

再び注目を集める

「超薄型ジャッキ（フラットジャッキ）工法」

新しい発想に基づく適用事例の拡大

今井義明（フェロー会員 極東鋼弦コンクリート振興（株））
中村雅之（正会員 極東鋼弦コンクリート振興（株））

超薄型のフラットジャッキは、1938年にフランスで発明され、70年を過ぎた現在も世界中で使用されている。構造はシンプルで、故障がなく、軽量、低価格という利点がある。薄いジャッキなのでスペースの狭い場所で使用できるのが大きな特徴である。最近では、維持補修の分野に使用が拡大し、橋梁支承の交換工事や建築物の免震化工事にも適用例が増加している。今後、さらに、時代のニーズにあった合理的な使用方法が創造されることが期待されている。

フラットジャッキの

長い歴史

「超薄型ジャッキ（フラットジャッキ）工法」の着想は古く、フランスの Eugène Freyssinet 博士が1938年にアルジェリアの Beni-Bahdel ダム建設中に発明したとの記録がある。また、プレストレストコンクリートの黎明期である1953年に、Fressynet 博士の高弟であるフランスの Y. GUYON は、自著の『BETON PRÉCONTRAINT』の中で、フラットジャッキを紹介している。その邦訳の「プレストレストコンクリー

ト 理論と応用」では、「鋼弦のないプレストレス法」と称して、PC 鋼材を使用せず、岩盤に設けた掘割に反力を負担させてコンクリート構造物中にプレストレスを導入する工法と記述されている。

フラットジャッキの

仕組み

フラットジャッキは周囲に半円形の凹みがある2枚の薄い軟鋼板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がある。その原理は、注入口より液圧をかける

と、ジャッキの両面は互いに引き離されるように変形して、（圧力） \times （有効面積）の揚力を発生する。注入口は12MPaを標準としている。写真1にフラットジャッキの形状とその切断面を示す。

超薄型フラットジャッキ本体の構造は、冷間圧延鋼板（深絞り用）を両端部に円筒部とプレート部にす

る深絞り塑性加工を行い、その加工された上下2枚の部材を合わせ、円筒部に内径 7mm の注入口と排出口を取り付けたものである。注入口から高圧の注入材を送ることで、円筒部とプレートの隅角部を塑性変形させて上下のプレートが分離し、大きな揚力を発生させる。図1にフ



写真1 フラットジャッキ（左：角形、中央：丸型、右：切断面）

ラットジャッキの構造とその揚力発生機構を示す。注入材は使用目的に応じて、水またはセメント系注入材を選ぶことができる。一時使用には水を、永久使用にはセメント系注入材を使用する。

フラットジャッキの性能、施工方法

(1) 形状、種類
 フラットジャッキは、円形と長方形の2種類がある。円形は大きさが

130 mmから 700 mm、最大揚力が100 kNから5000 kNまでの11種類がある。角型は大きさが200×200、200×350、500×500、最大揚力が300 kNから2300 kNまでの3種類がある。厚さは、最大揚力5000 kN型でも支圧板を含めて41 mmしかない。常用許容揚力は最大揚力の80%としている。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し、きわめて薄いジャッキである。

と見える。ストロークが25 mmと小さいため、大きなストロークが必要なときは複数枚重ねて使用する。一般的に円形を使用することが多くなっているが、建築物の柱部に設置されるものでは、柱の形状に合わせて長方形のものが使用される場合もある。表1に円形フラットジャッキの形状と種類を示す。

(2) 100% 載荷試験済み
 フラットジャッキは加工された上の鋼板を溶接して製作する。使用の際には高い内部圧力をかけるため、溶接部の品質が特に重要になる。よって、すべての製品は出荷前に、15 MPa (標準仕様圧力の125%) の内部圧力を作用させ、60% のストロークでの、ジャッキの揚力性能確認と溶接部の不具合をチェックしている。溶接部と継手部からの液漏れ、外周部の異常変形の有無を目視により検査している。

(3) 連動配管

ジャッキの使用が一時的なもので、のちに取り外す場合は、高圧注入器と水圧ポンプを用いて、水を注入に

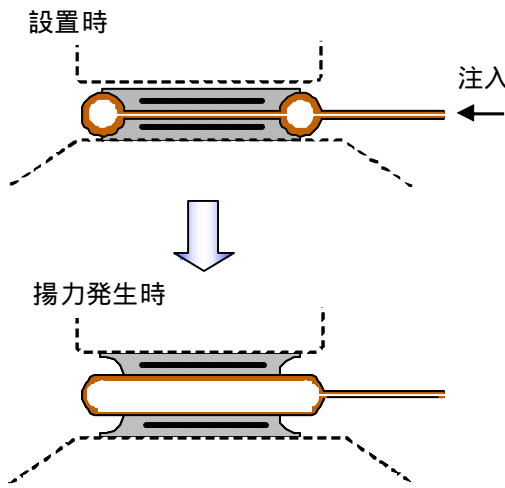
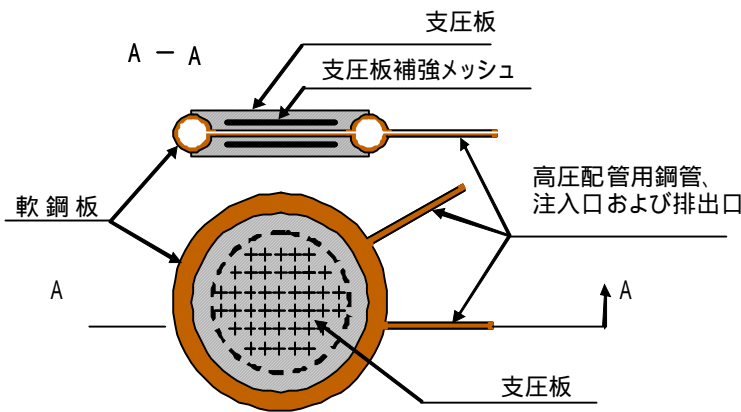


図1 フラットジャッキの構造(左)と揚力発生機構(右)

表1 円形フラットジャッキの形状・種類

名称	直径 mm	厚さ (全厚) mm	最大 揚力 kN(tf)	常用許容 揚力 kN(tf)	最大 ストローク mm
100kN型	130	25(30)	98(10)	78(8)	25
180kN型	160	25(30)	176(18)	141(14)	25
300kN型	200	25(30)	294(30)	235(24)	25
340kN型	210	25(30)	333(34)	267(27)	25
500kN型	250	25(30)	490(50)	394(40)	25
800kN型	300	25(30)	784(80)	627(64)	25
1200kN型	360	25(30)	1177(120)	941(96)	25
1700kN型	420	25(30)	1668(170)	1334(136)	25
2500kN型	500	25(30)	2453(250)	1962(200)	25
3600kN型	600	36(41)	3532(360)	2825(288)	36
5000kN型	700	36(41)	4905(500)	3924(400)	36

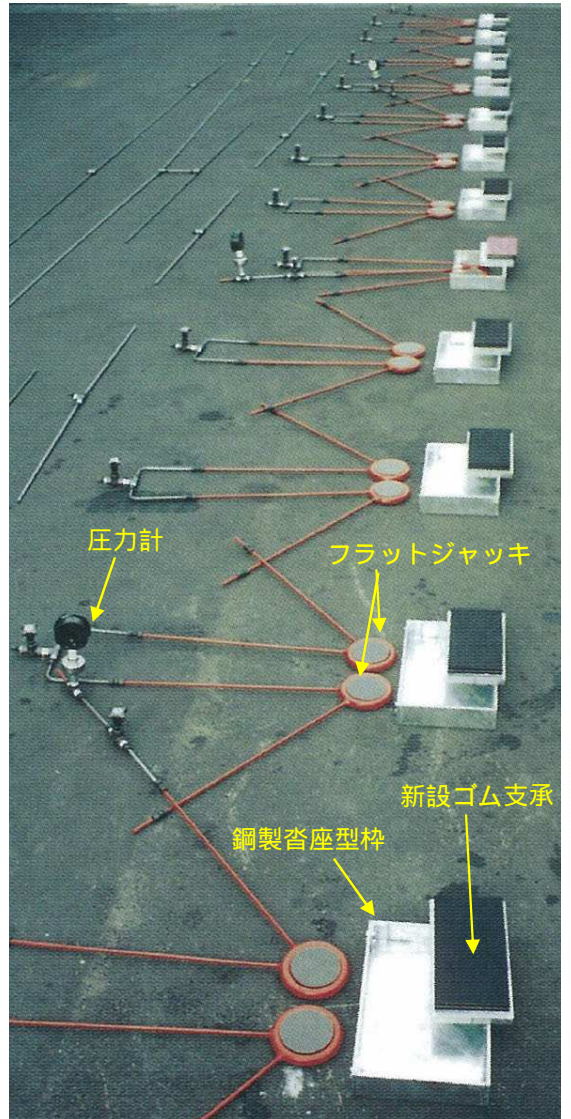


写真2 24台連動配管の例

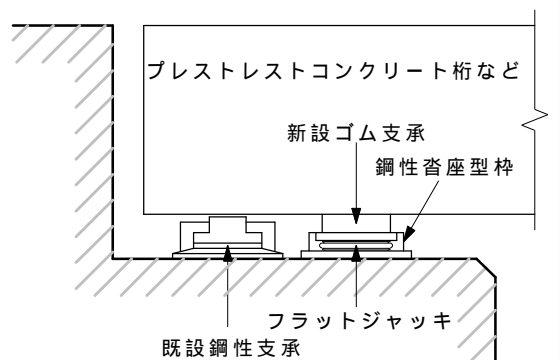


図2 支承新設方式の概要(側面図)

主な実施例を使用目的で分類したものが表2の適用事例である。写真4は使用目的のリフティングに用いたAou-Sheel 寺院とフラットジャッキである。

より圧力をかける。永久的な使用の場合、まず水を注入して圧力と変位の関係をチェックする。次に、水を完全に除去したのち、セメント系注入材を注入して圧力を作用させる。このとき、圧力計の示度を読み取ることにより揚力を正確に知ることができる。

複数を配管し連動して揚力を与えることができるのもフラットジャッキの特徴のひとつである。理論上無限の連動配管ができるが、実績では30数台までの連動配管を行っている。写真2は24台の連動配管の例である。

(4) 注入材

注入材には、フラットジャッキ専用のセメントグラウトがある。高炉

セメントB種と収縮低減材を主成分とするセメント系注入材である。塑性粘度高くノンフリーディングで、加圧による材料分離がない。可使用時間が6時間程度と長く、長時間にわたり流動性を確保している。収縮低減材の使用により硬化収縮率は0.5%以下となっている。従来はエポキシ樹脂注入材を使用していたが、このセメント系注入材の開発により、フラットジャッキの埋め込み施工が可能となった。また、火災による熱の影響が懸念される建築物の免震化工事にも使用できるようになった。

(5) 設置方法

図2は、既設支承の直近にフラットジャッキを用いて新しく支承を設

けるコンクリート橋の維持管理工事の支承新設方式の概要である。このような場合は、セメント系注入材を注入して加圧した後、フラットジャッキの周囲を防錆加工した鋼製脊座型枠で覆い、無収縮モルタルを打設して埋め込む方法をとる。写真3に鋼製脊座型枠とフラットジャッキの配置を示す。前項の写真2は、この支承新設方式を実施する場合の配置である。12主桁のプレレストレストコンクリート橋の支承を一度に新しくすることができる。

事例

フラットジャッキは、その発明以降、国内外で多くの実施例がある。

期待されること

フラットジャッキは、構造上、狭い空間で大きな圧力を作用させることができる特殊な機能を有する装置であり、本稿で紹介したように、海外では今から70年以上も前から現在に至るまで多種多様な工事で使用されている。

一方、日本においては、1952年の技術導入以来、幾多の使用実績があるが、スポット的な採用に限定されているように感じる。しかし過去には、藤田亀太郎博士が、1966年の土木学会論文集第128号に「フラットジャッキによるプレレストレスト導入法の研究」と題して、原子力発電所のPC圧力容

表2 適用事例

	使用目的	主な事例
1	プレストレスング	1938 Beni-Bahdelダム(アルジェリア) 年代不詳 Balma船型試験水槽(フランス) 1999 モンブラン道路トンネル(フランス)
2	応力測定	1974 President Costa e Silva大統領橋(ブラジル) 1986 JR瀬戸線第一新川橋梁反力測定(日本)
3	撤去工事	1945 マルヌ河にかかる橋梁群(フランス) 1975 Montreal Olympic velodrome(カナダ)
4	クリープ変形制御	1945 Luzancy橋(フランス) 1962 Gladesville橋(オーストラリア)
5	荷重の移転, アンダーピンニング	1971 武蔵野南線トンネル(日本) 1975 York Cathedral(イギリス) 2002 首都高速埼玉新都心トンネル(日本) 2003 Denon facade of the Louvre museum(フランス) 2008 Shopping Center in Velizy, Paris(フランス)
6	リフティング	1964 Abou-Simbel寺院(エジプト)
7	橋梁支承交換	2004 荒川橋(日本) 2007 Ortakoy Viaduct, ISTANBUL(トルコ)
8	免震化工事 (建築工事)	2010 徳海屋ビル(日本) 2010 三洋化成工業株本館(日本)
9	その他	2010 JR大分高架橋架設時補強(日本)

器(PCPV)への適用を考察した論文を発表している。高さ0.4m x 直径10m x 内径8mのコンクリート環体を作成し、この外周に24基のフラットジャッキを挿入したコンクリートブロックを配置して、プレストレスを与える実験を行っている。図3に実験に用いたコンクリート環体の概要を示す。この研究は残

状況の中で、ますますフラットジャッキが採用される機会が増加し、構造物の効率的な施工や工事の安全に寄与していくものと考えられる。古くから新しい技術について紹介した本稿が、土木技術者の琴線に触れて、フラットジャッキを活用されれば幸甚である。

念ながら実現には至らなかったが、フラットジャッキの活用は真摯に取り組んだ研究といえるだろう。今後、コンクリート構造物の設計や施工計画において、先人たちの取り組みを超えた新しいアイデアで、フラットジャッキの適用可能範囲が拡大していくことを願ってやまない。

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

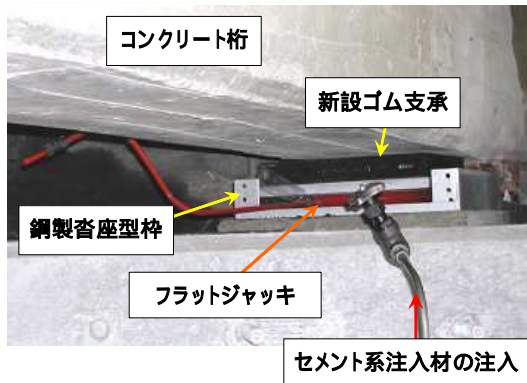


写真3 鋼製沓座型枠とフラットジャッキの配置

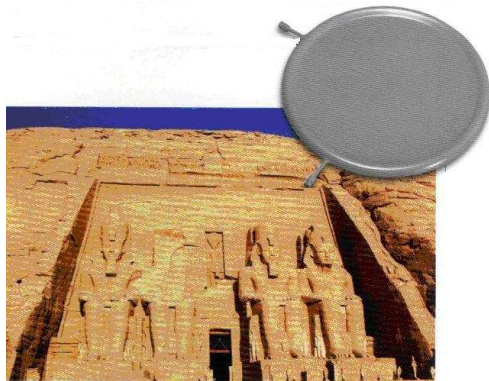


写真4 Abou-Simbel 寺院 (エジプト)

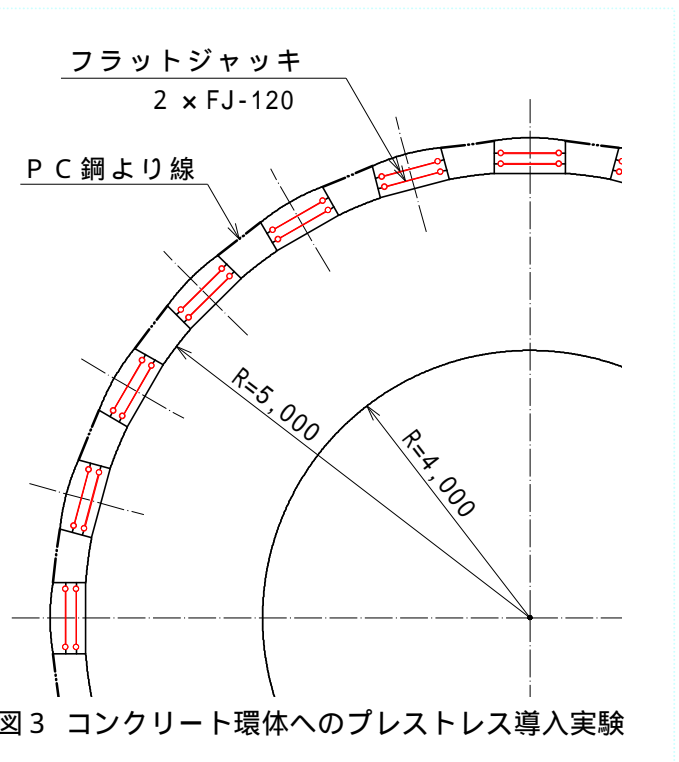


図3 コンクリート環体へのプレストレス導入実験