

阪神三宮駅における供用中地下駅舎の大規模改修工事

阪神電気鉄道（株）	都市交通事業本部工務部	技術課	坪内 雅嗣
阪神電気鉄道（株）	都市交通事業本部工務部	三宮工事事務所	増見 雅臣
（株）大林組	大阪本店	阪神三宮駅 JV 工事事務所	正会員 西井 忠士
（株）大林組	大阪本店	阪神三宮駅 JV 工事事務所	正会員 山浦 克仁
（株）大林組	大阪本店	阪神三宮駅 JV 工事事務所	正会員 角谷 雄大
（株）大林組	大阪本店	阪神三宮駅 JV 工事事務所	正会員 伊藤 伸行
（株）大林組	本社土木本部生産技術本部設計第一部	正会員	○佐藤 清
鹿島建設（株）	関西支店	阪神三宮駅 JV 工事事務所	正会員 一本松 新

1. はじめに

阪神電気鉄道（株）の三宮駅は神戸市の中心部に位置し、JR 西日本、阪急電鉄、神戸市営地下鉄等の各駅と接続するターミナル駅であり、神戸市の玄関口としての役割も担っている。一日の乗降客は約 9.8 万人を数え、2009 年（平成 21 年）の近鉄奈良駅間との相互直通運転の開始に伴い、利用者数が増加している。阪神三宮駅の歴史は古く、1933 年（昭和 8 年）に地下駅の営業が開始して以来、現在までほぼそのままの姿を保ってきた。このような背景は当駅の歴史的構造物としての価値を示す一方で、いくつかの問題点をもたらしていた。その 1 つは改札口が西側に 1 箇所しかない点であり、これは利用者の利便性や防災上の問題として認識されていた。また、エレベータの増設の困難さなどが要因となり、駅のバリアフリー化を進めにくいといった問題点もあった。このような状況から、駅が抱える複数の問題点を解決し、利便性と防災性を高めるために、供用中の地下駅舎を対象とした大規模改修工事が計画され実行に移された（図-1、2）¹⁾。本工事は供用中の駅舎での工事であることから、営業線の安全確保が大きな課題であり、また、遅滞なく工事を進めるために様々な工夫を行った。本報では特に東改札口の新設工事における既設構造物の撤去と中床施工に着目し、営業線直上での施工上の課題と解決策について報告する。

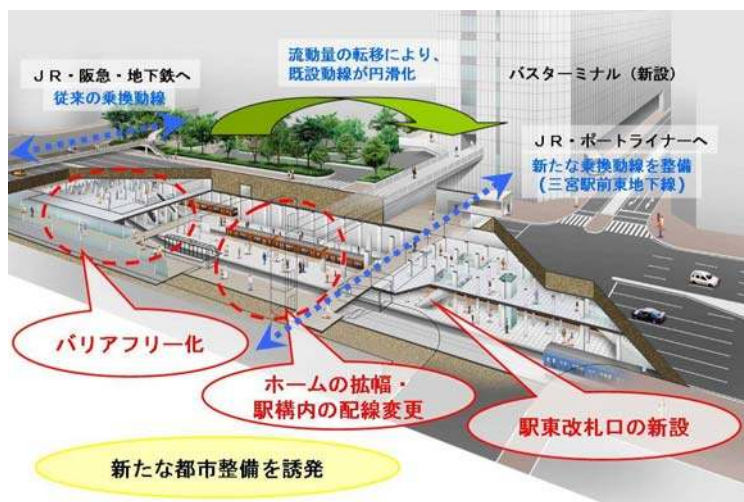


図-1 事業概要図

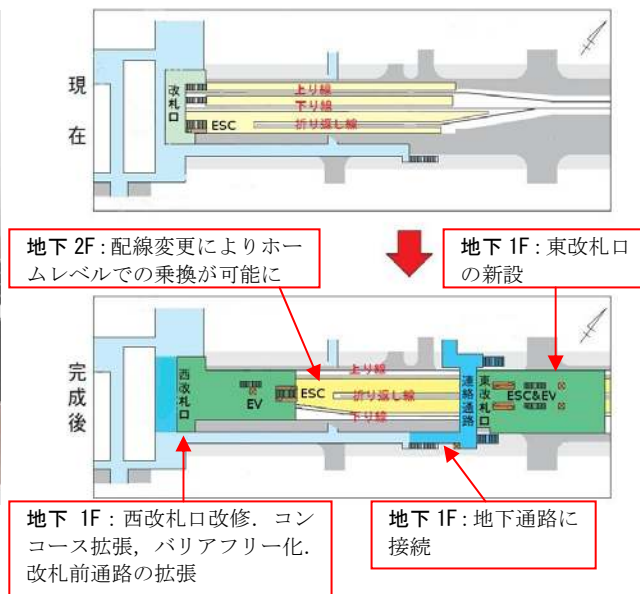


図-2 事業概要図（平面図）

2. 工事概要

阪神三宮駅の改修工事は2007年（平成19年）より開始され、①バリアフリー化および災害時の二方向避難のための東改札口新設、②プラットフォームの入替・延長・拡幅、③西改札口の拡幅・改良を進めてきた。本工事は既設のボックスカルバートの一部を利用し、既設構造物を囲うように新設構造物を構築したうえで、既設構造物を撤去することを基本としており、当然のことながらこれらは駅舎を供用しながらの施工であった。

図-3 に示す全体縦断図のうち、東改札部の既設構造物はその形状から「ロート（漏斗）部・アーチ部・一般部」の3つの区間に大別される。「ロート部」は2線から3線へと分岐する既設駅との近接区間、「アーチ部」は既設の分岐器がある区間、「一般部」は2単線区間である（図-4）。

本工事は施工手順を図-5 に示す。まず、STEP1 として全区間に亘り、SMW 壁やアースアンカーを用いた開削工法によって既設構造物外部を掘削した後、STEP2 として既設構造物外部を包むように新設構造物の頂底板および側壁を構築した。次にSTEP3 として既設構造物頂版・側壁を撤去し、最期にSTEP4 として新設の柱および中床を営業線近接施工によって構築した。新設の柱および中床の施工を最終STEP としたのは、柱や中床の位置が既設構造物や営業線位置に干渉するためであり、既設構造物の撤去は、新設構造物頂版を仮設鋼支柱等によって一時的に仮受けした状態で実施した。

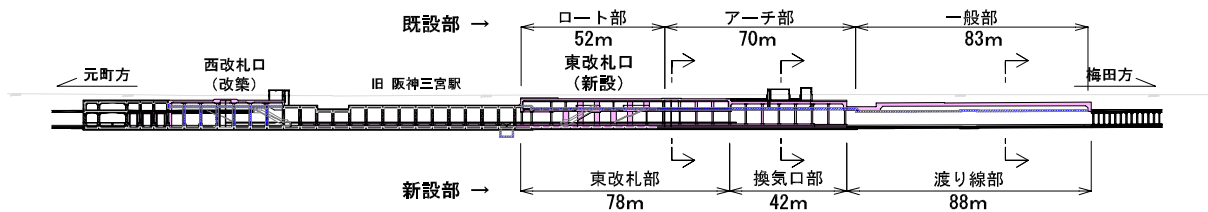


図-3 全体縦断図

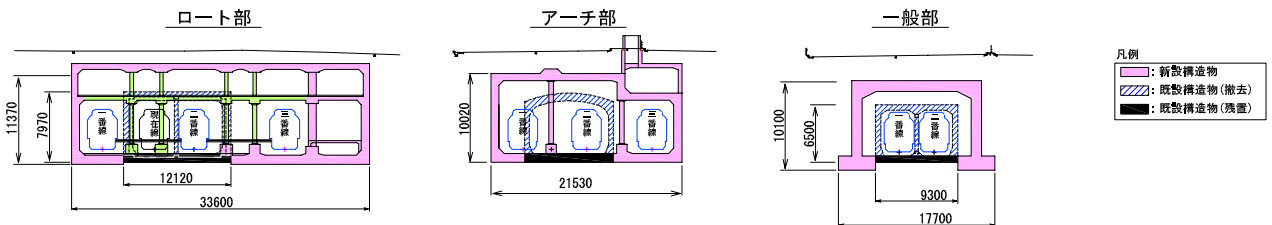


図-4 代表断面図

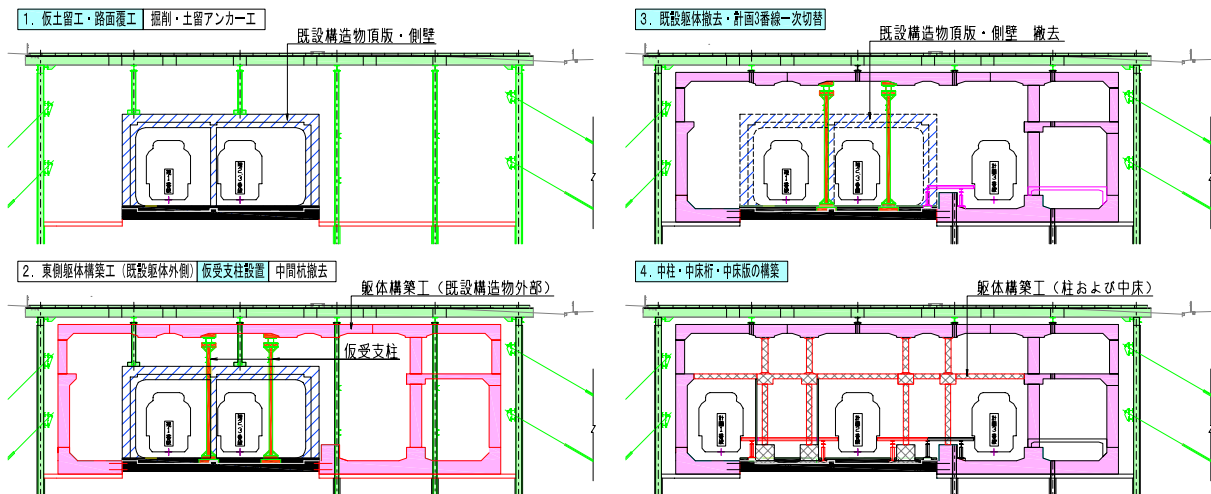


図-5 施工手順

3. 営業線直上での既設構造物の撤去

(1) 既設構造物撤去の特徴と課題

本工事において最初に大きな課題となったのが、新設構造物の頂底版および側壁を施工した後に実施した既設躯体の撤去であった。既設構造物撤去は主にワイヤーソーを用いて既設構造物を切断・ブロック化し、効率的に場外へ搬出する方法とした。撤去した既設構造物は延長 200m で、総量 3600m³ (84000kN) となった (図-3, 4)。既設構造物の撤去の前に新設構造物の頂底版および側壁を構築した理由は、既設構造物の撤去後の浸水や上部からの落下物による列車の運行阻害を防止するためであった。

営業線の直近にある既設スラブと側壁を撤去することから、本工事では以下の課題が挙げられた。

- ① 新旧構造物間の狭隘な空間で撤去する必要がある。
- ② 撤去ブロックの重量が大きいため、既設構造物の搬出では新設構造物上床版を利用できない (上床版に載荷できない)。
- ③ 既設構造物の形状がロート、アーチおよび一般部のそれぞれで異なっているため、撤去区間毎に異なった方法で撤去する必要がある。
- ④ 撤去は線路閉鎖・停電時間 1:00~3:45 に制限されており、作業時間は約 3 時間弱と非常に短い。

(2) 撤去方法

前述した作業空間、作業方法、作業時間に関する制限の中で、「ロート部・アーチ部・一般部」の 3 つの区間それぞれについて構造上の特徴を考慮した施工方法を考案した。ここでは特徴的なアーチ部およびロート部について、その方法を示す。

1) アーチ部

アーチ部は中柱がなく、上床版部がアーチ形状であることを特徴としている (図-6)。線路延長方向 1m 毎に配置された鉄骨を主部材とするラーメン構造であり、側壁およびアーチ上床版は鉄骨を支持部材とした RC 構造である。当該区間の平面形状が直線であることから、新旧構造物間の仮設レール上を移動する「油圧リフター」を 1 台製作・設置し、①アーチ状の上床版撤去、②側壁撤去の手順により撤去を実施した。以下に詳細な施工手順を示す。

- a) 鉄骨間をワイヤーソーで切断し、アーチ状の上床版を厚さ 1m 毎にブロック化する (ブロック重量 250kN)。
- b) 搬出用開口から遠い箇所より上床版ブロックをリフトアップし、既設構造物上を横引きして開口部まで順次運搬する。
- c) 地上に設置した 380kN 吊級の橋型クレーンにて、上床版ブロックを地上に引き上げる。
- d) 上床版撤去後に油圧リフターによって側壁を開口部まで運搬し、橋形クレーンで地上に引き上げる。

アーチ部では躯体を輪切りにして、上床版および側壁

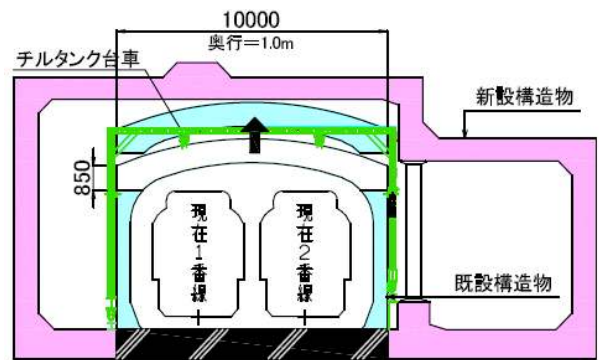


図-6 既設構造物撤去方法 (アーチ部横断面図)



写真-1 アーチ部の撤去状況

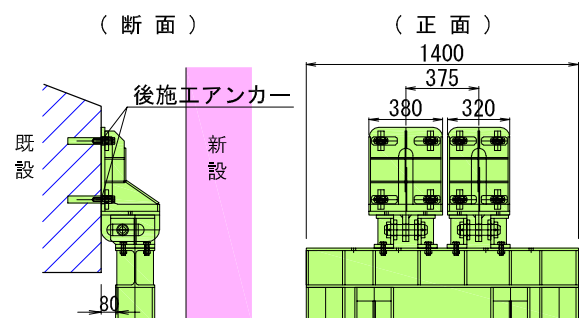


図-7 アーチ部側壁とリフターとの嵌合

を部材単位で一括撤去する方法とした。これにより、分割撤去する場合に比べて既設構造物を安定した状態で撤去することができ、さらに短時間での吊り上げが可能となることから、線路閉鎖・停電時間の制約にも対応可能であった。なお、油圧リフターでリフトアップする作業は、新旧構造物間の離隔が小さいことから、撤去構造物の両端部を後施工アンカーで挟み込む方法とした（写真-1、図-7）。

2) ロート部

ロート部は図-8、9 に示すとおり中柱を有しており、平面形状はアーチ部に向かって幅が狭くなる漏斗状である。アーチ部と同様に、線路延長方向 3.5~4.0m 毎に配置された鉄骨を主部材としたラーメン構造であり、上床版および側壁は鉄骨を支持部材とした RC 構造である。既設構造物の撤去は漏斗状の平面形状を考慮して、「巻き上げ走行台車」による①RC 部材（上床版および側壁）、②自立する鉄骨（梁および柱）の撤去の手順とした。巻き上げ走行台車は、既設構造物上床版と新設構造物上床版との間に設置されたレールを走行する揚重装置で、線路延長方向に走行する電動台車上に、線路直角方向に走行する電動横行装置を 2 基配備している。横行装置はそれぞれ 2 台のチェーンブロックを装備し、2 基合わせて最大 220kN のコンクリートブロックを運搬可能である。以下に詳細な施工手順を示す。

- RC 版をワイヤーソーによって切断・分割する。このとき工期短縮のために1つのブロックをできるだけ大きくする（最大重量 200kN）。
- 大分割ブロックを夜間の線路閉鎖・停電時間に吊り上げ、撤去前の既設構造物上床版の上に移動。

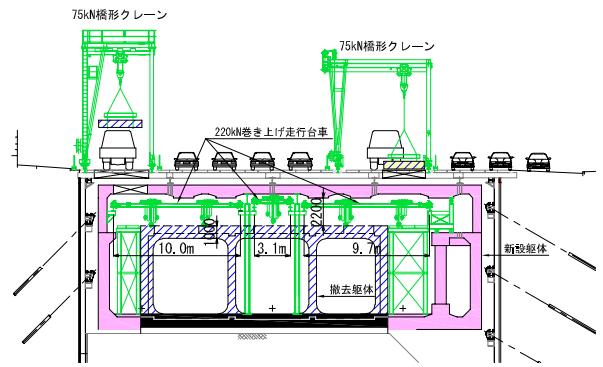


図-8 既設構造物撤去方法（ロート部横断面図）

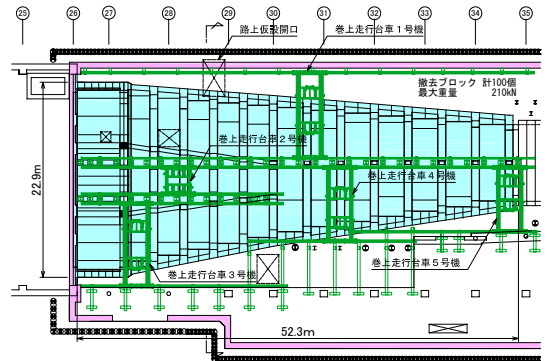
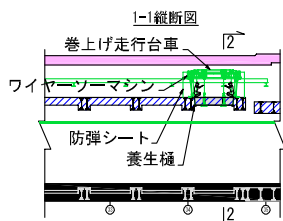


図-9 既設構造物撤去方法（ロート部平面図）

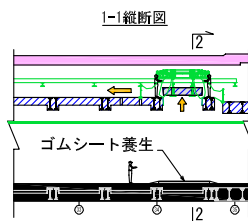


写真-2 既設構造物撤去状況（ロート部）

1. 上床スラブ撤去
玉掛→吊り切り



2. 上床スラブ撤去
下部養生→巻き上げ→走行台車移動



3. 上床スラブ撤去
小割り切断→開口下移動→地上引き上げ→積み込み

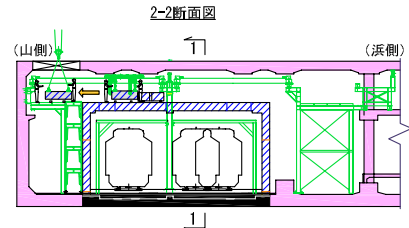
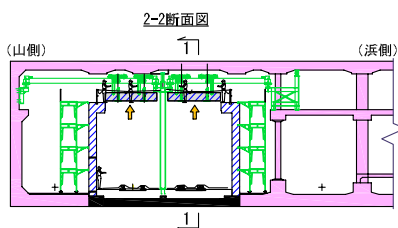
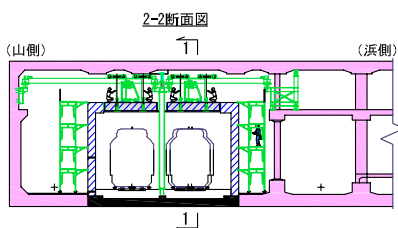
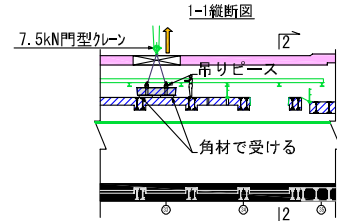


図-10 ロート部における既設上床版吊り上げ概要

- c) 移動した大割りブロックを昼間の施工によって小分割し、開口部まで移動して地上の75kN吊級橋形クレーンにて搬出。
- d) 鉄骨は構造上、分割すると自立できないため、柱間で一括撤去し、別途小分割したうえで地上に搬出。

ロート部では大分割したブロックを夜間に移動し、昼間作業において既設上床版の上で細分化作業を行ったため、営業線の安全性を確保したうえで効率的に作業を進めることができた。

4. 営業線直上での中床版施工

(1) 営業線直上での中床版施工の課題

既設構造物の撤去が完了した後、新設の柱および中床を構築して施工完了となる（図-5 参照）。ここでは中床の施工のうち特に営業線直上の中床（図-11）について、その課題と解決策について述べる。

当初、営業線直上の中床は、他の中床と同様にRC造で設計されていた。しかしながら、夜間の線路閉鎖・軌電停止の短い時間内で営業線上に支保工を組み立てる必要があった他、施工中の養生やコンクリート打設時の漏水対策が必要と考えられ、いかにして直下の営業線に対する安全性を確保するかが課題となっていた。

(2) ハーフプレキャスト中床版の検討と採用

上述した課題を解決する一つの案として、中床のハーフプレキャスト化を検討した。図-12に示すように、ハーフプレキャスト中床版（以下、HPCa版と略す）は上面と下面の2層構造となっており、下面を工場製作によるプレキャスト版とし、上面を現場打ちRCとする複合部材である。プレキャスト版を現場に設置した後、それ自身の剛性によって施工に伴う荷重を支持できるため、支保工が不要になるなど、中床版直下の営業線に対する施工時安全性を高めることができた。一方で、HPCa部材はラーメン高架橋スラブへの適用事例²⁾はあるが、地中構造物の中床版への適用事例がなく、特に地震時における力学特性は明確でなかった。そこで公益財団法人鉄道総合技術研究所にて、実物大の実験供試体による正負交番載荷実験を実施し、RC構造の中床版と同等の性能を有することを確認したうえで、本工事に採用することを決めた。

(3) ハーフプレキャスト中床版の施工手順

HPCa版は地下構内の作業性を考慮したうえで、重量約22kN、長さL=3970~5460mm、幅995mmに設定した。工場製作する下面プレキャスト部には下側主鉄筋、下側配力筋の他、せん断補強筋が予め埋込まれており、プレキャスト版を所定の位置に設置した後、上側主鉄

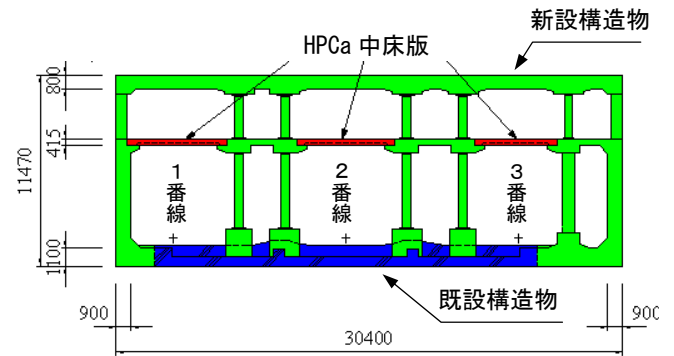


図-11 HPCa版の施工位置

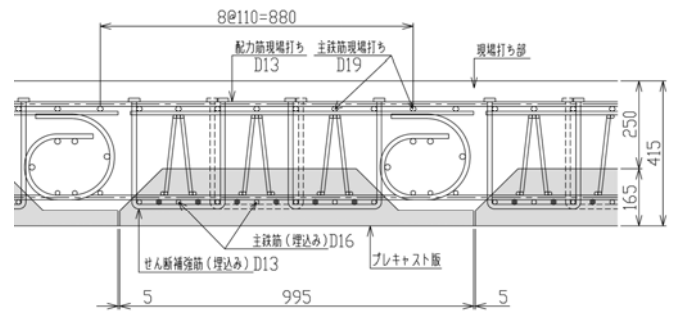


図-12 HPCa版の断面



写真-2 HPCa版（プレキャスト部）



写真-3 HPCa版の施工状況

筋および上側配力筋を配置して、現場打ちコンクリートを打設する。このような施工過程において留意すべき点は、プレキャスト版設置時の精度確保と、コンクリート打設時の漏水防止と考えた。HPCa版は主鉄筋および帯鉄筋によって、支承部（側壁および受台）と一体化を図る構造となっている。そのため設置精度が悪いと鉄筋の接続精度も悪くなり、必要とする構造性能が得られない可能性がある。また、コンクリート打設は列車の運行中にも実施する予定だったため、直下の営業線の安全確保において漏水は必ず止める必要があった。

(4) ハーフプレキャスト中床版の施工上の工夫

HPCa版の設置精度については、所定の位置に基準となるHPCa版を設置後、HPCa版1基毎に緊張器によって所定の位置に引き寄せ、専用の緊結器具によって固定することで確保した。

漏水対策としてはHPCa版の側部と受台上にCRゴムを貼付し、さらに架設時に2本のCRゴムに隙間ができないよう、HPCa側部にコンプリゴムを貼り付けた（図-13、写真-4）。これによって現場打ちコンクリートエリアから直下の営業線への隙間を完全に塞ぐことができ、列車が運行する屋間においても漏水等のトラブルなく、安全に施工を進めることができた。

5. まとめ

阪神電気鉄道（株）の三宮駅における大規模改修工事を対象に、施工概要のほか、施工上の課題と解決策について報告した。工事は営業線の安全確保を絶対条件として、新設構造物の施工と既設構造物の撤去を行う極めて困難な工事であったが、新しい試みの導入や現場の状況に応じた臨機応変の対応により、無事に施工を行うことができた。既設躯体の撤去は限られた時間の中での作業であったが、手順や装置の工夫によって安全確保と工期短縮を両立した。営業線直上の中床の施工では、地下構造物において経験がない構造形式を導入し、これも安全確保と工期短縮を両立した。本報で報告した東改札口の施工は既に完了し、2012年3月20日に供用を開始した。現在は2013年（平成25年）春の完成を目指し、西改札口の改修を実施しているところである。今後も安全確保を絶対条件とし、速やかな供用開始を目指して工事を進めていく所存である。

参考文献

- 1) 増見雅臣, 西井忠士, 角谷雄大: 80年前の地下駅舎を再生する - 阪神本線 三宮駅改良工事 -, 土木施工, Vol.53, No.3, 2012.3
- 2) 財団法人鉄道総合技術研究所: ハーフプレキャスト工法を適用した鉄道ラーメン高架橋の設計・施工指針, 1999.3

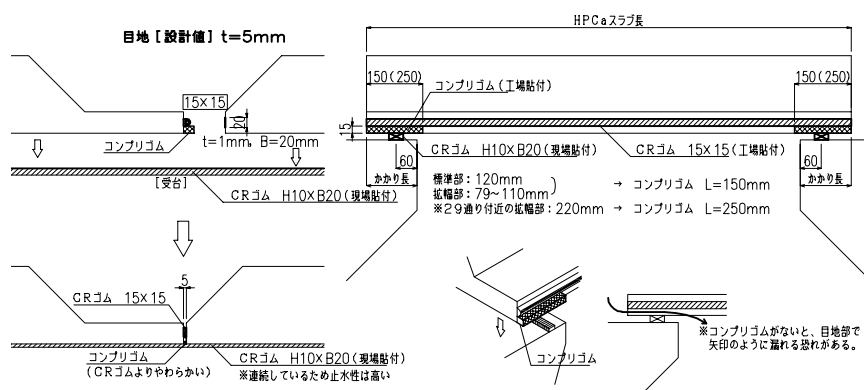


図-13 漏水防止ゴムの設置位置



写真-4 漏水防止ゴムの設置状況