

夜間一括横取りによる PC 下路桁鉄道橋の架設工事

- 近鉄山田線 富屋川橋梁 -

東日本支社	名古屋駐在	南英浩
東日本支社	名古屋駐在	大田晋一郎
ピーエスケ	機工事業部	加藤豊

概要：本工事は、笹笛川を跨ぐ形で設置してある線路用仮桁を線路閉鎖時間内(夜間)に撤去し、新設の橋梁(PC下路桁)を横取り架設にて施工するものである。工事場所は、伊勢志摩へ向かう近鉄山田線、斎宮 - 明星間のほぼ中間に位置し、一日約350本もの電車が通過する運行密度の高い区間となっている。

Key Words：一括横取り架設，PC下路桁，鉄道橋

1. はじめに

本工事は、東海農政局宮川用水第二期農業水利事業笹笛川改修事業のうち、近畿日本鉄道株式会社(以下近鉄)が所有する富屋川橋梁付近の改修工事を、東海農政局から事業委託された近鉄が施行するものであり、営業させたままの既設富屋川橋梁(橋長7m:2径間鋼製I型上路桁橋)を一旦仮桁に架け替え、その後営業線横で製作した新設のPC下路桁橋にバラスト、軌道を設置した総重量約1000tの橋梁をダブルツインジャッキにより横取りし一晩で架け替える工事である。本工事の元請は、鹿島建設・大日本土木・日本土建共同企業体であり、当社はPC桁製作～架設までを請け負い施工した。本稿では特に、富屋川橋梁の夜間一括横取り架設について述べる。

2. 工事概要

工事名称	宮川用水第二期農業水利事業 笹笛川改修に伴う山田線 斎宮・明星間富屋川橋梁改築工事
工事場所	三重県多気郡明和町斎宮 4138-1
構造形式	ポストテンション単純下路桁
橋長	31.000m
桁長	30.800m
支間	29.300m
全幅員	11.675m
斜角	73° 37' 27"
列車荷重	M-18



写真 - 1 架設完了後の富屋川橋梁



南英浩



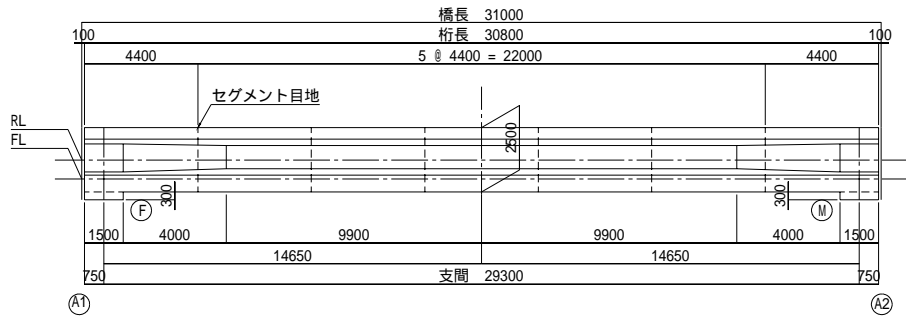
大田晋一郎



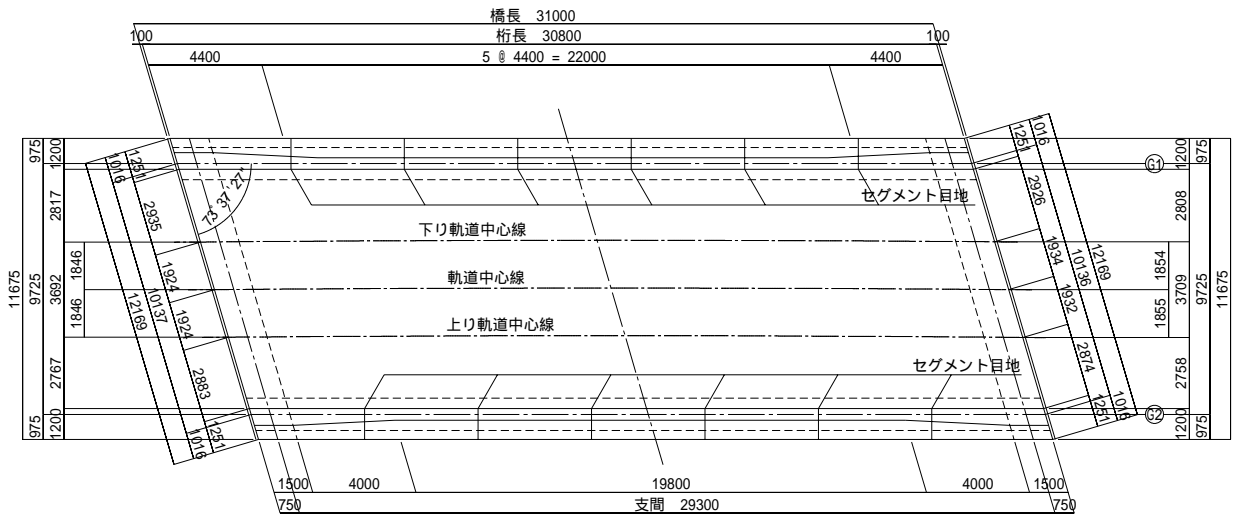
加藤豊

2.1 構造一般図

側面図



平面図



断面図

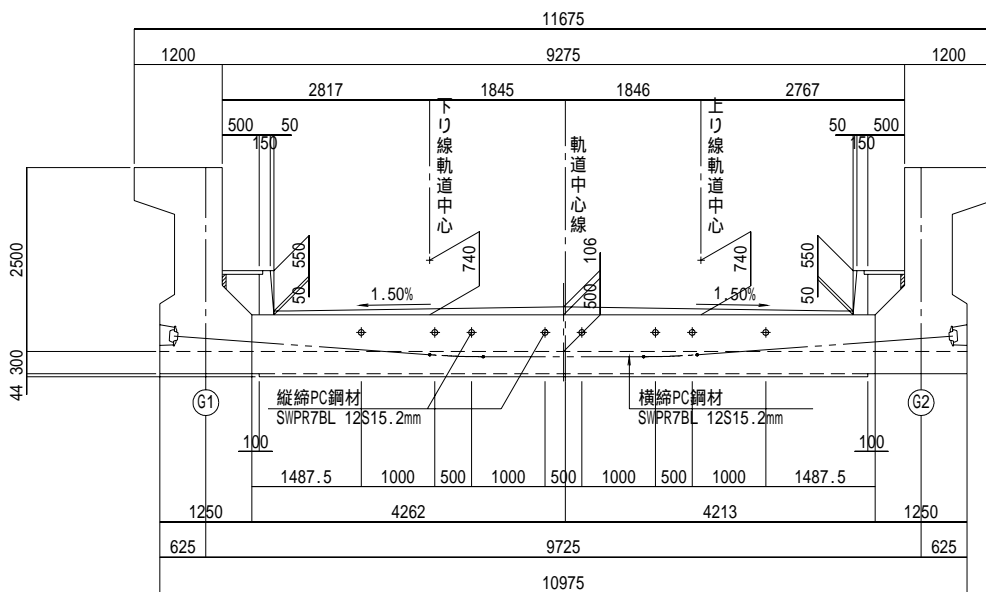
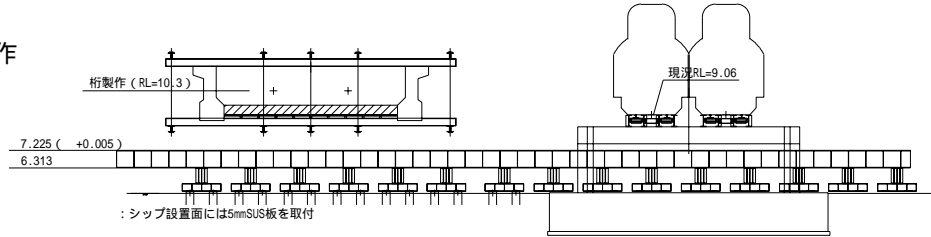


図 - 1 構造一般図

2.2 施工ステップ図

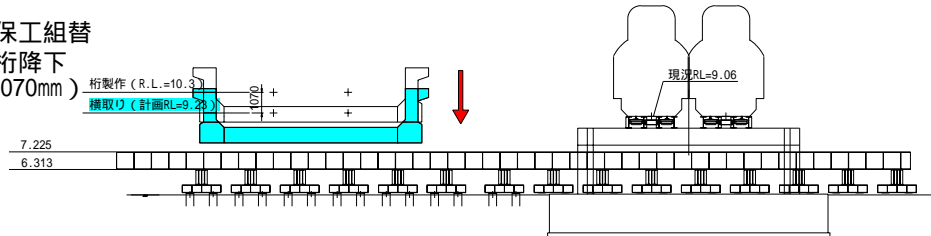
STEP 1

PC下路桁製作



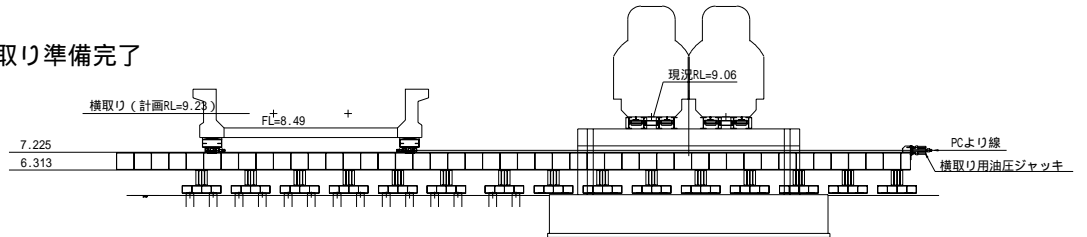
STEP 2

1. 支点部支保工組替
2. PC下路桁降下 (降下量: 1070mm)



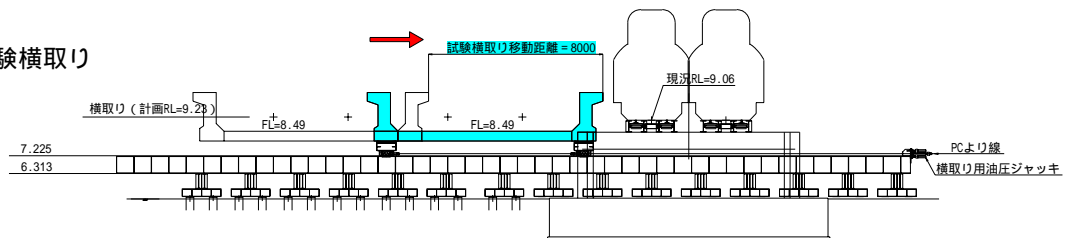
STEP 3

PC下路桁横取り準備完了



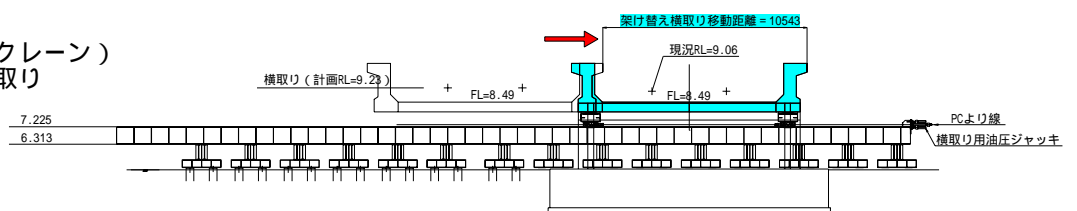
STEP 4

PC下路桁試験横取り



STEP 5

- 一 晩架替工
- ・ 仮桁撤去 (クレーン)
- ・ PC下路桁横取り



STEP 6

- 一 晩架替工
- ・ PC下路桁据付
- 一 晩施工完了

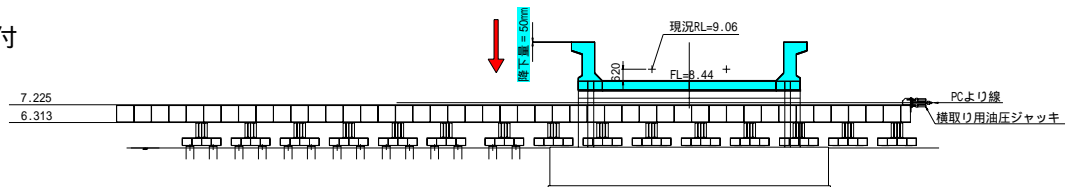


図 - 2 施工ステップ図

3. 施工上の留意点

3.1 横取り時における不等変位の検討

PC下路桁橋の横取り架設に当たり、有害な応力が発生しないよう不等変位の限界値を検討し、それに基づき変位量の管理値を設定することとした。PC下路桁橋の不等変位に対する解析は、施工ステップを考慮した3次元FEM解析にて行った。図-3に検討ケース、図-4に解析ステップ図を示す。

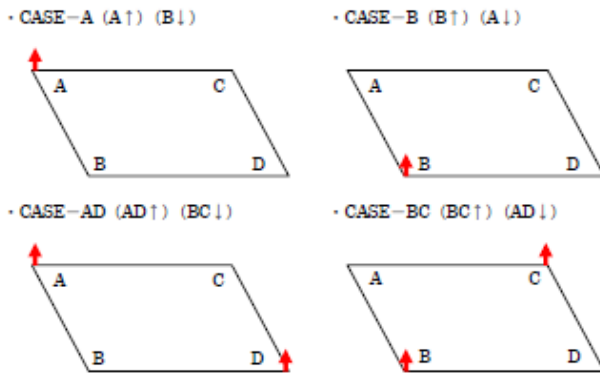


図 - 3 検討ケース

FEM 解析の結果，PC 下路桁横取りの際にコンクリートの引張強度(3.12N/mm²)を許容限界とした場合，相対的な不等変位の最大許容値は7mmという結果となった。

横取り時の桁に発生している引張応力緩和のため，PC 鋼材を導入し応力状態を改善する検討を行った．その結果主桁端部に PC 鋼棒(32-6 本)を配置することで発生応力を緩和できることが判明した．図 - 5 に PC 鋼棒配置後の強制変位の解析結果，図 - 6 に補強 PC 鋼棒配置図を示す．

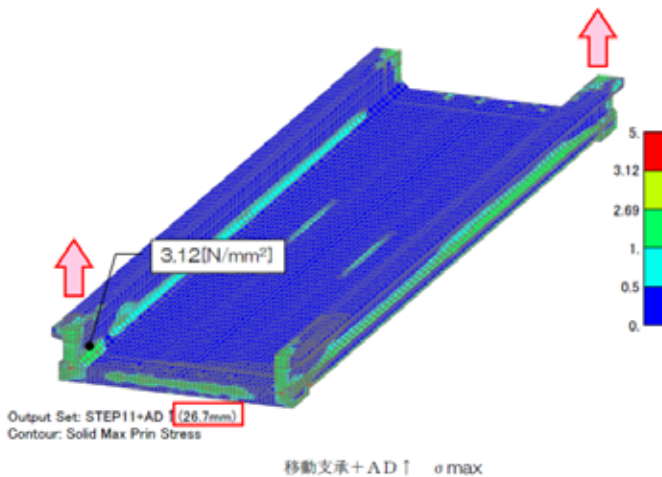


図 - 5 強制変位の解析結果 (CASE-AD)

PC 鋼棒 (32-6 本) を配置することによって，相対変位量の許容値最大は 27mm となった．ただし，この相対変位が発生した場合はコンクリート応力度が引張強度 (3.12N/mm²) に達していることから，実施工においては，2/3 程度の 15mm を管理値とした．

その他の検討ケースの解析結果を表 - 1 に示す．

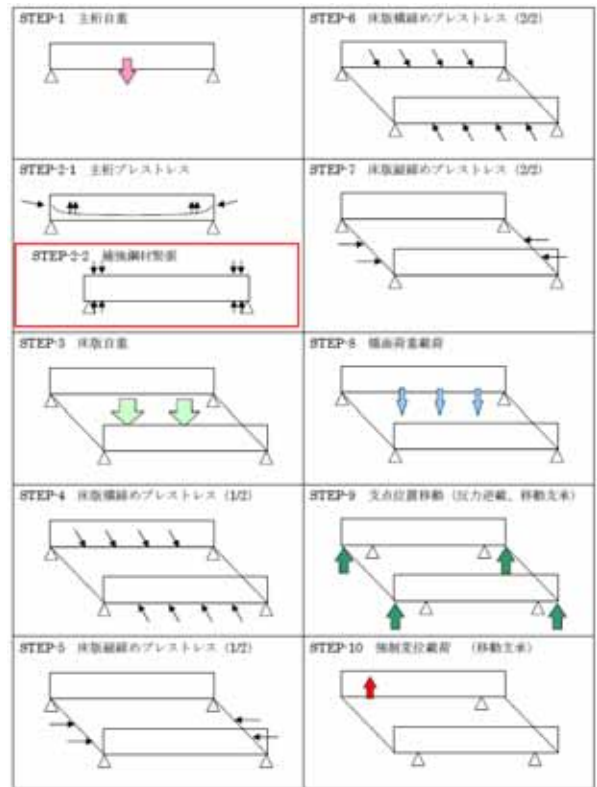


図 - 4 解析ステップ図

表 - 1 引張応力制限値発生変位量

CASE-No	制限値	主桁	参考 (鋼棒なし)
CASE-A	移動支承+A↑	53.4	23.4
CASE-B	移動支承+B↑	64.6	15.5
CASE-AD	移動支承+AD↑	26.7	11.7
CASE-BC	移動支承+BC↑	33.6	7.7

※単位(mm)

制限値 床版 40N=0.23×40²/1.0=2.69N/mm²
主桁 50N=0.23×50²/1.0=3.12N/mm²

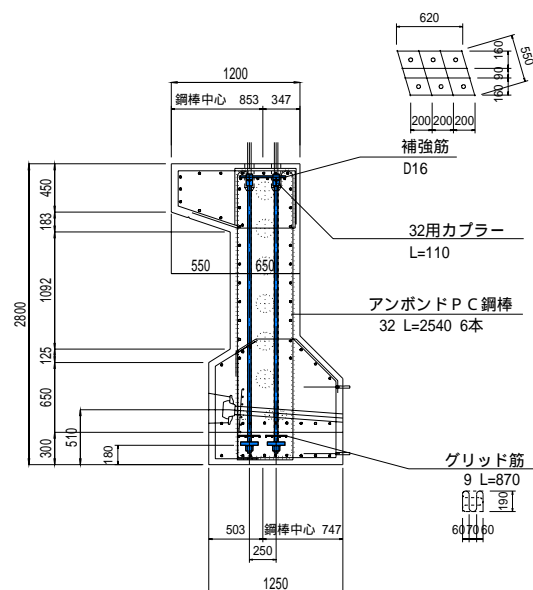


図 - 6 補強 PC 鋼棒

3.2 使用機材

3.2.1 横移動用機材

本工事では能力 700kN300ST のダブルツイングジャッキを A1 側, A2 側各 2 台ずつの計 4 台を使用して横取りを行った。写真 - 2 にダブルツイングジャッキ, 写真 - 3 にポンプユニットを示す。本工事で採用したダブルツイングジャッキは 1 台当たり 4 本のシリンダーを持ち 2 本が 1 組となりそれぞれ加圧・減圧を交互に繰り返し連続動作を可能にしている。またコンピューター制御により連続運転および変位制御, 速度制御が行える。写真 - 4 に制御装置を示す。



写真 - 2 ダブルツイングジャッキ



写真 - 3 ポンプユニット



写真 - 4 制御装置



写真 - 5 スライディングシップ

横取り用軌道にはステンレス板 (t=5mm) を溶接し, スライディングシップ下面のテフロン板 (t=15mm) と滑らせることにより横取りを行った。図 - 7 にスライディングシップ詳細図を示す。スライディングシップにはコンパクトロックジャッキ 2000kN30ST が 4 台内蔵されており, 各ジャッキに掛かる負荷を調整しレールに均等に荷重を分配することができる。横取りレール上の 2 台のスライディングシップはそれぞれ PC 鋼棒 (GS - 32×4 本) で連結し一体としている。またスライディングシップをダブルツイングジャッキで引寄せせる部材として PC 鋼より線 (28.6×2 本) を使用している。写真 - 5 にスライディングシップを示す。

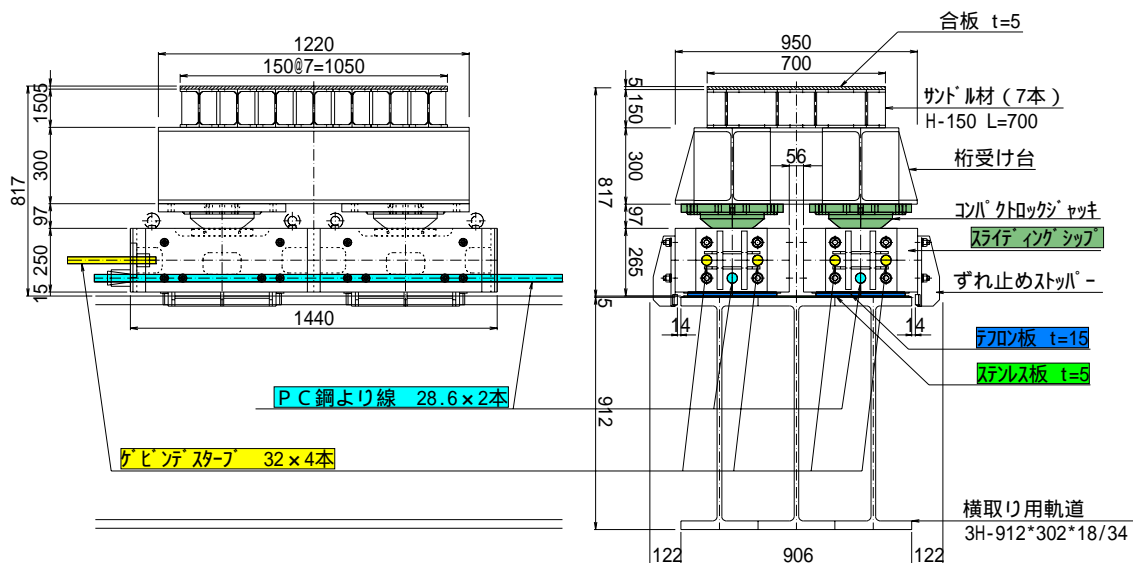


図 - 7 横取り用軌道およびスライディングシップ詳細図

3.2.2 微調整用機材

横取り完了後橋体を据付けるアップダウンジャッキには5000kN200STを4台使用している。このジャッキは主桁下面に埋め込んだインサートにより主桁に固定されている。横取りレール前面に設置したジャッキアップダウン用レールを使用して橋体がどこの位置にあってもアップダウンできるため、横取り中の不測の事態に対応することが可能となる。またこのアップダウンジャッキもダブルツインジャッキ同様コンピューター制御により4台が連動して動作し橋体に悪影響を及ぼす不等変位が起こらないようにしている。アップダウンジャッキ下面には縦移動ジャッキを設置し橋軸方向の微調整を行う。写真-6にアップダウンジャッキおよび縦移動ジャッキを示す。橋軸直角方向はダブルツインジャッキによる移動でもって所定の位置に橋体が到達したことを確認して完了するが、誤って引き越し過ぎた場合は引戻しジャッキ500kN200STを使用して引き戻しを行う。またこの引戻しジャッキは本施工時に不測の事態が発生した場合の橋体の引戻しにも使用する。写真-7に引戻しジャッキを示す。

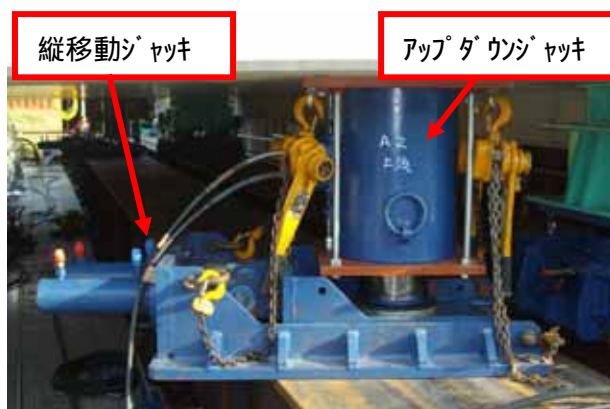
写真-6 アップダウンジャッキ
および縦移動ジャッキ

写真-7 引戻しジャッキ

3.3 試験横取り

本工事におけるPC下路桁橋の横取り架設は夜間線路閉鎖された時間内の限られた時間に確実に施工を完了しなければならない。そこでPC下路桁橋の横取り架設を円滑かつ確実にを行うことを目的に試験横取りを行った。試験横取りは本施工の行われる10日前から4回に分けて実施し、各機材の動作確認および調整、作業員の配置確認および訓練、不具合の洗い出しを行った。表-2に横取り実績表を示す。

表-2 横取り実績表

	試験横取り	試験横取り	試験横取り	試験横取り	本施工
施工日	H19.11.7	H19.11.12	H19.11.15	H19.11.16	H19.11.17
移動量 (mm)	1,000	3,875	1,000	2,000	10,550
初期縁切り荷重 (tonf)	A1: 32.0 A2: 28.0	A1: 37.0 A2: 33.0	A1: 35.5 A2: 36.0	A1: 38.0 A2: 38.0	A1: 36.0 A2: 35.5
摩擦係数 μ	0.063	0.074	0.075	0.080	0.075
最大横取り荷重 (tonf)	A1: 25.0 A2: 20.0	A1: 30.0 A2: 31.0	A1: 31.0 A2: 25.0	A1: 28.0 A2: 28.0	A1: 32.0 A2: 26.0
摩擦係数 μ	0.047	0.064	0.059	0.059	0.061
所要時間	11:08スタート 11:15完了 計 7分 (停止時間約4分)	14:55スタート 15:24完了 計 29分 (停止時間約15分)	10:45スタート 10:50完了 計 5分 (停止時間約3分)	10:39スタート 10:50完了 計 11分 (停止時間約7分)	01:50スタート 02:20完了 計 30分 (停止時間約10分)
横移動速度	$V = 1000\text{mm}/2.4\text{分}$ $= 416\text{mm}/\text{分}$ (停止時間を除く)	$V = 3875\text{mm}/8.5\text{分}$ $= 455\text{mm}/\text{分}$ (停止時間を除く)	$V = 1000\text{mm}/2.1\text{分}$ $= 476\text{mm}/\text{分}$ (停止時間を除く)	$V = 2000\text{mm}/3.4\text{分}$ $= 588\text{mm}/\text{分}$ (停止時間を除く)	$V = 10550\text{mm}/20\text{分}$ $= 528\text{mm}/\text{分}$ (停止時間を除く)

試験横取り前に特に懸念された不具合は、ステンレス板のはがれ、レールずれ止めストッパーのせりあいによるダブルツイングジャッキへの過負荷であった。しかし試験横取りではそれらの不具合は発生せずスムーズに横取りを行うことができた。表-3に作業実績表を示す。

表-3 作業実績表

	予定時間 (分)	予定累加時間 (分)	実績時間 (分)	実績累加時間 (分)
横移動	37	37	20	20
微調整	30	67	10	30
ジャッキダウン	3	70	5	35
ストッパー据付	35	105	20	55
ストッパーモルタル打設			30	85

3.4 本施工

本施工当日は、PC下路桁橋架設作業の他に既設仮桁の撤去、軌道の撤去および連結といった作業を夜間線路閉鎖時間内4時間40分で確実に完了させなければならない。そのためそれぞれの作業間の調整は事前に綿密に進められた。表-4にPC下路桁橋架設工程表を示す。このように綿密な計画と試験を行ったためトラブルも無く、関係者一同満面の笑みをもって無事始発電車を迎え入れることができた。写真-8に本施工状況を示す。

表-4 PC下路桁橋架設工程表

時間	作業内容
0:00	PC下路桁横取工 仮桁撤去工
0:10	線路閉鎖 準備工 仮桁撤去工(8連) レール切断、枕木撤去
0:40	休電
0:45	仮桁撤去工(120tクレーン2台)
1:00	(下流側 上流側) (下流側 上流側) 中川方所要時間80分 宇治山田方所要時間80分
2:00	(下流側撤去確認後、横取り開始) 仮桁撤去完了(4連) 仮桁撤去完了(4連)
2:05	・ヤード内にて仮桁他整備
2:37	桁微調整、据付 所要時間33分 ジャッキアップ 橋軸方向調整 ジャッキダウン
3:10	無収縮モルタル打設 鋼角ストッパー据付 所要時間35分 横取完了3:45分
3:20	軌道工事
4:00	所要時間 90分 [軌道] ・レール、ボンド、締結 ・開口部 枕木復旧 ・軌道、通り、高低、水準調整 ・バラスト突固め クレーン、重機作業完了
4:10	休電解除
4:50	線路解除 後片付け
5:00	始発電車確認
5:30	

4. まとめ

鉄道橋などの仮橋を設置しがたい状況において横取り架設は有効な架設工法だと思われる。今後このような工法を採用されたケースにおいて本工事報告が参考となれば幸いです。

謝辞

本橋の工事にあたっては、近畿日本鉄道株式会社の方々、元請である鹿島建設・大日本土木・日本土建共同企業体の方々にも日頃より多大なご支援を頂きました。この場を借りて関係各位に心よりお礼を申し上げます。



写真-8 本施工状況