

CEMENT & CONCRETE

セメント・ コンクリート

令和5年5月15日発行 ISSN0371-0718

2023
No.915

5

一般社団法人セメント協会
JAPAN CEMENT ASSOCIATION



—未来をカタチに変える創造力—



コンクリート用化学混和剤

フローリック

時代を見据え、より高く、より強くありたい—
見つめる先は、コンクリート用化学混和剤の未来です。

- ◆ AE減水剤（高機能タイプ）
フローリック SV10シリーズ
- ◆ AE減水剤（高機能・スランプ保持タイプ）
フローリック SL20S・R
- ◆ 高性能AE減水剤
フローリック SF500シリーズ
- ◆ 乾燥収縮低減剤
ジュリクガード/チヂミガード/ヌッテガード
- ◆ 高性能AE減水剤 収縮低減タイプ（標準形・遅延形）
フローリック SF500SK・RK
- ◆ 高性能減水剤
フローリック VP900シリーズ

**日本製紙グループ
株式会社フローリック**

本社：〒170-0013 東京都豊島区東池袋1-10-1
TEL.03-5960-6911 FAX.03-5960-6915
◎ 北海道・東北・東京・北関東・中部・関西・四国・中国・九州
◎ 出張所：長野・北陸・静岡・高松・岡山・鹿児島
◎ コンクリート研究所（つくば）・東日本技術センター（東松山）

コンクリート用化学混和剤はフローリック

フローリック 検索

<https://www.flowric.co.jp>

THE ANNUAL MEETING OF CEMENT AND CONCRETE ENGINEERING

第77回

セメント 技術大会

2023年5月17日(水)～19日(金)

会場：赤坂インターシティコンファレンス
(東京都港区赤坂1-8-1 赤坂インターシティAIR)



一般研究発表

セメント・コンクリートの
材料科学の研究発表

○ セメント製造技術 ○ セメントの水和 ○ 環境・リサイクル
○ セメント系新材料 ○ コンクリートの耐久性 等



◆ 形 式：会場とオンライン
(ハイブリッド)

◆ 参加費：無料
・聴講にあたっては事前申込が必要となります
(右記QRコードよりお申し込みください)



基調講演 5月18日(木) 11:00～12:15

セメント等粉体系材料の
“環境安全品質”

国立研究開発法人国立環境研究所 室長 着倉 宏史 氏
資源循環領域 試験評価・適正管理研究室



特別講演 5月18日(木) 15:30～16:45

脱炭素への移行と
セメント化学

東京工業大学 名誉教授 坂井 悦郎 氏



一般社団法人セメント協会 問合せ先：技術情報グループ TEL.03-3914-2692

<https://www.jcassoc.or.jp/>

セメント・コンクリート

CEMENT & CONCRETE

2023 No.915

5

もくじ

PC建築小特集

- | | | |
|----|--|------------|
| 02 | 巻頭言 プレストレストコンクリート建築を取り巻く最近の動向 | … 福井 剛 |
| 05 | 岩国市立東小・中学校「PCa技術で実現する光あふれる教室」 | … 原 健一郎ほか |
| 14 | 嘉麻市庁舎「意匠・構造・設備の融合による機能的な市庁舎」 | … 福田 光俊ほか |
| 22 | 神戸市西区庁舎「PC-S工法を採用した庁舎の建設」 | … 久保 岳ほか |
| 28 | 名古屋造形大学
「耐震性能を有する格子鋼板プレキャストコンクリートの設計と性能」 | … 伊藤 潤一郎ほか |
| 36 | 彦根総合スポーツ公園陸上競技場「ここにしかない和の景観をもつ競技場」 | … 大野 竜也ほか |
| 44 | ずいそう
海外でしでかした／超絶経験 | … 今本 啓一 |
| 46 | シリーズ／セメント系固化材 その特性と広がる可能性④
セメント改良技術の適用事例・中層混合処理 | … 大河内 保彦 |
| 52 | セメスタグラム／コンクリートに魅せられて
旧志免鋳業所竪坑槽 | |

- | | |
|----|---|
| 54 | EVENT GUIDE |
| 57 | セメント・データファイル |
| 58 | 主要建設工事・資材統計 |
| 60 | 6月号予告 |
| 61 | セメント・コンクリート論文集 Vol.77
(2023年度)論文募集のご案内 |



今月の表紙

PC建築小特集で紹介した特徴的な
PC建築[各執筆者提供]

プレストレストコンクリート建築を取り巻く 最近の動向

Recent Trends Surrounding Prestressed Concrete Architecture

福井 剛

1. はじめに

今回巻頭言を書くに当たって、本小特集の事例紹介を拝読し「気づかないうちにプレストレストコンクリート(以下、PCと略記)建築は変化していたんだな」というのが最初の感想でした。PC建築に関するこの手の特集では、建物の意匠性の高低にかかわらず、構造体のかなり多くの部分に「純粋なPC」が使われる建物が多かったように記憶しています。ここで言う「純粋なPC」とは、PC構造に関する基準だけで設計と施工ができるという意味です。本特集の事例は、建物用途こそ学校や庁舎と言った昔からPC構造を利用しやすいものですが、中身を見ると、PC構造の使用部位を建物外周のファサードだけに限定したり、反対に多様多数の部材を巧みに組み合わせたりしています。PC構造と免震構造との組み合わせは当然のごとくなされ、PC部材相互のジョイントに鉄骨によるガセット接合を利用したもの、PC柱部材と鉄骨梁のジョイントにプレストレスによる圧着接合を利用したものもあり、設計者のPC構造に対する理解と習熟度の高さが表れています。以下では、このような動きがいつから始まっているのか少し紐解いてみるとともに、近年の建築構造の大革新のひとつである

免震および制震構造の普及状況との関係性を調べてみます。さらに、PC建築に関する研究対象の移り変わりから、現在の建築構造に対する要請と今後のPC構造に対する期待について考えてみたいと思います。

2. PC建築の最近の動向

(公社)プレストレストコンクリート工学会が発行する会誌「プレストレストコンクリート」では、PC構造の最新の実績および知見が紹介されています。また、PC構造物の新設・改築・改修で、計画、設計、施工、あるいは美観、さらに改築・改修では機能・性能の回復・向上などの面においてすぐれた特色を有し、プレストレストコンクリート技術の発展または普及に顕著な貢献をしたと認められる作品・技術開発・施工技術に対し、PC工学会賞が授与されています。ここでは、東日本大震災があった2011年以降に竣工したPC工学会賞実績作品について紹介します。

写真1は2011年に東京都心に造られた高さ90mの免震構造による超高層PC建築データセンター¹⁾です。建物内部ではスパンを飛ばすためにリブ付きPC合成床板(ST板)が採用されています。2012年には、心柱制振機構の開発とプレストレス導入による歴史的レンガ造建物の耐震補強技術が技術開発部門賞を受賞しています。前者は東京スカイツリーの制振機構の一つであるPC心柱に関するものです。地上375mまで伸びる直径8mの円筒形状をしたPC心柱は世界初の制振

写真1 東京第5データセンター¹⁾写真2 二子玉川ライズII-a街区高層棟²⁾

表1 免震PC建築年表

竣工	建設時の建物名称	特徴
2004	小田急海老名分譲マンション	日本初の超高層PC建築、23階建集合住宅
2005	関西医科大学付属枚方病院	13階建大規模病院
2006	ウェリスガーデン千葉みなと公園	19階建集合住宅
2007	滑川市民交流プラザ	5階建公共複合施設
2007	プロロジスパークセントレア	5階建大型物流倉庫
2011	東京第5データセンター	16階建大規模データセンター、高さ90m
2012	兵庫県立淡路医療センター	8階建災害拠点病院
2015	二子玉川ライズII-a街区高層棟	30階建て事務所、高さ137m
2018	日本海事検定協会本部ビル	狭小地10階建事務所、斜め柱

機構として誕生しました。これと対照的なのが後者で、歴史的レンガ造建物の耐震性を向上させる技術としてレンガ壁にプレストレスを与える技術です。**写真2**は2015年に竣工した超高層免震PC構造によるオフィスの二子玉川ライズII-a街区 高層棟²⁾です。超高層オフィスビルは軽量な鉄骨造とするのが常套手段ですが、16m超えの大スパン構造かつ居住性が高いPC構造が採用されました。今回の特集で後述される岩国市立東小・中学校も2021年の受賞作品です。同年には東京オリンピックのメインスタジアムである国立競技場も受賞しています。

もう少し免震構造によるPC建築の事例を表1に上げましょう。大スパン構造で柱の本数を減らすことにより

免震支承の数を減らして大型化すると建物の固有周期を長周期化しやすくなり、効率良く免震効果が得られます。さらに部材に与えられるプレストレスにより地震による損傷も制御されます。免震構造とPC建築はこれ以上ないほど相性抜群なのです。免震構造は、コンクリートの重さに起因する耐震設計上の短所をPC建築から取り払ってくれました。平成11年から始まった平成の市町村合併では、庁舎の統合、建設に際して数多くの免震+PCによる庁舎が誕生しています。近年は物流倉庫の超大型化にもPC+免震が解決策を与えています。この出会いはまだまだ多くの魅力的なPC建築を生み出してくれそうです。

3. 免震制振建築計画数の推移

図1は、(一社)日本免震構造協会が2022年6月に発表した、新築による免震構造および制振構造建築の計画数の推移を表したものです。免震構造の設計法には、時刻歴応答解析を用いた性能評価型手法と、免震告示第6の方法がありますが、同図は前者の計画数のみを示したものです。免震・制震ともに巨視的には毎年ほぼ一定の計画があることがわかります。免震構造の用途割合は、集合住宅が最多で39%、ついで事務所が15%、病院が13%、庁舎が7%となっ



ふくい つよし / FUKUI Tsuyoshi
日本大学理工学部海洋建築工学科
教授 博士(工学)

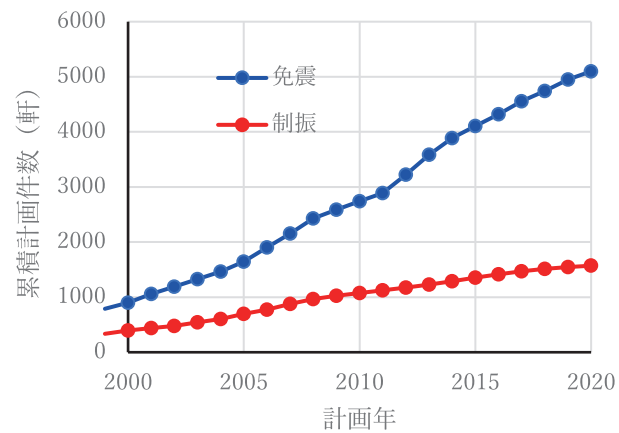


図1 免震制振建築計画数の推移

ています。剛性が高いRC造の建物に多用されていることが推察されます。一方制振構造の用途割合は、事務所が最多で43%，ついで集合住宅が22%，学校が9%です。免震構造で比較的多くの実績がある病院と庁舎はいずれも2%と少なくなっています。地震時の変形が大きくなりやすい鉄骨造との相性が良いことがその理由です。

PC建築と免震構造の相性が良いことは先に述べましたが、階高が大きいオフィスビルなどでは地震時の変形が比較的大きくなりやすいため、制振構造との組み合わせが選択されることもあります。

4. PC建築に関する研究対象の動向

PC建築はプレストレスによりひび割れの発生を制御できるため、大スパンを必要とする建物や、倉庫などの重荷重対応が求められる物流倉庫などに多用されてきました。そのため、比較的低層の建物への適用事例が中心でしたが、耐震性能に関する精力的な研究の成果が蓄積されたことにより、今日では高層建物への適用も可能となりました。

日本建築学会の大会梗概集のPC構造セッションを見ると、今後の研究開発の方向性が推察できます。例年30～40編程度の論文投稿があり、ここ数年も引き続き耐震性能に関する研究が中心的な位置を占めていますが、着目すべきキーワードは「アンボンドPC構造」です。20年前の2002年には1編しかなかったのですが、2011年には投稿数の10%，2018年には30%を

超え、2021年にはついに半数を超えました。アンボンドPC構造は、PC鋼材とコンクリート間の付着強度をゼロとしたもので、地震時でもPC鋼材が降伏しないために極めて高い復元性を有しています。地震時の損傷を抑え、地震後の継続使用性を確保することができます。企業の地震後における事業継続性の確保にも貢献しそうです。わが国ではアンボンドPC構造は腐食等によりPC鋼材が破断して大事故になることを心配してその使用には制限をかけていますが、アメリカの地震多発地域では逆に付着があるボンドPC構造はPC鋼材が降伏して破断する可能性があることからアンボンドPC構造しか使えないことになっています。これは地震時における建物の変形制限に対する考え方の違いから生じているものですが、考え方が全く逆であるというのは興味深いものです。いずれにしろ、アンボンドPC構造はボンドPC構造と比べると地震時の変形が大きくなるので、前述した制振構造との相性が良くなってきます。今後はこのような組み合わせによるPC建築が生まれることでしょう。

5. おわりに

梁や柱などの部材にプレストレスを与えることにより、外部からの荷重に対して能動的に抵抗させて、たわみやひび割れの発生を設計者がコントロールできる点がPC建築の面白いところであり利点です。これにアンボンドというキーワードを付加すると他構造にはない高復元性が得られ、さらに制振デバイスなどと組み合わせることで高い次元で継続使用性を確保することができます。まだまだこれはアイデアの一つに過ぎず、設計者はさまざまな性能を建物に与えることができるはずで

【参考文献】

- 1) 岩田樹美, 山我信秀, 豊田耕造／東京第5データセンターの設計・施工 -PCaPC壁式チューブ構造による超高層免震建物-, プレストレストコンクリート, Vol.54, No.4, 2012
- 2) 長瀬悟, 林博之, 奈良昇／PCaPC工法による超高層オフィスの設計と施工 -二子玉川ライズ II-a 街区 高層棟の事例-, プレストレストコンクリート, Vol.58, No.4, 2016



写真1 建物全景

PC建築小特集

岩国市立東小・中学校 「PCa技術で実現する光あふれる教室」

原 健一郎 福田 顕議

IWAKUNI City Higashi Elementary and Junior High School

1. はじめに

社会の変化に伴い、建築空間に対する要求も多様化・高度化し、学校建築においても従前のラーメン架構では、将来の教育改革や、電気・機械設備の多様化に応えるには限界がある。本建物は、更新性に優れた機能的な建築を、プレキャストコンクリート(PCa)

のメリットを活かし構築した。さらに、PCaならではの部材形状を用いて教室の光環境を整えながら特徴あるファサードを形成するなど、構造体の枠組みを超え、意匠性はもとより環境にも貢献するPCa建築である。

環境を配慮した建築設計にとって、今までは構造計画がさほど重要視されてこなかったと思う。本建物では、環境配慮建築に向け積極的に取り組む構造として、「ECO建築のベースとなる優れたスケルトン」としての架構計画を行い、さらに、構造体を環境装置として活用し、教室の光環境を整えることに挑戦した。意匠－構造－設備設計が一体となり、多様なPCa技術を駆使して実現できた作品である。



はら けんいちろう / HARA Kenichiro
(株)石本建築事務所
エンジニアリング部門 構造グループ
部長



ふくだ あきよし / FUKUDA Akiyoshi
オリエンタル白石(株) 九州支店
PC建築グループ
技術担当

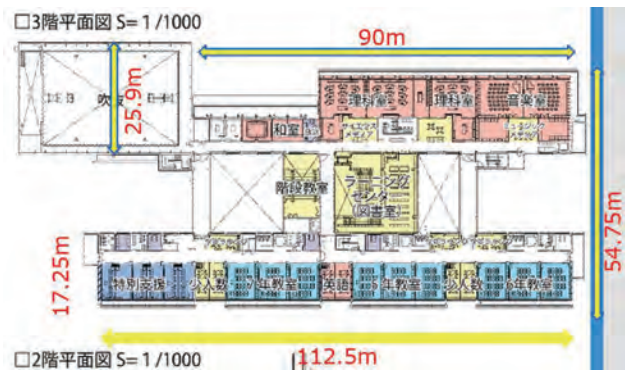


図1 平面図

2. 建物概要

- ・建設地：山口県岩国市三笠町二丁目
- ・主要用途：学校(義務教育学校)
- ・建築面積：7,670m²
- ・延床面積：15,597m²
- ・階数：地上3階
- ・最高高さ：17.93 m
- ・構造：鉄筋コンクリート(RC)造, 一部プレキャスト鉄筋コンクリート(PCaRC)造, プレキャストプレストレストコンクリート(PCaPC)造
- ・架構：耐震壁付きラーメン架構
- ・工期：平成30年9月～令和02年7月
- ・設計・監理：(株)石本建築事務所
- ・施工：カシワバラコーポレーション・白田建設
特定建設工事共同企業体
- ・P C 工 事：オリエンタル白石(株) 福岡支店

3. 建築計画

岩国市は、日本三名橋のひとつ「錦帯橋」を持つ風光明媚なまちである。計画地はJR岩国駅の近くで、海岸に近く、また岩国飛行場に近ことから、塩害や騒音対策が必要な土地柄である。本プロジェクトは、市道を挟んで建つ小学校と中学校を統合し、一方の敷地に小中一体の校舎を、他方にグラウンドとプールを整備し、両敷地を連絡橋で繋ぐ計画である(写真1)。また、敷地の不発弾探査期間の2か月を、限られた工期の中から

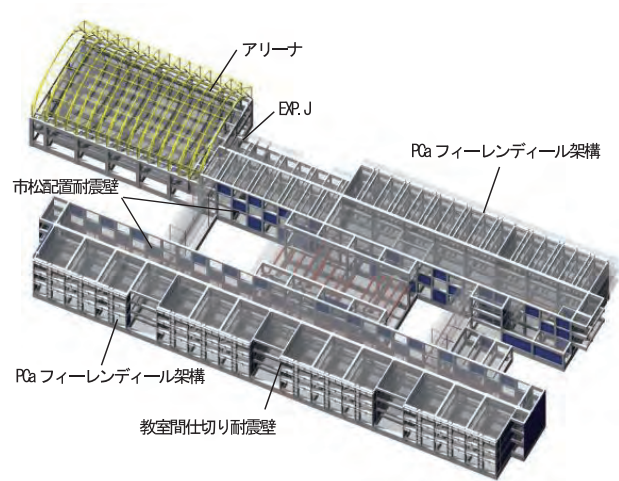


図2 架構イメージ

捻出するという岩国ならではの設計条件があった。

校舎の建築計画は、生徒が回遊し活動を誘発するねらいで、普通教室エリアと特別教室エリアを、中央のラーニングセンターと渡り廊下でつなぐ平面計画である(図1)。空調計画は、飛行場が近く、航空機騒音対策が必要なため、窓を解放せずに換気が行えるよう、外調機室を設けたセントラル形式とした。それにより廊下の天井内には巨大なダクトが並び、また教室への飛込み配管もφ350スリーブが数本配置される、特殊な設計条件からのスタートとなった。

4. 構造計画

4-1. 構造計画方針

空調ダクトが建物の長辺を貫くことに対し、天井高さ+ダクト+梁成で階高を決めると建物が肥大化し、建設コストはもとより、階をまたぐ立体的な生徒の回遊を阻害してしまう。設計は、配管ルートをしっかりと確保しながら、建物をコンパクトに収めることを命題とし、意匠・構造でさまざまなアイデアを融合した。また、不発弾探査期間を捻出するためには躯体のPCa化に選択肢が絞られ、それを、現場打ちRCでは実現できないPCaならではの空間をつくるチャンスと受け取り、取り組んだ。

4-2. 耐震壁の活用による設備スペースの創出

教室が一行に並ぶ学校の場合、長辺(X)方向は

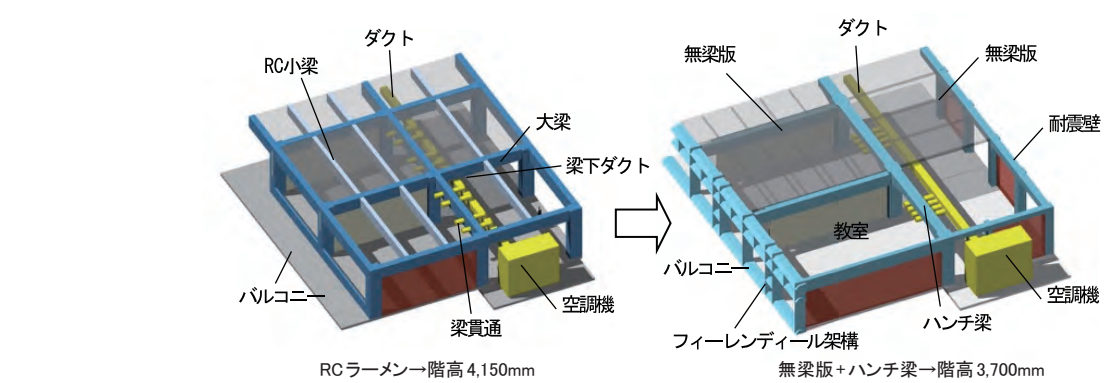


図3 構造と設備ルート

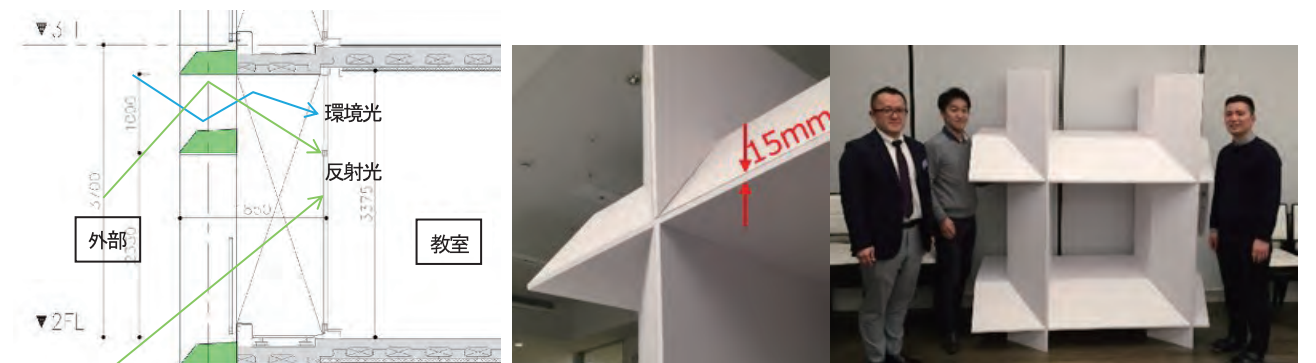


図4 フィーレンディール形状スタディ

ラーメン架構とするのがセオリーであるが、ここでは、アリーナを除く校舎全体を構造的に一体と計画し、中庭に面して市松状に壁を組み込む建築計画の工夫により、長辺方向にもバランスよく耐震壁を確保できた。教室戸境の一部も耐震壁とし、X、Y方向とも強度型架構を形成した(図2)。

つぎに、耐震壁がすべての地震力を負担できることで、空調ダクトと干渉する梁を取り払い、設備ルートを無梁化した。また、廊下-教室間の太径スリーブ対応としてハンチ梁とした。これにより設備と構造の干渉が一切無い、すっきりとしたインフラルートが形成できた(図3)。

4-3. PCでつくる環境建築

工事工期短縮の必要性から、構造体を積極的にPCa化した。建築計画で校舎棟のモジュールを揃え、教室幅7.5mの半分となる3.75mを基本モジュールとした。外観上の特徴となっているフィーレンディール架構は、教室の中央にダブル柱を据える形とした(図2)。

室内における光環境は、人が感じる「明るさ感」により

評価される。明るさ感とは、絶対的な照度と違い、対比的な輝度分布で示され、例えば特定の部位に明るさが突出すると、人はそれ以外の部分を暗いと感じる。そのため光環境を良くするには、室内の輝度分布をマイルドに整えて、突出する明るさ(グレア)を防ぐことがよい。このPCaフィーレンディール架構は、教室に入る直射光を制御し、また、ライトシェルフ効果で教室の奥深くまで光を届け、室内の輝度分布を整える効果を狙った。PCa部材は、仕上げ材と見紛う存在感をもくろみ、薄さ250mmとし、地面からの反射光をより多く取り込めるよう、面取り形状とした。それをさらに、意匠性とPCa部材の製作性を現寸模型で確認しながら形状を洗練し(図4)、シャープな外観のファサードへと昇華した。南面の環境を考えて生み出したこの形状を、同一型枠で製作できるPCaのメリットを活かし、北面にも展開した。北面には外部にバルコニーが張り出しているが、室内は自然光で十分な明るさを確保できている。これほど特殊な断面形状のファサードは、PCa技術無くして成しえることのない計画である。

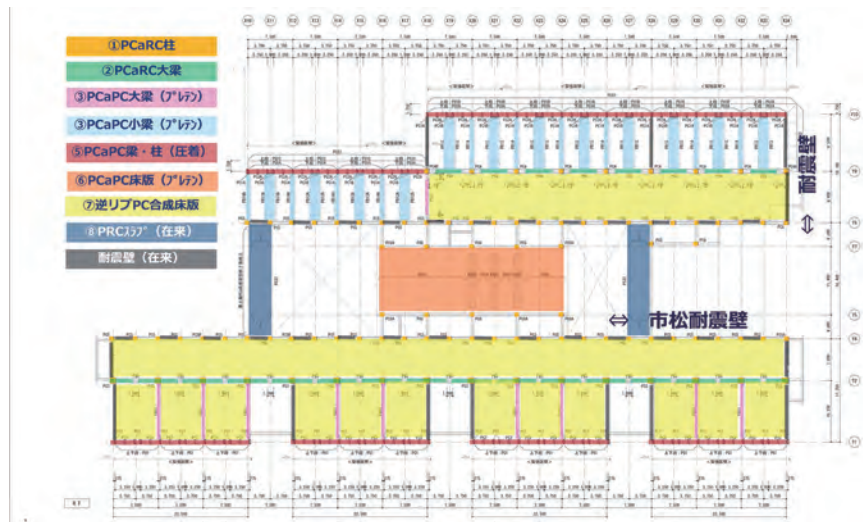


図5 PCa部材の概要と構造計画(RF伏図)

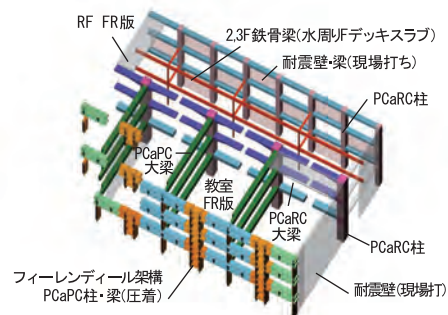


図6 PCa部材の概要図(教室)



写真3 端部をガセット接合としたPCaPC大梁



写真2 やじろべえ形式のPCaRC大梁

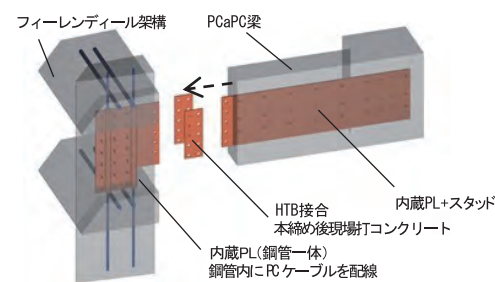


図7 PCaPC架構の接合部納まり

プレキャスト鉄筋コンクリート造(PCaRC大梁)とした(写真2)。これは、鉛直ハンチタイプの大梁として中央の梁成を抑え、その下に広く設備配管スペースを確保する目的である。

- ③ 普通教室の境界に配置したスパン方向の大梁と特別教室に配置したスパン方向の小梁は、プレテンション方式によりプレストレス力を導入したプレキャストプレストレストコンクリート梁(PCaPC梁)(L=8.6～10.25m)とした。フィーレンディール架構との接合部は、応力伝達および見えがかりとなる梁幅を考慮して、ガセット接合とした(写真3, 図7)。



写真4 床下配管スペースつきDT版

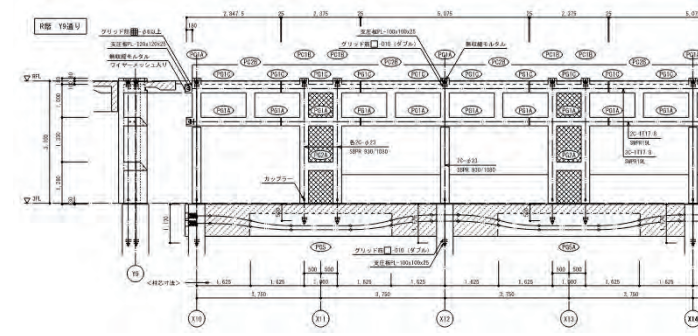


図8 陸立ち架構の軸組図



写真5 ST床版架設状況, 断面図

なお、小梁はダブルT(DT)形式とシングルT(ST)形式を計画し、DT形式の部材では、床段差のある形状として設備配管スペースを確保した(写真4)。

- ④ 3階大梁の一部に、フィーレンディール架構を陸立ちで支持する部材を、7.5m×4スパンにわたって計画した。梁にポストテンション方式によりプレストレス力を導入し、部材サイズを抑えた(図8)。
- ⑤ 本建物における最大との特徴ともいえるフィーレンディール架構は、見付幅250mmを面取りした極細部材でファサードを形成する。繊細な部材断面で架構を構成する複雑性から、ポストテンション方式によりプレストレス力を導入し、圧着することで架構を構築する、いわゆるPC圧着接合により実現した(PCaPC梁・柱)。なお、選定したPC鋼材は、柱が23φSBPR930/1080と通常より

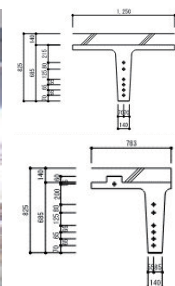


写真6 PRCスラブの渡り廊下

細いPC鋼棒であり、大梁は1T17.8SWPR19Lと細めのシングルストランドを用いることで、極細断面に対する納まりにも配慮している。

- ⑥ 図書室の吹抜け天井部分には、細いリブ形状が連続して並べられる、ST床版を採用した。ST床版は、プレテンション方式によるプレストレス力を導入した長さ11.4mのPCaPC床版である(写真5)。
- ⑦ フラットな教室天井を実現するために、プレテンション方式によりプレストレス力を導入した逆リブ型PC合成床版を採用した。
- ⑧ 渡り廊下は、スリムな板状のスラブを実現するために、ポストテンション方式による現場打ちプレストレス鉄筋コンクリート造スラブ(PRCスラブ、L=11.4m)を採用し、厚さ400mmに抑えた(写真6, 図9)。
- ⑨ 北面のバルコニーはハーフPCa床版とし、フィーレンディール架構の厚さ(250mm)と合わせ、下

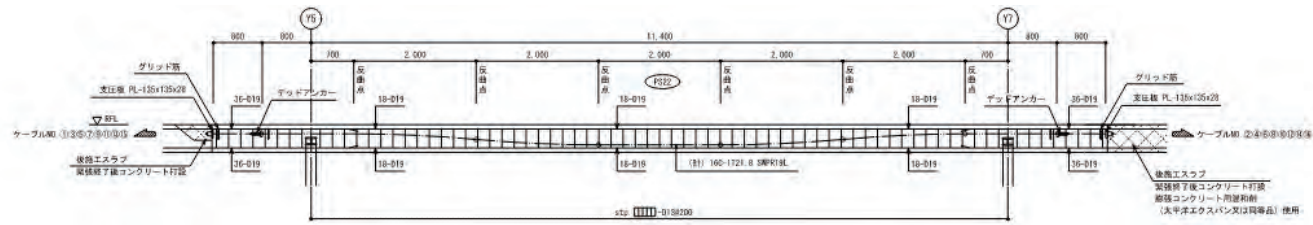


図9 PRCスラブの配線配筋図



写真7 テンプレート



写真8 脱型



写真9 反転治具

端を揃えたディテールとした。そこで、フィーレンディールの梁部材にブラケットを設け、施工時の荷重伝達を行う計画とした。

建築・設備計画に即して多種多様なPCa部材を駆使しているが、部材モジュールや断面形状の統一を図ることで型枠の転用計画にも十分配慮し、経済的な設計を行っている。これには、意匠設計者も含めた設計関係者全体の意思統一が不可欠であった。

6. 製作・施工概要

6-1. 部材製作概要

本施設は、5章①～⑨に示す多種多様なPCa部材や現場打ちPRC部材からなっている。各部材の部材数とコンクリートボリュームの内訳は下記の通りである。

- ・PCaフィーレンディール架構：235P(445m³)
- ・PCaRC柱：347P(576m³)
- ・PCaRC梁：68P(177m³)
- ・DT・ST板：89P(253m³)
- ・底ハーフPCa床版：83P(57m³)
- ・逆リブ形PC合成床版：441P(5,013m²)
- ・連絡橋ハーフPCa床版：61P(9.9m³)

ファサードであるフィーレンディール架構を形成する

PCa部材は、15mm幅の断面先端をピタリと揃えて製作することを命題とし、「誤差ゼロ(精度1mm未満)」を目指した。面取りをした断面形状は、型枠を組み立てた後の寸法計測によるチェックが難いため、**写真7**に示す計測用の定規(テンプレート)を作成して型枠の管理を行った。また、意匠性に配慮した断面であると同時に工場製作の観点から、箱抜き部分の脱型が確実に行えるようにしながらも、梁底はどうしてもフラットに見せたかったので、梁底以外の三面に抜き勾配(テーパ)を設けるよう計画を行った(**写真8**)。さらに、脱型後は平らな面(打込み面)を下にしてストックするために、部材を打込み時の方向から反転させる必要があった。そこで、部材に過度な応力を生じさせないようにするため、**写真9**に示す部材重心が回転軸となるような治具を製作し、これを用いて部材を反転させる計画とした。これらの工夫の結果、スムーズな脱型を可能とし、また、吊上げ時や部材の反転時においても過度な力がかかることがなかったため、部材も欠けることなく適切にストックヤードまで運搬および仮置きすることができた(**写真10**)。

6-2. 施工計画概要

PCa部材を架設するための揚重機は、120tクローラークレーン、100tクローラークレーンおよび60tのラフ

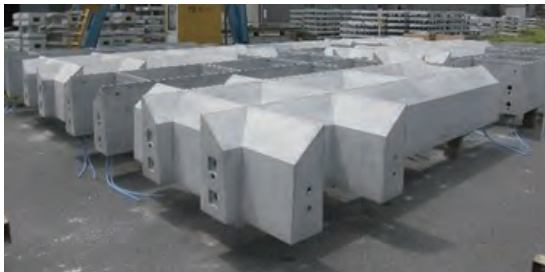


写真10 スtock状況

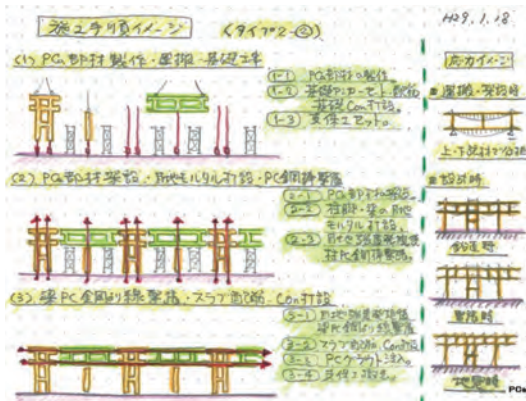


図11 初期段階の建て方イメージ

タークレーンを使用し、1日あたり8～12部材を架設した。**図10**に仮設計画図を示す。

PCa部材は、南・北の校舎を東西方向に建逃げて架設し、最後に中央部および渡り廊下を施工した。架設計画にあたり、BIMモデルによる施工フローシミュレーションを作成し、現場関係者のイメージ共有を図った。

フィーレンディール架構は、柱部材と梁部材を圧着接合している。これらのPCa部材架設に当たっては、JASS10によると±5mmの誤差が許容されているが、PCa部材でしか成しえない繊細なファサードに向け、シャープな15mm幅の先端を「誤差ゼロ」で通す建て方計画を策定した。

6-3. PCaフィーレンディール架構の架設概要

PCaフィーレンディール架構の初期の施工手順案を**図11**に、実際の施工フローを**図12**に示す。

建て方は、捨てコンクリート上の基準墨に従ってアンカーフレーム(PC鋼棒用架台)を所定の位置に固定し、PC鋼棒等をセットする。水平位置(XY方向)が所定の位置となるようテンプレートで調整、固定したのち、コンクリートを打ち込んだ。柱の架設は、基準墨よ

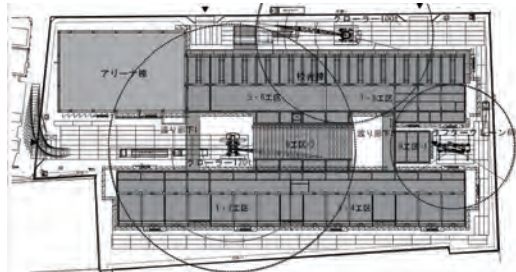


図10 仮設計画図

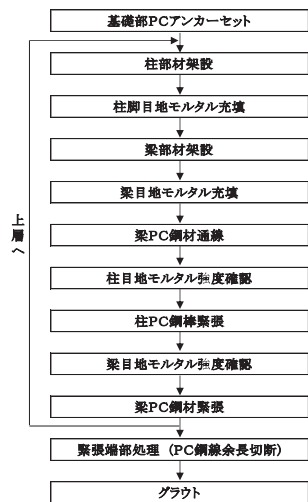


図12 フィーレンディール架構の施工フロー

り柱位置および柱面の墨を出し、ライナープレートにて柱天端のレベルを調整した。平面位置は墨にて確認し、柱の建入れは、PCサポートとライナープレートにて調整した。架設状況を**写真11**に示す。ここでもテンプレートを用いることで柱部材の設置位置とPC鋼棒の位置を確認している。柱の架設精度は、レベル・柱脚部の出入り・傾きにて確認し、所定の位置に精度よく架設することができた。梁の架設は、梁部材を支保工上の所定の位置にセット後、シース内に目地モルタルが入りこまないように鉄入りスポンジをセットし、目地モルタル用型枠(アングル等)を取り付けた(**図13**)。ここで、梁の架設精度は、梁両端の出入り・目地幅・高さにより確認を行った。また、目地モルタルを打込む際に、シース内への流入や空隙を生じさせないよう目視で確認を行いながら、2・3回に分けて打ち込んだ。

北面のPCaフィーレンディール架構は、1階では連続90mの桁行長さである。一度に緊張すると軸変形による不静定応力が外端に大きく影響してしまうため、3スパンずつ緊張力を導入させ、接続具を用いてPC鋼線を継



写真11 フィーレンディール架構の架設状況

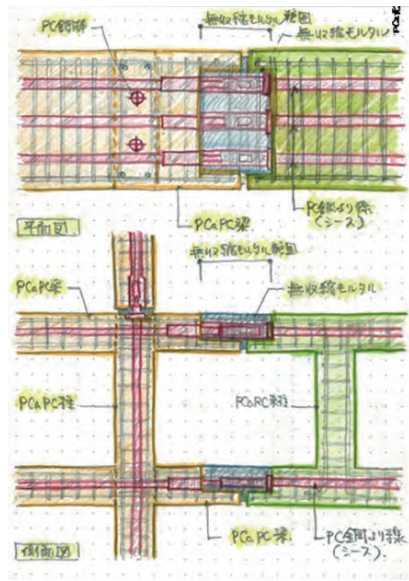


図14 PC接続イメージ

いでいく計画とした。通常、接続具の位置はウエットジョイントとなるが、意匠的な観点から図14のような接続イメージを実現させるため、側面をPCaとし、内部を無収縮モルタルで充填させることにより、外観上も他と変わらない圧着目地を実現させた。これらの手順を順守し施工することにより、先端幅15mmが空まで伸びるかの如く、シャープな形状を構築することができた(写真12)。

6-4. ガセットプレート接合

梁間方向の大梁とフィーレンディール架構はガセットプレート+高力ボルト接合のため、孔径はボルト径+2mmとなる。ガセットプレート接合は、基本的に鉄骨造で採用される接合方法であり、柱・梁を組み立てた後に全

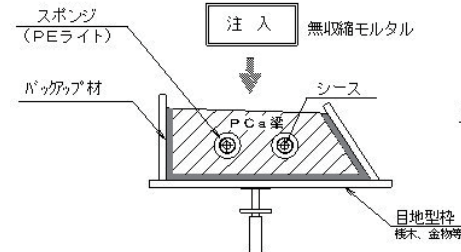


図13 目地モルタル用型枠要領



写真12 建て方後のフィーレンディール架構



写真13 ガセットプレート接合

体で建入れ調整を行うことができる。鉄骨造ではクリアランスが多少小さくても施工は可能だが、PCa構造では、柱を調整し固定したのちに梁の架設を行うため、微調整ができず、施工が困難である。そこで設計監理と施工管理で協議し、今回は写真13に示すように、ガセットプレートを挟み込むスプライスプレートの片側に±10mmのルーズ孔を設け、製作精度や柱の施工誤差を吸収できるようにした。ガセットは、ボルト本締め後に溶接を行い、設計品質を確保した。これにより、ガセットプレート接合のあるPCa部材において、精度の良い建て方を行うことができた。

7. おわりに

竣工後、実際の教室内の輝度測定を行い、光環境に対するPCaフィーレンディール架構の効果を検証した。校舎南面の外部にPCaフィーレンディール架構のある教室と無い教室を抽出し、照度および輝度計測を

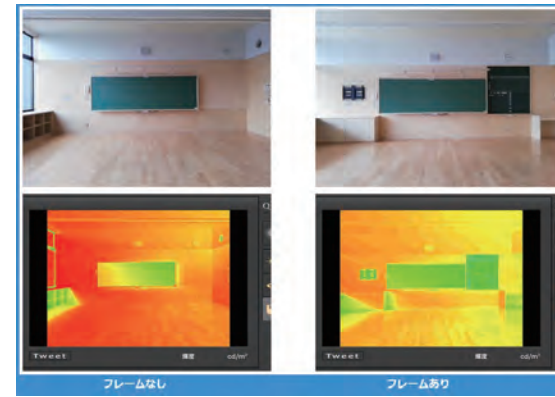


図15 輝度測定結果

行い、照度はフレームの無い教室で高い数値を示したものの、輝度計測では、図15に示すように、PCaフィーレンディール架構の効果で、室内の輝度分布が均質になり、黒板が見やすい、良好な学習環境になっていることを確認した。

PCa技術を駆使し、PCaならではの部材形状を活かした学校建築を短工期でつくりあげた。現場打ちコンクリートでは決して成しえない、仕上げ材と見紛う繊細なファサードを実現し(写真14)、これはまた、教室



写真14 校舎南面外観

の優れた光環境を提供し、省エネにも貢献する。このPCaは構造体の枠組みを超え、意匠性はもとより環境にも貢献する新たな環境建築の主役となり、今後の持続可能な社会に向けた、先導的なPCa建築といえる。これは、施主を中心に意匠・構造・設備が一体となった設計から、監理・製作・施工まで皆が一丸となり『協働』できたことが実現の源にある。

最後に、建築主、工事施工関係者、関係各位に心からの感謝の意を表します。





写真1 建物東側に遠賀川が流れる

PC建築小特集

嘉麻市庁舎 「意匠・構造・設備の融合による機能的な市庁舎」

福田 光俊 永野 孝之 福田 哲也

Functional City Hall by Fusion of Design, Structure, and Facilities. -Kama City Hall-

1. はじめに

嘉麻市は、旧山田市・旧稲築町・旧碓井町・旧嘉穂町の1市3町が合併し2006年に誕生した。福岡県中央に位置(筑豊地方)する嘉麻市には北部九州最

大の川である遠賀川の源流がある。筑豊地方は遠賀川の恵みを楽しむことで、古来より稲作文化が形成、近代からは石炭産業が発達した。

嘉麻市は周囲が山林で囲まれた嘉穂盆地内に位置し、夏冬・昼夜の気温差が激しく、季節・時間によって風向きが変化する盆地性気候も地域の特徴である。

2016年4月の熊本地震を受け、九州内で実質的に最初に公告された市庁舎の設計プロポーザルが嘉麻市新庁舎計画であった。また、合併特例債活用期限の2020年3月竣工が求められていたため、自然的要因(熊本地震)と社会的要因(合併特例債)の狭間で計画を進める点も大きな特徴であった。以上のような背景から、遠賀川の恵みや盆地特有の環境を最大限に生かしつつ、安心・安全性確保とイニシャルコスト縮減



ふくだ みつとし / FUKUDA Mitsutoshi
(株)久米設計 九州支社
主査



ながの たかゆき / NAGANO Takayuki
同上
部長



ふくだ てつや / FUKUDA Tetsuya
if-architects
共同代表

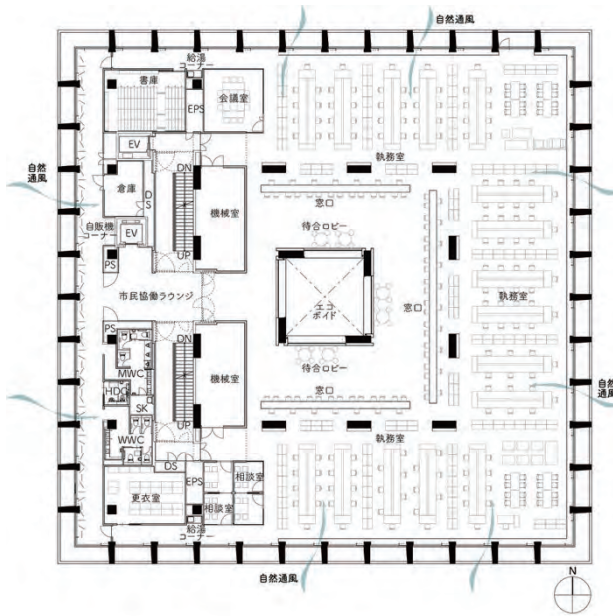


図1 平面図



写真2 1階エコボイド

を両立した合理的な建築のあり方を追求した。

時代背景・地域環境に対して純粋に応答することが、この市庁舎建築の姿勢としてふさわしいと考えた。

安心・安全性確保の観点から「打ち放しコンクリート直天井(落下物の排除)」, イニシャルコスト縮減の観点から「コンパクトな正方形平面(外装面積の最小化)」, 「基壇のないワンボリュームの計画(地震層の最小化)」, 「アウトフレーム=ファサードデザイン(外装材削減)」とした結果、無駄なものが削ぎ落されたコンクリートの「矩形」が残し、このコンパクトな「矩形」の市庁舎を遠賀川の畔の風景の中に彫刻的に佇ませることで、嘉麻市の新たな景観の創出を目指した(写真1)。

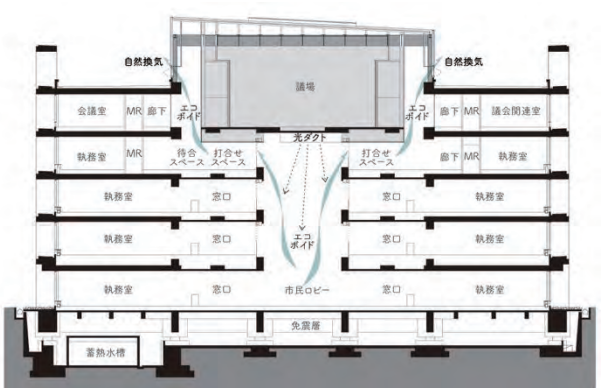


図2 断面図

2. 建築概要

建築主：福岡県嘉麻市

建設地：福岡県嘉麻市岩崎1180番地1

用途：市庁舎

敷地面積：22,472.98m²

建築面積：2,760.74m²

延床面積：9,652.99m²

階数：地上6階

建物高さ：24.72m

3. 建築計画概要

西側に国道、東側に遠賀川と豊かな田園風景が広がる敷地特性を生かし、メインエントランス・EV・階段などの縦動線を集約したコアを西側に配置し、北南東側にオープンかつフレキシブルな執務環境を確保することを平面計画の基本とした(図1)。フロアの性格に合わせ1〜3階の市民窓口フロアでは中央にエコボイドを、4,5階の執行部・議場フロアでは中央の議場の周囲にエコボイドを配置しており、下層階と上層階でクランクするボイド配置が特徴の建物断面である(図2)。クランク状のボイドは1〜3階と4,5階の緩やかなゾーニングを形成すると同時に自然換気を促進させ、議場屋根のトップライトから光ダクトを経由して1〜3階の市民窓口待合エリアに光を導く(写真2)。各方向からの風を取り入れ、エコボイドによる上下温度差を利用し重力換

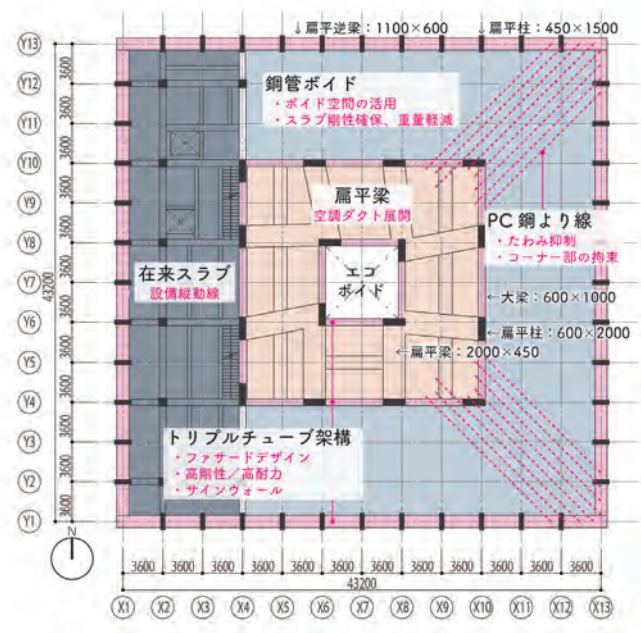


図3 基準階伏図

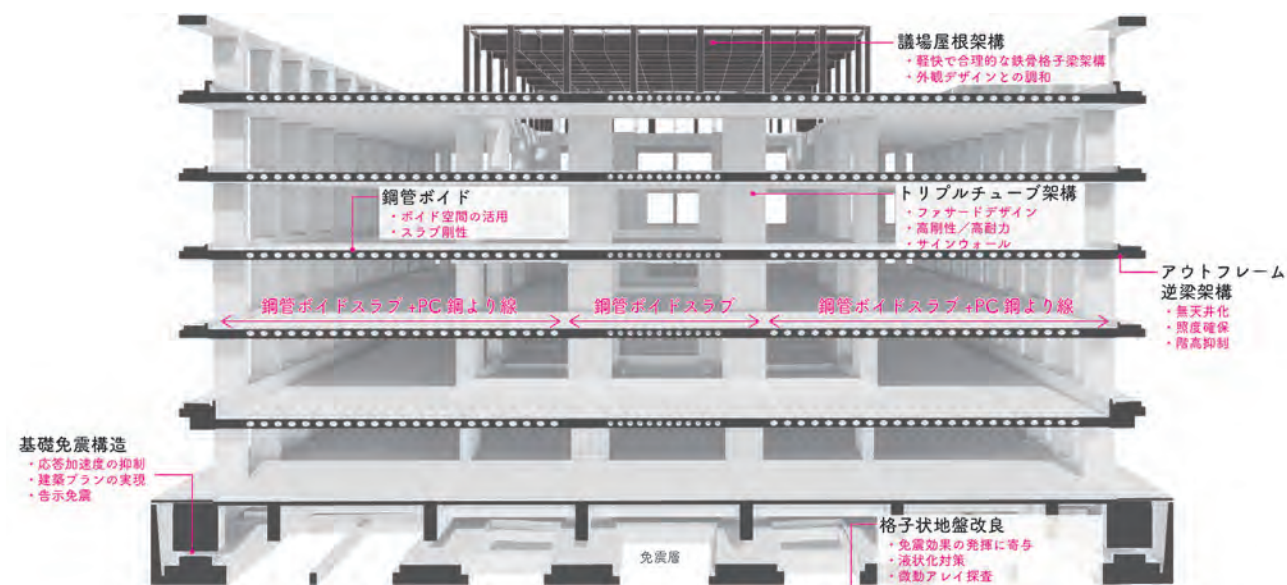


図4 全体架構モデル

気を促進させることが可能なこの平面・断面計画は、
嘉麻市特有の盆地性気候に呼応し、環境的な側面でも合理的といえる。

4. 構造計画

4-1. 構造計画概要

基礎：深層混合処理工法併用の直接基礎
架構：鉄筋コンクリート造、一部プレストレストコンクリート造、鉄骨造（議場屋根）

床：鉄筋コンクリート造、鋼管ボイドスラブ

設計・監理：(株)久米設計

施工：(株)浅沼組

P C 工 事：(株)ピーエス三菱

工 期：2018年4月～2020年3月

4-2. 構造設計概要

本建物は、大地震後も庁舎機能を維持できる計画とし、1階床下に基礎免震構造を採用している。建物の平面形状は図3に示すとおり、43.2m×43.2mの正方



写真3 正方形格子形状のアウトフレーム

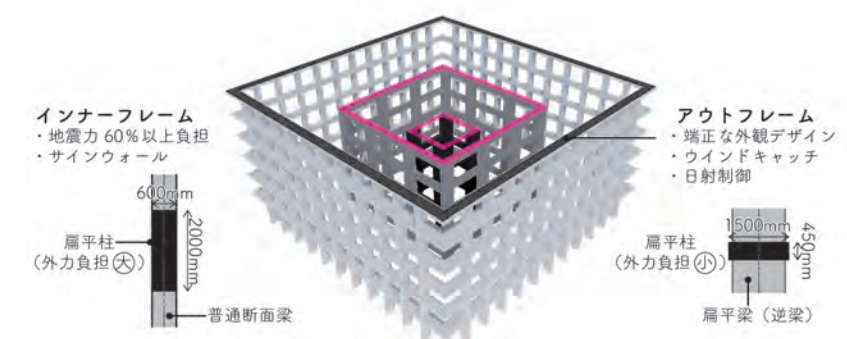


図5 トリプルチューブ架構モデル



写真4 インナーフレーム

形であり、アウトフレームを3.6mスパン、インナーフレームを7.2mスパンとし、上部構造の構造種別は居住性と遮音の観点から鉄筋コンクリート造としている。鋼管ボイドスラブと二重床の組み合わせにより、基準階高を3.6mまで抑え、かつ無天井化を実現した。図4に全体架構モデルを示す。基礎形式は布基礎と一部ベタ基礎による直接基礎としている。基礎下端以深の沖積層を対象に深層混合処理工法による格子状改良を実施

し、支持力の増大を図るとともに液状化の発生を防止し、免震効果が十分に発揮されるよう配慮している。

4-3. トリプルチューブ架構

本計画は、扁平柱・梁による彫りの深い正方形格子形状のアウトフレーム(写真3)と、内側にオフセット配置した扁平柱のインナーフレームによるトリプルチューブ架構を基本構成としている(図5)。地震力の多く(60%以上)をインナーフレームに負担させ、免震効果を積極的に活用することで梁型無しの無柱空間を実現し、市庁舎の執務空間に求められるフレキシビリティへの配慮と開放性を獲得している。

インナーフレームの扁平断面柱は構造システムとサインシステムを融合したサインウォールとしている(写真4)。窓口案内サインを従来の庁舎に見られるようなカウンター上部の吊り下げ式とせず、嘉麻市産杉材を利用したナンバーサインと課名プレートサインを扁平断面の柱にレイアウトした。

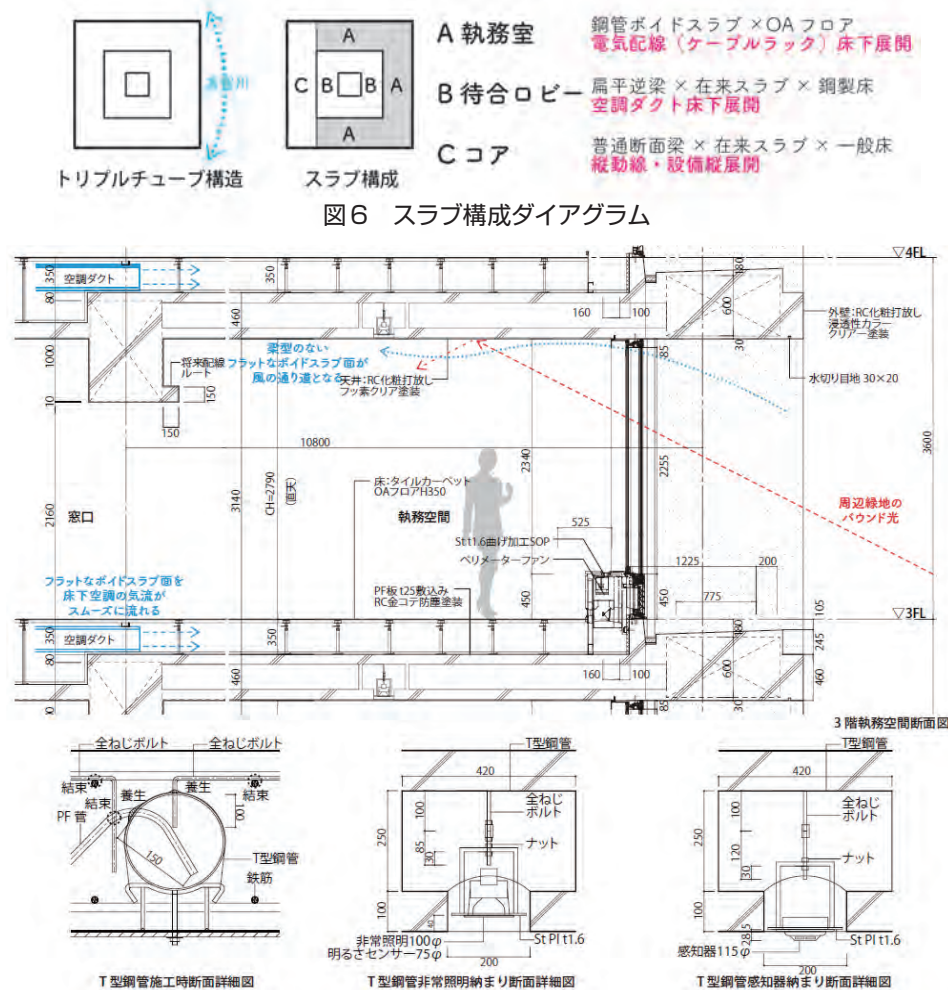


図7 3階執務空間断面図

4-4. 鋼管ボイドスラブ

執務室の床の構造は厚さ450mmの円筒形鋼管をスラブ中央に配置したボイドスラブを採用し、スラブの剛性向上による居住性を確保しながら、その重量の軽減を図っている。中央待合ロビーエリアは扁平逆梁と在来スラブとし、床下空調ダクトのメインルートとした。西側の縦貫通（設備展開・縦動線）が集中するコアエリアは通常断面の梁と在来スラブとし、適材適所なスラブ構成としている（図6）。鋼管ボイドの中に部分的にT型形状の鋼管をレイアウトすることで、鋼管の空洞スペースを利用して非常照明、明るさセンサー、感知器を設置した。照明器具は天井面直付けとし、それ以外の機器等は天井面に突出してこないディテールとしている（図7）。

4-5. 正方形格子フレーム

扁平断面の柱梁の格子形状の構造体をそのまま生

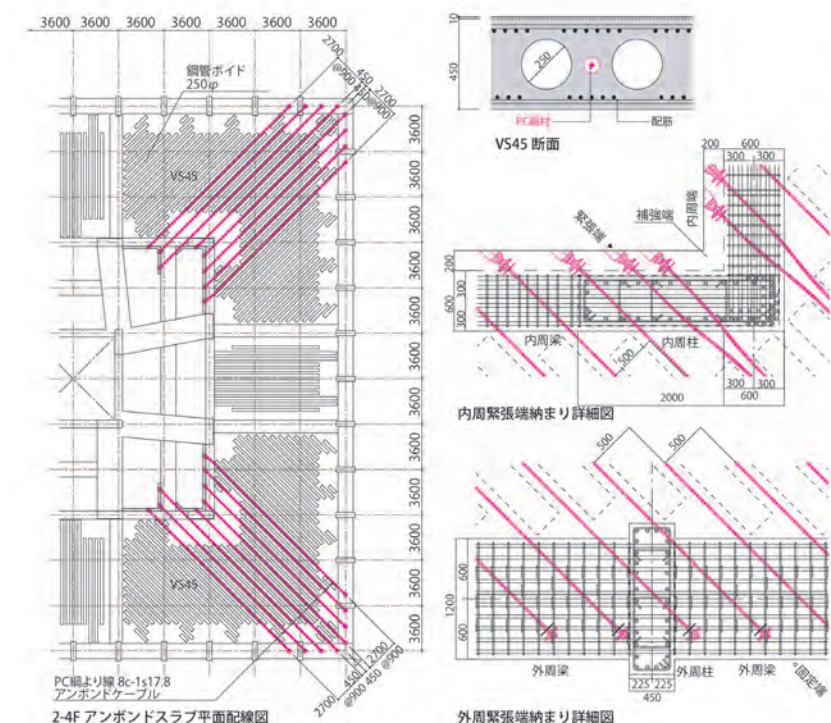
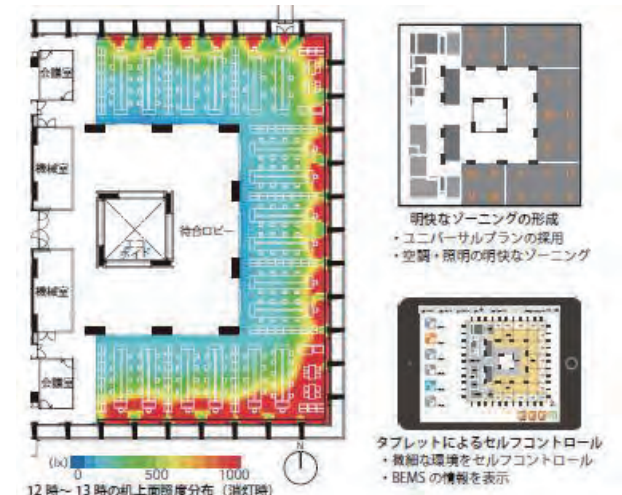
かしたファサードデザインとすることで、外装材の付加を可能な限り避けた。格子の中は自然換気用の片引き窓を組み込んだアルミサッシとLow-e 複層ガラスとすることで、採光と通風を獲得できるつくりとし、シンプルで規格化されたデザインにより全体のコスト縮減を心がけた。

嘉麻市は盆地特有の風環境により、季節・時間によって風向きが変化する、一定でない風向きが大きな特徴である。全周囲に均質に並ぶ扁平柱は、あらゆる方向の風を室内へと導くウインドキャッチとなっており、盆地特有の風環境に適したファサード形状と言える。

アウトフレームの奥行きは、日射制御シミュレーションにより夏季午前10時以降の執務空間へ直射日光が侵入しない寸法とした。外周の扁平梁はライトシェルフの機能となる。また、アウトフレームは扁平断面の逆梁とし、執務スペースの躯体天井面をシームレスに連続させることで、遠賀川の先に広がる水田面にバウンドした



写真5 RC直天井に周辺環境の緑が映り込む



光が室内天井面へ届く計画となっている（写真5）。

運用後に12時～13時の間の2階執務空間机上面照度の測定を行ったところ、執務空間奥行きの中間付近まで300～400lx 近い照度が計測できた（図8）。12時～13時の間は職員の昼食休憩時間であり、かつ外光からの一定の照度が期待できるため、執務空間を消灯する運用とし省エネに取り組んでいる。照明ゾーニングを細かく分け、かつタブレットでセルフコントロールできるようにしている。

5. PC 部材の概要

本建物のPC 部材は、下記の部分に採用している。

5-1. 基準階コーナー部の鋼管ボイドスラブ

鋼管ボイドスラブで構成する執務室の床は、内周フレームから、外周フレームまでの支持長さがコーナー部の対角長さが最大15mと大きくなるため、クリープ現象によるひび割れを抑制する目的でアンボンドPC 鋼より線を用いてプレストレスを導入することとした（図9）。

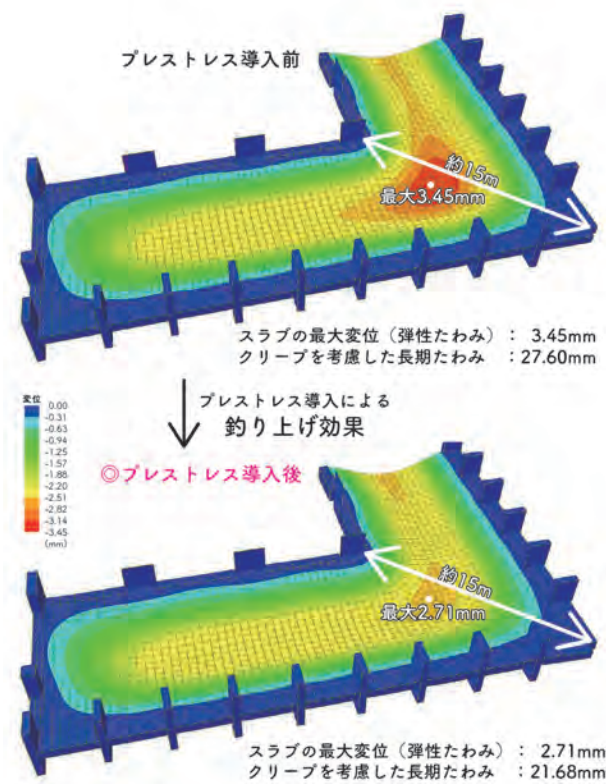


図10 プレストレス導入による吊上げ効果



写真7 ジャッキスペースの確保

基準階のプレストレス導入による吊り上げ効果を確認するため、有限要素法（FEM）による解析を行った。プレストレスによる吊り上げ力は鋼材1本当たり2.7kN/m²（配置ピッチ900mmで3kN/m²相当）で、スラブの鉛直たわみが最大となる対角方向の中央部のたわみを約20%抑制している（図10）。

さらに、コーナー部に作用する付加圧縮力（タガ効果）により、広範囲のスラブに圧縮側の内部応力が作用し、執務室のスラブのひび割れ抑制効果が期待できる（図11）。また、執務室の直天井をはじめ、広い範囲でコンクリート打ち放し面を現しとしているため、ひび割れ抑制、コンクリート強度向上の目的で上部躯体コン

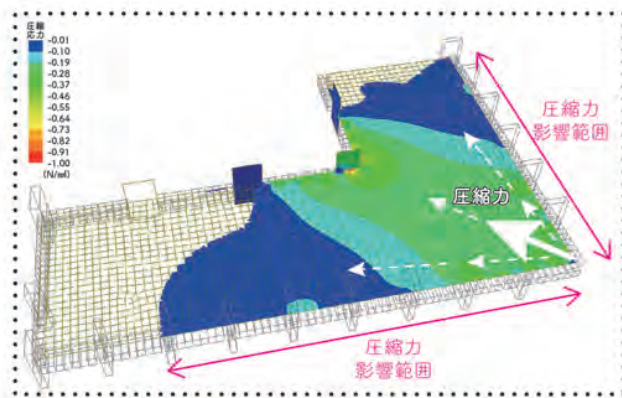


図11 コーナー部に作用する付加圧縮力



写真6 三角形のヌスミを設ける

クリートにシリカ系混和材を混入し、プレストレスとのダブルの効果に期待した計画としている。

アンボンド工法を採用するに当たってはグラウトによる付着を有しないことを考慮して、腐食環境条件の厳しくない建物内部側に緊張端を設けることとし、緊張定着具の保護と建物美観に留意した。

コーナー部の鋼管ボイドスラブは架構に対して45°傾いており、梁側面に配置される緊張定着具の納まりが問題となることが予測された。そこで内部側梁側面を増し打ちとして、三角形のヌスミを設けることで、梁配筋と定着具の干渉を避けて現場施工の煩雑さを避ける設計を行った（写真6）。また、建物内部側での緊張作業時のジャッキスペースを確保するために、梁レベル差の利用やコンクリートの打継ぎ（あと施工範囲）を設けるなど設計的配慮を行った（写真7）。

5-2. エントランス側大庇とPRC梁

コミュニティバスの乗降・車寄せ・タクシー乗降ス



写真8 エントランス側大庇

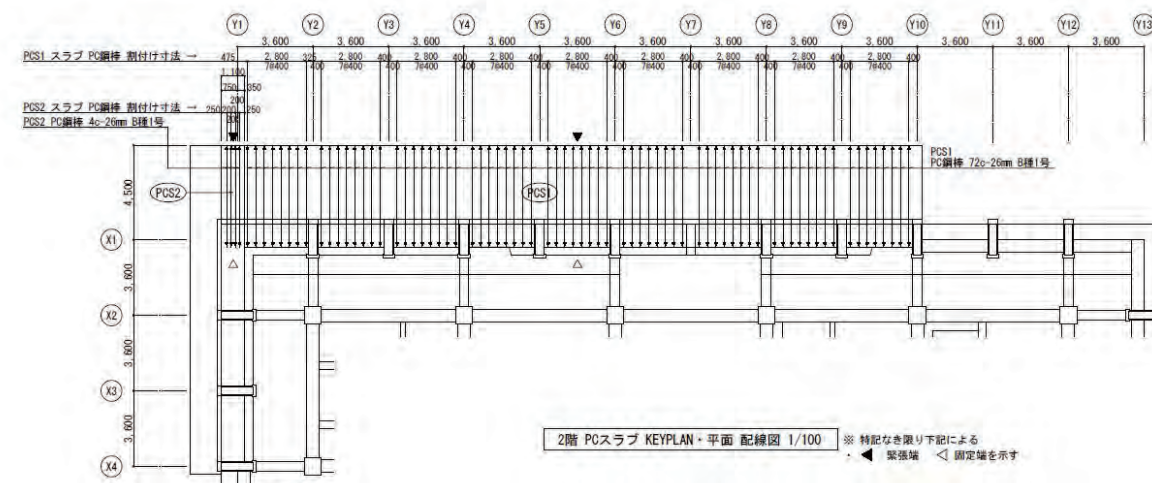


図12 エントランス側大庇配線図（2階）

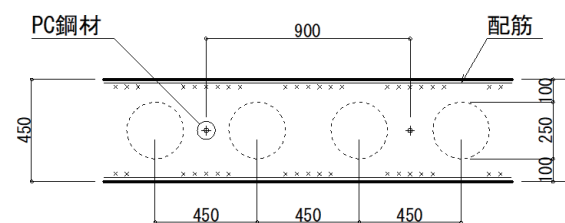


図13 アンボンドボイドスラブ断面の一例

ペースとして機能するエントランス側の大庇（写真8）は張出長さが4.5mあり、PC鋼棒を400mmピッチで配置したPCキャンチスラブとした（図12）。また、西側の建物中央に位置するエントランスは開放的な空間とするため、1階柱を1スパン飛ばしている。また、建物コーナー部は軽快なファサードとしているため、大庇の荷重を負担するキャンチ梁の負担が大きかった。これらの部位では、PRC梁を採用した。

6. おわりに

本建築は「意匠」、「構造」、「設備」の各セッションが相互に連携し、快適で安心・安全な施設となるよう努めた。鉄筋コンクリート造の特徴を活かした構造計画により、市庁舎の執務空間に求められるフレキシビリティ性の高い梁型無しの無柱空間を実現することができた。設計・製作・施工にあたり、高い品質と施工精度の実現に尽力くださった皆様に感謝いたします。



写真1 建物全景 [撮影：松村芳治]

PC建築小特集

神戸市西区庁舎 「PC-S工法を採用した庁舎の建設」

久保 岳 辻井 成実 房安 智也

Construction of a ward office using PC-S jointing method

1. はじめに

本建物は、神戸市が西区役所として使用することを前提として建築された事務所ビルである。西神中央地区の一部を担う施設として、公共性を持ち、区役所の



くぼ たけし / KUBO Takeshi
(株)昭和設計
建築設計部
統括部長



つじい なるみ / TSUJII Narumi
同上
東京事務所 建築設計部
主任



ふさやす ともや / FUSAYASU Tomoya
同上
構造設計部
主席



写真2 西側道路より望む [撮影：松村芳治]

みならず周辺施設利用者にも利便性と快適性を供与することを目指した(写真1,2)。

本建物では、PC柱とS梁をPC鋼材で圧着接合する「PC-S工法」を採用している。本稿では、PC-S工法採用の経緯、意匠・構造上の特徴、施工のポイント等について紹介する。

表1 建物概要

建物名称	神戸市西区総合庁舎
建設地	兵庫県神戸市西区糺台五丁目
発注者	こうべ未来都市機構(旧OMこうべ)
設計者	昭和設計
監理者	昭和設計(建築)
施工者	明和・湊特定建設工事共同企業体(建築)
建築面積	2357.53 m ²
延べ面積	10059.87 m ²
階数	地上6階
構造	PCaPC造、一部鉄骨造、免震構造

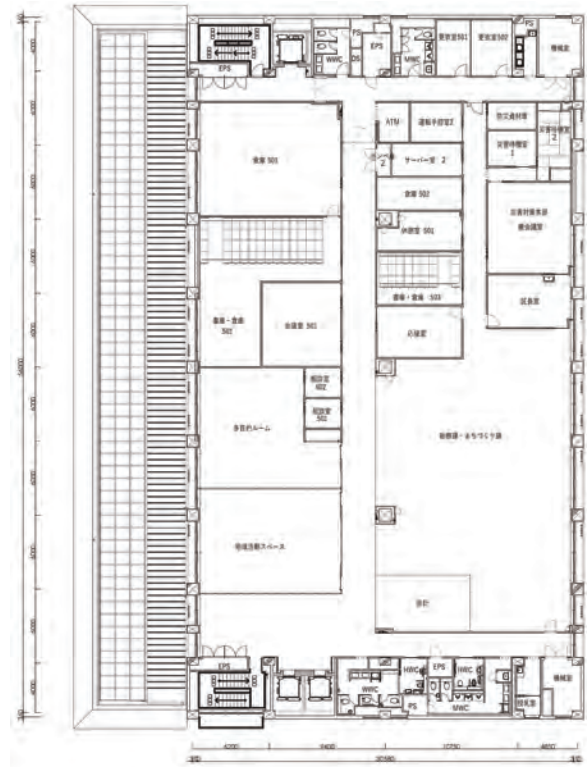


図2 5階平面図

2. 建築概要

2-1. 配置計画

本建物の建物概要を表1に、周辺状況を図1に示す。計画敷地は駅前の商業施設と立体駐車場に挟まれた場所に位置する。立体駐車場は庁舎および商業施設の駐車場としての利用のほか、パーク&ライドの駐車場として多くの周辺住民が利用する。そのため本建物固有の条件として、それぞれの建物を3階レベルで接続させることが基本計画にて提言されていた。この空間は生活動線の一部となり多くの人が通るため、気軽に立ち寄りやすい場所として「ひろばデッキ」と名付け、二層分の高さをもつ大屋根により、雨に濡れない歩行者空間と天候に関わらず区民が自由に憩えるス

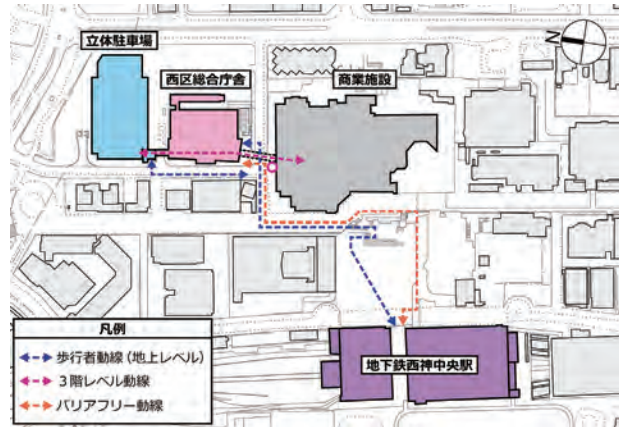


図1 周辺状況

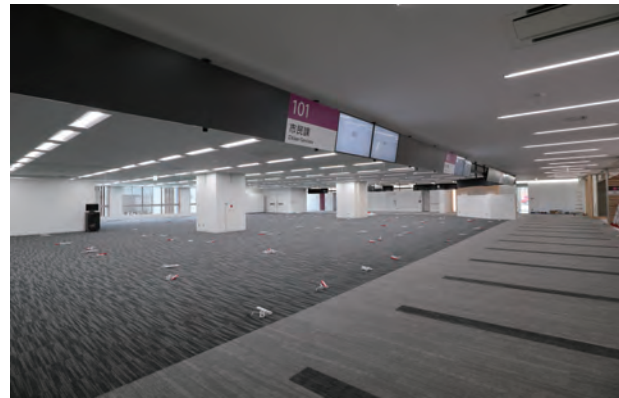


写真3 柱の少ない執務空間

ベースとしている。

2-2. 平面計画

本建物はこうべ未来都市機構(旧OMこうべ)が事業主として建設し、神戸市西区役所が全フロアに入居する事業計画となっている。区役所として使用する期間のフレキシビリティに加えて、区役所が退去する可能性にも備え、プラン変更に対する柔軟性が必須と考えた。そのため、各階の南北1スパンにEV・階段やトイレなどのサービス機能および機械室や更衣室などのサポート機能をまとめて配置し、中央に執務空間を広く確保するプランとした(図2)。

また、建物外周部に耐震壁を設け、柱と外部梁をプレキャストプレストレストコンクリート(以下、PCaPCと称す)、内部梁を鉄骨とすることで、広い執務空間のスパン内の柱を3本のみとすることができた。柱を極限まで減らすことで、将来的な部署編成や行政サービスの変化に柔軟に対応できる計画としている(写真3)。

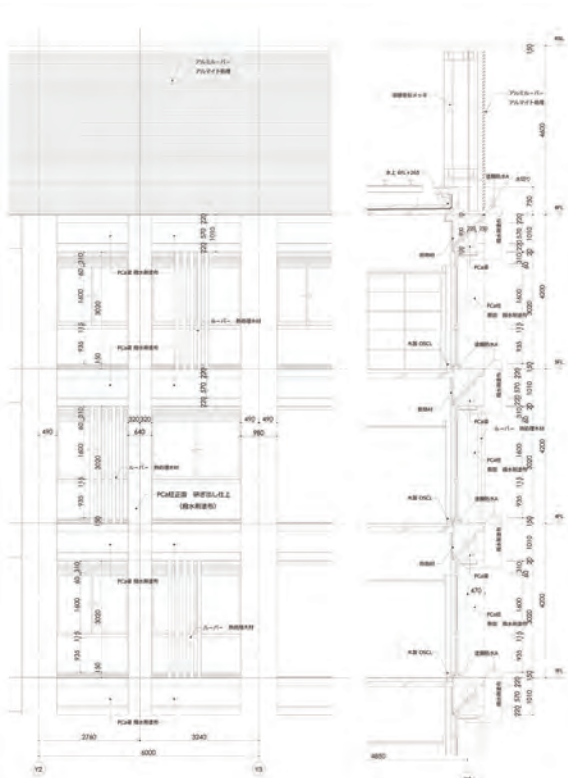


図3 東面立面図・矩計図

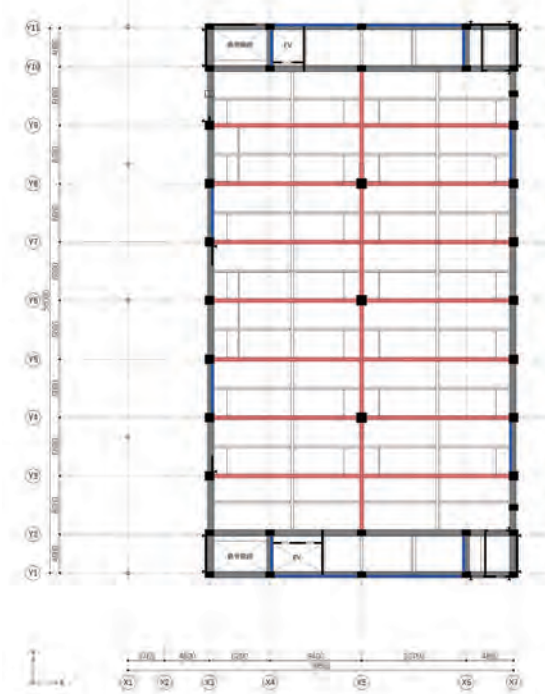


図4 4F伏図

2-3. 立面計画

外周部の柱梁は、アウトフレームとして壁面を細かく分節し、ヒューマンスケールで親しみやすい庁舎を目指した。梁側面はプレキャスト(以下、PCaと称す)ならではの細いリブ形状で陰影を出し、圧迫感をより軽減

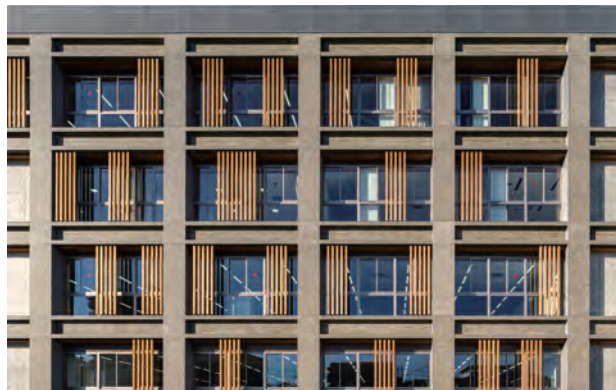


写真4 東面外観〔撮影：松村芳治〕

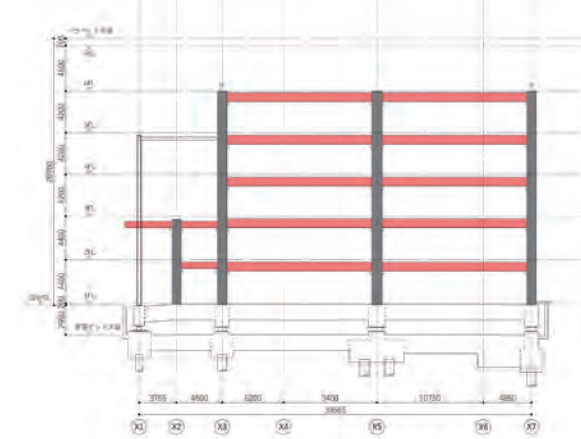


図5 Y6通り軸組図

させている(図3)。さらに外壁ルーバーや軒天井といった区民の目に届きやすい部位に積極的に地域産木材を使用し、温かみがあり、環境性の高い庁舎の実現に寄与している(写真4)。

3. 構造概要

3-1. 構造種別および架構形式

主体構造は、柱および外周部梁はPCaPC造、内部梁は鉄骨造の混構造、架構形式は、短辺(X)方向、長辺(Y)方向ともに、耐震壁付きラーメン架構としている。また、基礎免震構造である(図4,5)。

3-2. 基礎形式

本建物の基礎形式は、GL-30.45m以深の礫質土層を支持層とする杭基礎とした。各種工法による比較検討の結果、既製杭(上杭：SC杭，中杭：PHC杭，下杭：節杭)を採用している。

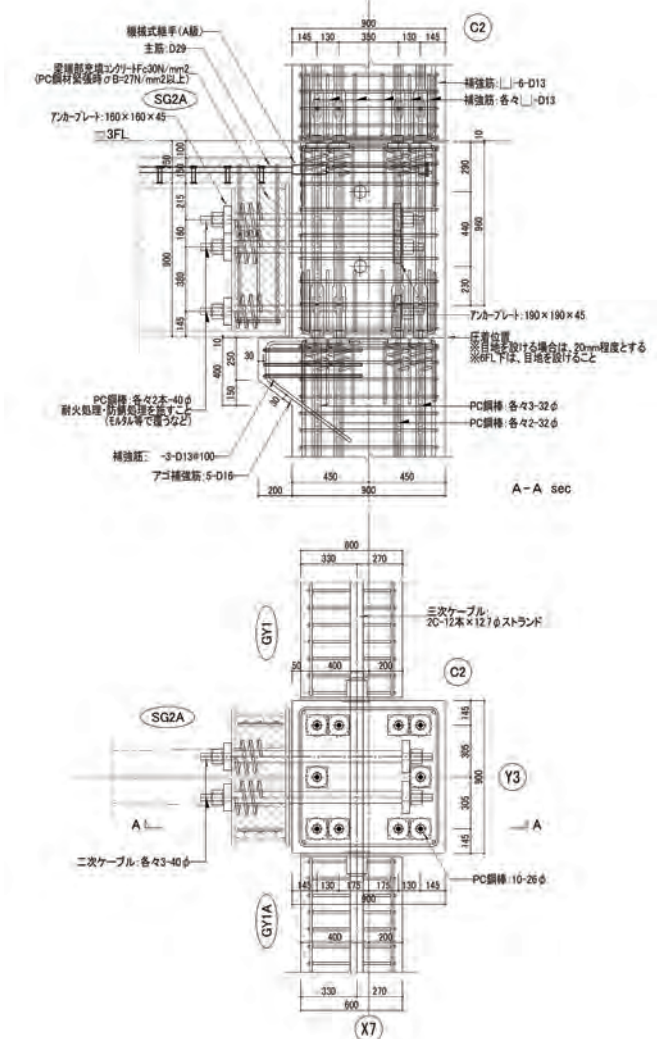


図6 PC-S工法 柱梁接合部詳細

3-3. 免震装置

免震装置には、錫プラグ挿入型積層ゴム支承×11基、天然ゴム系積層ゴム支承×18基、直動転がり支承×9基を採用している。免震層は、水平荷重時の上部建物の変位を吸収できるように、600mmの躯体クリアランスを確保している。免震材料をバランス良く配置することで免震層の偏心率を3%以下としている。

3-4. PC-S工法採用の経緯

プロポーザル時の課題として、

- ・将来的な空間変更に配慮し、高い空間フレキシビリティが求められる
- ・防災的観点から免震構造を採用することを踏まえた上で、工期短縮・コスト削減に配慮した構造・工法を

提案する必要があった。当時、鋼材(特に冷間プレス成形角形鋼管，高力ボルト)の納期が問題となっており，供用開始時期が決まっていた本建物において，基本計画のモデルプラン通り純鉄骨造で計画するには，リスクがあった。そこで，室内のフレキシビリティを徹底する「耐震壁+PCa柱+S梁」と題し，鉄骨柱を取りやめることで工期延長を回避，柱減による免震装置減を提案した。

基本設計段階で，RC-S工法を模索したが，特許の絡みもあり困難と判断せざるをえなかった。その後，PCaメーカーにヒアリングする中で，PC-S工法を知り，特許問題もなく，施工者が限定されないことが分かった。概算の比較で，在来工法に比べてコストアップになることが分かったが，品質・施工性においてコスト比以上に多くの優れた性能を有すること，工事車両が少なく振動・騒音が少ないこと，産業廃棄物が少なく地球環境にやさしいことを発注者に説明し，PC-S工法採用の了承を得た。実施設計段階でコスト調整を行い，入札を経た結果，予算内におさまった。

3-5. PC-S工法の特徴

床スラブによる水平力伝達を考慮しながら，南北のコア回りと東西面に耐震壁を配置し，外周部をPCaPC梁とすることで，内部のPCaPC柱および鉄骨梁の水平力負担を低減することができた。大スパンとなることで，床・梁の振動性状について懸念があったが，梁端部が剛接合となることもあり，検討の結果，性能上問題ないことを確認している。

内部空間の柱を集約したことにより，負担軸力が大きくなったが，PCaPC柱のコンクリート強度を60N/mm²としたことで，通常のRCとした場合と比較して，柱断面は小さくできた。また，当初の目論見通り，免震装置の軽減にも寄与し，コストダウンにつながった。

PC-S接合部(図6)では，施工時に鉄骨梁を載せかける「アゴ」が出ることが，意匠的に気になる場所であったが，今回は天井内におさまり，特に問題になることはなかった。



写真5 PC-S梁端部

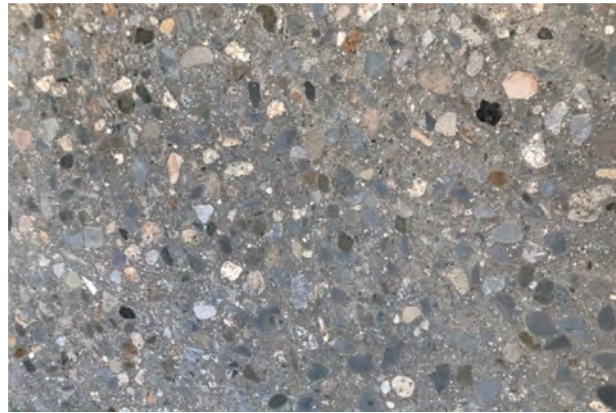


写真6 研ぎ出し仕上げ



写真7 PC柱架設状況



写真8 PC-S梁架設状況

4. 施工概要

4-1. 工 期

全体工期は、2020年7月1日～2021年12月28日で、そのうち、プレストレストコンクリート(以下、PCと称す)工事工期は2021年2月1日～2021年7月31日の6か月であった。

1フロアを2工区に分けて工事を行った。ラップして作業することで、約1ヶ月/フロアで躯体工事を進めることができた。

4-2. 部材の製作

(1) 鉄骨部材

PC-S梁は、1層あたり18～32ピースで、合計115ピース、最大重量は5.5tである。断面形状は、H-900×300×16×28(SN490B)を基本とした。PC鋼棒により柱に圧着接合される梁端部は、エンドプレートと側板で囲まれ、現場でコンクリートが充填される(写真5)。

(2) PCa部材

柱は、1層あたり39～48ピースで、合計271ピース、最大重量は12.5tである。断面形状は、600mm×900mm、900mm×900mm、1000mm×1000mmの3種類を基本とした。梁は、1層あたり43～55ピースで、計248ピース、最大重量は12.7tである。断面形状は、X方向・Y方向とも600mm×900mmを基本とした。

また、東西面の柱は、工場で外部側を研磨し、研ぎ出し仕上げとしている(写真6)。

4-3. 建 方

(1) 楊重計画

作業ヤードに余裕がないことから、設計時の計画では、350tクローラークレーンで楊重する計画であったが、最終的に、敷地東側に200tクローラークレーン1台、敷地西側に50tラフテレーンクレーン1台を配置した。

(2) 架 設

PC柱の架設状況を写真7に、PC-S梁の架設状況



写真9 柱梁接合部の状況



写真10 RC壁の型枠

を写真8に示す。柱は、所定の位置まで楊重し、PC鋼棒を緊張して固定すれば自立する。梁は、柱の接合部にあるアゴ(写真9)に載せられるため、梁の目地工および緊張工の施工前でも支保工が不要である。

(3) 緊 張

導入力は、柱(PC鋼棒26φ)で300kN/本、PC梁(PC鋼より線12.7φ)では100kN/本、PC-S梁(PC鋼棒40φ)については400kN/本となっている。側柱では、グラウトを充填してPC定着具を保護しなければならないが、今回は意匠性にこだわり、あらかじめPC定着具を埋め込んだ柱梁接合部のみのPCaピースを作成して施工した。西面の低層部は、コストの関係でやむなく、PC定着具跡が残る形式としたが、表面に研ぎ出し仕上げに近い塗装を施し、目立たないように配慮した。

4-4. コンクリート打込み

床スラブ、RC壁は、現場打ちコンクリートで施工した。周りをPCa部材に囲まれるRC壁については、耐震改修の要領で、型枠を横に連続したアサガオ型(写真10)としてコンクリート打込みを行い、コンクリート硬化後、不要な部分を斫りとった。

5. おわりに

PC-S工法の採用により、12.0m×15.6mの大スパン空間、工期短縮が実現し、災害拠点としてふさわしい庁舎が完成した。

設計者・施工者が限定されないPC-S工法は、特許による縛りが多いRC-S工法の代替工法として、公共建築での採用が期待されるが、普及の課題としては、認知度のアップと施工コストの低減がカギになると思われる。

セメント規格がわかる本

2015年3月20日にJIS R 5201およびJIS R 5203が改正されたことに伴い、これら試験方法規格に関する「セメント規格がわかる本」を改訂しました。今回の規格改正において変更や追加された点について詳しく解説するとともに、試験を行う上で不可欠な知識やノウハウを理解しやすいような内容となっています。

JIS R 5203：2015「セメントの水和熱測定方法（溶解熱方法）」編 A4版・60ページ・3740円（税込）・送料実費	JIS R 5201：2015「セメントの物理試験方法」編 A4版・135ページ・5500円（税込）・送料実費
---	--



お求め・お問い合わせは… 一般社団法人セメント協会 図書販売係 まで
東京都中央区新富二丁目15番5号 RBM築地ビル2階 TEL 03-5540-6173 FAX 03-5540-6181



写真1 建物全景

PC建築小特集

名古屋造形大学「耐震性能を有する格子鋼板 プレキャストコンクリートの設計と性能」

伊藤 潤一郎 山本 理顕 玉田 誠

Design and performance of Lattice seismic wall of steel plate with Precast concrete.

1. はじめに

名古屋造形大学(以下、本施設と称す)は名古屋市営地下鉄名城線の名城公園駅直上の敷地に計画され、2022年1月に竣工した地上4階地下1階建ての

学校建築である(写真1)。

本施設の敷地中央直下には図1のように南北方向に地下鉄が通っており、地下鉄構築部への影響を考慮し、交通局から建物および施工時の重量制限が設けられていた。そこで、低層部には地下鉄両側に計4つのボリュームを配置し、最上階で鉄骨トラスを介して104×104mのワンルームスタジオにすることで、地下鉄上部に荷重を落とすことなく開放的な空間を実現した。

まず、建築計画として低層部の耐震壁は配置可能な場所が外側と限られており、地域社会に開かれた建築とするためにも、透明度の高い新しい耐震要素が求められた。そこで、内部空間に対する熱負荷低減と耐震性能を有する構造要素として、建物の1～3階までを覆う鋼板付きPCa格子壁(以下、格子壁と称す)を採

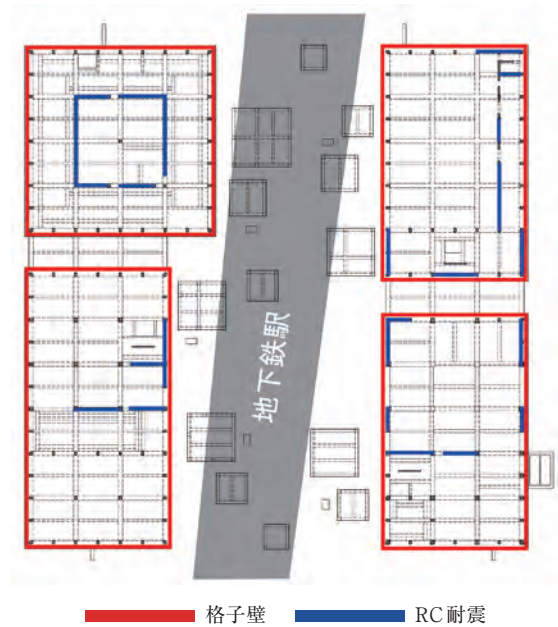


図1 構造計画

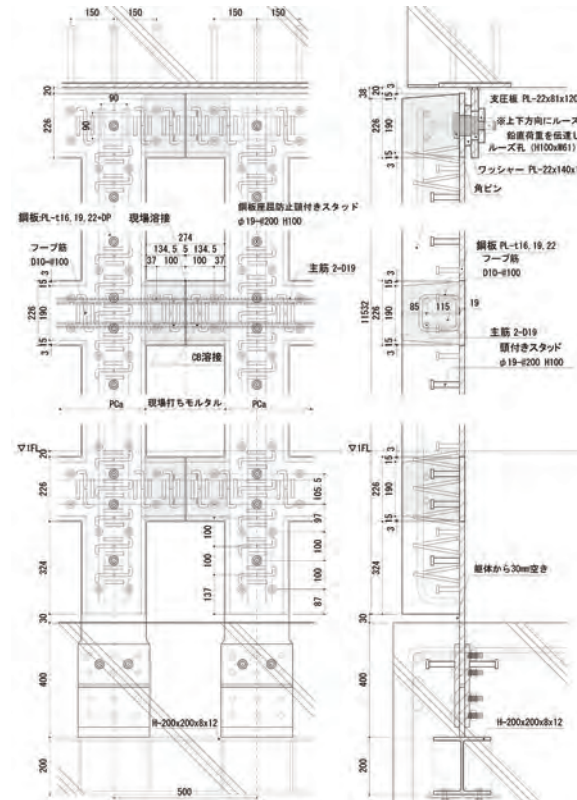


図3 格子壁詳細図

用することとした。格子壁は柱・梁の見付・見込み寸法ともに200mmの@300mmで開口率36%である。1～3階の外周部をすべて囲むことになるため、できるだけ開放的なものとなるように、CGや現場モックアップで内外からの見え方を確認し、その寸法を決めていった。

省エネルギー建築を可能にするうえでファサードは重

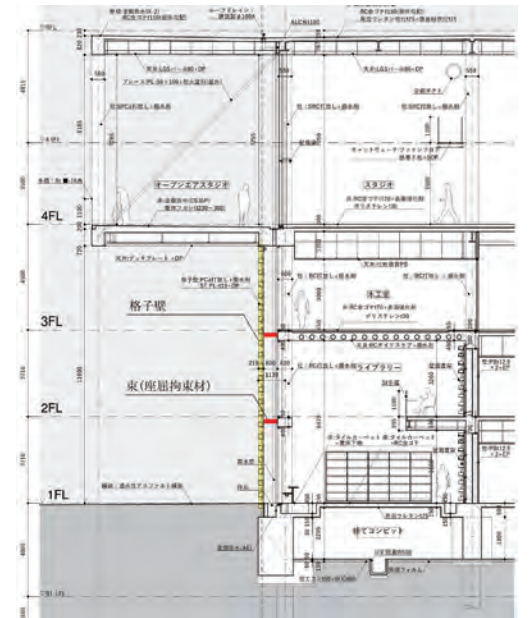


図2 断面図

要な役割を担うとの認識から、多種多様なデザインが具現化されている。だが多くの場合、大地震が発生した際の損傷による建築物へのイメージ低下などを危惧し、ファサード部材は非構造部材としての利用に留まっている。著者らは格子壁を単なる装飾としてではなく耐震要素とするため、様々な検討・検証を重ね、最終的に格子壁を鉄板とPCaのハイブリッド構造とすることで耐震壁としての利用を可能にした。さらに、実大スケールの試験体を用いた載荷実験を行うことで、格子壁の地震時におけるひび割れや損傷具合、構造耐力・剛性を把握し、外装材を耐震要素に付加することで、熱負荷低減を補助する新しい構造要素の提案を行った。本稿では、格子壁の具体的な設計方針、実験概要および実験結果を示すとともに、数値解析による格子壁の構造性能評価方法を示す。

2. 格子壁概要

格子壁は1階基礎梁上端から4階梁下までスパンし、高さはおよそ11mである。面外方向の座屈拘束材として2～3階には束が設けられている(図2)。PCaの水平材(鉛直材も同様)は図3に示す通りテーパー断面で500mmのグリッドで構成し、鋼板の板厚は16、



いとう じゅんいちろう / ITO Junichiro
Arup
ビルディングエンジニアリング
アソシエイト | 構造エンジニア



やまもと りけん / YAMAMOTO Riken
(株)山本理顕設計工場



ただま まこと / TAMADA Makoto
同上

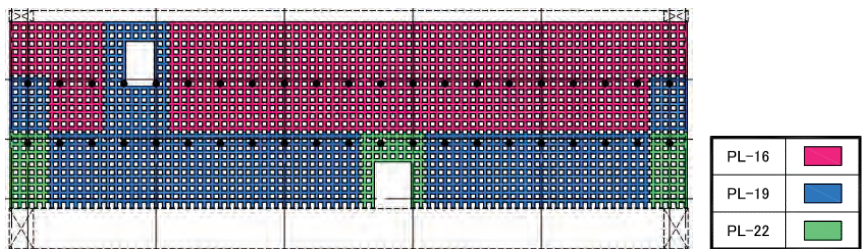


図4 格子壁の板厚

表1 試験体のパラメータ

試験体名	試験体 S	試験体 L
モデル化範囲	直列材3列x水平材3段	直列材4列x水平材7段
主筋	2-D19(SD345)	
せん断補強筋	D10-@100(SD295A)スパイラル状	
コンクリート設計基準強度	60N/mm ²	
鋼板	厚さ19mm(SM490A)	

19, 22mmを応力状態によって使い分けた(図4)。PCaは鋼板と頭付きスタッド(φ19)で一体化している。また、図1に示すように格子壁は1～3階の低層部において4つの分棟とし、各棟の建物外周部にチューブ状に配置し、計16面で構成している。格子壁は各構面のスパンや非常用進入口等の開口条件が異なるため、構面ごとの力学的性状を確認し、応力に応じて鋼板板厚を変えている。

格子壁の製作手順は鋼板にスタッドを溶接し、その後PC工場にて配筋ユニットを配置。鋼製型枠を配置してコンクリート打設を行い、養生後に現場で一体化する計画である。

格子壁の確認申請上の設計方針は、耐力については鋼板のみを考慮することとし、剛性は鋼板+PCaとした。鋼板の面外方向の座屈はPCaが補剛している。これは今回の格子壁が通常のSRCのように鉄骨がRCに埋め込まれているのではなく、鋼板がPCaの側面に配置されているうえ、鋼板がPCaより大きいことから耐力に寄与するPCaの影響は少ないと判断したゆえの設計方針である。

格子壁のPCa配筋は、鉛直・水平材共に主筋は2-D19とした。格子壁の柱頭・柱脚共に鋼板のみが本体と一体化されていることと、PCaと鋼板が偏心していることで、格子壁面外方向の曲げが発生するため、その面外曲げモーメントに対して必要な配筋としている。鋼板の現場溶接部は梁スパンの中央部とし、全断面は完全

溶け込み溶接、鉄筋についてはCB溶接とした(図3)。

3. 格子壁実験概要

格子壁の実験は剛性・耐力と全体架構における中地震時(1/1000)・大地震時(1/500)に相当するひび割れの2点の確認を行うことに主眼を置いた。

3-1. 試験体

試験体は、格子壁の一部を実大スケールで取り出したものの、上下の加力装置へ接続させるためのスタブを設けた形状とした。実際の建物では柱頭ピン接合を採用しているが、試験体は格子壁の耐力評価を行うため、ピン接合は採用していない。

試験体のパラメータを表1に、試験体の形状を図5に示す。試験体数は、格子壁のせん断に関する構造性能を確認する目的で鉛直材3列×水平材3段の格子モデル化した1体(試験体S)。格子壁の曲げに関する構造性能を確認する目的で鉛直材4列×水平材7段の格子モデル化した1体(試験体L)の計2体を計画した。試験体Lの高さは計画1階の階高と同程度である。

試験体の製作は、まず鋼板を平置きし、頭付きスタッドを溶接した。次に鋼製型枠を配置し、別途組み立てた鉄筋を落とし込み、コンクリートを打設した。

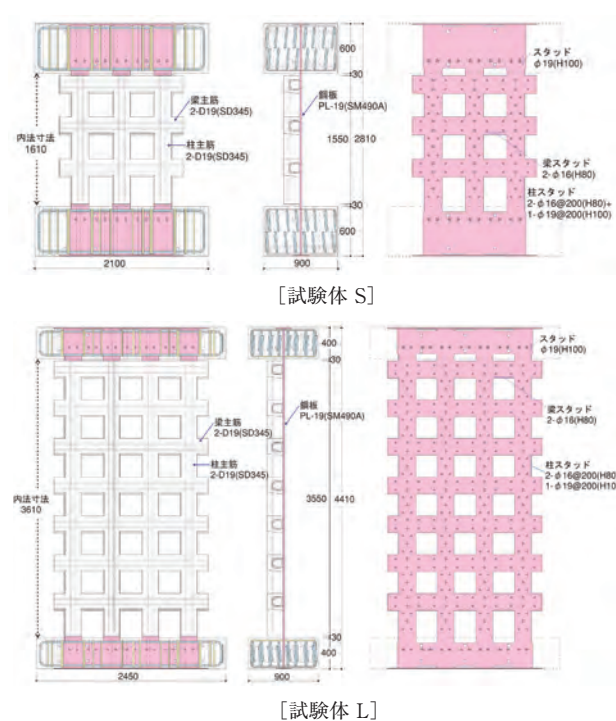


図5 試験体形状

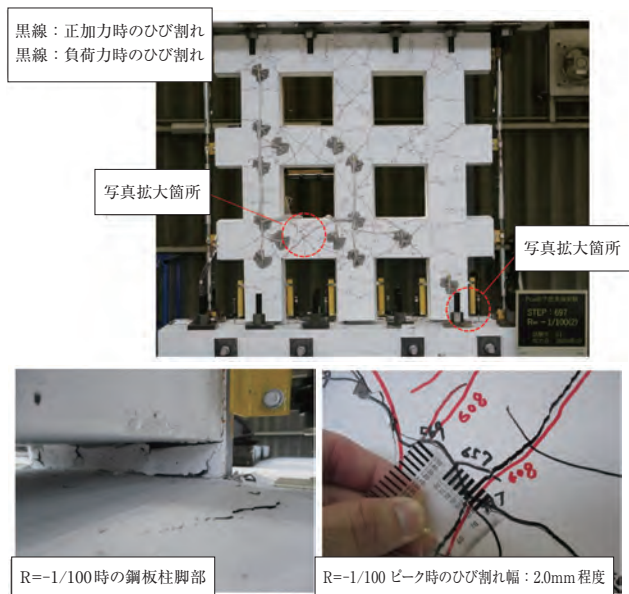


写真2 損傷状況(R=1/100)

4. 実験結果

4-1. 試験体Sの損傷経過

水平力(Q)－全体水平変形(δ)関係を図6に示す。各サイクルにおける損傷状況を以下に述べる。図6に示す計算値はFEM解析結果である。

(1) R=1/2000のサイクル：PCaの隅角部に0.05mm以下のヘアクラックが生じた。

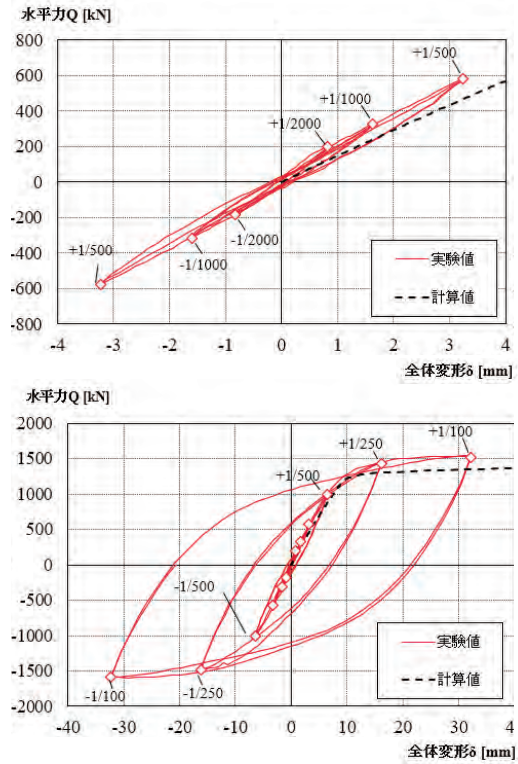


図6 試験体Sの水平力-全体水平変形関係

- (2) R=1/1000のサイクル：PCaの隅角部に生じるひび割れの数が増え、他の隅角部から生じたひび割れとつながるケースも見られた。
- (3) R=1/500のサイクル：格子の交差部におけるひび割れの数が増え、さらに鉛直材および水平材と直交するひび割れも生じた。ひび割れの幅は、ピーク時に0.25～0.3mm程度、除荷時に0.05mm程度となった。
- (4) R=1/250のサイクル：生じるひび割れの位置は前サイクルと同様だが、よりひび割れの数が増えた。ひび割れの幅はピーク時に0.4mm程度、除荷時に0.06mm程度となった。
- (5) R=1/100のサイクル：格子の鉛直材および水平材に多数の斜めひび割れ(せん断ひび割れ)が生じ、剛性が大きく低下した。ひび割れ幅はピーク時で2.0mm程度、除荷時に1.8mm程度となった。また鋼板の脚部における軸変形が増大したことに伴い、付近のスタブコンクリートが損傷した(写真2)。
- (6) R=1/50のサイクル：前サイクルに生じた斜めひび割れがさらに拡大し、鋼板とPCa部がずれる箇所

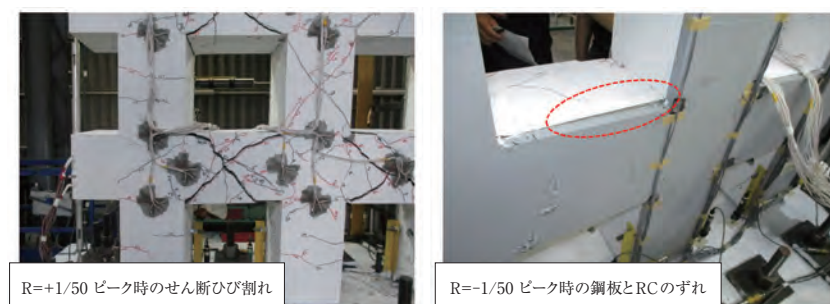


写真3 損傷状況 (R=1/50)

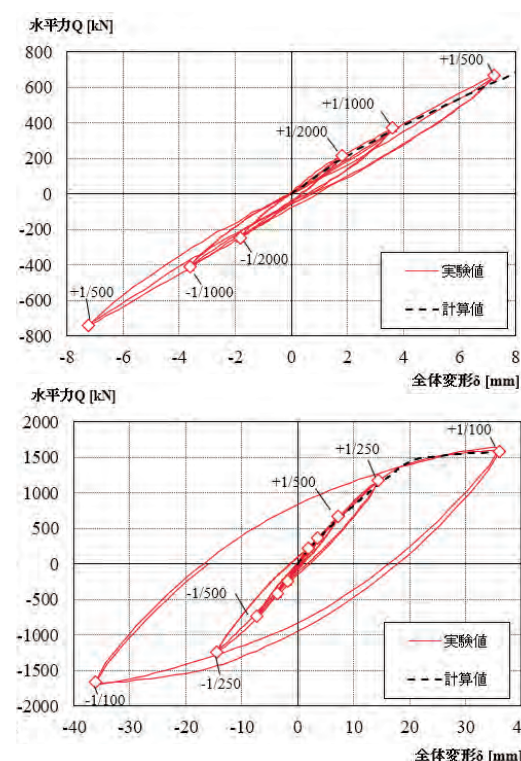


図7 試験体Lの水平力-全体水平変形関係

があった。また、水平力はR=1/100のサイクルからほとんど上昇しなかった(写真3)。

4-2. 試験体Lの損傷経過

水平力(Q)-全体水平変形(δ)関係を図7に示す。図7に示す計算値はFEM解析結果である。

- 各サイクルにおける損傷状況を以下に述べる。
- (1) R=1/2000のサイクル：格子の隅角部に0.05mm以下のヘアクラックが生じた。
 - (2) R=1/1000のサイクル：前サイクルより広い範囲で、格子の隅角部にひび割れが生じた。ひび割れの幅は、ピーク時に0.1mm程度だった。
 - (3) R=1/500のサイクル：格子の隅角部から交差部へ

とひび割れが進展した。ひび割れの幅はピーク時に0.25mm程度、除荷時に0.06mm程度となった。

- (4) R=1/250のサイクル：格子の交差部でのひび割れ数が増え、さらに鉛直材および水平材と直交するひび割れが生じた。ひび割れの幅はピーク時0.6mm程度、除荷時に0.06mm程度となった。
- (5) R=1/100のサイクル：鉛直材および水平材に多数のせん断ひび割れが生じ、剛性が大きく低下した後、鋼板脚部が座屈した。鋼板座屈に伴い、最下段の鉛直材PCa部にもひび割れが多数生じた(写真4)。R=1/100の時点で明確に鉛直材脚部の鋼板に座屈が確認されたため、R=1/50のサイクルは行わなかった(写真4)。

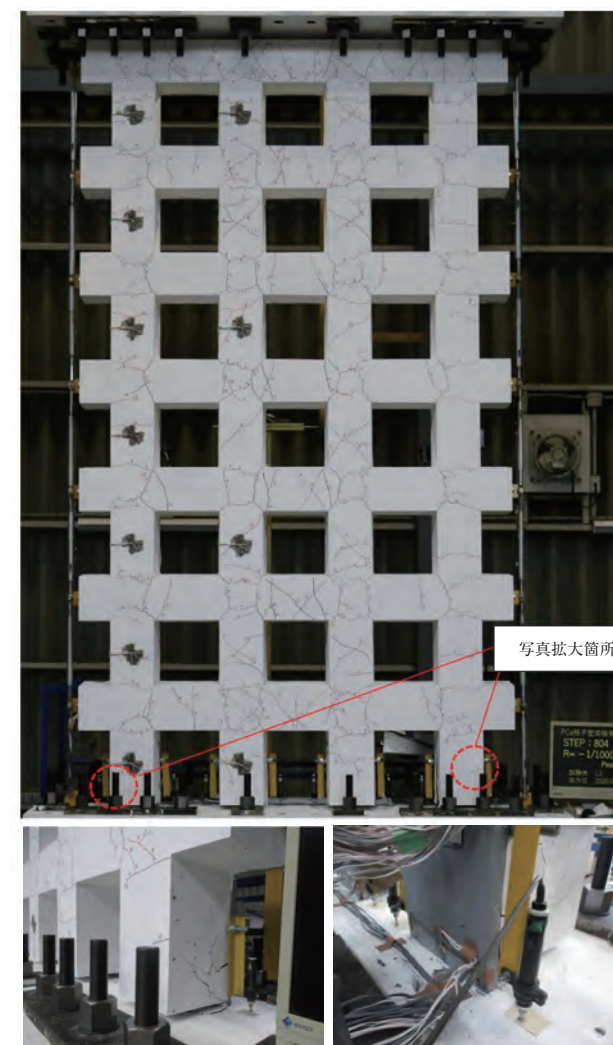


写真4 破壊状況 (1/100)

4-3. 鋼板歪

図8に鋼板の主歪と縁歪を示す。鋼板の降伏歪は 1792μ である。試験体Lにおける鉛直材脚部のD1, C1主歪はR=1/250まで弾性でR=1/100で降伏している。D11, C11鋼板端部の歪(縁歪)についてはR=1/250で引張側の歪が降伏している。試験体Sの縁歪はR=1/250において最下層で部分的に降伏歪に達し、R=1/100では最下層の鉛直材についてはほとんどの縁歪が降伏歪に達している。

4-4. 実験のまとめ

本施設の外壁に耐震要素として配置される格子壁について、実大スケールの実験により構造性能を確認した。試験体は、鉛直材3列×水平材3段の格子を

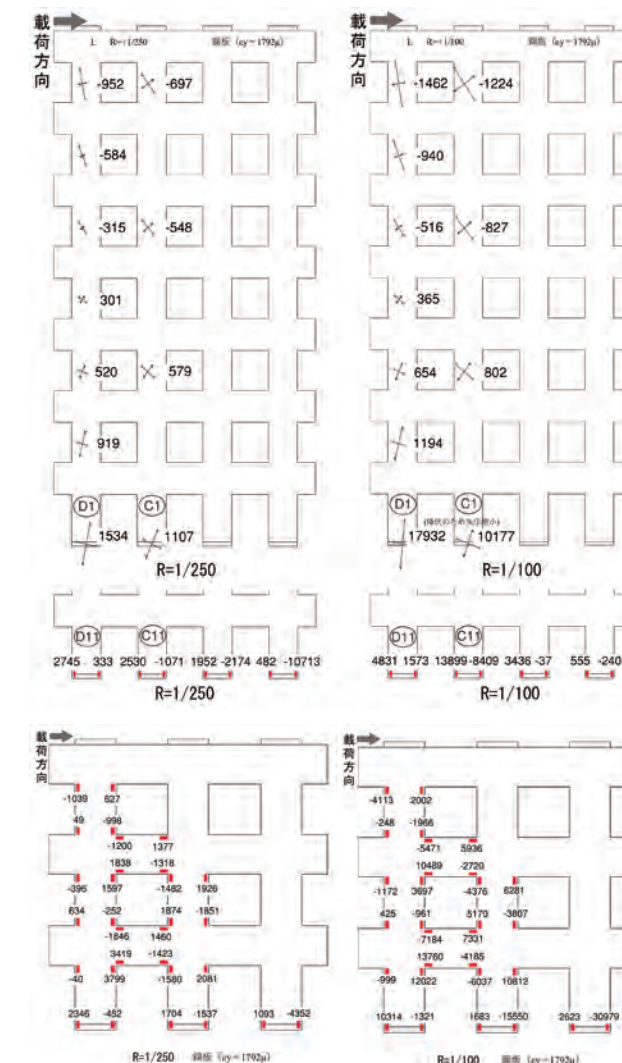


図8 鋼板の歪

抽出した試験体S、鉛直材4列×水平材7段の格子を抽出した試験体Lで、いずれの試験体も設計で想定する大地震時層間変形角R=1/500程度までは、大きなひび割れや鋼板とPCa部の剥離等の損傷が生じないことを確認できた。最終的に、試験体SはR=1/50のサイクルで壁全体に大きなせん断ひび割れが生じ、鋼板とPCa部が剥離する箇所があった(写真3右)。試験体LはR=1/100のサイクルにおいて脚部の鋼板が座屈したが(写真4右下)、PCaと鋼板の剥離は発生しないことが確認できた。除荷時に1/500では残留ひび割れが0.06mm程度のヘアクラック程度で、大地震後の継続利用が可能であると判断した。



写真5 格子壁 建て方1



写真6 格子壁 建て方2

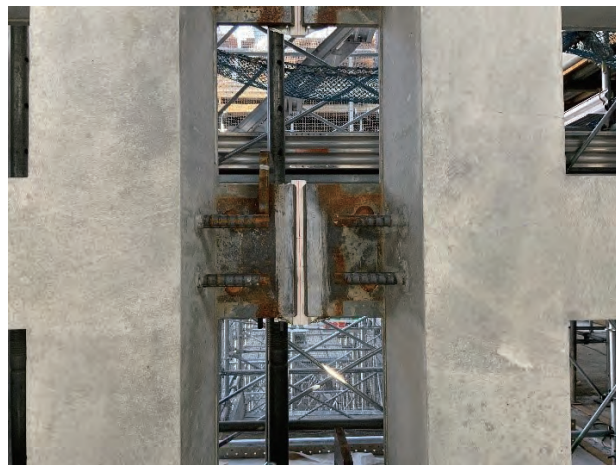


写真7 格子壁 建て方3

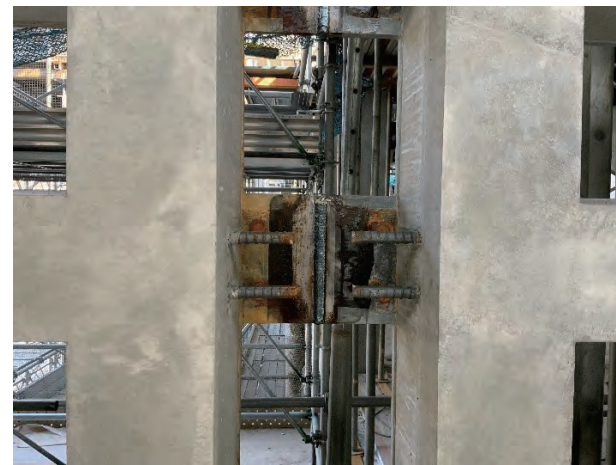


写真8 格子壁 建て方4

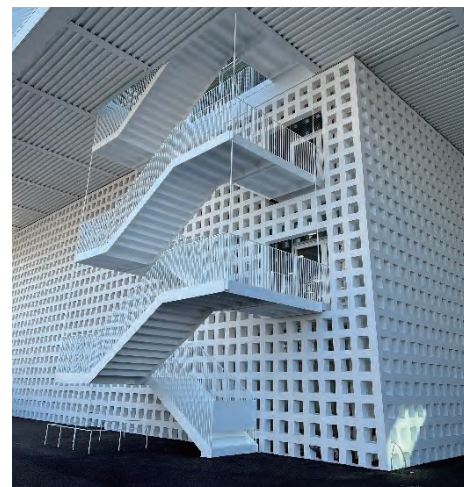


写真9 格子壁 完成後

5. 格子壁建て方

格子壁の現場接合は下記5点である。施工の様子を写真5～8に、写真9に完成を示す。

1. 格子壁鉄板(溶接)

2. 格子壁鉄筋(溶接)
3. 格子壁RC現場打ち
4. 格子壁上部BT鉄骨(溶接)
5. 格子壁脚部高力ボルト

当初は格子壁同士の繋ぎを高力ボルトとした。しかしその場合、完成後にボルトやスプライスプレートが連続して露出する。それを避けるため鋼板は現場溶接とし、梁の鉄筋はCB溶接とした。このように格子壁は溶接を必要とするが、この溶接によって格子壁が縮み、精度高く製作されたPCのひび割れの懸念が生じる。そのため、鋼板の溶接による歪を1mmと仮定し、どのようなステップで溶接を行うことが理想かを解析によりシミュレーションした。当初は水平方向に連続して溶接する計画だったが、結果的に隣り合う格子ユニットを上から下まですべて溶接した後、その隣のユニットに進めるという施工方法が縮みを最小限に抑えられることがわ

かった。この方針に基づき、実際に鋼板の溶接を行った場合、40m程の格子壁に対して左右で10mm以内という建て方精度に収めることができた。この時点でPCに対するひび割れはほとんどみられなかった。

次に鉄筋の溶接継手(CB溶接)に移った。CB溶接は両側のRC躯体が完成した後に鉄筋を繋ぎ合わせることが可能な、伸縮が非常に少ない工法である。そのため、この部分は手順などを検証せず施工に入ったが、溶接初日からPCにひび割れが入るという問題に直面してしまった。PCのひび割れは0.1mm程度であったが、CB溶接を行うと全面的にひび割れが発生してしまうため、早急に解決策を講じる必要があった。最終的にCB溶接に使う溶接治具がその問題を解決してくれた。CB溶接治具には鉄筋の長さを調節する機能が存在する。その機能を利用し、あらかじめ鉄筋に圧縮力を与えることで問題が解決できると施工者からの提案があった。施工手順は、治具を用いて鉄筋に0.1～0.2mm程度の圧縮力を与えCB溶接を行う。鉄筋の熱が冷めた後に治具を取り外すこととした。これによりPCが引き寄せられることはなくなり、ひび割れは改善された。最終的に

接合部は繊維入りの無収縮モルタルによって充填した。

6. まとめ

名古屋造形大学は地下鉄駅舎上部に建設され、地域に開かれた校舎という条件を満たすため、ここでは述べるできない数多の技術を投入することで実現された。その1つとして有孔鋼板コンクリート壁：格子壁について設計条件から実験、建て方までを説明した。データ・数値による検証と管理に加えて、実物のモックアップでの確認や設計者・施工者・製作者による綿密な協働、コミュニケーションによって実現できた建築である。

昨今、高強度コンクリートが現場打設にて利用が可能となったこともあるが、重機の費用が大きなコスト増の要因となる場合、今回のような敷地条件でのプレキャストコンクリートの採用は有用である。一方で、本計画でも躯体コンクリートにFc60を随所に利用している。このような自由度の高い計画ができるようになったことは喜ばしい限りである。

経済構造実態調査のご案内

総務省・経済産業省では、2023年6月に全ての産業における企業・事業所や団体を対象とした「経済構造実態調査」を実施いたします。

経済構造実態調査は、全ての産業における企業・事業所や団体の経済活動の状況を明らかにする、統計法に基づく報告義務のある基幹統計調査であり、「国民経済計算(GDP統計)の精度向上」「より正確な景気判断・効果的な行政施策の立案」「企業の経営判断」などを目的としています。

調査をお願いする企業・事業所や団体の皆さまには、国が調査を委託した事業者から、調査票などの調査書類を、5月から順次郵送いたしますので、インターネット(難しい場合は郵送)にて、ご回答をお願いいたします。

詳しくは、以下のURLから経済構造実態調査のホームページをご覧ください。

<https://www.stat.go.jp/data/kkj/index.html>





写真1 彦根総合スポーツ公園陸上競技場

PC 建築小特集

彦根総合スポーツ公園陸上競技場 「ここにしかない和の景観をもつ競技場」

大野 竜也 佐竹 知希 池田 隆司 中川 恒 高畑 成昭 井手 章太

ONE and ONLY HIKONE SPORTS PARK STADIUM

1. はじめに

2025年国民スポーツ大会、全国障害者スポーツ大会の開閉会式の主会場となる競技場の建て替えである。競技場としては日本陸上競技連盟一種競技場の公認

を受けており、全国規模の大会に使用可能な施設となっている。

敷地内には本施設以外にも既存の野球場、新設される補助競技場、芝生広場などがあり、エリア全体がスポーツを中心とした公園空間となる計画であった。計



おおの たつや / OHNO Tatsuya
(株)佐藤総合計画
関西オフィス
設計上席主任担当



さたけ ともき / SATAKE Tomoki
同上
技術構造 チーフエンジニア



いけだ たかし / IKEDA Takashi
鹿島建設(株)



なかがわ ひさし / NAKAGAWA Hisashi
鹿島建設(株)



たかはた しげあき / TAKAHATA Shigeaki
(株)笹川組



いで しょうた / IDE Shota
(株)ピーエス三菱
大阪支店 建築設計部

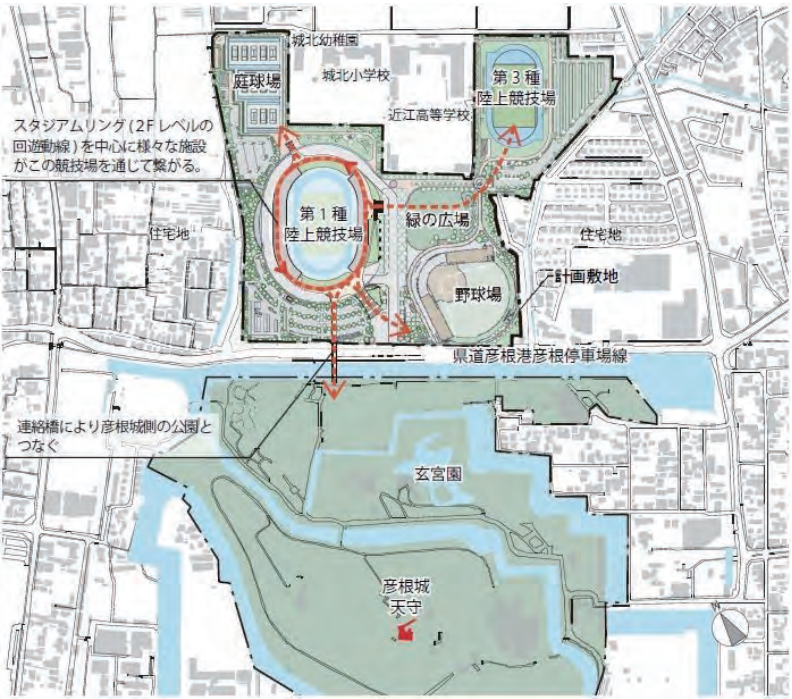


図1 計画配置図

表1 建物概要

施設名	彦根総合スポーツ公園陸上競技場
設計監理	滋賀県、(株)佐藤総合計画
施工	鹿島・笹川特定建設工事共同企業体
PC施工	(株)ピーエス三菱
延床面積	24,043m ² 最高高さ：24m
階数構造	地上5階建、RC造、PCa造、屋根S造
収容人数	約15,000人
その他	トラック、400m×9レーン、全天候舗装

画敷地は、国宝彦根城に近接していることが最大の特徴として挙げられる。また敷地周囲は住宅地が広がっていることもあり、長大な競技場でありながら、和の景観との調和や近隣住環境に配慮した競技場の実現が重要であった(図1)。

本稿では、二本組の斜め柱、片持ちの斜め段梁、段床の客席、複雑な3次元RC躯体が円周円弧形状で形成される陸上競技場建設において、主要構造体から化粧部材まで多岐に渡る部材をPCa化し、施工を合理化した事例を紹介する。

2. 建物概要の説明

建物の概要を表1に示す。計画地にはかつて内湖

があり「百間橋」といわれる木造の橋が架かっていた。この歴史的な記憶の継承や、彦根城を中心とした「和の景観」を競技場も足並みを揃えてつくっていくような建物のあり方を考えた。考え方としては、瓦屋根や格子のように単に形を模倣するものではなく、時間の経過とともに風合いや景観が変わっていくものとして捉え「ここにしかない和の景観」の創出を考えた。具体的には、建物外部を覆う壁材には「耐候性鋼板(コルテン鋼)」を使用した。酸化被膜により表面を覆うことにより高い耐候性能がある材料であり、時間とともに色味・風合いが変化する特徴がある。これを外壁に鎧張りのように設置することにより、時間の流れを可視化するファサード(外観)を持った、和の景観と調和する競技場を考えた。

また、建物を構成する骨格としては、かつての百間橋の景観を彷彿させる、2本1組の柱を用いて組木のよ

3. 建物形状の特徴

本建物は、トラック走路を有する陸上競技場特有の円周円弧形状にスタンドが配置され、延べ周長にすると約700mもの長さになる。また、4階から始まる屋根鉄骨

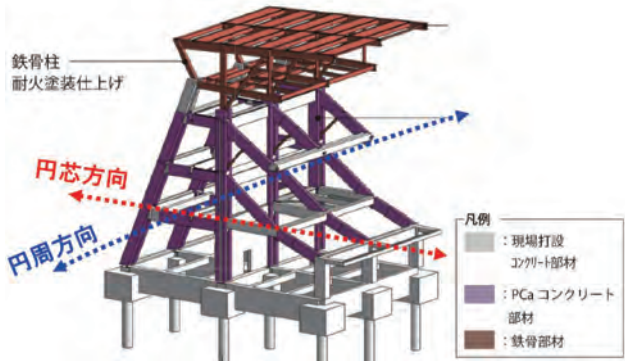


図2 メインスタンド躯体架構(設計図)

の脚部まではRC造で、スタンド席の傾斜をコンパクトに実現するため、外から内に傾斜した二本組の柱と斜め段梁で構成している。通常の四角四面の積み上げ型の建築物とは全く異なる形状の巨大な構造物である。施工ではこの「巨大で複雑な3次元RC」躯体をミリ単位の精度で施工することが求められた。

設計図書では、柱と競技場中心部に向けた円芯方向の梁は、工場製作のプレキャスト(以下、PCaと称す)部材、走路に沿った円周方向の部材(梁、床、壁)は現場打設のRC部材、屋根は鉄骨である(図2)。

地上躯体の大半が現場打設の在来工法となっていたため、型枠支保工や足場組立、配筋型枠作業における労務確保、また、上空作業での安全性確保等、多くの課題が見込まれた。そこで工場製作のPCa部材に加えて、在来工法のRC部材を現場内のヤードで先行打設するPCa部材(サイトPCa)とすることとした。

4. 施工事例

4-1. 工場PCa

スタンド躯体の構成は、大梁を2組の柱で挟み込む組柱架構としており、フィールド側から観客席後方まで大梁が柱の間を貫くように連続している。メインスタンドにおいて、観客席部分の段梁スパンが11.4m、最上

	数量 (p)	最大重量 (t)	製作工場
直柱	168	21.03	オリエンタル白石(株) 滋賀工場
斜め柱	151	18.60	(株)建研 水口工場
仕口付き梁	84	14.90	
段梁	78	13.50	(株)ナルックス 員弁工場
床付き小梁	29	22.02	ピー・エス・コンクリート(株)
PC段床版	374	5.73	滋賀工場
車椅子席版	12	1.13	
RC階段版	994	0.21	(株)光製作所 別院工場

階のキャンチ梁部で約6mの跳ね出し長さを実現するため、かつ、特徴的な形状の部材を精度良く施工するために、工場で製作するPCa部材をプレストレスによって圧着接合して組み立てるPCaPC工法を採用している。

PCa部材は、ピー・エス・コンクリート(株)滋賀工場および、オリエンタル白石(株)滋賀工場、(株)建研水口工場、(株)ナルックス員弁工場、(株)光製作所別院工場の5工場にて製作した。製作数量は表2に示すように、直柱168P、斜め柱151P、仕口付き梁84P、段梁78P、床付き小梁29P、段床版374P、車椅子席版12P、階段版994Pである。コンクリート強度は、Fc60を採用し、階段版と車椅子席版をFc30としている。

斜め柱、仕口付き梁及び段梁は、ポストテンション方式による各部材を圧着接合するPCaPC部材としており、梁内部にPC鋼より線(9-15.2φ)を配置し、斜め柱仕口部より油圧ジャッキにてプレストレスを導入することでフレームを一体化している。なお、2階では2ケーブル、3・4階は3ケーブルのPCケーブルを配置している(図3)。

2本の組柱と大梁が交差する複雑な仕口部には、図4に示すようにBIMを活用した。複雑な配筋や機械式継手、PC鋼材との納まりを事前に確認でき、問題点を早期に発見して関係者間で情報を共有すること

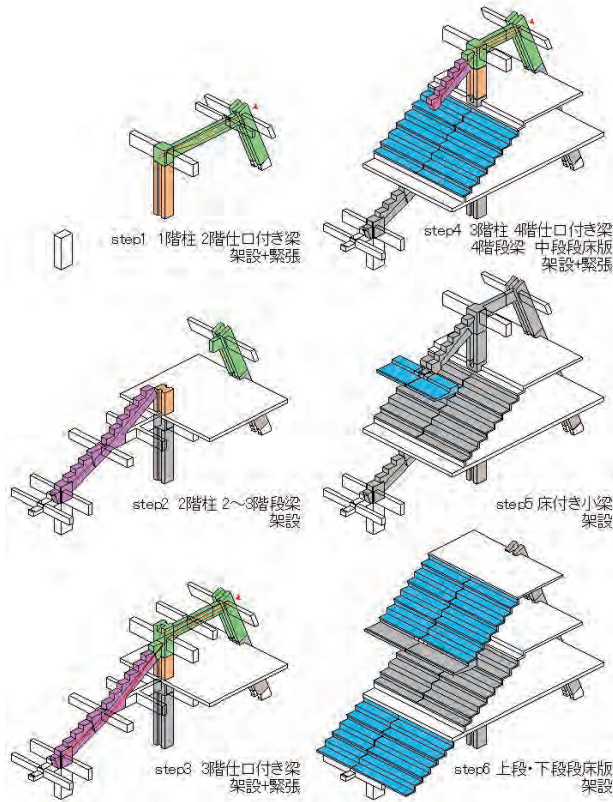


図3 PC架構図(施工手順)



写真3 メインスタンド斜め柱施工状況

とした。BIMを操作しながら協議を行うことができることから、その場で修正した納まりを確認し、迅速な問題解決に非常に有効であった。

(1) 斜め柱

斜め柱は、基本的に長方形の組柱の間を通る梁との仕口部で一体になっており、外周部に連続して配置されている。また、直交する耐震壁が取り合う場合には壁でつなぎ合わせたH型断面となり、2本の組柱と一体となっている。写真2に示すように斜め柱は、外周側を型枠底板面とし、仕口付き梁と接合する梁端部を

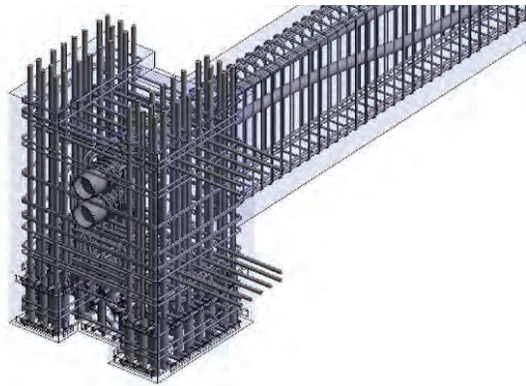


図4 BIMによる仕口部配筋納まり



写真2 斜め柱製作状況



写真4 斜め柱柱脚部施工状況

一体として製作を行った。

PCa柱主筋の接続は、無収縮モルタル充填式の機械式継手を採用した。斜め柱の取付角度67.1°となるよう基礎に柱主筋を同角度にテンプレートを用いて精度よく配置し、約40本もの基礎柱主筋と接続している。斜め柱の架設は、写真3に示すように取付角度に傾斜させ、写真4に示す固定用の治具を柱脚部に取り付けておいて、下部の柱とのずれがないように支持させながらゆっくりと架設した。

メインスタンドの斜め柱柱頭部は梁と一体になってい



写真5 バックスタンド斜め柱施工状況



写真7 段梁側面鋼製ブラケット

るため梁底部分を支保工で支持した。バックスタンドの斜め柱柱頭部は、仕口をPCaとしていないため、**写真5**に示すように、柱に鋼製ブラケットを取り付けて支保工で支持した。

PCa部材の最上部は屋根鉄骨と取り合うことから、位置精度が非常に重要となるため、下層階より取付精度の目標値を3mmとして光波測距儀を用いた精度管理を行った。プレストレス導入による梁の軸縮み量は、フレーム解析による検討の結果、約1~2mm程度と推定されたため、支保工のなじみ量のみを考慮してPCa部材の架設を行った。

(2) 観客席床板を受ける梁

段梁は、観覧席となる段床版を敷設するために階段状の形状となる部材であり、製作工場では、部材を横に倒した横打ちで製作を行った。

段梁は構造幅が400mmでとてもスレンダーな断面形状であり、**写真6**に示すように段床版を支持させる



写真6 段梁形状



写真8 段梁架設状況

ため、梁上部を拡幅させたT型断面形状とした。部材架設時の安全性を考慮し、転倒を防止するために、**写真7**に示すように梁側面に鋼製ブラケットを取り付け、そこを支保工で支持する方法とした。段梁の架設状況を**写真8**に示す。

(3) 床付き小梁／観客席の先端床板

写真9, 10に示す床付き小梁は、3階柱および4階梁の先端に設置される部材であり、小梁とキャンチスラブを一体としたPCa部材であり、段梁の仕口部を現場打コンクリートにより接合した。

フィールド側に大きく張り出すキャンチスラブであることから、床面の水勾配を計画通りに確保する必要があった。そのため、フレーム解析による検討で、プレストレス導入による段梁の変位と床付き小梁および、PC段床版の自重による変位から、支保工解体後のキャンチスラブ先端の変位量を推定し、床付き小梁の取付高さを決定した。

(4) PC段床版／観客席床



写真9 床付き小梁



写真11 2段段床版



写真10 床付き小梁架設状況



写真12 段床版据付け状況

画し、3・4階は段数が奇数となるため、3階では最下段、4階では最上段を1段床としている。1段段床版では、9.3φのPC鋼より線を7本、2段段床版では、同じく9.3φのPC鋼より線を11本配置した(**写真12**)。

4-2. その他のPCa化

設計図では柱と円芯方向の梁が工場PCa、円周方向の梁と壁、全てのスラブが現場在来のRC部材となっている。本工事では全ての構造部材をBIMモデル化し、配筋1本1本の詳細まで図面化した。鉄筋以外にも「複雑な3次元RC」躯体の肝となる機械式継手の納まり、打ち込み金物、アンカーボルト、シース管等の情報全てをBIMにて一元化し、関係者で図面共有した(**図5**)。

(1) 円周方向の梁

建物外周部には斜め大梁や斜め壁が配置されており、上空でこの斜め形状の躯体を構築するのは非常に難易度が高く、精度確保も困難であった。

そこで、外周の円周方向の梁部材は現場内のヤー

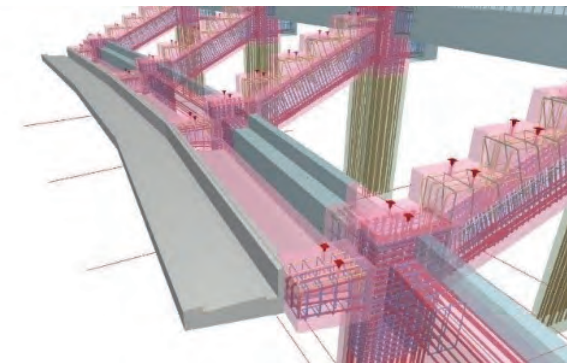


図5 BIM配筋図

PC段床版は、観覧席を構成する床部材で通路や観客席が設置される。歩行部分となる床上部が鋼製型枠底板面となるように、部材を反転して製作した。

PC段床版は、プレテンション方式によりプレストレスを導入することで、薄い板形状でも小梁を設けることなく大梁間のスパンを確保しており、漏水の原因となるひび割れが生じない設計としている。また、**写真11**に示すように、剛性の向上と部材数の削減を目的として、1部材に2つの段を設けた2段床を標準とした。建物計



写真13 サイン文字入り垂れ壁付き小梁



写真14 フィールド側キャンチスラブ



写真17 取付後(鉄骨柱との取り付け部)

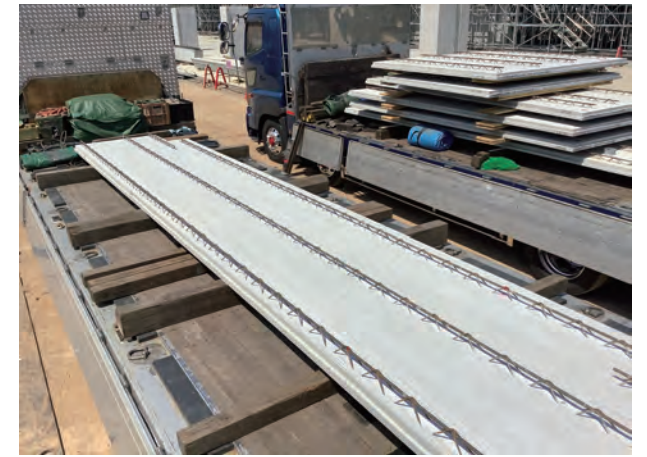


写真18 床ハーフPCa



写真15 外部階段



写真16 柱脚部囲い壁



写真19 メインスタンド観客席



写真20 メインスタンド外観

ドで製作する『サイトPCa』とした(写真13)。

(2) キャンチスラブ

フィールド側に跳ね出したキャンチスラブは、先細り形状で見上げ面は観客席からもよく見えるため、意匠が求められる部材である。在来施工では勾配の精度や目地の見栄え、手摺やルーフトレン打ち込み、打設前の型枠清掃と丁寧な打設等、非常に施工難易度が高く、高い出来形精度も求められるため、サイトPCaとした(写真14)。

(3) RC階段／観客用階段

メインスタンド妻側外部に跳ね出したRC階段は、重要な意匠的なパーツであり施工難易度も高いため、サイトにてフルPCa化した。部材間の取り付け部の目地をグラウト注入することで、上空作業での在来型枠はゼロとした(写真15)。

(4) 柱脚部囲い壁／鉄骨柱との取り付け部

鉄骨脚部の囲い壁は、内側が狭く型枠施工が困難なため、サイトPCaとした(写真16)。

縦主筋は機械式継手を打ち込み、鉄骨施工後に据え付けた。非常に狭いクリアランスでの施工であったが、PCa化することで、鉄骨柱との取り付けもきれいな仕上がりになった(写真17)。

(5) 床ハーフPCa

約10,000㎡の地上階スラブは見上げ面が打ち放し素地となっている。設計時の在来型枠工法から工場製作のハーフPCaに変更することで、支保工の簡素化と現地での配筋作業とコンクリート打設量の低減を実現した(写真18)。

見上げ面は段床版と同様のPCa部材らしい美観の高いコンクリート面となっている。

5. おわりに

今回、「工場製作PCa」「サイトPCa」「床ハーフPCa」を織り交ぜることで「複雑な3次元RC」躯体を合理的、かつ高精度に施工することができた。複雑な躯体工事に従事した関係者は、所属や立場の垣根無く、「きれいなコンクリート打ち放しの陸上競技場を作るんだ!」という同じベクトルで、熱意とプライドを持ち、建物に向き

合う姿勢があったからこそ、ゴールにたどり着くことができた(写真19,20)。

2023年春から競技場の利用が始まり、2025年には国民スポーツ大会および全国障害者スポーツ大会が開催され、全国各地から大勢の方がお越しになると考えるが、熱い競技観戦はもちろんのこと、こだわりの建築物としてもご覧いただけると幸いである。

海外でしでかした / 超絶経験

今本 啓一

この稿の終わり部分を今、ラバトのホテルで執筆している。誰しも旅先での失敗や忘れ得ぬ楽しい思い出があると思う。著者もまた同様であり、特に「しでかした」は読者の旅先での失敗の予防保全となれば幸いである。

・しでかしたその1：ダッカで文無し

2014年にセミナーでダッカを訪れた。楽しい会食を終えた帰国前日に財布を紛失してしまった。雰囲気的に財布が戻ってくると思えず、実は以前にもアントワープで同じことをしでかした経験から、ジタバタしないでまずはカードを全て止めた。さて次どうしたものかとポケットに手をやったらなんとバン格拉ディッシュの札1000Tk (1300円相当)が入っていた! 帰りの飛行機チケットは既に手元あるので、「よし、これで帰れる」と帰国途中のトランジットのタイ空港でパーツに換金しようとしたら、なんと経済が信用されていないこの国の通貨は扱っていないとのことで、この瞬間、札は紙切れと化し、人生初の文無しとなった。さすがに途方に暮れた。

と、同行していた教授先生が「バングラディッシュ行きのゲートで換金してはどうか」とアドバイスしてくださり、さっそく渡り廊下から

ゲート付近の客に呼び掛けたところ、一人の男性が応じてくれた。実は換金レートを間違えて伝えてしまいこの紙切れがなんと2500円相当のタイバーツに化けることとなり(すみません)、結局ビールを飲んで帰国した。

・しでかしたその2：フランクフルト空港でもう一泊

それはダルムシュタットでの会議を終えたフランクフルト空港での出来事であった。搭乗手続きはとうに済ませてラウンジでひとしきり飲んで、出発予定が1.5時間遅れた飛行機のゲートに15分前に行ったらなんと飛行機がもう滑走路に向かっていた。なんで??ありえないでしょ!!なんて心の中でわめいても飛行機が戻ってくる訳でもないし…。翌日の便を押さえて、またしても途方に暮れて空港のキャビンを予約したら、家なき子を哀れに思ったのか受付けのあんちゃんが宿泊代を10ユーロおまけしてくれて、寝酒にと売店でビール買ったらお店のおばちゃんがもう一本おまけしてくれた。翌日、朝ごはん食べていたらラウンジの方が“You have much time”と、ご丁寧にマインツまでの列車の旅程を教えてくれた。ライン川のほとりでワイン飲んで、今度こそ帰

ることになったのだが、周りの方々に相当迷惑をかけてしまったことはいうまでもない。何事も余裕をもって行動すべしである。

・超絶ドライブ旅

親しくしていただいているアルゼンチンご出身の方にブエノスアイレスでのセミナーの講演を依頼された。まずはブラジルのイグアスで開催される会議で落ち合い、そこから飛行機でブエノスアイレスまで移動ということになっていたのだが、出発直前に「車でどう?」とメールが来た。こんな時皆様ならどうされるであろうか。私の場合当然ドライブ。ということでイグアスの雄大な滝から、この方の学生助手とそのGFの4人での珍妙な?旅の出発となった。途中食材を調達しながらのサンドウィッチ昼食や、夜のBBQとマルベックワイン、到着先で宿探しの2泊3日1300kmは、40代最後のスペクタクルな旅であった。

翌年、この方から再び、今度は国際会議が開催されるゲントからご自宅のあるチューリッヒまでのドライブのお誘いをいただいた。今回は二人旅ということで国際運転免許証を取得してウキウキで会議に臨んだ。会議後に車を手配してさあ出発!、が、いきなりエンストするしウイinker出そうと思ったらワイパー動き出すし(全て逆なのです)、大丈夫かいな?の出だしであったが、ゲント→ストラスブール→アルプス経由の1泊2日約700km旅となった。アルプスのパノラマは雄大で、スイス連邦共和国の発祥の地とその歴史を見聞し、



チューリッヒのこの方のご自宅に2日間泊めていただいた。テラスで語らいながら飲んだビールは、実に旨かった。

著者の旅の思い出の両極を記述したが、これらは「失敗／成功」、「地獄／天国」のような構図ではない。ドライブ旅は確かに天国ではあったが、「しでかした」経験も振り返ればそれなりに楽しい思い出であり、「波乱」とは人生を豊かにしてくれるスパイスのようなものかも知れない。

[いまもと けいいち / 東京理科大学 教授]

セメント改良技術の適用事例・中層混合処理

Application example of the improvement technology using cement :
Moderately deep mixing method

大河内 保彦

1. はじめに

地盤改良とは、広義には何らかの方法で原位置の地盤土の力学的性質を、建設目的により良く適合するように改善する事を言う。

改善する目的としては、支持力の増加やすべり抑制等を目的とする強度の増加、また沈下抑制(すなわち剛性の増加)が多い。古来、優良土への置換工法や、締固め工法はこの目的で行われてきた。また、プレロード・サーチャージなどの圧密促進工法(ドレーン併用の場合が多い)も同様である。

ただ、上記のような方法では、いかに土を密実化しようとも、その強度や剛性は、土の本来持つ特性以上には改善されないため自ずと限界がある。

土本来の強度・変形特性を凌駕するために開発されたのが、セメント系固化材を何らかの方法で地盤材料と混合させ、固化させる地盤改良工法である。

本稿では、このような工法の中で、比較的歴史の浅い、機械攪拌による中層混合処理工法をとりあげる。

2. 機械攪拌による地盤改良と中層混合処理

深層混合処理が開発されたのは1970年代とされているが、それ以前にもバックホウ等によって、表層の土をセメントなどの固化材と混合し、トラフィカビリティを確保する浅層(表層)混合処理は実施されてきた。

トラフィカビリティの確保が目的の場合は、仮設的な



写真1 CDM工法施工機械¹⁾

適用であるため、品質管理や設計等はあまり重要視されなかった。しかし深層混合処理は、港湾分野で埋め立て等の沈下対策、安定対策に使われるために開発され、改良すべき軟弱地盤も深度数十mに達する状況であった。

したがって、要求される強度や品質も仮設レベルとは大きく異なることから、専用の施工機械が開発された。

CDM工法を深層混合処理の例として紹介すると、3点式のベースマシンを用い、攪拌翼を地中で水平回転させつつ、セメント系改良剤のスラリーを事前配合により決定された所定量を攪拌混合するものである。施工機械の全体像を写真1に示す。

要求される施工深度も大きく、大型の施工機械となることは必然であった。

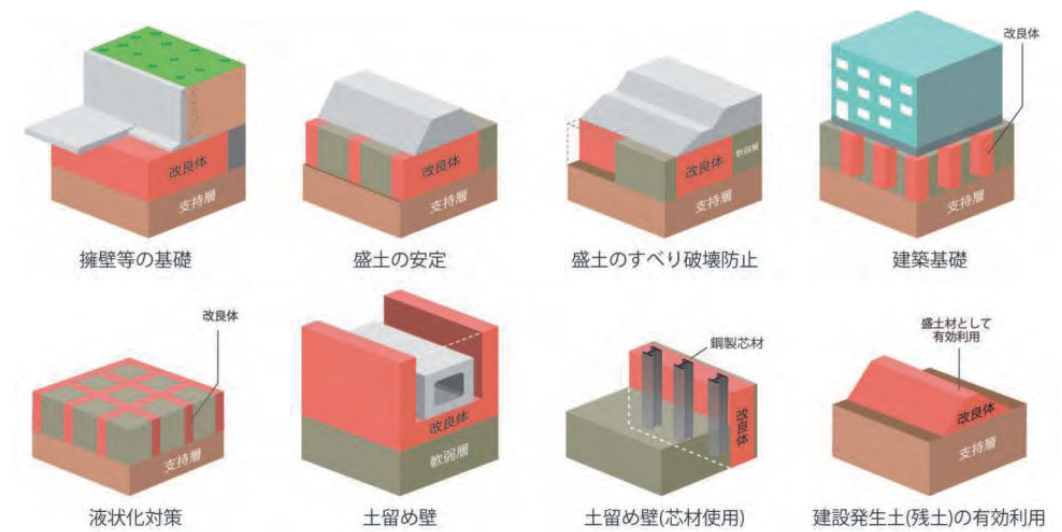


図1 中層混合処理工法の適用例²⁾

CDM工法は軟弱地盤対策工法としての有効性から、港湾分野のみならず陸上工事等でも広範に採用されるようになり現在に至っている。

深層混合処理工法により、セメント系改良材を地中で攪拌混合して原地盤よりはるかに高強度の改良体を造成する軟弱地盤対策工法の有効性が広く知られるようになると、この適用範囲を広げようという動きが出てきた。

すなわち、大型施工機械を導入しにくい狭隘な現場や、空頭制限への対応、コストの縮減等々である。改良対象の深度も、特に陸上では数m~10数mであることも多く、改良可能深度が浅くても上記のような要望に応えられる機械攪拌式の地盤改良工法が求められることとなった。

このようにして、いわゆる中層混合処理工法の開発が始まったと考えられる。

一般に中層混合処理とは最大改良深度が10m前後である工法を指すことが多く、ベースマシンとしてバックホウの改良型が使われることがほとんどであり、専用機でないこともコストダウンの一因と考えられ、一般的には深層混合処理よりコスト縮減となることが多い。

現在、中層混合処理工法として種々の工法が開発されてきており、その認知度も大きく向上した。

一方、CDM工法でも低深度化、小型化が開発されているが、このような社会の流れと無縁では無いと考えられる。

3. 中層混合処理工法の適用

今まで述べてきたように、中層混合処理の改良メカニズムは、原位置土とセメント系を中心とした改良材を機械的に攪拌混合し、固化するというものであり、その意味では深層混合処理と本質的な違いはない。設計上の改良目的が十分満足される深度まで施工が可能かどうか、どちらを選択するか最も重要な点となる。

したがって、その適用も基本的には深層混合処理と大きくは変わらず、原地盤の強度・剛性の不足による種々の問題に適用することにある。図1にいくつかの適用例を示す。改良体の形状がCDM工法などと異なり、角柱状や壁状になっているが、中層混合処理工法では、角柱状の改良体を造成する工法が比較的多いためである。

この角柱と円柱の改良体形状の違いは、改良効果に関して本質的な違いはないが、円柱状の形状を前提とした一部の設計手法等には注意が必要である。

また壁状に改良体を造成する際は、円柱状の改良体で必要となる事が多いラップ施工が必要ないことが多く、その点ではメリットがある。

以下、中層混合処理工法の一例として施工実績の豊富なパワーブレンダー工法を取り上げる。



写真2 改良深度13m対応改良機PBT-1100

4. パワーブレンダー工法の概要

本工法は、通常溝掘削に用いるトレンチャを改良材と原地盤の攪拌混合に適用するというユニークな発想から生まれた機械攪拌による中層混合処理工法の一つである。このため、水平に回転する攪拌翼を有する工法に代表されるように、ある範囲の深度を順次攪拌混合していくのではなく、改良深度全層を同時に鉛直攪拌するのが最大の特徴である。

初期は、もともとトレンチャが2m弱程度の溝を掘るのが一般的であったためか、浅層混合処理用として開発が始まった。これが1980年代であり、1990年代から様々な改良を重ね、2000年代初めから改良深度を深くする開発が行われた¹⁾。

その中でも重要な一つが、配合設計におけるテーブルフロー試験を用いたフロー値による管理で、これによりトレンチャで施工可能な粘性を保持することが可能となる。

その結果現在では、数mの浅層から10数m(実績は最大13.9m)の深度まで改良が可能である。

写真2に施工機を示す。これは、現状で最大の機種であるが、施工深度が浅い場合等はトレンチャとベースマシン(バックホウを改造したもの)に、より小型の機種を使用することで狭小地等での改良にも適用で

きる場合がある。

本工法の特徴を以下に示す。

1) トレンチャによる鉛直攪拌

改良対象の地盤が複数の土質の互層であっても、改良対象深度の全層にわたって、鉛直方向に攪拌混合する方式である。

2) 均質に近い改良が可能

改良対象全層を鉛直に攪拌するため、水平攪拌などの方式と異なり、土質によって発現される強度が変化するような現象がなく、改良体全域にわたって、ほぼ均一な強度の発現が期待できる。

3) 施工効率が高い

トレンチャにより、ほぼ全層を同時に攪拌するため、十分な羽切り回数を確保しても施工効率が高く、標準で時間当たり40m³の攪拌混合が可能である。

4) 機動性が高い

ベースマシンが改造型のバックホウであるため、機動性が高く、施工スペースが狭い、上空制限がある、多少の傾斜地等の場合でも対応の可能性はある。

5) 近接施工の影響が少ない

鉛直攪拌方式で、改良材の吐出圧力が地表面から大気開放されるため、周辺の地盤や構造物等への影響が少ない。

6) 改良強度の設定が広く、多くの土質に適用できる

セメントやセメント系固化材等多くの改良材が適用でき、低強度から高強度まで広範囲の改良が可能である。

このような攪拌方式のため、事前の配合試験も対象層の地盤土を原位置と同じ割合で混合した試料を対象に行う点だが、他の混合処理工法と大きく異なる点である。

適用地盤としては、粘性土地盤でN値≒10程度まで、砂質地盤でN値≒20程度までを目安としているが、層構成やそれぞれの層の層厚等が影響するため、比較的N値の高い地盤の場合は、個別の検討が必要である。

また、改良材をスラリー状にしてトレンチャ先端付近から噴射する方式が現状では主流であるが、本工法は、地表面まで全層攪拌する混合方式のため、改良



図2 パワーブレンダー工法による地盤改良の一般的な流れ

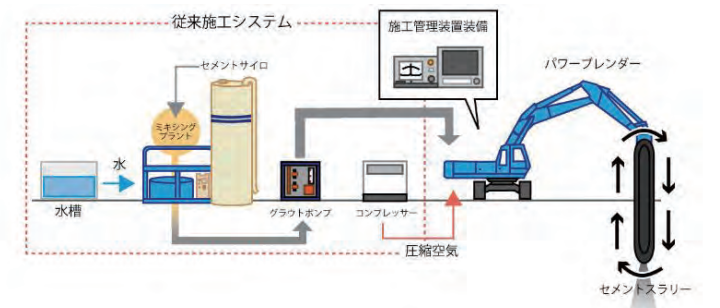


図3 パワーブレンダー工法の施工システム²⁾

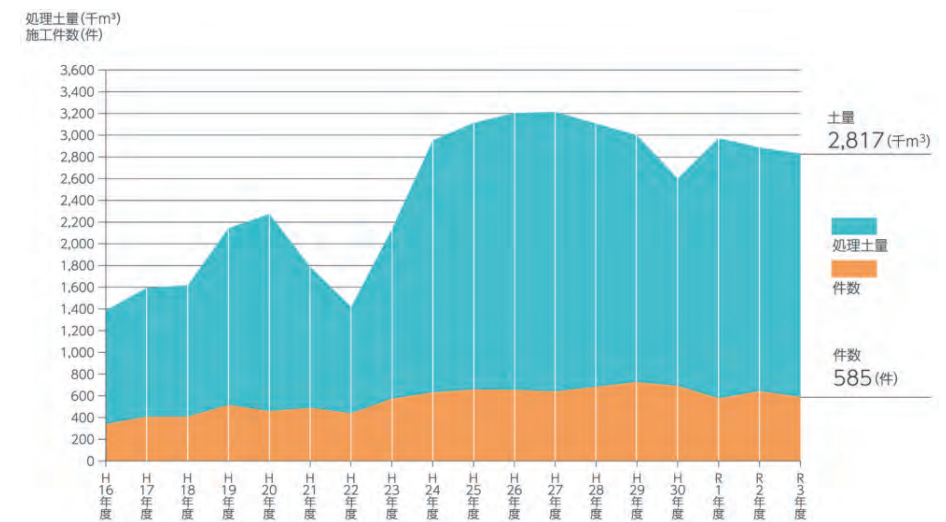


図4 パワーブレンダー工法の施工実績³⁾

材の種類や投入方法に柔軟性があり、非常に含水比の高い地盤でも適用しやすい粉体噴射や、トラフィカビリティ確保などに適用する低コストな地表散布などの方式も可能であり、その適用範囲は広い。

図2にパワーブレンダー工法による地盤改良の一般的な流れを示す。いわゆる機械攪拌による混合処理工法としては一般的な流れとなっており、前述した配合試験を対象改良層の土を原位置と同様の構成比率で混合した試験を実施すること、施工性を確保するためのフロー値を確保できるように、混合水量を決めることが他工法と異なる点となっている。

図3に施工システムを示す。この例は、スラリー噴射方式であるが、攪拌部のマシンを除けば、同種のセ

メント系スラリーを用いた機械攪拌による混合処理工法と基本的には同様である。

図4にパワーブレンダー工法の施工実績を示す。ここ10年ほどは改良土量300万m³、件数600件前後で推移しており、極めて豊富な実績となっている。

5. 中層混合処理をより有効に活用する設計・施工技術

前述したように、中層混合処理は優れた点の多い工法であるが、適用に最も留意すべきは改良可能深度である。

中層混合処理工法のほとんどは、改良可能深度が

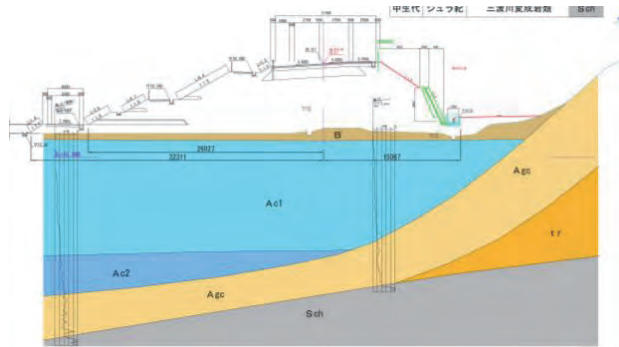


図5 代表断面

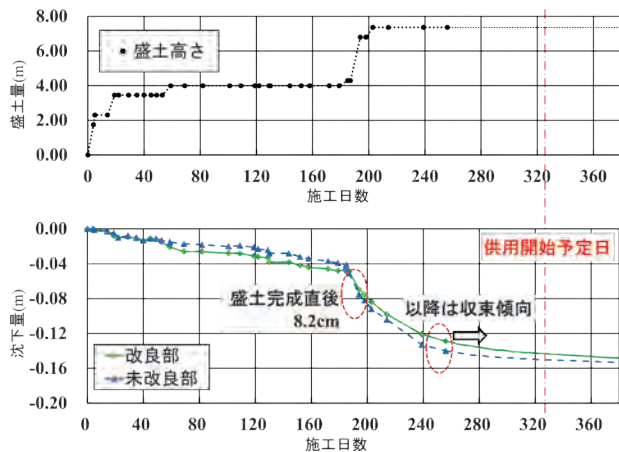


図7 施工時の動態観測結果

10m前後であるため、改良すべき軟弱層厚が改良可能深度を超える場合にはその適用に制限がある。

セメント系改良材を機械攪拌する地盤改良工法では、従来から、比較的大きなN値の支持層とみなすことができるような層の上部に接するような改良が行われることが多かった。これを着底改良と称することが多い。

着底改良が採用されることが多かったのは、深層混合処理は柱状の改良体が造成されることから、杭を連想させることも影響を及ぼした可能性があるが、性能設計が実施される現状では、要求性能を満足するための改良範囲がきちんと検討されねばならない。

例えば、沈下抑制対策を目的としたケースでも、許容沈下量を要求性能として満足できる範囲の地盤改良で良く、結果として改良体下部に未改良層を残す場合がありうることになる。

このような改良形式を非着底改良と称し、改良深度が相対的に浅くなり、低コストにもなる中層混合に適した合理的な設計となる。

ここでは、軟弱地盤対策として非着底改良を用いた

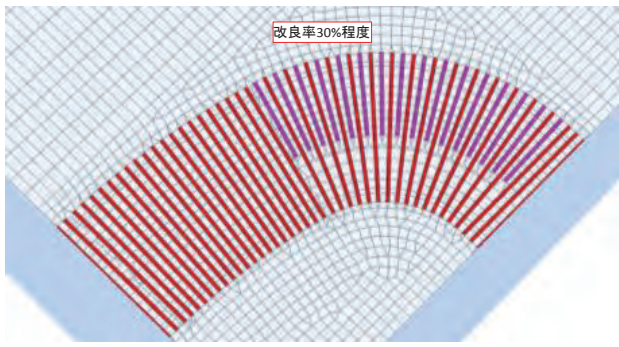


図6 改良体配置

例を紹介する⁴⁾。紹介した事例は、拘束効果を考慮した地盤改良の設計手法であるCGI工法⁵⁾が採用されている。

(1) 盛土の安定・沈下対策

カーブした道路盛土の軟弱地盤対策である。図5に示す代表断面に示すように軟弱層が傾斜している。無対策では沈下量が80cmと予測され、円弧すべり破壊も懸念されることから、対策が必要となったケースである。

N値10～20のAgc層が軟弱粘性土層下部にあり、これを着底層とすると、軟弱層の深いところでは深度20m前後の改良が必要となるため、コスト縮減の要望があったケースである。

盛土の完了時の天端(路面位置)沈下量として10cmが要求性能として設定されたため、CGI工法による検討を行った結果、図6に示すような改良体配置(改良率 $ap=30\%$)とし、Ac2層は改良せず、その直上まで程度の改良で沈下量を10cm以内とすることが可能となった。

この結果、大幅なコスト縮減と工期の短縮が実現された。

図7に施工時の動態観測結果を示す。盛土完成時の要求性能を十分満足している結果となった。

(2) 液状化対策

高架部から変面道路に降りるランプ部盛土の液状化対策である。補強土擁壁部の断面と柱状図を図8に示す。液状化対策としての通常の格子状改良の設計では、支持力照査上、支持層までの改良が必要となる。

そこで、道路橋示方書の設計基盤 L2typeII (III種地盤) 載荷時の天端沈下量15cmを要求性能とし

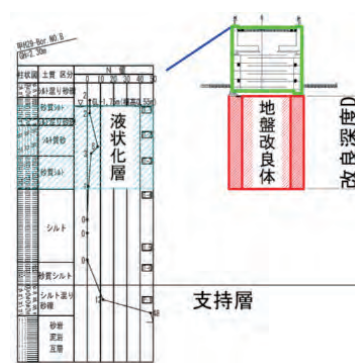


図8 補強土擁壁部図と柱状図

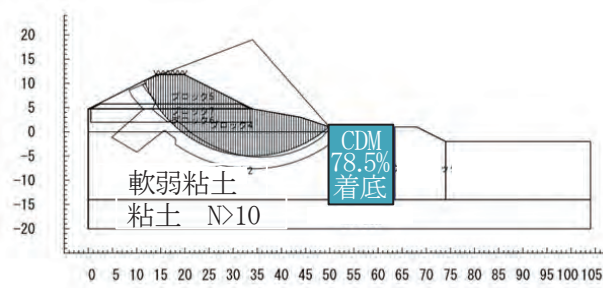


図10 当初の地震時安定対策

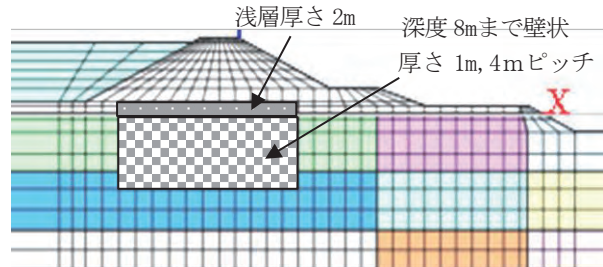


図12 浅層混+壁状改良($ap=25\%$)

て、三次元の動的有効応力FEMを用い、CGI工法の検討を行った。

その結果、無対策では1.2m程度の沈下が、通常より大きめの5m×5m前後の格子をシルト層上部まで配置することで要求性能が満足される結果となった。

改良体の平面配置を図9に示す。図の下部へ向かってランプが下りてきて、一般道路レベルに擦りつく。

(3) 地震時の盛土の安定対策

当初は円弧すべりの震度法で検討され、図10に示す対策が計画されていた。円弧すべり法ではほぼ常にこのような対策となるが、盛土下を改良し円弧すべりを起こさない対策が合理的であり、このケースで円弧すべりを適用する誤りを犯すことが多い。

要求性能として図11に示す人工地震波を載荷して

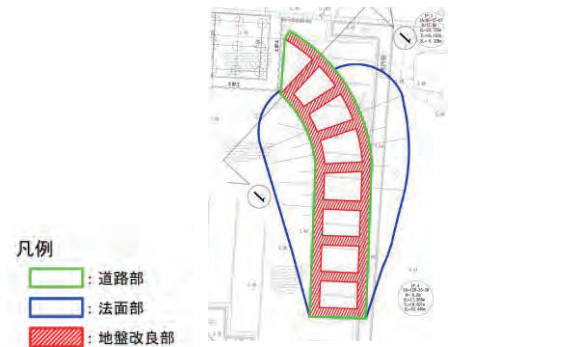


図9 改良体の平面配置

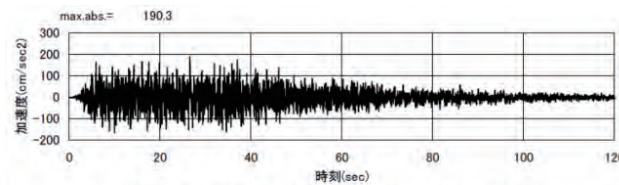


図11 検討に用いた人工地震波

もすべりが生じないような変形にとどまることとし、修正HDモデルを用いた3DFEMによる動的解析によるCGI工法の検討を行った。

その結果、無対策では1mを超える沈下が生じ、すべり破壊の懸念があった盛土が図12の対策で4cmと十分な安定な沈下で収まることがわかった。

6. おわりに

セメント改良技術の一例として、中層混合処理を紹介した。これからも注目される技術であり、一層の技術開発が期待される。

【参考文献】

- 1) 株式会社加藤建設内部資料、加藤建設挑戦の歴史、2012.10
- 2) パワーレンダー工法協会ホームページ
- 3) パワーレンダー工法協会／パワーレンダー工法パンフレット、2022.06
- 4) 性能設計・土工技術検討会／土工構造物における性能設計の実務と展望、丸善ブラネット、2021.09
- 5) CGI工法研究会／CGI工法 設計・施工マニュアル、2014.11

おおこうち やすひこ / OKOCHI Yasuhiko
(株)NOM 代表取締役
パワーレンダー工法協会技術部会副部長



日本の近代化を支えてきた 歴史と文化の交差点

日本では九州や北海道をはじめ、最盛期には全国各地に大小合わせて1000前後の炭鉱があったと言われているが、近代になると大量の石炭が掘り出され、新しい国家に生まれ変わるための重要なエネルギー資源となった。

中でもこの糟屋炭田の石炭は良質であったため、旧海軍は1889(明治22)年、志免炭業所の前身に当たる新原(しんばる)採炭所を設立し、軍艦や工業用の燃料として石炭の生産を始めた。俗に「海軍炭鉱」と呼ばれたこの炭鉱は、大正から昭和初期にかけて郡内一の繁栄を誇り、最盛期には従業員約6千人、年間約50万tもの出炭量があった。

その後、満州事変後の国際的な緊張が石炭増産の機運を盛り上げる中、より深い層の石炭を採掘するため、坑道を垂直に開けた堅坑や斜坑が掘られたが、本格的な採掘を始める前に終戦となった。

戦後、事業は内務省、大蔵省、運輸省へと次々と移管され、最終的に国鉄(日本国有鉄道)が引き継ぐことになり、主として蒸気機関車(S)の燃料などを生産し続けた。

1957(昭和32)年には、21万t以上も出炭していた堅坑であったが、やがて日本にも「エネルギー革命」が起こり、それまで燃料の主役であった石炭に代わり、石油や天然ガスなどへ転換されていった。

また、国鉄の「動力近代化計画」の波も押し寄せ、蒸気機関車は電車や電気機関車、気動車やディーゼル機関車などに置き換えられることになり、国鉄志免炭業所を最後に、大小50を数えた炭田は糟屋郡からすべて姿を消し、ついに1964(昭和39)年、その歴史の幕を下ろしたが、開坑から閉山まで終始一貫、国が開発した炭鉱は他に類を見ないものだった。



旧志免炭業所堅坑櫓

きゅう し め こう ぎょう しょ たて こう やぐら

福岡県糟屋郡志免町

鉄筋コンクリート造

高さ47.6m、長辺15.3m、短辺12.3m
設計：猪俣 昇
1943(昭和18)年5月10日竣工
1995(平成7)年、国の登録有形文化財に登録
2009(平成21)年、国の重要文化財(建造物)に指定

今回ご紹介するのは「堅坑櫓」は、ケージ(かご)を堅坑内で昇降させるために造られた高さ47・6mの巨大な建物である。

建物の形はワインディングタワー(塔櫓巻型)とうやぐらまきがた)と言い、この櫓の真下に真直ぐ掘られた深さ430mの「堅坑」を使い、炭鉱作業員が地上と地下の石炭層間を昇降し、そこで採掘した石炭を地上へと運び出す作業をしていた。

まるで金槌を立てたようなハンマーコップ(ハンマーヘッド)と呼ばれる形の櫓に、巻き上げる機械が組み込まれた、エレベーターのような仕組みとなっている。

櫓は地上9階、地下1階のうち、地上1階から5階までを柱と梁のみで構成し、6階以上には壁を付けている。8階部分には吹き抜けの大空間があり、ケージの巻き上げに使われた1000馬力のモーターが、休みなく稼働していたとのこと。

志免と類似する形式で、戦前に建設された堅坑櫓は、これまで九州で造られたおよそ100の堅坑の中でも、四山第一堅坑(三井三池炭鉱、熊本県荒尾市)などにあっただけである(1996(平成8)年9月爆破解体)。

また世界中を見ても、現存するものは、志免の他にはベルギーと中国の撫順炭鉱の2か所だけだと言われている。

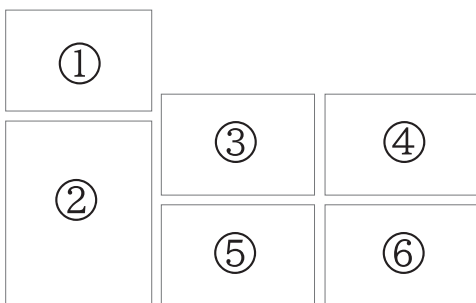
その姿は、機能的で無駄のない造形美をもつ近代建造物であり、世界の産業技術史を語る上でも大切な遺産であると言えるだろう。

堅坑櫓はその後、志免町が2013(平成25)年3月に策定した「重要文化財 旧志免炭業所堅坑櫓保存活用計画」に基づき、2018(平成30)年9月から保存修理工事を始め、町民はじめ多くの人々の力を結集し、2021(令和3)年10月に無事に完了した。

現在、堅坑櫓周辺には炭鉱関連遺跡の他、グラウンドやなかよしパーク、志免鉄道記念公園、志免町総合福祉施設「シーメイト」などがある。

今後は、文化財としての価値を損なわないよう継続的に保存に取り組みとともに、志免町に炭鉱のあった記憶を次世代に語り継いでゆき、日本の近代化を支えてきた堅坑櫓が、志免町のランドマーク、そして歴史と文化のシンボルタワーとして、広く親しまれることを願っているとのことである。

写真・文 井川幹雄(セメント協会)



- ① 堅坑櫓とボタ山、町の木「サクラ」がデザインされたマンホール蓋
- ② 堅坑櫓全景。櫓の真下に直径7m、深さ430mの堅坑があった
- ③ 第四海軍燃料廠採炭部時代の第五坑正門
- ④ 国鉄時代(昭和30年頃)の炭鉱の様子
- ⑤ ケージの巻き上げに使用された1,000馬力モーター(左)と大型滑車(右)
- ⑥ 炭鉱から採掘された石炭の一部

参考資料：志免町公式サイト、現地案内板等

このコーナーはセメント協会公式Instagramに掲載された全国の個性あふれるコンクリート建造物のいろいろな情報を織り交ぜながら隔月で紹介していきます。どうぞご期待ください。セメント協会公式Instagramでは、この他に数多くの建造物をアップしています。下記QRコードよりご覧いただけます。



セメント協会 Instagram
https://www.instagram.com/_jca_ssoc/



セメント協会 Instagram (旧志免炭業所堅坑櫓)
https://www.instagram.com/p/Covb7NUBa4n/

EVENT GUIDE イベントガイド

第50回プレストレストコンクリート技術講習会

配信期間： 2023年6月5日(月)～6月26日(月)
会 場： オンライン形式(オンデマンド動画配信)
参 加 費： 4,000円
申込方法： プレストレストコンクリート工学会 HPより申込み
問 合 せ： プレストレストコンクリート工学会
電 話： 03-3260-2521

コンクリート構造物の補修・補強に関するフォーラム2023 ～コンクリート構造物の健康寿命を延ばし、脱炭素社会の構築に寄与する～

開 催 日： 2023年5月11日(木)～8月31日(木)
※日程は各開催地によって異なる
[東京会場]2023年6月13日(火)～14日(水)
[大阪会場]2023年6月28日(水)～29日(木)
[福岡会場]2023年8月30日(水)～31日(木)
会 場： 詳細はHPの日程一覧より
参 加 費： 無料
定 員： 東京会場 1,200名, 大阪会場 1,100名, 福岡会場 1,000名
申込方法： コンクリートメンテナンス協会 HPより申込み
問 合 せ： コンクリートメンテナンス協会
電 話： 082-541-6444

第5回「i-Construction」の推進に関するシンポジウム

開 催 日： 2023年7月19日(水)
会 場： オンライン開催(Zoom)
参 加 費： フェロー会員・正会員 2,000円, 非会員 3,000円, 学生会員・非会員 無料
申込方法： 土木学会 HPより申込み
問 合 せ： 土木学会研究事業課建設マネジメント委員会 担当事務局
メ ー ル： momoi@jsce.or.jp

POWTEX 2023 国際粉体工業展大阪2023

開 催 日： [会場]2023年10月11日(水)～13日(金)
[オンライン]2023年9月27日(水)～11月10日(金)
会 場： インテックス大阪(南港)4・5号館
入 場 費： 1,000円
申込方法： 日本粉体工業技術協会 HPより申込み
問 合 せ： 日本粉体工業技術協会
電 話： 075-354-3581

第32回プレストレストコンクリートの発展に関するシンポジウム

開 催 日： 2023年10月26日(木)～27日(金)
会 場： ビッグバレットふくしま(福島県産業交流館)
参 加 費： 会員 16,000円, 非会員 21,000円, 学生会員 4,000円, 学生非会員 9,000円
申込方法： プレストレストコンクリート工学会 HPより申込み
問 合 せ： プレストレストコンクリート工学会シンポジウム係
電 話： 03-3260-2521

お知らせ

複写についてのお願い

セメント協会は下記協会に複写に関する権利委託をしております。本誌に掲載された著作物を複写したい方は、同協会より許諾を受けて複写して下さい。ただし(公社)日本複製権センター(同協会より権利を再委託)と包括複写許諾契約を締結されている企業の社員による社内利用目的の複写はその必要はありません(社外頒布用の複写は許諾が必要です)。なお、著作物の転載・翻訳などの複写以外の許諾は、直接セメント協会広報部門(☎03-5540-6175/出版担当)へご連絡下さい。

連絡先： (一社) 学術著作権協会 ☎170-0052 東京都港区赤坂9-6-41 乃木坂ビル
TEL 03-3475-5618 FAX 03-3475-5619 E-mail : info@jaacc.jp

お知らせ

J-STAGEで、セメント・コンクリート論文集を無償公開しています

セメント・コンクリート論文集は、セメント技術大会での発表論文に限定することなく、広く公募した論文の中からセメント・コンクリート論文集編集委員会が厳選した論文を掲載しています。これまで印刷版を刊行してまいりましたが、Vol.68(2014)より、国立研究開発法人 科学技術振興機構(JST)のJ-STAGE(<https://www.jstage.jst.go.jp/browse/cement-char/ja/>)でご覧いただけるようになりました。お仕事・ご研究にどうぞご活用ください。

名 称	開催期日	開催地	問い合わせ先	電話番号等	本誌掲載頁
第77回 セメント技術大会	2023年 5月17日～19日	東京都 および オンライン	(一社)セメント協会 研究所 技術情報グループ	03-3914-2692	表紙3
女性ネットワークの会 10周年記念行事・現場見学会(札幌)	2023年 5月29日	北海道	日本建築仕上学会	shiage@finex.jp	4月号 p.60
第35回環境工学連合講演会 クリーンリカバリーと環境工学	2023年 5月30日	東京都 および オンライン	日本建築学会事務局 環境工学連合講演会担当	2023env@aij.or.jp	4月号 p.60
第28回「豊かで住みよい国づくり」フォトコンテスト募集	2023年 5月31日締切	—	建設広報協会 フォトコンテスト係	03-3264-5501	3月号 p.41
第50回プレストレストコンクリート技術講習会	2023年 6月5日～26日	オンデマンド 動画配信	プレストレストコンクリート 工学会	03-3260-2521	本号 p.54
コンクリート構造物の補修・補強に関する フォーラム2023 ～コンクリート構造物の健康寿命を 延ばし、脱炭素社会の構築に寄与する～	2023年 6月14日～15日	東京都	コンクリートメンテナンス協会	082-541-0133	本号 p.54
	2023年 6月28日～29日	大阪府			
	2023年 6月28日～29日	福岡県			
第43回防錆防食技術発表大会	2023年 7月3日～4日	東京都	日本防錆技術協会 第43回防錆防食技術 発表大会事務局	03-3434-0451 jacc@jacc1.or.jp	4月号 p.60
コンクリート工学会次大会2023(九州)	2023年 7月5日～7日	福岡県	日本コンクリート工学会	03-3263-1571	4月号 p.60
第58回地盤工学研究発表会	2023年 7月11日～14日	福岡県 および オンライン	地盤工学会	jgs_support @nacos.com	4月号 p.60
第5回「i-Construction」の推進に関するシンポジウム	2023年 7月19日	オンライン	土木学会 研究事業課 建設マネジメント委員会 担当事務局	momoi@jsce.or.jp	本号 p.54
令和5年度全国大会 第78回年次学術講演会	2023年 9月11日～15日	広島県	土木学会事務局総務課 全国大会係	03-3355-3442 office2@jsce.or.jp	4月号 p.60
2023年度日本建築学会大会(近畿) 学術講演会、建築デザイン発表会	2023年 9月12日～15日	京都府 および オンライン	日本建築学会	03-3456-2051	4月号 p.60
POWTEX 2023 国際粉体工業展大阪2023	2023年 10月11日～13日	大阪府	日本粉体工業技術協会	075-354-3581	本号 p.54
	2023年 9月27日～11月10日	オンライン			
第23回コンクリート構造物の 補修、補強、アップグレードシンポジウム	2023年 10月12日～13日	京都市	日本材料学会 「コンクリート構造物の補修、 補強、アップグレード論文 報告集・シンポジウム」係	075-761-5321	2月号 p.22
第32回プレストレストコンクリートの発展に関する シンポジウム	2023年 10月26日～27日	福島県	プレストレストコンクリート 工学会 シンポジウム係	03-3260-2521	本号 p.54
第10回 構造物の安全性・信頼性に関する 国内シンポジウム	2023年 10月25日～27日	東京都	土木学会 JCROSSAR2023事務局	jcossar2023 @ml-jsce.jp	3月号 p.62
第16回日本地震工学シンポジウム	2023年 11月23日～25日	神奈川県	日本地震工学会事務局	03-5730-2831	4月号 p.60

※掲載中の情報は状況により中止・延期の場合がございます。各主催HP等にて最新情報をご確認ください。

セメント協会の動画配信・WEBセミナーのご案内

セミナー・講座名	会場名	土木学会 CPD(単位)
1 DAY PAVE 製造施工マニュアル[第1版]の概要(約26分)	WEB	-
動画で学ぶ断面修復工法の基礎知識(約34分)		-
コンクリート舗装の基礎知識(約33分)		-
セメント系固化材の基礎知識(約45分)		-
セメント系補修・補強材料の基礎知識(約29分)		-
地盤改良に関する試験について(約31分)		0.5

セミナーに関する詳細・お申込みはセメント協会 動画配信サイトをご覧ください ▶▶▶ <https://jcafukyu.jp/>

セメント協会の出版物



「はじめて学ぶ セメント・コンクリート」をコンセプトに1973年から47年、おなじみの「常識」が第24版を迎え発刊いたしました。「セメントはなぜ固まるの?」「コンクリートって何ですか?」といった初歩的な疑問から、セメント・コンクリート技術とその使い方まで、さらに環境のことを考えたセメント産業の「いま」、セメントに関する国内外の統計データをカバー。最新のJISにも対応済みです。次代を担う新人の研修から知識の再整理まで、自信を持っておすすめするお役に立てる一冊です。

A4版・オールカラー 72ページ 定価2200円（税込）
（月刊セメント・コンクリート定期購読者は1割引）

お求め・お問い合わせは…
一般社団法人セメント協会 図書販売係 まで
 東京都中央区新富二丁目15番5号 RBM築地ビル2階
 TEL 03-5540-6173 FAX 03-5540-6181

「セメントの常識」
 緑の表紙の常識、新版出ました！
 おすすめです。

セメント・データファイル

※千(以下を四捨五入したため、必ずしも合計に合致しない)

生産

種類		23年				23年			
		1月	前年比	2月	前年比	1月	前年比	2月	前年比
ポルトランドセメント	普通	2,366	92.5	2,460	90.7				
	早強・超早強	255	85.6	304	97.2				
	中庸熱	56	94.3	61	85.9				
	低熱	18	96.5	19	181.2				
	耐硫酸塩	0	-	0	-				
	その他	0	-	0	-				
	小計	2,694	91.9	2,843	91.6				
混合セメント	高炉	663	90.1	804	95.2				
	シリカ	0	-	0	-				
	フライアッシュ	3	82	2	136.8				
	その他	52	57.5	88	81.3				
	小計	719	86.5	894	93.7				
その他のセメント		13	99.3	11	137.3				
計		3,426	90.7	3,749	92.2				
輸出用クリンカ等		244	68.4	189	40.4				
合計		3,670	88.8	3,938	86.8				

販売

地区		23年			23年		
		1月	前年比	構成比	2月	前年比	構成比
北海道	78	97.1	3.1	96	108.0	3.3	
東北	163	95.3	6.4	186	96.4	6.4	
関東一	617	96.4	24.4	699	98.0	24.0	
関東二	251	97.5	9.9	291	98.8	10.0	
北陸	81	82.2	3.2	104	98.2	3.6	
東海	330	99.4	13.1	364	103.2	12.5	
近畿	384	95.8	15.2	452	105.1	15.5	
四国	94	87.7	3.7	106	91.2	3.6	
中国	147	88.2	5.8	177	96.8	6.1	
九州	327	93.9	12.9	380	97.8	13.0	
沖縄	56	93.3	2.2	62	97.2	2.1	
計	2,527	94.9	100.0	2,916	99.6	100.0	

輸出

地域・仕向地		23年		23年	
		1月	2月	1月	2月
アジア	韓国	30	38		
	中国	0	0		
	台湾	27	25		
	香港	73	66		
	フィリピン	0	23		
	シンガポール	123	163		
	マレーシア	0	0		
その他	小計	253	315		
	大洋州	274	163		
	中南米	0	0		
	小計	274	163		
合計		527	478		

需給

項 目		生 産		販 売						期末在庫		輸 入		内 需		固化材 原料他
		前年比	国 内	前年比	輸 出	前年比	合 計	前年比	前年比	前年比	前年比	前年比	前年比			
会 計 年 度	2012	59,488	103.3	43,754	104.4	9,632	96.3	53,387	102.8	4,140	98.3	822	111.4	44,577	104.5	6,173
	2013	62,392	104.9	46,953	107.3	8,503	88.3	55,455	103.9	4,412	106.6	752	91.4	47,705	107.0	6,665
	2014	61,139	98.0	45,048	95.9	9,421	110.8	54,469	98.2	4,580	103.8	503	66.8	45,551	95.5	6,502
	2015	59,238	96.9	42,347	94.0	10,583	112.3	52,930	97.2	4,684	102.3	320	63.7	42,668	93.7	6,204
	2016	59,271	100.1	41,497	98.0	11,529	108.9	53,027	100.2	4,393	93.8	280	87.4	41,777	97.9	6,536
	2017	60,360	101.8	41,701	100.5	11,808	102.4	53,508	100.9	4,189	95.4	175	62.6	41,876	100.2	7,056
	2018	60,230	99.8	42,499	101.9	10,371	87.8	52,870	98.8	4,446	106.1	91	51.8	42,589	101.7	7,103
	2019	58,135	96.5	40,948	96.4	10,532	101.6	51,480	97.4	4,492	101.0	22	24.6	40,970	96.2	6,609
	2020	56,053	96.4	38,650	94.4	11,113	105.5	49,763	96.7	4,332	96.4	20	90.0	38,670	94.4	6,450
	2021	55,741	99.4	37,872	98.0	11,484	103.3	49,356	99.2	4,347	100.3	10	52.0	37,882	98.0	6,371

セメントハンドブック 2022年度版

インターネットからご覧下さい

わが国セメント産業のデータ集「セメントハンドブック」は、2018年度版より電子書籍化して公開しております。企業概要・需給状況・流通・原料・エネルギー・生産性・関連製品・市況・世界のセメント需給・関連経済指標と多岐にわたり掲載。業界人必須の一冊をお手元の端末で、いつでもどこからでも閲覧可能です。

セメントハンドブック2022年度版
https://www.jcassoc.or.jp/cement/4pdf/jj3h_06.pdf

セメント協会HPはこちら
<https://www.jcassoc.or.jp/>

※本書の閲覧およびダウンロードのご利用は無料ですが、別途通信料が発生いたします。

主要建設工事・資材統計

年月	建設工事受注動態統計(出所:国土交通省)						(単位:億円)
	合計	国	独立行政法人	政府企業	都道府県	市区町村	その他
2020年度	213,794	46,422	6,039	26,182	56,847	60,006	5,490
2021	200,576	37,859	4,863	27,757	55,153	55,820	5,717
2022年1月	9,739	1,976	235	1,905	2,970	1,838	141
2	11,513	3,388	253	1,744	2,934	2,048	552
3	34,541	10,188	989	4,423	10,489	5,890	655
4	13,561	3,979	279	2,292	3,043	2,333	341
5	10,892	1,552	382	1,165	1,811	4,484	880
6	20,290	2,684	420	2,103	3,976	8,783	721
7	16,770	2,748	281	1,042	4,762	6,543	238
8	17,167	2,753	302	1,235	5,671	5,744	532
9	24,272	5,104	541	2,332	6,897	7,595	499
10	17,406	2,195	627	1,679	6,564	5,028	321
11	13,077	1,665	607	1,475	4,773	3,412	370
12	15,489	1,686	380	2,025	4,598	5,667	360
2023年1月	11,173	2,240	677	1,553	3,037	2,477	439
2月	20,885	51,595	929	16,399	40,141	4,498	4,064

年月	着工建築物 構造別 床面積の合計(出所:国土交通省)								(単位:万㎡)
	合計	構造別						用途別	
		木造	鉄骨鉄筋 コンクリート造	鉄筋 コンクリート造	鉄骨造	コンクリート ブロック造	その他	居住用	非居住用
2020年度	11,430	4,978	189	2,157	4,027	6	73	6,938	4,492
2021	12,246	5,280	197	2,129	4,558	6	78	7,440	4,806
2022年1月	862	349	14	127	348	0.3	4	538	324
2	922	370	23	192	331	0.5	5	551	371
3	979	403	10	206	351	0.5	7	616	363
4	1,127	417	29	268	403	0.4	7	640	486
5	970	411	30	180	341	0.6	8	578	392
6	1,105	446	13	213	425	0.5	7	626	479
7	1,125	438	25	218	435	0.6	8	627	498
8	1,042	437	13	232	350	0.5	9	645	397
9	968	437	7	193	322	0.6	8	610	358
10	990	433	21	181	345	0.6	9	630	360
11	957	425	16	158	346	0.6	12	606	351
12	897	386	14	170	319	0.4	7	558	339
2023年1月	928	330	40	250	299	0.5	8	538	390
2月	902	352	58	194	343	0.5	6	545	357

※単位は万㎡以下を四捨五入したため、必ずしも合計に合致しない

年月	建設工事受注動態統計(大手50社)(出所:国土交通省)								(単位:億円)
	総計	民間			公共機関		建築	土木	大規模工事 未消化工事高 (月末)
		計	製造業	計	国の機関	計			
2020年度	148,811	100,964	19,924	39,055	27,079	96,084	52,727	90,630	191,713
2021	150,979	109,267	24,237	33,500	21,885	103,889	47,090	100,146	202,497
2022年1月	11,660	7,955	1,408	2,892	1,952	8,014	3,641	8,180	194,534
2	12,152	9,464	2,400	2,280	1,700	8,766	3,387	8,875	193,576
3	28,665	21,001	4,095	6,090	4,030	18,978	9,687	21,341	202,497
4	9,462	6,623	2,182	2,268	1,578	6,347	3,114	6,028	201,690
5	8,930	6,695	2,012	1,038	754	6,290	2,640	5,317	201,369
6	15,741	11,290	3,251	2,525	1,676	11,414	4,327	9,697	202,288
7	9,176	6,529	2,073	1,839	991	6,310	2,865	5,351	202,222
8	10,334	8,302	3,261	1,451	1,146	7,711	2,624	6,649	202,166
9	21,617	13,586	3,925	5,298	4,177	13,970	7,647	15,040	208,186
10	10,520	7,331	1,341	2,426	1,311	7,400	3,120	6,998	208,774
11	9,636	6,849	1,908	2,121	1,590	6,736	2,900	5,906	206,833
12	17,593	14,275	5,184	3,208	1,707	13,048	4,544	14,299	207,841
2023年1月	10,021	6,986	1,556	2,452	1,782	6,867	3,154	6,992	207,251
2月	14,867	9,285	1,928	5,010	3,207	9,662	5,204	11,344	-

※受注高10億円以上の国内工事のみを対象

年月	企業物価指数(出所:日本銀行)										(2020年平均=100)
	総平均	セメント	生コンクリート	セメント製品	製材	砂利・採石	形鋼	小形棒鋼	金属製品	建設・鉱山機械	
2020年平均(C.Y.)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
2021年平均(C.Y.)	104.6	100.5	101.4	101.9	140.9	102.5	123.0	120.3	101.5	100.1	
2020年度平均(F.Y.)	99.8	100.1	100.2	100.5	100.2	101.7	101.2	100.7	100	100.3	
2021年度平均(F.Y.)	107.0	100.6	102.1	102.4	156.9	102.8	130.9	129.0	103.3	100.2	
2022年1月	109.3	100.5	102.9	103	165.1	103	139.7	138	106.2	101.6	
2	110.3	100.5	103.5	103.6	164.5	103.2	140.2	140	106.7	102	
3	111.4	101.7	103.6	103.5	164.7	103.2	142.6	145.2	107.5	101.6	
4	113.3	106.6	103.7	103.7	167.6	104.6	150.4	148.9	108.5	101	
5	113.3	108.8	105	104.7	168.1	106.3	155.1	153.9	109.5	101.8	
6	114.3	110.8	106	106.2	166.8	107.3	157.1	158.3	111.2	103.6	
7	115.2	110.8	107	107.7	165.8	107.3	159.4	159.8	114	104.4	
8	115.7	111.1	108.5	108.4	163.8	107.7	160.3	160.6	114.6	105	
9	116.9	114.9	111.8	109.9	160.8	107.9	160.4	161.9	115.5	105.6	
10	118.1	118.1	114.5	111.8	154.7	109.8	159.7	159.7	117.3	106	
11	119.1	120.4	115.2	114.3	153.8	109.8	159.3	161.8	118.1	106.2	
12	119.8	120.4	115.9	115.3	152.7	109.8	159.3	161.4	118.7	106.2	
2023年1月	119.8	120.4	116.1	115.7	148.8	109.8	158.8	162.8	120	106.8	
2月	119.4	120.4	116.6	116	145	111.4	159.1	164	120.6	106.9	
3月	119.4	120.4	116.6	116.2	142.1	111.4	159	165.2	120.9	107.2	

※企業物価指数が2020年基準に変更

年月	品目	主要セメント製品出荷高Ⅰ(出所:経済産業省)				
		遠心力鉄筋コンクリート製品			空洞 コンクリートブロック (千個)	護岸用 コンクリートブロック (t)
		管 (t)	ポール (t)	パイプ (t)		
2020年12月		12,208	37,450	118,215	5,922	60,604
2021年12月		9,887	37,243	104,406	5,351	54,364
2022年1月		11,706	34,446	98,983	4,091	55,355
2		10,378	31,936	123,327	5,000	59,450
3		10,307	33,000	149,572	5,431	47,976
4		8,489	30,480	139,768	5,963	40,209
5		7,330	28,302	115,727	5,116	34,545
6		10,485	32,237	124,415	5,506	30,521
7		8,408	31,271	115,814	5,138	31,719
8		7,645	30,995	112,248	4,769	26,945
9		9,466	32,253	125,194	5,214	25,124
10		10,737	33,214	132,971	5,338	36,892
11		12,286	34,069	123,269	5,527	38,818
12		10,631	30,719	112,858	5,281	42,085
2023年1月		8,970	27,442	108,222	4,048	42,004
2月		10,034	27,960	128,634	4,946	46,654

年月	品目	主要セメント製品出荷高Ⅱ(出所:経済産業省)			
		PC製品		木毛・木片・セメント板 (千枚)	気泡コンクリート製品 (㎡)
		はり・けた (t)	その他 (t)		
2020年12月		17,054	55,845	2,740	110,898
2021年12月		15,948	54,642	2,595	118,751
2022年1月		8,771	41,831	2,315	96,860
2		15,218	43,062	2,474	91,643
3		20,647	56,579	2,758	103,188
4		15,969	51,271	2,527	98,544
5		14,242	40,732	2,338	91,205
6		16,974	49,821	2,695	107,363
7		13,715	41,894	2,593	103,755
8		12,408	35,475	2,538	100,701
9		13,947	42,105	2,648	112,161
10		11,097	33,241	2,422	117,669
11		8,850	29,573	2,588	117,623
12		10,593	29,525	2,498	114,000
2023年1月		6,847	21,091	2,183	92,185
2月		9,203	18,687	2,336	92,707

顧問

長瀧 重義 東京工業大学 名誉教授

委員長

小堀 規行 住友大阪セメント(株) 常務執行役員 セメント・コンクリート研究所長

委員

石橋 忠良 J R東日本コンサルタンツ(株) 技術統括

伊藤 智章 U B E三菱セメント(株) 技術戦略部 部長

伊藤 康司 全国生コンクリート工業組合連合会 中央技術研究所 所長

内田 俊一郎 太平洋セメント(株) 中央研究所 研究開発推進部 部長

河村 直彦 (一社)プレストレスト・コンクリート建設業協会((株)ピーエス三菱)

岸 利治 東京大学 生産技術研究所 教授

黒岩 秀介 大成建設(株) 技術センター 都市基盤技術研究部 部長(研究担当)

黒田 泰弘 清水建設(株) 技術研究所 構造・生産技術センター 主席研究員

古賀 裕久 (国研)土木研究所 先端材料資源研究センター 上席研究員

小林 竜平 竹本油脂(株) 第三事業部 研究開発部 コンクリートグループ マネージャー

坂井 悦郎 東京工業大学 名誉教授

坂井 吾郎 鹿島建設(株) 技術研究所 主席研究員

棚野 博之 (国研)建築研究所 材料研究グループ シニアフェロー

流 龍成 住友大阪セメント(株) セメント・コンクリート研究所 研究企画グループ グループリーダー

野口 貴文 東京大学 大学院 工学系研究科 教授

平田 隆祥 (株)大林組 技術本部 技術研究所 生産技術研究部 上級主席技師

平本 真也 日鉄高炉セメント(株) 技術開発センター 技術開発グループ グループリーダー

前田 禎夫 麻生セメント(株) 品質技術部 部長

森川 嘉之 (国研)港湾空港技術研究所 地盤研究領域長

山路 徹 (国研)港湾空港技術研究所 構造研究領域長

窪木 康雄 (一社)セメント協会 セメント系固化材普及専門委員会 委員長

宮脇 賢司 (一社)セメント協会 セメント系固化材技術専門委員会 委員長

大石 英男 (一社)セメント協会 生産・環境幹事会 幹事

廣川 誠一 (一社)セメント協会 常務理事

吉田 雅彦 (一社)セメント協会 研究所長

一般社団法人 セメント協会加盟会社

八 戸 セ メ ン ト (株)	敦 賀 セ メ ン ト (株)
日 鉄 高 炉 セ メ ン ト (株)	(株) デ イ ・ シ イ
日 鉄 セ メ ン ト (株)	デ ン カ (株)
東 ソ ー (株)	麻 生 セ メ ン ト (株)
(株) ト ク ヤ マ	U B E 三 菱 セ メ ン ト (株)
琉 球 セ メ ン ト (株)	明 星 セ メ ン ト (株)
苅 田 セ メ ン ト (株)	日 立 セ メ ン ト (株)
太 平 洋 セ メ ン ト (株)	住 友 大 阪 セ メ ン ト (株)

6月号 予告 セメント・コンクリート

- JCA Report / 2022年度セメント需給と今後の展望,
2022-OCセメント共同試験 結果と最近10年間の推移
- セメント・コンクリート分野におけるCO₂削減-建築基準に
おける課題と方策-
- コンクリートのひび割れ点検の高精度化と効率化を目指して
-ひび割れ画像解析技術[t.WAVE]の開発-
- 熱力学的相平衡計算を用いたセメントマトリックス組成の推定
平衡計算の特徴
- 環境負荷低減が期待されるジオポリマーの可能性
- シリーズ/セメント産業 脱炭素・低炭素社会を目指すキーワード
低温でCO₂からメタノールを合成できる触媒の開発
- シリーズ/セメント系固化材 その特性と広がる可能性⑤
セメント改良技術の適用事例・深層混合処理・粉体噴射攪拌工法
(DJM工法)
- ずいそう(本田顕子) ほか



主要地方道秋田北インター線コンクリート舗装による現道補修-
アスファルト舗装からコンクリート舗装へ

セメント・コンクリート No.915 5月号
2023(令和5)年5月15日発行

定価1100円 本体1000円 ⑩

発行者	乾 敏一
編集者	小宮山 慎一郎
発行所	一般社団法人 セメント協会 〒104-0041 東京都中央区新富2-15-5 RBM築地ビル2階
電話	03-5540-6171 (代表) 03-5540-6175 (広報部門/出版担当) 03-5540-6173 (図書販売)
FAX	03-5540-6181
研究所	〒114-0003 東京都北区豊島4-17-33
電話	03-3914-2691 (代表)
FAX	03-3914-2690

- 予約購読のご案内/予約購読をご希望の方は1年分 11,000円 (税込み/送料当協会負担)を「振替」または「現金書留」で直接当協会にお申込み下さい。
- 本誌への広告申込みはセメント協会広報部門/出版担当 ☎ 03-5540-6175へ
- セメント協会加盟会社の購読料は会費に含まれます。

本誌へのご意見、ご感想、ご要望、送付先の変更などは、セメント協会ホームページまたは出版担当直通までEメールでお寄せください。

メールアドレス (出版担当)
cemecon@jcassoc.or.jp

ホームページ
https://www.jcassoc.or.jp

セメント協会ホームページ



セメント・コンクリート論文集 Vol.77(2023年度)
論文募集のご案内

一般社団法人セメント協会

セメント協会では、セメント・コンクリート論文集 Vol.77(2023年度)に掲載するための論文を募集いたします。「セメント・コンクリート論文集投稿要領」および「セメント・コンクリート論文集原稿執筆要領」をご高覧のうえ、ふるってご応募ください。

● 1. 論文の申込み

1. 1 申込み方法

セメント協会ホームページの
トップページ「イベント・募集」>>募集「セメント・コンクリート論文集」>>募集要項
から論文申込み(下記 URL)の申込みフォームに必要事項すべてを明記の
うえ、締切日までにお申込ください。
https://req.qubo.jp/jcalab/form/S0A3d6NW

1. 2 提出原稿

査読原稿の PDF ファイル
(「原稿執筆要領」および「投稿要領」をご参照ください)

● 2. 論文投稿受付期間 2023年4月1日(土)～5月31日(水)17時(厳守)

● 3. 公開までのスケジュール(予定)

- 1) 申込みの送信：5月31日(水)17時まで
- 2) 申込み受理の通知：申込み受理から1週間以内
- 3) 原稿(PDF ファイル)の提出：審査番号通知から3日以内
- 4) 査読：6月下旬～8月下旬
- 5) 1次審査結果の通知：9月下旬
- 6) 著者の審査結果に対する応答(修正原稿の提出)：10月中旬～11月上旬
- 7) 2次審査結果の通知：11月中旬
- 8) 版下原稿の著者校正：版下原稿到着より2週間以内
- 9) 公開：2024年3月

● 4. 投稿のための費用 無料

● 5. 論文賞の授与

セメント・コンクリート論文集(過去2ヵ年)に掲載された論文の中から特に優秀と認めた論文に対し、『セメント協会論文賞』を授与いたします。

● 6. セメント・コンクリート論文集の公開

採択された論文は、国立研究開発法人科学技術振興機構のJ-STAGE上および当協会ホームページの論文検索サービスより公開いたします。

● 7. 提出および問合せ先(事務局)

〒114-0003 東京都北区豊島4丁目17番33号
一般社団法人セメント協会 研究所 技術情報グループ
TEL：03-3914-2692 E-mail：jca_event@jcassoc.or.jp

投稿要領、原稿執筆要領はセメント協会ホームページに掲載していますのでご確認ください。

セメント・コンクリート論文集論文投稿申込事項

1. 希望審査部門

化学・土木・建築のうち審査を希望する部門を記入する。

2. 目次分類項目

以下の12項目の中から最も論文内容に適した1項目を記入する。
〔①セメント化学 ②セメント硬化体・モルタルの物性 ③コンクリートの試験・評価 ④コンクリートの物性 ⑤耐久性 ⑥高強度・高流動コンクリート ⑦繊維補強コンクリート ⑧補修・補強 ⑨環境・リサイクル ⑩セメント系固化材 ⑪セメント系新材料 ⑫その他〕

3. 本文の使用言語

日本語・英語のどちらかを記入する。

4. 論文標題(日本語)

5. 論文標題(英語)

4.を英訳したものを**大文字半角**で記入する。

6. キーワード(日本語)

8語以内で記入する。

7. KEY WORDS(英語)

6.を英訳したものを、頭文字のみ大文字にして半角で記入する。

8. 著者〔4名以内〕

著者全員分〔**4名以内**〕を記入する。

8.1 氏名

著者が4名いない場合は、“－”と記入する。

8.2 所属機関・部署名

所属・部署が同じ場合でも必ず記入する。

9. 研究調査の目的

200文字以内、日本語で記入する。

10. 独創性および強調すべき点等

200文字以内、日本語で記入する。

11. 学術的または実用的価値について

200文字以内、日本語で記入する。

12. 連絡先

12.1 連絡担当者氏名

論文集発刊まで論文に関する連絡はすべて連絡担当者宛に行うので投稿者各位の夏季休暇時でも連絡可能な方を記入する。

12.2 所属機関・部署名

所属機関名・部署名は配達物が迅速かつ確実に届くように詳しく記入する。

12.3 所在地

郵便番号から記入する。

12.4 電話番号

12.5 E-mail

☆ 登録に必要な内容であるため、以上の項目をすべてもれなく記入してください。

☆ 個人情報の保護について
お預かりいたしました個人情報につきましては、当協会ホームページに掲載しております「個人情報保護方針」および「個人情報の取り扱いについて」に基づき、安全かつ適正に管理させていただきます。

セメント・コンクリート論文集投稿要領

1. 投稿者資格

セメント協会の会員、会員外を問わない。

2. 掲載論文の条件

2.1 審査規準

(1) 採択規準

a)

セメント、コンクリートおよびその関連研究に関する論文であること。

b)

未発表のものであること。
ただし、次の項目に該当するものは未発表とみなす。
i. セメント技術大会で発表したもの。
ii. シンポジウム、研究発表会、国際会議などで梗概または資料として発表したもの。
iii. 大学の紀要、研究機関の研究所などで部内発表したもの。
iv. 国、自治体、業界、団体からの委託研究の成果報告書。

c)

次の項目のいずれかに該当すること。
i. 独創性のある包括的研究で、発展性の期待できるもの。
ii. 新しい知見を与える有用性、実用性に富んだ実測・実験・調査等の研究で、信頼性が高く、学術的、技術的に価値のあるもの。
iii. 独創性のある理論的または実証的な研究で、完成度の高いもの。

(2) 不採択規準

a)

論旨が不明確で、論文として完結していないもの。

b)

セメント、コンクリートおよびその関連研究でないもの。

c)

セメント・コンクリート系複合材料の構造体の力学特性に関するもの。

d)

既発表のもの。

e)

独創性、実用的価値、新規性のいずれもが認められないもの。

f)

内容に誤りのあるもの。

g)

宣伝性の強いもの。

h)

第1次審査の指摘事項に対する対応ができていないもの。

i)

執筆要領に違反するもの。

2.2 論文1編あたりの著者数 4名以内とする。

3. 論文集の形式

3.1 使用言語

(1) 日本語もしくは英語を使用する。

(2) 日本語の場合は、標題、著者名、所属機関名および所属部署名、所在地、要旨、キーワードの英訳を付す。

(3) 図、表および写真中の文字およびタイトルは英語を使用する。

3.2 刷り上がり

(1) 論文集の刷り上がりはA4判、2段組(1行25文字×50行)とする。

(2) 論文1編あたりの頁数は6頁以上8頁以内とする。

(3) 他論文との整合を図るため、必要に応じてレイアウトの調整を編集者が行う。

4. 審査方法〔セメント・コンクリート論文集掲載論文の審査細則の運用について〕より〕

4.1 査読 論文集編集委員会の指名する委員1名、査読員2名、計3名の査読者により行う。

4.2 審査 査読結果に基づき論文集編集委員会により公正に審査し、論文投稿者に対し委員長名で審査結果を通知する。

5. 論文の執筆および投稿方法

5.1 論文の執筆 「セメント・コンクリート論文集原稿執筆要領」による。

5.2 論文投稿時の提出物

(1) 申込後に以下のものを受付期間内に提出する。

1)

投稿原稿のPDFファイル

(2) 1次審査で訂正が必要と判断された場合、以下のものを提出する。

1)

修正原稿のPDFファイル【修正箇所を赤字で示したもの（2次審査で使用）】

2)

修正原稿のPDFファイル【文字の属性(上付き・下付き)をマーカーで示したもの（版下原稿作成の際に使用）】

3)

訂正指示書への回答書のPDFファイル

4)

修正原稿の電子データ

5)

図、表、写真の電子データ

6)

数式の電子データ

6. 版下原稿の校正 修正原稿より作成した版下原稿の校正は論文投稿者の責任において行う。

7. 提出期限の厳守 投稿論文の提出から著者校正の提出まで、それぞれの期限を厳守すること。期限を過ぎて到着したものは受理しない。

8. 論文検索システムへの蓄積と公開 採択論文はセメント協会の論文検索システムのデータとして蓄積、利用され、セメント協会およびセメント協会が許諾したウェブサイトで、全ページ(図版・写真等を含む)が公開されることを前提とする。

9. 著作権の帰属(譲渡)

(1) 公開された論文の著作権(著作財産権)をセメント協会に帰属(譲渡)する。

(2) 公開された論文の著者が、自分の論文を自らの用途のために利用することについて制限しない。

(3) 第三者から、公開された論文の全文、または一部の複製利用(翻訳として利用する場合を含む)の申し込みを受けたときには、特に不適切とみなされる場合を除き、セメント協会はこれを許諾することができる。
この場合、セメント協会は著者に著作物利用の概要を通知する。

著作権の取り扱いについて

著作者の権利は、人格的な利益を保護する**著作者人格権**と財産的な利益を保護する**著作財産権**の2つに分かれます。
・**著作者人格権(表現権)**：同一性保持権、公表権、氏名表示権など
・**著作財産権**：複製権・公衆送信権など
通常、掲載された論文は、セメント・コンクリート論文集投稿要領により、著作財産権はセメント協会に譲渡(帰属)されますが、著作者人格権は譲渡の対象外であり著者にのみ帰属します。

以上

セメント・コンクリート No.915, May, 2023

62

セメント・コンクリート No.915, May, 2023

63

セメント・コンクリート論文集 原稿執筆要領(和文原稿)

一般社団法人セメント協会

【執筆にあたっては、ホームページに掲載のテンプレート(Word)をご活用ください】

1. 論文集の形式

1.1 使用言語

- (1) 日本語を使用する。
- (2) 図、表および写真中の文字およびタイトルは、英語を使用する。
- (3) 標題、著者名、所属機関および部署名、所在地、要旨、キーワードは英訳を付す。

1.2 用字および用語

文章は簡潔に、原則として常用漢字および現代かなづかいを用い、用語については文部科学省学術用語、JISおよび関係学会等の用語辞典から選択することが望ましい。

1.3 使用フォント

- サイズを10.5pt（標題は14pt）とし、字体は以下の通りとする。
 - ※和文 明朝体を標準(MS明朝など)
 - ※英数字 Century, Times, Times New Roman など

1.4 句読点

句読点は「、」「。」を使用する。

1.5 英数文字

半角を使用して記入する。ローマ数字、ギリシャ文字も、半角英数字フォント(Times New Roman 等)を使用して記入する。

a、B、 α 、 β 、 γ 、l、23、i、iv、I、Ⅲ、Ⅺ

1.6 単位および記号

半角を使用して、単位はSI単位を標準として記入する。

m、mm、mol、N、J、N/mm²

1.7 化学式

半角を使用して記入する。

3CaO・Al₂O₃・3CaSO₄・32H₂O

1.8 ページ数等の記入の禁止

提出原稿にページ数を記入しないこと。

1.9 刷り上がり

論文集の刷り上がりは、以下の通りとなるよう原稿の執筆に留意する。

- (1) A4判、2段組(中央8mmスペース)とする。
- (2) 文字数および行数は、1段あたり25文字×50行とする。
- (3) 「1.10原稿の構成」に示す、全ての内容を含めて6頁以上8頁以内とする。

1.10 原稿の構成

原稿の構成は下記による。

- (1) 標題 (「2.」参照)
- (2) 著者名(4名以内) (「3.」参照)
- (3) 所属機関名、所属部署名および所在地 (「4.」参照)
- (4) 要旨(200文字以上300文字以内) (「5.」参照)
- (5) キーワード(8語以内) (「6.」参照)
- (6) 本文 (「7.」参照)
- (7) 謝辞(必要な場合) (「11.」参照)
- (8) 参考文献 (「12.」参照)
- (9) 標題および要旨等の英訳 (「13.」参照)
 - a) TITLE
 - b) AUTHOR(S)
 - c) AFFILIATION AND ADDRESS
 - d) ABSTRACT
 - e) KEY WORDS

2. 標題の書式

1頁1行目に、フォントサイズを14ptとし、中央揃えで記入する。

3. 著者名の書式

標題から2行空けて、以下の要領で記入する。

- (1) 中央揃えで記入する。
- (2) 著者間は全角スペースで区切り、姓名の間はスペースを入れない。
- (3) 著者名の右末尾に、「*1」「*2」と番号を付けて、所属機関名および所属部署名を導く。所属機関・部署が同じ場合は、同じ番号を付す。

4. 所属機関名、所属部署名および所在地の書式

著者名から2行空けて、著者名に付した番号に対応するものを以下の要領で記入する。

- (1) 所属機関名および所属部署名は正式名称とし、○○大学 ○○学部○○学科、○○大学 大学院○○系○○学専攻、○○株式会社 ○○部、財団法人○○ ○○研究所○○部まで記入する。
- (2) 所属機関名と所属部署名は全角スペースで区切る。
- (3) 所在地は、全角の括弧書きとする。
- (4) 所在地は、「〒」の後に、郵便番号を半角数字で記入し、都道府県名から記入する。なお、丁目、番地は半角数字を使用して記入する。

□：スペースを示す

○○○セメントを使用したコンクリートの長期暴露性状

[1行空]

[1行空]

東京幸三*1□北春男*2□豊島幸子*3□八重洲研二*2

[1行空]

[1行空]

*1□○○大学□○○学部○○学科(〒111-0003 ○○県○○市○○町2-3-15)

*2□○○大学□大学院○○系○○学専攻(〒114-0003 東京都○○区○○1-3-1)

*3□○○株式会社□○○部(〒111-0003 ○○県○○市○○区○○○2-1)

14pt
空
空
空
空
空

5. 要旨の書式

所在地から2行空けて、ゴシック体(MSゴシックなど)で「**要旨：**」を左詰めで記入した後、続けて200文字以上300文字以内で記入する。

6. キーワードの書式

要旨から2行空けて、ゴシック体(MSゴシックなど)で「**キーワード：**」を左詰めで記入した後、続けて8語以内で日本語のキーワードを記入する。

7. 本文の書式

キーワードから2行空けて2段組で、以下の要領で記入する。

- (1) 見出し番号は、下記のようにし全角で記入する。
 - 1. ○○○○○○○○
 - 1.1 ○○○○○○○○
 - (1) ○○○○○○○○
 - a) ○○○○○○○○

- (2) 各章から次の章の見出しに移る場合は改行し、必ず1行空ける。

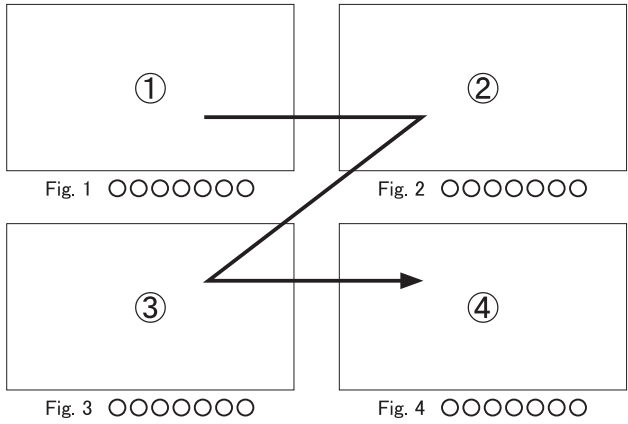
□：全角スペースを示す

要 目 か ら	1行		[1 行 空]	
	2行		[1 行 空]	
	3行	キーワード：セメント，ビーライト系セメント，圧縮強度，水和熱，…		
	4行		[1 行 空]	
	5行		[1 行 空]	
	6行	1. ○○○○○○○○○○	○○であった。	
	7行	1. 1 ○○○	[1 行 空]	
	8行	(1) ○○○	3. ○○○○○○○○○○	
	9行	a)○○○	○○○○○○○○○○○○○○○○○○	
	10行	[1 行 空]	○○○○○○○○○○○○○○○○○○	
	11行	2. ○○○○○○○○○○○○○○○○○○	○○○○○○○○○○○○○○○○○○	

8. 図、表および写真

図、表および写真は、以下の要領で作成し挿入する。

- (1) 図、表、写真中の文字およびタイトルは、英語で記入する。
- (2) 図、表および写真に、それぞれ通し番号を付し、ゴシック体（MSゴシックなど）で下記の通りにタイトルを記入する。
(□：半角スペースを示す)
図の場合は、「Fig.□1□□○○○」を図の下に記入する。
表の場合は、「Table□1□□○○○」を表の上に記入する。（※ピリオド「.」無し）
写真の場合は、「Photo.□1□□○○○」を写真の下に記入する。
- (3) 幅は、2段組の1段に収まるように、80mm以内を標準とする。80mmを超える場合は、2段分のスペースに収まる幅とする。
- (4) 頁の上下に位置するように配置する。複数ある場合は、まとめて以下のように配置する。
- (5) カラーを希望の場合は、カラー原稿を提出する。



9. 数式の書式

数式を入れる場合は、以下の要領で記入する。

- (1) 上下1行空けて全角4文字分のスペースを入れてから記入する。
- (2) 全角 [] 付きの式番号を、点線は入れずに右揃えで記入する。
- (3) 文中での引用は、「式 [1]」とする。

□：全角スペースを示す

1行		[1 行 空]	
2行	□□□□Y=√ax + b		[1]
3行		[1 行 空]	
4行	□□□□ここにa：実験定数		
5行	□□□□b：実験定数		
6行		[1 行 空]	
7行	式 [1] に示すように、○○○○○○○○○		

10. 参考文献の引用

本文中の該当箇所の末尾に、以下の要領で記入する。

- (1) 半角英数字を使用して、文献番号を上付き片括弧で記入する。
- (2) 参考文献が複数ある場合は、文献番号をカンマ「,」で区切り、文献番号が連続する場合は必要に応じて「～」を使用し、最後に片括弧を記入する。

1行	○○○らが提唱する理論式 ^{1, 2)} をもとに、本実験
2行	結果の解析を行った。その結果、既往文献 ^{2～8)} と

11. 謝辞

謝辞を入れる場合は、本文末尾から1行あけ、ゴシック体(MSゴシックなど)で「謝辞:」を左詰めで記入し、改行後に記入する。

本文末尾 から	1行		[1 行 空]	
	2行	謝辞：		
	3行	本実験は、○○○○○○○○○○○○○○○○○		

12. 参考文献

本文または謝辞の末尾から1行あけ、以下の要領で記入する。

- (1) ゴシック体(MSゴシックなど)で「参考文献:」を左詰めで記入し、改行後に書き始める。
- (2) 記載の順番は文献番号、著者名、論文標題、雑誌(書)名、巻号、発行者名(書名の場合)、頁(始まりと終わり)発行年(半角括弧で囲む)とする。
- (3) 頁の表記は、一頁のみの場合は「p. ○○」とし、複数頁の場合は「pp. ○○ - ○○」とする。
- (4) 項目の区切りは、日本語文献の場合は読点「,」を、日本語以外の文献の場合はカンマ「,」を使用する。但し、発行年の前には入れない。
- (5) 日本語文献の場合、著者名は必ずフルネームを記入し、姓名の間にスペースを入れない。著者間の区切りは読点「,」を使用し、著者が3名を超える場合は筆頭著者以外を「ほか」として省略する。
- (6) 日本語以外の文献の場合、名の頭文字を先に、姓を後に記入する。著者間の区切りはカンマ「,」を使用し、著者が3名を超える場合は筆頭著者以外を「et al.」として省略する。

本文 または 謝辞末尾 から	1行		[1 行 空]	
	2行	参考文献：		
	3行	1) 原田克巳ほか：画像解析装置を用いた硬化コンクリ		
	4行	ート中の気泡組織測定方法、セメント・コンクリート、		
	5行	No. 471、pp.22-28 (1986)		
	6行	2) C.Wang et al. : Rev. 26th Gen. Mtg. Cem. Assoc.,		
	7行	Japan, p.76 (1972)		

13. 標題、著者、所属、所在地、要旨およびキーワードの英訳

1段組みとし、以下の要領で記入する。

13.1 TITLE 参考文献より5行空けて、以下の要領で記入する。

- (1) 半角を使用して、中央揃えで記入する。
- (2) 全て大文字で記入する。
- (3) フォントサイズを14ptとする。

全層鉛直攪拌式による地盤改良工法



パワーブレンダー工法®

中層混合処理工



NETIS登録No.QS-180038-A パワーブレンダー工法 (横行施工)

攪拌部の取付け角度を変える事により施工バリエーションが大幅に増大



75° 変換

土留め壁

狭隘なエリア・近接施工



15° 変換

液状化対策

狭隘なエリア・高さ制限



90° 変換

構造物基礎

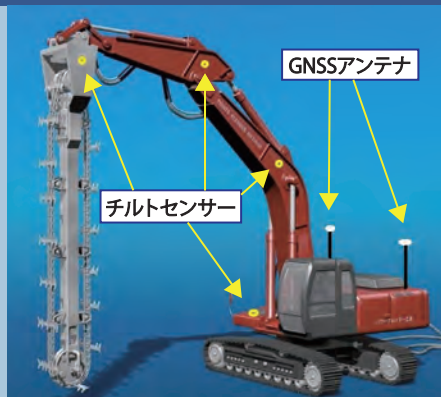
段差施工・改良幅員狭小

NETIS登録No.QS-210068-A パワーブレンダー工法 (ICT施工)

国土交通省 ICTの全面的な活用として要領の策定

- ・「3次元計測技術を用いた出来形管理要領(案)」
- ・「ICT活用工事(地盤改良工)(中層混合処理)積算要領」

中層混合処理(トレンチャ式)として掲載



2018年版 建築物のための改良地盤の設計及び品質管理指針

ーセメント系固化材を用いた深層・浅層混合処理工法ー

全層鉛直攪拌式による地盤改良工法として掲載



パワーブレンダー工法協会

事務局 東京都江東区大島三丁目19番2号

URL: <http://www.power-blender.com/>E-mail: mail@power-blender.com

TEL.FAX:03-3681-8533