

特集>>> 鉄道

阪急電鉄今津線と都市計画道路荒地西山線の 立体交差工事

ボックスカルバート上床版ジャッキアップ

米 田 保 之・向 弘 晴

本工事は宝塚市の都市計画道路荒地西山線整備事業のうち、阪急電鉄今津線をアンダーパスする区間に、ボックスカルバートとU型擁壁を新設する工事である。

盛土形式の阪急今津線を工事桁で仮受し、その直下を開削工法で掘削した後、ボックスカルバートを構築した。ボックスカルバート上床版構築において、ジャッキアップによる合理的な施工を行ったので、その結果を報告する。

キーワード：鉄道直下、アンダーパス、ジャッキアップ、上床版、RC版、ボックスカルバート、工事桁

1. はじめに

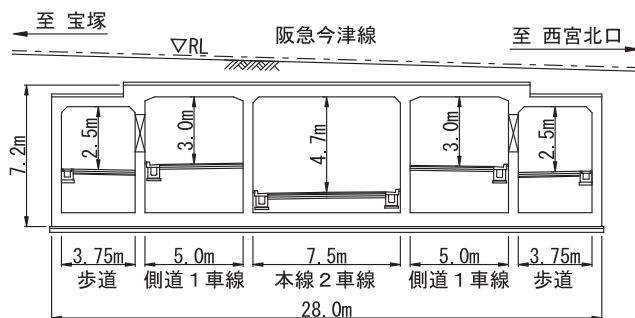
都市計画道路荒地西山線（小林工区）整備事業は、阪急今津線で分断されている宝塚市の武庫川右岸地域における、緊急輸送路の整備と交通渋滞の緩和を目的とした、事業延長633mの重点道路整備事業である（図—1）。



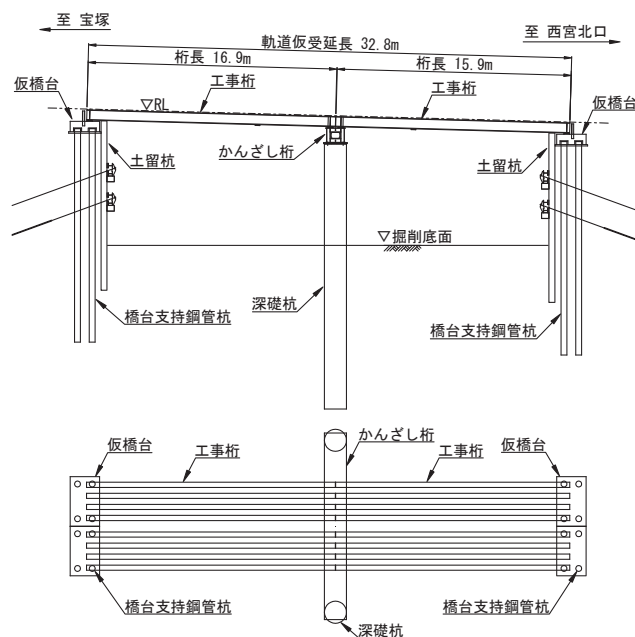
図—1 施工位置図

線路との交差部は、幅員が3mから27mへ拡幅され、有効高さは2.0mから4.7mとなる。

荒地西山線立体交差工事は、この事業のうち阪急電鉄(株)に委託された範囲で、阪急今津線をアンダーパスする区間にボックスカルバート（図—2）とU型擁壁を新設する工事である。工事桁は、鋼管杭形式の仮橋台と深礎杭形式のかんざし桁を支点とする2径間の単純桁構造である（図—3）。



図—2 ボックスカルバート構造一般図



図—3 仮設一般図

2. 工事概要

工 事 名：宝塚市委託 荒地西山線立体交差工事のうち土木工事

発 注 者：阪急電鉄㈱

施 工 者：鹿島建設・森組共同企業体

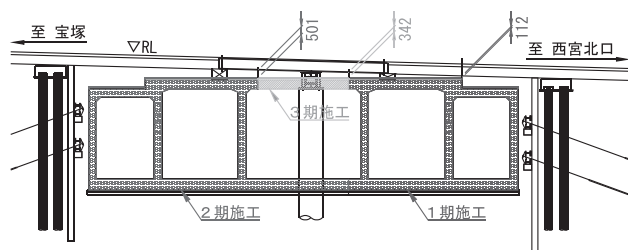
工事場所：兵庫県宝塚市小林1丁目

工 期：2008（H.20）.12.12～2015（H.27）.3.31

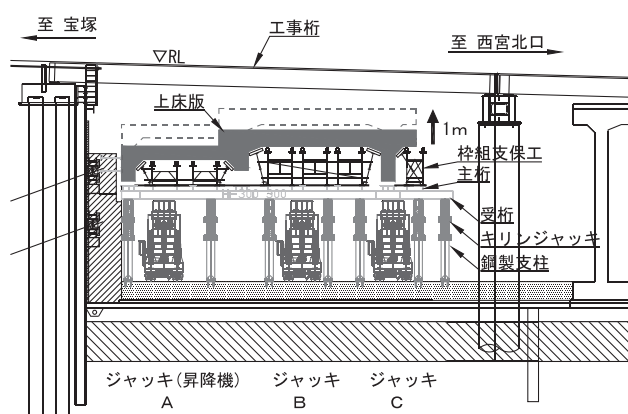
3. 工法選定

ボックスカルバートと工事桁との離隔が、最小で10 cm と狭いため、鉄道営業線が走行する工事桁直下での施工は、後述する品質面と安全面における問題点を考慮して、設計位置より約1 m 下方において、上床版を構築し、ジャッキアップ昇降機を使用して設計位置までジャッキアップを行った（図—4、5）。

ジャッキアップするボックスカルバート上床版の諸元を記す（表—1）。



図—4 ボックスカルバートと工事桁との最小離隔



図—5 ジャッキアップ計画図（2期施工）

表—1 ボックスカルバート上床版の諸元

構造	鉄筋コンクリートスラブ
寸法	幅 11.1 m × 長さ 9.4 m × 厚さ 0.6 m
重量	250 t（上床版 230 t、支保工 20 t）

以下に、ジャッキアップせずに設計位置で施工した場合に、想定される品質面と安全面における問題点を記述する。

<品質面>

①工事桁と上床版との離隔は約10 cm、工事桁は幅2.6 m、延長17 mで2列あり、狭隘な場所での施工となる。夜間作業でのコンクリート打設において、高流動コンクリートを使用してもセルフレベリングが可能な範囲を超えており、工事桁を巻き込む等の不具合が生じる。

②上床版のシート防水工と保護コンクリートにおいても、離隔が小さいため、塗布防水への変更や保護コンクリートの省略等、構造変更が発生する。

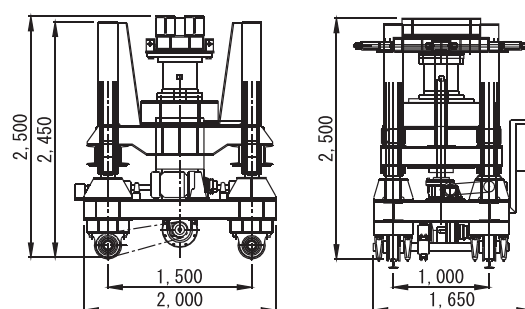
<安全面>

①鉄筋組立、型枠組立は、営業線の工事桁直下直近における作業となるため、列車運行阻害が発生する可能性がある。

②コンクリート打設等の夜間騒音が、近隣住民からの苦情原因となる。

4. ジャッキアップ使用機械

1台当たり60 tの能力を持つ昇降機を6基使用して、250 tのボックスカルバートをジャッキアップする（図—6）。

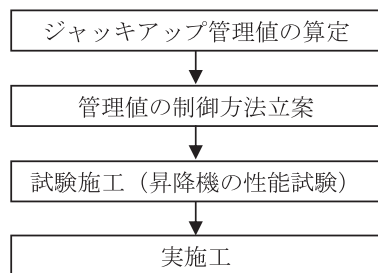


図—6 ジャッキアップ昇降機

ジャッキアップに使用する昇降機は、橋梁桁架設などで用いられる「電動PC桁横取装置（マイティービートル）」を使用した。

5. ジャッキアップ事前検討

ジャッキアップ時に、上床版がどの程度まで変形に耐えられるのか、昇降機がその変形を制御できるのか、について検討することが必要と考え、以下のフローに従って、施工計画を立案した（図—7）。



図一七 施工計画

(1) 管理値の決定

(a) ジャッキアップ管理値の算定

上床版を支えているジャッキの挙動誤差により上床版にひび割れや鉄筋降伏が生じることが懸念された。そこで、上床版の健全性を確保できる許容値を解析により検討しジャッキアップ時の管理値を設定した。

検討断面は、条件の厳しくなる横断面方向とした。検討モデルは、上床版、型枠支保工そして受桁 H 鋼の部材ごとに材質を反映した平面骨組モデルを作成した。設計荷重は、各部材の自重のみを考慮した。断面力を平面骨組計算で算出した後、ひび割れ発生等の部材耐力照査を RC スラブ断面計算で行った。

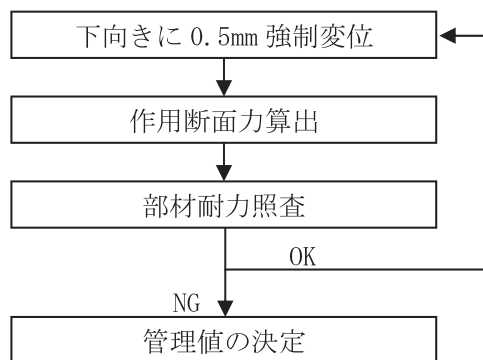
平面骨組モデルにおいて、「上昇が遅れたジャッキ」に相当する節点に下向きに強制変位を与え、断面力を算出し、部材耐力の照査を行う。照査結果が NG となる直前の値を、「ジャッキ相互のストローク差」の許容値とした。

なお、上床版は上載荷重を想定して設計されており、凹形の変形には強いので、同時に 2 個のジャッキが遅れた場合の検討は省略した。

検討手順のフローを、図一八に示す。

解析結果（表一）から、管理値を以下のとおり決定した。

管理値:「ジャッキ相互のストローク差 3.5 mm 以下」



図一八 検討手順

表一 解析結果（図一八 参照）

ジャッキ位置	構造	「ジャッキ相互のストローク差」の管理値
A	張出梁	4.5 mm
B	単純梁	—
C	張出梁	3.5 mm

(2) 管理値の制御方法

管理値内で昇降機を制御する方法を立案した。その内容を以下に示す。

(a) 機種選定

ジャッキアップ時は荷重管理ではなく変位管理するため、油圧式ジャッキではなく、変位管理に適し、突然の動力停止時も変位を保持できるスクリージャッキ（ネジジャッキ）を選定した。

(b) 1 サイクルのストローク量の設定

機械性能を考慮して施工上の相対鉛直変位の管理値を 3 mm に設定し、ストローク差 3 mm を発生させない 1 サイクルのストローク量を、試験施工にて決定した。

(c) 自動制御システム

昇降機 6 台の操作を一括管理し施工上の管理値 3 mm を超えないよう自動的に制御できるシステムを採用した。

(3) 試験施工（昇降機の性能試験）

(a) 目的

スクリージャッキは、モーターの回転数によりストローク量が決まるため、荷重に影響されにくいですが、昇降機間の荷重差が大きい場合や昇降機の個体差により、若干モーターの回転数に差が生じる。そこで、実際に使用する昇降機を用いて、試験施工を行った。その目的を以下に示す。

- ・ 1 サイクルのストローク量の決定
- ・ 自動制御システムの的確性の確認

(b) 試験条件

6 基の昇降機を実施工と同様に配置し、集中制御システムで、それぞれのストローク量と荷重を一括管理する（写真一）。さらに、自動制御システムが偏荷



写真一 試験施工

重にも的確に対応できるかを検証するため、極端な偏荷重状態を設定した（試験施工時の荷重差は43tで、実施工時はその差12tである）。

(c) 試験方法

<試験①>

自動制御システムが作動するストロークを知るため、1サイクルのストローク量を設定せずに、ジャッキアップする。

<試験②>

試験①の結果を踏まえて1サイクルのストローク量を決定して、ジャッキアップし、自動制御システムが作動しないことを確認する。

(d) 結果

試験①で1サイクルのストローク量を設定せずにジャッキアップを行った結果、ストローク180mmで、ストローク差の修正動作である自動制御システムが作動した。次に、試験②で1サイクルのストローク量を100mmに設定して計7回のジャッキアップを行った結果、自動制御システムは1度も作動せず、ストローク差3mmが発生しないことを確認した（表-3）。この試験結果から、1サイクルのストローク量を100mmと決定するとともに、自動制御システムの的確性が確認できた。

表-3 試験施工結果

試験	1サイクルのストローク量	自動制御	停止操作	総ストローク
①	設定しない	作動した	手動	187 mm
②	100 mm に設定	作動しない	自動	700 mm

(4) 自動制御システム

実施工の昇降機配置図を図-9に示す。

集中制御盤を配置して、昇降機6基の操作及び制御を一括管理し、モニターにてリアルタイムで監視できるようにした。

集中制御は、スクリューの回転を監視しており、スクリューの回転量によりストロークの管理を行っている。そのためストローク計測に関しては、メカニカルな機構によりほとんど誤差は無い。スクリュージャッキを用いた鉛直変位制御を行うことによって精度の良い施工が可能であり、試験施工においてもその妥当性を検証できた。

さらに、集中制御盤により各リフターを監視し、ストローク差を3mm以内で自動制御できるように設定した。

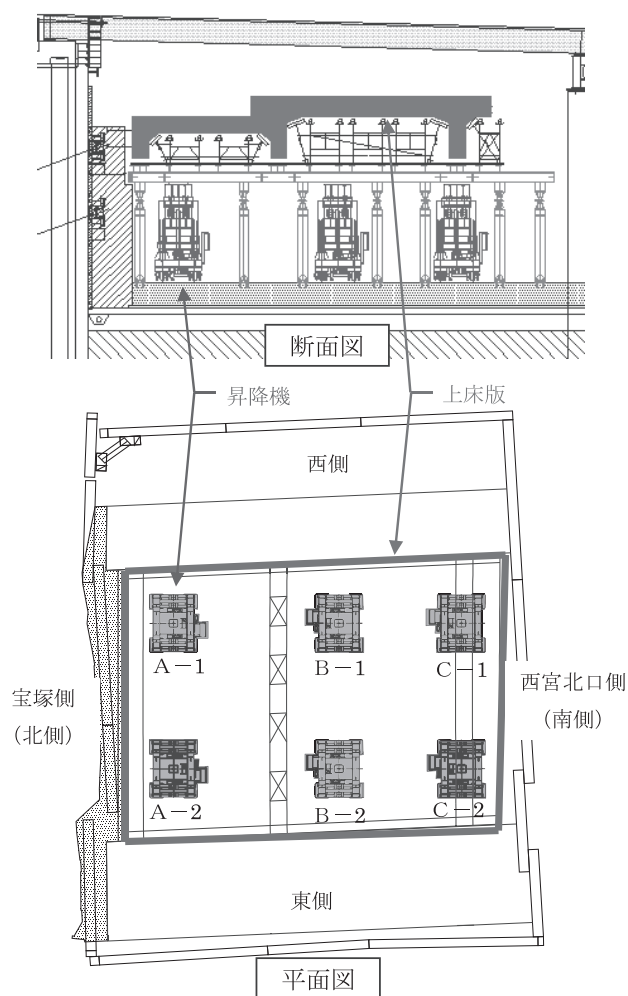


図-9 昇降機配置図

(5) 調整装置

(a) X方向調整（東西方向）

集中制御をOFFにし、リフター車輪を個別に操作して、X方向（東西）の調整を行った。

- ・宝塚側：宝塚側の調整を行う場合、グループAの2台を動かし調整。
- ・西宮側：西宮側の調整を行う場合、グループCの2台を動かし調整。

(b) Y方向調整（南北方向）

Y方向調整は、ロードセルと梁の間に配置したスラ

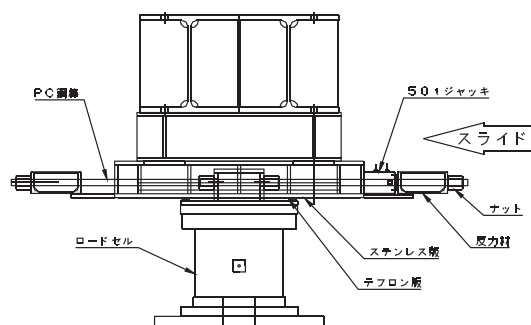


図-10 スライド装置

イド装置を、油圧ジャッキにて押し調整を行うこととした（図—10）。ジャッキは50tジャッキを使用し、2台もしくは4台をセットして同時に押す。ジャッキポンプは、個別の電動ポンプを使用し同時に操作できるように配置した。

スライド作業を行う時は、スライド装置全台数の油圧ジャッキの向き及びPC鋼棒のロックの解放状態等を確認してからスライドを開始する。スライドは、合図により同時に油圧ジャッキを操作することとした。

スライド量は100mm以内とする。

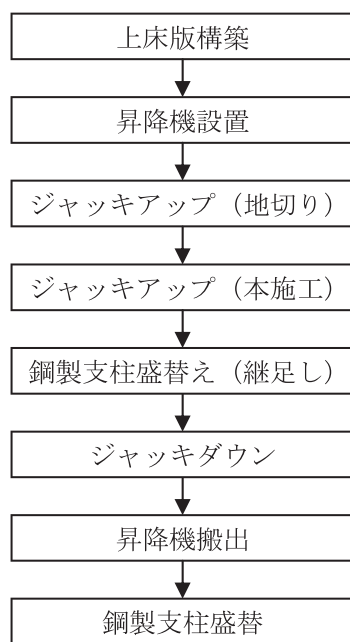
(c) 調整完了・固定

再度X・Y位置測定とレベル測定を行い、管理値内に収まっていることを確認して、調整完了とした。

6. ジャッキアップ施工概要

(1) 施工フロー

施工フローを、図—11に示す。



図—11 上床版ジャッキアップ

(2) 計測管理

施工中、構造物の変化を実際に計測し、昇降機の制御状態を確認した。

管理項目である鉛直変位量を集中制御システムで一括管理する一方で、レベルとトランシットにて上床版本体を実測する計測班を配置し、上床版本体の挙動を管理した。ジャッキアップの1サイクルごとに実測を行い、集中制御システムによる変位管理と計測による変位管理のダブルチェックを行った。

(3) 施工実績

(a) 上床版構築

設計位置より約1m低い位置で、ボックスカルバート上床版を構築した。支保工形式は、昇降機を配置する下部には、空間を大きく取れるH鋼型支柱支保工（以降「鋼製支保工」）を、上床版を直接支保する上部には、枠組支保工を使用した（図—5参照）。鋼製支保工は、鋼製支柱と受桁に山留材H300を、主桁にH200を、鋼製支柱頭部には支柱ジャッキ（キリンジャッキ）を設置した。主桁上に敷板を並べ、枠組支保工を設置した。

(b) 昇降機設置

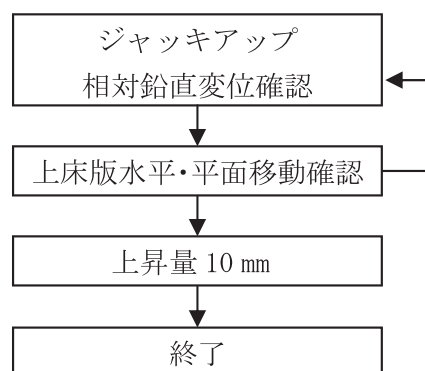
鋼製支保工内部に6基の昇降機を設置した。昇降機は、上床版の防水工まで完了した後、下床版上に設置した仮設レール上を横移動させ設置した。

鋼製支柱から昇降機への荷重移動時における偏荷重発生を未然に防ぐため、各昇降機のジャッキにロードセルを設置し、荷重管理機能を追加した。さらに、上床版の平面微調整が必要となる場合を想定し、スライド装置による微調整機能を追加した。

(c) ジャッキアップ（地切り）

ジャッキアップは、鋼製支柱のキリンジャッキと支柱とを切り離し、昇降機により受桁ごと上床版を持ち上げる。地切りにおける1サイクルのストローク量は、2mmに設定した。

施工フローを、図—12に示す。



図—12 ジャッキアップ（地切り）

以下のように要求品質を満足できる精度で地切りを完了した。

地切り最終時の上床版上昇量：10mm

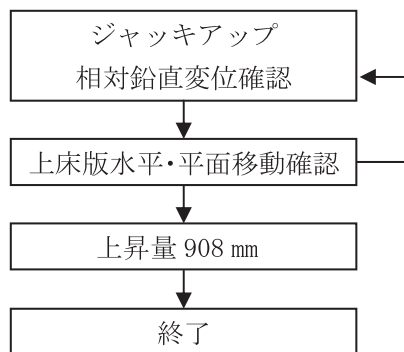
レベル相対差：0mm

平面移動：0mm

地切り途中におけるレベル相対差：最大2.5mm

施工中、ロードセルにより荷重の移動状況を把握しながら行った。

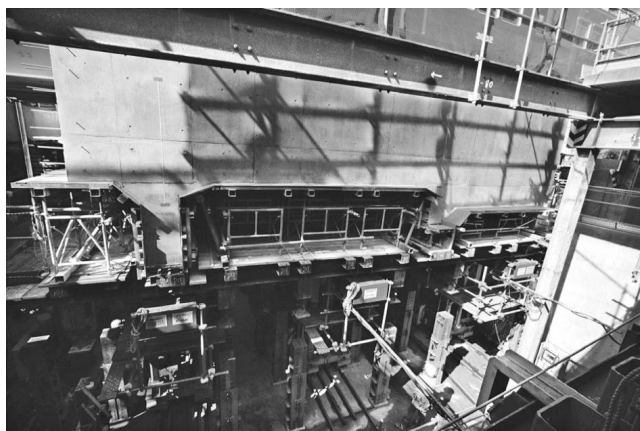
(d) ジャッキアップ（本施工）
施工フローを、図－13 に示す。



図－13 ジャッキアップ（本施工）

1 サイクルのストローク量は、試験施工の結果を踏まえ 100 mm と設定した。地切り同様、一括操作のジャッキアップと計測による上床版確認を行った。

908 mm の上昇量に達するまで、一括操作 10 回のジャッキアップを行った。本施工最終時の上床版上昇量は 908 mm，レベル相対差は 0 mm，平面移動は 0 mm であった。本施工途中でのレベル相対差は 0 mm であり，ストローク差が生じた場合に作動する自動制御システムは作動せず，各回 100 mm のジャッ



写真－2 ジャッキアップ後（全景）



写真－3 ジャッキアップ後（鋼製支保工内側）

キアップ途中も上床版を水平に保持できた。

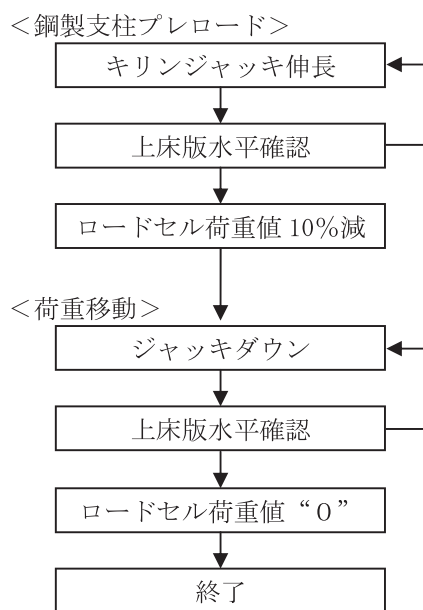
また，微調整用に準備していたスライド装置も使用することはなかった（写真－2，3）。

(e) 鋼製支柱盛替え（継足し）

ジャッキアップした後，キリンジャッキの下に 1 m の鋼製支柱を継ぎ足した。

(f) ジャッキダウン

上床版を昇降機から鋼製支柱へ受け替えるに伴い，上床版の荷重は昇降機から鋼製支柱へ移動する。施工フローを，図－14 に示す。



図－14 ジャッキダウン

上床版の荷重が鋼製支柱に作用すると，上床版と鋼製支柱のいわゆる“馴染み”により，上床版が想定以上に降下する危険性がある。これを防ぐため，鋼製支柱にプレロードを掛けた。具体的には，鋼製支柱のキリンジャッキを伸長させ，昇降機に作用している荷重の 10% を鋼製支柱に移動させた。キリンジャッキの伸長は少量ずつ，レベルで上床版の水平を計測しながら行った。

荷重移動は，昇降機のジャッキダウン操作で行い，1 サイクルのストローク量は 2 mm で行った。鋼製支保工プレロード時と同様に，上床版の水平を計測しつつ，昇降機に作用している荷重が“0”になるまで行った。

ジャッキダウンにおける上床版の最終降下量は約 1.5 mm，水平を表す端部の最大相対差は 0.3 mm であった。

(g) 昇降機搬出

ジャッキダウン終了後，昇降機を搬出した。

7. おわりに

ジャッキアップ工法により、高品質なボックスカルバート上床版の施工を安全に行うことができた。

現在、インフラの老朽化が進み、その改修工事が増加している。このような中、本工法は既設構造物との離隔が小さい場所での躯体構築などの同種の工事への適用も可能である。合理的な施工方法の実績として、次工事への助力となれば幸いである。

J|C|M|A



【筆者紹介】

米田 保之（よねだ やすゆき）
阪急電鉄㈱
都市交通事業本部 技術部



向 弘晴（むかい ひろはる）
鹿島建設㈱
関西支店土木部
鹿島・森共同企業体
所長