

超薄型ジャッキの連続桁への適用

極東鋼弦コンクリート振興(株) 正会員 ○山下 和則
極東鋼弦コンクリート振興(株) 赤間 淳一
極東鋼弦コンクリート振興(株) 正会員 菊池 厚

1. はじめに

超薄型ジャッキ (FKK 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 Eugène 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広く使用されている。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り近年建設需要が増大している維持補修、耐震補強、免震レトロフィット等の分野に適用事例が拡大している。その中で、橋梁の支承受替工事に限定すると、単純桁への適用事例は非常に多いものの連続桁への適用事例は非常に少ない。その背景には、超薄型ジャッキを主桁のジャッキアップおよびジャッキダウンのみに使用する場合、従来は短期間 (1~2 週間程度) での使用を標準としていた。しかし、連続桁等の適用の場合、長期間 (1~2 ヶ月程度) の揚力保持期間が必要となる。本稿は、超薄型ジャッキの特徴・構造・性能を説明するとともに、連続桁への長期間の揚力保持に向け、各種試験した結果と連続桁への適用例を紹介する。

2. 超薄型ジャッキの特徴・構造・性能

2.1 超薄型ジャッキの特徴

超薄型ジャッキの特徴は、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であることから、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。また、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 100~5,000kN を超える揚力をゆっくりと安全確実に発生させることができる。ジャッキ内に注入する材料は使用目的に応じ、水またはセメント系注入材を選択する。写真-1 に超薄型ジャッキを示す。



写真-1 超薄型ジャッキ

2.2 超薄型ジャッキの構造

超薄型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。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、その外周部には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ると、薄い軟鋼板の両面は互いに引き離されるように変形し、(圧力) × (有効面積) の揚力を発生する。図-1 に超薄型ジャッキの構造、図-2 に揚力発生機構を示す。

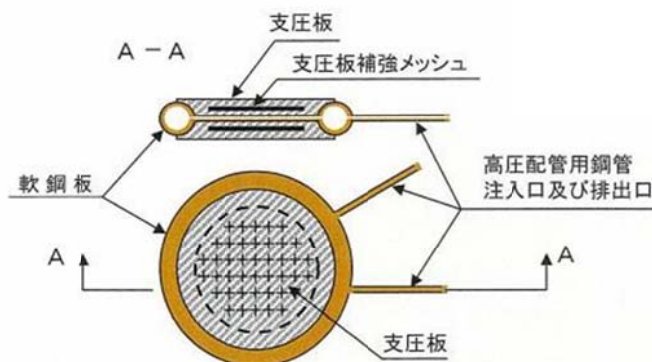


図-1 超薄型ジャッキの構造

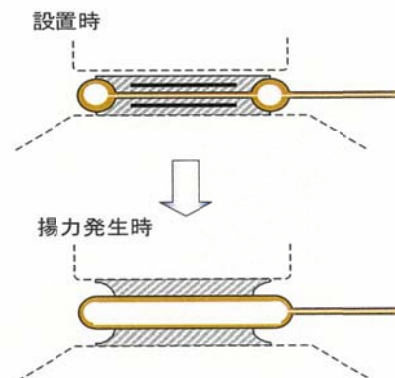


図-2 揚力発生機構

2.3 超薄型ジャッキの性能

超薄型ジャッキは支圧板を含む厚さが30mmおよび41mmであり、この全体厚さがシリンダージャッキでの機械高さに相当することから、きわめて薄いジャッキであるといえる。超薄型ジャッキの最大ストロークは25mmおよび36mmであり、大きなストローク（揚程量）が必要な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。表-1に超薄型ジャッキの諸元を示す。

表-1 超薄型ジャッキの諸元

	FJ-10	FJ-18	FJ-30	FJ-34	FJ-50	FJ-80	FJ-120	FJ-170	FJ-250	FJ-360	FJ-500
直径 D (mm)	130	160	200	210	250	300	360	420	500	600	700
厚さ e (mm)	25	25	25	25	25	25	25	25	25	36	36
常用許容揚力 (kN)	78	141	235	267	394	627	941	1,334	1,962	2,825	3,924
最大ストローク (mm)	25	25	25	25	25	25	25	25	25	36	36
容量(リットル)	0.332	0.502	0.785	0.885	1.23	1.77	2.54	3.46	4.91	10.2	13.8

注：支圧板を含む厚さは上記厚さ $e+5$ mm、容量は最大ストローク時

3. 揚力保持に関する各種試験

3.1 揚力保持試験

構造物を長期間（3ヶ月）ジャッキアップし続ける際、注入圧力に違いがあったとしても、超薄型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に下記の試験を実施した。試験体はFJ-30を3体用意し、水注入による圧力を各々8MPa・10MPa・12MPaと設定し、順に試験体No.1・No.2・No.3とした。試験方法は、それぞれの超薄型ジャッキに設定した圧力を掛けた後、バルブを閉めて3ヶ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、超薄型ジャッキ内の液体の圧力以外に超薄型ジャッキの温度を記録した。図-3に揚力保持試験概要図、写真-2に揚力保持試験状況を示す。

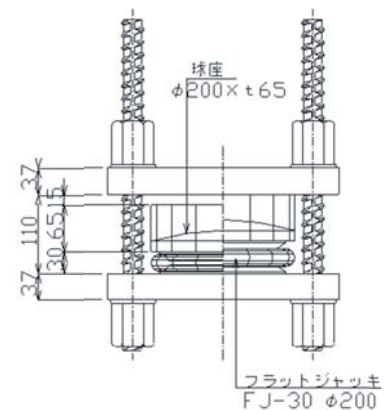


図-3 揚力保持試験概要図

3.2 一定荷重载荷試験

構造物を長期間（3ヶ月）超薄型ジャッキに一定の荷重を载荷し続けても、その荷重に対する圧力を安全に保持できるかを確認するために下記の試験を実施した。試験体はFJ-30とし、常に圧力が12MPaとなるように試験機FJ-80を水注入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FJ-30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超薄型ジャッキの鉛直変位の推移を確認した。図-4に一定荷重载荷試験概要図、写真-3に一定荷重载荷試験状況を示す。

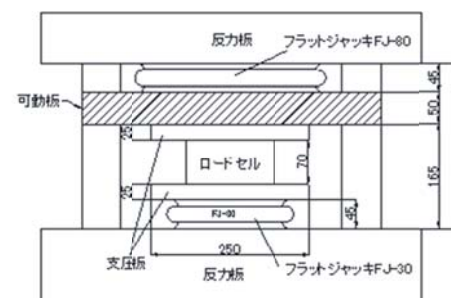


図-4 一定荷重载荷試験概要図



写真-2 揚力保持試験状況



写真-3 一定荷重载荷試験状況

3.3 各種試験結果

各種試験結果のグラフを図-5に揚力保持試験結果（注入圧）を、図-6に一定荷重載荷試験結果（変位）をそれぞれ示す。揚力保持試験については、8MPa・10MPa・12MPaともに測定開始から初期段階で0.5MPa程度の圧力低下がみられたものの、それ以降に関しては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0.3mm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がみられず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超薄型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変化が生じる。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。

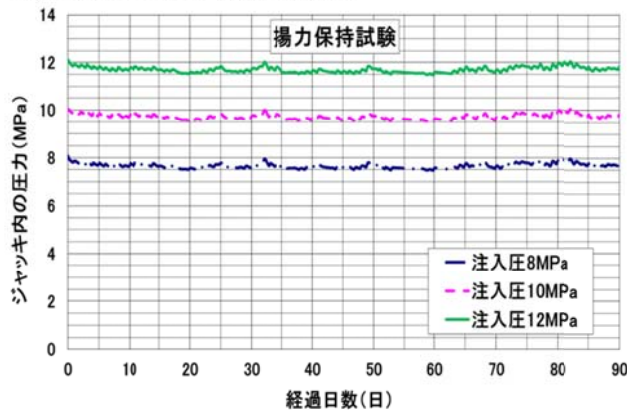


図-5 揚力保持試験結果（注入圧）

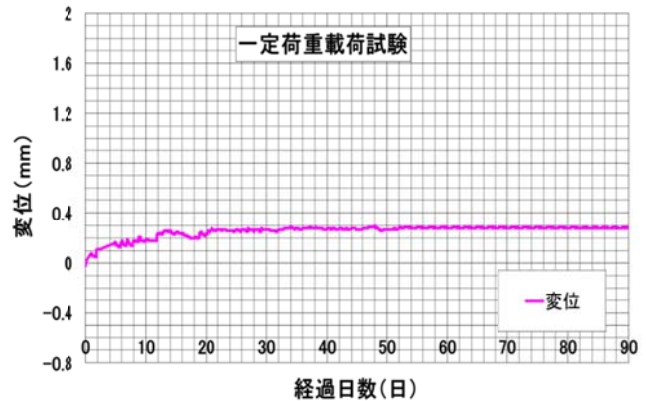


図-6 一定荷重載荷試験結果（変位）

4. 連続桁への適用（押し出し架設時における適用例）

4.1 押し出し架設時における適用概要

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け替え作業が発生する。従来は、本支承までの受け替え期間を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け替え作業を行っている。このような従来の方法では、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、主桁上以外の箇所でも荷重を受けることを計画した場合、下床版等の補強が必要になるほか、受け替え作業を行うためだけに支柱やブラケットの構築が新たに必要となる。このような背景には、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ことから上述のような施工方法となる。しかし、超薄型ジャッキ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の場所でも設置可能となり、下床版等の補強や支柱・ブラケットの構築が不要となる。また、荷重を受ける受圧面積が大きくなることから構造物をより安定して受け替えることができる。以上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計画された。

4.2 超薄型ジャッキを使用した荷重受け替え方法

超薄型ジャッキを使用した荷重受け替え方法の施工フローを図-7に示す。

(1) 超薄型ジャッキ仮受け台座工

押し出し架設完了後、桁下空間および計画高さ等の測量を行い仮受け台座（無収縮モルタルまたは鋼板）により縦横断勾配を修正し、超薄型ジャッキ本体を水平に設置し、支圧面全体で均等に荷重を受ける。

(2) 超薄型ジャッキ本体設置工

滑り支承の天端高さは本支承天端高さより50mm程度高い位置に設定し施工されている。よって、超薄型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、超薄型ジャッキをある程度膨らませた状態にて現地に搬入し、セット余裕高さを極力少なくする。また、複数枚を重ねて使用する場合は設置時の超薄型ジャッキのずれを防止するためテープ等により一体化させておく。また、地震時の対策は別途方法にて対策を行う。写真-4に超薄型ジャッキを2枚重ねた設置例を示す。

(3) 超薄型ジャッキ連動配管工

高圧注入ポンプから超薄型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し接続する。各橋脚の超薄型ジャッキを全て連動配管することも可能である。

(4) 安全装置用鋼板設置工

想定外のトラブルが超薄型ジャッキに発生した場合でも大きな揚程量の変化がないよう6mm程度の鋼板を複数枚用意し、ジャッキ近傍に設置する。また、隙間がほとんど無くなるまで安全装置用鋼板を挿入するための6mm以下の数種類の鋼板も複数枚用意する。

(5) 超薄型ジャッキ操作工（注入揚力と揚程量の保持）

各超薄型ジャッキ内に水を注入し、1台ずつ排出側ストッパーを解放し超薄型ジャッキ内の空気を確実に排出する。すべての超薄型ジャッキに水の充填が完了後、超薄型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る。その後、各橋脚および横断方向の変位差が生じないように各超薄型ジャッキ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る。全ての箇所をのすり支承から超薄型ジャッキに荷重が移行し、設計揚程量に達した段階で全てのストップバルブを完全に閉める。また、設計揚程量を確保した段階で隙間がほとんど無くなるまで安全装置用鋼板を挿入する。この桁上昇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、各支点位置が同調作業となるよう全体管理しながら行う。荷重受け替え作業完了後、30分程度放置し揚力および揚程量の変化を確認する。もし仮に30分後、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。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にビニールテープを何重にも巻き付け、また超薄型ジャッキ本体には傷がつかないように養生する。

(6) 超薄型ジャッキ操作工（揚力解放による荷重受け替え）

超薄型ジャッキから本支承への荷重の受け替えを行う際、超薄型ジャッキ近傍に取り付けている圧力計と注入ポンプ近傍に取り付けている圧力計の圧力を必ず合わせてから行う。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る。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、各支点位置が同調作業となるよう全体管理しながら行う。

5. おわりに

超薄型ジャッキは、構造上、狭い空間で大きな揚力を発生させることができる独特の特徴を持った機械である。本稿で紹介したように長期間の揚力保持が可能であることが確認できたことから、使用実績の少ない分野においても、超薄型ジャッキの適用方法がさまざまな分野で応用され、施工性・経済性・安全性により優れた施工方法を計画することができる。特に、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の中では、今後ますます超薄型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。本稿をきっかけとして、超薄型ジャッキの適用事例が増加し、構造物の効率的な施工や工事の安全の一助になることを願ってやまない。



写真-4 2枚重ねた設置例

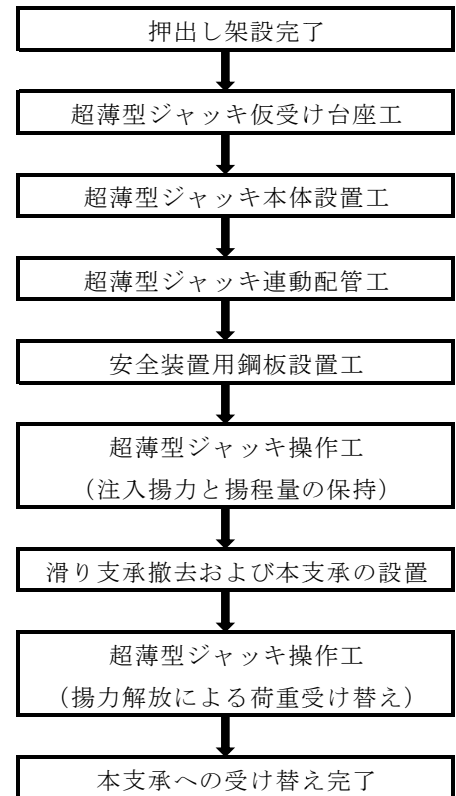


図-7 荷重受け替え施工フロー