

PC 押し出し施工時における滑り支承から本支承への受替え工事 — 超薄型ジャッキを用いた連続桁の支承受替え —

山下 和則*1・赤間 淳一*2・加藤 英輔*3・那須野 栄一*4

超薄型ジャッキ（フラットジャッキ）は、近年の維持補修、耐震補強、免震レトロフィットなどの分野に適用事例が拡大している。そのなかで、橋梁工事では数多く採用されているが、単純桁への適用事例が多く連続桁への適用事例は非常に少ない。連続桁への適用の場合、各支点を同時にジャッキアップ・ダウンすることが必要であること、また工事該当箇所が増えることから長期間（1～2ヵ月程度）の揚力保持期間が必要となることが課題となる。

本稿は、連続桁への適用範囲を拡充するために実施した性能確認試験を紹介するとともに、押し出し架設時における滑り支承から本支承への受替え工事における計画から施工について報告する。

キーワード：フラットジャッキ、支承受替え、PC 押し出し施工、連続桁、仮支承

1. 工事概要

本工事は、北陸新幹線長野～金沢の富山県射水市において、PC 桁（2 径間連続箱桁）を含む高架橋および橋梁工事である。

工事件名：北陸新幹線、射水今開発高架橋

工事場所：富山県射水市三ヶ（さんが）・今開発（いまかいほつ）・本開発（ほんかいほつ）地内

工期：平成 21 年 11 月 24 日～平成 24 年 8 月 20 日

発注者：独立行政法人鉄道建設・運輸施設整備支援機構
鉄道建設本部北陸新幹線第二建設局

施工者：フジタ・あおみ・大高特定建設工事 JV

全体工事のうち、国道 472 号線および市道の交差点を越える全長 111 m、2 径間連続 PC 箱桁橋（橋梁名：中本開発跨道橋）は、鉄道橋での最大支間としては日本最大級の PC 押し出し工法により施工された。

図 - 1 に示すように架設位置に隣接する東本開発の下部工上部で PC 桁を製作し、市道および国道上に押し出したのち、所定の位置にジャッキダウンした。

基本設計では、該当工事区間の平面線形は $R = 4000$ m

であるが、押し出し桁の線形は直線で中本開発跨道橋の橋脚も一直線上に配置されている。

しかし、桁製作ヤードは曲線上に橋脚が配置されているため、桁を直線上に押すことを想定した場合、仮支承を設置する橋脚と橋軸直角方向のずれ（最大 2 m 程度）が生じることになる。また、基本設計では施工ヤードの橋脚の一部を仮支承の台座としてそのまま利用する計画となっていたが、桁製作ヤードに架設する桁の高さと押し出し架設する桁の高さが大きく異なることにより、両区間の橋脚高さも同程度異なっており、押し出し完了時のジャッキダウン量が約 1.70 m になっていた。

このようにジャッキダウン量が過大な状況では、設備的にも工程的にも影響が大きいと判断し、仮設台座を図 - 2 のように約 1.65 m 下げる計画にしたことで、押し出し完了時のジャッキダウン量を 50 mm に減少させた計画へと変更した。

以上のような計画変更に伴い、ジャッキダウン量が非常に小さくなったことから、滑り支承から本支承への受替え工事に超薄型のジャッキであるフラットジャッキの採用が検討された。

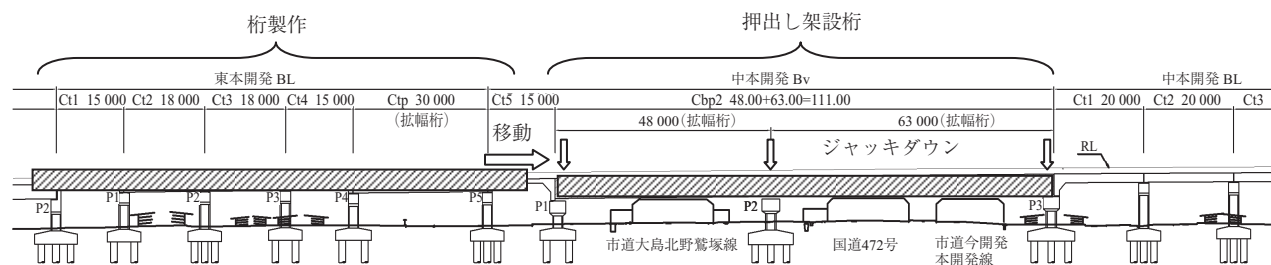


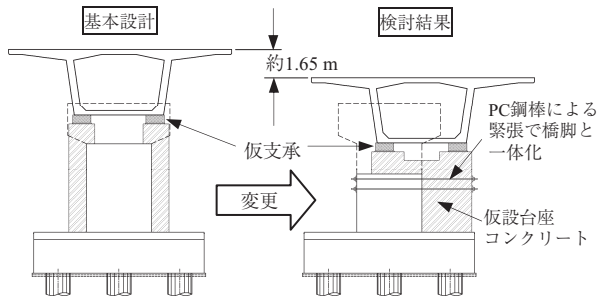
図 - 1 中本開発跨道橋側面図

*1 Kazunori YAMASHITA：極東鋼弦コンクリート振興(株) フラットジャッキ部

*2 Junichi AKAMA：極東鋼弦コンクリート振興(株) フラットジャッキ部

*3 Eisuke KATO：(株)フジタ 東北支店 土木工事部

*4 Eiichi NASUNO：川田建設(株) 東日本統括支店 事業推進部



注) 桁製作区間においては、破線で示した橋脚上部は押出し完了後に構築する

図 - 2 橋脚仮支承部の計画変更

2. フラットジャッキ工法の採用

多径間の連続桁を押し出し架設する場合、架設時に使用していた滑り支承から本支承への受替え作業が発生する。従来工法では、桁を本支承で受替えるまでの期間は橋脚脇に支柱やブラケットを構築し、その天端に油圧ジャッキを設置する方法にて受替えを行っている。これは、桁下空間が狭くジャッキを橋脚天端に設置することが困難である場合の対処方法である。このことにより、主桁荷重を直接受ける位置が支点横桁からずれた位置となるため、主桁直下以外の箇所でも荷重を受ける計画とした場合、下床版などの補強が必要になるほか、受替え作業を行うために支柱やブラケットの構築が新たに必要となる。

しかし、フラットジャッキ工法は支圧板を含む厚さが30mm程度と機械高さが非常に低いことから、桁下空間の狭い橋脚天端でも設置可能となり、下床版などの補強や支柱・ブラケットの構築が不要となる(図-3)。

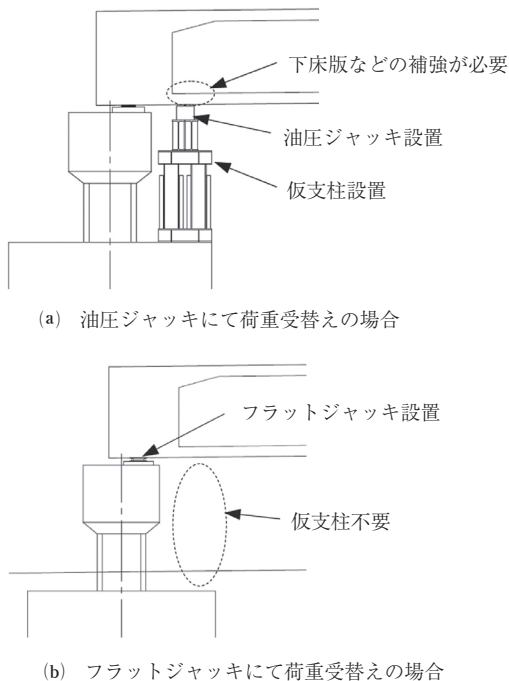


図 - 3 橋脚仮支承部の計画

また、本工事のように設計荷重が大きい場合は使用するジャッキの受圧面積が大きくなることから、油圧ジャッキを使用する工法と比較して、構造物をより安定して受替えることができる。

以上より、押し出し桁の製作位置を当初計画より1.65m下げ、その高さで押し出すよう変更した。これにより、台座コンクリートなどの仮設構造物は増加することとなった。

しかし、ジャッキダウン量が小さくなったことから、滑り支承から本支承への受替え作業を交通解放している昼間に実施することができる。また、製作ヤードの支保工削減や工期短縮などの効果が期待できる結果となった。このようなことから施工性・経済性・安全性に優れた施工方法と判断され採用されることとなった。

3. フラットジャッキ工法

3.1 フラットジャッキの特徴

フラットジャッキは、構造が単純なため故障がなく軽量で取り扱いが容易であることに加え、ピストンのないジャッキあることから、スペースの狭い場所で使用できることが最大の特徴である(写真-1)。またジャッキの能力は、簡単な構造であるにもかかわらず、有効受圧面積の違うジャッキを用いることにより100～10000kNの幅広い範囲の揚力をゆつくりと安全に施工することが可能である。



写真 - 1 フラットジャッキ

3.2 フラットジャッキの性能

フラットジャッキの寸法は、支圧板を含む厚さが30mmおよび41mmである。表-1に性能諸元を示す。

表 - 1 フラットジャッキの性能

項目 型番	直径 (mm)	厚さ (mm)	最大揚力 (kN)	常用許容揚力 (kN)	最大ストローク (mm)
FJ-10	130	25(30)	98	78	25
FJ-18	160	25(30)	177	142	25
FJ-30	200	25(30)	294	235	25
FJ-34	210	25(30)	333	266	25
FJ-50	250	25(30)	490	392	25
FJ-80	300	25(30)	785	628	25
FJ-120	360	25(30)	1 177	942	25
FJ-170	420	25(30)	1 667	1 334	25
FJ-250	500	25(30)	2 452	1 962	25
FJ-360	600	36(41)	3 530	2 824	36
FJ-500	700	36(41)	4 903	3 922	36
FJ-800	870	36(41)	7 845	6 276	36
FJ-1000	970	36(41)	9 807	7 846	36

()内は支圧板を含んだ厚さを示す

また、大きなストローク（揚程量）を必要とする場合には複数枚を重ねて使用することにより対応できる。

4. 性能確認試験

本工事では、押出し完了後本支承までの設置期間が長期間となることが想定されることから、その要求性能を満足するために、2種類の性能確認試験を実施した。

4.1 揚力保持試験

構造物を長期間（3ヵ月）ジャッキアップし続ける際、注入圧力の大小に関係なくジャッキ内の圧力を保持し、安全に構造物を支持することが可能であるかを確認するための試験を実施した。試験体はフラットジャッキ FJ-30 型を3体用意し、水注入によりの圧力をおおの 8 MPa・10 MPa・12 MPa と設定した。試験方法は、それぞれのジャッキ内に設定した圧力をかけた後、バルブを閉めて3ヵ月放置し測定管理を実施した。試験を精度よく管理するために、ジャッキ内の液体の圧力以外に外気温およびジャッキの温度を記録した。写真 - 2 に揚力保持試験状況を示す。



写真 - 2 揚力保持試験状況

4.2 一定荷重載荷試験

構造物を長期間（3ヵ月）ジャッキアップし続ける際、ジャッキに一定の荷重を継続載荷しても、その圧力を安全に保持できるかを確認するための試験を実施した。試験体はフラットジャッキ FJ-30 型とし、つねに圧力が 12 MPa となるように試験機により加圧して調整した。荷重は、ロードセルにより管理し、試験体のストロークの縮みは、可動板に2箇所変位計を設置してジャッキの鉛直変位の推移を確認した。写真 - 3 に一定荷重載荷試験状況を示す。

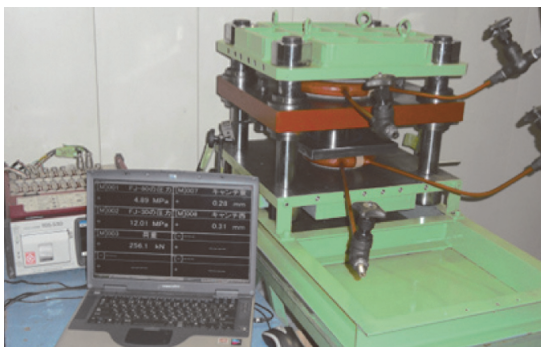


写真 - 3 一定荷重載荷試験状況

4.3 各種試験結果

図 - 4 に揚力保持試験結果（注入圧）を、図 - 5 に一定荷重載荷試験結果（変位）を示す。

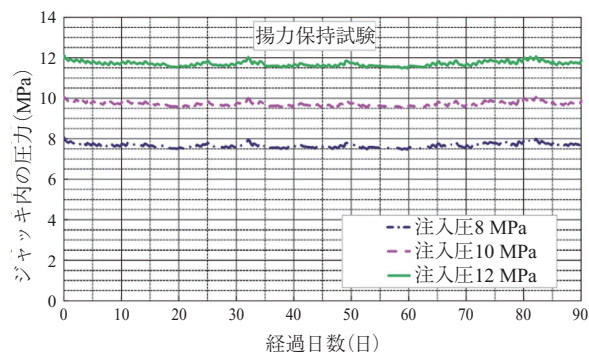


図 - 4 揚力保持試験結果（注入圧）

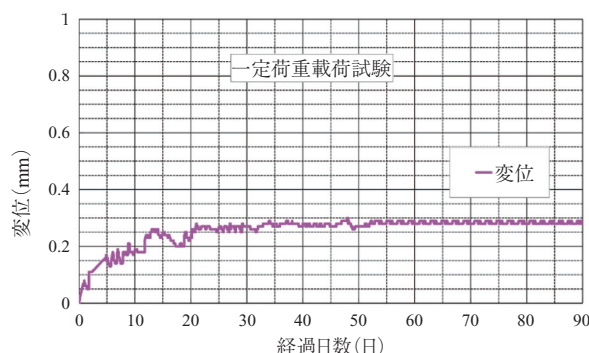


図 - 5 一定荷重載荷試験結果（変位）

揚力保持試験については、8 MPa・10 MPa・12 MPa ともに測定開始から初期段階で 0.5 MPa 程度の圧力低下がみられたものの、それ以降に関しては変化は微小であり、圧力を確実に保持していることが確認された。

また、一定荷重載荷試験についても、測定開始から初期段階で 0.3 mm 程度の鉛直変位がみられたものの、それ以降に関しては形状変化はなく、揚力を確実に保持していることが確認された。なお、圧力および変位ともにジャッキ内に注入した水が外気温の影響を受けることから、グラフのような微小な変化が生じている。

いずれの数値結果も構造物に与える影響は小さいと判断できることから、長期間にわたり安全で確実な揚力保持が可能であることが確認された。

5. 荷重受替え計画

5.1 フラットジャッキの設置箇所の選定

フラットジャッキの設置箇所の選定は、滑り支承や本支承および鋼角ストッパーの箱抜き位置を考慮し、ジャッキの種類と個数を検討し設定した。次頁の図 - 6 に各橋脚でのジャッキの配置計画図を示す。

5.2 使用ジャッキの選定

本工事において、押出し架設完了後の各橋脚における反力を次頁の表 - 2 に示す。

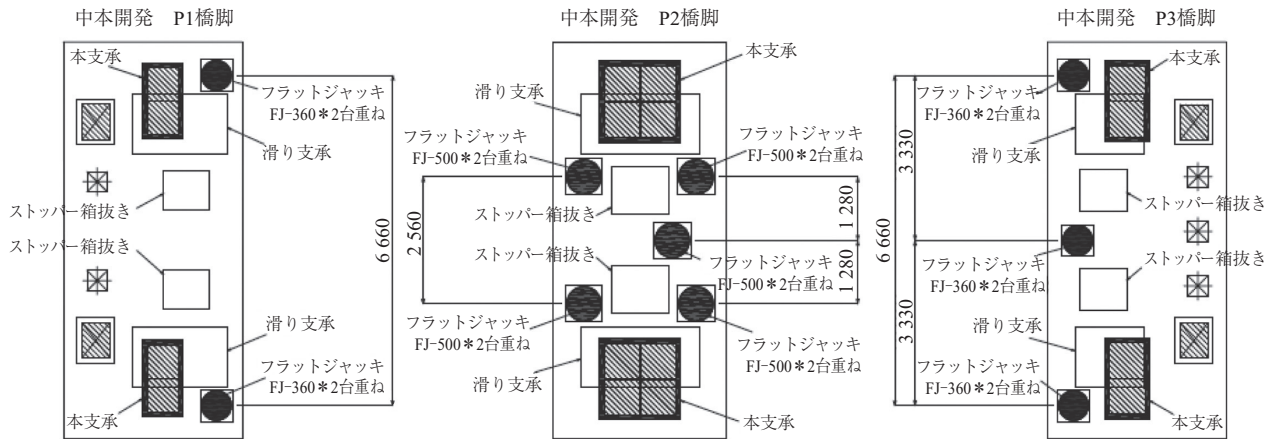


図 - 6 各橋脚でのジャッキの配置計画図

表 - 2 使用ジャッキの選定

	反力 (kN)
P 1 橋脚 (押し出し架設完了後)	5 601
P 2 橋脚 (押し出し架設完了後)	21 221
P 3 橋脚 (押し出し架設完了後)	9 066

各橋脚ごとのジャッキの種類と個数における条件を以下のように設定した。また、ジャッキの種類と個数の選定をした結果を表 - 3 に示す。

- ① ジャッキの種類は、設置時の安定性を確保するためジャッキの受圧面積を橋脚上に設置できる範囲でなるべく大きく設定し、FJ-360 (φ600 mm) および FJ-500 (φ700 mm) とした。
- ② ジャッキの許容荷重は一般的な場合、橋面上に活荷重が作用している場合が多く、通行車両から発生する衝撃などを勘案し、ジャッキの保有している最大揚力の80%にて計画している。本工事では新設で、活荷重が作用していないことから、最大揚力の90%まで許容することとした。
- ③ ジャッキダウン量の計画値が50 mm 必要であったため、ジャッキを2台重ねて使用し、36 mm × 2 = 72 mm のストロークを確保する計画とした。

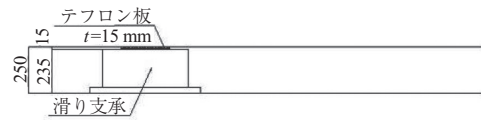
表 - 3 使用ジャッキの選定結果

	使用ジャッキ
P 1 橋脚	FJ-360 * 2 台連動 * 2 台重ね
	5 601 kN/2 台 = 2 800 kN/ 台 (最大揚力の 79.3 %)
P 2 橋脚	FJ-500 * 5 台連動 * 2 台重ね
	21 221 kN/5 台 = 4 244 kN/ 台 (最大揚力の 86.6 %)
P 3 橋脚	FJ-360 * 3 台連動 * 2 台重ね
	9 066 kN/3 台 = 3 022 kN/ 台 (最大揚力の 85.6 %)

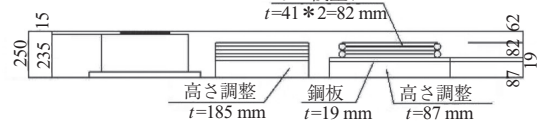
5.3 荷重受替え工事の施工手順

フラットジャッキ工法を用いた荷重受替え工事の施工手順を図 - 7 に示す。

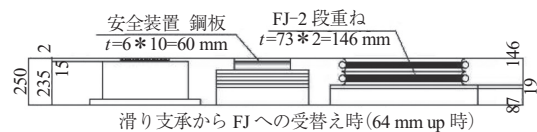
① 押し出し完了



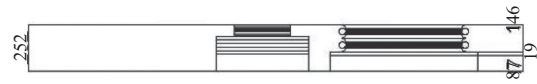
② FJ 設置・安全装置設置



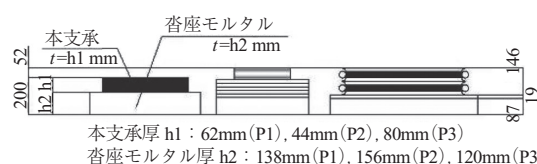
③ 反力受替え (滑り支承→FJ)



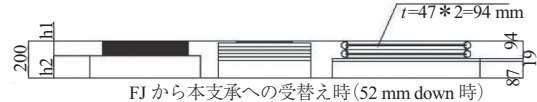
④ 滑り支承撤去 (FJ 揚力保持 1 ヶ月程度)



⑤ 本支承設置 (FJ 揚力保持 1 ヶ月程度)



⑥ 反力受替え (FJ→本支承)



⑦ FJ 撤去・安全装置撤去



図 - 7 荷重受替え施工手順

5.4 荷重受替え工事の施工要領

(1) フラットジャッキ設置用の仮受け台座工

仮受け台座工は押し出し架設完了後、仮受け台座 (無収縮

モルタルまたは鋼板)により縦横断勾配を調整し、フラットジャッキ本体の支圧面全体で均等に荷重を受けられるように施工した。ただし、緩い勾配(2%未満)であればフラットジャッキで勾配を吸収することができる。

(2) フラットジャッキ本体設置工

本工事において、滑り支承の天端高さは本支承天端高さより50mm高い位置に設定し計画されていた。

フラットジャッキ上面が桁下面に密着するまでのタイムロスをなくすため、フラットジャッキ本体を30mm膨らませた状態にて現地に搬入することにより、セット余裕高さを極力少なくした(写真-4)。

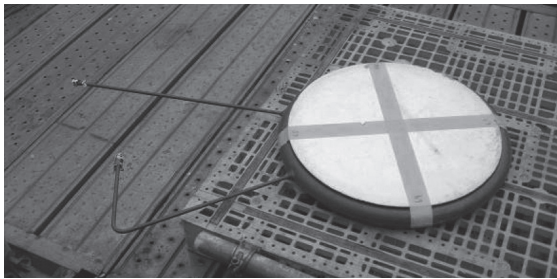


写真-4 現地に搬入したフラットジャッキ

また、ジャッキを2台を重ねて使用する計画であったため、設置時のジャッキのずれを防止するためテープにより一体化して設置した(写真-5)。

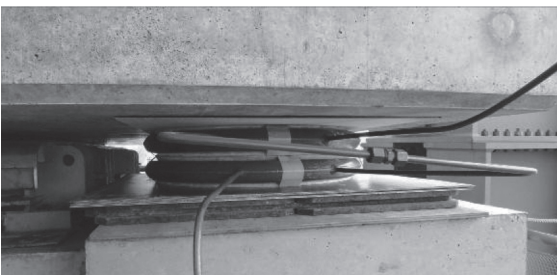


写真-5 ジャッキを2台重ねた状況

(3) フラットジャッキ連動配管工

各橋脚間が短い場合や桁下空間に制限がない場合は、各橋脚ごとに設置したフラットジャッキをすべて連動配管することも可能であるが、本工事においては各橋脚間の距離が長いことや国道を横断した橋梁であることから、各橋脚で独立した配管経路とし、橋脚間で連携を取りながらジャッキアップおよびダウンを実施することとした。

各ジャッキへの注入速度を合せるため、高压注入ポンプからフラットジャッキ本体までの配管長さが等しくなるように、トーナメント式に配管接続した。なお、連動配管作業は現地合せとなるため、フラットジャッキ側より順次配管接続した。本工事にて実施したP2橋脚の連動配管図例を図-8に、連動配管状況を写真-6に示す。

(4) 安全装置用鋼板設置工

フラットジャッキ本体に不具合が発生した場合の安全対策として、6~22mm程度の鋼板を複数枚用意し、フラ

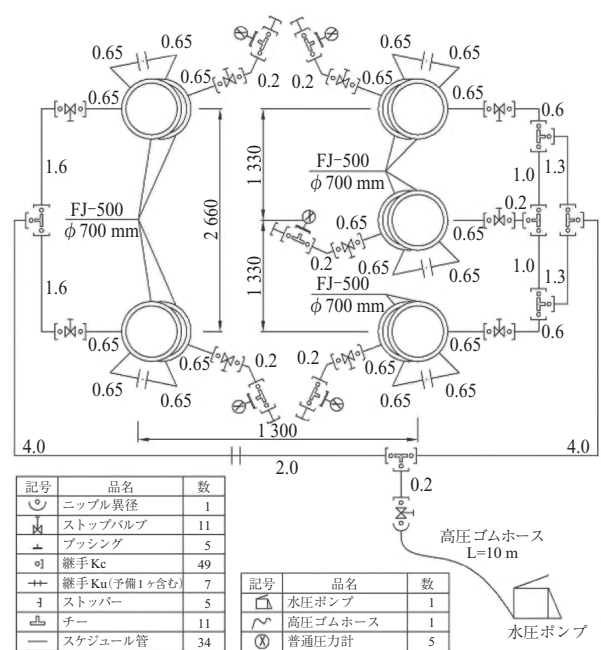


図-8 連動配管図例 (P2橋脚)



写真-6 連動配管状況



写真-7 安全装置用鋼板設置状況

ットジャッキ近傍に設置した(写真-7)。

この際、安全装置用鋼板を隙間がほとんどなくなるまで挿入するため、6mm以下の鋼板を複数枚用意した。

さらに、フラットジャッキにて受替え期間に地震などの水平力が発生した場合の安全対策として、橋脚側面にブラケットを垂直に立ち上げ、ブラケットと主桁との間に水平移動防止用の油圧ジャッキを設置した(写真-8)。



写真 - 8 水平移動防止ジャッキ設置

(5) フラットジャッキ操作工 ①
 〈注入揚力と揚程量の保持〉

本工事の実施時期が冬期となり、注入水が凍結する可能性があることから、ジャッキ内には不凍液を注入することとした。

高圧注入ポンプを使用し、各フラットジャッキ内に不凍液を注入し、1台ずつ排出側ストッパーを解放しジャッキ内の空気を確実に排出した(写真 - 9)。



写真 - 9 不凍液の注入状況

すべてのジャッキに不凍液の充填が完了後、ジャッキ上面が桁下面に密着する段階までゆっくり揚力を与えた。

また、各橋脚および横断方向の圧力差、変位差が生じないように、各ジャッキ近傍に取り付けているストップバルブで調整をしながら徐々に揚力を与えた。

すべての箇所の滑り支承からフラットジャッキに荷重が移行し、揚程量が3mmに達した段階ですべてのストップバルブを完全に閉めた。

また、設計揚程量を確保した段階で隙間がほとんどなくなるまで安全装置用鋼板を挿入した。このジャッキアップ作業は各橋脚位置にて測定管理を行い、その結果を随時総指揮者に報告し、各橋脚での作業が同調するよう全体管理しながら行った。

荷重受替え作業完了後、30分程度放置し揚力および揚程量の変化がないことを確認し、滑り支承からフラットジャッキへの荷重受替え作業を終了した。ここで、何らかの理由により微調整が必要であれば再加圧により揚力および

揚程量の調整を行うことは可能である。

揚力保持期間中はストップバルブに触れることがないようビニールテープを何重にも巻き付け、またジャッキ本体には傷がつかないように養生した(写真 - 10)。



写真 - 10 ストップバルブの養生状況

(6) フラットジャッキ操作工 ②
 〈揚力解放による荷重受替え〉

滑り支承を撤去し、本支承設置完了後にフラットジャッキから本支承への荷重の受替えを行う際、急激な圧力変化が生じないように、ジャッキ近傍に取り付けている圧力計と高圧注入ポンプに取り付けている圧力計の圧力を必ず合せてからストップバルブの解放をする必要がある。

その後、安全装置用の鋼板が抜き取れる範囲の揚程を確保するため、若干の揚力を与え、安全装置用の鋼板を抜き取れる段階から揚力を徐々に解放し、安全装置用の鋼板を1枚ずつ抜き取りながら微少のダウン量にて降下させた。

この桁下降作業は各橋脚位置にて測定管理し、その結果を随時総指揮者に報告し、各橋脚での作業が同調するよう全体管理しながら行った。

6. おわりに

本報告では、鉄道橋での最大支間としては日本最大級のPC押出し工法の施工で採用されたフラットジャッキの支承受替えについて、フラットジャッキ採用に至った経緯や特徴を生かした計画と施工状況について述べた。

フラットジャッキは狭い空間で大きな力を作用させることができる独特の特徴をもった機械である。

安全性においても非常に優れており、機械操作性もきわめてシンプルで取り扱いが容易である。

日本においては、1952年の技術導入以来多くの使用実績があるが、限定的な使用となっている。今回の工事のようにフラットジャッキの特徴を生かした活用法についても今後大いに期待できると考えている。本稿で紹介した事例が今後の施工に役立つことがあれば幸いである。

参考文献

- 1) 山下和則ほか：超薄型ジャッキの連続桁への適用、第20回プレストレストコンクリートの発展に関するシンポジウム論文集、pp175～178、2011.10

【2013年3月1日受付】