

# 支承取替えにおける最近の施工技術

## — 超薄型ジャッキ「フラットジャッキ工法」 —

中村 雅之\*1・赤間 淳一\*2・社浦 潤一\*3・八尾 浩司\*4

超薄型のフラットジャッキは、1938年にプレストレストコンクリート（PC）の祖である Eugene Fressynet 博士（フランス）により発明され、70年を過ぎた現在も世界中で使用されている。構造は、周囲に半円形の凹みを有する2枚の薄い軟鋼板を溶接により接合したもので、外周部に注入口と排出口を有している。その原理は、注入口より液圧をかけて、ジャッキの両面は互いに引き離されるように変形し、大きな揚力が発生する。狭隘な場所で使用可能であり、構造が単純で故障がなく、軽量で低価格という特長がある。本稿では、オルタキョイ高架橋の施工例を中心にフラットジャッキによる支承の取替え工事について述べ、新しい活用事例についても紹介する。

キーワード：フレシネー、フラットジャッキ、橋梁支承取替え工事、建築物の免震化工事

### 1. はじめに

フラットジャッキ工法はPCの父 Eugene Fressynet 博士により1930年代に考案され、博士が手がけたアーチ橋の支保工の安全な解体や、PC鋼材を用いない初期のプレストレストコンクリート構造に用いられている<sup>1)</sup>。固定アバ

ットとコンクリート部材端との間にフラットジャッキを挿入してプレストレスを与えたとされている。写真-1にフラットジャッキを示す。1945年のルザンシー（Luzancy）橋、1947年から1951年にかけて建設されたマルヌ（Marne）川5橋では、そのすべてにフラットジャッキが用いられている。これらの橋梁の構造形式はPC単径間アーチ橋とさ

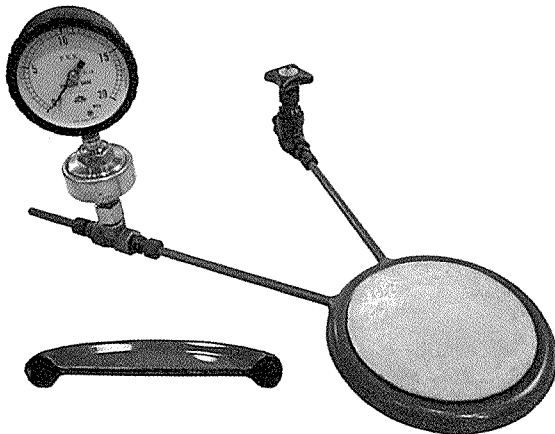


写真-1 フラットジャッキ

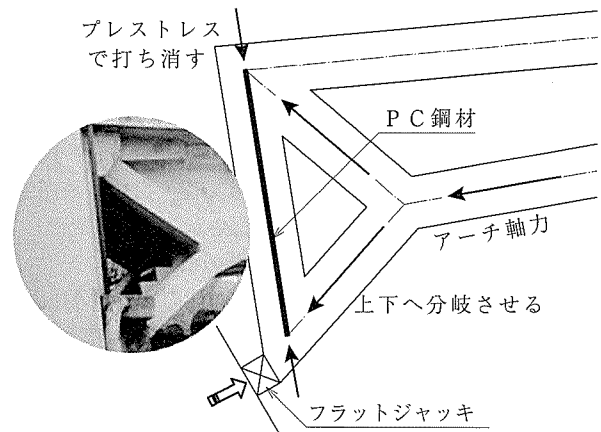


図-1 三角セル構造支点部のフラットジャッキ<sup>2)</sup>



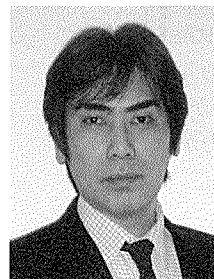
\*1 Masayuki NAKAMURA

極東鋼弦コンクリート振興  
（株）技術部



\*2 Junichi AKAMA

極東鋼弦コンクリート振興  
（株）プロジェクト部



\*3 Junichi SHAURA

（株）IHI イスタンブール長大  
橋耐震補強工事 PM



\*4 Hiroshi YATSUO

ピーシー橋梁（株）海外事業部

れているが、いずれも橋台部に三角形セル構造を設けたポータルフレーム構造である。桁端部に設けられた三角形セル構造により、下床版のアーチ軸力を水平力として橋台に伝達させずに上下へ分岐させて鉛直部材に引張力として作用させている。この三角形セル構造の支点部にフラットジャッキを用いている<sup>2)</sup>。図-1に三角形セル構造とその支点部に設置されているフラットジャッキを示す。

日本においては、猪俣俊司博士が、その著書「プレストレストコンクリートの設計および施工(1957年)」の中で、PC2ヒンジラーメン橋の設計例にフラットジャッキを用いてプレストレスングによっておこる不静定反力を消去する方法を示している<sup>3)</sup>。また、「1～2年間にわたって数回反力の調整を実施し計算値と一致させておく必要がある」と記述している。

フラットジャッキの外形や構造は、発明された当時からほとんど変わっていない。その一方で、適用事例は、近年建設需要が増大している維持補修、耐震補強などの分野に拡大している。本稿は、フラットジャッキの構造と技術を詳細に説明し、あわせて支取替えにおける最近の施工技術として、オルタキョイ高架橋の耐震補強工事について報告する。また、フラットジャッキ独特の特徴を生かした新しい活用事例についても紹介する。

## 2. フラットジャッキ工法の特徴

### 2.1 フラットジャッキの原理

フラットジャッキは周囲に半円形の凹みを有する2枚の軟鋼板(JIS G 3141 次間圧延鋼板 SPCD〔深絞り用〕)を溶接により接合したもので、その外周部には注入口と排出口の鋼管(高圧配管用炭素鋼鋼管:外径φ10mm・肉厚1.5mm)を有している。その原理は、注入口より液圧をかけ、ジャッキの両面は互いに引き離されるように変形し、揚力を発生する。フラットジャッキの最大ストロークは25mmおよび36mmである。ジャッキ能力は〔注入圧力〕×〔有効面積〕となる。注入圧力は12MPaを標準としている。有効面積を大きくすることにより、さらに大きな揚力発生が可能である。注入材には使用目的に応じて、水またはセメント系注入材を選択できる。仮設材としての一時使用の場合は水注入が、埋込みなど永久使用の場合にはセメントグラウト注入が採用される。支圧板は鋼製メッシュにより補強されたセメントモルタル板である。図-2にフラットジャッキの構造と揚力発生機構を示す。溶接部の品質保証として15MPaの全数耐圧試験を実施している。フラットジャッキの特徴は以下のとおりである。

- ① 高さが低く狭隘な部位での使用が可能である。
- ② 100kNから5000kNの上揚能力がある。
- ③ 構造が非常に単純で故障がない。
- ④ 軽量で取り扱いが容易である。
- ⑤ 低価格である。

構造が非常に単純であり、注入圧力により、ゆっくりと安全確実に、大きな揚力を作用させることができる。このとき、注入圧力を測定することにより実反力を正確に知ることができる。また、複数のフラットジャッキを連動配管

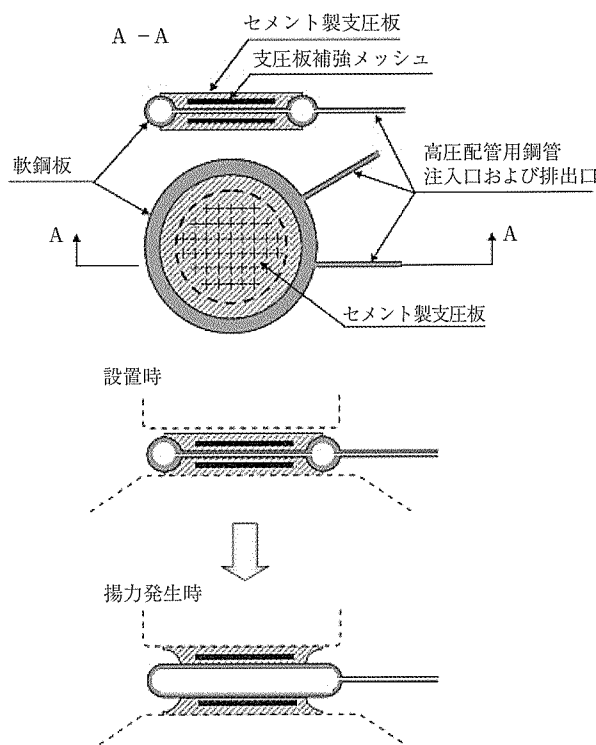


図-2 フラットジャッキの構造と揚力発生機構

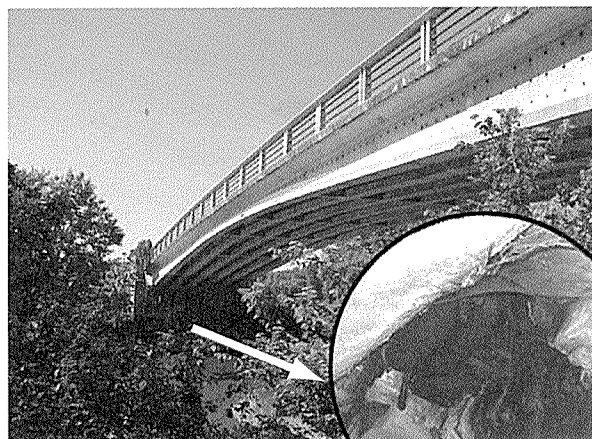


写真-2 USSY橋とフラットジャッキ<sup>2)</sup>

することで、大きな揚力を均等に作用させることができる。ストロークが短いところが欠点であるが、すわりが良く転倒することがない。大きなストロークが必要な場合は、複数のフラットジャッキを重ねて使用することができる。

前述のマルヌ5橋のUSSY橋では、現在でもフラットジャッキの存在が確認できる。フラットジャッキの構造が単純で故障が無く良好に使用されている事例である。写真-2は2002年3月のプレテンションウェブ橋梁技術欧州調査団によって撮影されたものである<sup>2)</sup>。橋台部にフラットジャッキの配置されていることがわかる。

### 2.2 フラットジャッキの性能

#### (1) フラットジャッキの諸元

フラットジャッキには円形と長方形の2種類があり、そ

それぞれ揚力を作用させる構造物の形状に合わせて選定できる。大きさは円形では直径  $D = 130 \text{ mm}$  から  $700 \text{ mm}$ 、長方形では  $a \times b = 200 \times 200$  から  $500 \times 500$  の 13 種類があり、最大揚力は  $98 \text{ kN}$  ( $10 \text{ t}$ ) から  $4904 \text{ kN}$  ( $500 \text{ t}$ ) である。支圧板を含む厚さが  $30 \text{ mm}$  および  $41 \text{ mm}$  であり、このフラットジャッキの厚さがシリンダージャッキでの機械高さに相当する。きわめて薄いジャッキであるといえる。ストロークは円形、長方形ともに  $25 \text{ mm}$  および  $36 \text{ mm}$  である。

(2) 連動配管および高压注入器

配管材には高压配管用炭素鋼鋼管を使用し、専用の配管接続具（くい込み継手）を用いて水密性を確保している。各フラットジャッキの注入側にはストップバルブを、排出側にはストップバルブと圧力計を配置する。写真 - 1 の右上の配管に接続されているのがストップバルブで、左横の配管に接続されているのが隔膜式圧力計である。後述するオルタキョイ高架橋では 10 台連動配管で 10 本の主桁を同時にジャッキアップしている。理論上無限の連動配管が可能であり、30 数台程度の連動配管の実績がある。

高压注入器はフラットジャッキへのセメント系注入材の圧入に用いる。図 - 3 に高压注入器の概要を示す。鉛直のシリンダー内部にピストンがあり、左下のポンプ接続口より水またはオイルを圧入することにより、ピストン上部に充填されたセメント系注入材を右上のフラットジャッキ接続口より送り出す仕組みである。加圧するポンプには手動水圧ポンプと電動油圧ポンプの 2 種類があり、水または油の圧入を行う。

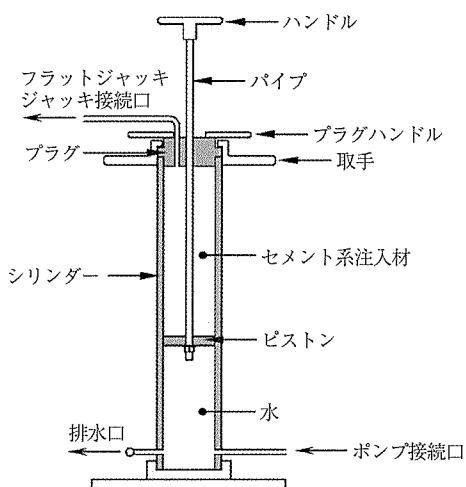


図 - 3 高压注入器の概要

(3) フラットジャッキ用セメント系注入材

フラットジャッキ用セメント系注入材は高炉セメント B 種と CS 系収縮低減材を主成分とするセメントグラウトである。表 - 1 に注入材の諸元を示す。セメント系注入材の特徴は以下のとおりである。

- ① 塑性粘度が高くノンブリーディングである。
- ② 水中不分散性に優れ、加圧による材料分離がない。
- ③ 高圧力下での注入が可能である。

表 - 1 セメント系注入材の諸元

品名	フラットジャッキ用セメント系注入材
成分	高炉セメント B 種 CS 系収縮低減材
適用	通年
使用方法	水と粉体の練混ぜ
比重	1.98 ~ 2.03
硬化収縮率 5 ~ 35℃ (%)	0.5
可使用時間 5 ~ 35℃ (h)	6
圧縮強度 20℃ $\sigma_7$ (N/mm <sup>2</sup> )	45
曲げ強度 20℃ $\sigma_7$ (N/mm <sup>2</sup> )	7
耐燃性	難燃

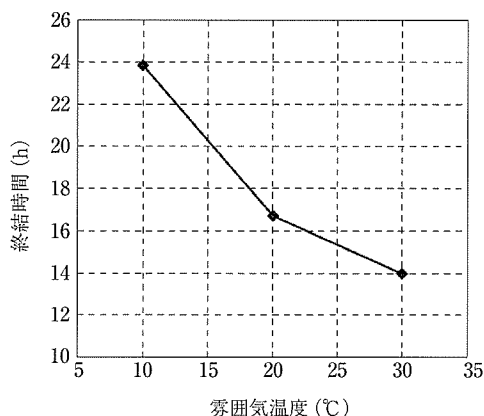


図 - 4 雰囲気温度と終結時間の関係

- ④ 可使用時間が 6 時間で長時間の流動性を確保できる。
- ⑤ 硬化収縮率は 0.5 % 以下である。

このセメント系注入材を使用することにより、フラットジャッキの埋込み施工が可能となった。また、建築レトロフィットへの使用も可能となった。図 - 4 に  $W/P = 33.5\%$  とし練り混ぜた場合の温度と終結時間の関係を示す。いずれの温度においても終結時間は 14 時間以上を確保している。水量は 1 缶 (20 kg) につき 6 ~ 7 L とし、練上がり量は 12.7 ~ 13.7 L である。四季を通じて使用できるように雰囲気温度により水量を調整する。推奨フロー値 ( $\phi 50 \times 100$  の円筒容器による) は 290 ~ 325 mm である。配

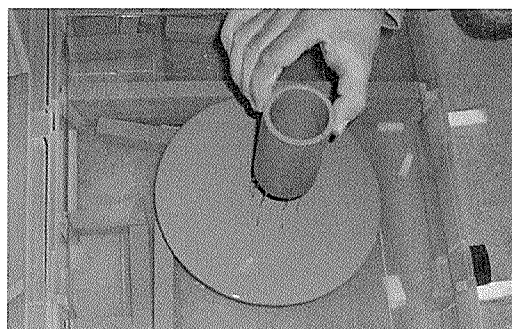


写真 - 3 セメント系注入材のフロー性状

管長が長い場合や高低差がある場合は 310 mm 以上を推奨する。写真 - 3 にフロー性状を示す。

### 3. 支承取替え工法

#### 3.1 一般

フラットジャッキを用いた橋梁の支承取替え方法は、フラットジャッキの使用方法により次の2つ大別される。フラットジャッキを新設支承の直下に配置して反力を受け替えて永久的に埋め込む方法（支承新設方式）と、フラットジャッキをジャッキアップおよびジャッキダウンのみに一時的に使用する方法（支承取替え方式）の2つである。

#### 3.2 支承新設方式

ゴム沓による新しい支承を既設支承に近接して設ける方法である。橋座部が広く、桁がコンクリート構造の場合に採用されることが多い。注入材に前述したフラットジャッキ用セメント系注入材を使用する。図 - 5 に支承新設方式の概要を、写真 - 4 に鋼製沓座型枠を示す。図 - 6 は鋼製型枠使用時の施工概要である。図 - 7 に支承新設方式の施工フローを示す。プレストレストコンクリート桁の場合、支点付近の桁の断面剛度が大きいので、支間側に新しいし支承を設けることができる。防錆処理を施した鋼製沓座型枠にフラットジャッキとゴム沓を配置し荷重受け替えたのち、モルタルを打設してフラットジャッキ本体を埋め込む。鋼製沓座型枠には重鉛めっきが施されている。既設沓は撤去しないことが多い。フラットジャッキ配置の橋座スペースが不足する場合には、橋台や橋脚の RC 構造により縁端拡幅などを実施して、その位置に新設ゴム支承を

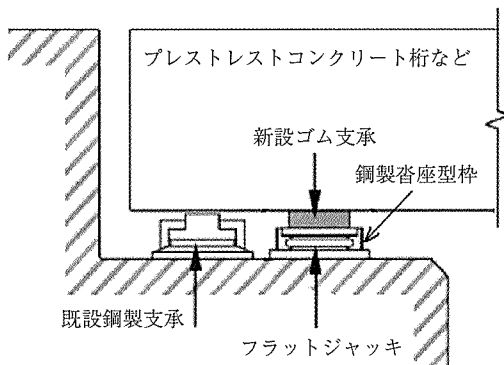


図 - 5 支承新設方式の概要

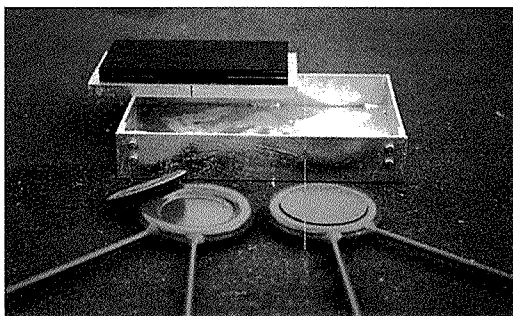


写真 - 4 鋼製沓座型枠の構成  
（ゴム支承と2台のフラットジャッキ）

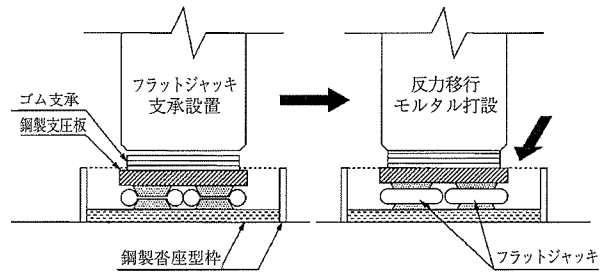


図 - 6 鋼製沓座型枠使用時の施工概要

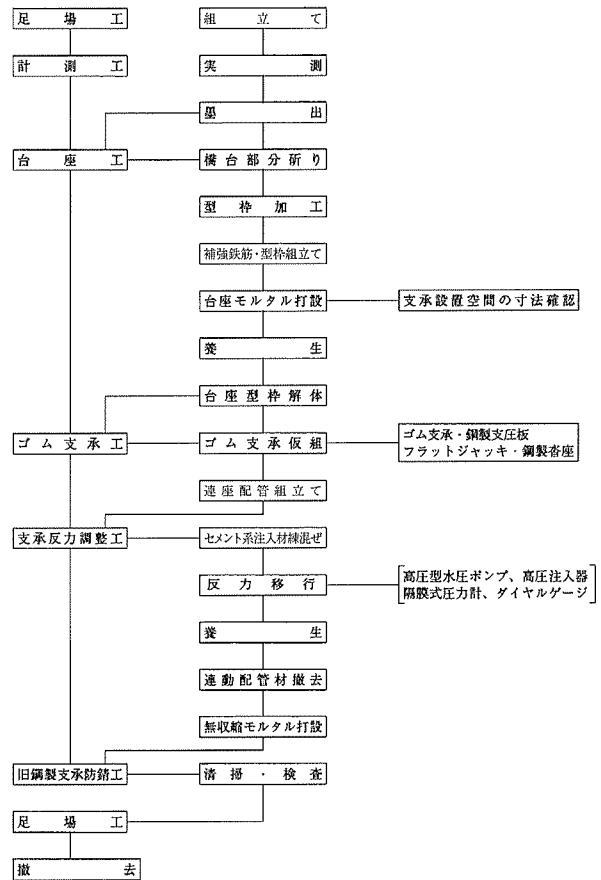


図 - 7 支承新設方式の施工フロー

設置する。

#### 3.3 支承取替え方式

フラットジャッキを機械式・油圧式ジャッキなどのように使用する方法である。鋼桁の場合は、主桁荷重を一時的に受けるため、仮受け位置の主桁ウェブを補剛材により補強する。同位置の桁下空間にフラットジャッキを設置し、揚力を発生させて主桁荷重を仮受けする。注入材に水を使用する。旧支承の補修あるいは取替えが完了した時点で、フラットジャッキに注入した水を排出し、荷重を支承に移行する。図 - 8 に支承取替え方式の概要を示す。ジャッキのセット空間が狭い個所にジャッキ本体を直接セットできるため、下部工にブラケットを設置したり、地盤面にベント設置したりすることなく簡易的で経済的な施工が可能である。上部工の形式にかかわらず適用可能である。

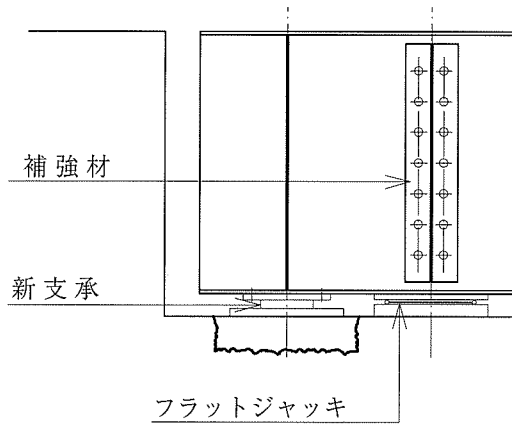


図 - 8 支承取替え方式の概要 (側面図)

#### 4. 支承新設方式の施工事例 (オルタキョイ高架橋)

##### 4.1 工事概要

###### (1) トルコ・コジャエリ (Kocaeli) 地震

1999年8月17日のトルコ・コジャエリ (Kocaeli) 地震 (イズミット地震 izumit) はトルコ共和国の北西部で発生したマグネチュード7.6の大地震であった。地震は、北アナトリア断層 (NAFZ) 西側に沿って発生しており、この地域は有史以来多くの大地震が発生している。その後の調査により今後数十年以内に、同規模の大地震がイスタンブール近郊に発生することが予想された。震災後のライフラインの確保は重要であり、イスタンブール市の防災管理センターによる長大橋耐震補強プロジェクトが立ち上った。

###### (2) オルタキョイ (Ortakoy) 高架橋

オルタキョイ高架橋は、アジアとヨーロッパを繋ぐ第一

表 - 2 橋梁概要

高架橋名	橋脚数 (基)	橋長 (m)	支間 (m)	幅員 (m)	支承数 (基)
V408	8	414	9@46.0	36.0~29.5	170
V409	7	360	8@46.0	29.5	140
V411	5	270	6@46.0	22.5	80

ボスポラス橋へのヨーロッパ側のアプローチ橋であり、主要幹線道路である欧州高速道路 (E-5) の一部を形成する。橋梁の概要を表 - 2 に、V408 高架橋の全体一般図を図 - 9 に示す。約 35 年前に建設された PC 連続 T 桁橋で、耐震補強プロジェクトの対象となっている。既設橋脚はボスポラス海峡のヨーロッパ側に隣接しているため塩害による損傷が著しい。過去に断面修復工事が施工されているものの、今回の調査では、大規模地震に備えての残存耐力が期待できないと判断された。このため、新設の支承への取替え工事は、既設門形ラーメン橋脚の周囲に設けた新設 RC 橋脚と新設 PC 横梁から成る門形ラーメン橋脚に T 桁橋の反力を移行している。

##### (3) 耐震補強設計

耐震補強設計は日本の道路橋示方書耐震設計編に準じて実施した。非線形動的解析により地震時の挙動を照査した。設計入力地震動として、FEE 1 波および SEE 3 波を考慮した。この入力地震動はボスポラス大学地震観測所が設定した波形である。FEE は中規模地震 (耐震設計編のレベル 1 に相当)、SEE は大規模地震 (耐震設計編のレベル 2 に相当) である。検討の結果、各支間の支承は、一方は弾性支承で一方は可動支承とした。材質はどちらもゴム沓である。また、落橋防止システムとして、橋軸方向に上部構造連結方式の落橋防止ケーブルを、橋軸直角方向にコンクリート突起方式の変位制限装置を設置した。以下に工事の概要について述べる。

##### 4.2 新設 RC 橋脚

既設 RC 橋脚は外形寸法が幅 5 m × 厚さ 3 m の矩形の中空断面である。塩害により、かぶりコンクリートがはく落した状態で、鉄筋は腐食して断面減少が生じており、残存耐力を期待できない状態であった。当初、一般的な RC 巻立て補強として照査した。地震時の橋脚塑性率が許容値を満足するように、曲げ耐力およびじん性を向上させた結果、既設フーチングの曲げ耐力が不足することが判明した。フーチング上面を増厚して補強する方法を検討したが、中空橋脚内についても増厚する必要があった。橋脚内を増厚するためには、橋脚に貫通鉄筋用に多数の削孔とコンクリート打設のための開口部を設ける必要があり、施工時の安全性を考慮してフーチングの補強はできないと判断した。このフーチングの補強方法と既存橋脚の劣化状況とを考え合わせ、巻立てによる補強を断念し、新設橋脚として設計す

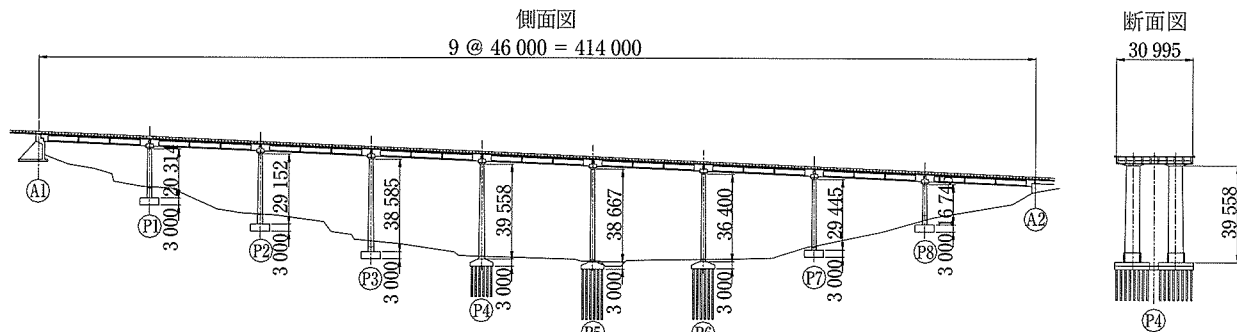


図 - 9 全体一般図 (V408 高架橋)

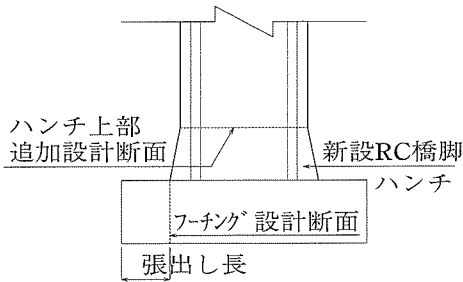


図 - 10 橋梁下部の構造概要図

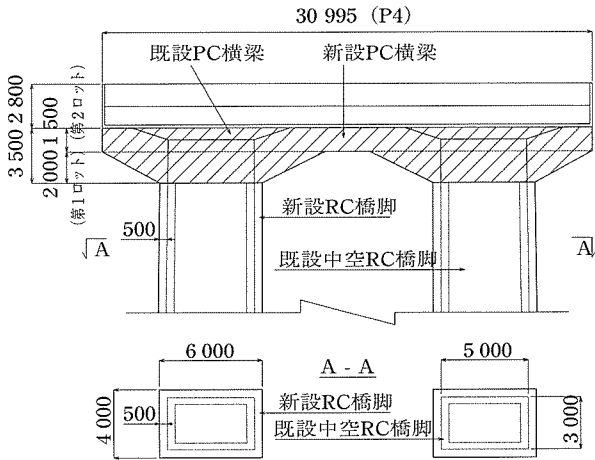


図 - 11 新設橋脚と新設 PC 横梁の概要図

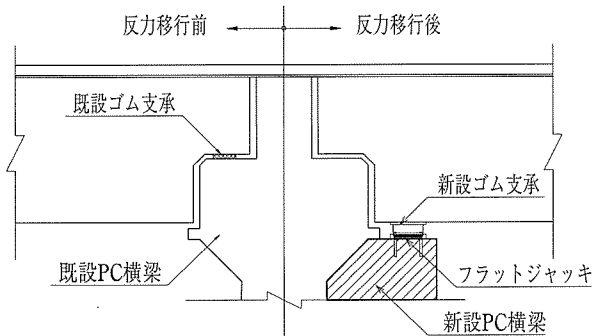


図 - 12 反力移行前後の支承配置図

ることとした。なお、既設橋脚側面には発泡スチロール板を貼付けて新設橋脚との縁を切っている。フーチングの安全性は図 - 10 に示すように、橋脚下部にハンチを設けフーチングの張出し長さを短くすることで解決した。

施工は、劣化したかぶりコンクリートをブレイカなどで除去し、鉄筋を防食処理したのちにモルタルにより断面修復を実施した。補修完了後、既設橋脚の周りに厚さ 500 mm の RC 橋脚を新設した。なお既設橋脚側面には発泡スチロール板を貼付けて新設橋脚との縁を切っている。軸方向鉄筋を既設フーチングにエポキシ樹脂により定着し、曲げ耐力を向上させた。橋脚基部の曲げ耐力が過大にならないように定着する鉄筋の本数を調整した。また、横

拘束筋を配置してじん性を向上させた。

#### 4.3 新設 PC 横梁の施工

新設横梁は上部工の反力を新設橋脚に移行するために、既設横梁を巻き立てる形で構築したプレストレストコンクリート梁である。新設横梁は、高さ 3.5 m、幅 5.1 m、長さ 30 m で、ポストテンション PC 鋼材として 8 本の 12S12.7 mm のマルチストランド PC 鋼より線を配置した。地表面から立ち上げた支保工により架設した。新設横梁の施工は支保工の組立てから緊張作業完了までに約 30 日を要した。なお、コンクリートは高さ 2.0 m と 1.5 m の 2 層に分けて打設した。図 - 11 に新設した横梁の形状を示す。

#### 4.4 新設支承の設置および反力移行作業

新設 PC 横梁の施工後、新設ゴム支承を横梁上に設置し、フラットジャッキにセメント系注入材を圧入して反力移行を行った。フラットジャッキを採用した理由は、施工時に不均等な反力が生じることを防ぎ、同一支承線上での変位誤差を減ずるためである。また、本橋のように桁下空間が狭い場合、ピストンの無いフラットジャッキを用いることは、有効な手段である。本橋の主桁は、長さ 40.4 m、一本あたり 215 ton のコンクリート製 T 桁 10 本で構成される。図 - 12 に、反力移行前後の支承配置図を示す。既設ゴム支承は切り欠いた桁に設置している。新設ゴム支承は新しく設けた PC 梁の上に設置している。新設支承は弾性支承と可動支承の 2 種類があり、それぞれフラットジャッキの設置位置と作業手順が異なっている。弾性支承ではフラットジャッキを支承の下に設置し、反力移行後にアンカーボルトを橋脚に無収縮モルタルの打設により固定する。可動支承では逆に支承の上にフラットジャッキを設置し、反力移行前にアンカーボルトを橋脚に無収縮モルタルの打設により固定する。図 - 13 に弾性支承と可動支承の作業手順を示す。写真 - 5 に弾性支承とフラットジャッキの設置状況を、写真 - 6 に可動支承とフラットジャッキの設置状況を示す。反力移行を一橋脚単位で行うため、新設 PC 横梁の起点側および終点側に、新設ゴム支承とフラットジャッキ (最大揚力 2 452 kN、φ 500 mm、最大ストローク 25 mm) をそれぞれ 10 セット設置し、片側 10 個のフラットジャッキを連動させた。ここで、各フラットジャッキまでの配管長ができるだけ等しくなるように、スケジュール管 (高圧配管用炭素鋼鋼管) を配置している。

ジャッキアップ量の決定に際して、既設ゴム支承に将来荷重が再度かからないことが要求された。既設ゴム支承の弾性変形による戻り量 (2 mm) および新設ゴム支承のクリープによる変形 (4 mm、総ゴム厚の 3% と仮定) に安全係数 3 を考慮し、その量を 14 mm と設定した。リフトアップ量の管理は、各主桁のフラットジャッキ直近にダイヤルゲージを設置して高さ変化を測定することにより行った。写真 - 7 に反力移行前後の既設支承の状況を示す。反力移行前には既設ゴム支承がせん断変形していることが分かる。反力移行後は桁とゴム支承の間に隙間が生じていることが分かる。一橋脚での反力移行作業は、注入材練混ぜ開始から 5 時間以内に終了した。一橋脚支承 20 基の反力移行は、沓座モルタルの打設、ゴム沓の設置、反力移行、

弾性支承ジャッキアップ作業手順

<p>Step-1:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 巻縮補強鉄筋の配置</li> <li>・ 巻縮コンクリート (収縮補償) の打設</li> <li>・ 下鋼板の設置</li> </ul>	<p>Step-2:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ フラットジャッキ、弾性支承の設置</li> <li>・ 上鋼板の設置、アンカーバーの設置</li> <li>・ エポキシ樹脂の注入</li> </ul>	<p>Step-3:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 変位計設置</li> <li>・ セメントグラウト注入</li> <li>・ ジャッキアップ</li> </ul>	<p>Step-4:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 注入管切断、無収縮モルタル注入</li> <li>・ 収縮補償コンクリート打設</li> <li>・ 型枠取外し</li> </ul>
<p>新設梁天端 巻縮補強鉄筋 D12 (50mmを越える場合) 鋼板 (530×530×9 N=1) (収縮補償)</p>	<p>筒ボルト ゴム支承 エポキシ樹脂注入 下鋼板 (530×530×9 N=1) フラットジャッキ 250 t型</p>	<p>変位計 セメントグラウト注入 ジャッキアップ (14mm)</p>	<p>収縮補償コンクリート打設 無収縮モルタル注入</p>

可動支承ジャッキアップ作業手順

<p>Step-1:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ エポキシ樹脂注入</li> </ul>	<p>Step-2:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 上鋼板の設置、アンカーバーの設置</li> <li>・ フラットジャッキ、可動支承の設置</li> <li>・ 支承の調整</li> </ul>	<p>Step-3:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 無収縮モルタル注入</li> <li>・ 収縮補償コンクリートの打設</li> <li>・ セメントグラウト注入・ジャッキアップ</li> </ul>	<p>Step-4:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 注入管切断</li> <li>・ 無収縮モルタルの注入</li> <li>・ 型枠取外し</li> </ul>
<p>エポキシ樹脂注入 鋼板 (530×530×9 N=1)</p>	<p>上鋼板 (530×530×9 N=3) フラットジャッキ 250 t型 防錆鋼板 (600×600×9 N=1)</p>	<p>ジャッキアップ (14mm) コンクリート (収縮補償) 無収縮モルタル注入 巻縮補強鉄筋 D12 (50mmを越える場合)</p>	<p>モルタル急硬化 (無収縮)</p>

図 - 13 新支承設置および反力移行順序 (上: 弾性支承, 下: 可動支承)

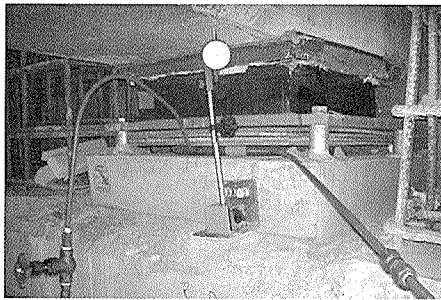


写真 - 5 弾性支承とフラットジャッキの設置 左) 反力移行状況, 右) 完成

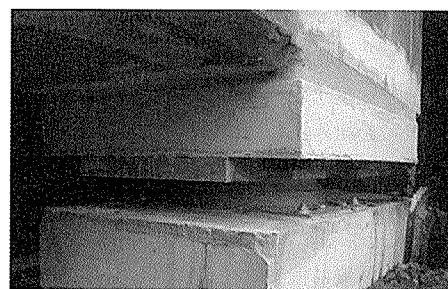
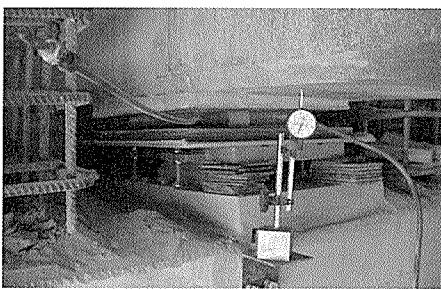


写真 - 6 可動支承とフラットジャッキの設置 左) 反力移行状況, 右) 完成

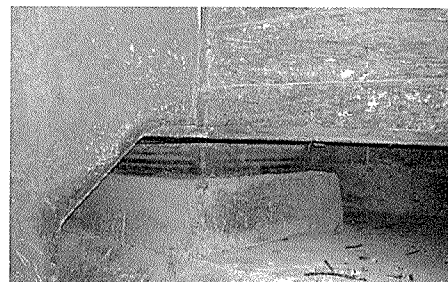
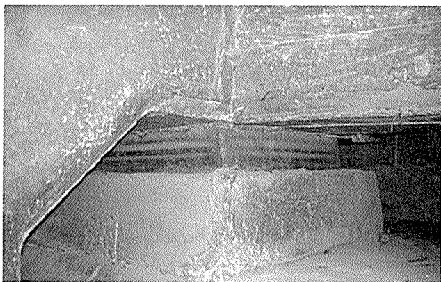


写真 - 7 既設支承の状況 左) 反力移行前, 右) 反力移行後



フラットジャッキ周りのモルタル打設で、計20日を要した<sup>5)</sup>。

## 5. フラットジャッキの新しい活用工事

### 5.1 免震レトロフィット工事

免震レトロフィット構法は、既存建物の基礎や中間階柱に免震装置を設置して建物全体を免震化するものである。地震の揺れそのものを減じ、かつ地震のゆれを長周期に変えて、建物内の人々の安全性を確保するとともに設備什器類の破損防止を目的としている。地震後も建物の機能を維持することが可能なため、歴史建物や病院・公共建物などに実施される。この免震レトロフィット工事にフラットジャッキが用いられている。フラットジャッキを用いるメリットは以下のとおりである。

- 1) 仮設柱から免震装置へ荷重を移行する際に生じる上下方向の弾性変形と負担荷重を制御することができる。
- 2) 工区分割施工が可能のために仮設柱の低減ができコスト低減につながる。また改修工事中も建物を使用することができる（居ながら施工が可能）。
- 3) セメント系グラウト材注入によりジャッキ変位を固定し構造躯体に埋め込むことが可能である。
- 4) 免震装置の大きさに合わせたフラットジャッキを選択できるため、偏心を最小にすることができる。

このようにフラットジャッキは免震レトロフィット構法の施工上の問題点を解決する優れた機材である。既存の建物に免震装置を設置する場合、周辺状況や建物の使用状況などを考慮して、装置の設置場所を検討する必要がある。主な設置場所として以下の3とおりが考えられる。

- A：既存建物の基礎下部（基礎免震）
- B：地下部分中間階（地下中間階免震）
- C：地上部分中間階（地上中間階免震）

このうちBの地下中間階免震は地下階の柱に免震装置を設置する方法である。図-14に地下中間階免震の概要を示す。地上階を免震化するとともに、地震時に地下の構造体にかかる負担を軽減し、建物全体の安全性を高めることができるが、免震装置を設置する深さまでのドライエリアが必要である。免震装置を組み込むためには、まず既存柱が負担していた荷重を油圧ジャッキなどにより仮設の柱に受け替え、そののち柱を切断して免震装置を設置し、最終的に仮設柱の荷重を移行する。写真-8に地下中間階免震の施工例を示す。免震装置に仮設の柱が負担していた荷重を移行する際に、免震装置と既存柱が弾性変形するため、

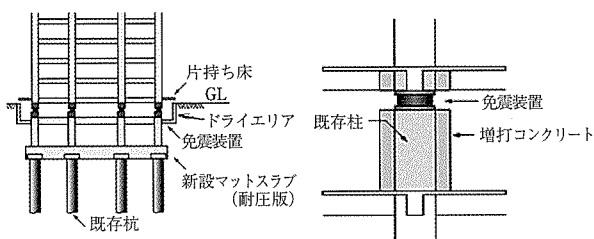


図-14 地下中間階免震の概要

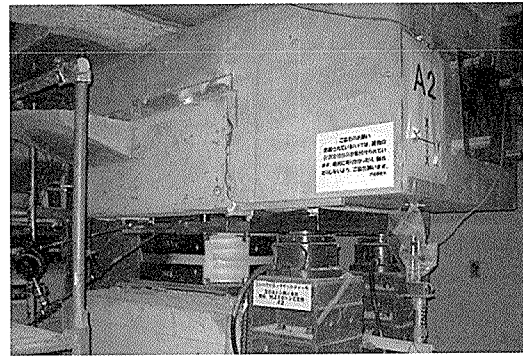


写真-8 地下中間階免震の例

隣接する柱に余分な荷重が作用し構造物や仕上げ部材が損傷することがある。これを解決するために、免震装置の直近にフラットジャッキを組み入れ、荷重移行の際に発生する上下方向の弾性変形を吸収させる。フラットジャッキは、このような小スペースでの荷重移行に適したジャッキであり、フラットジャッキ用セメント系注入材を用いることによりジャッキ変位を固定し埋め込むことができる。

### 5.2 JR 大分高架橋架設時の補強

JR 日豊線の高架化工事において架設時の補強に使用された事例である。RC 連続ラーメン鉄道高架橋の調整桁は、ゴム支承に支持された2主桁の単純RC桁であり支点横桁もRC構造である。本橋では施工時に、この支点横桁上に架設用ダブルガーダーが設置され、さらにポストテンションPCT桁架設時に横取りを行うため、大きな反力が作用



写真-9 桁架設用ガーダーと横取り装置

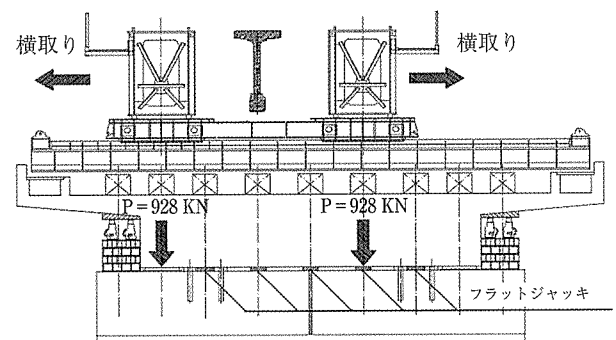


図-15 フラットジャッキ設置概要図



する。このためゴム支承が過大な反力を受ける。ポストテンション PCT 桁重量は 40.8t、ガーダー重量は 53.8t である。写真 - 9 に架設用ガーダーと横取り装置を示す。桁架設時の RC 横桁の補強とゴム支承の反力低減にフラットジャッキを用いた。橋脚と RC 横桁の隙間にフラットジャッキ（最大揚力 490 kN、 $\phi$  250 mm、最大ストローク 25 mm）を 10 基使用し、水注入により揚力を発生させ RC 横桁を支持した。ポストテンション PCT 桁架設完了後に水を排水しフラットジャッキを撤去した。図 - 15 にフラットジャッキの設置概要図を示す。

## 6. おわりに

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。海外では 70 年以上も前から現在に至るまで多種の工事で使用され続けている。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。今後新設

工事が減少し、維持補修工事や耐震補強工事が増加している状況で、フラットジャッキが採用される機会が増加していくと考えている。またフラットジャッキの特徴を生かした新しい活用法についても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) 池田尚治監訳：PC 構造の原点フレッシュナー、建設図書 2000.9
- 2) プレテンションウェブ橋梁技術欧州調査団：プレテンションウェブ橋梁技術欧州調査報告書、pp.7～13、プレストレストコンクリート技術協会、2002.3
- 3) 猪俣俊司：プレストレストコンクリートの設計および施工、技報堂、1957
- 4) 山下亮ほか：オルタキョイ高架橋の耐震補強設計、土木学会第 64 回年次学術講演会、pp.123～pp.124、2009.9
- 5) 立松博ほか：オルタキョイ高架橋耐震補強工事の施工報告、第 18 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、pp.71～pp.74、2009.10

【2010 年 9 月 28 日受付】



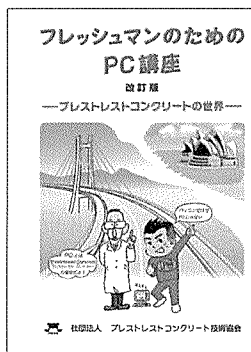
図書案内

# フレッシュマンのための PC 講座・改訂版

## — プレストレストコンクリートの世界 —

大変ご好評をいただいております「フレッシュマンのための PC 講座」も平成 9 年に第一版が発刊されてから約 10 年が経過いたしました。

その間に、基準値・規格値をはじめとした技術基準が従来単位系から SI 単位系に移行しました。また、プレストレストコンクリート構造物においても、複合構造等の新しい構造物が誕生しています。そこで、これらの項目を新しく見直して、改訂版を発刊することにいたしました。これからの技術者を育てるためには、大変有意義な図書であると確信しておりますので、是非有効利用されることをお勧めいたします。



### 主な改訂項目

- ・従来単位系から SI 単位系に変更しました。
- ・PC を利用した構造物の紹介に、最近の新しい構造物を盛り込みました。

発刊日：2007 年 3 月

定 価：3,600 円 / 送料 400 円 / 冊

会員 特 価：3,000 円 / 送料 400 円 / 冊

体 裁：A 4 判、140 頁

申 込 先：社団法人プレストレストコンクリート技術協会