貌しつつある。本報では、工事の計画や管理の手法の一つとして、施工シミュレーションの可能性、自律型のシミュレーションの重要性を示し、高度なシミュレーションを実現するために必要な方法論と将来の方向性を考える。

キーワード：シミュレーション、3次元CAD、自律型シミュレーション、バーチャルリアリティ、建築工事、可視化、3次元スキャナー、工事計画、工事管理

1. はじめに

建設活動への3次元CADやCGの活用が始められて既に20年以上が経ち、現在ではその延長上にあるバーチャルリアリティ技術を活用して施工シミュレーションを行う研究や試行が活発に進められている^{1)~3)}。

建設活動の如く複雑なプロセスを計画・管理するためには、現実をバーチャルな世界で構築し視覚的に把握・判断する意義は大きい。工事技術者の多くが持つ「ものを見ながら考える」という現場主義は、実際の物事を視覚的に捉え、物事を判断する重要性を示している。バーチャルリアリティの技術は、コンピュータの中で「ものを見ながら」と言う理念を実現することによって、より正確で且つより適切な判断をし得る環境を造り出す。

また、施工シミュレーションで事前に得た将来の工事現場の姿は、工事が実際に進捗した時点で撮影する写真や3次元スキャナー点群と比較することによって、工事の進捗度合いや出来形の適否を視覚的に確認することにも役立つ。

本報では、工事現場の計画や管理の手法の一つとして、施工シミュレーションの可能性を示し、工事のモデル化の仕組み、高度なシミュレーションを実現するために必要な方法論と将来の方向性を考える。

2. 施工シミュレーション

シミュレーションとは何か。現実の世界を擬似的に紙の上や模型を用いて、特定の条件を与えた時の動きや状態を予測または再現することを意味する。数学モデルを使用した経済予測、企業の収支計算、投資効率の予測、実大モデルを使用した地震時の構造的安定性の確認などがこれに当たる。また、建築模型を作成して、それぞれの位置からの見え方や風洞実験などのシミュレーションもある。

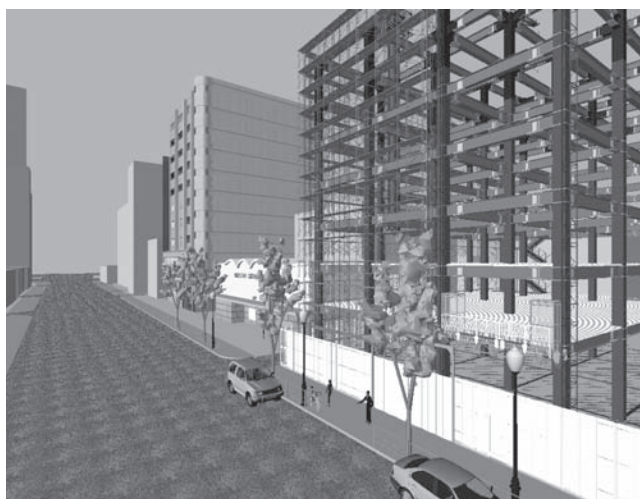
施工の計画では、古くから工事現場の模型を作成して工事の進め方を検討したり、完成すべき建築物のモックアップを作成して、その作業手順や方法を検討している例は多い。これもシミュレーションの一つである。

1970年後半から乱数シミュレーションという言葉が施工においても使用され始めた。これはコンピュータを使用して、現実の施工をコンピュータ内で再現し、視覚的な3次元表示はないものの、工事の進捗速度や工事機械の稼働率や生産性を予測しようとするものであった。GPSS⁴⁾やSLAM⁵⁾などのシステムが使用された。工事用シミュレーションシステムとしてCYCLONE⁶⁾も開発されている。しかし、このような技術的なチャレンジも大規模工事の一部に適用されたものの、一般の工事ではコンピュータを用いた施工シミュレーションは普及しなかった。

2000年に入ってから、シミュレーションという言葉

葉が再び盛んに使用されるようになった。コンピュータを使用して工事の進捗を再現することは旧来と同じであったが、新たに加わった要素として視覚的に工事の進捗が「見える」ことであった。各時点の工事現場の様子を静止画や動画で「見る」ことによって、発注者や工事関係者がより直感的に工事の状況や問題点を把握し得る道具となった。これを可能にしたのが3次元CADをベースとした部材や工事機械等の3次元形状や位置の正確な情報であり、施工シミュレーションによって部材の干渉や作業の干渉を含めた工事進捗を再現出来るようになった。

図一1は、鉄骨建て方終了時の工事現場の様子を示す静止画である。発注者や工事関係者に見せることによって直感的に工事の進み具合や近隣との関係が理解できる。



図一1 鉄骨建て方終了時の工事現場の様子

3. 自律型シミュレーションによる可視化の仕組み

工事現場では、作業者の動き、工事機械の動き、仮設資材の配置などが複雑に関連しており、その可視化シミュレーションでは、これらの動きを表示しながら、見る側の視点を変えて状況を観察し得るウォークスルー表示方式が効果的である。

更に、複雑な工事の進捗をコンピュータ内で再現するには、予め用意したシナリオ通りに工事を進めてその様子を表示するのみではなく、コンピュータ内で作業員や工事機械が自律的に各種の判断をすることによって、工事を進めていく自律型シミュレーションの仕組みが不可欠となる。

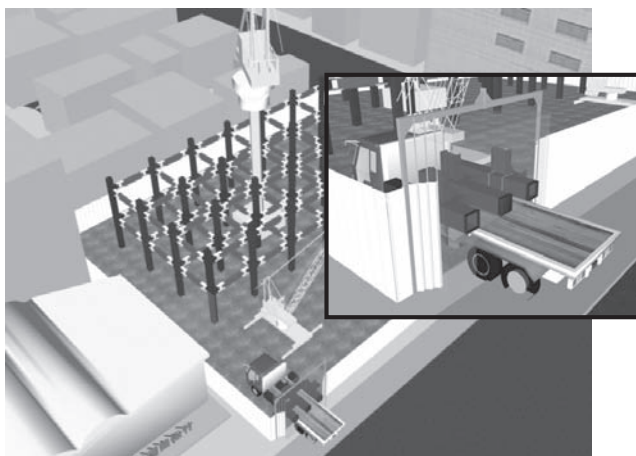
ウォークスルー表示方式では、表示と同時にシステ

ム内での人や物の動きを計算で求めるため、処理に大きな負担が掛るが、見る側が視点を動かして任意の位置から工事進捗を見ることができる。アニメーションなどでは、この方式以外では作成時に決めた位置や方向からの動画となるため見えない部分は何度見ても見ることができないが、この方式は、人や物体の動きをその都度自由な視点から見ることが出来るため、工事の進捗を把握し易い。

自律型シミュレーションでは、作業員や工事機械の動きの規則や仕組みを予めロジックとしてモデルに組み込むことによって、実際の工事に起こる不確定な要因や生産性の変動、他の作業員の動きなどを考慮した施工シミュレーションを行うことが出来る。

現状のパーソナルコンピュータの能力では、この自律型の施工シミュレーションをウォークスルー表示方式と同時に行うためには処理能力が不足しているため、その目的に応じて部分的な自律型シミュレーションを組み込むことが現実的であるが、コンピュータの能力向上と合わせて自律型シミュレーションの幅は広がっていく。

図一2は、鉄骨を運ぶトラックが現場のゲート前に到着すると、ゲートが自律的に開き、開き終わるとトラックが自律的に現場内に移動し、その後ゲートが閉まる過程を組み込んだ事例を示している。自律型シミュレーションによって、施工シミュレーションの動きをシナリオとしてモデル化する必要がなくなり、モデル作成の手間は削減される。



図一2 トラックと現場ゲートの自律型シミュレーションの事例

4. 施工シミュレーションのモデル化の方法

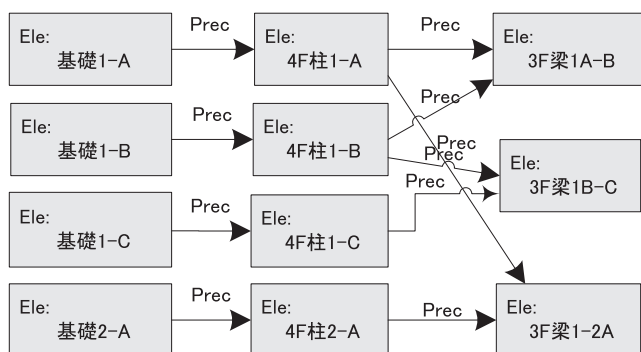
(1) 工事進捗モデル

工事の進捗をモデル化する方法には3種類がある。

- ①工事ネットワークモデル
- ②部材順序モデル
- ③ワークパッケージモデル

工事ネットワークモデルは、PERT/CPM 手法で用いられる工事間の前後関係をネットワークで表現するモデルである。この方法は工程ネットワークの市販ソフトと連携して施工シミュレーションを行うことが出来るため、多くの施工シミュレーションで用いられている。欠点としては、視覚的に見せる部材や機材の動きと工事進捗との関係を個々に定義することが必要な点であり、部材や機材の動きが複雑であると正確に定義することが難しくなる。

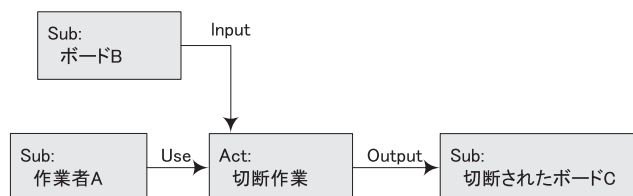
部材順序モデルは、名称の如く、部材の取り付けや運搬の順序関係をネットワークとして表現するモデルである。シミュレーションで使用する部材が既に3次元モデルとして登録されている場合には、CADの部材IDを用いてその順序関係を定義することによって、工事ネットワークモデルよりも容易にモデルを作成することが出来る。視覚化シミュレーションは、見えるものを対象とするため、プロセスをモデル化するよりも部材を使用した方が直観的にモデル化出来る。通常は、工事機械や仮設資材も含めて、その取り付け、取り外しや運搬などもモデル化する。図—3は、鉄骨柱と梁に関する部材の取り付け順序をモデル化した事例である。



図—3 鉄骨柱・梁に関する部材順序モデルの事例

ワークパッケージモデルは、工事の複雑な進捗をより詳細にモデル化するとき使用する。このモデルは、工事の順序関係とともに材料や部材、作業員、工事機械や仮設資材をアローで結び、工事と各種資源の関係を表現する。このモデルを繋ぎ合わせていくと、全体工程を表現するモデルとなり、工事の進捗に合わせた部材や工事機械等の発生や消滅を詳細にモデル化することが出来る。

図—4は、作業員AがボードBを切断して、切断



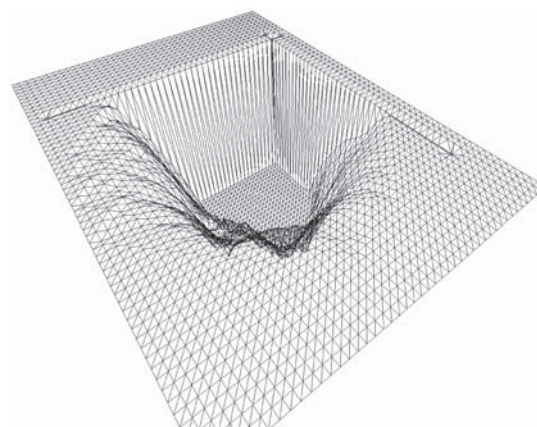
図—4 ボードの切断作業を表すワークパッケージモデル

されたボードCを作り出す工程を示したワークパッケージモデルである。

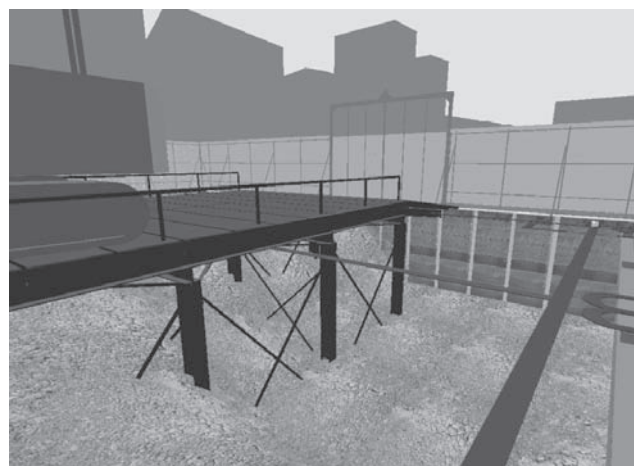
(2) 物理モデル

工事を進めていくときには、部材や工事機械の発生、移動、消滅等の如くシミュレーション側が意図的に動かす事象とともに、工事を進めていくと地盤などは自然と崩れたり、落下したりする事象がある。このような物理や力学的現象に従う動きをモデル化し、これを施工シミュレーションに組み込むことによって、物理現象を含めたモデルを作成する。

事例として、地盤における土砂の自然崩壊についての物理モデルを示す。図—5.aは、地盤モデルを示し



図—5.a 地盤の崩壊を表す物理モデル



図—5.b 地盤の物理モデルを組み込んだ土工事例



図ー6 作業者の動作型シミュレーションの事例

ており、掘削を始めるとその周りの土砂が少しずつ崩れるように土砂の動きが事前にモデル化されている。これを用いることによって、掘削機が土砂を取り除くとその周りの土砂が自動的に時々刻々変形していく状況を視覚的に示すことが出来る。図ー5.bは、地下掘削状況をシミュレーションするために、地下部分の掘削工事に合わせて山留壁の内側で地盤が下がるようにモデル化した事例である。

(3) 作業者の動作モデル

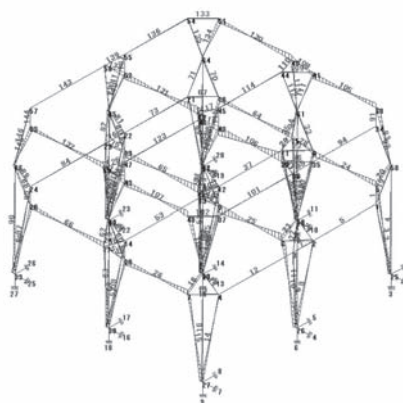
複雑な関節を有する人間の動作を忠実に再現するには、モーションキャプチャによって作業者の手足の動きを正確にデータ化して、これらに基づいて動きを表示する。動作型シミュレーションでは、一般にBVHフォーマットで記載されたモーションキャプチャデータを用いる。また、一連の作業の動作を連続させて行わせる場合には、運搬、取り付け、移動などの複数の動作ファイルを繋ぎ合せて繋ぎ目のない連続的な動作として見せる方法もある。図ー6は作業者が足場を移動する様子を示した動画のコマ落とし画像である。

(4) 取り付け順序モデル

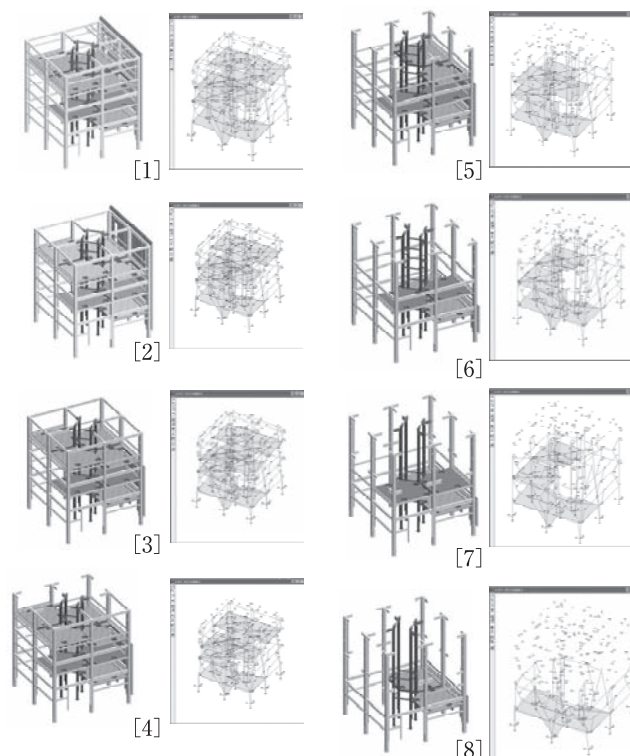
施工シミュレーションにおいて問題となる事柄の一つとして、視覚的に取り付けて行く部材の順序を予め定義することに手間が掛かる点がある。先に述べた部材順序モデルを用いればよいが、部材が数百、数千となると事実上不可能になる。このため、部材の取り付け順序を自動的に認識して、工事を進めるロジックが必要になる。

取り付け順序を自動的に求めるには、①部材の安定性、②取り付けの容易性がある。

ここでは、部材の安定性を検討しながら部材の取り付け順序を求める方法を示す。部材の安定性とは、例えば「柱を両わきに2本建てなければその間の梁は取り付けられない」ことを示している。即ち、部材と取

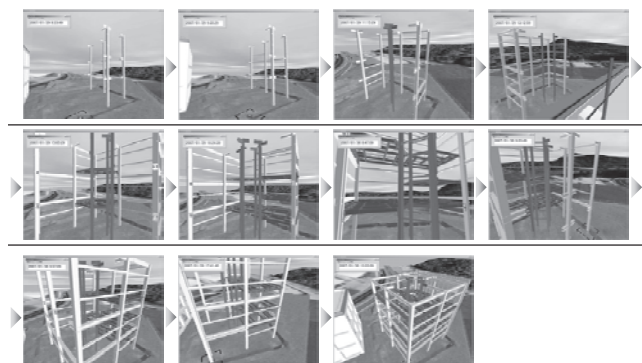


図ー7.a 部材の安定性を求める構造解析モデル



図ー7.b 逆順序解析方式を用いた鉄骨の建て方手順の推定プロセス

り付けたとき構造的に安定しない部材は取り付けられないため、後回しになる。図ー7.aは、この考え方を



図一 7.c 鉄骨の建て方シミュレーション結果

用いて、鉄骨建て方についての安定性を求める構造解析モデルを示しており、図一 7.b はこのモデルを使い逆順序解析方式⁷⁾を用いて、鉄骨建て方手順を求めるプロセスを示している。図一 7.c は、これによって求めた鉄骨の建て方手順の結果である。

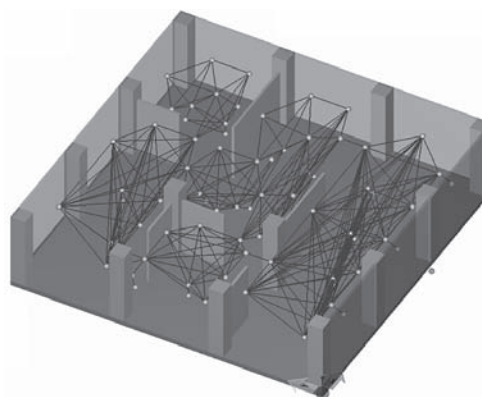
(5) 移動・運搬経路に関する空間認識モデル

施工シミュレーションにおいては、工事機械の移動経路や作業者の移動経路を決める場合に、新たな壁が出来たり開口部が塞がれたりするためこれを考慮して決めなければならない。しかし、施工シミュレーションに乱数的要素を含めると、移動時にどの部分が塞がれているかが分からないため、移動時に最短経路を自動的に求める必要が出てくる。開口部などで塞がれた箇所を回避させながら自動的に工事機械を移動させることが出来れば、事前にその経路をモデルに指定する必要がなくなる。

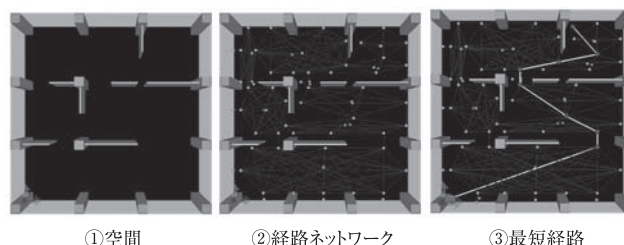
変化する工事空間において、最短移動経路を自動的に求めつつ、工事機械や作業者を移動させていくためには、空間認識と最短移動経路の発見のロジックを施工シミュレーションに組み込む必要がある。

図一 8.a は、壁など遮蔽物があるときの最短経路を求めるために自動的に作成された経路ネットワークである。図一 8.b は経路ネットワークを求めるプロセスを示しており、経路ネットワークを作成しその最短経路を求めた結果が図一 8.b ③である。このモデルに

よって、工事機械や作業者を工事の進捗に合わせて自動的に最短経路を移動させることが出来る。



図一 8.a 経路ネットワークの事例

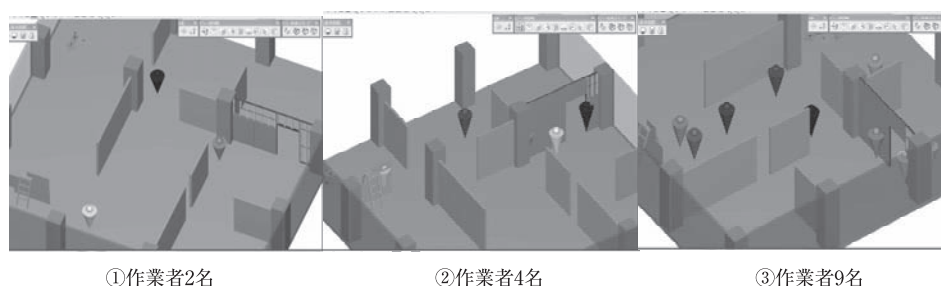


図一 8.b 経路ネットワークの作成と最短経路の発見のプロセスの事例

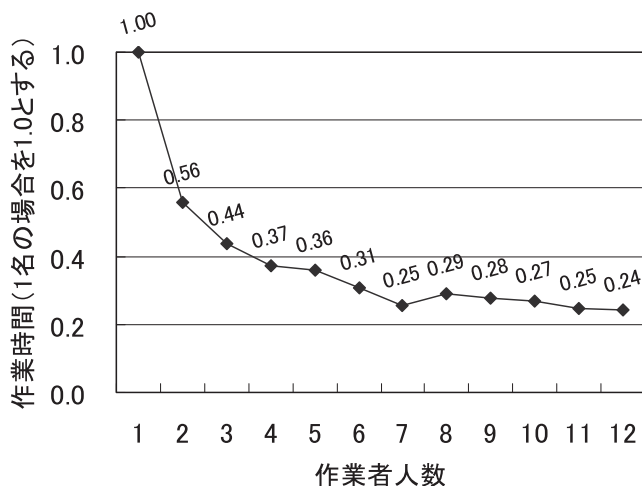
(6) 作業空間の干渉モデル

工事の進捗において、複数の工事が隣接して行われると相互に作業員や工事機械が干渉し合い生産性は低下することが知られている。また、狭隘な工区では作業員の人数が増加すると作業員同士が干渉し合い生産性が低下する。この状況を施工シミュレーションで考慮するには、空間における工事機械の干渉、移動経路の干渉、作業員の干渉などを認識して作業を進めるための空間認識モデルが必要になる。

図一 9.a は、狭隘な工区において複数の作業員が間仕切壁作業を行う様子を示している。このモデルを利用して、施工シミュレーションによって作業員人数と作業時間の関係を解析した結果が図一 9.b である。図一 9.b は、作業員 1 名の場合の作業時間を 1.0 とした



図一 9.a 狭隘な工区における複数作業員による間仕切壁作業



図一 9.b 間仕切壁作業における作業人数と作業時間の関係

場合の各人数における作業時間を示している。作業員が増えて行くに従い作業員相互の干渉が起り、人数が増加しても作業時間は0.25程度にしか低下しないことが分かる。この干渉認識モデルでは、各作業員は作業の進捗によって変化する最短移動経路を自動的に求めて、且つ他の作業員を回避しながら部材の運搬と取り付けを行っている⁸⁾。

5. 施工シミュレーション結果と工事出来型の比較

視覚化を目指した施工シミュレーションは、従来、工事の進捗状況を静止画や動画によって表示し、関係者が今後どのように工事を進めるか、または進めようとしているのかを直感的に理解することを目的としている。しかし、視覚的な施工シミュレーションは、着

工後の出来形が計画通りに出来ているかを視覚的に確認する道具ともなる。

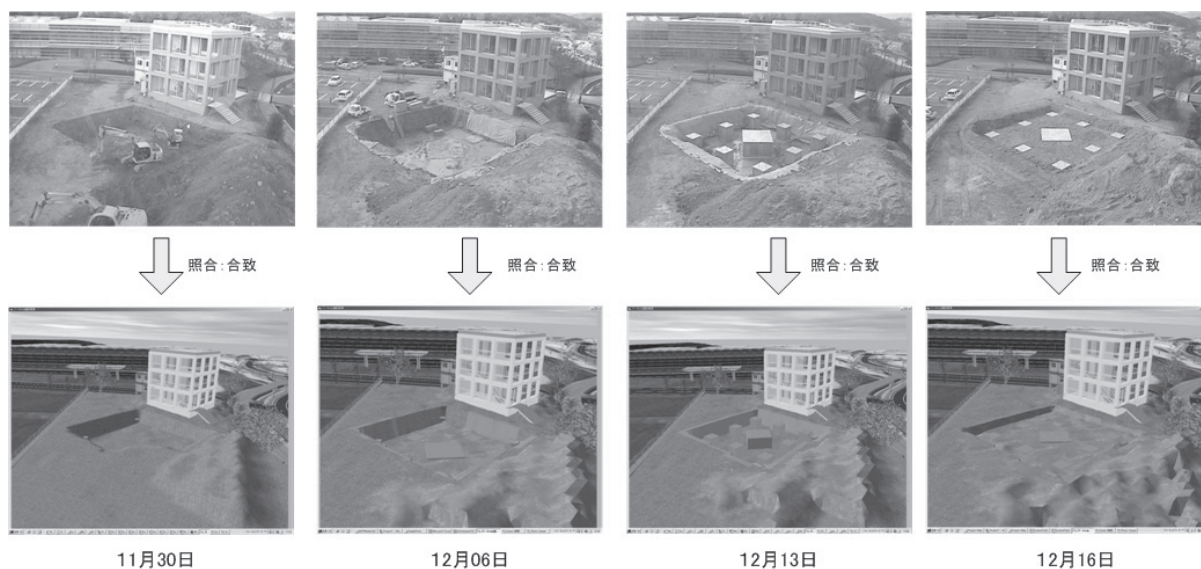
施工シミュレーションは単なる着工前の計画検討の道具ではなく、着工後の各時点における出来上がり状況を視覚的に示す計画モデル（To-Be-Built モデル）でもある。このモデルを用いれば、着工後に撮影した写真や3次元スキャナーで採取した点群データと比較することによって、施工出来形が計画とどのような差異があるかを確認することが出来る。

以下に、施工シミュレーション結果のデータと、実際の工事の進捗時に撮影した写真及び3次元レーザスキャナーで取得した点群データを用いて、工事進捗の計画とのズレを視覚的に判断した事例を示す。

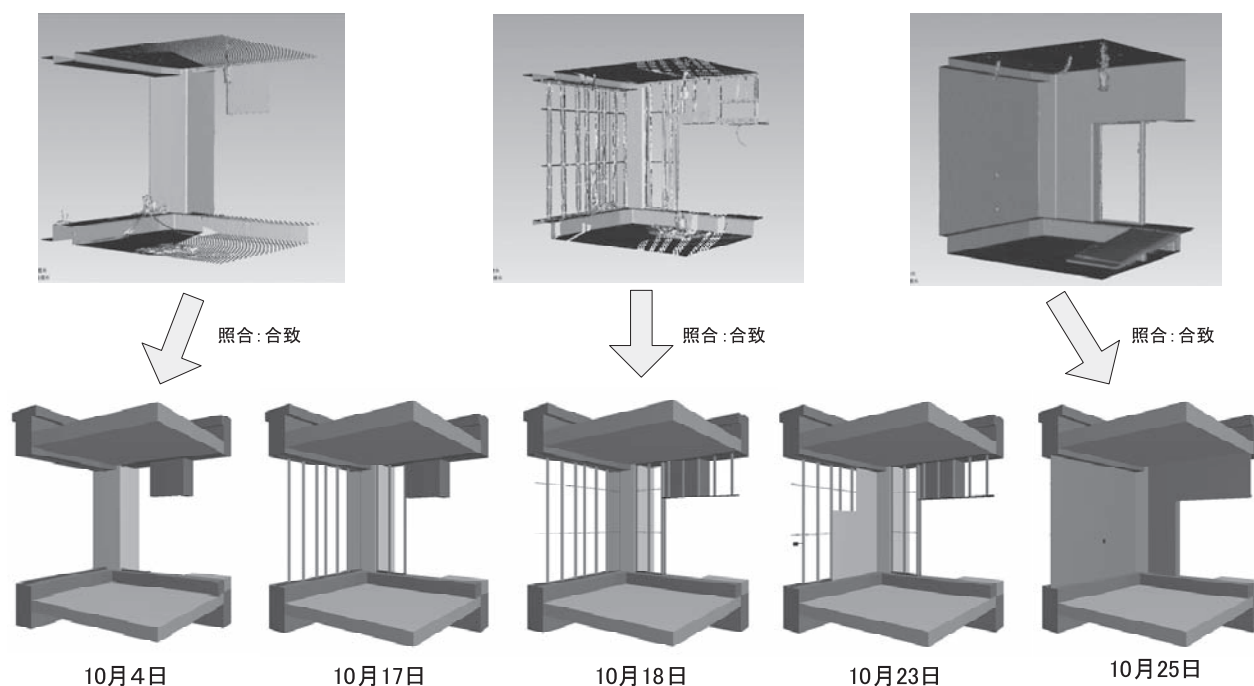
図一 10 は、基礎工事の進捗について、施工シミュレーションで各日程における施工の進捗の程度を撮影した写真と3次元CG画像である。この両者の画像を比較すると、その進捗の程度を視覚的に確認することが出来る。写真画像と3次元CG画像については、その視野角度、撮影位置・方位を同じに設定することによって、全く同じ画像を得ることが出来るため、工事進捗を視覚的に判断する日常の管理方法となる⁹⁾。

図一 11 は、間仕切壁工事における軸組作業、ボード作業の進捗を示す3次元点群とそれぞれの進捗状況を示す3次元画像との比較を示した図である。

画像で示した施工シミュレーションの結果と実際の工事中に取得した3次元スキャナーの点群データを比較することによって、出来形が計画ではいつの時点の進捗状況になっているかを知ることが出来る。また、点群データと3次元CADに基づく出来形モデルとをコンピュータ内で比較することによって、どの部材が



図一 10 基礎工事の進捗状況の計画との比較



図一 11 間仕切壁工事における軸組作業とボード作業の進捗状況の計画との比較

施工済みであるかを判別することも可能であり、工事の進捗管理に役立てることが出来る。

況にはない。建設独自の技術開発がなければならない。

J C M A

6. おわりに

施工シミュレーションは、従来の生産性や稼働率を求める乱数シミュレーションから、工事の進捗状況を視覚的に再現することによって、工事計画や管理の手法としての地位を築きつつある。しかし、視覚的な表示を可能にするためには、建築物を構成する膨大な部材や工事に関連する機械や仮設資材の形状や位置を正確に入力する必要がある。

最近では、設計過程における BIM (Building Information Modeling) の理念に基づいた 3 次元 CAD の活用の動きも活発になっており、施工シミュレーションを容易にする環境が揃いつつあるが、設計段階と施工段階では必要とする 3 次元情報の詳細度や内容が異なるため、課題も多いと言える。

施工シミュレーションは、工事を実際に行う以前に、机上で「建設工事のリハーサル」を行うことであり、建設を経済的に且つ短工期で達成するには不可欠な手法であると言える。現段階では、施工段階における 3 次元情報の利用技術と施工シミュレーション技術が未熟であり、真の「建設工事のリハーサル」を行い得る状

《参考文献》

- 1) 田村恭, 嘉納成男: 工事計画のための支援システムに関する研究 (4) 工程計画グラフィックシステムの開発, 電子計算機利用シンポジウム論文集, 1984.03
- 2) 古賀和夫・山本裕一・他: 3 次元 CG を利用した工程シミュレーション, 大会, 1992.08
- 3) 嘉納成男, 他: パーチャル建設現場システムの開発・建築工事の可視化シミュレーション, 建築生産シンポジウム, 2003.07
- 4) 恵羅嘉男, 他: システムシミュレーション—GPSS 入門, 1970, 日刊工業新聞社
- 5) A.Alan B. Pritsker: Introduction to Simulation and SLAM, John Wiley & Sons Inc, 1979
- 6) D.W.Halpin: An Investigation of the Use of Simulation Network for Modeling Construction Operations, PhD Dissertation, 1973, Univ. of Illinois
- 7) 石丸大介, 嘉納成男, 金炯根: 建築生産における取付け順序推定, 情報システム利用技術シンポジウム論文集, 日本建築学会, 2006.12
- 8) 石岡宏晃, 嘉納成男: 3 次元空間データを用いた作業干渉の解析に関する研究, 内装工事における作業干渉シミュレーション, 関東支部研究会, 2009.03 (掲載予定)
- 9) 金炯根, 嘉納成男, 蔡成浩: 建築工事における写真画像と VR 画像を用いた進捗管理に関する研究, 工事写真の撮影方法及び視点位置・方向の取得, 日本建築学会計画系論文集, 2006.01

【筆者紹介】

嘉納 成男 (かのう なるお)
早稲田大学
教授・工博



ドイツの建設産業における 構造変化とテクノロジー利用

Thomas Bock・Thomas Linner

第二次世界大戦後、ドイツの産業発展の推進力となってきたのは、競争の激化と競合の国際化である。そうした厳しいプレッシャーの下、ドイツは生産性を高め、革新性の高い、高品質の製品を生み出してきた。企業が利益を再投資することで、ドイツは高い技術力を誇り、高賃金は広く国民に一般的なこととなった。この高い技術力と賃金が、現在ドイツが社会的、経済的に繁栄している理由である。しかしドイツがこの繁栄を維持し、高めていくためには、産業界がこれまでの伝統を受け継ぎ、さらにテクノロジーを進歩させていく必要がある。それは将来の高い生産性、革新性、高品質は、これまで以上に技術力に左右されることになるからである。数年にわたる景気後退を経て、現在のドイツではほとんどの産業がグローバルリゼーション、CO₂排出、リソース不足の問題を抱えつつ、技術革新への道を進んでいる。しかし建設産業の状況は今までないほどに悪化している。過去10年間の構造変化と相対的重要性の継続的な低下、そして建築家、企業、労働者の柔軟性の欠如が相まって、高い失業率、スキルの低下、生産性の低下、テクノロジー浸透の減少につながっている。

キーワード：建設産業、構造変化、労働条件、テクノロジー、建設における自動化

1. GDP に占める各産業の割合

ドイツの経済状況は、この1年で著しく悪化した。世界的な金融危機と不動産危機の影響により、実質GDPは停滞し、経済的なリスクが大きく増大している。産業別の国内総生産(GDP)と粗付加価値(GVA)は、経済全体に占める建設産業の割合が徐々に小さくなっていることを示している。一方で、健康、情報通信、土木工学、サービス産業一般は、経済全体における相対的な重要性を増している。そのため建設産業は、経済、エコロジー、そして社会においてその重要性を高めているテクノロジー分野に、より適応し、これとの関係を深めていくべきである。

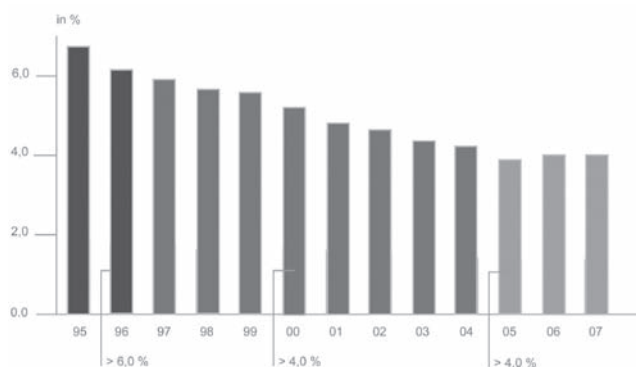
(1) GDP に占める建設産業の割合

1995年には、建築産業がGDPに占める割合は大きく、7.1%であった。2000年から2003年は5%程度で、ここ数年は4%程度で落ち着いている。この期間に、建設産業の労働者数は141万2,000人から71万4,000人に減少している。またこの同じ時期に、賃金の安い外国人労働者の数は増えている。

(2) GDP に占める各産業の割合

2007年のドイツのGDPは、2兆8,968億7600万米

ドルであった。これに占める農業の割合が1%、建設が4%、製造業が26%、サービス産業が69%であった。サービス産業の内訳は、取引、ホテル、レストラン、輸送(17.6%)、金融、賃貸およびコンサルティング業務(29.23%)、公共および民間部門によるサービス(21.85%)となっている。GDP全体に占める健康部門の割合はすでに11%(2,300億米ドル)に達しており、人口統計学的な変化を考えると、今後も増加するものと予想される。健康部門に続くのが自動車(9.7%)、機械工学(8~9%)、情報通信(7%)である。健康部門と情報通信部門はどちらも、将来さらに成長する大きな可能性を秘めている。



図一 1995年から2007年のGDPに占める建設産業の割合の変化(%)

2. ドイツ建設産業の他のヨーロッパ諸国との違い

通貨ユーロの導入以来、ドイツでは多くの産業とプロセスがヨーロッパと同化してきている。しかし建設産業に関しては、他のヨーロッパ諸国とは構造的に大きな違いがあり、いまだに国内の状況と需要に大きく依存している。

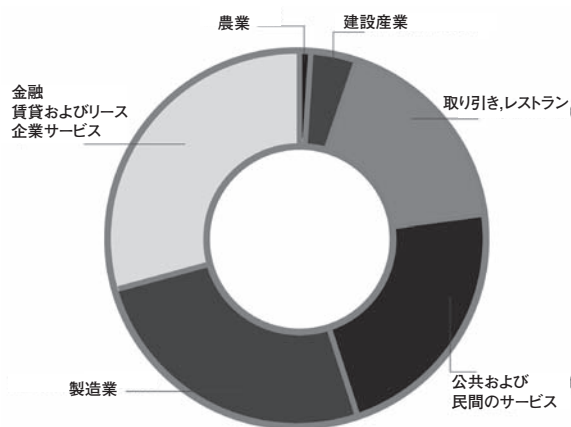


図-2 GDPに占める産業別の割合

(1) 建設支出

ドイツの建設支出は、世界第4位となっている。1位は米国で1兆米ドルを超えており、次いで日本、中国、ドイツとなっている。ヨーロッパではドイツがトップ(約3,000億米ドル)で、フランス、イタリア、イギリス、スペインが続いている。

(2) ドイツ建設産業の現状

ドイツの建設産業は、厳しい景気後退から2004年から2006年の間に回復し、勢いを取り戻した。しかし2007年から2008年に徐々にスローダウンし、投資家は多くのプロジェクトを中止、または延期した。いくつかの企業、技術者、建築事務所は、その規模を縮小し始めている。

現在の金融および経済危機により、建設産業はさらに問題が悪化するものと予想される。ドイツの消費者は保守的で、経済的に厳しい時代には貯蓄を増やす傾向がある。特に住宅市場は、2009年に大幅に縮小するものと予想される。金融業、自動車産業と同様に建設産業も、ドイツ政府および地方政府に資金援助を頼らざるを得なくなるだろう。

(3) ヨーロッパの労働コスト

ヨーロッパの労働コストは3段階に分類できる。ポルトガル(8.4)(単位はユーロ/人時、以下同様)、

スペイン(14.2)、イタリア(17.6)など、南部諸国はかなり労働コストが低い。一方、ルクセンブルク(19.91)、ドイツ(21.1)、フィンランド(24.9)、イギリス(25.04)、オーストリア(25.7)、フランス(25.9)などの労働コストは、ヨーロッパ平均(22.3)に近い。オランダ、スウェーデン、デンマークの労働コストは27ユーロ/人時を超えている。ひとつ顕著なのは、ヨーロッパの平均以下の国は、すべてオフサイト・ファブ리케이션があまり行われておらず、平均以上の国では、これが広く行われている(フィンランド、オーストリア、スウェーデン、デンマーク)ということである。

(4) ドイツにおける一人当たりの平均居住面積

一人当たりの平均居住面積、 $\text{m}^2/\text{人}$ の安定した増加は、政治的およびエコロジーの面での問題でもある。グリーン技術、断熱技術、効率化による省エネルギーは、一人当たりに利用可能な面積の増加によって、その一部が相殺されている。1990年から2008年に、この平均面積は旧西ドイツで 6.4 m^2 増加して 42.8 m^2 、旧東ドイツで 11.8 m^2 増加して 40 m^2 となっている。これは年間で、旧西ドイツで 0.35 m^2 、旧東ドイツでは 0.65 m^2 、増加していることを意味する。

(5) 一人当たりの平均居住面積、ドイツと外国の比較

ドイツ全体での一人当たりの平均居住面積は、 41.2 m^2 である。これは東京で利用可能な面積(25 m^2)のほぼ2倍である。ヨーロッパでは、アイルランド(35 m^2)、フィンランド(36.3 m^2)、フランス(37.5 m^2)、オーストリア(38 m^2)が最も狭い国々である。一人当たりの住居面積で最も贅沢な国はアメリカで、平均 68 m^2 である。より高効率を求める政治的な目標に関して、ドイツとその他のヨーロッパ諸国は住居面積の利用を再考する段階に来ている。

(6) プレハブ

ヨーロッパでは、プレハブは北欧諸国(プレハブ住宅が $>50\%$)とオーストリア(プレハブ住宅が 33%)に広まっている。イギリス、ドイツといった国々では、プレハブは住宅部門の約 14% を占め、ポルトガル、スペイン、フランスといった国ではほんのわずか(5%)である。ドイツでは、プレハブの割合は地域によって異なる。北部では $5\sim10\%$ で、南部では 25% に達している地域もある。2000年以降、ドイツでのプレハブの割合は平均 14% 程度に落ち着いている。年間で

約2万戸の建設のうち、1万2,888戸が多少の差はあれ工業化されたプレハブの木造建築、5,900戸が大工によるプレハブの木造建築、そして1,300戸がレンガのパネル壁、コンクリートパネルなどによるプレハブ建築である。昨年は、国内のプレハブ市場だけでなく、フランス、スイス、ベルギー、イギリスといった国へのプレハブ建築の輸出が大きな伸びを見せた。今後数年は、建設全体に占めるプレハブの割合が増加するものと予想される。

3. ドイツの建設産業の構造

ドイツの建設産業は、主に4つの部門に分類することができる。それは公共建設部門（31%）、住宅部門（31%）、民間の産業／経済部門（25%）、そして民間の地下工事（13%）である。現在、主要部門である公共建設、住宅、民間はよいバランスが取れている。公共と民間の部門は共に成長の傾向にあるが、住宅部門は減少が続いている。

(1) ドイツの建設産業

最近、公共建設部門は、ドイツの建設産業にとってより一層その重要性を増している。政府が管理する公共建設部門とその当局は、特に中小企業を支援しており、ドイツ建設産業の強力な推進力となっている。公共の道路および輸送関係の建設（44%）が公共建設部門で最大の割合を占めており、続いて公共の地下工事（35%）、公共のビル建設（21%）となっている。同様に、民間部門の建設も着実に増加している。この部門の主要な内訳は、オフィス・ビル（15%）、基礎構造（15%）、貿易とロジスティクスの建物（28%）である。現在、減少を続けている住宅部門が全体に占める割合は、31%である。その内訳では、最大がデタッチト・ハウス（土地つき1戸建て）（66%）で、次いで共同住宅（22%）、セミデタッチト・ハウス（2軒の家が壁の一方を共有する形式）（11%）である。

(2) 民間部門への投資の意図

2006年から2020年に、ドイツ政府と地方政府がインフラ、学校、病院、その他の維持と改善のために投資する金額は、約7,040億と試算される。その内訳は道路（23%）、学校（10%）で、政府が最も投資しようとしているのは下水部門である。公共輸送部門（5%）、病院（4%）へ予定されている投資はかなり少ない。「グリーン・バリュー」を創出し、CO₂排出量を削減し、よりよい医療システムを提供することにつ

いての最近の討論では、投資戦略を見直すべきとの声が上がっている。さらに公共部門への投資は、短期的に大手企業を支援するものであることが多い。こうした投資は、必要とされている長期的な変化や、新しいテクノロジーの統合を意図したものではない。

4. 住宅部門

1999年まで、住宅部門は最も重要な部門のひとつだった。しかし、その後は継続的な減少が見られる。これには1997年頃からの2つの構造的な変化も関係している。新築よりもリフォームのほうが重要になったこと、そして建築の売上高でデタッチト・ハウス（土地つき1戸建て）が共同住宅を上回ったことである。

(1) 新築からリフォームへ

ドイツでは、都市部、農村部に関わらず、建築物の耐久性が比較的高いことが一般的である。さらにドイツは、ほかの多くのヨーロッパ諸国と同様、物を大切に末永く使用する文化がある。都市部の建設計画、建築、その形態、ファサード（建物の装飾的な正面）に関する法令は、妥当な形で環境が守るよう定められている。米国や日本に比べると、技術的・経済的な寿命はかなり長い。1997年にドイツの建設産業は興味深い転換点を迎えた。修理やリフォームの売上高が、新築による売上高を上回ったのである。（新築：500億、リフォーム：850億）、この傾向が今後も続くことは確実と考えられている。

(2) 共同住宅からデタッチト・ハウスへ

1997年まで、新築の共同住宅の建設申請の数は、つねに新築のデタッチト・ハウスの申請数を上回っていた。1994年には、申請数は共同住宅が40万で、デタッチト・ハウスが23万であった。しかし1994年以降は、新築の共同住宅の建設申請数は急減し、1997年からは新築のデタッチト・ハウスの申請数がつねに多くなっている。

(3) 光熱・維持費

旧西ドイツ地域の1m²、1カ月当たりの光熱・維持費は、平均3.44€である。その半分はエネルギー消費（暖房、温水、電気）である。最も金額の割合が多いのは局所暖房（0.84€）で、次が電気（0.6€）、下水道が（0.4€）である。ここ数年は、ガスと石油の値上がりにより、光熱・維持費は徐々に増加している。そのため光熱・維持費は、基本的な家賃に対して相対

的な重要性が高まっているため、「第2の家賃」と呼ばれるようになってきている。基本的な家賃は農村部では3～4€, 主要な都市部では8～14€となっている。

5. 労働者と労働者の労働条件

労働者の最低労働条件は、各国で定められている。ドイツでは、労働条件だけでなく、労働者の賃金と社会保障システムも、一般に高いレベルになるよう考慮されている。しかしドイツの建設産業とその労働者および従業員は、苦難の時期に直面している。2009年には、世界的な景気後退により、状況はさらに悪化している。

(1) 労働者数の減少

1970年から1990年にかけて、ドイツは戦後初めて、建設、および建設業界の労働者数の継続的な減少を経験した。



図—3 建設業界の労働者数の変化, 1970～2007年

減少傾向は1990年から1995年の間にストップしたが、これはドイツ再統一によるものである。旧東ドイツのインフラおよび公共の建物、オフィス・ビルなどの状態が悪かったことで、一時的な建設ブームがおきたからである。しかしこの「黄金の時代」が過ぎると、1995年から2007年には建設産業はより急激に悪化し、ドイツの建設産業に携わる労働者数は半減した。2008年初頭からの情勢悪化と、さらなる世界的な経済危機により、今後もこの傾向が続くものと思われる。

(2) 外国人労働者の高い割合

ドイツでは、他の多くのヨーロッパ諸国と同様、外国人労働者が重要な役割を果たしている。彼らは主に、近隣の経済力が弱い国々から来ており、そのため安い賃金で雇用することができる。ドイツでは、建設産業自体の労働者数、そして外国人労働者数共に減少して

いるが、ドイツ人労働者に対する外国人労働者の割合は増加している。これは多かれ少なかれ、ヨーロッパ内で国境を超えた移動が容易になってきているためである。不法雇用の割合が高いため、正確な統計はない。しかし専門家は、外国人労働者の割合は地域によっては50%に達すると推測している。

(3) 需要の急激な変化と失業率

ここ数年の国民全体の労働人口に基づくドイツの平均失業率は、約7%である。しかし建設産業の失業率は、ドイツの平均を大きく上回っている。建設産業の失業率は、数年間に渡る整理統合により2007年には23%まで減少したが、2003年と2004年には、35%にも達していた。これは建設産業への需要が、売上高の面でも作業量の面でも急激に変化することが、理由のひとつだと考えられる。

(4) 50歳を超える労働者の失業

ドイツの建設産業は、機械やオフサイトでの組み立てや技術よりも、人間の作業に頼ることが多いため、現在の建設現場での労働は今までになくきつい仕事になっている。そのため退職年齢は65歳でありながら、50歳を超える労働者の数は少なく、60歳を超える労働者はほとんど皆無である。そのため50歳を超えると、多くの建設労働者は失業する。ドイツでは、失業者への支援システムが比較的整っているが、この建設労働者の失業は、公共の医療および社会保障システムにとって多大な負担となっている。

(5) スキルの低下

現在のドイツの建設産業では、スキルの高い労働者を見つけることは難しくなっている。建設産業界では数十年にわたって先が見えない時代が続いているため、企業は労働者を長期間雇用し、サポートすることを回避してきた。労働者のほとんどは一時的な雇用か、プロジェクト単位での雇用である。そのため昔からのスキルが次世代に伝達されておらず、現在の労働者には、基本的なスキルさえ持たない者も多い。

6. テクノロジーの浸透

ドイツの建設産業は、これまで述べてきたようないくつかなの変化や問題に直面している。世界的な金融および経済危機の影響により、変化のスピードは増し、問題はさらに深刻化している。自動車産業同様、建設産業でもドイツ政府および地方政府からの多大な資金

援助が期待されている。

しかしながら、産業部門ごとに支援をするのではなく、ドイツ全体の失業を食い止めるような投資戦略を考慮する必要もある。問題は、深いところに潜んでいる。ドイツでは、技術レベルの高さによって、社会的、経済的な繁栄がもたらされている。テクノロジーを浸透させるという戦略は、機械エンジニアリング、バイオテクノロジー、化学、または医薬品などのドイツ産業では、今だに有効である。しかし建設産業では、この戦略は結果的に失敗に終わっている。

自動車産業に約束されている支援と同様に、建設産業に対する支援もその用途・目的に対して条件を定めるべきである。徐々に「ドイツ製」のハイテク・ソリューションを開発し、これを実施することにより、建設産業の変化を支え、問題を解決するための計画を立てるべきである。これは、ドイツの産業全体を支援することになるだけでなく、最近の世界的な危機を利用して、ドイツのスキルと伝統に基づいた強力な再構築を行うチャンスを建設産業に与えることになるだろう。

(1) 市場で通用するテクノロジーと戦略

最新工場を備えた産業は、技術移転が可能な、様々な産業技術、知能機械、ロボット応用技術を提供している。さらに建設産業は幾つかの分野において、最新の、しかしまだインターコネクト（相互に連結）されていないテクノロジーをすでに開発している。最近の技術及び機械製品も、結果的には、増強または交換が容易にできるモジュラー型アーキテクチャ及び新技術または新機能に依存している。生産戦略分野での発展は、これらの漸進的な開発をサポートする事が可能である。「マス・カスタマイゼーション」と「一個流し（One-Piece-Flow）」は正に、個別の製品を提供することを求められる建設産業のニーズを満たしている。

(2) 制御テクノロジー

今日の自動化技術とロボット応用は、「制御テクノロジー」としてさまざまな段階で役立っている、次のような一連のコンピュータ支援プロセスの恩恵を受けている。

開発／プランニング：CAD（コンピュータ支援設計）、CAE（コンピュータ支援エンジニアリング）

生産：CAM（コンピュータ支援製造）

CIM（コンピュータ統合生産）

ロジスティクス：CARM（コンピュータ支援リソース管理）、コンピュータ支援生産スケジューリング

CALS（コンピュータによる物流支援）

販売：SFA（営業支援システム）

ECR（効率的消費者対応）

製品寿命：SSR（サービスサイエンスとロボット工学）

AAL（高齢化社会における生活補助環境）

(3) 自動化テクノロジー

独立型の製品として、非常にさまざまな生産関係の技術、建設関係の技術がすでに存在している。これについて、以下に簡単に説明する。

建設資材の生産

この分野でも他の多くの産業と同様、かなりの自動化が進んでいる。それは産業ネットワークに依存する他の多くの産業が同じまたは同様の製品に対して大きな需要を持っているからである。現在、建設産業の推進力となっているのは、ほとんどの革新が生まれている資材部門である。

プレハブにおける自動化とロボット工学

木材によるプレハブのカスタマイゼーションは、制御テクノロジーの統合によりますますサポートされている。あらゆる長さ、形態、表面が自動で生産可能で、どんな接合部も自動的に設計・生産が可能である。鉄骨構造でも、規格化、事前切断と処理の技術、最新はんだ技術、新しい接合部の設計により、ますます現実的な、産業化カスタマイゼーションが可能となっている。

モバイル自動生産ユニット

建設産業では、モバイル自動生産ユニットが、さまざまな種類のオンサイト・プレハブに使用されている。この生産ユニットは、小規模で輸送可能なモジュール化されている工場で、これを建設サイトの隣に設置して、ここで生産したコンポーネントを使用することができる。

モジュールによるサイトでの自動化とロボット利用

この20年間で、さまざまな種類の技術、たとえば自動の建設支援ソリューションおよびロボット、輸送可能なはんだロボット、ファサード要素を仕上げる、または維持するためのロボットなどが開発されている。しかしこれらのほとんどは、統合されておらず、または共通の設計プラットフォームまたは建設IT ERPプラットフォームに基づいておらず、独立して開発されたものである。

自動建設システム

このシステムは、ジャスト・イン・タイムの情報、資材、およびコンポーネントのフローに基づき、垂直に移動する自動化工場のように機能する。この基本的な原則は、作業スペースと垂直なデリバリシステムを

囲む構造である。梁、柱、インテリアの仕上げ、ファサードの要素は、統合された自動情報技術により正しい場所に設置され、組み立てられる。複雑で高度に自動化されたトンネル建設システムと同様、これらも数回使用できるよう設計されている。垂直および水平に移動する「建設工場」がモジュール化されているので、ダメージを受けたり、もしくは時代遅れになったアプリケーションは、時間の経過に従って交換または調整することが可能である。

オンサイトのカスタマイゼーション

共通のプラットフォーム、制御技術、および最新の組織構造にサポートされている自動建設システムは、JIT から JIS に移行することによって、より高度なカスタマイゼーションを提供できるよう、開発することが可能である。木造および鉄骨のプレハブで使用されている CNC 技術は、個々の高度なカスタマイゼーション製品（オンサイト・カスタマイゼーション）を提供する、垂直工場とそのサブシステム全体を制御するために使用することも可能である。

インテリジェント・コンポーネント

インテリジェント・コンポーネントとサービスサイエンスの応用は、経済的に重要な製品寿命の役に立っている。例としては、高齢化社会における生活補助環境、最新のコンピュータ支援による施設管理、関連するロボット工学応用、および統合適応型エネルギーソリューションの技術がある。

7. テクノロジー利用戦略

さまざまな独立型のソリューションとしてすでに存在している制御テクノロジーおよび自動化テクノロジーを、建設のあらゆる段階を支援するよう連結し、利用すべきである。建設産業は伝統的に変化が緩やかであるが、テクノロジー利用戦略は段階的に進めていくべきである。

ステップ 1 (1～2 年)：既存のプロセス、建設機械、建設機器を系統的にアップグレードしながら、基本的な「プラットフォーム」として、モジュール化、ロジスティクスと、IT に基づく企業リソースプランニング (ERP) ソリューションを徐々に導入する。

ステップ 2 (5 年)：ステップ 1 と相互作用するよう開発された、完全に新しい最初のシステムの利用準備が整い、一方でプレハブの自動化とロボット工学が、共存する規格として開発可能となって出現する。しか

し規模は小さく、複雑度も低い。

ステップ 3 (10～15 年)：産業化プロセスとロボット工学応用が、徐々にプランニングと建設のすべての活動と同期するようになり、モバイル自動生産ユニットとモジュールのサイト自動化とサイトのロボット利用が徐々に導入されている。規模は中程度で、複雑度も中程度である。

ステップ 4 (20 年)：産業化プロセスとロボット工学応用が、プランニングと建設のすべての活動に統合され、「建設」に対する私たちのイメージが変容する。自動建設が業界標準となり、ほかの建設の種類と組み合わせることも可能となる。すべてのテクノロジーは、互換性があり、また IT 企業リソースプランニング (ERP) ソリューションとプラットフォームに基づくモジュラー型アーキテクチャに基づいている。建設業界は原料の流れ、エネルギー、コストを完全にコントロールしている。規模は大きく、複雑度も高い。

ドイツの建設産業に提案されているテクノロジー利用は、困難でコストも時間もかかるものではあるが、ドイツ経済の文化と、ドイツのその他の産業のハイテクに基づく構造を考えてみてほしい。政治家、建築家、設計者、企業、および建設産業に関係するその他すべての人々は、自分たちが実際に持っている（ハイテクの）可能性を理解しなければならない。目標は、景気後退を相殺するだけの発展を実現し、長期的な戦略を立てることである。これを推進するプレッシャーも経済的な支援もあるが、必要なのは、他の産業に対する相互依存性を考慮し、将来の道筋をつける長期的な戦略を策定することである。

参考文献の出所：

DeStatis (ドイツ連邦統計局), ヴィースバーデン

JCMMA

【筆者紹介】

Thomas Bock
Prof. Dr. -Ing. /Univ. Tokyo
Chair for Building Realization and Informatics
Faculty of Architecture
Technical University Munich

Thomas Linner
Dipl. -Ing.
Chair for Building Realization and Informatics
Faculty of Architecture
Technical University Munich

最新の屋上緑化と課題

今 野 英 山

屋上緑化には地上の緑化と異なる特性があり、それぞれ技術的な課題となっている。第一の特性は建築物の上であるという点。これは積載荷重の制限や台風時などの風荷重の問題、防水や排水の問題、土壤水分が不足となる問題などがある。第二の特性は植物にとって苛酷な環境だという点である。土壌厚が薄く、水分環境が厳しいこと、温度変化や風が強いこと、過湿になりやすいことなどがある。第三の特性は屋上の利用面である。人の立ち入ることのできない場所での緑化のニーズもあり、管理上の課題も多い。

キーワード：屋上緑化、積載荷重、風荷重、防水

1. 屋上緑化の特性

建築物の屋上やベランダを緑化利用する場合、地上の緑化とは異なる幾つかの特性がある。建築物の上であるため植物の生育環境が過酷である点、建築構造との取り合いの中で様々な制約がある点、また屋上の利用上の特性が地上の緑とは異なる点などがあげられる。

これらの特性は従来の地上の緑化には無い技術的な課題であり、正しい知識がないまま設計し施工すると致命的な失敗につながる。事実、屋上緑化では失敗事例も多く、屋上緑化そのもののイメージダウンになりかねないものもある。

(1) 建築物としての制約

建物の屋上に物を設置する場合には、その建物の構造上許容される荷重を遵守する必要がある。地震国であるわが国では、地震を考慮した場合の許容積載荷重が小さく、屋上を全面的に緑化しようとした場合、通常の構造では薄層軽量緑化とならざるをえない。

また、屋上は建物内部を雨水などから守る役割があり、緑化をすることによる漏水は絶対避けなければならない。

(2) 植栽環境

地上の緑化とは異なり地下水分の上昇がないために土壤中の水分が不足がちになる。積載荷重制限もあり、土壌厚が薄い場合が多いため灌水装置が必要となり、かつ乾燥に強い植物が望ましい。また排水性も重要で

あり、長雨が続くと過湿になったり土壌の流亡の恐れもある。

周囲が全てコンクリート等の人工物なので輻射熱による高温対策が必要である。

一般的に風が強く、土と植物が乾燥しやすい。台風時には緑化基盤そのものが吹き飛んでしまう可能性がある。

(3) 利用面の特性

屋上には人の立ち入り可能な「屋上」と、人の立ち入りを想定していない「屋根」とがある。「屋上」の緑化では鑑賞や利用のニーズが高くなり、メンテナンスが重要となる。「屋根」の緑化の場合は積載荷重がほとんど無いこともあり、景観対策、環境対策としての緑化であり、ローメンテナンスが望ましい。

最近では東京都の屋上緑化の義務化などもあり、人の立ち入り可能な「屋上」でも積極的な利用を想定しない緑化となる場合が多い。

2. 屋上緑化の技術的課題

前述したように屋上緑化の特性からくる様々な技術的課題が存在する。その中でも最重要と思われる点について以下に解説する。

1) 積載荷重

建築基準法における屋上の積載荷重制限は(表—1)に示す通りである。

オフィスの屋上を全面的に緑化しようとした場

表—1 建築基準法 施行令 第85条

室の種類	構造計算の対象	(い)	(ろ)	(は)
		床の構造計算をする場合 (単位 N/m ²)	大はり、柱又は基礎の構造計算をする場合 (単位 N/m ²)	地震力を計算する場合 (単位 N/m ²)
(1)	住宅の居室、住宅以外の建築物における寝室又は病室	1,800 (180 kgf/m ²)	1,300 (130 kgf/m ²)	600 (60 kgf/m ²)
(4)	百貨店又は店舗の売場	2,900 (300 kgf/m ²)	2,400 (240 kgf/m ²)	1,300 (130 kgf/m ²)
(8)	屋上広場又はバルコニー	(1)の数値による。ただし、学校又は百貨店の用途に供する建築物にあっては、(4)の数値による。		

表—2 植物の大きさによる必要土層厚と重量

樹木の大きさ	セダム	芝生	低い草花	中位草花	低木・灌木	中木	高木
	5 cm	5 ～ 10 cm	30 ～ 60 cm	60 ～ 120 cm	60 ～ 120 cm	120 ～ 200 cm	200 ～ 400 cm
土壌の厚さ	5 cm	10 cm	15 cm	20 cm	25 cm	30 cm	40 cm
排水層の厚さ	1 cm 以上	3 cm 以上	5 cm 以上	5 cm 以上	5 cm 以上	5 cm 以上	5 cm 以上
荷重	改良土壌	—	160 kgf/m ²	240 kgf/m ²	320 kgf/m ²	400 kgf/m ²	480 kgf/m ²
	軽量土壌	40 kgf/m ²	80 kgf/m ²	120 kgf/m ²	160 kgf/m ²	200 kgf/m ²	240 kgf/m ²

合、地震を考慮した積載荷重制限は 60 kgf/m²である。これは湿潤時の比重 0.8 の人工軽量土壌を使用した場合でも、わずか 7.5 cm の厚さにしかならない。屋上緑化では、特に緑化のための構造を用意していない既存ビルの場合、最大のネックは積載荷重制限である。

通常、(表—2)に示すように、60 kgf/m²の緑化は乾燥に強いセダム類が主流となる。

既存のオフィスビルにどの程度の緑化が可能であるか簡単な試算してみた。建築基準法でのオフィスビルの屋上の積載荷重は<床荷重：180 kgf/m²、梁荷重 130 kgf/m²、地震荷重 60 kgf/m²>である。比重 0.8 の人工軽量土壌を使用したと仮定する。

- (1) 屋上の全面緑化：地震荷重 60 kgf/m²から計算すると土層厚わずか 7.5 cm。セダム類による薄層軽量緑化が現実的。
- (2) 屋上の半分程度の緑化：地震荷重から計算して、120 kgf/m²までは可能。土の厚さは比重 0.8 のため 15 cm。芝生などが灌水装置付きで可能。
- (3) 屋上の 20%の緑化：地震荷重から計算すると (60 kgf/m² ÷ 0.2 = 300 kgf/m²) となるが、床荷重：180 kgf/m²、梁荷重 130 kgf/m²を超えてしまう。緑化部分の平均がこれらを超えないよう設計する。レイアウトを工夫することにより、部分的には中木の植栽も可能である。

以上のように、既存のオフィスビルの屋上にはせいぜい低木類までで高木の植栽はごく部分的以外は難しいことがわかる。これが学校やデパートであれば積載荷重はもっと大きく、屋上の 20%の緑化であれば高木の植栽が可能となる。ただし、既に設備機器などが載っている場合も多く、荷重チェックは慎重に行う必

要がある。

以上のことから、既存のオフィスビルで広い面積を緑化したいというニーズに対しては、樹木はおろか芝生でも十分応えきれず、どうしてもセダム等による薄層緑化となる。セダム類は景観が単調であり、ヒートアイランド対策など環境効果が劣る傾向がある。このためこの数年、薄層軽量でも環境効果が高くボリューム感や季節感を可能とする植栽技術が出始めている。

2) 風荷重

屋上緑化にとって重要な課題の一つに風荷重がある。風荷重の計算は建築基準法に規定があり地域による基準風速の違いや地表面の状態による平均風速の違いなどが考慮されている。

風荷重には正圧と負圧があり、高木には正圧が作用し、緑化基盤にかかるのは負圧である。負圧は屋上面を通過する風が緑化基盤を持ち上げる力である。超高層ビルの屋上に薄層緑化を設置した際に計算した例では 360 kgf/m²に達している。これは屋上面での積載荷重制限をはるかに超える数値であり、通常の積載荷重制限の下では屋上緑化の自重のみで風の力に抵抗することは難しい。したがってシステム化された屋上緑化などでは風荷重を考慮した固定方法を検討する必要があるがでてくる。

また高層ビルの低層部分の屋上の負圧は、ビルを巻いてくる風が壁面(帳壁)に及ぼす負圧を計算することになり、屋上面のそのものの高さとは無関係にビル全体の高さによって規定される。ある高層ビルでの計算例では、60 m のビルの 20 m 部分の屋上も 50 m 部分の屋上も、負圧は標準部で 215 kg/m²となっている。

したがって、緑化の部位の高さが低いからといって、固定をおろそかにすると大変なことになる。

低層建物の屋上でも、計算すると緑化基盤の自重を超える負圧がかかる場合があり、十分注意しなければならない。以下に風に対する主な留意点を挙げる。

- ・屋上の角部・端部は風力が強くなることを考慮して設計する。
- ・緑地基盤の端部から風が入り込まない構造とする。
- ・背の高い樹木や成長の早い樹木を避ける。特に高層棟直下にある低層棟の屋上ではビル風の影響を考慮しなければならない。
- ・風荷重に見合う固定をおこなう。(自重、アンカー、ワイヤー、接着工法など)
- ・台風接近時には飛ぶ可能性のあるものの固定を厳重に行う。
- ・地被植物、マルチング、ネット等により土壌の飛散を防ぐ配慮をする。またフェンス等で折れた枝などが敷地外に飛散しない工夫を行う。

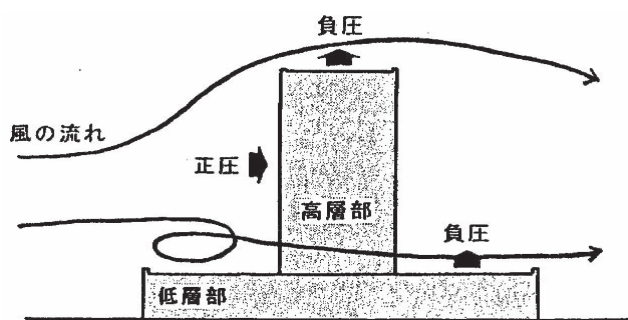


図-1 屋上に対する風の力

3) 防水との調整

屋上・バルコニーの緑化では排水設備や防水層との調整を図ることが重要であり、これらを無視すると漏水等の問題が起りかねない。

屋上緑化の標準的な断面構成は(図-2)に示すと

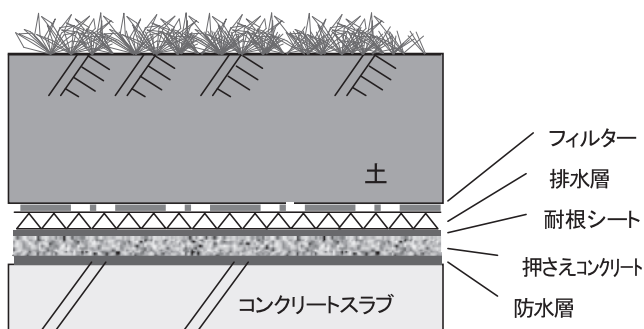


図-2 屋上緑化の一般的な断面構成(アスファルト防水押さえコンクリートの場合)

おりである。まず、コンクリートスラブの上に防水層がある。アスファルト防水の場合は通常押さえコンクリートで保護されている。アスファルト防水は植物の根が貫通するため、押さえコンクリートの目地などから根系が侵入しないようにする必要がある。これが屋上緑化の植栽基盤の一番下に敷く防根層(耐根シート)である。

植物の根は水分を求めて思わぬところに侵入するので注意を要する。

露出防水の場合も同様であるが、防根機能のある緑化用防水を用いるのが原則である。

防水層の耐久性は、アスファルト防水で15～20年程度、塩ビシート防水で10～15年、ウレタン防水で5～10年程度である。耐久年数を経過した防水層は漏水の可能性があるといつてよい。

年数の経過した既存の建物の屋上緑化では防水の改修を考える必要がある。マンションなどの集合住宅では、屋上は共有物となっており、防水の改修は管理組合の承認が必要となる。

防水改修は大きく分けて、押さえコンクリートがある場合と、露出防水の場合と2つの考え方がある。

(1) 押さえコンクリートがある場合

押さえコンクリートを撤去して防水層を改修する方法と押さえコンクリートを撤去せず押さえコンクリートの上に改修防水層を新設する方法がある。押さえコンクリートを撤去して再度アスファルト防水などで改修する方法は、緑化計画時に押さえコンクリートの荷重分だけ余裕のある緑化が可能となるが、コストと工期がそれだけ余分にかかることになる。押さえコンクリートの上に改修防水層を行う場合は、露出防水仕上げとなる。緑化計画は基準法の積載荷重範囲以内で行う。また、防水層の荷重も積載荷重にプラスして考える必要がある。

(2) 露出した防水層を補修する場合

旧防水層を撤去せず、旧防水層の上に、新設防水層を施工する方法がある。押さえコンクリートを撤去しない方法と同じで、露出防水となる。積載荷重も同様に考えること、また、防水層を傷つけない様に防水保護を考えるべきである。

(3) ベランダの場合

ベランダは下階もベランダのため、大多数のベランダでは、簡易的なモルタル防水かうレタン防水が施されている。ベランダは緑化を行ったり水を溜めるよう

には造られていない。

雨水の排水障害を起こさないようにコンテナなどで緑化を行う場合は問題ないが、どうしてもベランダ全体を使用して自由に緑化を楽しみたいとなると、新たに緑化に適した防水層を行うことが望ましい。ただし、新たな防水層を行う場合、管理組合や管理会社の許可が必要となる。

4) 維持管理

屋上緑化の維持管理は、緑化した部分の建物側の管理と植物を生育させるための緑化施設の管理、そして樹木や草花などの植栽管理に大別できる。

(1) 建物管理

建築物の屋上の管理は、全体の清掃や防水層の点検・補修、排水設備の点検・清掃など緑化の有無に関係なく定期的に行われる必要があるが、緑化を行った場合は特に漏水事故の起因となる排水孔やルーフトレインの点検を頻繁に行う必要がある。屋上・バルコニーでの漏水事故は現実には起こっているが、防水層そのものの破損による漏水はほとんど無い。多くは排水孔やルーフトレインの目詰まりで屋上面がプール状態になり、防水層の立ち上がりや水が越える場合である。

(2) 施設管理

緑化施設の管理には、土留め材や灌水装置など直接植栽に関連する施設や、床舗装、トレリスなどの柵類、池や噴水、パーゴラさらにはベンチ、テーブルなどの維持・管理がある。

土留め材には各種あるが、資材によっては破損して土壌が流出することもあり、ひび割れやサビ・腐りなどを点検・補修する。

灌水装置の管理は、コントローラーが確実に作動しているか、灌水間隔や量の設定が適切か、ノズルの目詰まりや管の破断はないかなどを点検しその都度対処する。灌水の間隔や水量は季節ごとに設定を変えたほうが植物のためになる上、節水にもつながる。

点滴ホースなどは長年月のうちには、水アカによる目詰まり、紫外線による劣化等が進行するため消耗品として考える。灌水設備や水栓、池・噴水などへの給水管はスラブ上を固定せずに配管されていることが多いため、道中での破断、漏水に注意する。

舗装材は構造的にその下部に当たる防水層の保護機能を果たしていることもあり破損箇所は早急に修理を

行う。

パーゴラやトレリス、手摺などについては重量物や、強く風圧を受けるようなものを取り付けてはならず、ツル植物の繁茂にも注意を怠らない。

その他の屋上施設全般について、強い風雨による施設や器具の破損などは早期に補修を行い、大きな事故につながらないように心掛ける。また、紫外線の強い屋上では塗料や防水剤などの塗装品は定期的に塗りなおすことにより耐久性が持続する。

(3) 植物管理

植栽した植物を長く保つ為には、灌水・施肥・病虫害防除・剪定・整枝・刈り込み等の管理が必要である。特に屋上緑化は、地上部での条件と異なる場合があるので、その状況に応じた管理が必要になってくる。

緑化を行った屋上・ルーフバルコニーにおいては、植物の急激な成長による荷重の増加も建物自体に影響するため注意が必要である。季節ごとに新しく植物を大量に持ち込むことで荷重オーバーとなることも起こり得るので、積載荷重量に余裕の無い場合は、持ち込んだ分だけ枯れた植物や土壌を持ち出すことを行う。

管理のグレードは屋上緑化の目的と植栽の種類、植栽環境によって異なることは言うまでもない。現状の屋上緑化が本来の目的に沿った形で維持されているかどうかを、環境に対する効果や景観、植物の生育状況などからチェックし、管理計画に反映させることも重要である。

(4) 手摺のない屋上

手摺のない屋上は基本的に人が立ち入って利用することを想定していない。床としての積載荷重も見込まれていない場合も多く、環境対策、景観対策が主体で、ガーデニングを行える空間ではない。従って極力メンテナンスの少ない緑化とするが、最小限の管理が可能な空間にしておく必要がある。

J C M A

【筆者紹介】

今野 英山 (こんの えいざん)
NPO 法人屋上開発研究会
技術開発部会長



超高層集合住宅におけるリフトアップ工事

嘉 本 敬 樹・石 川 善 弘

博多湾の新しい埋立地アイランドシティに位置する「アイランドタワースカイクラブ」は、3棟の細長いプロポーションの建物を、空中3層のスカイガーデンで連結した超高層集合住宅である。建設に際して、短工期という施工条件に加え、施工途中においても構造上の限界アスペクト比を超えない段階でスカイガーデンを構築し、3棟を連結することが求められた。この課題に対し、竹中移動架構工法の一つであるリフトアップ工法を本プロジェクトの特性に鑑みて改良を加え、「多段階リフトアップ工法」を開発した。本工法の採用により2008年8月に無事工事を完了させたので、計画及び工事の実施状況について報告する。

キーワード：超高層集合住宅、3棟連結、スカイガーデン、移動架構工法、リフトアップ工法、多段階リフトアップ工法

1. はじめに

アイランドシティは、高質な住環境と、新しい産業の集積拠点の形成など、先進的モデル都市づくりを目的に近年埋め立てられた人工島である。このアイランドシティに、地上42階建て、最高高さ145.3mの3棟連結という新しい構造形式の超高層集合住宅「アイランドタワースカイクラブ」が竣工した。

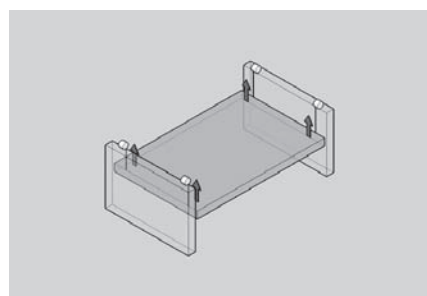
このプロジェクトは、アイランドシティが、街として早期熟成することを目指して、先進的でシンボリックなタワーを形成する事を基本構想としており、免震・制振技術等の構造設計技術、高強度コンクリート $Fc70\text{ N/mm}^2$ 、プレキャストコンクリート (PCa) 工法、および建物を空中部分で連結するスカイガーデン（鉄骨造）の多段階リフトアップ工法など、多くの設計・施工技術を組み合わせた建物である¹⁾。

本稿では、リフトアップ工法の特長と歴史を主な施工物件を通して紹介すると共に、従来のリフトアップ工法に改良を加え、本プロジェクトで新たに開発した「多段階リフトアップ工法」の計画、実施について報告する。

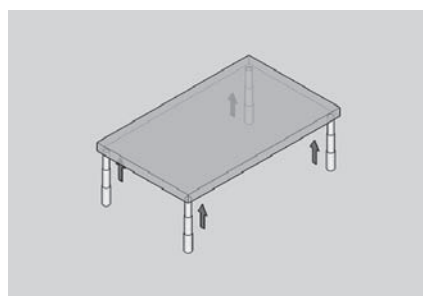
2. リフトアップ工法の特徴と歴史

リフトアップ工法は、地上で組み立てた架構を、本設柱（あるいは仮設柱）に反力を取りワイヤ等で吊り上げる工法である。架構を下方から押し上げるプッシュアップ工法、架構を横引きするトラベリング工法と共に「竹中移動架構工法」として位置付けられる（図—1）。

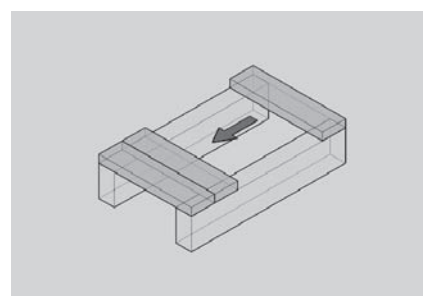
リフトアップ工法は、1913年にアメリカで考案され、高所作業の削減による安全性の向上、工期短縮の



a. リフトアップ工法



b. プッシュアップ工法



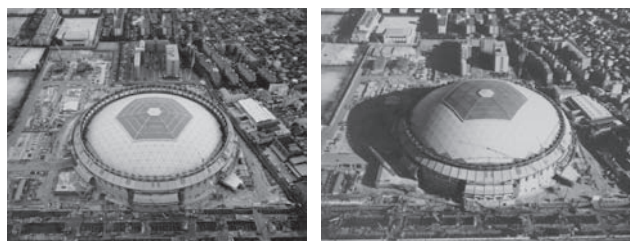
c. トラベリング工法

図—1 竹中移動架構工法

面で特に効果を発揮する工法である。当社では、1958年に、東京タワーのアンテナ部施工に際し、リフトアップ工法を採用している。建築においては、1962年銀座三愛ビルで、5階からR階までのスラブを、先立てしたコア鉄骨から吊り上げたのが最初である。その後、施工監視・制御システムの開発を経て、1992年には梅田スカイビル（写真—1）で1,040t、147mという空中庭園のリフトアップに成功、さらに1995年にはナゴヤドーム（写真—2）で、世界最大級のリフトアップ重量となる10,300tのドーム屋根を施工するなど多くの実績がある。



a. リフトアップ前 b. リフトアップ後
写真—1 梅田スカイビル



a. リフトアップ前 b. リフトアップ後
写真—2 ナゴヤドーム

3. アイランドタワースカイクラブの概要

(1) 建築概要

アイランドタワースカイクラブの最大の特徴は、アスペクト比1:7という、地震国である日本では、構造的に成立し難い細長いプロポーションの建物を3棟連結するという独自の構造形式で、ランドマークとしてのシンボル性と、超高層集合住宅の新しい住環境を両立させたことである（図—2）。各棟は、1辺20mの正方形をした平面形状で、建物中心に対して120°回転配置し、コア部分を最小限に抑えることで、超高

層住宅では初めて、すべての住戸について角部屋2面採光を可能とした。また、3棟の連結部分は、積層の屋上庭園「スカイガーデン」とすることで、超高層の眺望を享受しながら大地を身近に感じるというコンセプトも実現している。表—1に建築概要をまとめて示す。



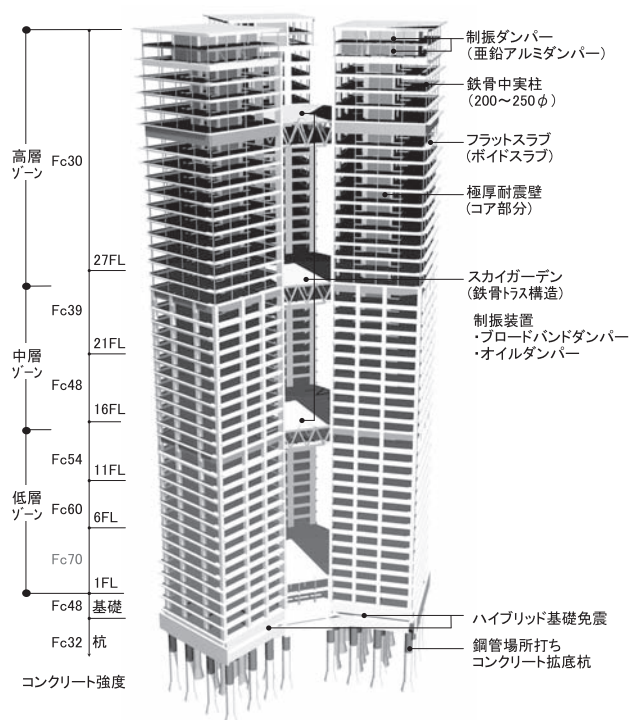
図—2 アイランドタワースカイクラブ

表—1 建築概要

建物名称	アイランドタワースカイクラブ
建 築 地	福岡県東区照葉3丁目
建 築 主	新栄住宅株式会社
設計監理	竹中工務店・司建築設計事務所 設計監理共同企業体
施 工	竹中・松本建設工事共同企業体
建物用途	共同住宅
階 数	地下1階、地上42階
最高高さ	145.3m
建築面積	6,997.58m ²
延床面積	60,831.26m ²
構造種別	鉄筋コンクリート造 鉄骨造、鉄骨鉄筋コンクリート造
構造形式	耐震壁を有するラーメン構造 基礎免震構造、制振構造
基礎形式	鋼管場所打ちコンクリート拡底杭
工 期	2006.6～2008.8

(2) 構造概要

3棟をつなぐ「スカイガーデン」は、1フロア分の階高を成に持つ鉄骨トラスで、15F、26F、37Fの床レベルに連結される。上弦材は本体建物と剛接、下弦材はオイルダンパーを介して建物と接合することにより、建物全体の制振装置としての機能も持たせている



図—3 構造概要

(図—3)。

本体の住居棟は、ハイブリッド免震用の各種装置（低摩擦弾性すべり支承・天然ゴム系積層ゴム支承・U型ダンパー・オイルダンパー）を1階床下部分に配置した上に、最頂部まで貫通する耐震壁を中央コアに配した。

建物低層部は純ラーメン構造、中層部は外周のみに梁（はり）型を配置したフラットスラブ、高層部は外周部を鉄骨無垢柱で支えるフルフラットスラブ、「スカイガーデン」が接続するフロアはSRC造と段階的に構造形式を変えることにより、垂直方向にゾーン分けして部材断面の設計を合理化すると共に、建物全体の重量を抑えることで免震装置及び杭を含めたトータルコストの低減を図った。

4. 工事概要

(1) 工事工程

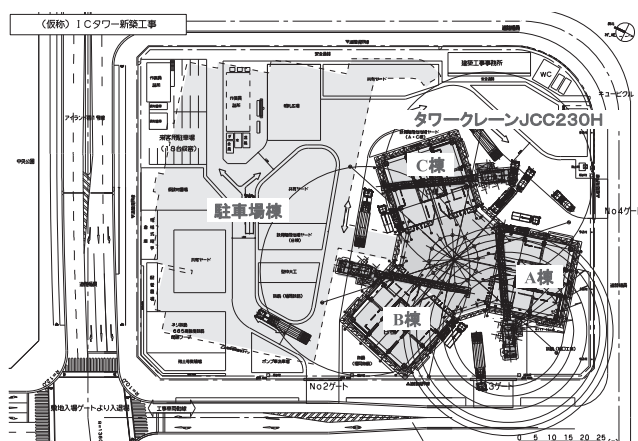
当建物の特殊かつ多彩な構造形式を実現するために、施工計画を構造設計と並行して進め、各種合理化工法を設計段階から盛り込んだ。特に、総合的なスケジュールの関係上、本体建物の躯体構築においては、基準階の工程は6日タクトが厳守となり、短工期施工は最重要課題であった。

そこで、工法面では、PCa柱および、仕口一体型のPCa大梁を用いると共に、在来部分は鋼製型枠のユニット化や鉄筋先組みにより、現地での作業の大幅

な低減を図った。さらに3棟をそれぞれ2日毎ずらしで作業していくタクト工程を組み立て、奇数日と偶数日の作業内容を、棟をスライドさせながら繰り返す明快な施工リズムとすることにより、施工効率を向上させている。

(2) 総合仮設計画

タワークレーン、工事用エレベータは各棟に1台ずつ配置し、綿密な揚重計画及び作業調整を行った上で、現地で確実に実施した（図—4）。



図—4 総合仮設計画図

5. 多段階リフトアップ工法

(1) スカイガーデン施工条件

住居棟3棟は、施工中に発生する可能性のある地震に対し、本体各棟が限界アスペクト比に達する前に、「スカイガーデン」を連結することが構造上求められた。具体的には、24階立ち上り躯体打設までに1層目（15階）のスカイガーデンを連結、35階立ち上り躯体打設までに2層目（26階）のスカイガーデンを連結する必要があった。また、住居棟の6日タクトの施工を中断することなく、合理的かつ安全な施工を行うことが絶対条件であった。

(2) 多段階リフトアップ工法概要

前述の施工条件を満たす工法実現へ向けて、全社の技術力を結集させた検討会を実施した。この検討会において、スカイガーデンの構築手順を、様々な工法について比較検討・協議した結果、躯体工事の進捗に合わせて段階的にスカイガーデンのリフトアップを行う「多段階リフトアップ工法」を採用することに決定した（図—5）。また、過去のリフトアップ工事事例と

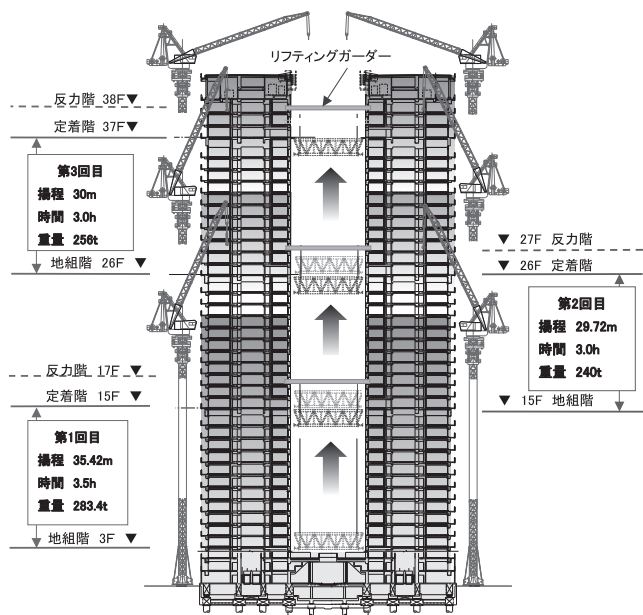


図-5 多段階リフトアップ工法

して、高揚程、高速リフトアップという点で梅田スカイビル、積層という点で大阪国際会議場のリフトアップ工事を参考にし、課題抽出を行った。

リフトアップする揚体としては、スカイガーデン主架構（鉄骨トラス）及び仕上げ材（外装パネル）とし、計画総荷重は約 300 t となる。また、揚体地組みヤードとしては、直下層のスカイガーデン上とし、1 回のリフトアップ揚程は約 30 m となる。

今回のプロジェクトは、主架構が RC 造であるという点で上記 2 事例とは異なり、高密度に配筋された PCa 部材に、リフトアップ荷重を受ける鉄骨ブラケットを固定させることが困難であったことから、棟間に仮設のリフティングガーター（写真-3）を架け渡す機構を採用した。また、リフティングガーター上を作業通路とすることで、棟間の往来が自由にでき、作業性が向上するという効果もあった。このリフティングガーター上には各 2 台の油圧ジャッキを配置し、6 点吊りのリフトアップとした。ジャッキシステムは、工程上の制約から 1 日でリフトアップを完了する必要があったため、毎分 25 cm の高速運転が可能なダブルツインジャッキ（写真-4）を採用した。

定着部には回転式のブラケット（写真-5）を配し、一旦上げ越したスカイガーデンを、ブラケットを閉じて短時間で仮受けできる納まりとした。また、施工誤差を吸収するために間詰め材を設け、リフトアップ完了後に寸法を実測した上で製作し、現地溶接を行い、施工品質を確保できるよう工夫した。



写真-3 リフティングガーター架設状況

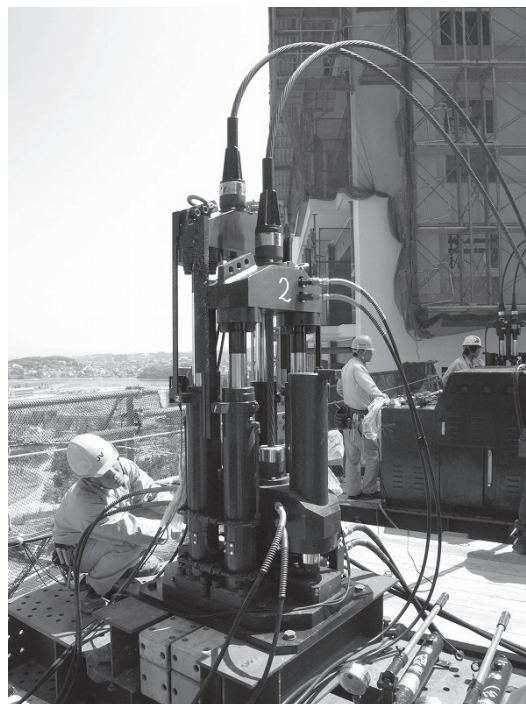


写真-4 ダブルツインジャッキ

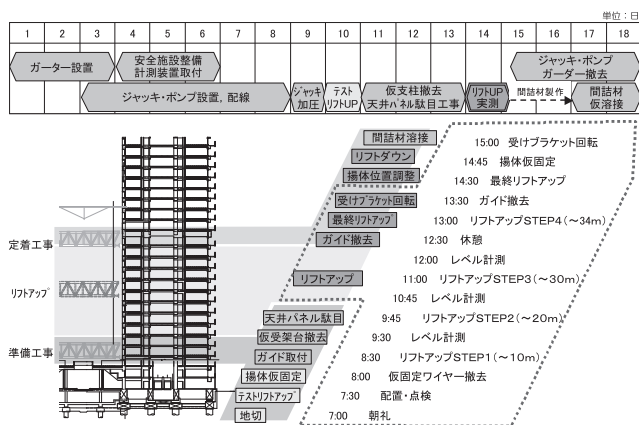


写真-5 回転式ブラケット

6. 工事実施状況

(1) 施工フロー

第1回リフトアップ時の施工フロー及びタイムスケジュールを図-6に示す。リフティングガーターを設置し、スカイガーデンを定着するまでの期間は、外装仕上げ用のスライディング足場盛り替え工程及び、先に説明した本体建物躯体工程の関係から、18日間という非常にタイトなスケジュールが要求された。リフトアップ当日の4日前に、テストリフトアップを行い、各吊り点の荷重と変位のバランス、揚体の変形を確認した。



図一六 施工フロー図

また、この間に揚体仮受け部の天井パネルを施工し、完全に仕上げた状態でリフトアップ当日を迎えた。

リフトアップ中はジャッキに作用する荷重、揚体の相対変位差にそれぞれ管理値を設け、6台のジャッキの盛り替えスピードを個別にコントロールした。また、揚程10m毎に光波距離計でリフトアップ量を計測し、エンコーダーの公差修正を行った。

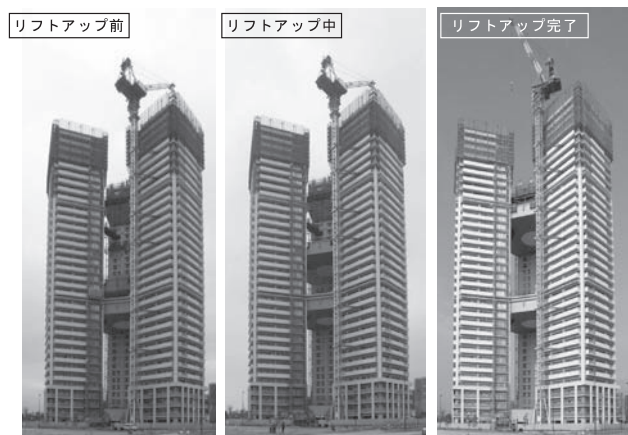
スカイガーデンの鉄骨トラスは、当初の予想よりも剛性が高かったことから、荷重、変位差の調整に時間を要し、当初予定していたタイムスケジュールよりも若干の遅れを生じたが、ほぼ計画通りにリフトアップを完了することができた。

(2) 結果

多段階リフトアップ工法の採用により、スカイガーデン部における高所作業の削減と共に、外部足場が不要となり、安全性・生産性が著しく向上した。また、第2回リフトアップ（写真一6）、第3回リフトアップと回を重ねる毎に、細かい改善を行い、当社の移動架構工法として新たな固有技術を確認することができた。

7. おわりに

世界にも類を見ない、3棟連結構造の超高層集合住



写真一六 第2回リフトアップ状況（15F→26F）

宅を、最先端の構造・施工技術の展開により短工期で実現させることができたのは、設計施工の協業体制と、各分野の知見結集の結果である。本プロジェクトで実施した多段階リフトアップ工法のノウハウ・要素技術は、リフトアップ工法だけではなく他の移動架構工法においても水平展開可能であると考える。

J C M A

【参考文献】

- 1) 西村章・白石洋介・鈴木健・木村秀樹：免震・制振構造を用いた3棟連結超高層RC建築物の設計と施工，コンクリート工学，Vol.46，No.4，2008

【筆者紹介】

嘉本 敬樹（かもと けいじゅ）
（株）竹中工務店
技術研究所
先端技術研究部



石川 善弘（いしかわ よしひろ）
（株）竹中工務店
技術研究所
先端技術研究部



NEDO におけるアスベスト処理対策技術開発と最新動向

山下 勝

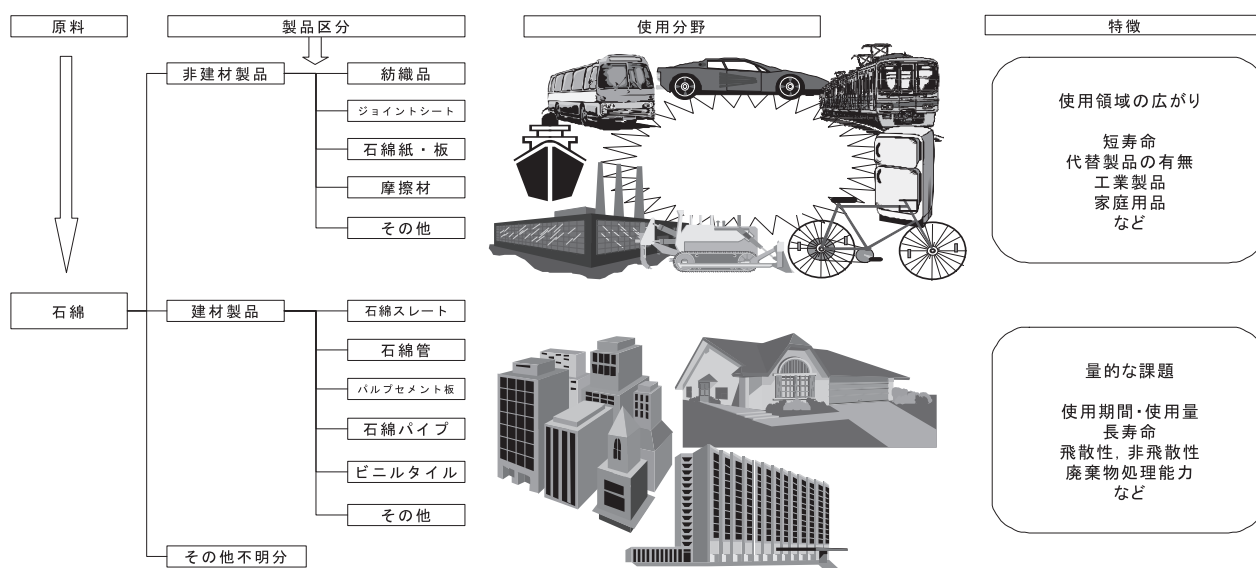
アスベストを取り巻く状況は激変しており、アスベスト含有率に対する規制強化、アスベスト類似3種への対応など、常に予断を許さない状況となっている。また、建材に起因するアスベストの排出ピークを2014年頃に迎えることが予想されることから、アスベストを安全に無害化、資源化できる技術が求められている。(独)新エネルギー・産業技術総合開発機構では、平成19年度より「アスベスト含有建材安全回収・処理等技術開発事業」をスタートさせ、簡易計側、アスベスト除去ロボット、溶融等による無害化、資源化などに関する革新的な技術開発を実施するとともに、アスベスト事業を促進するために必要な「アスベスト削減技術戦略ロードマップ」を作成している。

キーワード：①アスベスト、②剥離ロボット、③無害化、④資源化、⑤計側技術、⑥戦略ロードマップ

1. はじめに

アスベストは、天然に産する繊維状結晶鉱物の総称で、耐熱性、耐酸性、耐摩耗性が優れることから、住宅の吹付け材、壁天井、水道管、発電所、石油・化学プラントの配管シール材、自動車ブレーキなどの工業製品として累計970万トン程度が輸入されてきた(図—1)。今後、使用を終えた廃棄アスベスト製品の排出が30年以上続くと予想されており、2014年頃には飛散性アスベストの排出がピークを迎えることが明らかとなってきた(図—2)。一方、これらの大量の廃

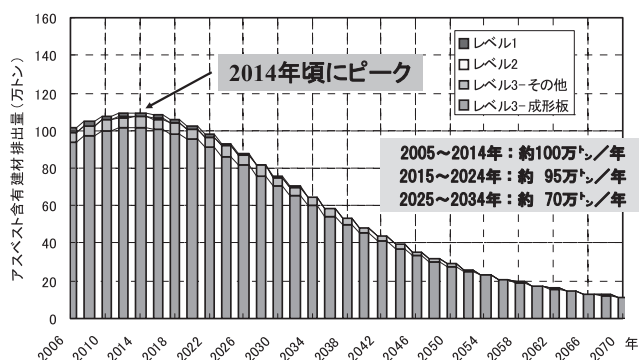
棄アスベストを効率的に削減するためには社会中に残存するアスベストの存在場所、量、状態を詳細に調べ(図—3、表—1)、どのような技術が、大量で早く処理できるかを見極める必要がある。このため、(独)新エネルギー・産業技術総合開発機構(以下NEDO技術開発機構と記す)では、アスベストのマテリアルフローを作成すると共に、5年以内に着手すべき優先テーマを明示するため、当該分野の専門家の協力を受けて、「アスベスト削減戦略ロードマップ」を作成してきた。さらに、平成18年度には、ヒトへの健康被害が大きいとされる飛散性アスベストを抜本的に削減



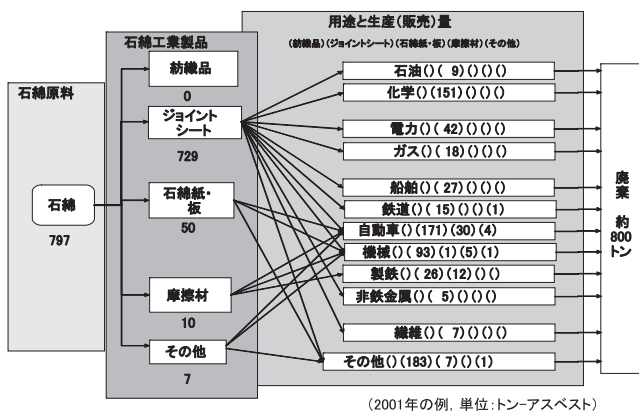
図—1 アスベストのマテリアルフローの概念

表—1 対象分野別のアスベスト廃棄物の排出量

	対象分野	大分類	中分類	小分類	製品生産量 処理すべきバルク量	最終処分方法	
ア ス ベ ス ト 削 減	建材	レベル1 (著しく発じん量の多い製品)	吹付け材 (飛散性)	吹付けアスベスト (アスベスト含量60-70%)	飛散性アスベスト	特別管理型 産業廃棄物 (管理型最終処分場) 溶融処理されたものは、 安定型産業廃棄物処分場へ	
				吹付けロックウール (耐火材アスベスト含量 Max. 30% 大部分4-5%)			
				パーライト吹付け (エレベーター等耐火被覆材、 アスベスト含量4%)			
				パーミキュライト吹付け (吸音・防音用廊下、天井)			
		レベル2 (比重0.5以下で 発じんしやすい製品)	保温材 (飛散性)	配管、エルボー、ボイラー等	バルク製品生産量 約170万トン		
			耐火被覆材 (飛散性) 断熱材 (飛散性)	S造の梁・柱等	残存量(推定) 約100万トン		
				屋根用			
		煙突用					
		レベル3 (発じん性の比較的低い製品)	成形板	外装用 (外壁、軒天、屋根材等)	非飛散性アスベスト		産業廃棄物処分場
				内装用 (壁、天井、床材等)	バルク製品生産量 約4,600万トン 残存量(推定) 約4,000万トン以上		
	セメント管						
工業用		ガスケット、パッキング等	バルク製品生産量 約150万トン	一般産業廃棄物 処分場			
家庭用		電気製品、ガス石油製品 キッチン・トイレ製品他	バルク製品生産量 約120万トン				



図—2 アスベスト含有建材の排出量の推計



図—3 アスベスト工業製品に関するマクスのフロー解析

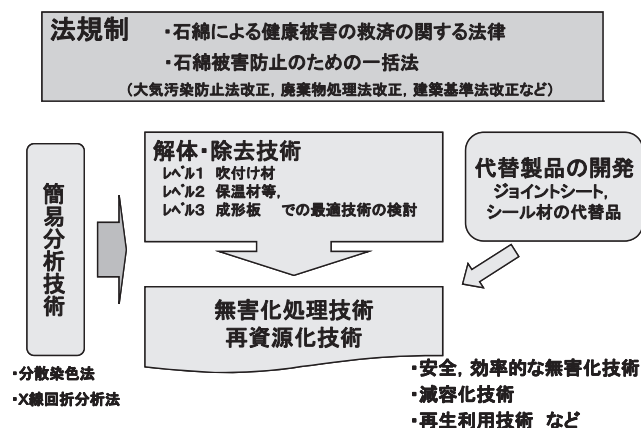
するため「緊急アスベスト削減実用化基盤技術開発」を実施し、年度内に実用に近い数多くの研究開発成果を挙げてきた。

現在、アスベスト処理技術に関しては、国内外において様々な研究開発が行われているものの、安全性の確保、分析精度、処理コストなどの難問をクリアしなければならない。いずれの研究開発テーマについても、かなりハードルの高い研究開発となっているものの、将来にわたって負の遺産として残さないためにも、0.1%以上の微量有害アスベストを1) 精度高く、迅速に探知・検出できる、2) 飛散することなく剥離・回収できる、3) 安価で大量に無害化・資源化できる革新的な技術を数年以内に確立しなければならない。そのため、NEDO 技術開発機構は、平成19年度から経済産業省(製造局窯業建材課)の補助を受け「アスベスト含有建材等安全回収・処理技術研究開発」プロジェクトをスタートさせた。本稿では、現在、NEDO 技術開発機構が実施しているアスベスト関連プロジェクトの研究成果とアスベストに関連する調査結果の概要を紹介する。

2. NEDO 関連プロジェクトの成果概要

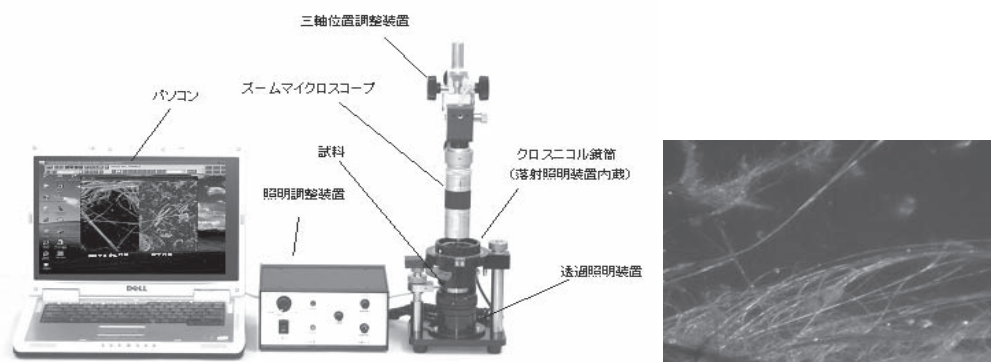
(1) 「緊急アスベスト削減実用化基盤技術開発」について

平成 18 年 1 月からスタートした「緊急アスベスト削減実用化基盤技術開発」プロジェクトでは、これまでのアスベスト対策では未着手、あるいは大きな波及効果が見込まれる研究開発を重点的にを行い、研究開発終了後 3 年以内に実用化が図れるように、実証試験、



図—4 アスベスト対策技術の技術体系

ビジネスモデルの構築まで行った（図—4）。具体的な研究開発としては、①オンサイト（現場）で、簡易、迅速にアスベスト含有製品を探知・計測できる技術（1wt%以上含有する建材等の検出が可能となる技術を開発 図—5、6：レアックス、東北大学）、②非建材等の代替製品に係る実証技術・試験（既存代替製品の寿命が1万時間以上推定できる技術及び新しい材料による代替製品の開発 図—7：ジャパンマテックス、日本バルカー工業）、③建材等の解体・除去、回収、無害化、リサイクルを安全、効率的にできる技術（解体、改修時における乾式アスベストの剥離に対する無人化及びアスベスト保温材等の溶融無害化技術を開発：竹中工務店、大成建設、北陸電力）を実施した。これらの研究目標は、平成 20 年頃までにアスベスト全廃を加速させるために必要な実用化基盤技術を確立することを目指すものであった。①の探知・計測開発では、1wt%以上の検出、3種類アスベストの区別ができ、現在は標準化、浮遊アスベスト測定に向けて、継続的に研究を行っている。②のガasket代替製品に関する開発では、既に販売が始まっており、パッキン代替に対しても NEDO 技術開発機構の別の開発資金において現在、開発が進められている。③の回収技

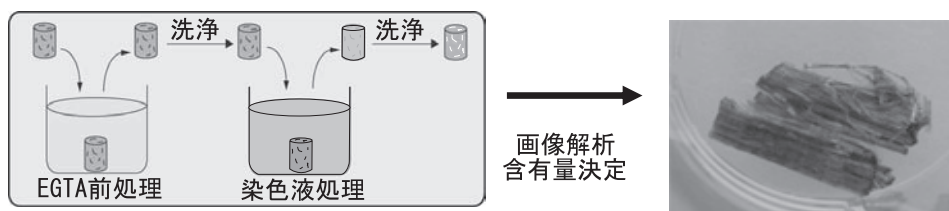


アスベスト観察例

検板や新照明方式を搭載した偏光判定装置により消光角と色調を測定し、3種類のアスベスト（白石綿、茶石綿、青石綿）の判別手法を確立した。

図—5 アスベスト検出用簡易偏光装置

ボーリングサンプル

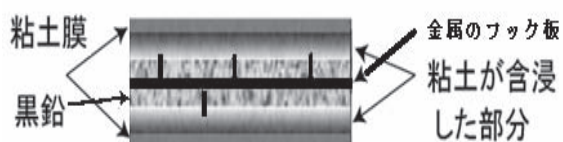


白石綿の染色例

アスベスト構造中の金属と特異的に結合する染料を用い、建材中のアスベスト（白石綿）の有無を染色により簡易に判別する手法を確立した。

図—6 染色によるアスベスト簡易検出技術

術では、乾式アスベスト（柔らかい）に関しては、解体、リニューアル時のいずれにおいても無人化できるロボットを完成させ、スムーズな操作ができるように模擬実験棟及び実際の現場での繰り返し剥離試験を実施している。また、無害化技術については、熔融炉に関しては既に開発が終わり、移動式システム全体の組み立てが行われている。いずれの研究開発テーマにおいても当初の開発目標をはるかに超えて達成されており、新聞、テレビ等でも数多く取り上げられている。



図一七 「クリアマテックス」の概観と断面図

(2) 「アスベスト含有建材等安全回収・処理等技術開発」について

「緊急アスベスト削減実用化基盤技術開発」プロジェクトが実施されていた平成 18 年 9 月に労働安全衛生法施行令と廃掃法施行規則等の改正によって、アスベスト含有製品に対するアスベスト含有率が、旧来の「1%を超えるもの」の規制から「0.1%を超えるもの」に強化されたことから、対処すべき製品の量や種類が格段に増大することが明らかとなった。前年度の調査結果からアスベスト含有建材等（1 wt%以上）に対する処理量は 4 千万トン程度と推計されていたが、含有率が 0.1 wt% に引き下げられたことにより、その数倍以上のアスベスト含有建材等を処理しなければならないと推定されている。さらに、平成 19 年 2 月には、トレモライトを含有する吹付け建材が存在することが報道され、従来のアスベスト 6 種（クリソタイル、

クロシドサイト、アモサイト、トレモライト、アクチノライト、アンソフィライト）に加え、新規 3 種（トレモライト、アクチノライト、アンソフィライト）のアスベストへの対応が追加されつつある状況となってきた。また、クリソタイルを 600～700℃で加熱処理すると、熱分解し、繊維状構造を持つフォレストライトが生成することが知られており、このフォレストライトについては 2005 年からラットやマウスでの動物実験により、人体に対しても甚大な障害を引き起こすことが専門家の指摘により明らかとなっている。

NEDO 技術開発機構は、平成 19 年度からは「アスベスト含有建材等安全回収・処理等技術開発」をスタートさせた。この事業では、緊急アスベスト対策プロジェクト（平成 17 年度単年度事業）では実施できなかった更に難易度の高いアスベスト（湿式吹き付け、スレート、成型板等）に関する、計測、剥離・回収、無害化・資源化できる革新的な技術開発を行うものである。具体的には、①極微量、浮遊アスベストに対して高い分解能、精度を有するオンサイト探知・計測技術（0.1 wt% 超レベル）、②安全性を確保しつつ作業効率性を高めた回収・除去技術（人手作業の 4 倍以上）、さらに③新しい熔融メカニズムや構造破壊技術などにより安全で信頼性の高い無害化・資源化技術（処理量 5 トン/日以上）に関する研究開発を実施することとなった。探知・計測技術に関しては、アスベストの探索にとって極めて重要な技術であるものの、種類、濃度などの法的な測定要因が変化しているため、公募スタート時においては優れた提案は出されず、平成 21 年度以降の新規な提案が待たれる状況となっている。回収・除去技術については、湿式アスベスト（コンクリートのように硬い）を対象に、遠隔操作によるアスベスト剥離ロボットを開発している。具体的には建物の解体に伴う高速剥離（大成建設）、及び建物リニューアルに伴う繊細な剥離が可能となるシステム（竹中工務店）の開発を緊急対策プロジェクトで開発したロボットを継続的に適応して研究開発を継続的に行っており、いずれのシステムも、乾式アスベストに引き続き、2、3 年以内に上市する計画で開発している。無害化、資源化に関しては、アルカリ融材による低温化による無害化技術（北陸電力）を、吹き付けアスベスト等へ適応拡大させるとともに、環境省の事業化認定制度取得を目指して専門委員会による審査を受けている段階にあり、平成 21 年度の 5 月頃には事業化することが期待されている。また、マイクロ波加熱（クボタ松下電工外装）、水蒸気加熱（大旺建設、戸田建設）による再資源化技術に関しては、平成 18 年度の環境

省の事業において基礎的な試験，データ取得は終了しており，本事業においては，事業化認定を受けられる規模での実証（再現性，安全性等）の確認を行っており，3年以内の事業化に向けた研究開発を実施してい

る（図－8）。これらの本事業では，2, 3年程度の研究開発を行った後に，自社における実証試験を引き続き行いながら，本格的な操業，事業化を早期に目指すものである（表－2）。



図－8 アスベスト含有建材等安全回収・処理等技術開発

表－2 NEDO 技術開発機構が実施しているアスベスト対策プロジェクト

分類	開発テーマ	開発機関	概 要	成果と今後の展開
① 探知計測	簡易偏光判定装置改良によるアスベスト検出技術の開発	(株) レアックス	既存の偏光顕微鏡において照明スイッチングの改良，CCD カメラの採用により，①アスベスト鉱物種の判定，②微細繊維の判定向上，③画像処理の向上が実現でき，高速，安価で高度の専門性を要求しない現場スクリーニング装置を開発した。	・消光角，色調変化で3種類のアスベスト(白石綿，茶石綿，青石綿)の判別が可能となった。 ・5分以内で判定 販売価格 250万円程度 ・既存公定法の簡易測定，標準化として継続改良中。一部，事業化としてスタート。
	水溶性塩基染料による吹付けアスベスト簡易判別法の開発	東北大学	アスベスト構造中のマグネシウムと特異的に錯化できる水溶性染料を用いて，建材等製品中の低濃度アスベストを発色させ，アスベストの有無を判定できる技術確立し，現場で簡易・迅速・安全に極めて安価に計測できるキットを開発した。さらに，浮遊アスベストの検出に展開中。	・建材の90%以上に含まれるクリソタイルを0.1wt%以上の感度で判定が可能となった。 ・1時間以内の測定，1万円以下/サンプル ・特許出願 平成20年試験販売
② 代替・実証	高温用非アスベストガスケット・パッキンの開発	産業技術総合研究所，ジャパンマテックス(株)	耐熱性・ガスバリア性に優れた粘土膜と黒鉛系材料とを組み合わせ，従来の非アスベスト製品よりも耐熱性，耐久性，耐薬品性に優れ，さらにアスベスト製品並みの優れた取扱性を実現したガスケット・パッキン製品(「クリアマテックス」)を開発し，実証サイトで性能を確認した。	・JIS性能試験により性能確認を行い，さらに450℃での高温シール，焼付け試験により実用性を確認済，更なる高温耐久性，寿命予測について試験継続中 ・平成19年1月から試験販売を開始した。20年度から本格生産体制へ。発電所，製鉄所，高エネ研等で採用。 ・20年度からパッキン等への適応をNEDO資金において開発中。
	シール材の非石棉代替製品に関する寿命推定技術の開発	日本バルカー工業(株)	化学・石油精製プラント，発電所などの高温条件下で用いられるアスベストシール材の代替製品として期待される複合型「巻形ガスケット」について，シール材の酸化消失に着目した短時間の高温加速試験によって，1万時間の寿命予測が可能となる評価技術確立した。	・1000時間の耐熱，シール試験結果と膨張黒鉛消失モデルを用いて，450～600℃における性能予測を行った。応力解析によるデータ信頼性を確保する予定 ・評価技術法をホームページで公開。個別の相談可
③ 解体・除去・無害化	吹付けアスベストの剥離・圧縮・梱包クローズ型処理システムの開発	熊竹中工務店	建物のリニューアル工事において，基礎を破損させることなく，複雑な形状の骨材アスベストを効率良く剥離するための遠隔操作によるロボット化を実現した。これにより，作業員の労働安全性の向上と工期の短縮化が実現し，クローズ型処理による粉塵暴露のリスクを回避することができる。	・鉄骨等の複雑な形状に吹付けられたアスベストを飛散させることなく，安全に剥離・圧縮・梱包できた。 ・実際のサイトにおいて繰り返し剥離実験を実施中。人手の4倍以上の作業効率へ改良中 ・平成19年からはNEDOプロで湿式処理を開発中。21年度から事業化へ
	遠隔操作による吹付けアスベスト除去ロボットの開発	大成建設(株)	ビル解体時の乾式吹付けアスベスト除去において，高圧水噴射ノズルの装着されたロボットを作業区域外からの遠隔操作により行い，剥離・除去されたアスベストをスピーディに回収するシステムを開発した。今後の大規模なアスベスト除去工事の大幅な省人化・省コスト化・工期短縮に貢献できる。	・実物件による繰り返し試験により性能確認ができた。NHKで放映される。 ・工期1/2 廃棄物減容化1/2に目処をつけた。 ・平成19年からはNEDOプロで湿式処理を開発中。本格的な作動確認を実施中。 ・平成20年度からは，産総研と実サイト処理の装置へ改良するための研究をスタート
	オンサイト式(移動式)溶融・無害化処理システムの開発	北陸電力(株)	アルカリ融剤を併用した誘導加熱による飛散性のアスベスト含有保温材の1100℃以下の低温溶融処理技術確立し，コンパクトで安全性が高いアスベスト溶融・無害化処理技術確立した。さらに，オンサイト式処理を行うためのコンテナ車(前処理，集塵システム等)の概念設計を行った。	・60～150kW溶融炉による融解試験を行い，アスベストの構造破壊による無害化が確認 ・処理コスト 4～6万円程度/ ^m ³ ・平成19年からはNEDOプロで吹き付け材に展開中。 ・20年度には，環境省の事業化認定を受けるための専門家評価を実施中
	マイクロ波加熱によるアスベスト建材無害化・資源化装置の開発	クボタ松下電工外装(株)	アスベスト含有建材にマイクロ波を照射し建材中のアスベストだけを無害化し，建材を再資源化できる実用化規模装置(処理能力5 ^{トン} ／日)を製作した。マイクロ波加熱小型試験装置により，より高速，安価で無害化できる最適な処理条件を決定すると共に，30 ^{トン} ／日処理が可能な，設計仕様を決定する。	・小型試験装置を実用化規模装置に改良し，スケールアップに伴う最適運転条件の抽出，連続運転による再現性の確認等実証確認を行った。処理費 2万円/ ^{トン} 。 ・2次飛散せず処理できること⇒事前粉砕処理ゼロ ・残存石棉量ゼロ⇒JIS A 1481の分析方法でアスベストが認められないこと
	低温過熱蒸気によるアスベスト無害化・資源化装置の開発	大旺建設(株)，戸田建設(株)	900℃以下の低温過熱蒸気でアスベスト含有建材に含まれるアスベストの構造破壊により大量，安価で無害化，資源化できる装置を製作した。さらにパイロット規模装置による8時間の連続運転での問題点の抽出とその解決を図り，実用化に耐える無害化最適条件の抽出，連続試験などトータルシステムとしての実証確認を行っている。	・パイロット規模装置(5 ^{トン} ／日)を製作しにより8時間連続運転を実施し，その性能を確認するとともに，30 ^{トン} ／日の実用化装置のための設計パラメータを決定し，実設計を行う。 開発目標：建築基準法37条に定める「レディミクストコンクリート」の品質・性能要件の検証・連続処理に伴う再資源化(ポルトランドセメント)に関する実証評価品質要件を確認中。

アスベストは社会に様々な形態で存在することから、これらの研究開発中の技術では解決できない場合は、さらに、研究開発資金を投入して精力的に研究開発を行うと共に、早期の実用化を図りながらアスベストの削減を効率的に行えるような技術を整備することを図っていききたいと考えている。

3. アスベストに関する最新動向調査

(1) 無害化処理技術の動向

アスベスト廃棄物（1%超の場合）の約90%を占めるアスベスト含有建材の排出量の予測によれば、2014年頃をピークに、2005～2014年：約100万トン/年、2015～2024年：約95万トン/年、2025～2034年：約70万トン/年が平均的に廃棄され、埋立地の逼迫と価格の高騰により無害化・資源化処理対策が緊急の課題となっている（図—9）。さらに、2006年9月の法改正により廃棄されるアスベスト量はさらに大幅に増える予想されていることから、できる限り早期に、大量処理が可能で経済性が高い技術を確立することが求められている。飛散性アスベストでは、解体時の飛散防止を最重要課題とし、コストの高い埋立て処分に代わる安全に無害化できる溶融炉の開発が重要になる。一方、非飛散性アスベストでは、2020年までに大量無害化処理技術の実用化達成を目標として、コスト低減を目指すことが重要である。微量アスベスト

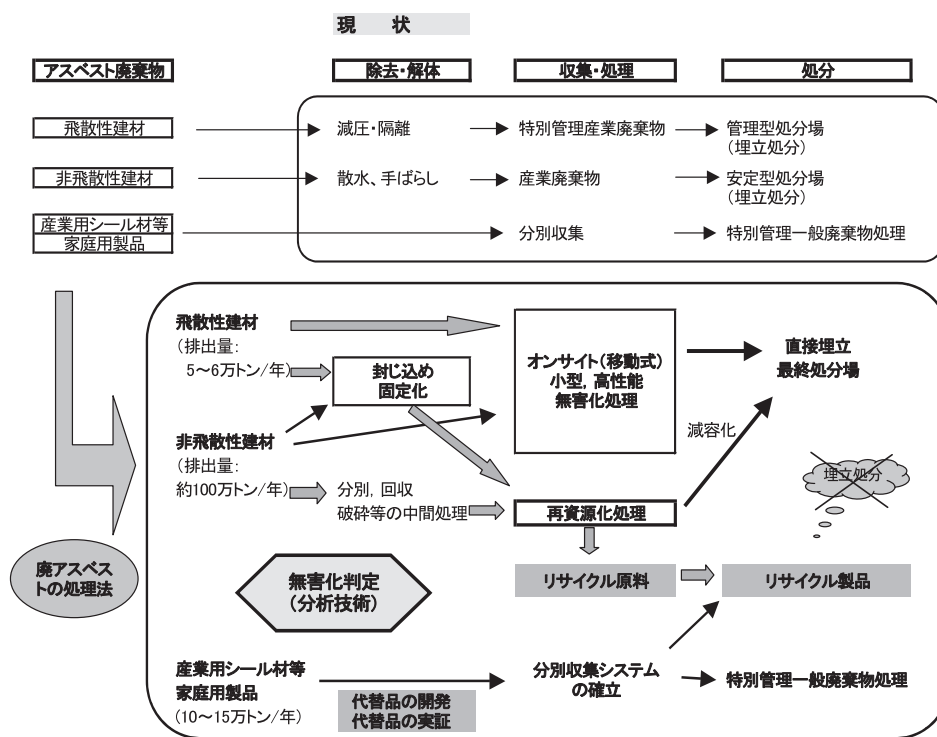
では、より大量の無害化処理技術の開発が求められる（表—3）。同時に精度の高い分析技術、無害化判定技術の開発とともに処理コストの低減をいっそう推進することが重要である。

アスベストそのものの溶融温度は1500℃以上であるが、低融点化合物の配合によって融点の低下が可能である。経済性の高い処理プロセスを開発するには無害化処理の低温化を行い、熱エネルギー消費量の低下やプロセス装置費の低減をはかる必要がある。現在研究開発中のアスベスト無害化プロセスについて、開発目標、開発課題、開発スケジュールを表—4に示す。処理温度の低温化については、フロン分解物や塩化物を添加しアスベストと共溶融化する技術や水熱合成処理プロセスの開発などが行われている。また、アスベストの溶融化の熱源として、プラズマやマイクロ波を活用したプロセスの実用化が検討されている。

アスベスト含有廃棄物の無害化処理技術については国内では数多くの研究開発が行われているにもかかわらず、国内では環境省が規定する無害化認定制度で認定された事業者は、現在まで出ていない。この制度で満たすべき条件は多く、とくに実証試験および生活アセスメントに相当の時間を必要としているためと考えられている。

(2) 「アスベスト削減技術戦略ロードマップ」

アスベストのヒトへの健康被害が、マスコミ等で明



図—9 アスベストの処理・処分と資源化技術の必要性

表―3 アスベスト無害化処理における対策技術の要件

分 類	アスベスト量 (1000t)	バルク量 (1000t)	対策技術の要件
レベル1&2 (飛散性アスベスト 建材)	462	1,712	アスベスト濃度が高いため、溶融処理／マイクロ波処理が有効 体種の減容化大 レベル2のバルク量100万t。特定の処理が、あるいは溶融処理 無害化は必須条件 減容化技術が重要な対策
レベル3 (非飛散性アスベ スト建材)	7,013	53,439	アスベスト含有量の高い建材のバルク量は約40万t。溶融／マイ クロ波処理が有効か アスベスト含有量10～20%の建材は3000万t以上大量に存在。対 策技術開発の主体 アスベスト含有量10%以下の建材は約1400万t存在。適用対策技 術の選定条件が重要。 大量処理における無害化と再資源化が必須条件
石綿セメント管	461	2,489	量的にはバルク量で250万t程度。大量処理技術と併せての実施が 期待される
工業製品	586	1,460	処理はまとまって回収できるかどうかによる
家庭製品・その他	820	1,170	処理はまとまって回収できるかどうかによる
検知技術			簡易・迅速・判定量可能な分析技術、モニタリング技術
解体・除去			解体・除去における飛散防止のための固定化技術
封じ込め			封じ込め対策による延命化技術
合 計	9,341	60,270	
総輸入量	9,880		

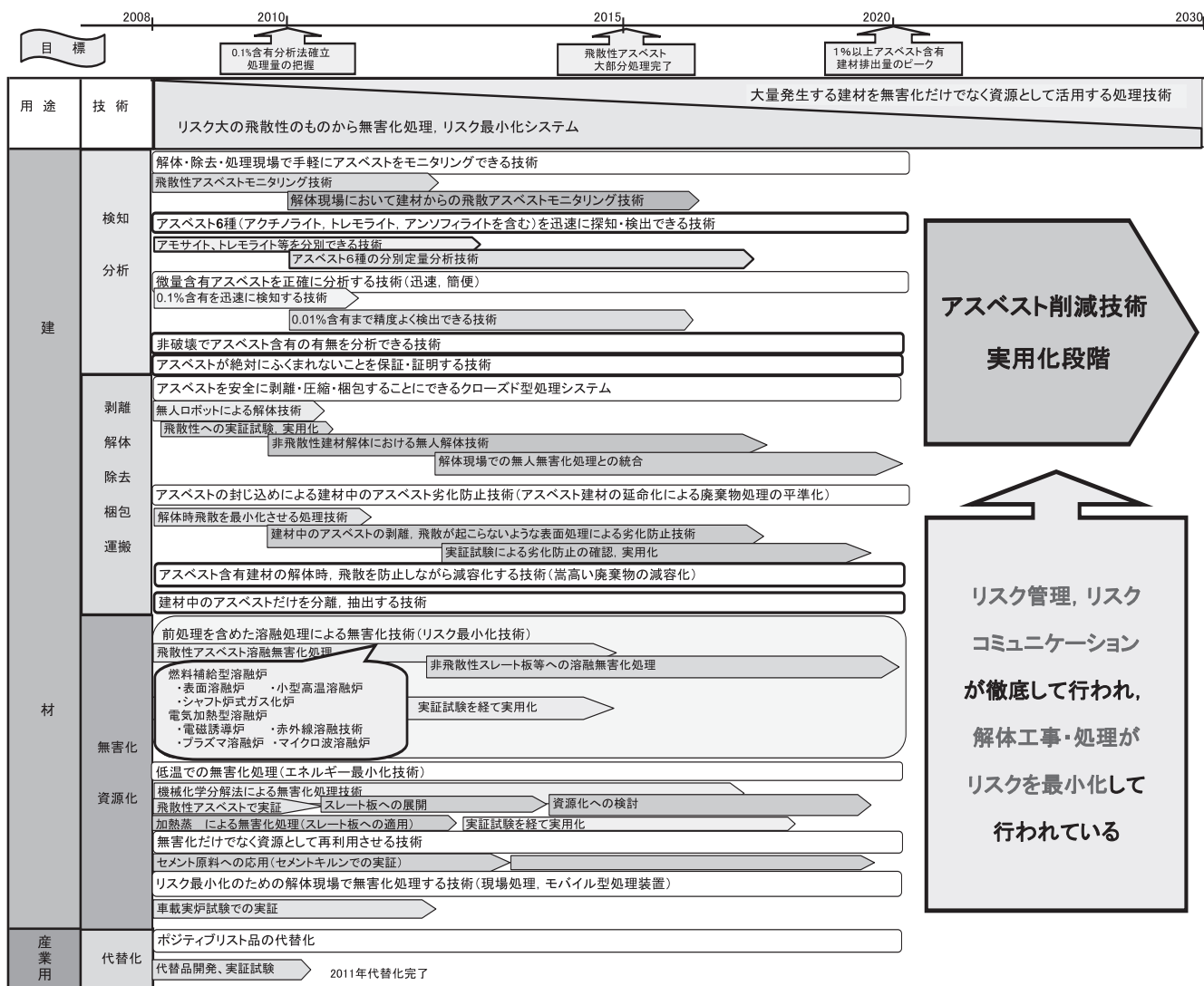
表―4 国内におけるアスベスト無害化技術の開発状況

プロセス名	事業主体・研究主体	プロセスの概要	開発目標	主な開発課題	開発スケジュール
プラズマ加熱	(財)電力中央研究所	・10,000℃以上の高温プラズマによってア スベスト廃棄物を瞬時に溶融無害化する。 ・廃棄物処理量に応じてプラズマトーチの出力 が選定でき、様々な規模の処理システムが 設計できる。	・低コストの溶融炉装置と溶融技術の開発	・処理コスト低減に向けた中・小規模プラズマ 溶融処理システムの開発 ・処理システムの耐久性、安全性の改善	・1999年基礎実験でアスベストの無害化処理を 検証。実用炉の開発は現在のところ未定 ・移動式のプラズマ溶融炉につきFSを検討： 処理量 5 t／日、稼働日数 100日/年 設備費 1～2億円
マイクロ波加熱	核融合科学研究所 外々松下電工外装機	・アスベスト含有建築廃材のセメント中Ca成分 がマイクロ波を吸収し、廃材の塊全体が均一 に自己発熱 ・破碎不要：スレート瓦を破碎せずに連続加熱 が可。処理した建材はフィラーとしてリサイ クルする。 ・迅速加熱：照射保持時間は1時間以内 処理温度800～1,200℃ ・排気が少なく安全性が高い	・スレート瓦内部まで均一に加熱できる省エネ 型無害化プロセスの開発 ・実用機の規模：処理量数10 t／日 ・処理コスト：2～3万円／t (最終処分場での埋立処理費と同等の 処理費用)	・ラボ試験による無害化の検証確認 ・マイクロ波加熱条件の確立 必要な処理最低温度×時間の条件、 投入量(重ね枚数)の最大値 ⇒処理能力、消費電力の算定 ・石綿含有量の異なる建材での処理条件 の確立 ・マイクロ波の効率的な照射条件の確立	・H18年度：実証試験で無害化条件の把握 実用機規模の設計条件の明確化 ・H19～20年度：高効率なプロセス開発 (5 t／日規模のパイロット機を設計試作) 耐久性の評価確認。 建材のフィラーへのリサイクルの検討 ・H21年度：実用化開始
オンサイト溶融炉	北陸電力㈱ (NEDO「緊急アスベ スト削減実用化基盤 技術開発」)	・100 m ² のアスベスト保温材が処理できる オンサイト式(移動式)処理システム ・アルカリ融剤と誘導加熱炉との組合せ処理 処理温度1,000～1,100℃ ・解体から溶融・無害化までが排出事業所内で 完結し、運搬・埋立て時の環境リスクが低減	・アスベストをオンサイトで処理が可能な 移動式小型炉の開発	・アスベスト溶融条件の最適化 ・誘導加熱方式、構造の最適化 ・実規模レベルでの溶融技術の最適化 溶融システムの最適化、環境影響への評価 無害化及び再利用方法に関する評価 ・実用化装置の試作	・平成18年度：実用化炉の試作と実証試験 ・平成19年度：溶融処理効率の向上と オンサイト処理車の詳細設計 ・平成20年以降：アスベスト無害化認定の 取得と実用化(処理量 5 t／日)
水熱合成処理	大阪大学 (環境省「廃棄物処理 等科学研究費補助」)	・300℃程度の水または水蒸気を用い、スラグ 成分から新しい結晶相を合成し、原料微粉末 同士を強度に結合させ無害化する。 ・鉱物相の有価物質への転換が可能	・低温排熱などを利用した低エネルギーコスト のプロセスの開発 ・別種鉱物への転換による高品質リサイクル 製品の製造プロセスの開発	・水熱処理条件の確立 添加剤の探索と添加条件の最適化による アスベスト廃棄物の水熱反応性の改善 ・アスベストの改質技術 水熱処理条件の最適化によるアスベスト の無害化 ・省エネ、省コストプロセスの検討 排熱利用などによる経済性の向上	・平成18～19年度：水熱変質相の同定など の基礎研究、プロセスの概念設計の 検討等を実施 ・実用炉の開発は現在のところ未定。
低温溶融化処理	群馬高専 ㈱キンセイ産業	・アスベスト材にフロン分解物や塩類を混合 して熱処理することで、アスベストのMgと Siが切断され、700℃で石綿の融解が可能	・低温処理が可能な低エネルギーコストの 溶融炉の開発	・低温溶融化条件の確立 塩の種類と添加量の最適化 添加方法の最適化	・平成16年度から「地域新生コンソーシアム 研究開発事業」として実証試験を開始。 ・早期に実用化を目指す。 ・実証炉装置：高さ5 m、 処理能力 数10 t/hr

らかになったことから、アスベストの削減を効率的に進めるために、平成17年度からアスベスト対策技術に関する国内外の最新動向を調査し、平成18年度に技術戦略マップを初めて作成し、1%以上含有アスベスト建材等を効率的に削減していくための方向性を提示してきた。さらに、毎年、アスベストを巡る状況が変化することから、平成19年度には、非飛散性アスベスト成形板、スレート板(1%超含有製品)、0.1～1%含有建材等に関する計測、無害化を中心とした詳細な調査を行い、2020年ごろまで「アスベスト削減技術

戦略ロードマップ」を作成した(図―10)。さらに、平成20年度のローリングでは、①新たなアスベスト類似鉱物3種や0.1%以下の微量有害アスベスト(既存の6種等)を迅速に探知・検出できる革新的な技術、②オンサイトで安価で大量に再資源化できる革新的な技術を中心に詳細な調査を行い、2030年頃までに対応した戦略ロードマップの修正を行っているところである。

NEDO技術開発機構では、これらのロードマップを活用して、従来のアスベスト対策技術ではカバーし



図—10 アスベスト削減技術戦略ロードマップ

きれいな新たな課題を抽出するとともに、安価で効率的にアスベスト削減が図れる革新的な技術課題を提示しているが、喫緊の研究開発ポイントとしては下記のとおりに纏められる。

【技術開発のポイント】

- ①飛散防止等のリスクを最小化する処理システム：
 - ・解体・除去等の作業に必要な費用は、アスベスト建材の全体処理費用の4割近くを占め、飛散・浮遊防止につき経済的なリスク最小化技術の開発が必要。
- ②大量処理に掛かるエネルギー最小化技術：
 - ・今後、アスベスト含有建材等を年間100万トン/年程度処理する必要がある。現在開発中の処理技術を実用化、導入することで、量的な対応可能。
 - ・処理、埋め立てに要する費用はアスベスト建材の全体費用の約5割。処理技術のコストダウンが課題。
- ③0.1 wt%超の微量有害アスベストを迅速に探知・検

出できる分析技術：

- ・今後、約250～300万トン/年の排出が予測される。大量処理技術の開発とともに処理コスト、処理エネルギーの削減が重要な課題。

4. まとめ

現在、国内のアスベストの状況は、20数年前の米国に極めて酷似していると言われている。米国では、アスベストに対する予防対策が遅れてしまったために20兆円を超える大きな訴訟問題となっている。国内ではこれほどの大問題に発展しないように、未然に消費者と事業者がある程度の費用負担を負いながら安全な処理技術を遅くともアスベスト排出量が最大となる2014年頃までに実用化技術として確立しておく必要がある。労働安全衛生法施行令、廃掃法施行規則等の改正によって、これまで以上に、処理しなければなら

ない製品、量、種類が格段に増大することになった。ある有力なシンクタンクの試算によると、今後30年間に於けるアスベストに関する処理市場の規模は、計測分野で3000億円以上、回収・処理分野で2兆円以上、無害化処理で6兆円以上に上ると莫大なコストがはじきだされていたが、これをはるかに超える処理費が掛かりそうである。飛散性アスベストはできる限り無害化、非飛散性のアスベストは再資源化（製品 to 製品）されることが強く望まれるところである。

昨今、アスベストを取り巻く状況は目まぐるしく変化しており、常に予断を許さない状況となっている。NEDO 技術開発機構では、従来の研究開発に加えて、アスベストを効率的に削減するための技術指針として「アスベスト削減技術戦略ロードマップ」を作成しているが、この成果報告書の中には、最新の法制度の動向、革新的な技術ニーズ、国内外の社会状況の動向など、重要な情報を大量に発信しているので、是非、一

度ご覧になっていただきたい。

J C M A

《参考文献》

- 1) 日経エコロジー, 3,74-77 (2007)
- 2) 山下, 浅子, 資源環境対策, Vol.43 No.3, 69-77 (2007), NEDO 成果報告書; <http://www.nedo.go.jp>
- 3) 竹下宗一: NEDO 第2回エコケミカルシンポジウム「アスベスト削減技術に関する最新動向と環境ビジネス」, 予稿集 (2007年2月9日) p41; (社)日本石綿協会:「石綿含有建築材料廃棄物量の予測量調査結果報告書」, (2003年12月1日)
- 4) <http://www.meti.go.jp/policy/jyutaku/AsbDB/20061204AsbDB.html>
- 5) 福田, 今西, 松本: 資源環境対策, 3, 97-103 (2007); 今西信之: NEDO 第2回エコケミカルシンポジウム「アスベスト削減技術に関する最新動向と環境ビジネス」, 予稿集 (2007年2月9日) p50-51
- 6) 山下, 今西他: 建材試験情報, 5 '07,13-18 (2007)
- 7) 「アスベスト含有建材等安全回収・処理等技術開発」パンフレット: NEDO 技術開発機構作成
http://www.nedo.go.jp/kankobutsu/pamphlets/bio/asubesuto_project.pdf

【筆者紹介】

山下 勝 (やました まさる)
(独)新エネルギー・産業技術総合開発機構
環境技術開発部
主任研究員

大口径岩盤削孔工法の積算

——平成 20 年度版——

■内 容

平成 20 年度版の構成項目は以下のとおりです。

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

- A4 判／約 240 頁 (カラー写真入り)
- 定 価
非会員: 5,880 円 (本体 5,600 円)
会 員: 5,000 円 (本体 4,762 円)
※学校及び官公庁関係者は会員扱いとさせていただきます。
- ※送料は会員・非会員とも
沖縄県以外 450 円
沖縄県 340 円 (但し県内に限る)
- 発刊 平成 20 年 5 月

社団法人 日本建設機械化協会

〒105-0011 東京都港区芝公園 3-5-8 (機械振興会館)

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

ハイブリッド構造の高架駅

滑 川 昌 彦

土木構造物である高架橋の制約を解消した、新たな発想による鉄道高架駅としてのハイブリッド構造について、つくばエクスプレスでの実施例を通して紹介する。このハイブリッド構造は、工事費用が低廉で駅レイアウトの自由度が大きく、工事期間への影響が小さい高架橋構造物である。

キーワード：建築、鉄道、駅、構造、ハイブリッド

1. はじめに

従来の鉄道高架駅の高架橋柱スパンは、駅の配置・平面計画の面からよりも、車両の長さや経済的な高架橋の設計といった面から決まってきた。このことが鉄道高架駅を設計する上で計画上の大きな制約となっており、この制約を解消するため、新たな発想による鉄道高架駅の構造形式としてハイブリッド（建築と土木の混成）構造が開発された。

ハイブリッド構造とは、車両走行のために必要な高架橋（土木構造）と、旅客流動・サービスのために必要な旅客ホーム及び旅客ホーム上家を支える鉄骨フレーム（建築構造）により構成された鉄道高架駅の構造である。

2. ハイブリッド構造の概要

従来構造とハイブリッド構造の断面比較を図1-1に、ハイブリッド構造の断面図を図1-2に示す。従来構造では高架橋の上に直接旅客ホーム上家を乗

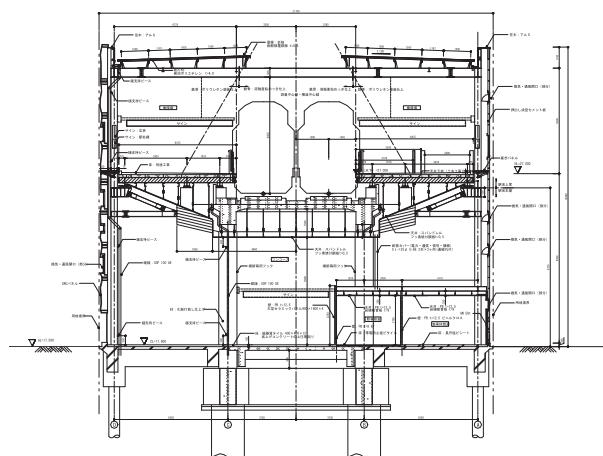


図1-2 ハイブリッド構造 断面図

せ、荷重の全ては高架橋で支持していた。それに対し、ハイブリッド構造では一体化された鉄骨フレームの鉛直荷重の支持は独自で行い、水平力は全て高架橋で負担させた。

3. ハイブリッド構造の特徴

ハイブリッド構造では、車両が走行する荷重の大きな軌道部分と荷重の小さな旅客ホーム上家及び外装部分を構造的に分割することが比較的簡単に行うことができる。軌道部分を支える内側2柱部分は従来の鉄筋コンクリート造の高架橋とし、その両外側の柱及び旅客ホーム上家の柱・梁を一体的な鉄骨フレームとする。これらをホーム下の水平材で結合することで土木・建築ハイブリッド構造を構築する（図1-1, 2）。

従来構造では高架橋の上に直接旅客ホーム上家を載せ、荷重の全ては高架橋で支持している。それに対し、

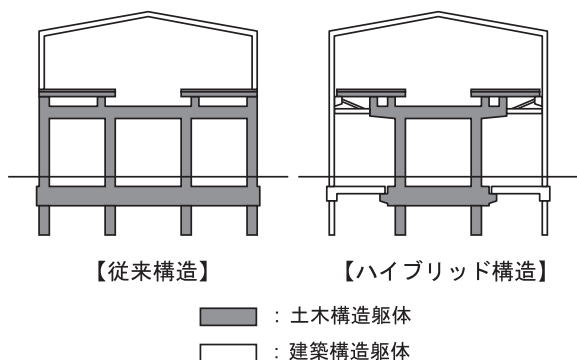
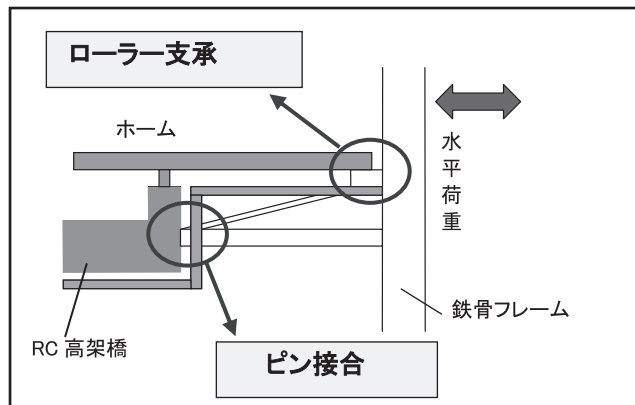


図1-1 従来構造とハイブリッド構造の比較

ハイブリッド構造では一体化された鉄骨フレームの鉛直荷重の支持は独自で行い、高架橋と鉄骨フレームをピン接合とすることで水平力は全て高架橋で負担させることになる。また、高架橋と鉄骨フレームは挙動が異なるため、外力による鉄骨フレームの変形によってホーム床版が線路側に押し出されることがないように、ホーム床版と鉄骨フレームの接点をローラー支承としている（図—2、写真—1）。



図—2 高架橋と鉄骨フレームの取り合い



写真—1 高架橋と鉄骨フレーム

4. ハイブリッド構造のメリット

ハイブリッド構造による利点としては、以下のことが挙げられる。

- ①外側の柱断面が小さくなることで、旅客階段・エスカレータ等の昇降設備位置がより外側で配置可能となり、有効な床面積が増加する。
- ②昇降設備は建築構造の鉄骨フレームの中で施工されるため、高架橋柱・梁の位置に制限を受けることなく配置でき、駅部全体の配置計画の自由度が向上する。

- ③従来構造では太く重厚な高架橋の柱や梁が駅のファサードに大きな影響を及ぼしていたが、外壁柱と旅客ホーム上家を一体化した細い鉄骨フレームとすることで、デザインの自由度が向上する。
- ④新線建設では、先行する駅部の高架橋設計時点では建築工事開始までに相当の期間があることや、周辺のインフラ整備の遅れ等で与条件が決まらない場合が多い。ハイブリッド構造では、建築構造物側の付加荷重等の整理を行っておけば、高架橋設計と切り離れた建築設計が可能となる。
- ⑤両外側の柱・梁が、土木構造物（鉄筋コンクリート造の柱・梁）から建築構造物（鉄骨造の柱・梁）に置き換わることで軽量化が計れ、土木・建築一体でのトータルコストダウンが可能となる。

5. つくばエクスプレスにおけるハイブリッド構造

2005年8月24日開業した「つくばエクスプレス」では流山セントラルパーク、柏の葉キャンパス、みどりの、万博記念公園、研究学園の5駅でハイブリッド構造を採用した（図—3）。



図—3 つくばエクスプレス路線図

(1) デザインへの効果

ハイブリッド構造によりファサードが軌道レベルで上下に分断されず、全体を使ったダイナミックなデザインが可能となった。また、ガラスのカーテンウォールを用いることで、スリムな鉄骨とガラスにより軽快な印象を与えることも可能であり、同じハイブリッド構造でも外観に様々な表情を与えることができた（写



写真 2—1 流山セントラルパーク駅外観



写真 2—5 研究学園駅外観



写真 2—2 柏の葉キャンパス駅外観



写真—3 研究学園駅内観



写真 2—3 みどりの駅外観



写真—4 柏の葉キャンパス駅
ESC 部



写真—5 柏の葉キャンパス駅
EV 部



写真 2—4 万博記念公園駅外観

真 2—1～2—5)。コンコースだけでなく階段やエスカレータ部分にも自然光を採り入れることができ、明るい内部空間を演出できることもハイブリッド構造のデザイン的な特徴と言える（写真—3）。また、ホーム下の天井高を確保することができ、変化のあるデザインが実現できる（写真—4、5）。

(2) コストダウン

表—1 はハイブリッド構造と従来構造の工事費を比較したものである。ハイブリッド構造は実際の工事費を用い、従来構造は過去の資料を基に想定している。

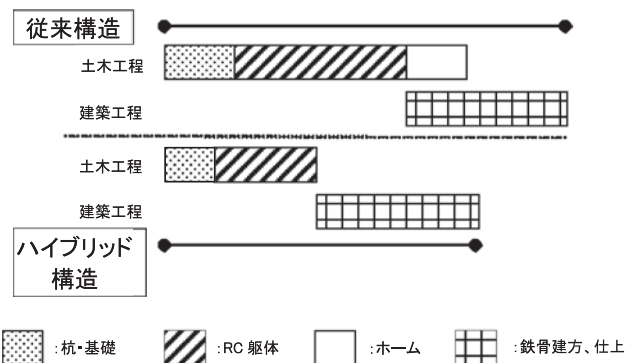
ハイブリッド構造では土木施工の躯体及び地中梁のコンクリート数量が減る一方、建築施工による鉄骨及び地中梁のコンクリート数量が増える。結果的につくばエクスプレスにおいては、全体工事費では3%～4%の縮減となった。

表—1 概算工事費の比較 (単位: 百万円)

駅名	種別	ハイブリッド	従来工法	差額	縮減率 (%)
		①	②	③=(①-②)	③/②
A 駅	高架橋	242	308	△ 66	
	建物	891	854	36	
	合計	1,133	1,163	△ 30	2.55
B 駅	高架橋	227	295	△ 68	
	建物	846	810	36	
	合計	1,073	1,105	△ 31	2.85
C 駅	高架橋	270	344	△ 75	
	建物	912	875	36	
	合計	1,181	1,219	△ 38	3.13
D 駅	高架橋	286	367	△ 81	
	建物	780	744	36	
	合計	1,066	1,111	△ 45	4.01
E 駅	高架橋	337	429	△ 92	
	建物	1,102	1,065	36	
	合計	1,439	1,499	△ 55	3.71

6. 工期短縮

従来構造に比べ、ハイブリッド構造の高架下駅は、土木施工の杭・基礎・RC 体の工期が約4割削減される。建築の工期は鉄骨関係で若干増加するが作業手順の能率化により従来構造とほぼ変わらない工期とすることが可能である。結果として土木工事、建築工事を併せた総工期は2割程度縮減した(図—4)。



図—4 従来構造とハイブリッド構造の工期比較

7. まとめ

上記のように、ハイブリッド構造の高架下駅は、建築構造、平面計画、デザイン、工事費及び工期において多くのメリットを持っている。本誌ではつくばエクスプレスの実施例を紹介したが、同様に、九州新幹線でも実施例がある。今後、これらの各駅の施工例を詳細に検討し、改良点があれば改良を進め、ハイブリッド構造をより完成度の高いものにしていきたい。

J C M A

《備考》

ハイブリッド構造の特許について
 発明の名称 「高架駅構造物」
 特許番号 特許第 3841773 号
 登録日 平成 18 年 8 月 18 日
 出願番号 特願 2003-18138
 出願日 平成 15 年 6 月 26 日
 特許権者 鉄道・運輸機構、(株)東京建築研究所

《参考文献》

- 1) 建築学会: 鉄道高架駅の土木・建築ハイブリッド構造に関する研究 (その1～その4) 2003～2005

【筆者紹介】

滑川 昌彦 (なめかわ まさひこ)
 (株)鉄道建設・運輸施設整備支援機構
 鉄道建設本部 東京支社
 設備部 建築課 課長補佐



博多駅開発の特徴と施工計画

糸 山 勝 二

博多駅は、1日約35万人が利用する九州最大のターミナル駅である。現在、平成23年春の九州新幹線全線開通に合わせ「福岡」「九州」「アジア」の顔に相応しい便利で魅力溢れる駅ビルに生まれ変わるようにプロジェクトを進めている。本稿では、博多駅ビルの施設計画上の特徴である軌道からの騒音・振動対策（フローティングスラブ軌道）及び3階から上層部の大キャンチレバー（10m張り出し部）の計画について述べると共にその施工方法について列車の運行やお客さまの動線確保という観点から紹介する。

キーワード：駅、駅ビル、軌道、大キャンチレバー、フローティングスラブ軌道、大口径大深度杭

1. はじめに

博多駅は、明治22年に開業し、建て替え移転を経て現在の駅は、3代目にあたる。現在の駅も昭和38年に開業して以来40年余りが経過した。その間、昭和50年の山陽新幹線開業、昭和60年の福岡市営地下鉄乗り入れなど交通結節点としての重要性を増してきた。それに伴い、乗降人員も当初の約7万人から約35万人へ約5倍に増加している。そうしたお客さまの増加に対応すべく、これまでも随時リニューアルを行ってきたが、抜本的な改良には至らず、ユニバーサルデザインなど社会の変化に応じた機能を提供出来ない状況にある。

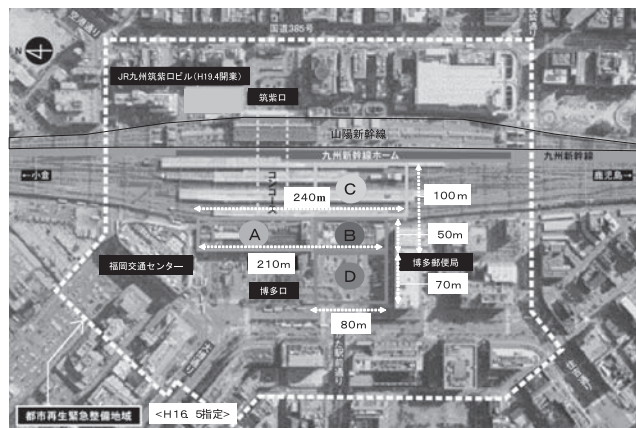
また、博多は、福岡・九州の玄関口という商業ポテンシャルの高い立地ではあるものの、商業などの中心的役割は、この地区より約2km離れた天神が果たしてきており、その格差は拡大の一途をたどってきた。

このような状況の中、平成23年春の九州新幹線全線開通が決まり、また、平成16年5月に都市再生緊急整備地域に指定されたことを契機に、現在博多駅が抱えている諸問題を解決し、九州、福岡の新たな魅力を創出すべく、今回の開発に取り組む事となった。

2. 開発概要

開発規模は、開発面積約22,000m²、延床面積約200,000m²、地下3階～地上10階の構造とし、高さは約60m、横幅は最大で約240mになり、全体の建設規模としては現駅ビルの約6倍となる（図—1）。

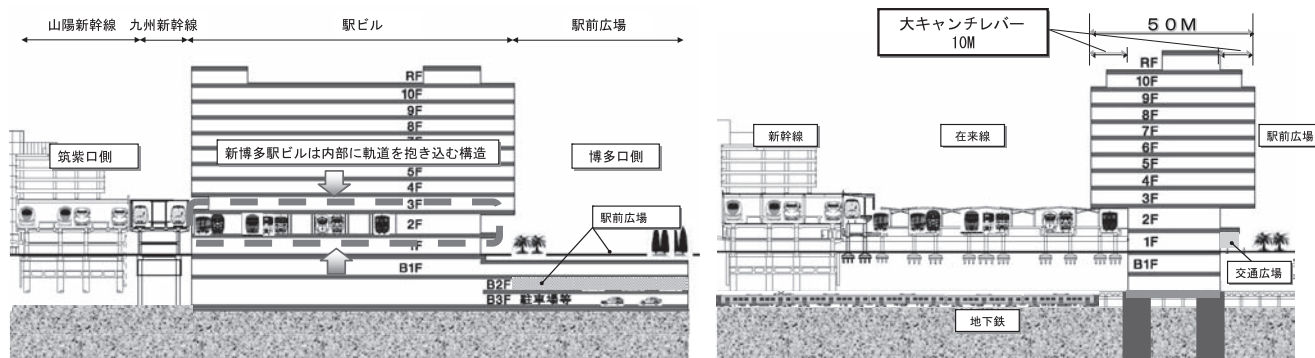
駅ビルは、百貨店や専門店などの商業施設の他、映画館などのエンターテインメント、レストラン、ホールなどの文化施設などから構成されるが、博多駅は福岡空港が近いため、航空法による高さ制限があり階数を上げることが出来ない。そこで限られた敷地で最大限の延床面積を確保するために駅ビル内部に軌道（在来線8線）を抱き込むと共に、3階から上層階を線路側と駅前広場側に10m張り出す大キャンチレバー構



図—1 開発エリア

表—1 開発概要

開発面積	約 22,000 m ²
延床面積	約 200,000 m ²
階数	地下3階～地上10階
用途	駅、複合商業施設（百貨店、専門店、エンターテインメント、サービス等）駐車場、駐輪場
駐車台数	約 750 台
駐輪台数	約 2,250 台
開業時期	平成23年春



図ー2 駅ビル断面イメージ

造としている（図ー2）。なお、駅前広場側は、立体都市計画制度を活用し、地上部に交通広場、地下に駅前広場を新たに整備することにより張り出しを可能としている。

3. 工法の選定と施工計画

(1) 軌道部分

(a) フローティングスラブ軌道の採用

前述のとおり駅ビルには商業施設の他、映画館、ホールも入る予定となっており、駅ビル内に抱える軌道からの騒音・振動を低減することが必要となる。

軌道からの騒音・振動を低減する工法には、有道床でのバラストマットや直結軌道での弾直軌道など各種工法があるが、本工事ではより大きな騒音・防振効果

が必要と考え、コイルばねを用いた防振軌道システム（以下、フローティングスラブ軌道）を採用した（図ー3）。

「フローティングスラブ軌道」は、列車の走行レールを受ける軌道スラブをコイルばねの支承で柔らかく吸収し、騒音・振動を発生源（軌道）で低減する工法である。フローティングスラブ軌道の特徴として、以下がある。

- ・非常に高い防振効果を有する（通常のスラブ軌道と比較して 10 ～ 25 dB 低減）
- ・ばね特性は JIS 規格で定式化されており、明確で安定している
- ・水平剛性が高く、列車走行時や中小地震の横方向変形が小さく抑えられる
- ・材料の劣化がなく、耐久性に優れる
- ・点検、整備、交換が容易に可能
- ・国内外に実績あり

なお、今回採用したフローティングスラブ軌道は 8 線×約 100 m、総延長約 800 m である。

(b) 施工手順

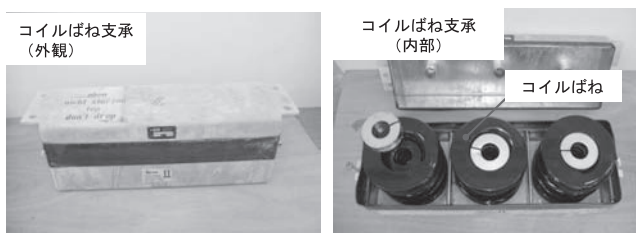
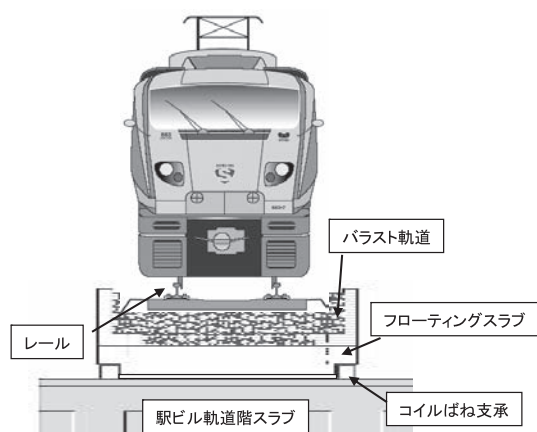
工事は、1 日約 1,000 本の列車運行を確保しながら、盛土から駅ビル躯体で支えられるフローティングスラブ軌道に変更する必要がある。以下に施工ステップを示す。

① 軌道を支える仮杭・工事桁の設置

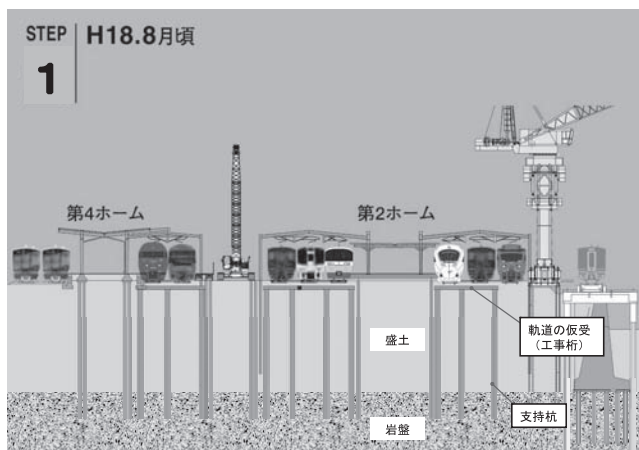
まず、軌道を仮受するための仮杭と工事桁の設置を行った（図ー4）。

仮杭は、鋼管杭（φ 600 mm、L = 21 m、130 本）を採用し、夜間、低空頭式回転圧入機を使用し 1 日に 1 本のペースで施工を行った。

工事桁は、今後の受け替え手順などを検討した結果、桁下空頭や 1 階部分の天井高さ確保のために鋼直結式工事桁（L = 25 m）を採用した。工事桁の施工は、平成 18 年 7 月～12 月にかけて、44 連（調整桁 8 連を含む）・総延長約 800 m を行った。



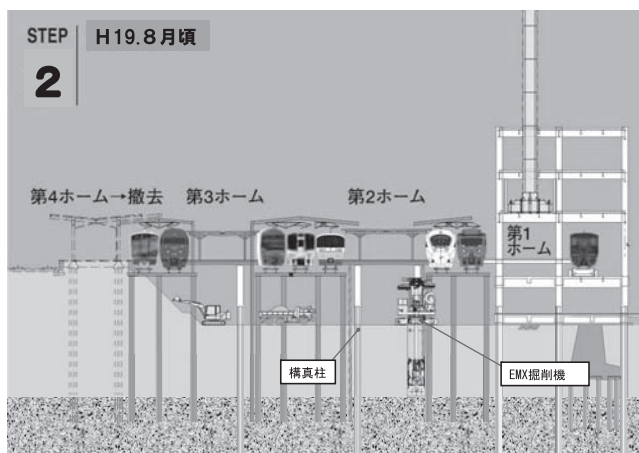
図ー3 フローティングスラブ工法



図一四 ステップ① 軌道の仮受



図一五 工事桁設置状況

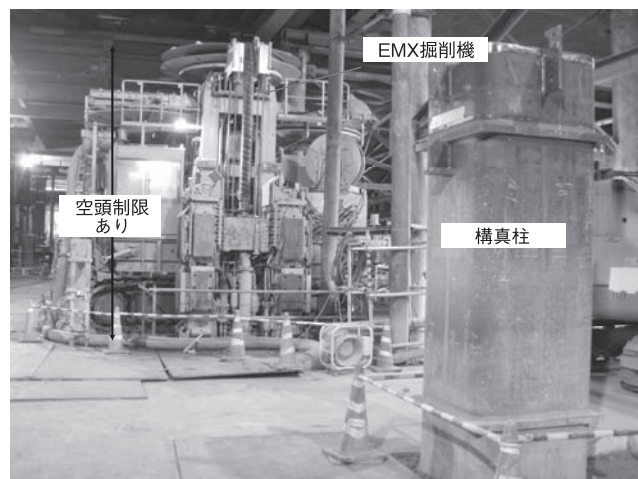


図一六 ステップ② 軌道下掘削

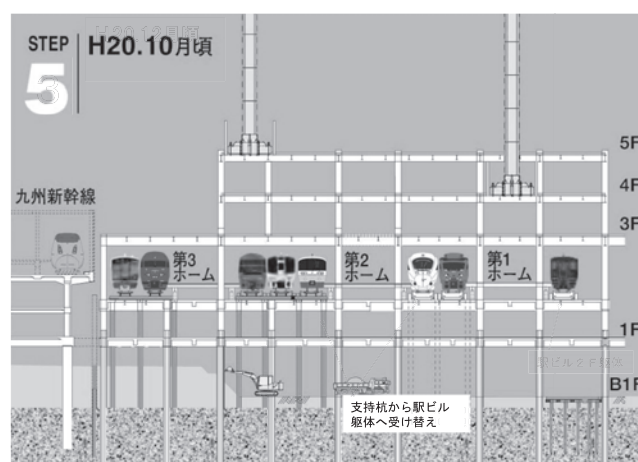
工事桁の設置は、終電通過後、工事桁1連分（25 m）のレールを外し、工事桁が納まる部分を掘削した後、720tタワークレーンにて工事桁を揚重し所定の位置に据付け、再びレールを復旧する手順で行った（図一五）。

②軌道下での掘削及び構真柱建て込み

工事桁の設置後、軌道下部の盛土部分の掘削を行った（図一六）。



図一七 軌道下掘削状況



図一八 ステップ③ 躯体構築～軌道受け替え

掘削は、軌道下のため約6 mの空頭制限があり、また、仮杭の座屈防止のブレースがある中で行った。また、本工事では、逆打ち工法を採用しているため構真柱が必要となる。構真柱の施工に際しては、低空頭式の機械で掘削を行い、夜間タワークレーンにより軌道上部より建て込みを行った（図一七）。

③駅ビル躯体の構築～軌道の受け替え

軌道下の掘削・構真柱の設置後、軌道を支える駅ビル躯体の構築及び軌道の受け替えを行った（図一八）。駅ビル躯体の施工は、上部に工事桁があるため、空頭が約60 cmしかなく、その中での作業となり、配筋・コンクリート打設は困難を極めた（図一九）。

駅ビル躯体の構築後、軌道を駅ビル躯体に受け替え、フローティングスラブ軌道へ変更する工事を行った（図一十）。

工事は、まず、駅ビル躯体から支持されるアウトリガーを工事桁に取り付け、支持していた仮杭を撤去することにより工事桁の下部にフローティングスラブを設置する空間を確保した。

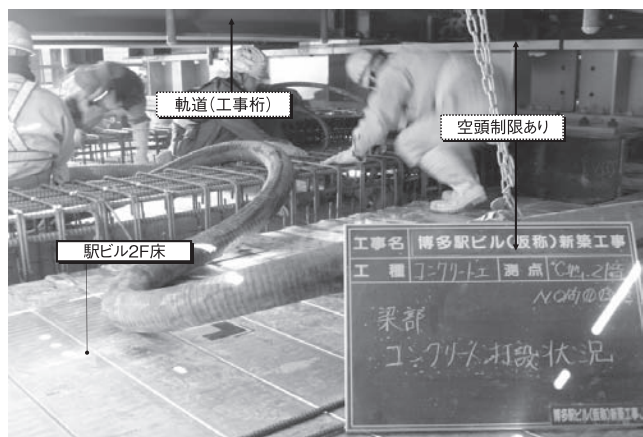


図-9 躯体構築状況

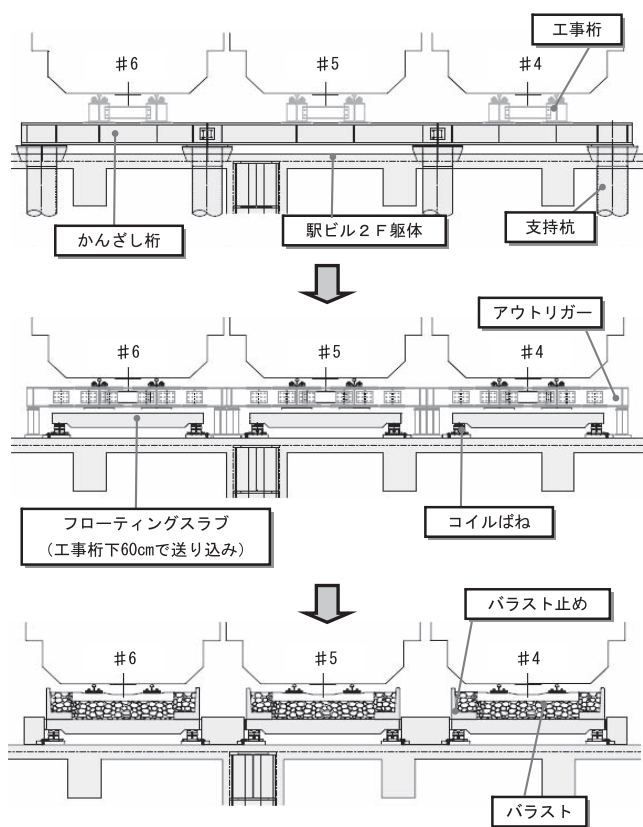


図-10 軌道の受け替え

次に、それによりできた工事桁と駅ビル躯体との空間（約60cm）内にフローティングスラブを終点方より送り込んだ。

最後に、工事桁からフローティングスラブ軌道にレールを受け替える工事を行った（図-11）。作業は、終電通過後、当日の予定分（12.5m）のレールを外し、工事桁を切断・撤去後、フローティングスラブ上部にバラスト・枕木を設置し、再びレールを復旧する手順で行った。

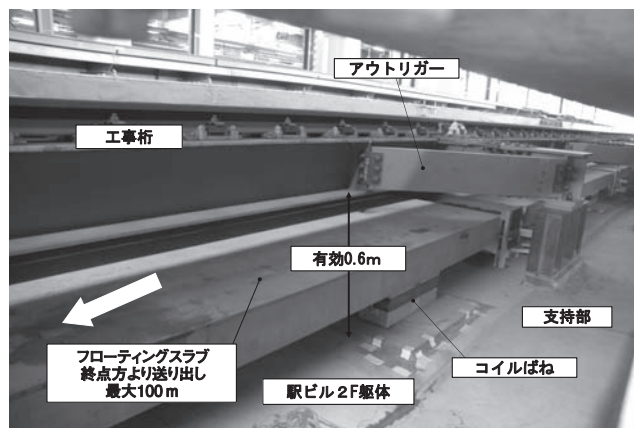


図-11 軌道の受け替え状況

平成20年12月現在では、全8線中3線が施工済みであり、8線全てが終了するのは平成21年7月末の予定である。

(2) 大キャンチレバー部分

(a) メガトラス架構と大口径大深度杭の採用

軌道部分と並び本工事の特徴となるのが大キャンチレバー部分（張り出し部）の工事である。新駅ビルは、3階層から上層階を線路側と駅前広場側への10mの張り出す構造となっており、張り出し部については、

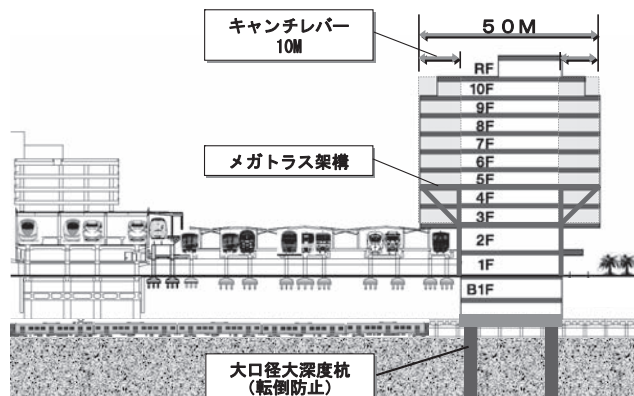


図-12 メガトラス架構と大口径大深度杭

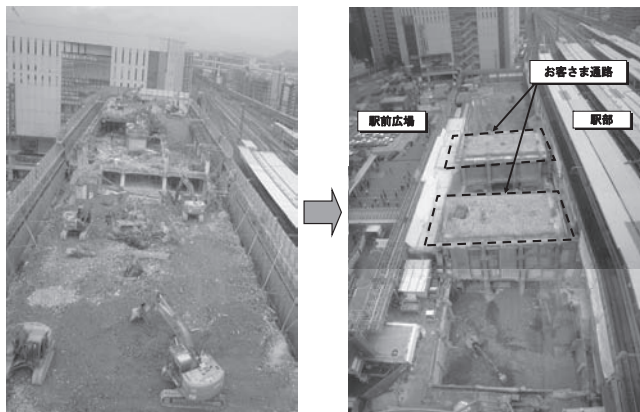
桁行き2～3スパンおきに斜材を配置したメガトラス架構により支持することとした。また、地下部に比べ地上部が大きく不安定な構造となるため、杭には、大口径大深度杭（ ϕ 2.0 m～3.0 m、長さ 36.8 m、30 本）を採用し、杭周辺の摩擦抵抗力により地震時の転倒防止とする計画とした（図—12）。

（b）施工計画

新駅ビルの大キャンチレバー部分は、線路・駅前広場上空に位置しているとともに、駅前広場に通じるお客さま通路が2本設置されているため、施工に際しては、お客さまの安全を最優先した計画とした。以下に施工ステップについて示す。

①既存駅ビルの撤去

既存駅ビル（地上7階～地下1階、延床約31,000 m²）の撤去に際し、まず、駅から駅前広場に通じるお客さま通路部分の防護を行い、安全通路の確保を行った。その後、撤去用の重機を400 tクレーンを使用し屋上へあげ、安全通路を除く部分を上層階より順次撤去していった。特に線路側は、夜間、線路を閉鎖して撤去を行った（図—13）。



図—13 撤去状況

②大口径大深度杭の施工

博多駅は、支持地盤が浅く、地表から約15 mで岩盤に達する。また、杭は径が最大で3 m、長さも36.8 mと非常に大規模なものであるため、掘削は、全周回転オールケーシング工法を採用すると共に、岩盤の削孔にはチゼルなどを使用した。杭は、平成20年12月現在で30本中15本が施工済みである（図—14）。

③躯体構築

最後に、大キャンチレバー部分の今後の工事計画について簡単に述べる。鉄骨の建て方に際し、構造解析（有限要素解析）を行ったが、最上階まで終えた場合に、張り出し部で最大72 mm下がる結果となった。そのため、鉄骨の建て方に際しては、1節ごとに①コア部



図—14 杭施工状況

②両サイドの張り出し部の順番で行うと共に、張り出し部にはキャンバーを付けるなど建て方時点からその影響を考慮した計画としている。また、外装工事については、鉄骨工事が最上階まで終了した後に行う予定である。

4. 終わりに

本稿は、博多駅ビル開発の特徴である、軌道からの騒音・振動対策（フローティングスラブ軌道）及び大キャンチレバー部（10 m張り出し部）の計画を述べるとともに、その施工計画について列車の運行やお客さまの動線確保という観点から紹介した。

軌道部の振動・防振対策については駅ビルのみならず、今後病院や住宅地など特に振動を嫌う構造物の近接に軌道を通す際の有効な対策工法として活用が増えると思われる。

また、大キャンチレバー部についても、線路や道路部分の有効活用及び近接施工における施工計画の参考になれば幸いである。

最後に、本工事の設計・施工にあたり博多駅開発設計共同企業体及び博多駅ビル（仮称）新築工事共同企業体等、ご尽力を頂いた関係各位に深く感謝いたします。

J C M A

【筆者紹介】

糸山 勝二（いとうやま かつじ）
九州旅客鉄道(株)
博多駅開発本部 建設開発部
主席



建築物の構造ヘルスマニタリング

白石理人・岡田敬一

近年、構造物に設置したセンサからの情報に基づいてその構造健全性を診断する、構造ヘルスマニタリング技術への関心が高まっている。本報ではこの技術について概説すると共に、これまで筆者らが開発した2種類のシステム—遠隔からの常時監視を可能とした比較的高機能な「オンライン型システム」と、大地震後の健全性診断に目的を絞り低コストかつ簡便な取扱いを実現した「オフライン型システム」—のそれぞれについて、その概要と建築物への適用例を紹介する。さらに次世代型システムの研究開発の取り組みとして、センサネットワークという新しい技術を構造ヘルスマニタリングへ応用した例についても紹介する。

キーワード：構造ヘルスマニタリング、健全性診断、インターネット、最大・累積変位記憶型センサ、非接触計測、センサネットワーク

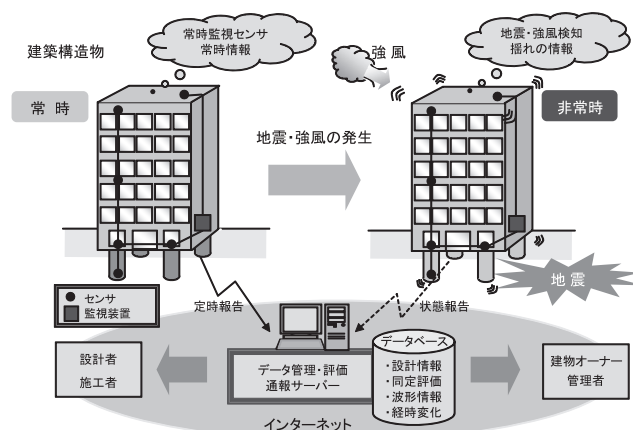
1. はじめに

ヘルスマニタリングとは、機械・構造物などの対象物にセンサを設置して、音や振動などの物理量を観測（センシング）し、その観測値を様々なデータ処理手法を駆使して分析（信号処理）することによって、対象物に蓄積された損傷の程度を把握し健全性を判定（健全性判定）する技術である¹⁾。この技術を建築・土木構造物に適用したものが構造ヘルスマニタリングであり、近年この技術への関心が高まっている。この理由として、1) 自然災害時、特に我が国では大地震後に構造物の安全性を迅速に判定する技術が求められていること、2) 高度経済成長期に大量に建設・ストックされた構造物を適切にメンテナンスしながら長く使っていく必要があること、の2つをまず挙げることができる。その他に、3) 免震・制振構造などの新しい構造システムが開発され、その構造性能を定量的に評価する技術が必要とされていることも理由の1つといえるだろう。

これまで構造物の健全性診断は、一般的に構造技術者が行う目視点検によって行われてきた。具体的には定期的な建物診断や大地震後の二次的災害防止を目的とした応急危険度判定などがこれに該当する。しかしながら、数が限られた構造技術者によって構造物を一つ一つの詳細に点検するためには時間とコストが必要である。このため、例えば大地震後には建物を短時間

のうちに診断することが求められるが、被災地域に建物が大量にあった場合、その対応が困難となる事態が予想される。また、目視点検では内装材や耐火被覆等に阻まれて、直接構造部材を点検することが難しいケースが多いといった問題も指摘されている。

そこで、建物に予めセンサ等の計測機器を設置しておき、そこからの情報に基づいて構造物の健全性の監視・診断を自動的に行う機能をシステムとして統合した構造ヘルスマニタリングシステムが考えられるようになった（図—1）。昨今のセンサ・情報通信機器の飛躍的な小型・低コスト化によって、構造ヘルスマニタリングシステムはその本格的な普及が可能となりつつあり、様々なタイプのシステムの研究開発が数多くの大学・企業等で精力的に進められている。



図—1 構造モニタリングシステム

2. 構造ヘルスマニタリングシステムの概要

構造ヘルスマニタリングはその形式から、構造物全体としての大まかな損傷・劣化の有無・程度に注目するグローバルモニタリングと、建物内で予め損傷が予測される位置を想定し、その位置を対象に行われるローカルモニタリングの2種類に大別される。このうちグローバルモニタリングでは主に振動データを計測・解析することによって、対象構造物の全体的な挙動を表現する数学モデルのパラメータ（例えばモード特性）を同定し、その変化を捉えることで構造物の状態を評価する。一方、ローカルモニタリングでは特定の構造部材や構造物の一部分を対象に、例えばその歪や変形を測定することによって直接的に構造物の状態を判断する。

システムとして実装する際の機能面では、構造物の長期間の状態変化を常時連続監視し遠隔管理可能とする高機能なものから、大地震後の現地での健全性診断に機能を絞って開発されたものまで様々なレベルのものがあ、必要なコストもそれぞれ異なる。

筆者らはこれまでに建物の遠隔からの常時監視を可能とした比較的高機能なグローバルタイプの「オンライン型システム²⁾」と、大地震後の健全性診断に目的を絞り低コストかつ簡便な取扱いを実現したローカルタイプの「オフライン型システム³⁾」を開発・実用化した（表—1）。いずれのシステムもその目的は構造健全性の一次診断を行うことであり、そこで構造物に異常が検出された場合、構造技術者が現地で詳細な二次診断を行うことを前提に、既に数多くの建物に導入した。実際の建物に適用する際には、目的に応じてこの2種類のシステムを組み合わせた形で導入することも多いが、本稿では次節以降でこれらを個別に紹介することにする。また最後に、センサネットワークという新しい技術を応用した次世代型の構造ヘルスマニタリングシステムの研究開発⁴⁾についても紹介したい。

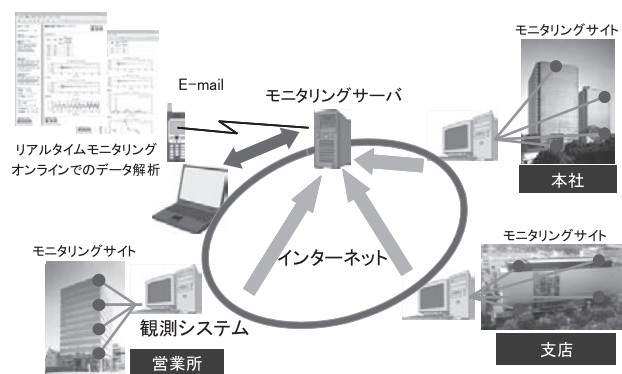
表—1 構造モニタリングシステムのタイプ

	目的	形式	コスト
オンライン型システム	継続的な長期監視 地震後の健全性診断	グローバルタイプ 中心	中—高
オフライン型システム	地震後の健全性診断	ローカルタイプ	低

3. オンライン型構造ヘルスマニタリングシステム

このシステムは構造物の健全性診断や構造性能の検

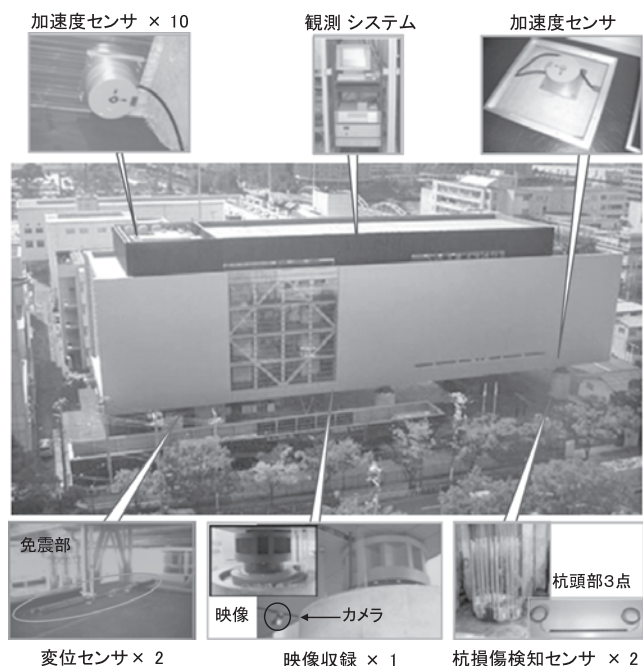
証をリアルタイムで行い、結果を建物管理者に迅速に伝達することを目的として開発された。インターネットを利用して、対象建物（複数）に置く PC ベースの観測システムと中央のモニタリングサーバ、そしてユーザーの利用環境をネットワーク化していることからオンライン型システムと呼んでいる。図—2 にシステムの概念図を示す。



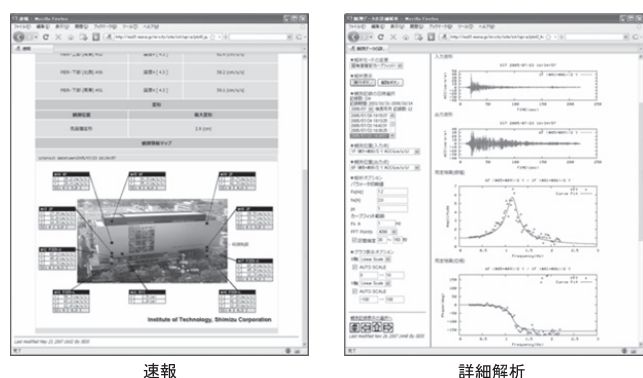
図—2 オンライン型システム

建物内に加速度計を中心としたセンサを多数配置し、計測装置で建物の振動をはじめとした各種データを収録する。データ収録のタイミングは、定常状態（観測値の統計情報）、定常波形（定時の微動データ）、非定常波形（地震、強風時の振動データ）の3種類である。これらのデータはインターネット上のモニタリングサーバに自動的にアップロードされデータベース登録される。非定常波形がアップロードされた場合は、即座にサーバ上でデータの解析が行われ、その速報がE-mail、携帯電話、建物内の情報表示装置へ配信されると共に、建物管理者はオンラインでその結果を確認可能である。また、単一の建物の管理だけでなく、分散した複数の建物を一括して群管理する機能も備えている。このような一般のユーザーを対象とした機能に加え、Webブラウザ上でデータベース上のデータを詳細解析する構造技術者・研究者向けの機能も実装した。なお、ヘルスマニタリングの形式は構造物全体の特性変化を捉えるグローバルタイプを基本とするが、ローカルタイプの手法を合わせて組み込むこともできる。

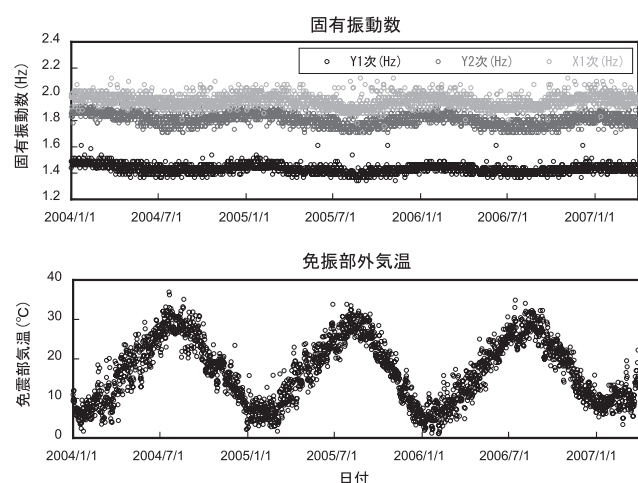
このシステムを東京都江東区の事務所ビルに導入した例を紹介する。建物は地上6階、軒高26.8m、延床面積9,066m²であり、2Fから上部のS造メガトラスと、それを支える1Fピロティ部の6本のRC造ピア柱の頂部の間に、鉛プラグ入り積層ゴムを設置した免震構造物である。図—3に建物全景と設置したセンサの一覧を示す。図—4に示すのは地震発生時の速報と、



図ー3 建物全景と設置センサ



図ー4 地震発生時の速報及び詳細解析の Web 表示



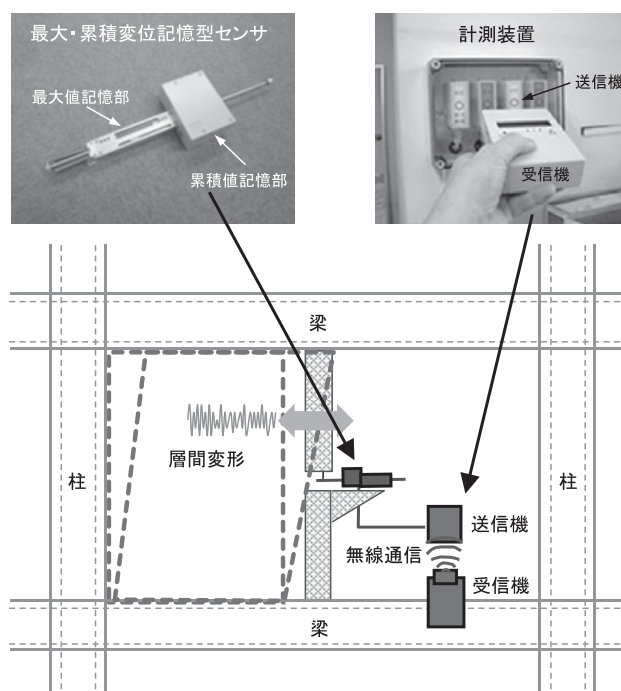
図ー5 建物固有振動数の変化

その詳細解析の Web ブラウザ表示の例である（2005 年 7 月 23 日千葉県北西部を震源とする地震，M 6.0）。このオンライン型システムでは地震発生時以外に

も、常時のデータを継続的に取得・解析することによって、構造物の状態変化を把握することが可能である。その一例として 2004 年 1 月から約 3 年間の建物の固有振動数を、定時計測した常時微動波形データから評価した結果を、同時に計測した免震部の外気温と合わせて図ー5に示す。年間を通じた気温の変動に対応して、固有振動数も変化していることがグラフから読み取れるが（温度が高くなると固有振動数は低下する）、この気温の影響を取り除いた建物本体の振動特性は現在のところ変化していないことがわかっている。

4. オフライン型構造ヘルスモニタリングシステム

次に紹介するオフライン型システムでは、その機能を大地震後の構造健全性診断に絞ることによって、簡便な取扱いと比較的低コストでの導入を実現した。システムは建物の層間変形を計測できるような場所（専用の間柱や制震ダンパー）へ取り付ける最大・累積変位記憶型センサと、そのセンサ内に記憶された値を読み出す計測装置（送信機，受信機）から構成される。図ー6にシステムの概念図を示す。構造健全性の診断（判定）は地震後にセンサ内に保持された層間変形の最大値と階高から求めた層間変形角を、予め定められた基準値（例えば 1/100，1/200 等）とシステム内で自動的に比較することによって行う。センサを制震ダンパーへ取り付けただけの場合はその累積変形を健全性の



図ー6 オフライン型システム

指標とすることもできる。このシステムは設置個所ごとに独立しており、建物管理者が計測装置の受信機を持ってそれぞれの個所で健全性診断を行うことから、前述のオンライン型システムに対してオフライン型システムと呼んでいる。

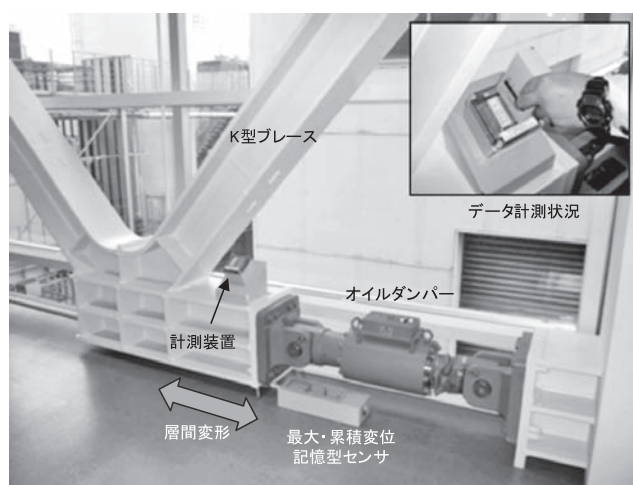
最大・累積変位記憶型センサはワンウェイクラッチを用いた機械的な機構によって実現されている。具体的にはそれぞれ直線・回転型の抵抗部材（ポテンシオメータ）が変形量に応じて一方向のみに移動することにより、最大・累積変形がそれぞれ電気抵抗変化としてホールドされる。計測時に計測装置の送信機はセンサの電気抵抗を計測すると共に、予めセンサ ID に対応して内部にメモリーされた較正值・基準値を参照し、電気抵抗値の物理量変換値と、基準値との比較判定結果を無線で送信する。受信機は送られてきた情報を液晶パネル（変形量）と LED（判定結果：青黄赤の3色）で表示する。送信機の動作電力は受信機（単三型電池×2本で動作）から電磁誘導方式により送られるため、センサ及び送信機側には電源を必要としない。

以上のように、建物側に設置するセンサと送信機はシンプルな機構で電源不要であること、計測はハンディ型の機器と装置の間の非接触通信により行うため電気接点の劣化による接触不良等の不具合が発生しないこと、センサと建物中央のサーバ間の長距離の配線工事が不要といったことから、安価かつ設置が容易でメンテナンスフリーなシステムであると共に、システム内部に健全性判断機能を持っているため、構造技術者以外でも容易に取扱いが可能なシステムであることが特徴である。

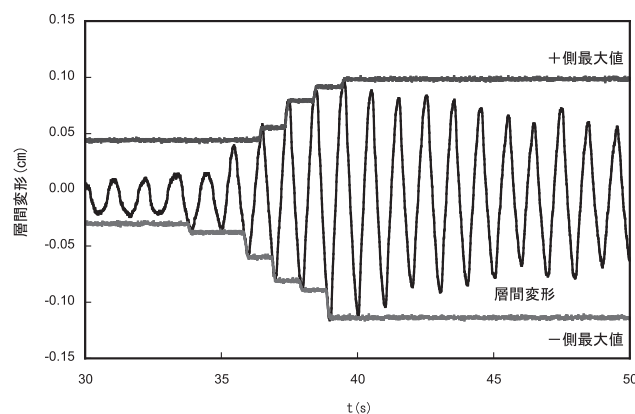
このシステムを東京都江東区の研究施設に導入した事例を示す。建物は地上6階、軒高34.5m、延床面積1,560 m^2 であり、制震用オイルダンパーを層間に設置したS造の構造物である。建物全景を図一7に示す。オフライン型の構造ヘルスマonitoringシステムはオイルダンパー部に計7基が設置されており、上階から下がっているK型ブレースと床の間の層間変形を計測することにより構造健全性を診断する（図一8）。この建物にはシステムの作動検証用として前述のオンライン型システムも合わせて設置しており、これを用いて地震発生時の最大値記憶型センサの作動状況等を確認することができる。図一9は地震発生時のセンサの作動状況である（2007年7月16日 新潟県中越沖地震、M6.8）。層間変形の最大値がセンサ内に記憶される様子がわかる。なお、この地震による最大層間変形は層間変形角に直すと1/1000以下の微小なものであり、構造体の健全性に影響を与えるような変形で



図一7 建物全景と設置センサ



図一8 システム設置状況



図一9 地震発生時の最大値記憶型センサの作動状況

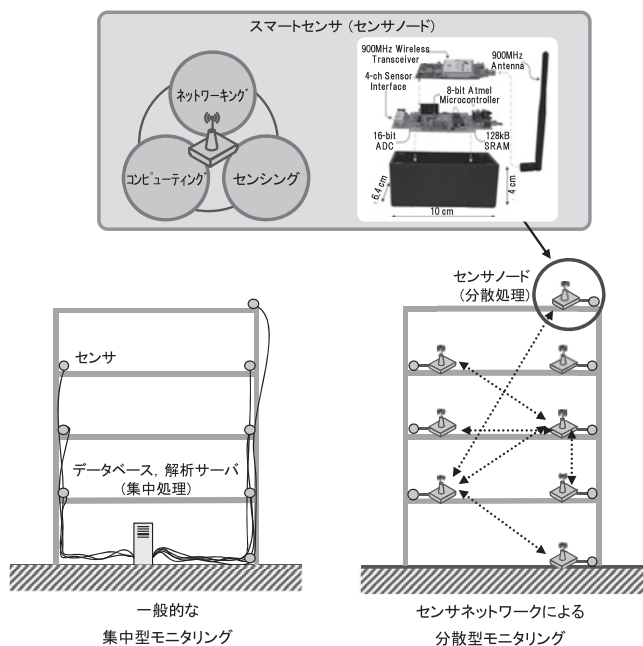
はない。

5. 次世代型システムの研究開発

最後に、これまでに紹介したシステムの、さらにその先を目指した研究開発の取り組みとして、近年幅広

い分野で注目を集めているセンサネットワークという技術を構造ヘルスモニタリングへ応用した例について紹介したい。

センサネットワークとは、1) 用途に応じた各種センサ（センシング）、2) センシングしたデータの処理を行う演算装置（コンピューティング）、3) 処理結果を送受信する通信機能（ネットワーキング）、の3要素を備えたセンサノードと呼ばれる超小型かつ安価な端末（スマートセンサ）を無数にネットワーク化し、空間に配置することで、その状況を認識しようという技術・概念である（図—10）。近い将来この技術は様々な分野への応用が一気に進むと考えられており、その中でも構造ヘルスモニタリングは有望視されている適用先の一つである。センサネットワークの持つセンサノード上での分散処理と、無線・有線ネットワークによるデータ伝送という特徴を活かすことで、これまで以上に高密度かつ大規模な構造物のセンシングが可能になる。ただしこの場合、本報でも紹介した中央のサーバへデータを集約・処理する従来のグローバルタイプの方法では限界があり、各センサノードが分散的にデータを処理する拡張性の高い手法が求められている。

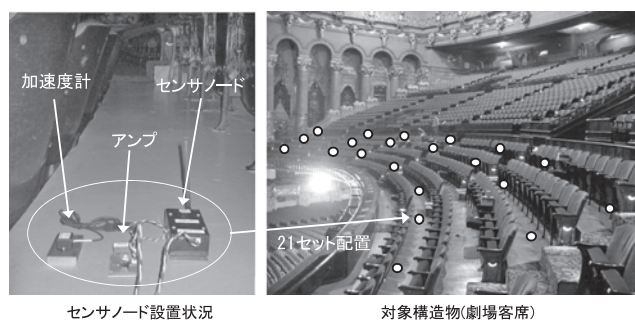


図—10 センサネットワークを利用したモニタリングシステム

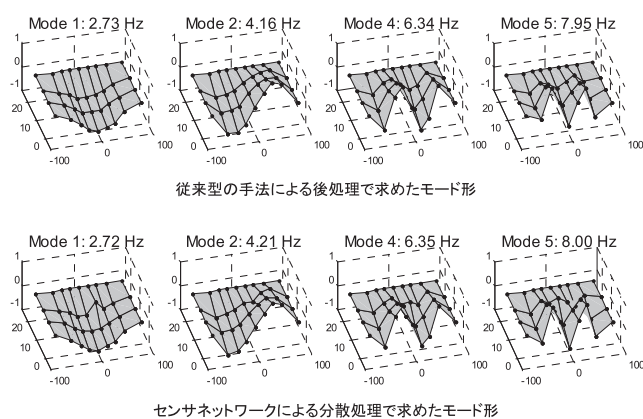
そこで、振動データから構造物の動的特性（モード特性）を同定する手法を分散処理型に拡張し、研究開発用の無線センシングシステムへ実装した。このセンシングシステムは米国のミシガン大学で開発されたものであり、センサノードに接続した外部センサからの信号を各ノード内で処理し、解析されたデータは無線

通信により基地局、及び他のセンサノードへ送信することができる。

このシステムを実際の構造物に設置して実証試験を行った。対象とした構造物は片持ち梁形式の劇場客席（バルコニー）であり、床に21セットのセンサノードを配置して客席のモード特性の同定を行った。試験状況を図—11に、同定されたモード形（構造物の振動数別の変形状）の例を図—12にそれぞれ示す。高密度のセンサ配置とセンサノード内の分散処理により、構造物のモード形が精度よく同定されており、従来の集中型的手法による同定結果と比較しても同等の結果が得られていることがわかる。



図—11 試験状況



図—12 同定されたモード形

6. まとめ

本報では構造ヘルスモニタリング技術について概説すると共に、比較的高機能なグローバルタイプのシステムである「オンライン型システム」と、大地震後の健全性診断に目的を絞り低コストかつ簡便な取扱いを実現した「オフライン型システム」のそれぞれについてその概要と適用例を紹介した。また次世代型のシステムとして研究開発を進めているセンサネットワークを利用したシステムについても紹介した。本報執筆時点でオンライン型システムは22件、オフライン型シ

ステムは26件の適用実績がある。

安全・安心が強く求められている現代社会において、構造ヘルスマモニタリングは建物を利用する人に安心を与えるためのキーとなる技術の一つであり、今後ますますその重要性は増していくものと考えている。

本技術は平成18年度第8回国土技術開発賞（入賞）を受賞した。



《参考文献》

- 1) 山本鎮男：ヘルスマモニタリング，共立出版（1999.8）
- 2) 岡田敬一：ヘルスマモニタリングの実施例 ―日本女子大学百年館，慶應義塾大学日吉来住舎―，建築防災，No.318，pp.21-25（2004.7）
- 3) 岡田敬一：変位記憶型センサによるモニタリングシステム，計測と制御，第46巻，第8号，pp.628-631（2007.8）
- 4) 白石理人：ワイヤレスセンサネットワークによる分散型のモード特性同定，日本建築学会大会学術講演梗概集，B-2，pp.255-256（2008.9）

【筆者紹介】

白石 理人（しらいし みちひと）
清水建設
技術研究所 安全安心技術センター
研究員



岡田 敬一（おかだ けいいち）
清水建設
技術研究所 安全安心技術センター
主任研究員



建設機械ポケットブック

<除雪機械編>

本書では、除雪機械について事故や故障を未然に防止するための主要な点検項目や点検時の留意点などを整理しました。日常点検や定期点検・整備における基礎資料として活用され、点検、整備および修理を的確かつ効率的に実施し、道路の維持除雪工事を安全で適正に施工するための一助となれば幸いです。

監修／国土交通省北海道開発局事業振興部機械課
発行／社団法人 日本建設機械化協会

目次

1. 整備点検のあらまし
2. 除雪トラック

3. 除雪グレーダ
4. 除雪ドーザ
5. ロータリ除雪車
6. 小形除雪車
7. 凍結防止剤散布車
8. 資料編

●パスポートサイズ／87ページ

●平成17年9月発刊

●定 価

1,000円（本体953円）送料250円

※送料は複数冊申込みの場合、又は他の図書と同時申込みの場合、割引となる場合があります。

社団法人 日本建設機械化協会

〒105-0011 東京都港区芝公園3-5-8（機械振興会館）

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

既存事務所ビルと灯台レンズの免震レトロフィット

上 寛 樹

被害を伴う内陸地震が毎年のように発生し、また東海地震や東南海・南海地震に代表されるプレート境界型巨大地震の切迫性が高まってきている。このような状況の中、地震被害を完全に防ぐことは困難であるという認識から、被害を最小限に留めて社会の機能停止を回避しようとする「減災」の考えが重要視されるようになってきた。一方、建物への地震入力を低減する「免震」技術の被害抑制・機能維持に対する優れた効果が近年の実地震において証明され、重要施設や共同住宅を中心に普及してきている。

本稿ではこの「免震」技術を用いた耐震改修（免震レトロフィット）について、既存事務所ビルならびに灯台レンズへの適用事例を報告する。

キーワード：建築，耐震改修，免震，積層ゴム，灯台レンズ，金属ローラー，コサインレール

1. 既存事務所ビルの免震レトロフィット

(1) 建物概要

免震レトロフィットを実施した建物は昭和 62 年に村野・森建築事務所により設計され、平成元年に竣工した鉄骨鉄筋コンクリート造の事務所ビルである。原状で昭和 56 年施行の新耐震基準を満足しているが、首都圏での防災拠点として大地震時においても建物機能を維持することを目的に免震化を行った（写真—1）。

建物の地下部分で敷地境界との余裕が無いことから、基礎免震ではなく、1 階の柱頭部に免震装置を配置する中間階免震方式を採用し、約 500 人が勤務するビルを供用しながら改修工事を行った。

(2) 構造設計概要

(a) 建物切断位置

免震装置を挿入するための建物切断位置は前述の理由から 1 階柱頭（1FL + 2750）とした。ただし、両妻面のピロティ柱は原設計の意匠性を損なわないよう配慮し、柱脚（1FL + 1270）に免震装置を配置している。2 階外部屋上庭園部分は、梁・スラブを切断したうえで 1 階の柱（非免震部分）で支持する計画とし、上部免震部分から切り離れた（図—1）。

(b) 性能目標

設計にあたり、耐震性能目標を表—1 のように設定した。建物については、レベル 2 地震時においても無

【建物概要】

建物名称：奥村組東京本社ビル

建築場所：東京都港区芝 5-6-1

設計：村野・森建築事務所

竣工：平成元年 11 月

構造・階数：鉄骨鉄筋コンクリート造，地上 9 階，地下 3 階

基準階面積：966.9m²

延床面積：9738.6m²

軒高：GL+33.17m

改修工事工期：平成 18 年 7 月末～平成 19 年 5 月



写真—1 建物外観（改修後）



図—1 建物切断位置

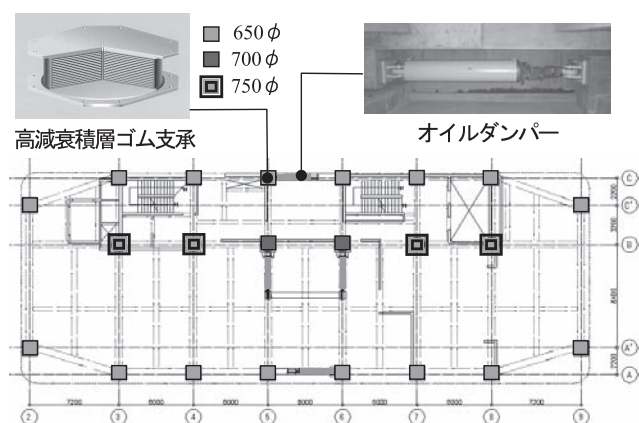
表一 耐震性能目標

入力レベル	レベル 1	レベル 2
	稀に発生する地震動	極めて稀に発生する地震動
建物	短期許容応力度以下	短期許容応力度以下
	層間変形角 1/1000 以下	層間変形角 1/500 以下
積層ゴム	水平変位 16.5 cm 以下	水平変位 33.0 cm 以下

損傷を目標とした。また、免震層の地震時水平変位は、免震対応型エレベーターのレールと 1 階柱とのクリアランスが 35 cm、積層ゴム支承の周囲に配置される耐火被覆材とのクリアランスが 34 cm であることから、33 cm 以内に抑えることを目標とした。

(c) 免震装置

免震装置の配置を図一 2 に示す。上部構造を 22 基の高減衰ゴム系積層ゴム支承により支持することとした。支承のゴム総厚は 160 mm、ゴム径は Φ 650 mm ~ Φ 750 mm を用い、すべての支承に耐火被覆を施した。また、地震時水平変位を目標値以内に抑えるため、最大減衰力 500 kN のオイルダンパーを長辺および短辺方向それぞれ 2 基ずつ、計 4 基設置した。



図一 2 免震装置の配置

(d) 設計用入力地震動

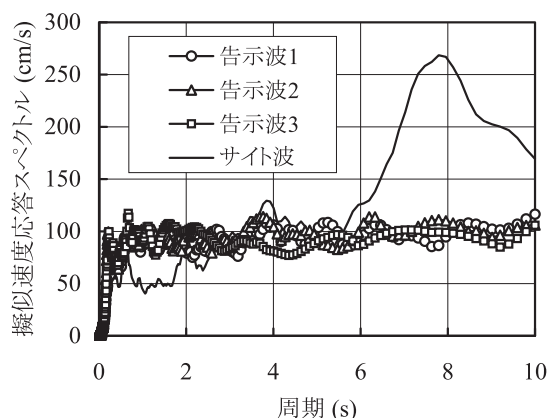
設計用入力地震動は、告示に定められた加速度応答スペクトルに適合し表層地盤による増幅を考慮して作成した告示波を 3 波、関東地震を想定し経験的グリーン関数法を用いて作成したサイト波、および代表的な観測地震波を 3 波とした。各入力地震動の最大加速度と最大速度を表一 2 に示す。

設計用入力地震動の擬似速度応答スペクトル ($h = 5\%$) を図一 3 に示す。告示波はいずれも速度レベルがほぼ一定で $pS_v = 100 \text{ cm/s}$ 程度である。一方、サイト波は 8 秒付近に $pS_v = 250 \text{ cm/s}$ を超える大きなピークを有する長周期地震動である。敷地での常時微

動測定結果や、地震基盤までを対象とした地盤増幅解析においても 7 ~ 8 秒付近にピークが見られるが、この 8 秒近傍の長周期成分は、関東平野の深い地層構造に起因する特性と考えられる。

表一 2 設計用入力地震波と入力レベル

地震波	A : 最大加速度 (cm/s^2) V : 最大速度 (cm/s)	レベル 1	レベル 2
告示波 1 (EL CENTRO NS 位相)	A	150	674
	V	11.1	61.4
告示波 2 (HACHINOHE NS 位相)	A	135	628
	V	12.3	59.4
告示波 3 (乱数位相)	A	161	605
	V	10.4	54.2
サイト波	A	—	412
	V	—	60.8
EL CENTRO 1940 NS	A	255	511
	V	25	50
TAFT 1952 EW	A	248	497
	V	25	50
HACHINOHE 1968 NS	A	167	333
	V	25	50



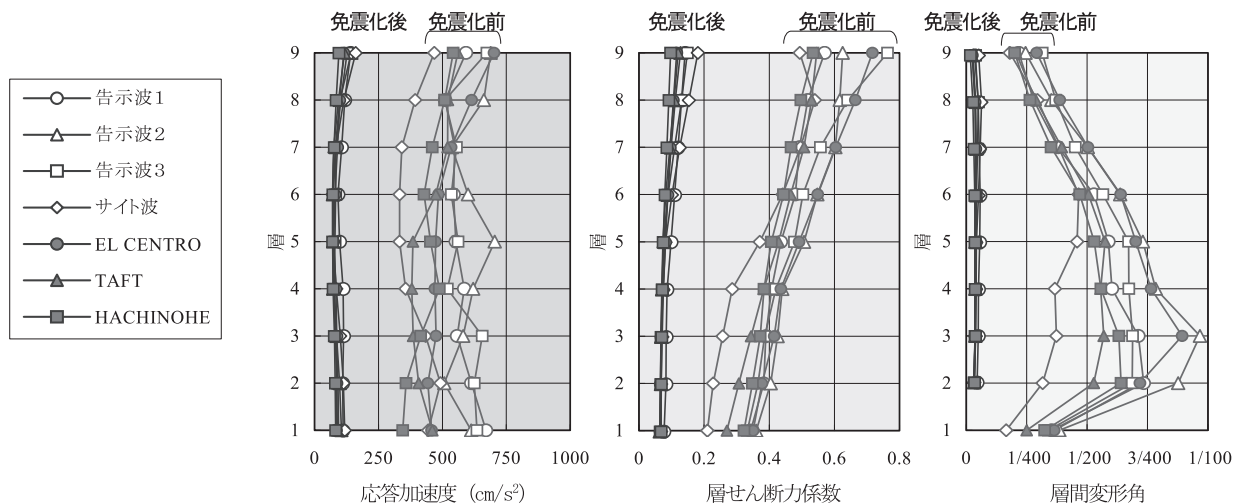
図一 3 入力地震動のスペクトル特性

(e) 地震応答解析

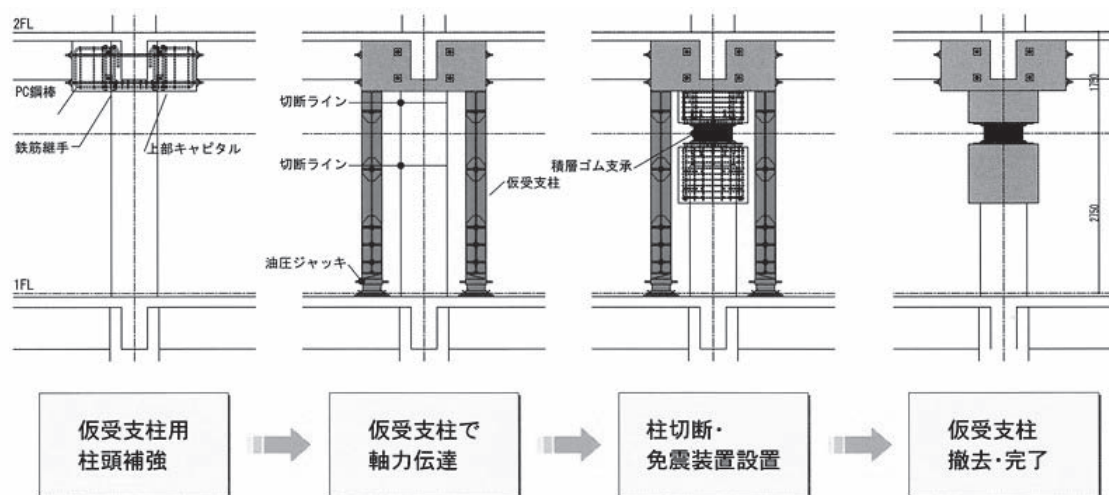
免震化後の建物について設計用入力地震動を用いた応答解析を行った。

解析モデルは、地下に壁が多いため地階を剛体とし、1 階の積層ゴム支承に上部構造が支持される基礎固定の 9 質点等価せん断ばねモデルとした。

レベル 2 地震時の応答結果を免震化前後で比較したものを図一 4 に示す。免震化後の最大応答加速度は免震化前の 1/5 程度、層せん断力係数は 1/3 程度以下、また最大層間変形角は 1/919 (免震装置の最大変位 32.6 cm) であり、目標とした 1/500 (同 33 cm) を下回っている。いずれも性能目標を満たし、大地震時にも建物は損傷せず機能維持可能なことを確認した。



図—4 レベル2地震に対する応答結果



図—5 積層ゴム支承の設置手順

(3) 施工概要

(a) 免震化工事

免震化工事は、1階の施工部分を除いた建物全館を供用しながら実施された。そのため、全工程を2期に分け、来客、在勤者の出入口、使用するエレベーター、および資材の搬入口を確保した。

柱の切断にはワイヤーソーを、壁についてはウォールソーを併用する方式とした。両装置とも一般的に用いられる水冷式ではなく空冷式を採用し、地下階への漏水や漏電事故を防止すると同時に、粉塵や振動・騒音を抑えることで在勤者の執務環境保全に努めた。

積層ゴム支承の設置手順を図—5に示す。まず2階の梁との接合部に仮設柱および積層ゴム支承の架台となるキャピタルを製作する。次に、柱の両脇に仮設柱を配置し、油圧ジャッキにより軸力を作用させた後に柱を切断する。積層ゴム支承を設置し、補強筋を配した後、コンクリートの打設および無収縮モルタルのグ

ラウトを行う。強度発現後に仮設柱を撤去し、積層ゴム支承の周囲に施工期間中の耐震要素となる水平拘束鋼板を取り付ける。この一連の作業を、短辺方向の柱3本を1セットとして順次実施した。

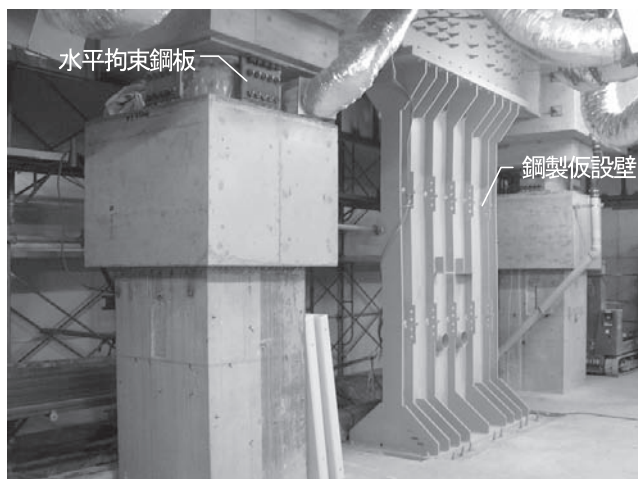
(b) 施工中の耐震安全性

建物を供用しながらの施工のため、施工中も施工前と同等の耐震性を確保するように補強計画を定めた。

施工中の耐震要素としては、切断前の柱と耐震壁、施工を完了した柱、および鋼製仮設壁である。写真—2に示す鋼製仮設壁は、せん断降伏により振動エネルギーを吸収する機能を有している。

レベル2地震動の時刻歴応答解析をもとに、1階に生じる水平力および補強材の必要数量を求めた。施工の進捗に伴うステップ毎に応力解析を行い、どの状態においても、柱が脆性破壊することなく支持力を失わないことを確認した。

本改修工事は約10ヶ月の工期で平成19年5月に完



写真一 2 積層ゴムの水平拘束鋼板と鋼製仮設壁



写真一 3 積層ゴムが設置された柱

了した。免震レトロフィットの実施例として、建物各部において免震化によるディテールが視認できるよう配慮されている（写真一3）。

2. 灯台レンズの免震レトロフィット

(1) 灯台レンズについて

我が国の灯台の多くは明治・大正期に建設され、現在も航路標識として海の安全を守る重要施設であると同時に、歴史的建造物としての価値も高い。灯塔本体はRC造もしくは石造で、その頂部に水銀の浮力を利用した回転機器で支持された灯台レンズが設置されている（写真一4、5）。レンズ径の大きいものから順に1等～6等に分類されるが、このレンズは現代の技術でも製作が難しく、それ自体が高度な工芸品ともいえる価値がある。しかし、現状では耐震性に問題があるうえ、老朽化が進んでいることから、早急な地震対策が必要となった。地震対策として、灯塔本体は耐震補強を施し、レンズと回転機器を免震化することが計画された。

(2) 灯台レンズ免震レトロフィットの概要（図一6）

(a) 要求性能

レンズと回転機器は大重量かつ高重心（1等レンズでは重量9tf、高さ6m）であり、灯塔の頂部に設置されるために地震動が増幅される上、設置スペースも狭く、免震化において技術的難易度が非常に高い。要求性能として、震度6程度の大地震に対して以下の条件が課せられた。

- ・レンズおよび回転機器の損傷防止と機能維持、および回転機器内水銀の飛散防止

（レンズの揺れの加速度が 200 cm/s^2 以下）

- ・作動時の最大水平変位 $\pm 30 \text{ cm}$ 以内

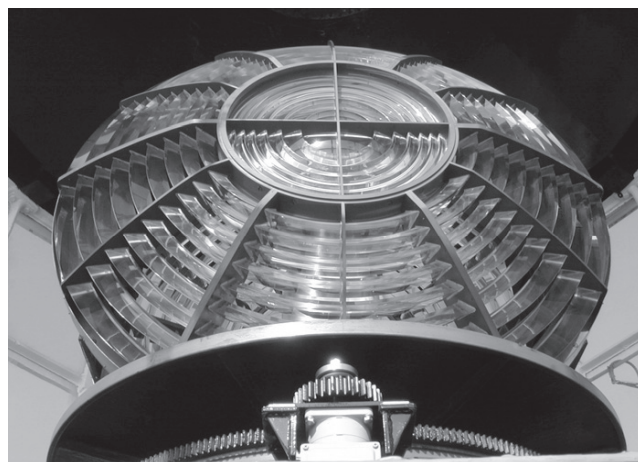
これらを達成するため、金属ローラーと粘性ダンパーを組み合わせた「コサイン・レール支承」を開発した。

(b) コサイン・レール支承の機構

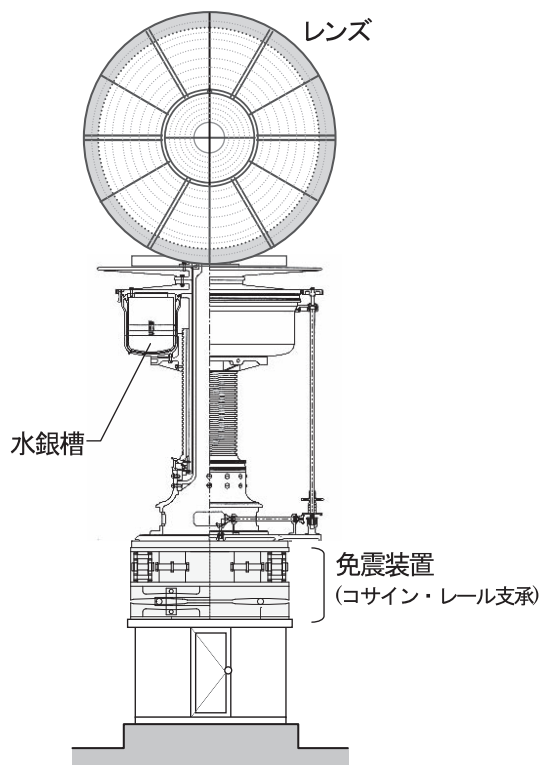
図一7にコサイン・レール支承の機構模式図を示す。「ころ」の役割をする金属ローラーをレールの上に載せ、これを直交方向に2段重ねとすることで、どの方向に対しても作動する構造となっている。またレール



写真一 4 灯台（金華山：2等）



写真一 5 灯台レンズ（3等）



図一六 灯台レンズの免震レトロフィット

の形状をコサインカーブとすることにより特定の周期を持たないため、どのような地震の揺れに対しても共振することがなく、優れた免震効果を発揮する。ローラーの上下にコサイン・レールを配することによりレール長さが免震装置変位の1/2で済むため、装置のコンパクト化が可能となっている。

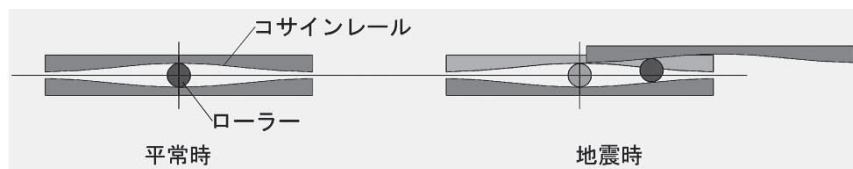
(c) 振動台試験による性能確認

コサイン・レール支承の性能を確認する目的で振動台試験を行った。振動台への入力地震波は、設計時の地震応答解析で得られた灯台レンズ設置位置床（灯室床）での応答加速度波形としている。

図一8は、犬吠埼灯台（1等レンズ）用免震装置に、実際のレンズ・機器と同じ9tfの錘を載せて実施した振動台試験結果の一例である。錘の重心位置は実情に合わせた高さに設定している。地震の揺れによる加速度は灯室床で 1440 cm/s^2 であるのに対し、レンズ上では 112 cm/s^2 と約1/13に低減されている。また最大変位は14 cmであり、要求性能を十分満足している。

(d) 灯台レンズ免震レトロフィットの状況

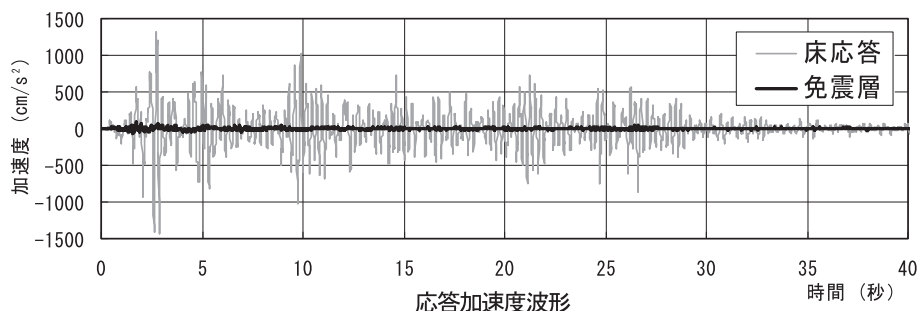
大型レンズを有する灯台は全国に250基あるが、現在主に1～4等レンズの改修が進められており、37ヶ所の灯台レンズの免震化が完了している(図一9)。



図一七 コサイン・レール支承の機構模式図

最大値一覧

入力地震動名	EL CENTRO 1940 NS
入力地震動 最大加速度	511 cm/s^2
灯室床応答（振動台入力）	1440 cm/s^2
免震装置上 最大応答加速度	112 cm/s^2
免震装置 最大応答変位	14.0 cm



図一八 犬吠埼灯台用免震装置の振動台試験結果の一例



振動台試験実施状況



免震装置設置状況（水の子島：3等）



図ー9 免震化が完了した灯台（○囲み数字はレンズの等級を示す）

3. おわりに

ストック活用や建物長寿命化への取り組みが叫ばれ、建物の長期供用が推進されている。すなわち供用期間中に大地震に遭遇する確率も増すことになる。免震技術は、その優れた耐震安全性と共に、ライフサイクルコストの観点からも有効な構法であり、今後の更なる普及が望まれる。

J C M A



【筆者紹介】

上 寛樹（うえ ひろき）
 ㈱奥村組
 建設本部建築事業部建築部
 技術支援グループ
 課長代理

特殊建築物の外壁診断における 赤外線調査ガイドライン

天 野 勲・山 川 和 夫・伊 藤 秀 和

平成 20 年 4 月 1 日施行の建築基準法関連の改定により、外壁のタイル等の劣化および損傷を調査する手法として、赤外線調査法が広く知られるようになった。従来、赤外線法の調査には専門の知識や経験が必要と言われ、調査方法や調査者の技術レベルが調査精度へ影響を与えていた。当協会では、今回の定期報告に調査レベルを絞り、安定した品質の高い調査結果を迅速に提供することを目的に、画像解像度や壁面温度のモニタリングなど赤外線画像の撮影条件等を取りまとめたガイドラインを作成した。一方、調査者の技術レベルの安定化を図るためにサーモグラフィー制度の活用、調査の効率性と経済性を進めるための手引書の整備を併せて行った。

キーワード：外壁，定期報告，サーモグラフィー，赤外線調査，ガイドライン，JAIRA

1. まえがき

赤外線調査法は、従前より、外壁のタイル等の浮き・はく離調査法の一つとして、永く多くの実績が積み重ねられている。

今般の建築基準法関連の改定による国土交通省告示第 282 号（平成 20 年 4 月 1 日施行）において、外壁のタイル等の劣化および損傷を調査する方法として全面的なテストハンマーによる打診とともに赤外線調査法が広く知られるようになった¹⁾。

赤外線調査法は、タイルやモルタル部の浮き・はく離の状態を、気温変化や直射などを熱源とする外壁表面の熱変化に着目する画像診断法である。現地撮影時に、天候や気温変動などの自然条件に左右されやすく、また、浮き・はく離部を赤外線熱画像より判断するため、調査には専門の知識や経験が必要である場合が多く、調査者によって得られる成果も一定していないのが現状といえる。

日本赤外線劣化診断技術普及協会（JAIRA）では、平成 18 年 3 月の発足以来、赤外線法を使った診断技術の普及と安定について活動を続け、その一つとしてサーモグラフィー制度を創設し、技術者の育成を図っており、今回の定期報告で活用される赤外線調査法を対象を絞り、調査に必要な専門的な知識と経験を協会各社の多くの実績をもとに整理・討議し、安定した品質の高い調査結果を得るために必要となる事項について具体的な技術方針としてガイドラインを取りまとめた。

本ガイドラインにより、赤外線調査法の普及とサーモグラフィーの活躍により、赤外線調査の品質と信頼性を向上させ、利用者に安心・安全を提供するものと期待している。

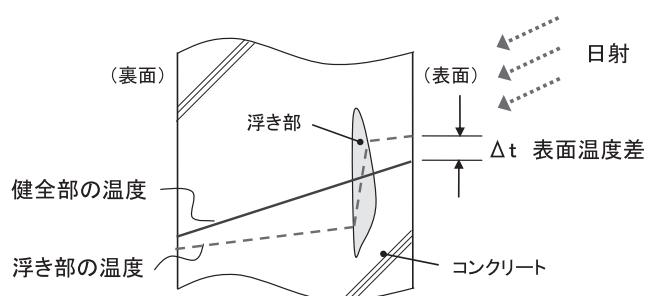
2. 赤外線調査における外壁診断

(1) 浮き部と健全部の温度差発生メカニズム

赤外線画像による外壁タイルの浮きの箇所の検出は、タイル表面温度の時間変化が浮き部と健全部で異なることに着目している。

建物外壁の仕上げモルタルやタイルがはく離すると、その裏面に空気層ができるが、密閉された空気層は大きな断熱性を持つので、その部分では空気層の外壁表面側と内部躯体との間の熱伝達が小さくなる。

したがって、日射が当たる、外気温が上昇するなど外壁表面温度が高くなるときには、途中にこのような空気層が存在するとその裏側へ熱を伝えにくいため、



図一 浮き部と健全部の温度差発生メカニズム

浮き部は健全部に比較して高温になる。逆に壁面に当たる日射が減少する、外気温が下降するなど外壁表面温度が低くなる時には、空気層がある部分は躯体からの放熱を遮断するので、浮き部は健全部に比較して低温になる（図—1）。

(2) 他の手法との比較、優位性

コンクリート中の空洞を調査する方法としては、赤外線法（サーモグラフィー法）、弾性波法、電磁波レーダー法がある。更に弾性波法には超音波法、衝撃弾性波法、打音法があるがこのうち装置の手軽さや対象範囲をコンクリートの表層部に限ると打音法が最も一般的であろう。また、電磁波レーダー法についてはコンクリート内部の鉄筋の位置・深さやコンクリートの厚さ及び空洞の調査に用いることが出来るが、表層部の浮きの調査となると判別がかなり困難である。したがって、ここでは従来からの打音法と、それに対して非接触でかつ一度に大面積を調査することができる赤外線法について、表—1にそれぞれの特徴を比較する。

表—1 赤外線法と打音法の特徴比較

項 目	赤外線法	打音法
診断精度	○ ノイズ対策要	○ 経験要
コ ス ト	○	×
仮設設備	○ 特殊な場合は 高所作業車要	×
作業効率	○	×
工 期	○	×
気象条件	×	○
安 全 性	○	×
建物への影響	○ 非接触	×
居住者への影響	○	×
記 録	○	×

(3) 赤外線調査の課題

(a) 放射率について

これは課題というよりも赤外線カメラ撮影時の留意点になるが、そもそも対象とするコンクリート構造物の場合、放射率+反射率=1（キルヒホッフの法則）が成立する。赤外線カメラは対象物から放射されてい

る赤外線放射エネルギーを温度（摂氏または華氏）に変換する装置であり、赤外線放射エネルギーは対象物の放射率に比例する。この放射率は物質や表面性状ごとに異なるが、外壁診断においては、厳密な温度を測定するのが目的ではなく、2.（1）で述べたように、健全部と浮き部の温度差、表面の温度分布を正確に計測することなので対象物の放射率を厳密に測る必要は無いといえる。一方で、放射率の指向性といって、タイルやモルタルでは、撮影角度が45度程度までであれば放射率はそれほど低下しないという特徴がある。したがって、放射率の指向性を考慮して撮影位置を決めることは重要である。

放射率はこの放射角のほか温度や波長によって変化するが、同一機種で単一对象物を撮影する上では問題とはならない。

(b) ノイズについて

赤外線カメラでは健全部と浮き部の温度差を計測することによって浮きを判断するが、浮きとは異なる原因で結果的に浮きと誤診（健全部と温度差が生じる）させるような要因をノイズと定義する。このノイズに相当するものには表—2のようなものが代表的なものである。大半のノイズは、基本的には撮影時の工夫によってクリアーすることができる。また、目視により壁面の汚れや補修跡、ひび割れなどを同時に記録しておくことも重要である。ノイズの低減、判別については、一定の経験と知識が必要となるため、サーモグラフィー制度では、この点に特に注力して育成している。

表—2 ノイズの種類と対策

ノイズの種類	対策
室内暖房	暖房開始前撮影
非連続部分	夜間撮影
壁面の凹凸	夜間撮影
光沢タイル	夜間撮影、二時刻間差分処理
色の混在	夜間撮影
壁面の汚れ	夜間撮影、二時刻間差分処理
壁面の濡れ	撮影不適
天空反射	夜間撮影
地面の照り返し	夜間撮影
対面壁の反射	夜間、曇天時撮影

(c) その他

対象物に近接して植樹や看板類がある場合は、左右から撮影するだけでは視野を全てをクリアーできないことが多く、その場合は高所作業車などを使って対象物と障害物の間に入って撮影するというものの可否を現地調査時に確認しておく必要がある。

3. ガイドライン

(1) ガイドラインの重点ポイント

ガイドラインの作成に当たっては、これまでの赤外線調査法の課題等を整理し、分かりやすく使いやすい結果を提供するために、特に、次の項目に重点をおいて作成した。

(a) 調査レベルの明示

調査範囲、調査精度の明確化、調査結果の信頼性の向上を図るために、赤外線画像の撮影時における解像度、角度、温度条件など適用範囲を定めた。

(b) JAIRA サーモグラファー制度の活用

赤外線画像の撮影および画像解析・診断を行う技術者として、教育・育成を進めている JAIRA サーモグラファー制度を活用する。

(c) 調査結果のトレースが可能な調査手順の記録

赤外線画像の撮影位置（撮影距離、角度）、撮影範囲、撮影日時等を記録・報告することで、調査結果報告書より調査結果の適否をトレースできる作業フローとした。

(d) 各種様式の整備

調査の実施時に必要な情報を記録する様式や報告書様式を整備・統一することで、分かりやすい成果を提供するとともに、効率的な調査を可能とした。

(2) ガイドラインの構成

ガイドラインには、調査可能な範囲、調査精度、調査結果を分かりやすく提示するために必要な技術事項を取りまとめた「ガイドライン」と、実調査において調査結果や調査精度のトレースが可能な様式などを取りまとめた「調査のための手引書（以下、手引書）」から構成される。この手引書には、①撮影計画書、②調査報告書、③事前チェックリスト、④現場撮影チェックシートの4つの様式および記入例を含んでいる。

(3) 調査レベル

外壁の定期報告に目的を絞った赤外線調査に対応するために、調査の迅速性と結果の信頼性の向上を考慮し、次のような調査レベルを設定した。

(a) 赤外線調査適用の適否の判断

建物、周辺立地等の情報から、事前チェックリスト（手引書1）を利用し、赤外線調査の適否、適用可能な範囲・条件を迅速に判断し回答する。

(b) 赤外線画像解像度の上限設定

調査精度の安定化を図るために、撮影時の赤外線画像解像度は 25 mm / pix 以下とする。

(c) 撮影角度の制限

調査精度の安定化を図るために、対象面との角度は、外壁法線を 0 度とした時、光軸中心で撮影水平角 ± 30 度以内、撮影上下角 ± 45 度以内とする。

(d) 赤外線撮影条件の明示

調査結果の信頼性の向上を図るために、撮影時の外壁温度の連続計測など、撮影温度条件等を明示する。

(e) 有資格者による撮影と画像解析・診断

調査精度の安定化を図るために、赤外線画像の撮影、画像解析・診断は、それぞれの実務と経験を有した有資格者が行う。

具体的には、現地撮影はサーモグラファー ステップ1以上とし、さらに技術レベルが要求される画像解析・診断はサーモグラファー ステップ2としている。

(f) 定期報告に準じた図面の作成

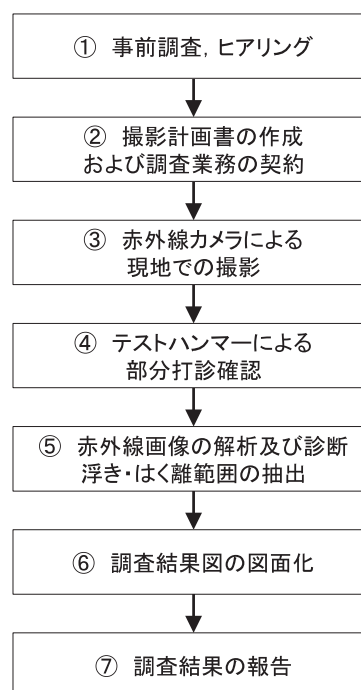
調査結果の分かりやすい図面を作成し、定期報告資料に則した形式とする。

(g) 浮き・はく離個所全ての赤外線画像の記録

浮き・はく離の全個所の画像を記録保存することで、損傷の位置、規模などの詳細な情報を把握することが可能となり、定期報告以外の改修計画などの基礎資料に利用が可能となる。

4. 調査の方法

調査全体のフローを、図—2 に示す。



図—2 調査のフロー

(1) 事前調査

(a) 調査条件の把握

事前チェックリスト（手引書 1）に基づき、調査に着手する前に、建物の図面、周辺状況などより、次の項目の調査条件を整理・検討し、赤外線調査の適用の適否を判断する。

①赤外線調査の適用可否、②調査可能な範囲、③現地撮影地点および敷地立入等の確認、④撮影時期、対象面の撮影時刻

(2) 撮影計画書および調査見積書の作成

(a) 撮影計画書の作成

調査可能な範囲について、撮影計画書（手引書 2）を作成する。撮影計画書には、次の項目を記載する。

①建物概要、②調査対象面の撮影場所・撮影時刻、③現地調査時期・調査工程、④調査方法・使用する赤外線カメラの仕様、⑤撮影技術者氏名、画像解析・診断技術者氏名

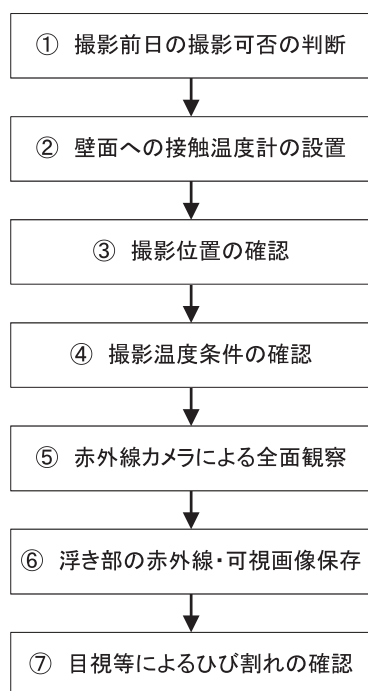
なお、撮影条件等が複雑な場合は、必要に応じて現地踏査による確認を行う。

(b) 調査見積書の作成

撮影計画書に基づき、撮影場所、撮影日数、画像処理想定枚数、報告書作成日数などから、調査費用の見積書を作成する。

(3) 赤外線カメラによる現地撮影

現地撮影時の作業フローを、図—3 に示す。



図—3 現地撮影のフロー

(a) 事前準備

現地撮影チェックシート（手引書 3）に基づき、以下の事項を確認する。

①撮影前日の撮影可否の判断

適した赤外線画像の撮影を行うために、撮影日の前日に、撮影技術者が天気予報等より、次の項目の情報を収集し、撮影の実施を判断する。

・予想天気：降雨、降雪時以外の晴、薄曇

・予想日較差：7℃以上

（日較差：最低・最高気温の温度差）

・予想風速：5 m / 秒以下

②接触温度計の設置

撮影時の対象となる各面の壁面温度の変化を把握するために、各壁面に接触型温度計を設置し、温度変化をモニタリングする。

③撮影位置の確認

撮影計画書で記載した撮影位置における対象面までの撮影距離・角度を確認する。また、立ち入りの条件、足元等の周辺危険状況の把握を行う。

(b) 撮影時の温度条件の確認

壁面に設置した接触温度計の測定結果より、北面およびそれ以外の面について、時間当たりの壁面温度の変化を確認し、撮影の開始と終了を判断する。

また、雨天翌日などで表面が十分に乾いていない状態では、その湿潤部が赤外線画像に変温部として映ることがあるため、撮影時に対象面が乾いているかどうかを目視にて確認する。

(c) 撮影方法

①撮影解像度が 25 mm / pix 以下となるように、撮影距離、赤外線カメラの視野角（対物レンズ）を選定する。ただし、やむを得ず解像度が 25 mm / pix 以上となる場合は、その旨を報告書に記載する。

②①の解像度で対象面を全面観察し、赤外線画像中に変温部を確認した場合に、赤外線画像および可視画像を保存する。

③保存した画像の面、位置、階数などを野帳またはボイスメモに記録する。

④赤外線画像中に確認した変温部にひび割れがあるかどうかを、肉眼または双眼鏡を使って目視で確認するとともに、野帳またはボイスメモに記録する。

(d) 赤外線カメラの性能

現地撮影に用いる赤外線カメラは次の性能を保有する装置を使用することとする。

①温度分解能が 0.1℃ 以下（@30℃，30 Hz）

②対象壁面で 25 mm / pix の解像度を有する。

カメラ画素数、撮影距離、レンズによって決まるが、

画素数は 320 × 240 画素程度以上が望ましい。

- ③画像解析時に温度表示が調整可能なフォーマットで画像保存機能を有するもの。
- ④撮影記録した画像の温度表示などを調整する機能を有するソフトがあるもの。

(4) 部分打診による現地での検証

赤外線調査結果の検証のために、現地撮影時において、赤外線画像より浮きと判断される部分について、手の届く範囲においてテストハンマーにより打診し、外壁の浮き状況を確認する。

(5) 画像解析・診断の方法

現地で記録した赤外線画像から、浮き部の判断は、サーモグラファー ステップ2の資格を有する画像解析・診断技術者が、次の手順によって判断する。

①赤外線画像の温度表示の最適化と変温部抽出

赤外線画像の温度表示を最小で5℃程度以下にして、周囲と温度の異なる領域（変温部）を抽出する。

②変温部の要因の判断

変温部と同位置の可視画像を比較し、変温の原因が、遊離石灰、汚れ、仕上げ材の材質や色調の差、周辺物からの熱反射、部位の特徴、室内の冷暖房の影響等のノイズ要因でないことを確認する。

③浮き・はく離個所の特定と明示

②で除外される範囲などを考慮し、変温部を浮き・はく離個所を特定し、赤外線画像の該当部分を○枠にて囲む。

(6) 調査結果（浮き部）の図面への図示等

(a) 調査結果図の作成

画像解析・診断で特定した浮き・はく離部を定期報

告図面集（各階平面図）に図示する。

図面には、階毎に浮き・はく離が発生している位置や部位などを記入する（図—4）。

(b) 浮き・はく離部の画像台帳の作成

結果図で図示した浮き・はく離の全個所について、可視画像、赤外線画像の順で整理した画像台帳を作成する。画像台帳には、「浮き・はく離が発生している位置や部位」、「ひび割れの有無」、「はく落の危険性の程度」について記載する（図—5）。

(7) 調査結果の報告

調査結果は、調査報告書（手引書5）を作成し提出する。調査報告書には、次の項目を記載する。

(a) 一般事項

- ①対象建物の概要
- ②調査対象の外壁面の範囲
- ③赤外線画像撮影の方法
- ④使用赤外線カメラの仕様
（画像積分の有無、回数など）

(b) 調査結果

- ①赤外線画像の撮影位置
- ②撮影日時、天候および温度条件
- ③調査結果図（階毎平面図）
- ④画像台帳

(c) その他

- ①実施会社名
- ②撮影技術者氏名
（サーモグラファー ステップ1 修了番号）
- ③画像解析・診断技術者氏名
（サーモグラファー ステップ2 修了番号）

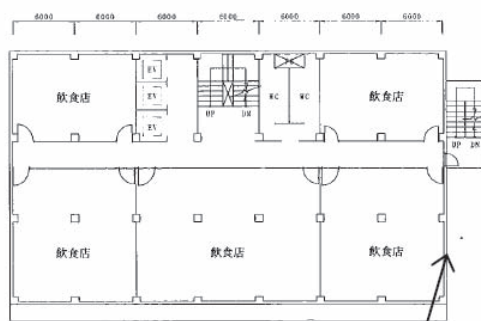


写真1 (赤外線調査)
2階下部に浮き有り
はく落の危険低い。ひび割れなし。

図—4 調査結果図例（各階平面図）

部位	番号	調査項目	調査結果
	①	外装タイル・モルタルの劣化（赤外線法による）	
可視画像	5		特記事項
			南東面2階 2階下部に高温部が見られ、浮きと判断される。 はく落の危険性は低い。ひび割れは確認されず。
赤外線画像	5		
		2006/06/25 16:05 撮影	

図—5 画像台帳例

5. 赤外線サーモグラフィーによる画像例

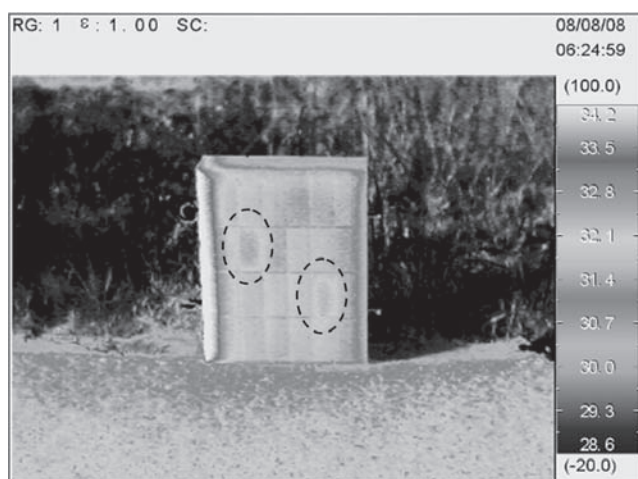
実際の建物外壁や試験体における画像例および判断例を示す。

(1) タイル試験体の画像例

写真—1、写真—2は、タイルの裏側に人工的に空洞を作った試験体の可視写真と赤外線画像である。写真—1でわかるように全体には同色タイルであるが、写真—2では空洞を作成した(可視写真中の丸印部分)部分は、他の健全部に比べ、表面温度が高温を示す。



写真—1 可視写真（試験体）



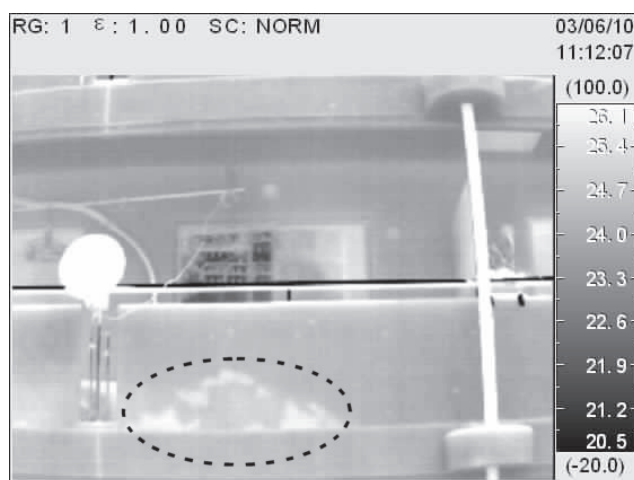
写真—2 赤外線画像（試験体）

(2) 吹付けタイル

写真—3、写真—4は吹付けタイル仕上げの壁面である。赤外線画像では、丸印部分が他とタイルと比べ温度が高温を示す。昼間の撮影であり、下地モルタルの浮き、または下地の材質が異なると判断される。



写真—3 可視写真（吹付けタイル）



写真—4 赤外線画像（吹付けタイル）

(3) タイル

写真—5、写真—6はタイル仕上げの壁面である。赤外線画像の丸印部分は、周囲の他部分と比べ高温を示す。昼間の撮影であり、タイルが浮いていると判断される。



写真—5 可視写真（タイル張り）



写真—6 赤外線画像（タイル張り）

6. おわりに

JAIRA では、外壁の定期報告において、赤外線調査法を適用するに当たり、調査のフロー、撮影解像度、壁面温度等の撮影条件を示したガイドラインを作成しました。

ガイドラインには、これまで当協会での実績や各方面のご意見より、分かりやすく調査精度が見える項目を取りまとめました。ガイドラインでは重要な項目を細かく定めていますが、実作業に則した調査のための手引書も同時にとりまとめ、作業が複雑化することが無いように配慮しています。

また、調査員の技術レベルは、サーモグラファー制度の普及と推進により育成されたサーモグラファーの活躍で、安定した調査精度を維持し、信頼性の高い調査結果を提供できるものと考えています。

ガイドラインと調査のための手引書により、赤外線法は、皆様に信頼を頂けるようになったと考えており、広く普及することを期待しています。

今後も、協会としては、このガイドライン、手引書の普及を着実に取り組むとともに、より分かりやすく使いやすい赤外線調査結果を提供できるよう努めます。

日本赤外線劣化診断技術普及協会のホームページ

<http://www.jaira.jp>

J C M A

《参考文献》

- 1) 財団法人建築防災協会：特殊建築物等定期調査業務基準（2008年改訂版）pp.109-110（2008.5）

【筆者紹介】



天野 勲（あまの いさお）
JAIRA 日本赤外線劣化診断技術普及協会
特殊建築物等定期調査における
外壁の劣化損傷状況赤外線調査
ガイドライン作成委員会 リーダー



山川 和夫（やまかわ かずお）
JAIRA 日本赤外線劣化診断技術普及協会
特殊建築物等定期調査における
外壁の劣化損傷状況赤外線調査
ガイドライン作成委員会 サブリーダー



伊藤 秀和（いとう ひでかず）
JAIRA 日本赤外線劣化診断技術普及協会
特殊建築物等定期調査における
外壁の劣化損傷状況赤外線調査
ガイドライン作成委員会 委員

よび非開削工法により構築するものである（図—1）。

開削工事は、幹線道路（国 246 号，山手通り）を結束する山手通り支線に位置し，作業帯を占用して大規模な地下連続壁を構築する必要がある。しかし，道路幅員が狭いうえに，沿道には商店等が隣接しており，施工にあたっては，「1 車線規制のみの狭隘な作業帯で施工が可能であること」，「周辺住民に与える圧迫感が小さいこと」，「硬質地盤でも施工が可能であること」が課題となった。そこで，これらの施工条件を満足する工法として，作業幅 6 m 以内で大深度ソイルセメント地下連続壁を構築できる CSM 工法「クアトロサイドカッター機」を開発・導入し，本工事において採用した。

本稿では CSM 工法「クアトロサイドカッター機」の概要と施工状況について報告する。

2. 工事概要

(1) 全体概要

工 事 名：中央環状品川線大橋連結路工事

工事場所：東京都目黒区青葉台二丁目～大橋一丁目

発 注 者：首都高速道路株式会社

施 工 者：株式会社 間組

工 期：平成 19 年 5 月 22 日～平成 25 年 6 月 30 日

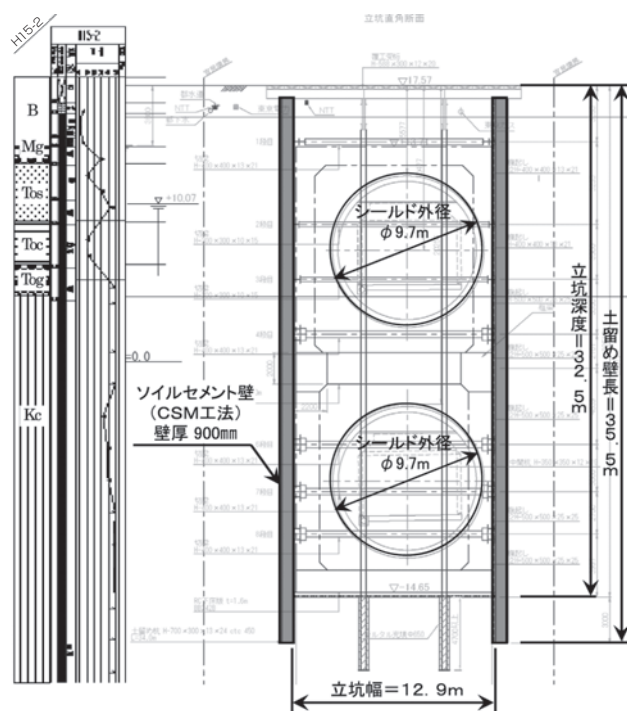
工事内容：大橋連結路（上層）L = 550 m，（下層）
L = 540 m

- ①開削部 ：延長 55 m，掘削幅 13 ～ 20 m，
掘削深度 33 m
- ②シールド部 ：延長（上層）475 m，（下層）450 m，
シールド外径 ϕ 9.7 m
- ③切開き部 ：延長（上層）210 m，（下層）180 m
- ④地上避難出口：掘削深度 50 m，掘削外径 ϕ 5.1 m
- ⑤その他 ：道路床版工，耐火工

(2) 施工対象（土留め壁）

「クアトロサイドカッター機」は，シールド発進立坑の土留め壁の構築に適用した。当該立坑では上下 2 段の大断面シールドを施工するため，強度および剛性の高い土留め壁が必要であり，等壁厚ソイルセメント地下連続壁を採用した。土留め壁の諸元を以下に示す（図—2）。

- ・壁 厚：900 mm（等壁厚ソイルセメント地下連続壁）
- ・芯 材：H-700 × 300 × 13 × 24（間隔：600 mm）
- ・壁 長：35.5 m
- ・施工延長：約 38 m（17 エレメント）



図—2 立坑概要図

(3) 土質条件

施工地点の地質は，新第三紀鮮新世～第四紀更新世の上総層群の泥岩（Kc）を基盤岩とし，その上位に第四紀更新世武蔵野礫層（Mg），東京層砂質土（Tos），粘性土（Toc），東京礫層（Tog）および埋土，ローム層，凝灰質粘性土などの地表層（B）が分布する。

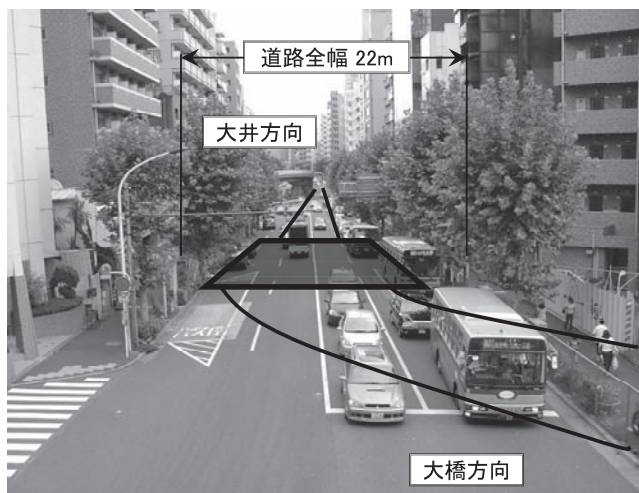
特に，泥岩（ $qu = 3N/mm^2$ 程度）は GL-13 m 以深に厚く堆積しており，土留め壁の施工方法として硬質地盤での施工性，経済性に優れた工法を選定する必要がある。

(4) 施工環境

当該工事現場は，歩道を含めた道路幅員が 22 m と狭いうえに，沿道には飲食店や商店，集合住宅等が隣接しているため，施工に伴う交通渋滞や周辺に与える圧迫感，騒音，振動などについて慎重に配慮する必要がある。

そこで，現況 4 車線のうち 3 車線（大井方向 1 車線，大橋方向 2 車線）を確保し，常設作業帯（幅 6 m × 延長 60 m）で昼間に土留め壁の施工を行うことが条件となる（写真—1～写真—2）。

以上の施工条件を踏まえ，コンパクトな機械で，硬質地盤に大深度ソイルセメント地下連続壁を構築できる，「クアトロサイドカッター機」の開発に至った。



写真一 1 施工環境（工事着手前）

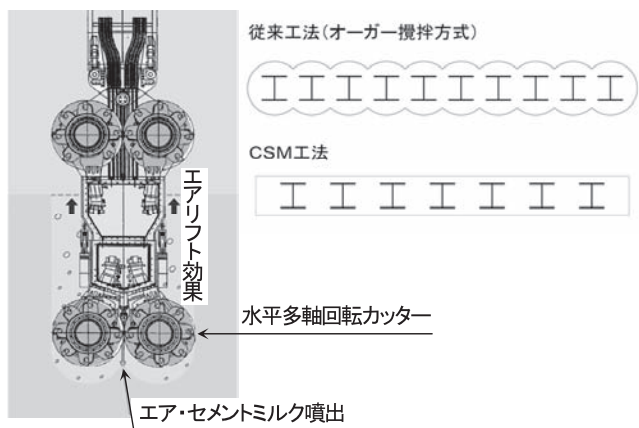


写真一 2 作業帯状況

3. CSM 工法「クアトロサイドカッター機」

(1) CSM 工法の概要

CSM 工法とは、水平多軸型地下連続壁掘削機と同様の水平多軸回転カッター（Cutter）を用いて土（Soil）とセメント系懸濁液を原位置で攪拌混合（Mixing）し、



図一 3 CSM 工法概念図

等壁厚のソイルセメント壁体（土留め壁・遮水壁等）を造成する工法である（図一 3）。その特長には原位置土攪拌混合工法の特長に加え、以下のような点がある。

- ① 水平多軸回転カッターの高い掘削性能により、岩盤や硬質地盤においても先行削孔等の補助工法が不要もしくは軽減できる。
- ② エアブローを併用した高速回転カッターにより、高い攪拌性能を持つ。
- ③ 等壁厚のソイルセメント壁が造成されるので、芯材配置を任意に設定でき、設計の自由度が高い。
- ④ 壁体がパネル状に造成されるため小さな円形立坑の施工が可能である。
- ⑤ 壁体の接続は止水性の高いカッティングジョイントとなる。
- ⑥ カッター部に内蔵した傾斜計により、リアルタイムでの掘削精度確認が可能である。

(2) 「クアトロサイドカッター機」の開発経緯

表一 1 に CSM 機の種類と実績を示す。

ケリーバー方式の CSM 機は 2003 年にドイツにおいて開発され、2004 年に BCM3 型が、続いて同方式の BCM5 型が日本に導入された。

しかし、ケリーバー方式の CSM 機は、大深度を施工する場合にケリーバーを長くする必要があり、施工機械の大型化が避けがたく、おのずと掘削深度に限界（35 m 程度）があった。そのため吊り下げ方式の開発が進められ、大深度施工が可能な BCM10 型が、試験施工を経て日本に導入された（2005 年）。

掘削深度は従来機に比べ大幅に深くなり、機械高さ 15 m、機械長 9.5 m と小型化されたが、都市部での施工を想定した場合、さらなる小型化が望まれた。そして、コンパクト化された（機械高さ 6.5 m）クアトロカッター機（低空頭対応型）が 2006 年に開発された。

さらに今回、上部旋回台を設けて、カッターをベスマシンのサイドに配置することにより、狭隘地（作業幅 6 m 以内）での施工が可能な「クアトロサイドカッター機」を考案、製作をパワーマシーネン社に依頼し、本工事に導入した。

(3) 「クアトロサイドカッター機」の特長

「クアトロサイドカッター機」は、従来のケリーバー方式の特長に加えて次の特長がある。

- ① ホースドラムを利用した吊り下げ方式の採用により大深度（最大 65 m）施工が可能である。
- ② 転倒に対する安定性が高く、また周辺に対する圧迫感がない。

表ー1 CSM 機の種類と実績

種類	ケリーバー方式		吊り下げ方式	
	2 カッター		2 カッター	クアトロカッター (4 カッター)
機械姿写真				 
開発年：日本導入年度	2004 年	2004 年	2005 年	2006 年 (サイドカッター：2007 年)
国内保有台数	1 台	2 台	0 台 (海外 2 台)	2 台 (サイドカッター：1 台)
カッター	型式	BCM3 型	BCM5 型	BCM10 型
	トルク	0-30 kN・m	0-45 kN・m	0-80 kN・m
ベースマシン	機械高	～ 35 m 程度	～ 35 m 程度	約 15 m (CBC25)
	機械長	10 m 程度	10 m 程度	9.5 m 程度
掘削深度 (実績最大深度)	～ 35 m (20 m)	～ 35 m (31 m)	～ 60 m (60 m)	～ 65 m (60 m)
掘削壁厚	500 ～ 700 mm	500 ～ 900 mm	640 ～ 1,200 mm	500 ～ 1,200 mm
掘削幅	2,200 mm	2,400 mm	2,800 mm	2,400 mm
施工実績 (試験施工除く)	3 件 (海外 19 件)	4 件 (海外 33 件)	1 件 (海外 7 件)	11 件 (海外 0 件)

2008 年 12 月末現在：パワー工法研究会調べ (パワーマシーネン社製機械のみ)

- ③ 4 カッター化により方向制御および掘削・攪拌性能が向上する (下部カッターは掘削・攪拌機能, 上部カッターは攪拌およびカッター引上げ時の抵抗低減機能を有する (写真ー3))。
- ④ リアルタイムモニターによる掘削精度確認に加え, カッター部に姿勢制御フラップを装備しており, 壁直角方向およびねじれ方向の掘削精度が向上する (写真ー4)。

4. 施工状況

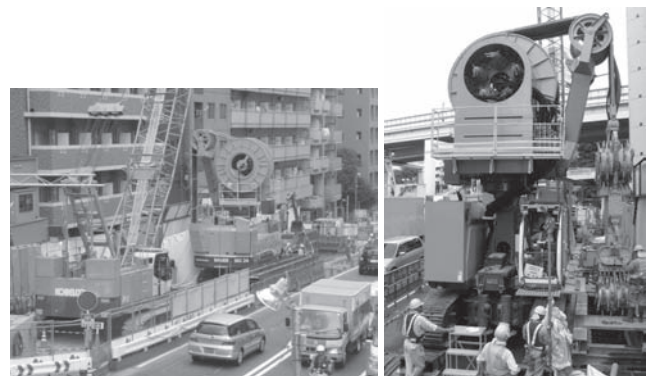
土留め壁の施工は, 作業帯を切替えながら 3 期に分割して行うが, 現在, 第 1 期の施工 (7 エレメント) を終え, 「クアトロサイドカッター機」は概ね想定通りの施工能力を発揮している。施工状況を写真ー5に示す。



写真ー3 旋回中のカッター



写真ー4 姿勢制御装置



写真ー5 「クアトロサイドカッター機」の稼働状況

(1) 施工サイクル

標準的な施工サイクルの実績を表ー2に示す。

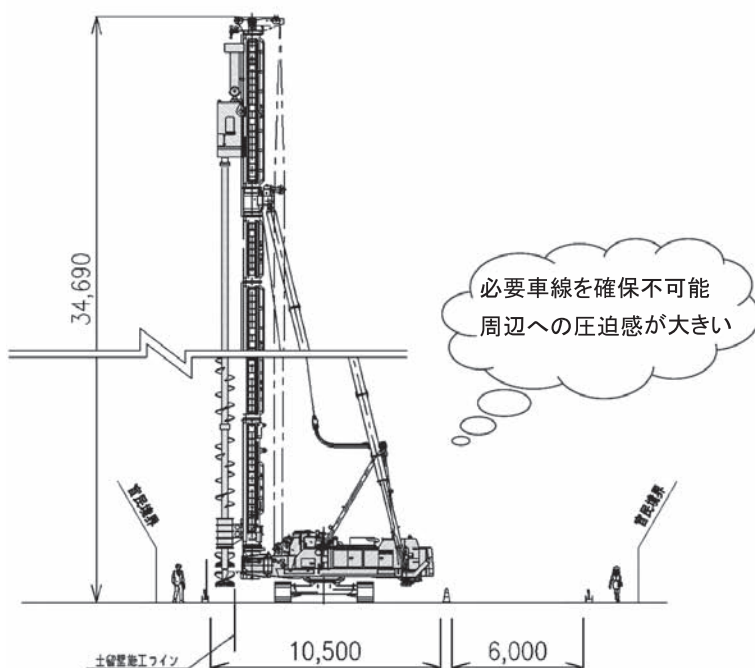
本工事は, 大深度, 硬質地盤での施工であるため掘削に長時間を要するうえに, 作業帯が狭小であることから芯材の継手が多く, 建込みに長時間を要する。そこで, 施工途中のセメント固化によるトラブルを避けるため, 掘削と造成を個別に行う 2 サイクル施工を適用した。

- ⑤ 低空頭, 狭隘地での施工が可能である (図ー4)。

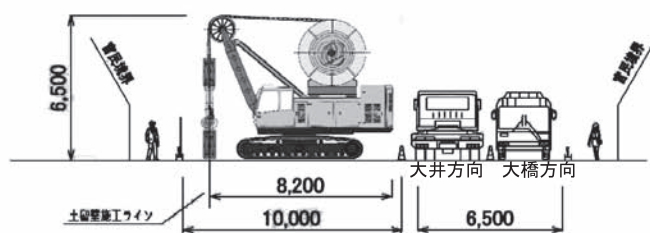
クアトロカッター機 : 機械高 6.5 m

クアトロサイドカッター機: 機械幅 4.4 m + 壁厚 / 2

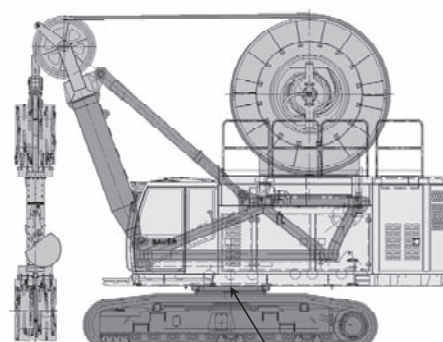
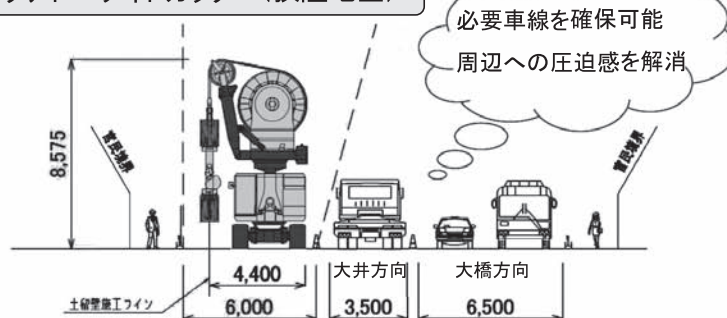
従来工法 (SMW工法など)



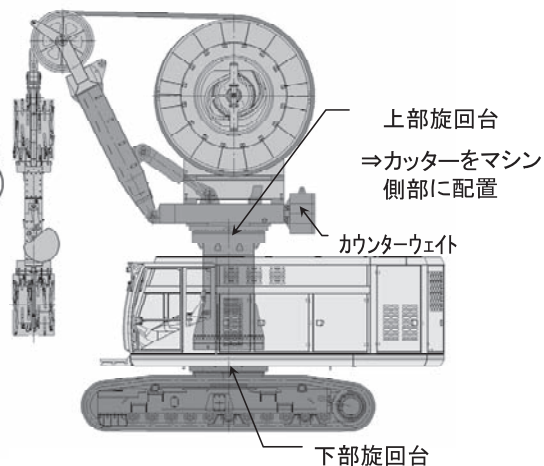
クアトロカッター (低空頭型)



クアトロサイドカッター (狭隘地型)



※パーツ交換で相互に
モデルチェンジ可能



図—4 「クアトロサイドカッター機」の特長

表—2 施工サイクル実績 (2日/EL)

	作業内容	作業時間	備 考
1 日 目	点検・準備	8:15 ~ 9:00	壁厚 0.9 m, 掘削幅 2.4 m
	掘削・引上	9:00 ~ 17:00	掘削深度 38.5 m (余堀り含む)
	片付け	17:00 ~ 17:30	掘削速度 5.5 m/hr
2 日 目	点検・準備	8:15 ~ 9:00	
	造成・引上	9:00 ~ 12:00	H-700 × 300 13 × 24@600
	段取替え	12:00 ~ 12:30	建込み 4 本
	芯材建込み	12:30 ~ 18:30	継手 3 箇所 / 本
	片付け	18:30 ~ 19:00	

2サイクル施工とは、1サイクル目にベントナイトを主体とする掘削液により地山を泥土状にほぐし、2サイクル目でセメント固化液を素早く混練して、フレッシュなソイルセメントに芯材を建込む方法である。

(2) 施工品質

壁体の掘削精度およびソイルセメントの圧縮強度は、表—3に示すとおり良好な結果が得られた。

表—3 掘削精度および圧縮強度

	管理値	実績
掘削精度	1/300	面内 1/440 ~ 2,060 面外 1/825 ~ 2,090
一軸圧縮強度 σ_{28} (N/mm ²)	0.50	1.12 ~ 2.56

(3) 掘削・固化液の配合

掘削・固化液の配合は、試験練りの結果を基に表—4に示す配合を標準とした（設計基準強度 0.5 N/mm²）。

表—4 掘削・固化液計画配合 (kg/ 対象土量 1 m³ 当り)

	セメント	ベントナイト	水	遅延剤	分散剤	注入率
掘削液	25	20	400	0	0	41.6%
固化液	200	5	200	8	2	27.7%

これに対して、実施工では掘削能率を優先した結果、掘削液の注入率は約 60% となり、その分、排泥量も増加した。

また、施工時期は真夏の炎天下であり、固化液混合土のテーブルフローの低下が速く、遅延剤の添加量は約 1.5 倍を要した。

5. おわりに

本工事において CSM 工法「クアトロサイドカッター機」を開発・導入し、実際に作業幅 6 m という極めて狭隘な施工条件で、硬質地盤に大深度ソイルセメン

ト地下連続壁の構築を行い、概ね良好な施工結果が得られた。

一方、掘削液や遅延剤は計画より多量に必要であった。今後、継続エレメントの施工データも含めて詳細な分析を行い、掘削・固化液の配合や注入率、遅延剤の添加量の決定手法などソフト面の合理化を図りたい。

本稿が今後の類似工事の参考になれば幸いである。

J C M A

《参考文献》

- 1) 佐久間誠也：ケリーバーおよび吊り下げ方式の CSM 機と施工事例、基礎工（2006.3）

【筆者紹介】

原田 哲伸（はらだ てつお）
首都高速道路㈱
東京建設局 大橋建設グループ

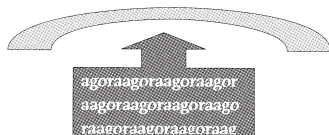


井上 隆広（いのうえ たかひろ）
㈱間組
関東土木支店 大橋出張所



今若 弘孝（いまわか ひろたか）
㈱間組
関東土木支店 大橋出張所





環境改善効果を強化した植物

原 千 雪

近年、環境改善効果を強化した植物の開発が相次いでいる。主に大気浄化能力とヒートアイランド現象緩和効果を強化した種類が主流であり、ターゲットは都市緑化向けである。これらの環境改善効果を上手に活用するためには、植物の生育環境を配慮して導入することが必要である。さらに、生き物としての適切な管理が、持続的な環境改善効果を発揮させるのに重要である。

キーワード：植物、環境、改善、CO₂、NO₂、蒸散、SO₂、ヒートアイランド

1. はじめに

地球温暖化問題が世界的に議論を深める昨今、環境に配慮しない企業は市場から排除されるという動きが、欧米先進国を中心に起こっている。

これに伴い、企業のCSR活動にも環境というテーマが軒を並べるようになった。緑に関わる活動としては、砂漠緑化やマングローブの植林など話題性のある社会貢献活動が増えてきた。更に持続的な環境活動として、国内の山林の荒廃を防ぐと言う目的で、山林を取得し社有林として管理をしてゆくという企業も現れてきている。

局地的な話題では、都市のヒートアイランド現象対策として、屋上緑化・壁面緑化など特殊緑化のニーズが高まってきている。

国土交通省の調査では平成12年に比べ、平成19年1年間あたりの施工面積は屋上緑化で約2倍、壁面緑化で約21倍も増えている。

これらは自治体が条例によって緑化を義務付けたことにより増加しているという背景も大きい。建築物に付加価値を与える為に緑地を導入している案件も増えてきている。

付加価値になりうる要素としては、デザイン性・癒し効果・環境改善効果などが考えられる。

環境改善型の植物は、このような場面で活躍しうる植物材料といえる。

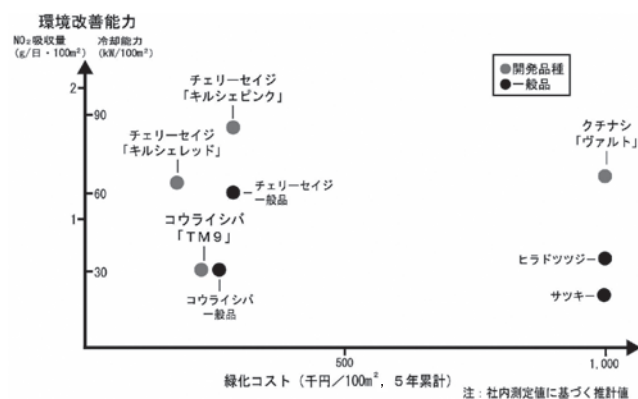
2. 環境改善植物

現在、幾つかの環境改善型植物が発表され、市場に

出回り始めている。これらの植物の特徴は、次の機能が強化されているという物が多い。

- ① CO₂ 吸収量の強化
- ② NO₂ 吸収量の強化
- ③ 蒸散作用の強化

普通種の植物も多少なりともこれらの機能は持っているのだが、品種改良によってこれらの機能を強化した植物が開発されている。これらは二酸化炭素の固定、大気汚染物質の吸収、ヒートアイランド現象の緩和に高い効果が望めるという点が特徴といえよう（図—1）。



図—1 トヨタ開発品種での緑化コストと環境改善能力

上記以外にも、芝の刈りカスの減量化など、植物の特徴が環境改善に寄与するという意味から、環境改善植物と呼ばれている物もある。

3. 緑化用植物の生産者分類

緑化用植物の生産者を大きく分けると植木業界と園芸業界の二つに分けられる。

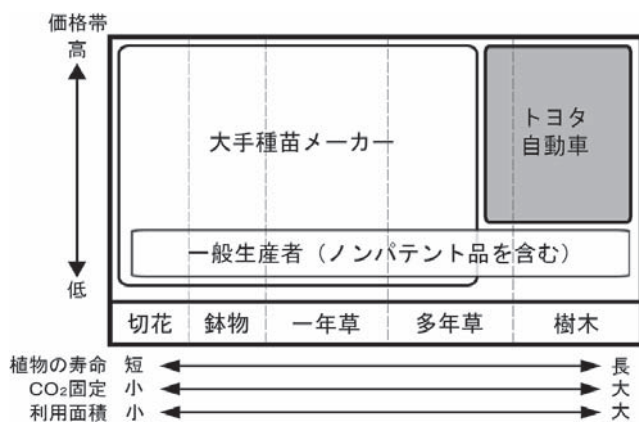
植木業界の中でも細かく分類されており、高木・中木・生産者、灌木類生産者、山林苗生産者、グランドカバー生産者、芝生産者、といった具合に分業化がなされている。

園芸業界も、細かく分類すると、観葉植物・鉢物生産者、花壇苗生産者、野菜苗生産者、種苗メーカーなどに分けられている。

中規模以上の生産者は幾つかのジャンルを掛け合わせた形態で生産が行われている。

また、一般的に「品種物」と呼ばれている品種改良した植物種の生産を行っているのは中規模以上の企業が多い。

環境改善植物では、種苗メーカーの他、トヨタ自動車のように（図—2）樹木・多年草を中心に品種開発を行っている企業もある。植物は幹や枝にCO₂を固定しており、長期に渡って生長を続ける樹木や多年草のCO₂固定量は、寿命の短い切り花や一年草に比べて大きいという考えからである。



図—2 トヨタの開発対象植物

4. 環境改善植物具体例

(1) ヒメイタビ突然変異体 KNOX（仮称）¹⁾

（開発者）国立大学法人広島大学

独立行政法人日本原子力研究開発機構

（特徴）

- ① NO₂ 吸収力が従来種に比べ 40～80% 高い。
- ② イオンビームを照射した突然変異株から選択培養。親株と外観や生育上の差異は認められない。
- ③ 常緑蔓性低木。壁に気根をおろして生育することから、壁面緑化への利用が期待される。

(2) インパチェンス属種間雑種 サンパチェンス

（開発者）株式会社サカタのタネ

（共同実験者）浦野 豊 博士（東京大学 農学）

（特徴）

- ① NO₂, CO₂, ホルムアルデヒドの吸収量が従来種に比べ高い。
- ② 従来種に比べ蒸散量が多く、ヒートアイランド現象の緩和効果が高い。
- ③ 成長が速い為、少ない株数で早期に緑地を完成させることが可能。

(3) クチナシ ヴァルト

（開発者）トヨタ自動車株式会社

（特徴）

- ① 従来種に比べ NO₂, SO₂ 吸収量が高い。
- ② 従来種に比べ、蒸散量が多くヒートアイランド現象の緩和効果が高い。



写真—1 屋上緑化への使用例 クチナシ ヴァルト

(4) チェリーセイジ キルシェレッド・ピンク

（開発者）トヨタ自動車株式会社

（特徴）

- ① 従来種に比べ、蒸散量が多くヒートアイランド現象の緩和効果が高い（図—3）。

植物の種類	蒸散量 (/葉面積(m ²)・1時間)	冷却能力 (/土地m ²)	小型エアコン(2kW) 相当の緑地面積
キルシェピンク	468g	0.882kW	2.27m ²
ヒラドツツジ	193g	0.363kW	5.5m ²

図—3 環境改善植物の効果の比較例

- ② 生育が早い為、少ない株数で早期に緑地を完成させることが可能。



図—4 蒸散量が多い植物のヒートアイランド現象緩和効果



写真—2 個人邸での使用例 改良高麗芝 TM9

(5) 改良高麗芝 TM9 (ティーエムナイン)

(開発者) トヨタ自動車株式会社

(特徴)

- ①従来種に比べ草丈の伸びが半分以下。
- ②肥料が従来種の半分程度の量で済む。
- ③刈り込み回数軽減可能な為、刈カスが少なくなる。

5. 適材適所と適切管理

植物には、適地適作という言葉があるように、どんな植物であろうと、植栽場所の環境に適応できるかを確認してから決定する必要がある。

利用しようとしている植物材料が植栽予定地の環境に適するか、チェック項目を下記に示した。

- ①温度条件 (温良指数・気候帯)
- ②日照条件 (日照時間・照度)
- ③水分条件 (土壌の保水力・排水性)
- ④通気性 (風向・風力)

⑤土壌の化学性 (pH・EC など)

⑥土壌の量 (屋上緑化・壁面緑化などの場合)

これまで紹介した環境改善植物は、主に都市緑化向けに開発されている物である。砂漠緑化や林地への緑化では、期待する効果を得る材料とはいえない。

ヒートアイランド現象緩和効果が高い植物 (図—4) などは、水分要求量が多い為、乾燥地に植えると水分不足で枯死してしまう。

都市緑地のように制約された条件下で、単位面積当たり高い効果を求められる場面でこそ活躍できるのが、環境改善植物である。

植物を植えることは比較的簡単なことである。しかし、その植物を枯らさずに維持することは大変である。しかも美観まで維持させることは更に難しい事である。

植物は生き物であり、世話が必要だということを忘れてはいけない。生き物である限り、管理不要という事はある得ないのだ。

生育旺盛な植物は、肥料要求度が高いはずであり、肥料を切らさないよう肥培管理に注意が必要である。樹脂コーティングされた緩効性肥料の活用など有効な手段である。

蒸散量大きい植物は、水分要求度が高いはずであり、夏期は毎日、場合によっては一日に数回の灌水が必要になる。自動灌水装置を活用することは有効な手段である。

今後も環境改善植物が次々に開発されてゆくであろう。

適切な場所で、目的に適した材料を選び、更に適切な管理を施すことにより、植物を活用した持続的な環境貢献が行われることを期待する。

《参考文献》

- 1) 国立大学法人広島大学・独立行政法人日本原子力研究開発機構
「イオンビームを用いて高い環境浄化能を持つ植物品種の育成に初めて成功」
平成 19 年 8 月 2 日プレス発表記事より

[筆者紹介]

原 千雪（はら ちゆき）
三井物産アグロビジネス(株)
環境事業室
室長代理



「建設機械施工ハンドブック」改訂 3 版

近年、環境問題や構造物の品質確保をはじめとする様々な社会的問題、並びに IT 技術の進展等を受けて、建設機械と施工法も研究開発・改良改善が重ねられています。また、騒音振動・排出ガス規制、地球温暖化対策など、建設機械施工に関連する政策も大きく変化しています。

今回の改訂では、このような最新の技術情報や関連施策情報を加え、建設機械及び施工技術に係わる幅広い内容を取りまとめました。

「基礎知識編」

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

「掘削・運搬・基礎工事機械編」

1. トラクタ系機械
2. ショベル系機械
3. 運搬機械
4. 基礎工事機械

「整地・締固め・舗装機械編」

1. モータグレーダ
2. 締固め機械
3. 舗装機械

● A4 版／約 900 ページ

● 定 価

非 会 員：6,300 円（本体 6,000 円）

会 員：5,300 円（本体 5,048 円）

特別価格：4,800 円（本体 4,572 円）

【但し特別価格は下記◎の場合】

◎学校教材販売

〔学校等教育機関で 20 冊以上を一括購入申込みされる場合〕

※学校及び官公庁関係者は会員扱いとさせていただきます。

※送料は会員・非会員とも沖縄県以外 700 円、沖縄県 1,050 円

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

●発刊 平成 18 年 2 月

社団法人 日本建設機械化協会

〒 105-0011 東京都港区芝公園 3-5-8（機械振興会館）

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

ずいそう

宇宙旅行への想い

大 貫 美 鈴



長い間、夢だと思われていた宇宙旅行は既に現実のものとなっている。私は以前、総合建設会社で宇宙開発に携わっていたが、あの頃の未来構想の1つ1つが具体的なプロジェクトとなっている現場で、今も、奮闘の日々を過ごしている。

宇宙旅行の扉が開かれたのは2001年。以来これまでに、米国の実業家ら6人が20億円～30億円を支払ってロシアのソユーズ宇宙船で国際宇宙ステーションに行く宇宙旅行に出かけている。2009年の春に予定されている7人めの宇宙旅行客は初のリピーターであり、その後の予約も控えている。しかしこのような費用のかかる宇宙旅行では、まだ“普通の人”が宇宙に行ける時代の到来とは言えない。

次の段階の宇宙旅行として期待されているのが宇宙圏と定義されている100km以上に到達して地球を眺め、約5分間の無重力体験をして戻ってくるサブオービタル（準宇宙軌道）宇宙旅行である。サブオービタルであっても100kmを超えた宇宙からは1,000kmの丸みを帯びた地球を見渡すことができる。サブオービタル宇宙旅行は2,000万円～3,000万円で販売されているが、国際宇宙ステーションに行く宇宙旅行と2桁のコストの違いが宇宙旅行市場を飛躍的に拡大することになり、更に、商業飛行開始から5年ぐらいで料金は約500万円になるとNASAの調査などでも予測されている。予約は既に始まっているものの、サブオービタル宇宙旅行そのものはまだ実現していない。1960年代に米国で『X-15』実証機が弾道飛行で宇宙圏到達に成功し、2004年に米国の『スペースシップ1』が宇宙飛行に成功したが、これらの宇宙飛行は定期運行を目的としたものではなかった。現在、サブオービタル宇宙旅行は、試験飛行を経て、2～3年以内の商業運行一番乗りを目指して熾烈な開発競争の只中にある。

宇宙旅行は宇宙に行きたい人のためだけでなく、皆が恩恵を受け、啓発されるものであると思う。これまでに約500人の宇宙飛行士が、宇宙での様々な活動とともに宇宙や地球のすばらしさを伝えてくれている。これらの有人宇宙活動を通じて宇宙からの視座ももたらされてきた。サブオービタル輸送機が実現して、より多くの宇宙旅行経験者が宇宙での経験や地球のすば

らしさ、宇宙から地球を見たことによる宇宙からの視座を私たちに伝えてくれることになればそれは、地球環境を保全する意識に結びつく。私たちみんなに宇宙から地球を見る視点がもたらされるのである。

ところで、これまで乗り物の発明・開発は、巨大な産業を形成し、私たちの生活に深く根ざし、豊かに変え、そして本来の「輸送」を超えて文化をも創造するほど、はかり知れない経済効果をもたらしてきた。サブオービタル宇宙輸送機が新たに世の中に送り込まれば、宇宙旅行に加えて、無重力実験、リモートセンシングや災害監視などに即対応できる地球観測、宇宙での企業プロモーション、更に小型衛星打ち上げも可能であり、宇宙産業への貢献が期待される。特に数分間という中時間の無重力実験手段はこれまでになく、リーズナブルに実施できるとなると国際宇宙ステーションに向けた予備実験、バイオテクノロジーや創薬の開発に向けた無重力実験などの市場拡大が見込まれる。

サブオービタル商業運行にはスペースポートも不可欠であり、新産業や文化創出の舞台となる。現在米国にはFAA（米連邦航空局）が認可している商業スペースポートが7か所、申請されているところが8か所あるが、それ以外にも日本の北海道を含む、シンガポール、ハワイ、アラブ首長国連邦、スウェーデン、スペイン、フランスなど世界各地でスペースポート構想が提案されている。商業スペースポートは宇宙へと続く宇宙に一番近い場所であり、そこは宇宙産業、教育、リゾート、エンターテインメントなどが集積する宇宙ハブとなる。サブオービタル宇宙飛行は離発着場所が同じところでスタートするが、次世代型は2地点間飛行へと発展してゆく。地球上のどこにでも2時間以内で行ける2地点間飛行では、宇宙経路で短時間長距離移動が可能となり、人と貨物の輸送が革命的に変わると予想されている。

宇宙旅行時代の黎明期、サブオービタル輸送機という輸送手段が開発され、新たな宇宙産業や宇宙文化を創出し、社会に宇宙からの視座をもたらしてくれることに期待したい。

——おおぬき みすず
スペースフロンティアファンデーション宇宙ビジネスコンサルタント——

ずいそう

中国への関心

山下 祐一



最近、私は中国への関心が次第に高くなっている。昨年(2008)の8月に行われた北京オリンピックは開会式の派手な演出から始まり、中国はメダルもたくさん取って注目された。これで新興国としても立派にオリンピックを開催できたことは今後の先進諸国に近づいていく証なのだろうか。ただオリンピックを前にチベット族のダライラマ14世の独立の抗議も話題となり、多くの少数民族が住む国としても注目を浴びた。でもこんなに中国への関心が高くなったのはオリンピックの開催国になっただけではなく、最近特に経済発展が目覚ましいことによるものではないだろうか。とうとう中国の外貨準備高も日本を抜いて2兆ドル近くになり、世界一の外貨の保有国になった。

これは中国が社会主義市場経済へ舵を切ったことがその理由といわれている。競争原理の働かない共産主義では生活が楽ではなく、資本主義経済に移行して工業化を進め、経済発展の道を歩み出したのである。おかげで私有財産制も取り入れられ、働いた分だけ給料がもらえるとなると競争力もついてきた。最初は労働集約的な工場から始まったが、最近はかなり技術力も向上してきた。1990年代は日本がトップで、それに韓国・台湾が続く、中国はそれに遅れをとっていた。それが最近、中国は韓国・台湾に肉薄してくると共に、一部には中国の方が優位な製品も出てきたようである。それにトップを走っていた日本もうかうかしていると追いつかれるところまで中国は技術的にも迫ってきている。

ところが、今年アメリカでサブプライム・ローンによる金融危機が発生した。サブプライム・ローンの問題は最初それほど問題なく終わると思っていたものが、9月になるとリーマン・ブラザーズが経営破たんし、これまでアメリカの金融工学を駆使して時代を謳歌していた投資銀行がすべて消滅するという大きな問題に発展した。おかげで世界が金融危機に陥り、最初は金融問題だけであったものが、次第に世界経済への景気に影響するようになり、景気減速が言われるようになった。日本でも経済後退は車やデパートなどの売上げにも直接影響を及ぼしはじめ、私達の生活にも関係してきたのである。

そんな中で、昨年(2008)の10月に中国山東省の6社の上場企業を訪問する機会があった。そのうちの1つの会社である山東墨龍石油機械という会社を紹介する。この会社は石油掘削に使われるシームレスパイプを作っている会社で、広い工場がいくつもあり、パイプを作る作業もかなり自動化されていた。お陰で工場見学といいながらゴルフ場を回るくらいたくさん歩かされた。日本の住友金属には技術的にはまだまだ差があるということであったが、それでも半年先まで仕事一杯で、2010年に工場を新しく作る予定を1年早めて完成させるという計画とのことであった。このように、資源の開発はこれからも必要で、必要とされる製品はまだまだ需要があり、今後の伸びも期待される。このほかにも訪問した会社は活気のある会社が目白押しであった。

また、オリンピック後中国は公共投資を中心とした内需拡大を行うと聞いていたが、とうとう昨年11月9日に2010年末までに4兆元、日本円にして57兆円の財政政策を行うと中国政府が発表した。特に、道路や鉄道のインフラ整備、5月12日に発生した四川地震の復興など優先的に実施する。ここで建設機械の話をするが、これまでも住宅団地や工業団地の整備、道路や鉄道の建設と建設機械の売れ行きは大変なものであった。建設機械は需要に対して供給が追いつかず、建設機械が足りない状況が続いている。昨年の初めから中国に輸出する日本製の建設機械が間に合わず、アメリカ向けに建設機械は作ったものの需要がないため、その分を中国に振り向けた話を聞いたことがある。

中国は日本の20～30年前の経済状態あるいは社会資本整備状態といわれている。今後中国が内需拡大を図り、社会資本整備を充実する方向であれば、私達の中国への見方も変える必要があるのではないだろうか。今後アメリカやヨーロッパの力が落ちて、これからはアジアの時代といわれている。そんな中で中国が日本の社会資本に近づいて、技術的にも日本に追いついてくるとしたら、どう行動をしたらいかが考えることが必要になってきたと思うのは私だけであろうか。

JCMA 報告

bauma China 2008 視察報告

研究調査部

視 察 者：日本ユーティリティサブウェイ(株)
伊藤善吾氏、小林清氏
カヤバシステムマシナリー(株) 藤田英朗氏
(社)日本建設機械化協会 研究調査部 阿部
視察期間：2008 年 11 月 24 日（月）～ 27 日（木）
視 察 先：中国 上海市

1. 展示会概要

会 場：上海新国際見本市会場（Shanghai New International Expo Center）

会場面積：210,000 m²

（屋内 79,000 m²，屋外 131,000 m²）

出展者数：30 の国から 1,608 社

来場者数：124 の国から約 113,000 人

2. 展示会の様子

会場は上海中心部より東へ約 20km で、通常であれば車で 30 ～ 40 分程度の位置であったが、会場方面へ向かう道路は片側 4 ～ 5 車線もあるにもかかわらずあちこちで渋滞していた。特に初日（25 日）は 2 時間もかかってしまったのには驚いた。

今回の展示会は、前回（2006 年）に比べ、面積、出展者、来場者数それぞれ約 1.4 倍であり、世界的な不況の中、BAUMA の実力が示された感があった。

視察中は天候に恵まれ、来場者も非常に多かった。人気が高かったのは、地元企業の屋外展示場で、一番広いスペースを使っていた三一集团有限公司 (SANY) や徐州工程机械集团有限公司で、やはり地元最良がか



人気の高い SANY の 1000t クレーン



SANY の実演に集まった来場者

なりあるように感じられた。

屋内には建設資材製造機械、各国パビリオン（共同出展）、建設工具・型枠・足場・検査／測定機器、建設機械／建設用車両、トランスミッション・流体技術、機器／交換部品が 7 棟で展示されていた。



屋内展示場の状況



屋内でもかなりの数の建設機械の展示がある

屋外展示場にはバッチャープラント、ホイールクレーン／固定式クレーン、バックホウなどの大型の設備や機械が中心に展示されていた。

来場者も地元の中国人だけでなく、各国の人たちが各種の機械に興味を示していたのが印象的で、中国語、英語、韓国語、ドイツ語などある程度聞いたことのある言葉や訳の分からない言葉が飛び交い、世界的な展示会であることが実感された。



屋外展示場風景

今回の視察で気になったのは、世界的な建機メーカーの一角である CAT 等が出展していなかったことである。

これは、前回も同様であったようだが、中国での建機展が2年の間に3回も開催されることが影響しているのではないかと推測されている。

世界的な不況感が漂う中、中国の元気が目立つ展示会であった。

展示会での印象として、日本で開発された技術がすぐに中国をはじめとする各国で取り入れられており、日本独自の技術であるなどとは言っていない状況であったことである。

機能的な面や技術的な詳細は語学力の問題で分からないことが多かったが、世界の技術には感心させられた。



セレモニー会場（休憩所として使用）

協会としての出展ブースは、2009年に予定されている CONET の紹介を主としており、他の機械等の実物展示ブースに比べると来場者の様子は見劣りするのは否めないようであったが、協会のアピールのためには出展は欠かせないと思われた今回の視察であった。



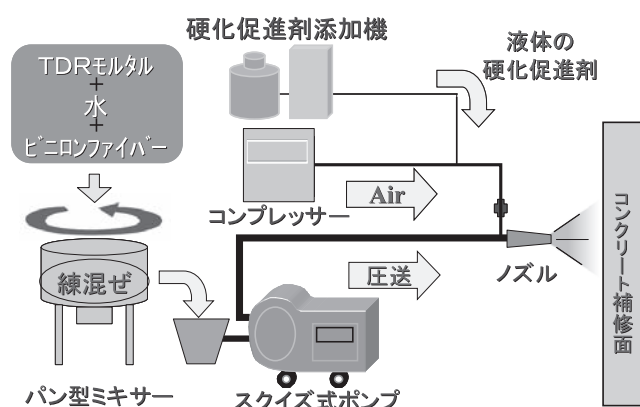
協会出展ブース

新工法紹介 機関誌編集委員会

04-303	TDR ショット工法	飛鳥建設
--------	------------	------

▶ 概 要

TDR ショット工法は、中性化や塩害などの劣化外力により損傷を受けたコンクリート構造物を高品質モルタルの湿式吹付けによって断面修復する工法である。本工法は、高品質な無機系材料を使用することで従来のポリマセメントモルタルを用いる断面修復工法と同等以上の品質を確保し、さらに硬化促進剤を用いることで、高い厚付け性能を実現し、施工性を向上させている。また、部材実験により、既設コンクリートと高性能吹付けモルタル（TDR モルタル）の複合部材でありながら、終局状態まで一体となって機能し、一体打ちコンクリートと同等の曲げ、せん断耐力が得られることを検証している。



図一 TDR ショット工法システム概要



写真一 トンネル坑口補強状況

トンネル覆工補強では、NATM による坑口二次覆工と同等の保有耐力を有する構造とするため、既存の覆工に鉄筋（施工事例では、覆工背面からの湧水を予測し、樹脂塗装鉄筋を採用している）を配置し、TDR ショット工法により一体化した。

▶ 特 徴

- ①硬化促進剤を用いることで 15 cm 程度の厚付けが可能である。
- ②早期強度の増進が早く、振動下での施工に強い。補修部材の早期の再利用にも対応できる。
- ③モルタルの流動性が高く、約 50 m の長距離圧送に対応できる。
- ④硬化促進剤の添加量を調整することでコテ仕上げが可能で、平滑な部材表面が形成できる。
- ⑤湿式工法で粉塵・リバウンドが少なく、市街地での施工にも対応できる。
- ⑥良質な混和材料を配合したことで、硬化収縮特性、耐久性は、ポリマセメントモルタルに匹敵する性能を有している。
- ⑦従来、品質確保が困難とされてきた橋梁支承周りのような狭隘部に対応できる特殊ノズルを開発した。
- ⑧施工能力の向上、材料単価の圧縮により、従来の断面修復用吹付け工法よりローコストを実現した。
- ⑨従来のポリマセメントモルタルと比較して、マクロセル腐食が発生しにくく、再劣化に対する抵抗性を有している。

▶ 用 途

コンクリート構造物（橋梁上下部工、高架、函渠、道路・水路トンネル、下水道施設他）の断面修復工事、補強工事

▶ 実 績

- ・施工面積 約 6,000 m²
- ・高速道路橋梁床版、鉄道高架橋床版梁柱、雨水幹線、導水路トンネル覆工、高速道路トンネル覆工、高速道路ハイピア、下水処理場、共同溝他

▶ 技術の評価

- ・「吹付けモルタルの性能評価試験結果報告書」
（社）日本建設機械化協会 施工技術総合研究所
- ・西日本旅客鉄道（株）、九州旅客鉄道（株） 断面修復材料認定
- ・NETIS 登録：KT-50010-V（小実績優良技術に指定される）

▶ 問 合 せ 先

飛鳥建設（株） 土木事業本部土木技術部
〒102-8332 東京都千代田区三番町 2
Tel：03(5214)7087

新工法紹介 機関誌編集委員会

09-27	STREX 工法 (ストレックス工法)	東急建設 旭化成建材
-------	------------------------	---------------

▶ 概 要

埋立廃棄物の環境改善技術のひとつとして、廃棄物層内を好氣的雰囲気へ変換することが有効であると知られている。そのため既設処分場等では廃棄物層内の浸出水排除や、通気・ガス抜きを目的とした有孔管の建込みが必要となる。しかし、現在一般的に採用されているロータリー式ボーリング工法では廃棄物層の削孔は困難な場合が多く、削孔に長い時間を要し、コストも高額なものとなる。また、削孔する際に削孔水が必要で、廃棄物も地表に出るため周辺環境への影響や、廃棄物処理の問題が発生する。そのため安定化設備の普及は進んでいないのが現状である。

これに対応すべく、東急建設㈱と旭化成建材㈱は共同で、廃棄物処分場等において多目的管を効率的に低コストで、かつ安全に設置できる「STREX 工法」を開発・実用化した(写真—1)。



写真—1 STREX 工法施工機械

「STREX 工法」は、廃棄物処分場、不法投棄現場等は無排土、無水削孔により多目的管を建込み、廃棄物層内の環境改善を行う新しい工法である。無排土、無水で短時間の削孔が可能なので、廃棄物を掘り起すことがなく、良好な作業環境のなかで低コストでの施工が可能である。また、φ 300 mm 程度までの多目的管の設置が可能なので、採水や通気、各種計測等の多用途にわたって利用可能である。

▶ 特 徴

①「フィルター材の充填」

周りにフィルター材(砕石)を充填した深度 40 m、φ 300 mm

程度までの多目的管の設置が可能である。

有孔管の孔が詰まりづらい構造となっている。

②「良好な作業環境」

無水施工、残土排出ゼロでの施工が可能のため、作業員と廃棄物との接触を防止でき、良好な作業環境での施工が可能である(写真—2)。

③「施工スピードが早い」

深度 25 m 程度で、1 本/日の施工が可能である。



写真—2 施工状況(多目的管設置状況)

▶ 用 途

廃棄物最終処分場、不法投棄現場におけるガス抜き用、採水用、モニタリング用等の井戸設置工事

▶ 実 績

埼玉県三芳町廃棄物の山対策工事

(多目的管設置：φ 125 × 8 m & 16 m、各 10 本)

▶ 問 合 せ 先

東急建設㈱ 管理本部 経営企画部

広報グループ

〒150-8340 東京都渋谷区渋谷 1-16-14

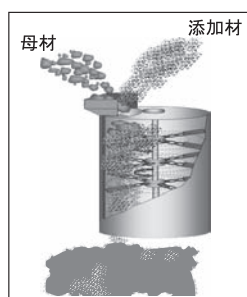
Tel：03(5466)5005

本工法は、環境省の「平成 18 年度次世代廃棄物処理技術基盤整備事業補助金」、「平成 19 年度次世代廃棄物処理技術基盤整備事業補助金」を受けて開発したものである。

09-28	ツイスター工法 (回転式破碎混合工法)	日本国土開発
-------	------------------------	--------

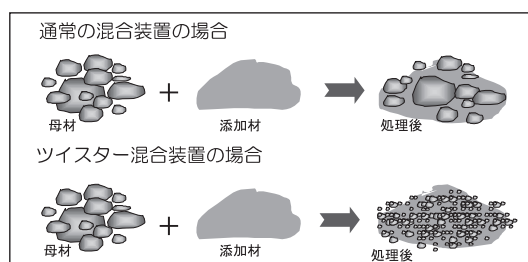
▶ 概 要

ツイスター工法（回転式破碎混合工法）は、円筒内で複数本のフレキシブルなチェーンが高速回転し、その打撃力によって地盤材料（母材）の破碎・細粒化（解砕）ができるとともに、添加材料を加えた場合、破碎と混合攪拌を同時に行うため均一に分散させることが可能となった新しい工法である（図—1）。



図—1 ツイスター工法イメージ

従来の工法は、添加材を塊（母材）の周囲にしか付着させることができないのに対し、ツイスター工法は、塊（母材）の破碎をしながら添加材の混合攪拌を行うため、より均一な混合土の製造が可能となっている（図—2）。



図—2 破碎混合イメージ

本工法の本体装置は2機種あり、破碎混合室の円筒内径1,000 mm タイプで30 m³/hr、1,500 mm タイプで100 m³/hrの標準能力を有している。また、各々の機種で破碎専用型もあり、要求品質及び施工条件によって選定している。

▶ 特 徴

①高い品質の混合土の製造が可能

従来工法と比較して、母材の破碎・細粒化をしながら添加材の混合攪拌を行うため分散効率が高く、攪拌性能が優れているため均一な混合土の製造が可能である。

②広範囲の地盤材料に適用

硬質の岩塊から粘性土（粘土塊）までの幅広い地盤材料に適用することが可能であり、破碎・細粒化することが可能である。

③経済性に優れている

地盤材料の破碎・細粒化と添加材料の混合攪拌を同時に行え攪拌性能が優れていることから、所用の品質を得るためのセメント、ペントナイトなど添加量の低減を図ることが可能である。

また、混合方式がシンプルで設備もコンパクトであるため、輸送、設置、解体を容易に行えることができ、ベルトコンベア搬送システムとの組合せにより、連続大量混合が可能である。車載型（移動式）のツイスター設備も用意しているため、小規模工事や省スペースでの施工も可能である（写真—1）。



写真—1 φ1500型ツイスター及び車載型φ1000型ツイスター

▶ 用 途

1) 建設リサイクルの促進（各種建設発生土の有効利用）

- ・建設発生土、浚渫土、脱水ケーキの改良
- ・CSG材料の製造など

2) 土壌環境の浄化

- ・揮発性有機化合物（VOC）の無害化处理
- ・重金属等の不溶化など

3) 各種産業副産物の有効利用

- ・コンクリート、アスファルト塊の破碎による再資源化
- ・貝殻、各種スラグ類の破碎による再資源化

4) その他

- ・遮水混合土の製造での最終処分場の遮水層構築（ペントナイト混合、脱水ケーキ混合）
- ・提体の刃金土製造（細粒土と粗粒土の混合、短繊維の混合）

▶ 実 績

- ・約50件（約60万 m³）の適用実績

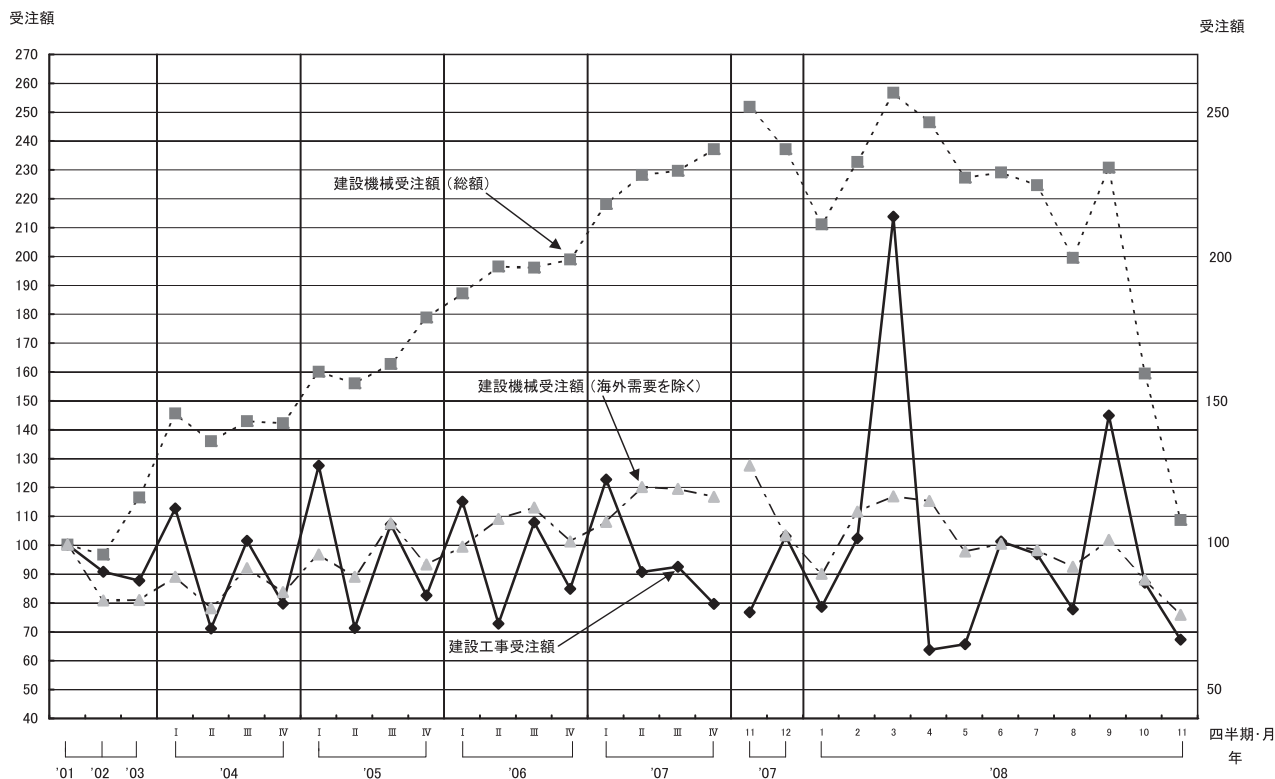
近年浄化工事実績増

▶ 問 合 せ 先

日本国土開発(株) 土木統轄本部 環境営業部
〒107-8466 東京都港区赤坂4-9-9 赤坂 MK ビル
Tel: (03)5410-5750 (代表)

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 2001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 2001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								
2001 年	143,383	90,656	15,363	75,293	39,133	6,441	7,153	93,605	49,778	162,832	160,904	
2002 年	129,862	80,979	11,010	69,970	36,773	5,468	6,641	86,797	43,064	146,863	145,881	
2003 年	125,436	83,651	12,212	71,441	30,637	5,123	5,935	86,480	38,865	134,414	133,522	
2004 年	130,611	92,008	17,150	74,858	27,469	5,223	5,911	93,306	37,305	133,279	131,313	
2005 年	138,966	94,850	19,156	75,694	30,657	5,310	8,149	95,370	43,596	136,152	136,567	
2006 年	136,214	98,886	22,041	76,845	20,711	5,852	10,765	98,795	37,419	134,845	142,913	
2007 年	137,946	103,701	21,705	81,996	19,539	5,997	8,708	101,417	36,529	129,919	143,391	
2007 年	11 月	9,155	7,046	2,000	5,046	1,211	458	440	6,870	2,285	130,427	11,794
	12 月	12,293	8,722	1,712	7,011	2,068	518	984	8,821	3,472	129,919	12,450
2008 年	1 月	9,385	6,789	1,358	5,432	1,686	352	557	6,737	2,648	130,042	9,709
	2 月	12,212	7,768	1,823	5,946	3,371	481	591	8,242	3,969	130,681	11,615
	3 月	25,513	18,247	4,046	14,201	4,369	602	2,295	18,308	7,206	134,911	20,115
	4 月	7,598	5,844	1,639	4,205	759	450	545	5,456	2,141	132,528	10,963
	5 月	7,829	6,064	1,515	4,550	839	440	485	5,816	2,012	132,608	9,642
	6 月	12,078	8,114	1,840	6,275	2,447	560	957	8,516	3,562	132,533	11,917
	7 月	11,553	8,471	2,543	5,928	2,057	496	530	8,479	3,074	134,214	9,759
	8 月	9,276	6,525	1,522	5,003	1,530	464	758	6,461	2,816	132,644	10,626
	9 月	17,287	12,873	2,870	10,003	1,637	490	2,287	12,343	4,943	135,704	13,747
	10 月	10,369	5,638	1,504	4,133	3,016	526	1,189	6,451	3,918	136,081	9,553
	11 月	8,015	6,067	1,143	4,924	1,259	457	232	5,803	2,212	—	—

建設機械受注実績

(単位：億円)

年 月	01年	02年	03年	04年	05年	06年	07年	07年 11月	12月	08年 1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月
総 額	8,983	8,667	10,444	12,712	14,749	17,465	20,478	1,883	1,773	1,578	1,740	1,919	1,842	1,699	1,713	1,680	1,491	1,725	1,192	812
海 外 需 要	3,574	4,301	6,071	8,084	9,530	11,756	14,209	1,309	1,308	1,173	1,238	1,393	1,323	1,259	1,261	1,237	1,075	1,267	796	470
海外需要を除く	5,409	4,365	4,373	4,628	5,219	5,709	6,268	574	465	405	502	526	519	440	452	442	416	458	396	342

(注) 2001～2003年は年平均で、2004年～2007年は四半期ごとの平均値で図示した。

2007年11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…

(2008年12月1日～31日)

■ 機 械 部 会

■機械部会・技術連絡会

月 日：12月4日(木)

出席者：青柳幸雄部会長ほか31名

議 題：①各技術委員会ほかによる活動成果等の発表 ②その他

■原動機技術委員会

月 日：12月5日(金)

出席者：有福孝智委員長ほか17名

議 題：①次期排出ガス規制について ②その他情報交換

■トンネル機械技術委員会・事故災害防止分科会(山岳トンネル)

月 日：12月9日(火)

出席者：市川政美分科会長ほか5名

議 題：①報告書成果品の問題点及び討議について ②その他

■トンネル機械技術委員会・環境保全分科会

月 日：12月10日(水)

出席者：坂下 誠分科会長ほか4名

議 題：①報告書作成文書の討議について ②その他

■基礎工事用機械技術委員会・幹事会

月 日：12月10日(水)

出席者：青柳隼夫委員長ほか7名

議 題：①JCMAS見直しについて ②その他

■基礎工事用機械技術委員会・技術変遷調査分科会Aチーム

月 日：12月10日(水)

出席者：鈴木勇吉分科会長ほか5名

議 題：①技術シート事例個別検討について ②その他

■基礎工事用機械技術委員会・技術変遷調査分科会Bチーム

月 日：12月10日(水)

出席者：村手徳夫副分科会長ほか6名

議 題：①個々の概説内容について意見交換と訂正 ②その他

■コンクリート機械技術委員会

月 日：12月11日(木)

出席者：大村高慶委員長ほか5名

議 題：①コンクリートミキサー第1部と第2部の審議 ②コンクリートポンプ試験方法の審議 ③その他

■トンネル機械技術委員会・幹事会

月 日：12月16日(火)

出席者：篠原慶二委員長ほか7名

議 題：①平成20年度下期の分科会活動報告 ②平成20年度下期の講演会について ③その他

■除雪機械技術委員会・幹事会

月 日：12月17日(水)

出席者：江本 平幹事長ほか13名

議 題：①ホームページ作成について ②除雪機械に関するISO土工機械規格について ③工場見学会について ④除雪機械C規格検討 ⑤その他

■建築生産機械技術委員会

月 日：12月17日(水)

出席者：石倉武久委員長ほか7名

議 題：①各分科会の活動報告について ②その他

■土工機械技術委員会

月 日：12月18日(木)

出席者：田中健三委員長ほか4名

議 題：①JIS A8340-1 土工機械・安全・第1部：一般要求事項の見直し ②その他

■トラクタ技術委員会

月 日：12月19日(金)

出席者：斉藤秀企委員長ほか7名

議 題：①低燃費型制度の経過報告について ②ホイールローダの機体質量について ③その他

■路盤・舗装機械技術委員会・安全環境分科会

月 日：12月19日(金)

出席者：小栗賢一分科会長ほか9名

議 題：①アスファルトプラントの安全対策・事例からの具体策の検討 ②その他

■路盤・舗装機械技術委員会・幹事会

月 日：12月19日(金)

出席者：青山俊行委員長ほか7名

議 題：①平成20年度事業報告と今後の進め方 ②平成20年度の各事業テーマの進め方 ③平成21年度の実業テーマの作成 ④その他

■トンネル機械技術委員会・未来型機械分科会

月 日：12月19日(金)

出席者：河上清和分科会長ほか8名

議 題：①報告書作成・査読について ②未来型機械に対する討論について ③その他

■ 建 設 業 部 会

■建設業部会 建設機械事故防止推進分科会

月 日：12月24日(水)

出席者：村本利行分科会長ほか10名

議 題：①アドバイザー・会長からの報

告 ②各部会(製造業、レンタル業、商社)からの報告 ③D/Bの試運転状況報告 ④(仮)安全情報技術会議の活動について ⑤安全情報公開システム運用基準(案)の検討(製造者、使用者の融合) ⑥提案書、報告書の作成日程及び目次 ⑦その他

■業種別合同部会

■業種別合同部会

月 日：12月8日(月)

出席者：製造業・建設業・レンタル業・商社65名

議 題：①地球温暖化への取組み及び検討状況について ②適正燃料及びBDFの国内外動向について ③施工技術総合研究所の事業活動について ④安全情報技術会議設立準備委員会の現況報告 ⑤その他

■レンタル業部会

■コンプライアンス分科会

月 日：12月3日(水)

出席者：高見俊光分科会長ほか10名

議 題：①各社の取組み事項 ②部会員共通の問題、課題について ③その他

■CONET2009関係

■広報分科会

月 日：12月5日(金)

出席者：溝口孝遠分科会長ほか8名

議 題：①広報企画提案について ②作業とスケジュール ③その他

■CONET実行企画委員会

月 日：12月11日(木)

出席者：松隈宣明委員長ほか12名

議 題：①CONET2009開催について ②運営委託業務会社の選定 ③運営委託業務企画提案概要 ④CONET2009運営スケジュール ⑤出展募集に関する説明と募集状況 ⑥分科会活動報告 ⑦その他

■基調講演・セミナほか分科会

月 日：12月17日(水)

出席者：大塚和夫分科会長ほか7名

議 題：①展示内容の具体的内容についての検討(優先順位の決定) ②作業とスケジュール ③その他

■環境分科会

月 日：12月18日(木)

出席者：川本正之分科会長ほか8名

議 題：①展示内容についての検討 ②作業とスケジュール ③その他

■安全・安心分科会

月 日：12月19日（金）

出席者：高見俊光分科会長ほか8名

議 題：①出展機械の検討 ②安全・安心コーナーのストーリー検討等 ③その他

■製造業部会

■製造業部会・業種別合同会議

月 日：12月8日（月）

出席者：家城 譲部会長ほか16名

議 題：①地球温暖化対策への取組み及び検討状況について ②適正燃料及びBDFの国内外動向について ③施工技術総合研究所の事業活動について ④安全情報技術会議設立準備委員会の現況報告 ⑤その他

■製造業部会・次期排ガス規制連絡会

月 日：12月22日（月）

出席者：溝口孝遠幹事長ほか6名

議 題：①次期排出ガス規制に関する技術基準、運用関連の検討について ②その他

■製造業部会・マテリアルハンドリングWG

月 日：12月24日（水）

出席者：生田正治リーダーほか7名

議 題：①リフマク機の定期自主検査について ②その他

■各種委員会等

■機関誌編集委員会

月 日：12月3日（水）

出席者：岡崎治義委員長ほか23名

議 題：①平成21年3月号（第709号）の計画の審議・検討 ②平成21年4月号（第710号）の素案の審議・検討 ③平成21年5月号（第711号）の編集方針の審議・検討 ④平成20年12月～21年2月号（第706～708号）の進捗状況の報告・確認

■新機種調査分科会

月 日：12月16日（火）

出席者：渡部 務分科会長ほか6名

議 題：①新機種情報の検討・選定 ②平成21年1月号～平成21年3月号掲載予定分について検討

■建設経済調査分科会

月 日：12月17日（水）

出席者：山名至孝分科会長ほか5名

議 題：①平成21年1月号原稿素案の検討（国土交通政策のこれからの方向性）

…支部行事一覧…

■北海道支部

■情報化施工（試験施工）工事見学会

月 日：12月19日（金）

工事名：石狩川改修工事の内 夕張川右岸江別築堤工事

出席者：山田技術部会副部会長ほか27名（支部関係者）

内 容：①建設機械のマシガイダンス技術 ②TS・GNSSを用いた出来形管理技術

■東北支部

■EE東北実行委員会作業部会

日 時：12月4日（木）

場 所：宮城県建設産業会館

出席者：堀井隆則施工副部会長、遠藤 糾事務局長

議 題：EE東北'08決算報告、'09実施方針

■第2回支部運営委員会

日 時：12月4日（木）

場 所：KKRホテル仙台

出席者：鈴木基行支部長、運営委員28名

議 題：上半期事業報告、上半期決算報告

■EE東北実行委員会

日 時：12月16日（火）

場 所：宮城県建設産業会館

出席者：山田一彦広報部会長

議 題：EE東北'08決算報告、'09実施方針

■施工部会・除雪分科会

日 時：12月17日（水）

場 所：協会会議室

出席者：山崎晃施工部会長、渡辺三郎除雪分科会長ほか9名

議 題：平成20年度除雪講習会

■北陸支部

■除雪機械展示・実演会設営班会議

月 日：12月16日（火）

場 所：ウイング・ウイング高岡

参加者：穂苅正昭幹事長ほか10名

議 題：除雪機械展示・実演会の実施内容について

■除雪機械展示・実演会現地説明会

月 日：12月16日（火）

場 所：ウイング・ウイング高岡

参加者：山名常務理事ほか40名

議 題：ゆきみらい2009 in 高岡の実施計画について

■中部支部

■道路除雪講習会開催

高山会場：高山市民文化会館

月 日：12月3日（水）

参加者：46名

名古屋会場：昭和ビルホール

月 日：12月4日（木）

参加者：44名

内 容：①冬期の道路管理について

②冬期の交通安全について ③除雪作業のポイント ④作業の安全と事故・ヒヤリハット ⑤除雪における適切な管理について ⑥除雪機械の取扱い等
講 師：中部地方整備局担当官、警察担当官、JCMA担当者、除雪機械メーカー技術者等

■広報部会

月 日：12月17日（水）

出席者：西脇恒夫広報部会長ほか9名

議 題：中部支部ニュース第26号の編集会議

■関西支部

■除雪技術委員会 除雪機械運転者技術講習会

月 日：12月3日（水）

場 所：今庄365スキー場

参加者：78名

内 容：①除排雪作業に伴う事故防止及び事例 ②実技指導 ③実技施工訓練

■リース・レンタル業部会 見学会

月 日：12月3日（水）

場 所：㈱レンタルのニッケン 神戸営業所

参加者：伊勢木浩二リース・レンタル業部会長ほか12名

■建設技術展2008近畿 出展

月 日：12月3日（水）～4日（木）

場 所：マイドーム大阪

入場者：12,112名

テーマ：「建設機械のあけぼの」

■広報部会 編集委員会

月 日：12月8日（月）

場 所：支部会議室

出席者：安田佳央広報部会長ほか4名

議 題：JCMA関西 第94号の編集について

■水門・ポンプ設備の課題に関する意見交換会

月 日：12月17日（水）

場 所：近畿地方整備局 新館会議室

出席者：深川良一支部長ほか 26 名
議 題：①公共工事の品質確保の推進について（近畿地方整備局）②（社）日本建設機械化協会関西支部からの要望事項

■ 中 国 支 部

■新工法・新技術セミナー&講演会 in 広島

月 日：12 月 11 日（木）
場 所：国際教育センター
参加者：110 名
内 容：①基調講演「地盤工学と地下水の問題」岡山大学院教授 西垣誠氏
②新工法セミナー「モニタリング可能な新しい補強土壁工法」アダムウォール協会委員 吉田浩一氏 ③新工法セミナー「ハイジュールネット工法」ハ

イジュールネット研究会技術委員 横田弘一氏・横田善弘氏

■ 四 国 支 部

■バックホウ遠隔運転講習会の開催

月 日：12 月 10 日（水）～12 日（金）
場 所：国土交通省 四国技術事務所 屋外試験場
内 容：災害発生時に備えた無人化機械の運転技術者育成を目的として四国技術事務所と共催したもので、当支部会員等のオペレータを対象にバックホウの遠隔運転について実技講習会を実施した
受講者：15 名

■ 九 州 支 部

■建設行政講演会

月 日：12 月 2 日（火）
参加者：81 名
演 題：①国土交通行政の最近の動向と話題（九州地方整備局 森北企画部長）
②河川行政の最近の話題（九州地方整備局 田上地域河川調整官）③最近の道路行政について（九州地方整備局 西尾道路調査官）

■第 9 回企画委員会

月 日：12 月 17 日（水）
出席者：相川 亮企画委員長ほか 9 名
議 題：①11 月実施の事業実施結果報告 ②第 4 四半期事業計画について
③支部の部会・委員会再編について
④九州防災連絡会議（仮称）の設置について

■「建設の施工企画」投稿のご案内■

—社団法人日本建設機械化協会「建設の施工企画」編集委員会事務局—

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

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

うと考えています。

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

（1）投稿の資格と原稿の種類：

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

投稿される場合はタイトルとアブストラ

クトを提出頂きます。編集委員会で査読し採択の結果をお知らせします。

（2）詳 細：

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

社団法人日本建設機械化協会「建設の施工企画」編集委員会事務局

Tel：03(3433)1501, Fax：03(3432)0289,

e-mail：suzuki@jcmanet.or.jp

編集後記

不思議なもので、オバマ大統領が就任するまでは、アメリカのみならず世界が熱狂している状況を、多くのマスコミが取り上げていましたが、就任後の情報はすっかり少なくなりました。一方、未曾有（みぞう）の不況は、連日全世界から種々の情報が入ってきます。自動車産業等に比べて報道があまりされない建設業も、今年からボディーブローのように効いてくると言われています。ボディーブローを少しでもかわすためには、国内だけではなく、国外からも幅広い情報を早期に収集し、対策を実践することが大事になると評論家は述べています。

この2月号には、誌上初めて（と思われる）、海外からの報文が掲載されております。ミュンヘン工科大学トーマスボック教授の「ドイツの建設産業における構造変化とテクノロジー利用」がそれです。ご存知の方も多いと思いますが、ボック教授は東京大学大学院を卒業後、しばらくは国内のゼネコンに籍をおいていました。ボック教授の専門は生産シ

ステムで、ロボットや機械を利用して、施工効率を向上させる研究等を行っていました。ドイツのみならず、ユーロの学術評価委員を務めるなど、現在でも世界で活躍しています。報文をお読みいただければ分かりますが、ご多分に漏れず、ドイツも建設不況下にあり、衰退が懸念されているようです。しかしそれらの懸念を、長期的対策と視野で克服していく決意が述べられています。海外情報のひとつとして、皆様のご参考になれば幸甚です。

特集は「建築」です。巻頭言は（社）公共建築協会の照井会長にお願いし、現在の建設プロセスにつきまして、貴重な御提言をいただきました。大学関連では、中央大学高橋教授、早稲田大学嘉納教授に、最新の研究状況を紹介していただきました。特集報文は、構造設計、免震、特殊施工、環境配慮、建物診断等の広範な分野から選定し、レベルが高く普及が期待されるものを掲載しました。

最後になりますが、執筆していただきました皆様には、お忙しいところご協力していただきまして、改めて御礼申し上げます。

（藤永・宮崎）

機関誌編集委員会

編集顧問

浅井 新一郎	今岡 亮司
上東 公民	加納 研之助
桑垣 悦夫	後藤 勇
佐野 正道	新開 節治
関 克己	高田 邦彦
田中 康之	田中 康順
塚原 重美	寺島 旭
中岡 智信	中島 英輔
橋元 和男	本田 宜史
渡邊 和夫	

編集委員長

岡崎 治義 （社）日本建設機械化協会

編集委員

廣松 新	国土交通省
浜口 信彦	国土交通省
米田 隆一	農林水産省
小沼 健一	（独）鉄道・運輸機構
野村 英孝	（株）高速道路総合技術研究所
石戸谷 淳	首都高速道路（株）
高津 知司	本州四国連絡高速道路（株）
平子 啓二	（独）水資源機構
松本 敏雄	鹿島建設（株）
和田 一知	川崎重工業（株）
安川 良博	（株）熊谷組
渥美 豊	コベルコ建機（株）
富樫 良一	コマツ
藤永友三郎	清水建設（株）
山本 茂太	キャタピラー・ジャパン（株）
宮崎 貴志	（株）竹中工務店
泉 信也	東亜建設工業（株）
中山 努	西松建設（株）
斉藤 徹	（株）NIPPO コーポレーション
高木 幸雄	日本道路（株）
三柳 直毅	日立建機（株）
岡本 直樹	山崎建設（株）
中村 優一	（株）奥村組
石倉 武久	住友建機製造（株）
京免 継彦	佐藤工業（株）
久留島 匡緒	五洋建設（株）
藤田 一宏	施工技術総合研究所

3月号「土工特集」予告

- ・土工関連のユニットプライスの動向
- ・米国における情報化施工の動向調査報告
- ・土工計画の情報化
- ・高速道路における土工技術の変遷
- ・鉄道における土工技術と性能規定化の動向
- ・穿孔機の技術動向
- ・積込機の技術動向
- ・土工用運搬機の技術動向
- ・無人ダンプトラック走行システムの開発・運用
- ・公衆無線網を用いた油圧ショベル遠隔操作
- ・ITを活用したロックフィルダムの施工
- ・近年の造成土工における問題点と対策例
- ・土工事に適用できる製品紹介

No.708「建設の施工企画」 2009年2月号

〔定価〕1部840円（本体800円）

年間購読料9,000円

平成21年2月20日印刷

平成21年2月25日発行（毎月1回25日発行）

編集兼発行人 辻 靖三

印刷所 日本印刷株式会社

発行所 社団法人 日本建設機械化協会

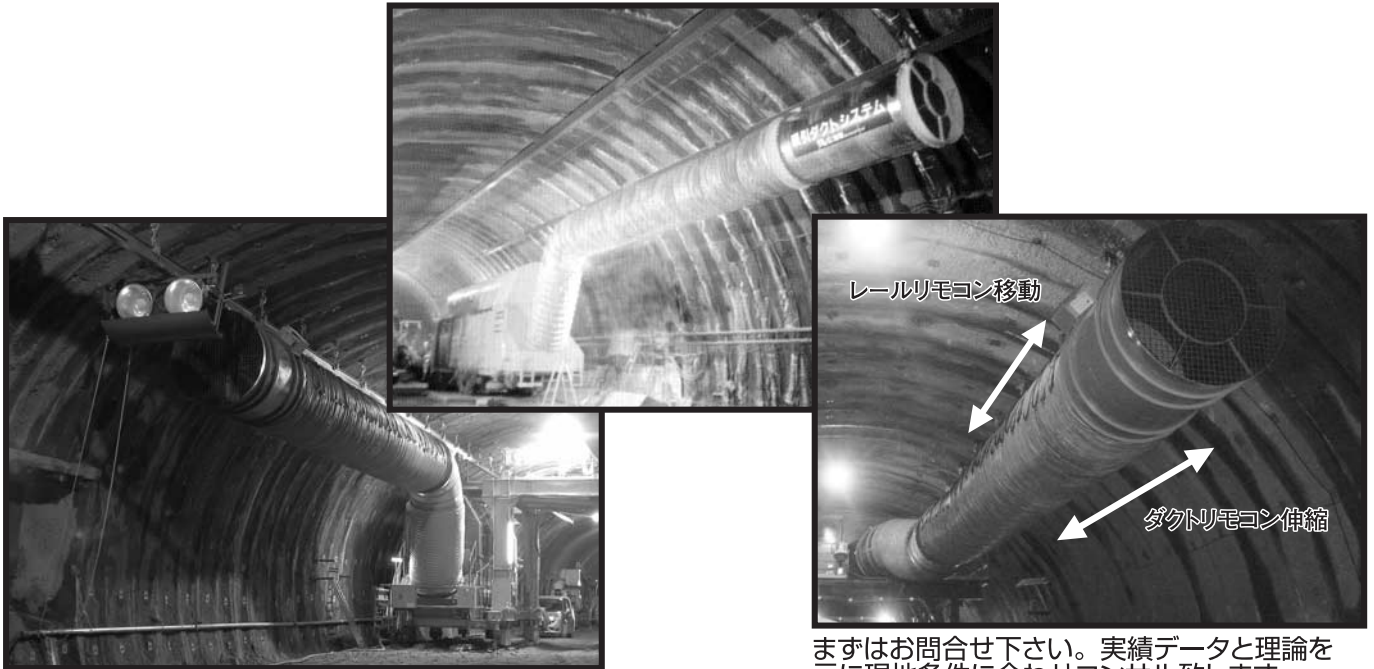
〒105-0011 東京都港区芝公園3丁目5番8号 機械振興会館内

電話 (03) 3433-1501；Fax (03) 3432-0289；http://www.jcmanet.or.jp/

施工技術総合研究所	〒417-0801 静岡県富士市大淵 3154	電話 (0545) 35-0212
北海道支	部〒060-0003 札幌市中央区北三条西2-8	電話 (011) 231-4428
東北支	部〒980-0802 仙台市青葉区二丁目16-1	電話 (022) 222-3915
北陸支	部〒950-0965 新潟市中央区新光町6-1	電話 (025) 280-0128
中部支	部〒460-0008 名古屋市中区栄4-3-26	電話 (052) 241-2394
関西支	部〒540-0012 大阪市中央区谷町2-7-4	電話 (06) 6941-8845
中国支	部〒730-0013 広島市中区八丁堀12-22	電話 (082) 221-6841
四国支	部〒760-0066 高松市福岡町3-11-22	電話 (087) 821-8074
九州支	部〒812-0013 福岡市博多区博多駅東2-8-26	電話 (092) 436-3322

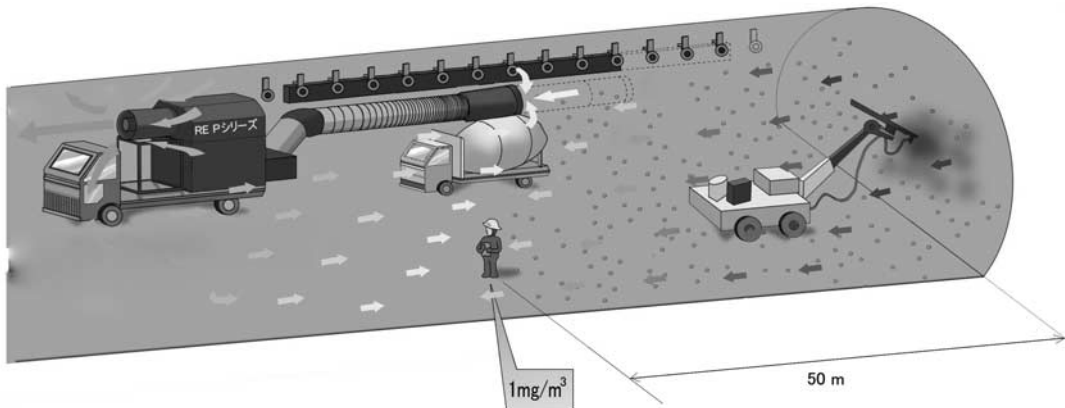
吸引ダクトシステム

吸引ダクトシステム特許取得【第3883483号】
ガイドラインを大幅にクリア $1\text{mg}/\text{m}^3$ を達成!!



まずはお問合せ下さい。実績データと理論を元に現地条件に合わせコンサル致します。

- ・発生源粉塵対策の決定版。
- ・ダクトはもちろん吊下げレールも無線リモコンで楽々前進。
- ・掘削工法や作業サイクルに適応。**操作のお手間をとらせません。**
- ・**最低限の切羽送気量**と後方の**高い清浄空間**の確保で換気コスト・ランニングコストの大幅なコストダウンに。
- ・適応径は $\phi 600 \sim \phi 1500$ 、負圧-2kpa、収縮率1/5、100m以上もレンタルで対応可。移動照明を使用することで切羽作業効率、安全性が大幅にアップ。その他の口径・延長はご相談下さい。



株式会社流機エンジニアリング

URL: <http://www.ryuki.com> E-mail: eigyobu@ryuki.com

本社 / 〒108-0073 東京都港区三田3-4-2 COI聖坂ビル
TEL: 03 (3452) 7400 (代) FAX: 03 (3452) 5370

つくば / 〒308-0114 茨城県筑西市花田90-1
テクセンター TEL: 0296 (37) 7680 (代) FAX: 0296 (37) 7681

KOBELCO

さすがコベルコ!

選択される「商品」「社員」「会社」へ

“さすが”を
証明



後方超小旋回の小・中型機には

通常形の中・大型機には

極低騒音 低燃費

超低騒音基準より -5dB (SK70SRは -0dB)

当社従来機より $-18\sim 20\%$

SK70SR SK125SR
SK135SR [LC] SK225SR
SK235SR [LC]

SK200 SK210LC SK250
SK260LC SK330 SK350LC
SK460 SK480LC

※燃費は同等作業土量で比較

ACERA アセラ・ジオスペック
GEOSPEC

フルラインナップ完成!



全機種
オフロード法適合

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

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

豊かな環境を、
次の時代に届けたい。



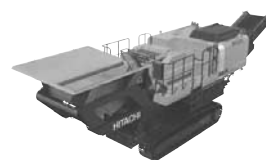
油圧ショベル **ZA/IS** シリーズ



ホイールローダ **ZW** シリーズ



自走式スクリーン **VR/FS** シリーズ



自走式ジョークラッシャ **ZR/HR** シリーズ

大地に、街に、空間に…。

豊かな環境を支える、日立建機のトータルソリューション。

今という時代が、未来を育てる種子になります。日立建機は、豊かな環境を育むために、新世代の油圧ショベルをはじめとする各種の建設機械や、さまざま建設副産物や産業廃棄物を現場内で再利用する日立オンサイトスクリーニング&ソリューション・Hi-OSS<ハイオス>などの環境関連製品をトータルに開発しています。大地に、街に、空間に…。多彩な製品と技術で豊かな環境づくりを支える日立建機です。

*「オンサイトスクリーニング」、「ハイオス」、「Hi-OSS」は、日立建機(株)の登録商標です。



日立建機株式会社

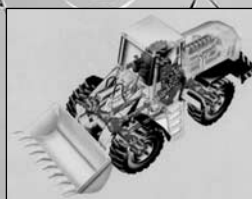
東京都文京区後楽2-5-1 〒112-8563 ☎ダイヤルイン (03) 3830-8033
URL: <http://www.hitachi-kenki.co.jp>

MARUMA

あらゆる建設機械／シールドマシン・・・ 油圧機器の整備・再生

建設機械用ZFトランスミッション

点検・整備は、日本ではマルマのみが対応



建設機械のあらゆる油圧機器

斜板式ダブルポンプ



斜板式ピストンポンプ



斜軸式ピストンモータ



シールドマシン用油圧機器



シールド用ジャッキ

電動モータ付ピストンポンプ

建機と共に半世紀以上。確かな「信頼」をお届けします！

整備・再生された各Ass'yは、自社独自開発の多機能油圧機器試験機により性能を確認。各テストのデータはデータベースとして保存され、出荷後、マッチング調整や、搬送されてきた同等品の確認テストに活用します。この万全を期した体制がマルマの高い信頼性のゆえんです。



マルマテクニカ株式会社

本社・相模原事業所 営業部 整備油機課

〒229-0011 神奈川県相模原市大野台6-2-1

TEL042(751)3809 FAX042(756)4389

E-mail:yuki@maruma.co.jp

東京事業部 〒156-0054

E-mail:tokyo@maruma.co.jp

名古屋事業所 〒485-0037

E-mail:service@maruma.co.jp

東京都世田谷区桜丘1-2-22

TEL03(3429)2141 FAX03(3420)3336

愛知県小牧市小針2-18

TEL0568(77)3311 FAX0568(77)3719

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

Denyo

オイルガード+大容量燃料タンク

DCA-25ES12
環境ベースB仕様



極超低騒音型

DCA-150USK

エンジン発電機 **DCA Series**

環境にやさしく、今日もどこかで暮らしを支える、
デンヨーのパワーソースです。

3次排ガス
指定機



アフタークーラ内蔵
DIS-70AC



可変圧力式
DIS-200VPS

エンジンコンプレッサー **DIS Series**

3次排ガス
指定機

アイドリングストップ
機能搭載

DLW-320LS



2人同時溶接ができる
DLW-400ESW



エンジン溶接・発電機 **DLW Series**



●技術で明日を築く

デンヨー株式会社

本社：〒103-8566 東京都中央区日本橋堀留町2-8-5
TEL: 03(6861)1111 FAX: 03(6861)1181
ホームページ: <http://www.denyo.co.jp/>

札幌営業所 011(862)1221
東北営業所 022(254)7311
信越営業所 025(268)0791
北関東営業所 027(360)4570
東京営業所 03(6861)1122

横浜営業所 045(774)0321
静岡営業所 054(261)3259
名古屋営業所 052(935)0621
金沢営業所 076(269)1231
大阪営業所 06(6448)7131

広島営業所 082(278)3350
高松営業所 087(874)3301
九州営業所 092(935)0700

それはいつまでも
青い空のために



コスモ **ECO** ディーゼル

「DH-2」対応
ディーゼルエンジンオイル
SAE 10W-30 / SAE 15W-40

美しい地球、豊かな環境を目指して
ひた走るパワー、コスモルブ・ウェイ

コスモ石油ルブリカンツの 環境対応潤滑油



省電力型油圧作動油

コスモ
スーパーエポック **UF**



省電力型工業用ギヤー油

コスモ
ECOギヤー **EPS**

それはいつまでも
蒼い地球のために

地球環境へ、

さらに新しい対応を求められている今、オイルもまた、次の課題をクリアする進化が問われます。
コスモ・ルブは、地球に、人に、優しい環境LUBEソリューションを提案してまいります。

コスモ石油ルブリカンツ株式会社 <http://www.cosmo-lube.co.jp/>
カスタマーサポートセンター：0120-15-4899

Mikasa 

<http://www.mikasa.com>

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



バイブレーションローラー
MRH-600DSA



高周波バイブレーター
FX-40RB/FU-161



コンクリートカッター
MCD-216VDXS



パイプロコンパクター
MVH-306DS



タンピングランマー
MT-55L

三笠産業株式会社
MIKASA SANGYO CO., LTD. TOKYO, JAPAN

本社／〒101-0064 東京都千代田区猿樂町1-4-3 TEL：03-3292-1411（代）
●営業所：札幌／仙台／関越／長野／静岡 ●出張所：山梨

三笠建設機械株式会社

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

ダム工事用コンクリート運搬テルハ(クライミング機能付)

重力式コンクリートダム等の新しいコンクリート運搬装置

コスト・安全・環境に配慮した最適な施工が行えます。

特長

- コストパフォーマンスに優れる。
機械重量が比較的軽量で、構造がシンプルなので運搬能力に対して安価である。
- 安全性に優れる
コンクリートバケットが堤体上空を横切らないので安全性に優れる。
- 環境に優しい。
河床に設置されるので、ダム天端付近の掘削を少なくできる。
- 大型機材の運搬も可能
専用吊り具で車両等の大型機材の運搬が可能。



吉永機械株式会社

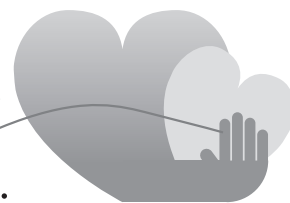
〒130-0021 東京都墨田区緑4-4-3 TEL. 03-3634-5651
URL <http://www.yoshinaga.co.jp>

- (社)日本産業広告協会会員
- 学術誌広告業協会会員



心から心へのメッセージ

We will serve you a message from heart to heart.



数ある情報誌のうちの確に
ユーザーの脳裏を捕えるものは?
それは学会・協会誌です。

的確な判断、敏速な対応そして広い視野を持った時、初めて時代の変化をキャッチし広告することの意義を考えさせられます。弊社は、皆様の心をアピールする手助けをモットーに心がけております。

お問合せ・お申し込みは・・・



学術・技術誌専門広告代理業
株式会社 共栄通信社

本社：〒105-0004 東京都港区新橋3-15-8 精工ビル5階
電話：03-5472-1801(代表) FAX: 03-5472-1802
E-mail: info@kyoeitushin.co.jp
神戸出張所：〒655-0046 神戸市垂水区舞子台6-10-13-406
電話&FAX: 078-785-5658

無駄な電力を抑え CO₂排出量を 大幅に削減。

地球温暖化防止に貢献し、環境にやさしい
ツルミの電極式自動運転ポンプシリーズ



KTVE型

三相200V

吐出し口径：50～100mm
出力：0.75～5.5kW
全揚程：10～22m
吐出し量：0.18～0.6m³/min



HSE型

単相100V

吐出し口径：50mm
出力：0.4kW
全揚程：8m
吐出し量：0.1m³/min



LBA型

単相100V

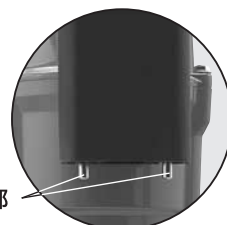
吐出し口径：40・50mm
出力：0.25・0.48kW
全揚程：6・8m
吐出し量：0.1・0.12m³/min



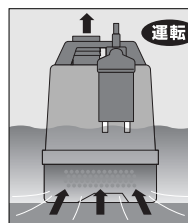
電極式水位センサで 自動運転を実現



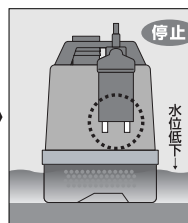
電極部



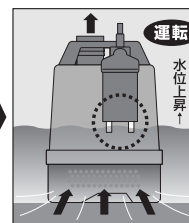
例：LBA型イメージ図



排水開始



水位低下を電極が検知



水位上昇を電極が検知

湧水などにより水位が上昇し、ポンプ電極部に水面が接すると運転を開始、またポンプ排水により水位が低下し電極部から水面が離れると、約1分後に自動停止する。このきめ細かい運転による省エネが大幅なCO₂削減効果に貢献します。（当社、非自動運転形ポンプ比）

株式会社 鶴見製作所

大阪本店：〒538-8585 大阪市鶴見区鶴見4-16-40 TEL.(06)6911-2351(代) FAX.(06)6911-1800

東京本社：〒110-0016 東京都台東区台東1-33-8 TEL.(03)3833-9765(代) FAX.(03)3835-8429

営業拠点 国内60ヶ所・海外10ヶ所 生産拠点 国内2ヶ所・海外2ヶ所

北海道支店：TEL.(011)787-8385
東北支店：TEL.(022)284-4107
東京支店：TEL.(03)3833-0331

北関東支店：TEL.(048)688-5522
新潟支店：TEL.(025)283-3363
中部支店：TEL.(052)481-8181

北陸支店：TEL.(076)268-2761
近畿支店：TEL.(06)6911-2311
兵庫支店：TEL.(078)575-0322

中国支店：TEL.(082)923-5171
四国支店：TEL.(087)815-3535
九州支店：TEL.(092)452-5001

www.tsurumipump.co.jp

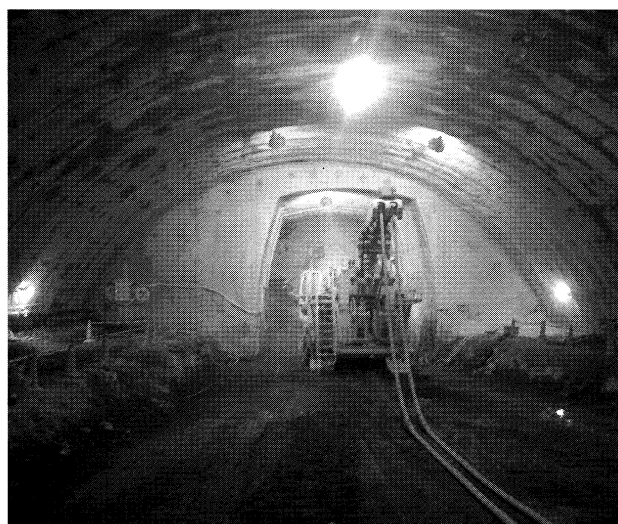
ミニベンチ工法 両用型 ショートベンチ工法

RH-10J-SS

強力型ブームヘッダー



カッター出力 330kW
総出量 120ton



主な特長

- カッター出力は330kWで、強力な切削力を発揮し、軟岩から硬岩まで幅広い地質に対応。
- 機体寸法は、高さ3.9m×幅4.2m×長さ16.5m(ケーブルハンガーを除く)
- 定位置最大切削範囲は、高さ8.75m×幅9.5m
- 高圧水ジェット噴射で粉塵抑制とピック消費量低減。
- 接地圧が低く、軟弱地盤にも対応。

KYB カヤバ システム マシナリー株式会社

KAYABA SYSTEM MACHINERY CO., LTD

<http://www.kyb-ksm.co.jp>

(旧社名:日本鉾機株式会社)

本社・営業/カスタマーサービス
中部支店
西部支店
三重工場

〒105-0012 東京都港区芝大門2丁目5番5号 住友不動産芝大門ビル
〒514-0396 三重県津市雲出鋼管町62番地2
〒812-0013 福岡県福岡市博多区博多駅東2丁目6番26号 安川産業ビル
〒514-0396 三重県津市雲出鋼管町62番地2

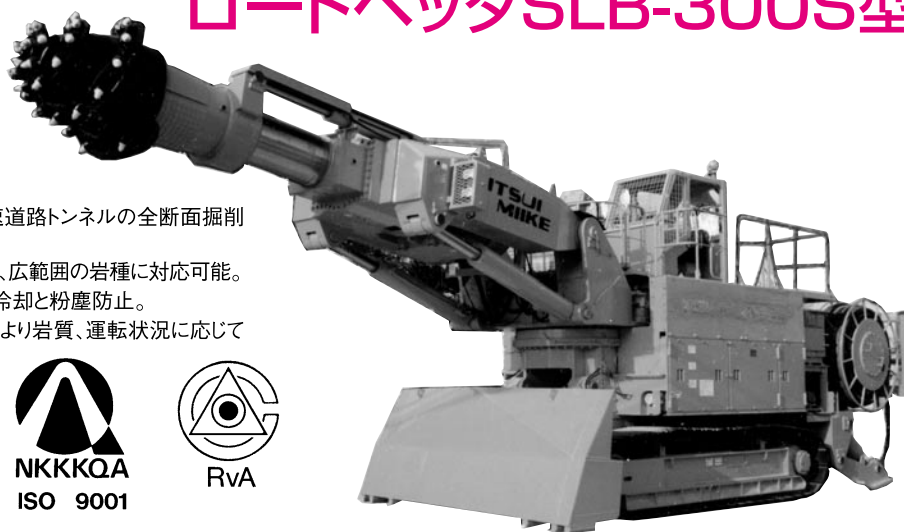
TEL. 03-5733-9443
TEL. 059-234-4139
TEL. 092-411-4998
TEL. 059-234-4111

安全・高能率な掘削を実現!

全断面对応中硬岩用トンネル掘進機 ロードヘッドSLB-300S型

特長

1. 最大8.8mの掘削高さで、新幹線、高速道路トンネルの全断面掘削が可能。
2. 300kW:2速切換型電動機の採用により、広範囲の岩種に対応可能。
3. ピック先端に高圧水を散水させ、ピック冷却と粉塵防止。
4. モード切換式パワーコントロール装置により岩質、運転状況に応じて作動設定の変更が可能。
5. 運転操作が優れ、全操作がリモートコントロールで運転可能。
6. ケーブルリール装置により、電源ケーブルの取扱いが容易で移動が迅速。



製造元
販売元



株式会社 三井三池製作所

本店/〒103-0022 東京都中央区日本橋室町2丁目1番1号 三井ビル2号館
TEL.03-3270-2006 FAX.03-3245-0203

<http://www.mitsumiike.co.jp>

E-mail: koken@mail.mitsumiike.co.jp

販売・レンタル
及びメンテナンス

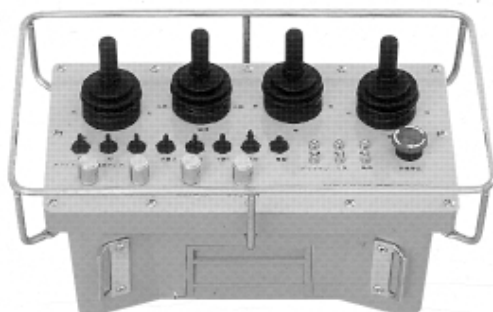
MIKE ミイケ 機材株式会社

本社/〒116-0013 東京都荒川区西日暮里5丁目11番7号 西日暮里ワイエムビル
TEL.03-3241-4711 FAX.03-5615-1180

建設機械用
無線操作装置

ダイワテレコン

あらゆる仕様に対応
指令機操作面はレイアウトフリー



ダイワテレコン 572 ※製作例 比例制御4本レバー仕様



受令機



ダイワテレコン 522

《新電波法技術基準適合品》

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

DAIWA TELECON

大和機工株式会社

本社工場 〒474-0071 愛知県大府市梶田町 1-171

TEL 0562-47-2167 (直通) FAX 0562-45-0005

ホームページ <http://www.daiwakiko.co.jp/>

e-mail mgclub@daiwakiko.co.jp

営業所 東京、大阪、他

KOMATSU

8スタイル。 待望の登場



ALL NEW PC120/130-8

特定特殊自動車排出ガス基準適合車

コマツ 営業本部 TEL.03-5561-2714
〒107-8414 東京都港区赤坂2-3-6 <http://www.komatsu.co.jp/ce/>

雑誌 03435-2



4910034350292
00800

「建設の施工企画」

定価 一部 八四〇円

本体価格八〇〇円