

新幹線上の送出し・回転横取り —六番町Bo架設工事報告—

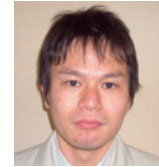
Launching Erection and Revolving Slide Erection Methods above Shinkansen Tracks — Report on the Erection of Rokubancho Bo —



藤本 貴介*¹
Takayuki FUJIMOTO



赤祖父 秀樹*²
Hideki AKASOFU



麓 貴行*³
Takayuki FUMOTO

要旨

六番町Boは、名古屋高速4号線のうち、国道1号と市道江川線の交差点上を斜めに横断する東海道新幹線のローゼ橋（第2六番町架道橋）上を跨ぐ跨線橋の架設工事である。本稿では、新幹線及び主要道路上の架設工事に関わる施工について報告する。

キーワード：新幹線，送出し，回転横取り

1. はじめに

六番町Boは、名古屋高速4号東海線（延長12km）のうち、国道1号と市道江川線が交差する名古屋市熱田区六



図-1 位置図

番一丁目交差点上を東海道新幹線のローゼ橋（第二六番町架道橋）が斜めに横断し、その上空に跨線橋を架設する工事であった（図-1）。

本工事は、東海道新幹線と主要道路が交差する交通の要所であり、施工ヤードとなる市道江川線の地下には、地下鉄名港線が通っており、施工条件が限られた場所での工事であった。

本稿では、東海動新幹線及び国道1号という主要交通上の架設工事に関わる施工について報告する。

2. 工事概要

工事名：新幹線336K670付近六番町Bo新設

場所：名古屋市熱田区六番一丁目

工期：平成21年11月13日～平成25年11月20日

元請者：清水建設・ジェイアール東海建設共同企業体
（発注者：東海旅客鉄道株式会社 建設工事事部）

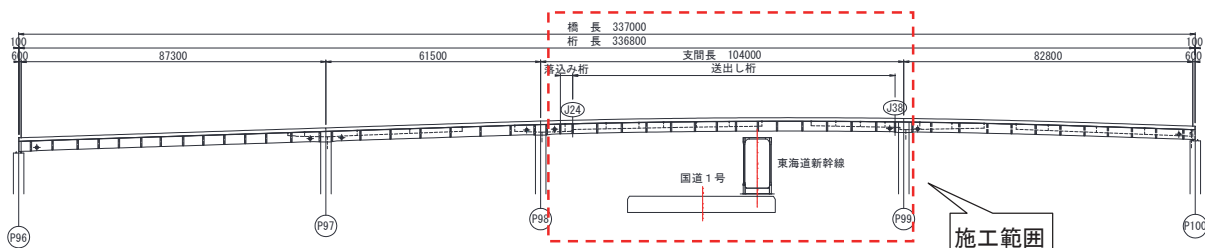


図-2 上部工一般図

*¹ 建設事業本部 関西事業部 工事・計画部 工事・工務グループ
*² 建設事業本部 関西事業部 関西営業部 専門部長

*³ 建設事業本部 関西事業部 工事・計画部 計画グループ 主任

形式：4径間連続立体ラーメン鋼床版箱桁
 橋長：337.0m（P96～P100径間）
 施工範囲 104m（P98～P99径間）
 幅員：20.758m～19.450m
 鋼重：965.177t（P98～P99径間）

3. 施工方法

(1) 工法の概要

桁架設位置が国道1号という主要道路上で自動車交通量も極めて多く、交差点内にベントを設置してのクレーン架設が不可能なため、送出し工法を採用した。施工区間が曲線区間であり、発進側の主桁地組ヤードが既設の主桁上に限定され、到達側ベントの設置箇所も限られていたため、送出し後所定の位置に桁を取めるには、回転横取りを行う必要があった。

架設条件として、送出し・降下・回転などの桁移動時には国道1号、市道江川線の通行止めが義務付けられた（図-3）。

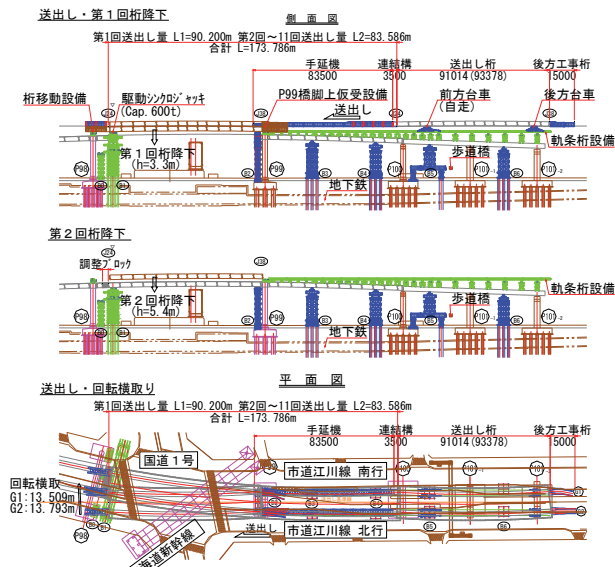


図-3 工事概要図

(2) 送出し

送出し前（主桁地組）～送出し終了までの間、送出し時および地震による水平力に対して安全な設備が必要となる。安全設備として、ラッシング用の金具が取り付けられるように桁製作時に主桁下フランジに短冊型金具を設置した（図-4）。

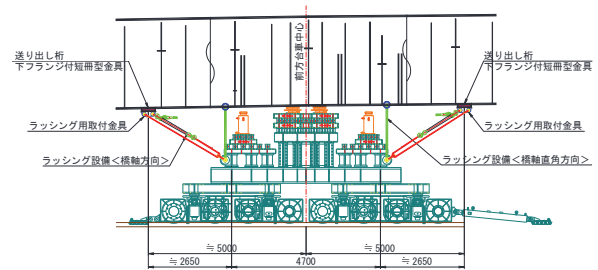


図-4 台車ラッシング設備

第1回送出しは、送出し長L=90.2mを3時間35分間で「送出し総合管理システム」を使用して行った。非常事態に備え送出し中止基準を作成し、桁移動をリアルタイムにモニター表示し、送出し時間を管理した（写真-1, 2, 図-5）。



写真-1 第1回主桁送出し状況

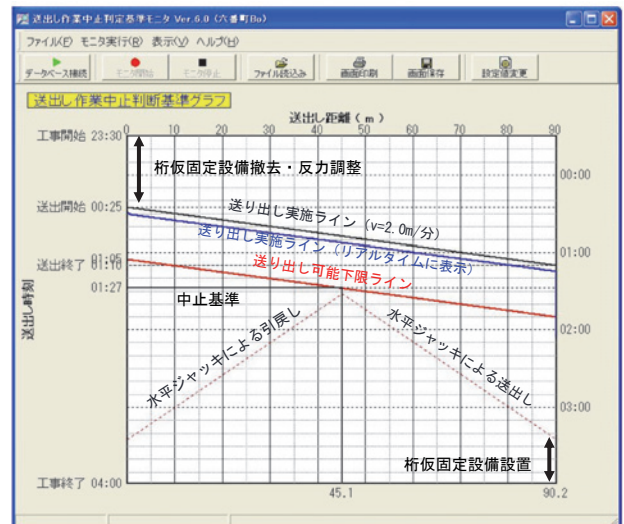


図-5 送出し作業中止判断基準グラフ



写真-2 第1回送出し完了

一般的に、手延べ機先端到達後は台車に取り付けた水平ジャッキで軌条から反力を取りながら送出しを行うが、水平ジャッキのストロークが1.7mであり、盛替えが必要となる。第2回以降の10m/1夜間の送出しには、1.7m/回×6回の通行止めが必要となる。通行止めを1回とするため盛替えなしの自走台車を使用することとした。

しかし、第2回送出し以降、徐々に自走台車反力が減少するため、台車車輪と軌条の摩擦力不足により台車が空転し、必要な駆動力を得ることが出来なくなる。対策として、到達側に駆動力を備えたシンクロジャッキを設置し、自走台車と同調させることにより、所定の駆動力を確保することにした（写真-3）。



写真-3 駆動シンクロジャッキ

駆動シンクロジャッキと自走台車の速度の同調を確認するため、事前にJR東海職員立会による公開実験を行った。実験の目的を下記に示す。

- ①駆動シンクロジャッキが負圧（圧力が0の状態）になると回転が停止する。負圧が発生する要因とし

て、駆動シンクロジャッキの送出し速度が自走台車より遅い状態で発生する。今回の実験では、自走台車の送出し速度 $V=2.0$ (m/分) を水平ジャッキでH形鋼を移動させることにより発生させ、駆動シンクロジャッキが同調することを確認した（図-6）。



図-6 駆動シンクロジャッキ同調実験

- ②両送出し設備の同調には、駆動シンクロのクローラプレート上で桁が滑ることを防止しなければならない。桁反力が小さい状態で駆動力を大きくした場合、滑りが発生することが懸念される。送出しステップ4まではポンプ吐出口にストップ弁を設置して最大駆動圧力の1/2程度の吐出圧力に設定し、ステップ5からはストップ弁を閉じポンプ本体のリリーフ弁の設定圧力で実験を行った（図-7）。

| 送出しステップ | B1ベント | 前方台車 | 後方台車 | 台車合計 |
|---------|-------|------|------|------|
| 2 | 174 | 1001 | 352 | 1353 |
| 3 | 234 | 1035 | 245 | 1280 |
| 4 | 283 | 1095 | 115 | 1210 |
| 5 | 350 | 1109 | | 1109 |
| 6 | 466 | 972 | | 972 |
| 7 | 553 | 839 | | 839 |
| 8 | 625 | 712 | | 712 |
| 9 | 666 | 640 | | 640 |
| 10 | 729 | 577 | | 577 |
| 11 | 765 | 540 | | 540 |

図-7 ステップ桁反力

それぞれの試験結果を下記に示す（図-8）。

【同調試験】

- ・駆動シンクロジャッキと水平シリンダーが同調すること。
- ・水平ジャッキの速度 V=2.0(m/min)
- ・駆動シンクロジャッキの速度 V=2.0(m/min)以上
- ・ポンプ吐出量（モーター用） Q=27(L/min)~28(L/min)

試験1・・・ 外部リリーフ弁を作用させた場合（設定圧力=11.2MPa）

| 積載荷重 (TON) | 同調の可否 | 備考 |
|--------------|-------|-------|
| 43 (第2回送り出し) | 可 | 174/4 |
| 70 (第4回送り出し) | 可 | 283/4 |

試験2・・・ ポンプ本体のリリーフ弁を作用させた場合（設定圧力=22.4MPa）

| 積載荷重 (TON) | 同調の可否 | 備考 |
|----------------|-------|-------|
| 115 (第6回送り出し) | 可 | 466/4 |
| 156 (第8回送り出し) | 可 | 625/4 |
| 192 (第11回送り出し) | 可 | 765/4 |

【駆動シンクロと桁の停止確認試験】

- ・駆動シンクロが積載荷重に対して滑らない事を確認する
- ・桁とクローラプレートの摩擦係数を雨等での軽減を考慮して0.2とした。
- ・ポンプ吐出量（モーター用） Q=27(L/min)~28(L/min)
- ・ポンプ圧力（外部リリーフ） P1=11.2 (MPa) 駆動力 6.7t
- ・ポンプ圧力（内部リリーフ） P2=22.4 (MPa) 駆動力 13.4t

試験1・・・ 外部リリーフ弁を作用させた場合（設定圧力=11.2MPa）

| 積載荷重 (t) | 停止の可否 | 備考 |
|--------------|-------|-----------------------|
| 43 (第2回送り出し) | 停止 | 174/4×0.2=8.7t > 6.7t |

試験2・・・ 内部リリーフ弁を作用させた場合（設定圧力=22.4MPa）

| 積載荷重 (t) | 停止の可否 | 備考 |
|--------------|-------|-------------------------|
| 88 (第5回送り出し) | 停止 | 350/4×0.2=17.5t > 13.4t |

図-8 駆動シンクロジャッキ試験結果

(3) 桁降下

今回は400mmストロークの油圧ジャッキを使用し、降下量を300mm/回とすることにより桁下道路の通行止め回数を削減した。高ストロークジャッキを使用する安全性を確保するため、桁降下管理システムを開発し、各々のジャッキ間のストローク差を自動制御することとした（写真-4、図-9）。管理項目を以下に示す。

- ① ジャッキ反力の集中管理
- ② 桁降下時ジャッキストローク管理
- ③ ジャッキストロークに差がついた場合の自動制御
- ④ 適正反力と実測値の比較表示
- ⑤ 管理室からの鉛直ジャッキの遠隔操作・自動制御



写真-4 桁降下状況

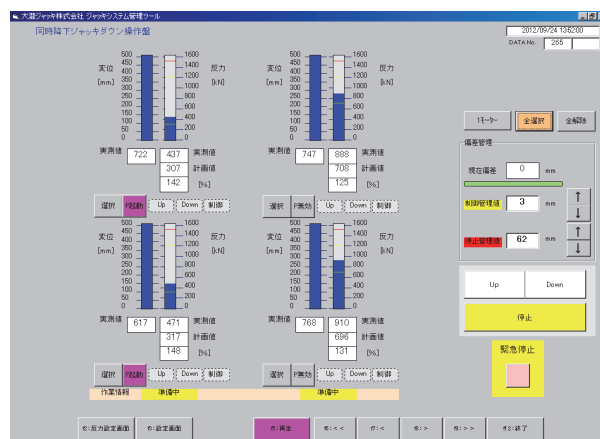


図-9 桁降下管理システム画面

桁降下管理システムを使用した結果、各々のジャッキストローク差30mmを制御開始値とした自動制御を行うことにより安定した降下量および反力で、桁降下作業を行うことが出来た。

(4) 回転横取り

第1回降下後、P99橋脚G1側を回転中心にして、13.8m (G2側) 橋軸直角方向に回転する必要があった。回転横取り軌条はP98橋脚横梁上に平行に設置した。その際、橋軸方向にも最大で4.2m (G2側) シフトすることとなり受点に変化していく。マジックスライドを到達側 (P98) の回転横取り軌条上に設置し、受点の変化に対応できるようにした（図-10, 11, 写真-5, 6）。

P99橋脚G2側は回転設備（300tスライドベース）を回転円弧に対する接線方向に設置した。

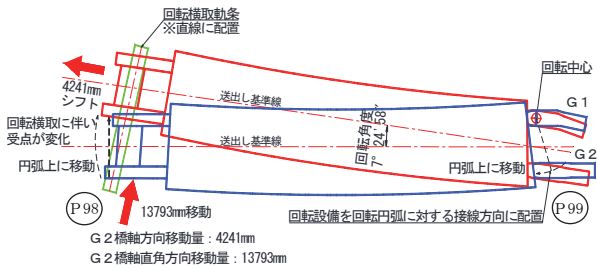


図-10 回転横取り概要

マジックスライド使用に関しては、クローラプレート下面のテフロン摩擦抵抗および手延べ機のたわみによる上り勾配から発生する水平力によりマジックスライドが傾斜することが懸念された。(この水平力は回転中心に据え付けた回転台に対して逆方向に同等の力で作用する。) 水平力低減のため、回転横取り管理システムを開発した(図-12)。

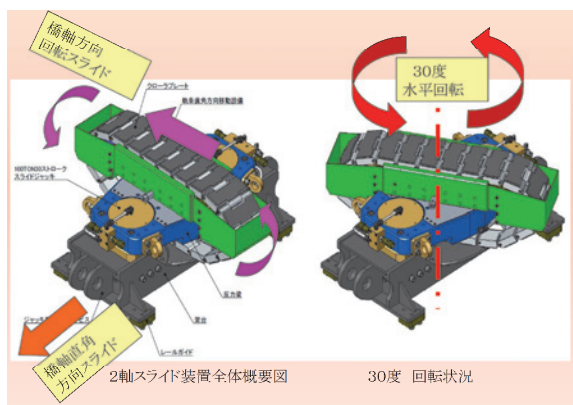


図-11 マジックスライド

①回転横取り時

橋軸シフト方向ジャッキに一定の油圧力を付加し続ける。圧力設定はリリーフバルブを使用して『鉛直荷重×(摩擦係数+手延べ機のたわみ勾配)』以下の値に設定する。

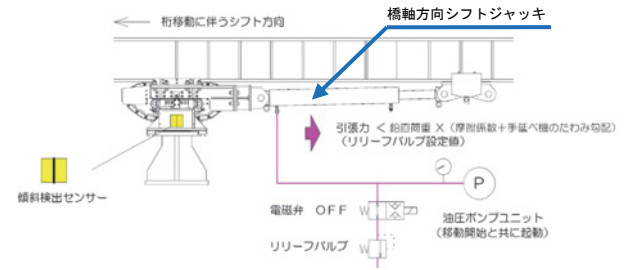
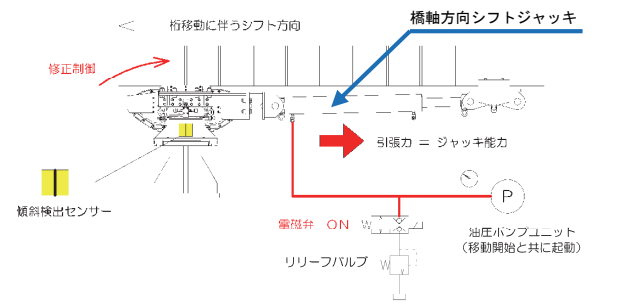


写真-5 P99回転中心

②マジックスライド傾斜時

マジックスライドにクローラ部摩擦増加等の要因で傾斜が発生し、傾斜角度が基準値を超えた場合、電磁弁ON指令によって、リリーフバルブに流れる油圧を遮断し、橋軸方向シフトジャッキを加圧する。傾斜センサーが0(フラット)になるまで修正制御を継続する。



傾斜センサー異常値
 + 1° で制御開始
 ± 1.5° で停止
 ※一側の値を設定するのは水平ジャッキでマジックスライドを引きすぎないようにするためである。

図-12 回転横取りシステム概要

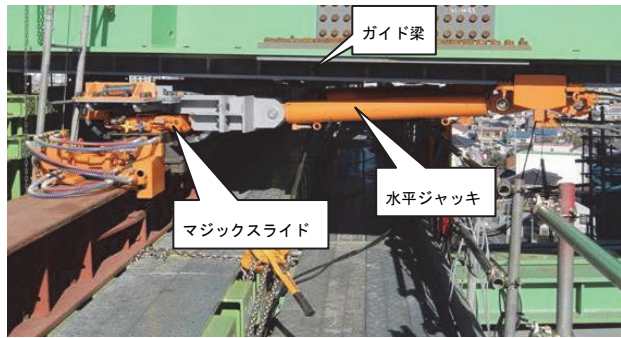


写真-6 P98マジックスライド

回転横取りシステムは本工事のため開発したシステムであり、実橋での実績がない。JR東海職員立会の公開実験を行い、下記のシステムの妥当性を確認した。

- 1 荷重試験機で疑似的な荷重載荷状態として水平力に相当する力を発生させ、橋軸方向シフトジャッキのストロークが自動的に追従することを確認した。
- 2 マジックスライドを傾け、傾斜センサの値に基づく電氣的制御により、傾斜を自動修正する動作確認を行った(図-13)。

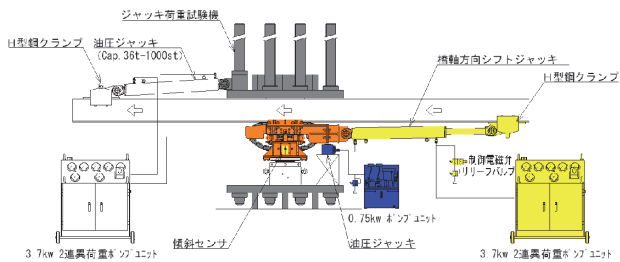


図-13 マジックスライド実験状況

回転横取り時は、回転横取り管理システムで集中管理を行った(図-14, 15, 写真-7, 8)。管理項目を以下に示す。

- ① ジャッキ反力の集中管理
- ② 桁移動量の計測
- ③ 桁シフト量の計測
- ④ 橋軸シフトジャッキ圧力の計測管理
- ⑤ 横取り量と各ステップ計画反力からの補正演算による適正反力の算出
- ⑥ 適正反力と実測値との比較表示
- ⑦ 管理室からの鉛直ジャッキの遠隔操作・自動制御
- ⑧ マジックスライド傾斜角の測定

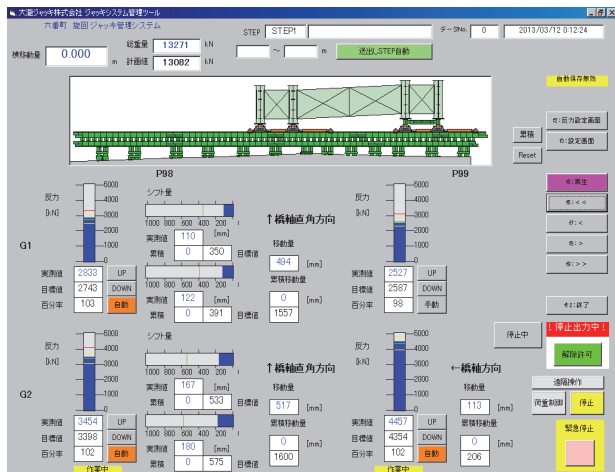


図-14 回転横取りシステム画面

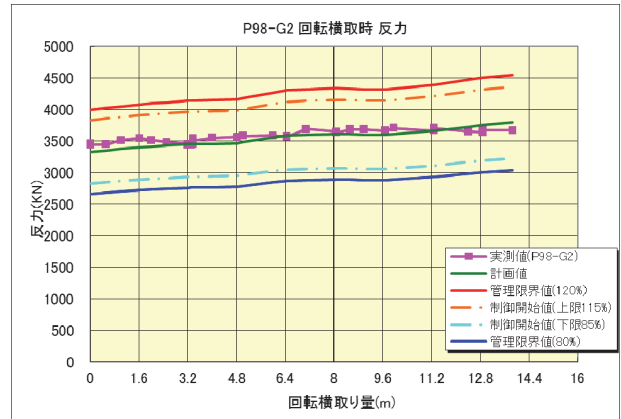


図-15 反力管理グラフ



写真-7 回転横取り前



写真-8 回転横取り後

回転横取りシステムを使用した結果、各支持点の反力を自動制御することにより、荷重の不均等が生じることなく安定して回転横取りを行うことが出来た。桁のシフト量も計画していた値の範囲内で推移した。傾斜修正システムは制御開始角度の 1.0° で自動制御がかかり、傾斜センサーがゼロ(フラット)になるまで、修正制御を行い、スムーズに行うことが出来た。

結果として、当初予定していた作業時間内で完了した。

4. 考 察

(1) 橋軸方向のたわみ角による縦断勾配の修正

マジックスライドに内蔵されたテフロン押上ジャッキによる傾斜修正は困難であるため、回転軌条直下にテーパーPLを設置することとした（図-16）。

今後のたわみ角による縦断勾配の修正は手延べ機または主桁に取り付けているガイド梁で勾配調整するのが望ましい（注、回転移動量が長く橋軸方向のシフト量が多い時は別途、検討する必要がある）。

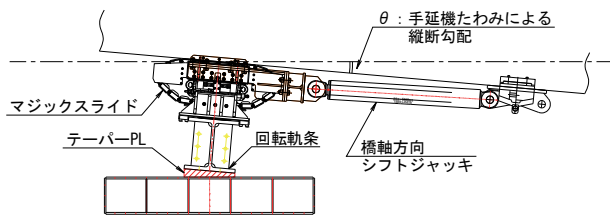


図-16 橋軸方向のたわみ角による縦断勾配

(2) 回転中心縦断勾配について

回転中心の縦断勾配が大きい場合、ヘッドプレート上にテーパープレートを設置し、ジャッキ天端が水平となるよう調整することによりユニバーサルヘッド部の接線方向で横ズレ・横抜けにならないよう留意する（図-17）。

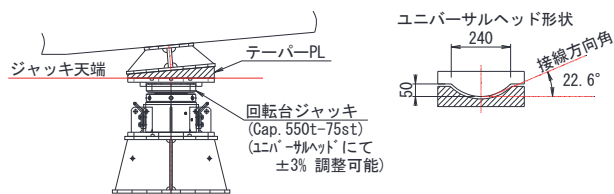


図-17 P99回転中心

(3) 回転中心に対する水平力

今回は既設桁鋼床版と回転中心を固定したが、ベント設備上およびコンクリート橋台上等に回転中心を設定する場合、水平力を考慮して回転軸を固定する必要がある（図-18）。

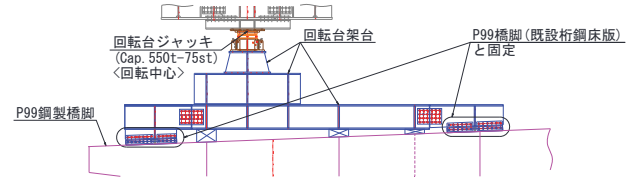


図-18 回転中心の固定

5. おわりに

本工事は、東海道新幹線及び国道1号直上での施工を行う難工事であった。鉄道上での回転横取りは初の試みであり、注目度も高く、いろいろな業界紙にも取り上げられ、現在特許出願中である。

最後に、本工法の採用及び実現に際し、ご指導・ご尽力頂きました関係者の方々に深く感謝を申し上げます。

2013.12.2 受付