

農業用調整池の中に建つ図書館の設計と施工 —松原市新図書館—

Design and Construction of the Library Built in Agricultural Pond

大橋 達也*1 正垣 綱之*2 竹元 康博*3
Tatsuya Ohashi Koushi Masagaki Yasuhiro Takemoto
高野 洋平*4 森田 祥子*4 荻原 廣高*5
Yohei Takano Sachiko Morita Hiroataka Ogihara

要旨

当プロジェクトは設計施工者選定に係る公募型プロポーザル方式による募集が行われ、当社JVの技術提案が採用された。地域の原風景として根付く古墳群をイメージし、建物はため池（農業用調整池）の中に建つ提案となっている。本報告では新図書館の特徴ある建築計画、構造計画、設備計画に加え、様々なステップを踏んで進められた施工状況について紹介する。

キーワード：公募型プロポーザル 図書館 農業用調整池 環境保全 床輻射空調 カラーコンクリート

1. はじめに

松原市新図書館建設工事は、鴻池組および MARU。architecture（意匠担当）ならびに Arup（構造、設備担当）が設計・施工共同体を組み提案を行った案件である。ため池の中に建つ図書館という独創的な提案に至るまでには、設計当初から意匠・構造・設備設計者、社内建築部門および土木部門の各担当者が参加して各方面から提案・議論・検証を重ねてきた。その結果、見た目とは裏腹に決して奇をてらうことなく合理的な意味づけをプランに与えることができ、実現に至った。本報告では技術とアイデアの結晶である本案件の設計上や施工上の特徴について紹介する。写真1に西面外観を、表1に建築概要をそれぞれ示す。

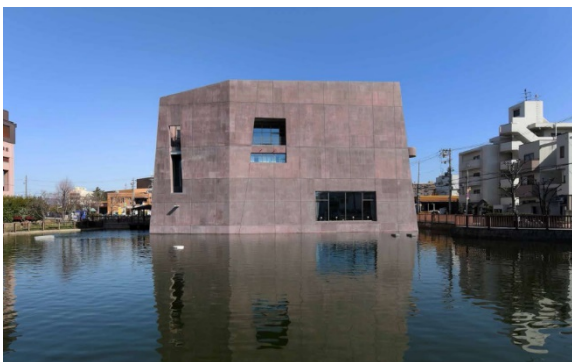


写真1 西面外観

表1 建築概要

工事名称	松原市新図書館建設工事
建設場所	大阪府松原市田井城103番1
発注者	松原市長 澤井宏文
設計・監理	鴻池組・MARU。architecture
施工	鴻池組
工期	2018年11月～2019年11月

2. みずの中に建物をつくること

2.1 工期短縮とコスト削減の実現

入札要綱では既存のため池を埋立て、図書館用の敷地にすることが求められていた。しかし、埋め立てを行い造成してからの建築工事では、残土処理の不合理や求められている工期内の施工が非常に難しい状況であった。また、農業用調整池であることから、農業的な灌水期（11月～3月）にしか造成工事が出来ないという制約もあった。

その中で、直接池底から図書館を建て、埋め戻すのではなく堀状にため池の水を循環させれば水質維持、すなわち“環境保全”へも繋がるのではないかと、また、池と敷地の間を鋼矢板で遮水すれば灌水期に関係なく工事が出来るのではないかと、というアイデアが生まれた。図1に施工方法の比較を示す。

ここで最も懸念されたのが図書館という水を嫌う建物に池の水が接水していることに対する防水性の確保、浸水対策である。この点については、当社土木部が水位の

	ため池内に施工(今回提案)	ため池を埋め立てて施工
概念図		
特徴	ため池と敷地の間を鋼矢板で一時的に遮水して建物を建設後、周囲に水を戻す	ため池と敷地の間に擁壁を新設して、敷地内を埋め立て、建物を建設する
工期	約13ヶ月	約15ヶ月

図1 施工方法の比較

*1 設計本部 建築設計第1部 *2 大阪本店 建築技術部 *3 同 建築部 *4 MARU。architecture *5 Arup

高い条件での地下街施工の仕様としている下記の二段構えの対策を採用した(図2)。

- ①外壁側に防水層を設置する
- ②必ず水は浸入してくるものとして、排水する経路を計画する

さらに本建物では地下躯体に防水コンクリートを採用し、ひび割れ自癒作用を付加している。これらの浸水対策を施すことにより、池の中に直接図書館を建設することを実現し、水質維持(環境保全)効果、埋立て工事省略による工期短縮効果およびコスト削減効果が得られた。

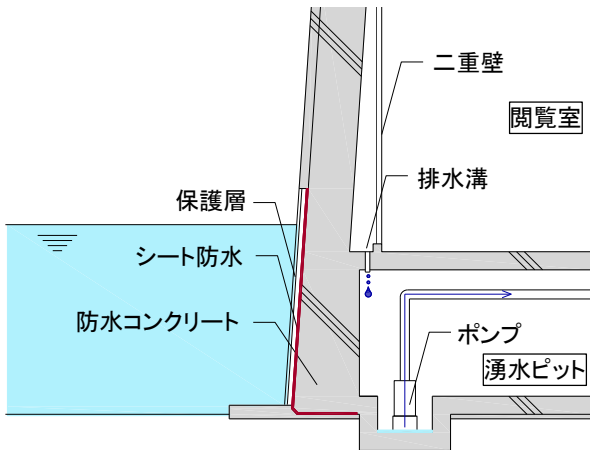


図2 浸水対策図

2.2 敷地の水環境を最大限活用

直接池の中に図書館を建設することおよび周囲を堀状として水を循環させることにより、水環境を最大限活用した計画とした。既存のため池には水流機が2台設置されていたが、それぞれが相対していたため、水流がぶつかり合い有効な循環が生じず、夏場はアオコの発生が問題となっていた。また、埋立て敷地とした場合、死水域となる部分も生じる恐れがあった(図3、図4)。

そこで、2台の水流機をそれぞれ堀部分の入口に設置することにより、堀のみならず池全体の水循環を促し、水質の向上を図った(図5)。なお、竣工後実際に水流機を稼働させた結果、池の水が循環していることを確認している。

また、建物全周を囲むため池と屋上緑化による気化冷却効果で、周辺の外気温度が低減される効果が期待された。図6に建物周辺の外気温度解析結果を示す。この結果より外気温度が0.5℃~1.0℃低減されることが分かった。さらに、中間期には、西からの卓越風が気化冷却により冷やされた外気を建物内に取り込むことで、スキップフロアで生まれた吹抜けを通じ、各階を循環冷却することが可能となる。図7に自然換気解析結果を示す。

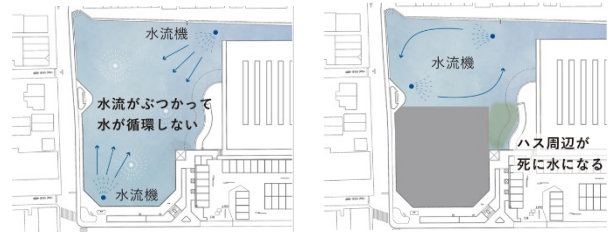


図3 当初の水の流れ 図4 埋立時の水の流れ

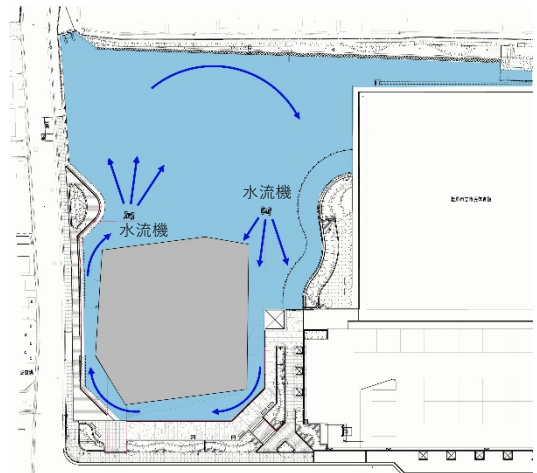


図5 水流機による循環イメージ

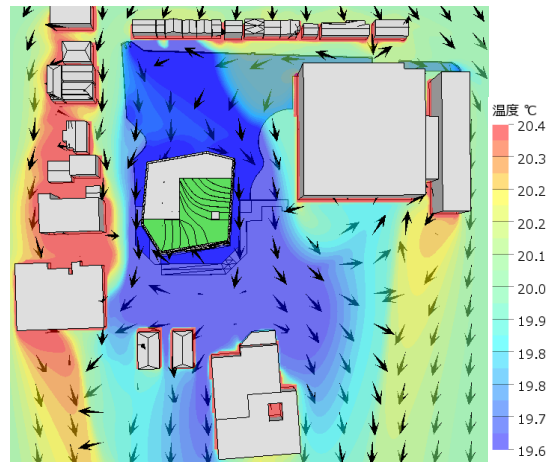


図6 建物周囲の外気温度解析

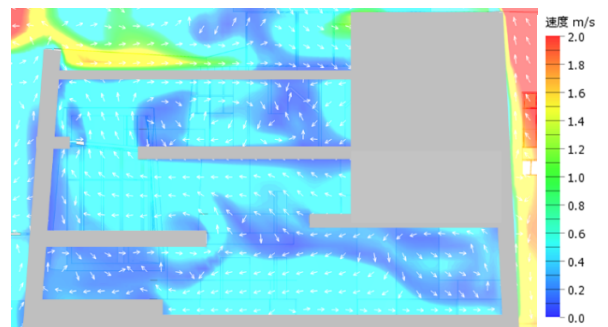


図7 自然換気(風速)解析

2.3 今までにない親水空間の創出

これまで、ため池周辺はボードウォークや東屋、植栽などが設置され、ため池と一体となった都市公園として整備されていた(写真2)。今回の新築計画にあたり、ため池を含めた都市公園と新設する図書館とを乖離させることなく、いかに親和させるかが課題であった。まず、低層住宅が並ぶ街並みの中で、平面的に矩形とせず多角形として一つの壁の面積を抑えるよう配慮した。さらに、壁面自体を傾斜させることでアイレベルでの建物ボリュームが圧迫感を与えないように計画した。これらの手法により、独創的な外観でありながらボリューム感を抑えて街並みに調和させることに成功している(写真3)。

また、図書館内部では1階の床レベルをより水面に近づけることで窓から池の風景がより身近に感じられるようにし、さらに外壁から張り出したテラスを設けるなど、様々な親水空間も計画した(写真4、写真5)。

直接池の中に建てることにより、ため池や周辺の都市公園に違和感なく溶け込むとともに図書館内外から新たな親水空間を生み出すことができ、大阪府河川環境課から都市公園と融和するふさわしい計画だと評価されている。



写真2 ため池と一体となった都市公園の状況



写真3 壁面と建物ボリューム



写真4 ため池を望む開口

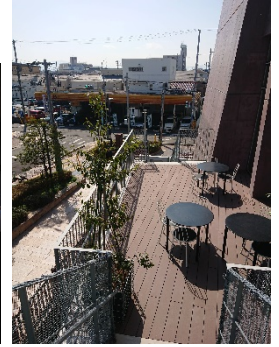


写真5 テラス

3. 土木の様な頑丈な厚い壁をつくる

3.1 まちのシンボルとなる力強い図書館をつくる

当プロジェクトでは松原市の智の拠点として、世界に誇るシンボルとなる図書館を作ることがコンセプトの一つであった。松原市周辺に原風景として遺る古墳群は人工物でありながらも、巨大さゆえに大きな自然物のようにも感じられる。新図書館には古墳群のように松原市民に親しまれ、超人工的で超自然的な新しい松原市の風景となるデザインを求めることとなった。そこで提案されたのが厚い壁で覆われた彫りが深い土木的な外観デザインである。そこに屋上緑化やテラスの緑化がはみ出して、立体公園のようなシンボル性のある外観が創出された(図8)。

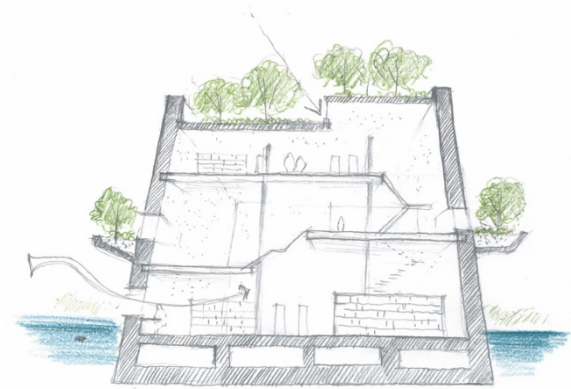


図8 コンセプト図

3.2 厚い壁に守られた室内環境をつくる

シンボル性を生み出す厚い壁については構造、設備の両面からも合理性を追求した。厚い壁を活かすため、構造的には外周の壁を鉄筋コンクリート造(RC造)の耐震壁として設計し、設備的には断熱材を用いずに断熱性を確保する設計とした。耐震壁として必要壁厚は450mmであったが、断熱性の見地からは600mm以上必要であり、最終的に壁厚600mmを採用している。

このように、厚い外壁により熱容量を高めることに加え、空調に床輻射冷暖房(写真 6)を採用することで大空間でありながら効率的な居住域空調を実現し、安定した室内環境を保つことが可能となっている。また、外壁の開口については、気流解析によって中間期の自然換気を効率的に生み出すことに適した位置とした。さらに、自然光を求められる内部空間は、昼光率や照度の解析(図 9)を駆使しながら注意深く開口の形状、寸法を決定することで最小限の開口率とした。その結果、自然通風の利用および直接光を抑制しながらも自然光を効率的に利用することで環境負荷低減に寄与している。

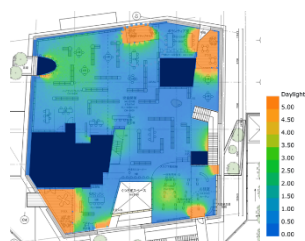


図 9 昼光率解析



写真 6 床輻射施工状況

3.3 自由な室内空間をつくる

耐震要素である厚さ 600mm の RC 耐震壁以外の構造は鉄骨造として軽量化を図り、地震力を小さく抑えるとともに下部構造への負担を最小限に留めた。また、鉄骨造とすることにより大スパンや吹抜け(写真 7)に対応しやすくなり、柱本数を減らすことで自由な平面計画が可能となった。床版は水平力を外周耐震壁に伝達させる要素を担っているため、外壁と床版を一体構造とする必要がある。一方、鉄骨造に耐震性能を担わせていないため、すべてピン接合として設計している。なお、スキップフロアの連続する大空間の見通しを確保するため、柱径も最小限とするべく $\Phi 216.3 \times 32$ のシームレス管を用いて耐火塗料被覆としている(写真 8)。図 10 に構造イメージ図を示す。

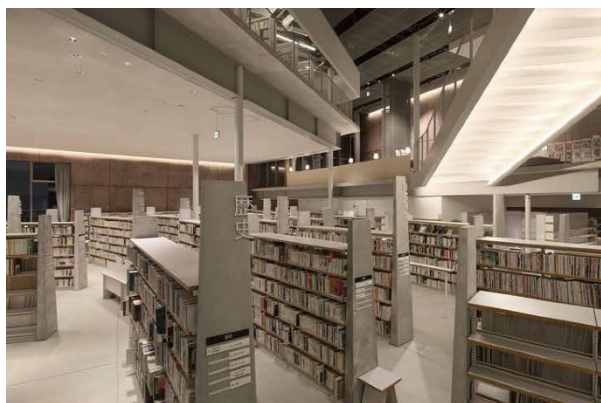


写真 7 大スパンな吹抜空間

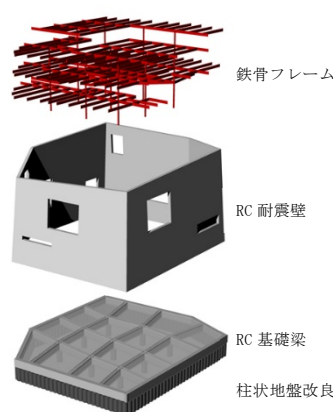


図 10 構造イメージ図



写真 8 シームレス管柱

4. 独創的なアイデアを実現する施工

4.1 作業エリアを確保する仮設計画

池底から建物を施工する際、最も問題となるのが揚重機や搬入車両のエリア確保であった。当初はスロープ構台を使って池底へ車両を降ろす計画だったが、設置場所や池底での作業エリア確保の問題から、栈橋構台を設置し構台上から全ての作業を行う計画に変更した。なお、栈橋構台は設置場所の条件から、片側より支持杭を打設しながら覆工し、構台を延伸させる工法を採用した(写真 9, 写真 10)。

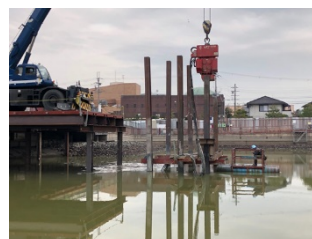


写真 9 支持杭打設



写真 10 構台架設

4.2 工事ステップ

今回採用した「遮水」による工事ステップ図の一部を図 11 に示す。栈橋構台の設置と並行して、排水ポンプによりため池内の水を水路部に排水する。その後、浚渫や地盤改良を行い、山留め工事、掘削工事、柱状地盤改良工事へと進んでいく。これらの地業工事が終了すると構台上のクローラクレーンを用いて鉄骨建方等の建築工事を行う。建築本体の工事が終了すると建屋外周への土の埋め戻しや栈橋等の仮設物を解体撤去した後、ため池全域に注水して工事を完了した。

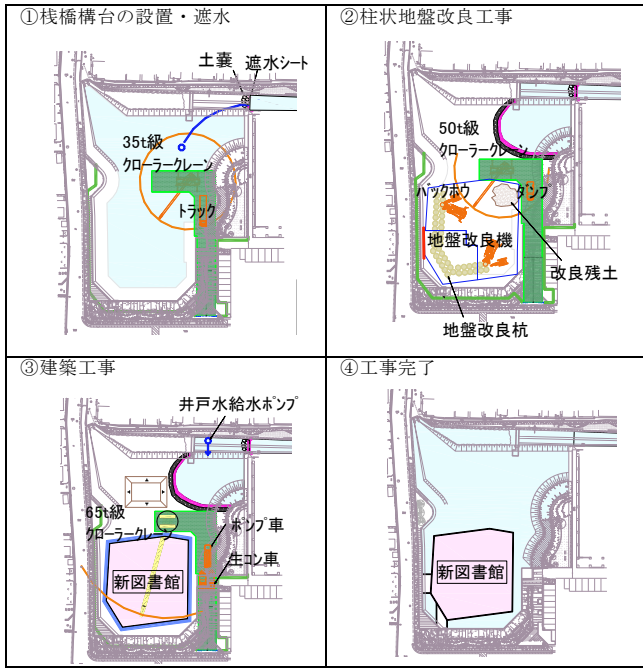


図 11 工事ステップ図

4.3 外壁の施工

厚さ 600mm の RC 外壁は、カラーコンクリートおよび表面仕上げの素材感を出すために、通常の塗装型枠ではなく「荒ベニヤ」を採用した。現場でカラーコンクリートの色調合を何種類も試し、型枠についてもモックアップを作成して仕様を決定した(写真 11)。

前述したように内部の水平力は床版を通して RC 外壁に伝達されるため、RC 外壁は床版と一体となることが求められる。このため、RC 外壁に鉄骨梁を定着させる必要がある。傾斜し不整形な RC 外壁は平行、垂直が皆無であり、スキップフロア階層のため RC 外壁と鉄骨梁の取り合いに一つとして同じ形状は存在しない。このような状況でいかに外壁型枠の建込みや鉄骨建方の精度を確保して施工するかが課題であった。まず、設計段階では社内建築部門や専門工事業者の協力を得て、検討を重ねた。RC 外壁の鉄筋を先に組み上げてしまうと、鉄骨梁を鉄筋内に定着させることができない。逆に先に鉄骨梁を施工すると、RC 側にまだ支える



写真 11 カラーコンクリート外壁のモックアップ

壁が無いため鉄骨梁が自立しない。そこで、鉄骨工事において、鉄骨梁が自立できるように外壁際に建方用仮設柱を設置すると同時に仮設ブレースも設置することで、鉄骨梁の位置精度の確保と施工性の向上を実現した。図 12 および写真 12 に仮設柱の設置状況を示す。現場では模型や 3 次元 CAD を駆使し、取り合い状況を確認して施工図を作成し、施工精度を確保した。

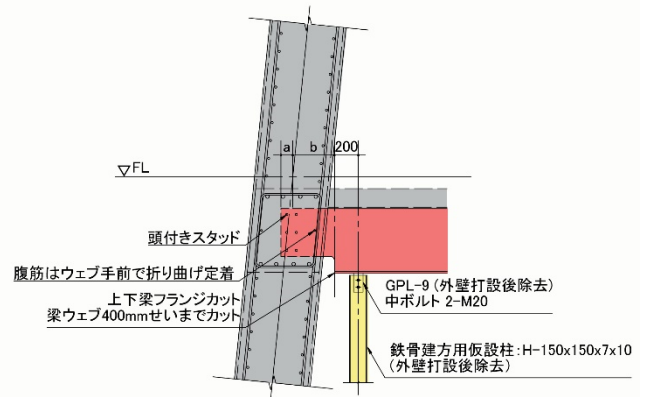


図 12 RC 外壁と鉄骨梁、建方用仮設柱の取り合い状況

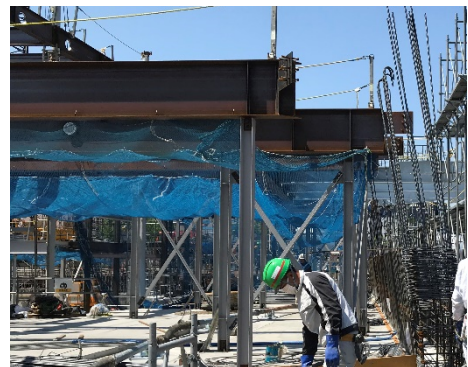


写真 12 建方用仮設柱の設置状況

厚さ 600mm の RC 壁では、収縮クラックをいかにして低減させるかが課題であった。ひび割れ誘発目地は通常、壁厚の 20% の目地深さを設けるが、厚さ 600mm では 120mm の目地深さ(図 13)となり現実的ではない。さらに、外壁は耐震壁であるため目地深さは増打ちとする必要がある。そこで、RC 壁の収縮ひび割れ制御工法として、CCB(Clack Control Bar)工法を採用した(図 14、写真 13)。この工法は、ひび割れを誘発させる断面欠損材として太径の異形棒鋼を目地位置に直線状に配置することで、ひび割れを誘発目地内に確実に誘導する仕組みとなっている。また、コンクリート自体にも膨張剤を添加することに加え、骨材には石灰石を使用し、ひび割れ低減を図った。これらの技術により、最大の特長であるダイナミックな外壁の表情を創出している(写真 14)。

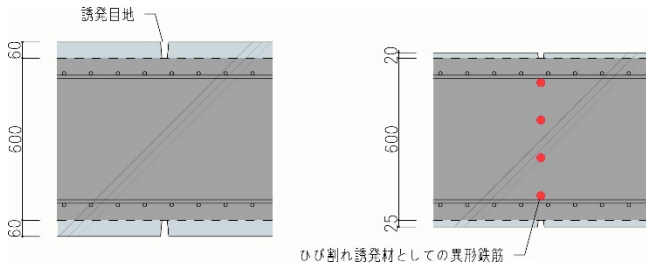


図 13 通常の目地 図 14 CCB 工法による目地

施工状況を示す。この工法の採用により、基礎梁のせいを抑制し、基礎部の掘削土量や基礎梁コンクリート量を削減することができた。



写真 15 大開孔基礎梁工法(補強筋)施工状況



写真 13 CCB 工法施工写真

5. まとめ

当プロポーザルは設計期間および工期とも短く、施工ヤードについても制限がある難しい条件での設計施工一体型の公募型プロポーザルであった。当プロジェクトは、このような難しい条件において、独創的な設計提案力と共にコスト的、技術的にも高度な施工実現力が問われ、まさに総合力が求められた好事例といえる。当プロポーザルのような設計施工一体型は、官庁工事ではあまり他に類をみない公募方式であり、今後同様の公募方式のプロポーザルが増えてくるものと考えられる。

ところで、提案内容については建物が水の中に建っていることや外観形状の特異性も相まって、設計時のパースが世間に明らかにされたときは「ポエティック」な建物だと評されることもあった。しかし現実には設計者のデザインへの想いと施工者の技術的な想いが日々ぶつかり合い、火花を散らした結果、出来上がった建物は生々しくも極めて「リアリスティック」である。



写真 14 6mピッチの外壁目地

4.4 大開孔基礎梁工法

RC 造建物の基礎梁には、設備配管の保守・点検を行うために人通孔が設けられる。一般に、人通孔の孔径は 600mm～750mm とされており、人や機材が通れるような大きさにする必要がある。一方、鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説では、梁に貫通孔を設ける場合の孔径は、梁せい（高さ）の 3分の1 以下とすることが望ましいとしている。このため、人通孔を有する基礎梁の梁せいは、構造計算から定まる断面寸法ではなく、人通孔の孔径から決まる場合があり、土工事や躯体工事のコストアップに繋がっている。そこで今回、開孔径を基礎梁せいの 2.5分の1 までとすることができる「大開孔基礎梁工法」を採用した。写真 15 に本工法の



写真 16 北西外観