

沈下したプレストレストコンクリート舗装版の リフトアップ工法の開発

DEVELOPMENT OF LIFT-UP METHOD FOR SETTLED PRESTRESSED CONCRETE PAVEMENTS

八谷好高*・佐藤勝久**・犬飼晴雄***

By Yoshitaka HACHIYA, Katsuhisa SATO and Haruo INUKAI

A new lift-up method for prestressed concrete (PC) pavements has been developed as a rehabilitation method for adjusting the unevenness of pavements, when they have unacceptable settlement and differential settlement in particular. The procedure of the newly developed lift-up method is as follows. Installation fittings for jacks and reaction beds are provided only at the settled area of the pavements when lift-up work becomes necessary. Hydraulic jacks are attached to the installation fittings, the PC slabs are lifted up and finally, the gap created between the PC slabs and the base courses is grouted. The lift-up operation is conducted by automatic control of the jack stroke lengths.

It is confirmed from the results of the lift-up tests in test pavements that PC slabs can be lifted up rapidly, precisely and safely by using this newly developed lift-up method.

Keywords: differential settlement, prestressed concrete pavement, rehabilitation

1. はじめに

近年わが国では、埋立地や高盛土部に空港を建設することが多くなってきている。この場合の空港舗装については、建設後の沈下や不同沈下が予想され、供用開始後、この沈下に対する補修が必要となるおそれがある。

沈下したコンクリート舗装の平坦性を改良するためにコンクリートを使用して行う補修方法としては、従来からオーバーレイが一般的である。しかし、これによれば、打設したコンクリートの養生が必要で、この養生期間中は施設を閉鎖しなければならないこととなり、供用中の空港では多大な不便を被る。そこでこのようなオーバーレイ工法に代わって、夜間だけ施設を閉鎖して作業し、昼間は施設を供用できるようなコンクリート舗装の補修工法の開発が強く要請される状況となっている。

そのような要請に応えるものとして、沈下や不同沈下したコンクリート舗装版をリフトアップする方法が考えられる。このリフトアップを考えるコンクリート舗装としては、沈下や不同沈下に対するコンクリート版の追隨

性およびリフトアップするためのジャッキの容量や間隔等を考慮すると、無筋コンクリート舗装に比べてコンクリート版厚が小さくでき、しかも耐荷力の大きなプレストレストコンクリート舗装（以降 PC 舗装と略す）が唯一現実的なものといえるので、本論文では、PC 舗装だけを対象とする。

2. 従来のリフトアップ工法^{1),2)}

沈下や不同沈下した PC 舗装をリフトアップする方法として現在実用化されているものには、次の 2 つがある。

- ① 吊り上げ方式
- ② スクリュージャッキ方式

前者は幅員が小さい場合にだけ適用できる方法であ

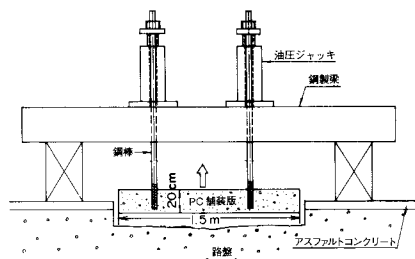


図-1 吊り上げ方式

* 正会員 工修 運輸省港湾技術研究所土質部主任研究官
(〒239 横須賀市長瀬 3-1-1)

** 正会員 工博 運輸省港湾技術研究所土質部長 (同上)

*** ビーエスコンクリート(株)東京支店
(〒102 千代田区九段北 4-1-3)

り、図-1に示すように、舗装版上にガーダーを架設し、舗装版の側面あるいは表面に吊り上げ用鋼棒を取り付け、鋼製はりを反力受けとして油圧ジャッキにより舗装版を引き上げるものである。この方式は、埋立地に建設されたコンテナヤードにおいて、コンテナ運搬用の自走式大型クレーン（トランステナー）の走行路の舗装版をリフトアップするために用いられたことがある。

後者は、幅員が広い場合を対象として開発されたものであり、図-2に示すように、建設後の沈下、不同沈下が予想される区域を対象として、反力用の鋼板とスクリーージャッキ用金具を路盤上あるいは舗装版中にあらかじめ設置しておき、沈下後スクリーージャッキを取り付け、これを人力により回して舗装版をリフトアップしようとするものである。岩国地区で建設された飛行場の格納庫や新青森空港のエプロンのPC舗装にこの方式が採用された。

これらの方法のうち、前者には、幅員が広い場合には適用が困難で、汎用性に欠けるという問題がある。また、

後者は、汎用性はあるものの、以下のような問題点を有している。

- ① リフトアップ用装置は施工時に設置しなければならないので、予想できなかった区域の沈下や不同沈下には対処できない。
- ② スクリーージャッキを人力により回すので、作業員の数に限定された場合は、広い区域を短時間にリフトアップするのが困難である。
- ③ リフトアップ作業全体を完全に管理するのが困難で、作業中に舗装版にクラックが入るといった危険性がある。

3. 新しいリフトアップ工法の基本概念^{1),2)}

今回は、これらの従来工法の問題点を解決することから研究開発を開始し、面積の広い空港のPC舗装版が沈下した場合に適用可能で、しかも、短時間で、安全に施工できるリフトアップ工法を開発した（図-3）。

この工法は、スクリーージャッキ方式に類似ではあるが、事前にリフトアップ用装置を設置しておく必要はなく、沈下が生じた部分に後から所定の装置を設置して舗装版をリフトアップするものなので、従来のものより汎用性があり、また経済性にも優れていると考えられる。同時に、機械化、自動化も実施したことから、作業のスピードアップと省力化も図れたものと考えられる。

まず、舗装版にコアボーリング機を用いて直径16mmの削孔を施し、その孔から路盤を掘削して、ジャッキ装着金具をその孔にセットする。そして、コンクリートの反力盤を施工し、油圧ジャッキを金具に取り付ける。

舗装版のリフトアップ作業は、油圧ジャッキを作動させて反力盤で荷重反力を受け、舗装版を持ち上げること

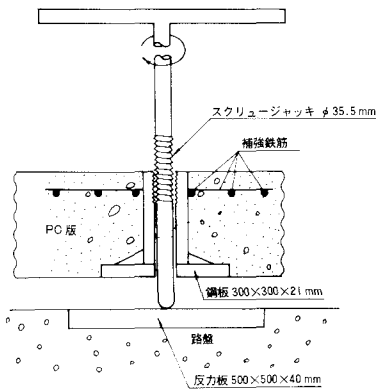


図-2 スクリーージャッキ方式

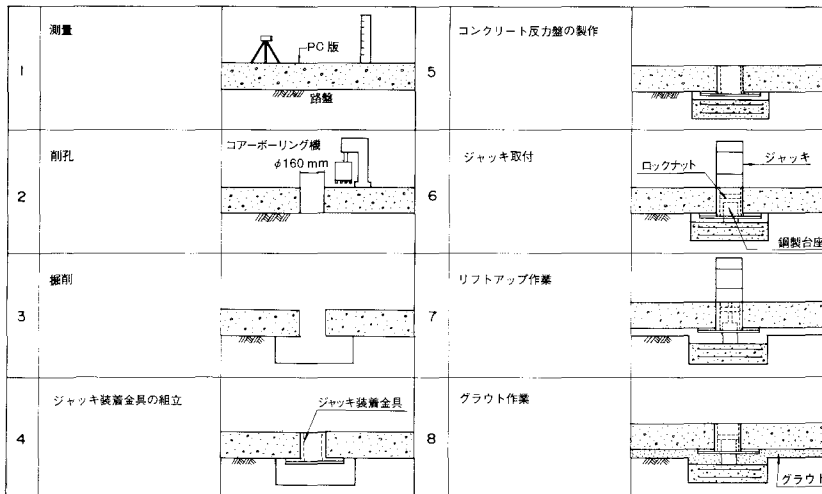


図-3 新しいリフトアップ工法の基本手順

による。この作業は、ジャッキ圧力とリフトアップ量を自動制御装置により管理することによって、正確かつ迅速に、そして安全に実施できる。リフトアップ量は自動制御装置によりモニターされるので、広範な作業域での施工管理も容易になされるシステムとなっている。

舗装版をリフトアップした後、舗装版と路盤の間でできた隙間はセメントミルクによりグラウトし、路盤の支持力を確保する。

4. リフトアップ用機器類の開発^{1),2)}

新しいリフトアップ工法を開発するために、種々の機器類や作業方法が研究開発された。それは、リフトアップ用の油圧ジャッキ、ジャッキをPC舗装版に取り付けるための装着金具、ジャッキの荷重の反力を受ける反力盤、安全なリフトアップのための制御装置、舗装版と路盤の間にできた空隙を充填する方法といったものである。

(1) リフトアップ用ジャッキ

舗装版のリフトアップを安全かつ迅速に行うためには、多数のリフトアップ箇所を同時にかつ全体的に管理することが必要で、図-4に示すように、自動制御システムに適している電動式油圧ジャッキ（容量 343 kN、揚程 15 cm）を使用することとした。

リフトアップする区域が広い場合、この区域全部にジャッキを装着して同時にリフトアップすることは、経済的観点から不可能であり、実際には少ない台数のジャッキを移動しながらリフトアップしていかなければならない。したがって、開発したジャッキは、移動や舗装版との着脱が容易にできるように工夫されている。また、リフトアップの自動制御のために、ジャッキのストロークの伸び量を検出し自動制御装置に転送できるように

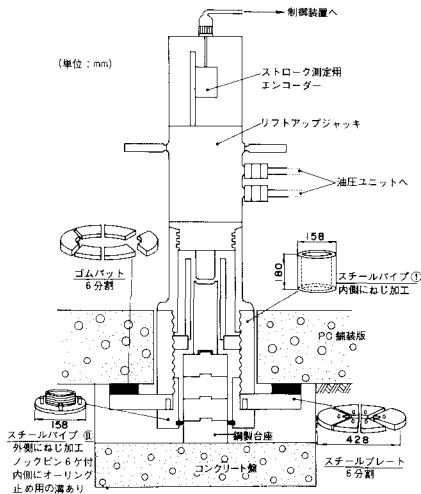


図-4 油圧ジャッキ、ジャッキ装着金具および反力盤

エンコーダーを内蔵させた。

(2) ジャッキ装着金具

前述のジャッキは、ジャッキ装着金具によって舗装版に連結され、ジャッキによる荷重が舗装版に伝達される。したがって、この金具は、リフトアップ時にジャッキの荷重に耐え、かつ金具周辺のコンクリートにクラックなどの有害な現象を生じさせないような構造であることが必要である。

図-5は、舗装版に直径 15 cm の孔を開け、これに円筒管を接着した状態でジャッキにより力を加えた結果であるが、98 kN のリフトアップ荷重の作用によって舗装版に放射状にクラックが発生し、147 kN でパンチングシアーにより破壊したことが認められた。地盤に不同沈下が生じて補修しなければならないような状況になった場合を考えると、この程度のリフトアップ量（5 mm）が限界では実用性が高いとはいえない。

この限界リフトアップ量をさらに大きくするためには、荷重をジャッキ孔周囲のやや広い範囲に分担させる必要があると思われたので、図-4に示すような鋼製円板（スチールプレート）による支持構造を考えた。舗装版に施工した直径 16 cm の孔からこの装置を入れて、舗装版下で組み立てることが必要となるため、施工性を考慮に入れてこの図に示したような大きさとした。後述のリフトアップ試験時のジャッキ孔周囲で測定した舗装版表面のひずみからみてもクラック発生危険性はなく、今回実施した試験の条件下では、今回用いたものの有効性が認められた。

(3) 反力盤

ジャッキの荷重を路盤に広く分布させて路盤の沈下を小さくするために、路盤上にコンクリート盤（厚さ 20 cm、直径 45 cm）と鋼製台座（直径 10.5 cm）からなる図-4に示すような反力盤を設けた。コンクリート盤は、舗装版の下側の路盤を、専用開発した図-6に示すような路盤ボーリング機によって掘削し、コンクリートを打設することによって作られる。

リフトアップ時には、コンクリート盤の上に鋼製台座が積み重ねられ、ジャッキの荷重をコンクリート盤に伝

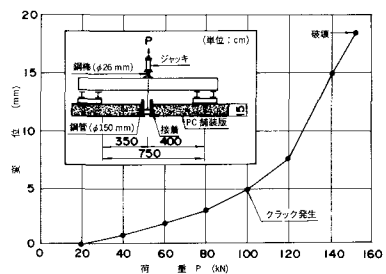


図-5 円筒管ジャッキ装着金具の引き抜き試験

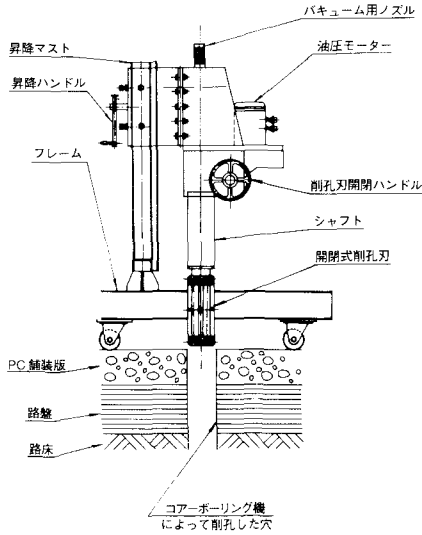


図-6 路盤ボーリング機

達する。所定のリフトアップが行われると、舗装版はロックナットによってその状態で仮留めされ、ジャッキは装着金具から取り外され、次のリフトアップ点に移される。鋼製台座はそのまま残して、将来、この上に新たに台座を追加することによって、再度リフトアップが可能となるように考えた。

(4) 制御装置

リフトアップ作業中の舗装版のリフトアップ量などのデータは、制御装置に接続しているパーソナルコンピュータで処理し、リフトアップ作業と併行してディスプレイに出力したり、プロッターにより図化することができる。

リフトアップ作業は、各ジャッキのストローク量に基づく変位制御により行われるようにした。リフトアップ中の舗装の安全性を常に確保するために、各ジャッキのストローク量をモニターして、事前に設定した各ジャッキのストローク量と一致するように、所定のリフトアップが自動的に行われる。いずれかのジャッキの荷重が、舗装版のクラック耐力から定められた限界値になった場合には、油圧ポンプが自動的に停止し、リフトアップ作業が中断されるようになっている。

(5) グラウト方法

リフトアップ工法においては舗装版と路盤との間に数cmの空隙ができることになるので、大量のグラウト作業が必要となる。今回は、実績のあるセメントミルクを使用した自然流下式グラウト工法を採用した³⁾。

5. 試験舗装におけるリフトアップ試験

(1) 予備試験

図-7に示すような試験舗装で予備的なリフトアップ

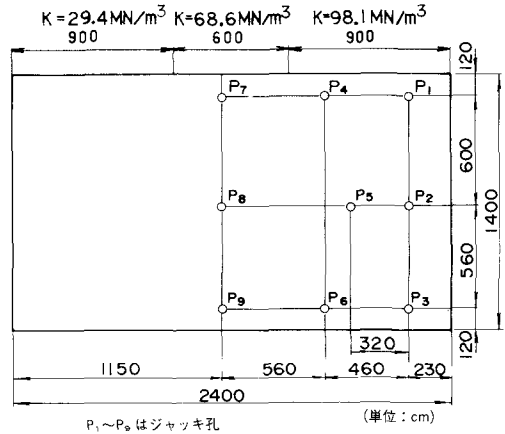


図-7 予備試験に使用した試験舗装

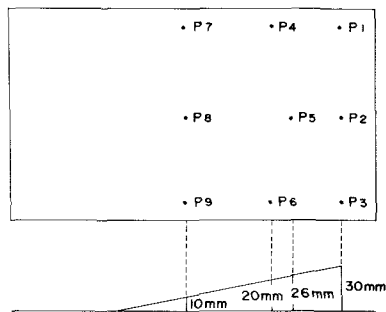


図-8 計画リフトアップ量

試験を行った。試験舗装は、支持力係数を3種類変えた路盤(上層路盤面上での支持力係数は29.4, 68.6, 98.1 MN/m³)の上に、幅14m、長さ24m、厚さ18cmのPC舗装版を舗装したものである。舗装版は、設計荷重のDC-8-63型航空機に対して第Ⅲ種PCとして設計した⁴⁾。この舗装版に用いられたコンクリートは、圧縮強度が約34.3MPaのものであり、PCケーブルは直径17.8mmと12.4mmのPC鋼より線を用いた。この舗装版の有効プレストレスは、約2.7MPaである。

リフトアップ用ジャッキは図-7に示す9か所に設置したが、ジャッキの間隔は、2.で述べた人力によるスクリージャッキ方式によるリフトアップにおける経験に基づき、5mとした(実際には、PC鋼線を避けるために、若干のずれがある)。

この予備試験は、後述の実大規模試験の前段をなすもので、リフトアップに関する基本的な検討、すなわちリフトアップ工法がその開発時に想定したとおりのシステムとして機能するかどうかの検証をした。一例として、図-8のようなリフトアップ作業を実施したときの状況を示す。表-1は、リフトアップ完了時のリフトアップ量の水準測量結果である。設定ジャッキストローク量が

表—1 計画リフトアップ量と実測リフトアップ量の比較

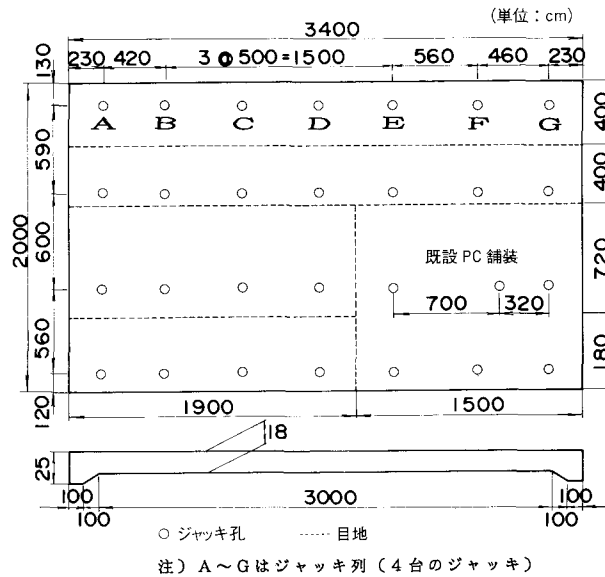
ジャッキ位置	P ₁	P ₂	P ₃	P ₄	P ₅	P ₆	P ₇	P ₈	P ₉
計画リフトアップ量	30	30	30	20	26	20	10	10	10
設定ジャッキストローク量	32	32	32	22	28	22	12	12	12
実測リフトアップ量	30	29	28	22	27	22	10	8	9

(単位：mm)

表—2 ジャッキ荷重の実測値と計算値の比較

ジャッキ位置	P ₁	P ₂	P ₃	P ₄	P ₅	P ₆	P ₇	P ₈	P ₉
実測荷重	99	167	97	73	141	66	105	172	120
理論荷重	104	119	99	55	167	50	126	193	120

(単位：kN)



図—9 実大規模試験舗装

計画リフトアップ量と異なっているのは、ジャッキ荷重による反力盤自体の沈下を見込んでいるからである。これから、設定どおりのリフトアップ作業が実施されていることがわかる。また、このときのジャッキの実測載荷重を、有限要素解析による荷重と比較してみたのが表—2である。この有限要素解析は、PC舗装をWinkler地盤(ばねを敷きつめたものとしてモデル化された地盤)上の平板とみなすもので、リフトアップすることによって舗装版が地盤から浮き上がった場合は、地盤反力は0になるとして解析した。ここでは、舗装版の弾性係数、ポアソン比、単位体積重量を、それぞれ、34.3 GPa、0.15、24.5 kN/m³、路盤支持力係数を68.6 MN/m³としている。表—1に示したように、反力盤の沈下が必ずしも想定どおりにはなっていないので、計画リフトアップ量と実測リフトアップ量は完全には一致していない。このことは、有限要素解析に用いたデータが実際のものと

は異なっていたことを意味しているが、このほかに計算では一定とした路盤支持力係数が、実際には図—7に示すように3種類であったことも考えれば、実測値と理論値が比較的よく一致しており、荷重からみても、リフトアップが設定したとおりに実行されていることがわかる。

(2) 実大規模でのリフトアップ試験

以上のような予備試験の結果を踏まえて、ほぼ実大規模に近いリフトアップ試験を実施した。上記の試験舗装のうち、路盤反力係数が29.4 MN/m³となっている部分(図—7に示した平面図の左側部分で、端部から9 mの長さまでの範囲)はリフトアップしたときの反力盤の沈下量が大きすぎるため¹⁾、この工法が適用できないと判断されたので、その部分を解体した後、図—9に示すようにPC舗装版を拡幅・延長した。PCケーブルも既存のものと同じ直径17.8 mmと12.4 mmのPC鋼より

線を用いて、既設舗装版のPC鋼より線のピッチに合わせて配置した。コンクリートは、材令7日で圧縮強度34.3 MPaとなるように配合設計した。舗装の拡張工事終了後、3. で述べた方法により、舗装版の28か所にリフトアップ用のジャッキ孔を設けた。その間隔は予備試験に準じて5 m程度とした。

この試験舗装を使って、次に示す4種類の試験を行った。

- ① 反力盤沈下量試験
- ② リフトアップ試験
- ③ 舗装版クラック発生試験
- ④ グラウト試験

以下では、それぞれについて記すことにする。

a) 反力盤沈下試験

リフトアップ作業において舗装版を計画高に修復するためには、正確な高さの管理が必要である。今回用いた方法は、ジャッキのストローク量によるものなので、表一1で計画リフトアップ量と設定ジャッキストローク量が異なっていることからわかるように、反力盤の沈下挙動を十分に把握する必要がある。

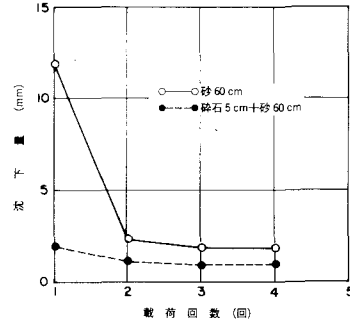
そのために、2種類の路床・路盤（砂層60 cmの場合と砂層60 cmの上に碎石5 cmを設けた場合）に対して、実際のリフトアップ作業を想定して路盤を深さ30 cm、直径45 cm掘削し、厚さ20 cm、直径45 cmのコンクリート反力盤を打設して、反力盤沈下試験を実施した。載荷試験は、147 kNの荷重を繰返し載荷して反力盤の沈下量を測定するもので、2種類の路床・路盤の、それぞれ4か所で実施した。図一10は載荷回数と沈下量の関係で、いずれの場合も1回目での沈下量は大きいものの、2回目からはほぼ一定値に収まっていることがわかる。

このような結果から判断すると、反力盤にあらかじめ予備載荷を1回程度行っておけば、反力盤の沈下は安定したものになるので、リフトアップ作業時の高さ管理は反力盤の沈下量を含むジャッキストローク量によることができるものと考えられる。

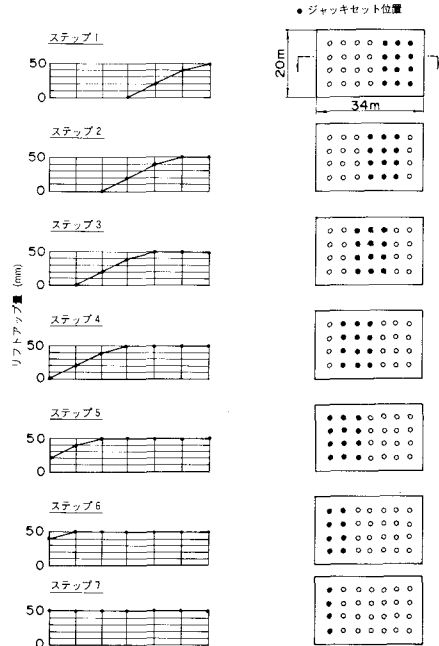
b) リフトアップ試験

実際の舗装の沈下形態を想定して、以下の4パターンのリフトアップ試験を行った。パターンAとCは、版横断方向には水平を保った状態でのリフトアップである。

① パターンA（図一11）：舗装版端部から3列にジャッキをセットし、1列目のジャッキを50 mm、2列目のジャッキを40 mm、3列目のジャッキを20 mmとリフトアップする。1列目のジャッキ部をロックナットで仮留めしてジャッキを外し、これらのジャッキを4列目に移動し、2, 3, 4列目で前と同じ要領でリフトアップする。このような繰返しをすることにより版全体を50 mm リフトアップする。



図一10 反力盤の沈下量の載荷回数に伴う変化



図一11 リフトアップパターンA

② パターンB：あらかじめ舗装版全体を50 mm リフトアップし、その後版中央部を最大20 mm 沈下させておく（版周囲は50 mm、版内部のうちB, F列は40 mm、C~E列は30 mm上がっている）。そして、中央部6か所にジャッキをセットして、その部分を徐々にリフトアップしていき、舗装版全体を50 mm リフトアップする。

③ パターンC：パターンBと同様に、全体をあらかじめ50 mm リフトアップし、その後版中央部をパターンBよりやや広い範囲で最大50 mm 沈下させておく（A, G列：50 mm、B, F列：30 mm、C, E列：10 mm、D列：0 mm）。そして、まず、ジャッキを中央部3列にセットして最大20 mm リフトアップした後にジャッキを取り外し、まだ沈下している部分の端部より3列にジャッキをセットして、パターンAと同様に、端部から

表-3 ジャッキ荷重の実測値と計算値の比較

ジャッキ位置	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
実測荷重	93	166	170	99	105	154	143	55	147	158	152	126
理論荷重	96	178	153	104	78	152	110	80	108	184	153	114

(単位: kN)

順次リフトアップする。

④ パターンD: 上記のものとは異なり, 舗装版の隅角部を三角形状にリフトアップするもので, 隅角部頂点を最大50 mm リフトアップする。

このリフトアップ試験では, ジャッキ荷重の測定と舗装版表面のひずみ測定を行い, それらを有限要素解析による理論値と比較し, リフトアップ作業の妥当性を調べた。図-12には, 図-11に示したパターンAのステップ3における舗装版長手方向の版表面ひずみを示す。そのときの荷重については表-3に示す(ジャッキ番号については図-12参照)。(1)で述べたように, 計画リフトアップ量と実測リフトアップ量は完全には一致しな

いことを考慮すれば, ここに示した荷重, ひずみとも, 計算結果は実測値の状況をよく説明できていると思われる。ここに示したパターンA以外のリフトアップにおいても, 同様の結果, すなわち, 実測値と計算値が比較的良好に一致するとの結果が得られた。このことより, 予備試験で得られた結果と同様に, 舗装版のリフトアップがあらかじめ設定したとおりに行われていることが確認された。

c) 舗装版クラック発生試験

b) では実際の工事で想定されるようなリフトアップパターンを忠実にたどり, そのときの舗装版の挙動について検討した。そこで想定されたリフトアップパターンは, (1)で述べた予備試験の結果から設定された舗装版のクラック発生基準に基づくものであるが, その基準をより確実なものとするため, ここでも舗装版のクラック発生試験を実施することとした。このクラック発生試験では, 舗装版の表面ひずみの測定を行い, 舗装版にクラックが発生したときのひずみに注目した。

このクラック発生試験に用いたリフトアップパターンは, 図-13に示す4種類である。パターンIとパターンIIは, ともに, 舗装版端部から3列のジャッキを使ってリフトアップするものである。リフトアップ部分が一直線になるときの勾配(それを直線勾配と定義し, 勾配の大きさは隣り合うジャッキ間の変位差で表わすことに

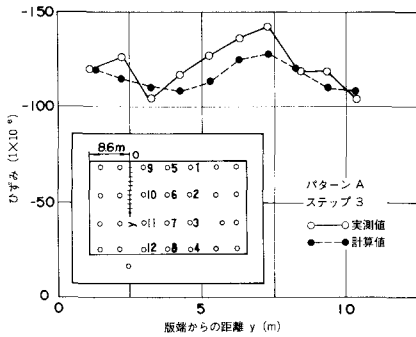
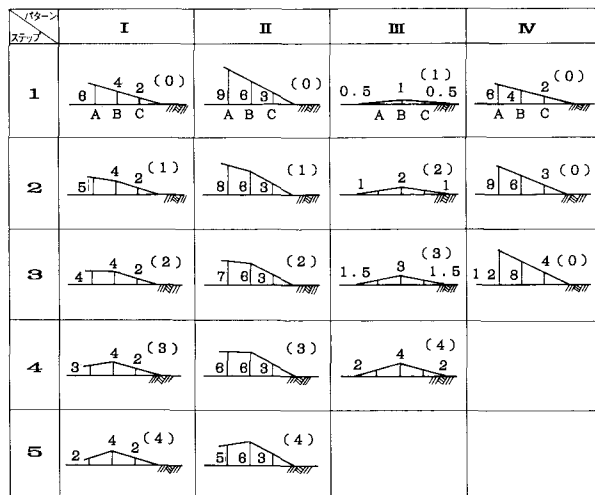


図-12 舗装版表面ひずみの実測値と計算値



注) A, B, C: ジャッキ位置
 図中の数字はジャッキの変位量(ただし()内の数字は△)
 (単位: cm)

図-13 舗装版クラック発生試験の種類

する)をそれぞれ2, 3 cm, この直線形状からのずれ Δ (図-14 参照)を, 両者とも最大で4 cmとした. パターンⅢでは, 舗装版中央部の3列のジャッキを使って版長手方向にみれば版が二等辺三角形形状となるようにリフトアップを行った. そのため, このパターンでは直線勾配と Δ がともに変わるようになる. パターンⅣでは, パターンⅠ, Ⅱと同様に, 舗装版端部から3列のジャッキを使ってリフトアップを行った. ただし, パターンⅠ, Ⅱと違って, $\Delta=0$ を保ったまま, 直線勾配だけを変化させた.

いずれのパターンも, 舗装版を横断方向に水平を保ったままリフトアップするものなので, 版の縦断方向のひずみが舗装版のクラック発生にクリティカルであると考えられる. このうち, パターンⅠの場合の縦断方向のひずみの分布を図-15に示した. 舗装版の表面にクラックが入る危険性を示す版表面の引張ひずみについてみると, Δ の増加とともにそれらは増加し, パターンⅠ, Ⅱのどちらにおいてもステップ5($\Delta=4$ cm)で最大値($220 \sim 240 \times 10^{-6}$)を示し, この最大値がみられた箇所近傍の舗装版表面に横断クラックが入ったことが確認されている. これより, リフトアップ時に舗装版にクラックが入るのは, Δ が4 cm程度のときと考えられる. また, 舗装版の底面にクラックが入る危険性を示す版表面の圧縮ひずみについてみると, パターンⅠ, Ⅱとも, 各ステップでほとんど変化がなく, 勾配のきついパターンⅡのほうがパターンⅠより大きい値となっていることが認められた.

舗装版の中央部をリフトアップするパターンⅢでも, パターンⅠ, Ⅱの場合と同様に, ステップの進行(直線

勾配, Δ とも増加)につれて, 引張ひずみ, 圧縮ひずみともに増加するが, 最大ひずみは圧縮, 引張りとも, 端部リフトアップの場合に比べて小さなものとなっている. このパターンⅢは, 舗装版の中央部分のみが沈下したときにリフトアップ工法を適用する場合であるが, これ以外の舗装版の端部をリフトアップする場合(パターンⅠ, Ⅱ)と異なり, $\Delta=4$ cmとなっても表面クラックの発生は認められなかった.

パターンⅣでは, Δ を0に保ったままなので, 勾配が増加しても引張ひずみはほとんど変化しないが, 圧縮ひずみはステップの進行につれて増加してくる. これは, パターンⅠとⅡでは, 勾配の大きなⅡのほうで版表面の圧縮ひずみが大きいというパターンⅠ, Ⅱでの実験結果と一致している. 直線勾配からのずれ(図-14のC~E間の Δ)が4 cmとなるような勾配(ステップ3)では, 最大圧縮ひずみは 200×10^{-6} 程度になり, パターンⅠ, Ⅱでの表面クラック発生時の最大引張ひずみの値に近くなっている. このことより, このステップ3では底面にクラックが発生しているものと推定される.

以上述べた舗装版クラック発生試験結果からは, 今回用いた試験舗装のリフトアップの場合, ジャッキ間隔が4.2~5 mに対して, $\Delta=4$ cmとなったときに舗装版表面にクラックが入る危険性のあることが示唆された. また, 底面のクラックに関しても, Δ が4 cmのときに底面にクラックの発生する危険性があるものと思われる.

d) グラウト試験

リフトアップによって生ずる舗装版と路盤との間の空隙は, 何らかの方法により充填されなければならない. 今回は舗装版を全体的に5 cm リフトアップした後に, 舗装版と路盤の間の空隙を前述のように, セメントミルクを用いて自然流下方式によりグラウトした³⁾. グラウ

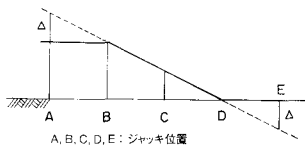


図-14 Δの定義

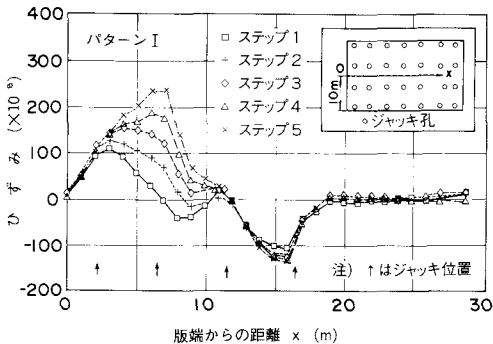


図-15 舗装版表面ひずみの縦断方向分布

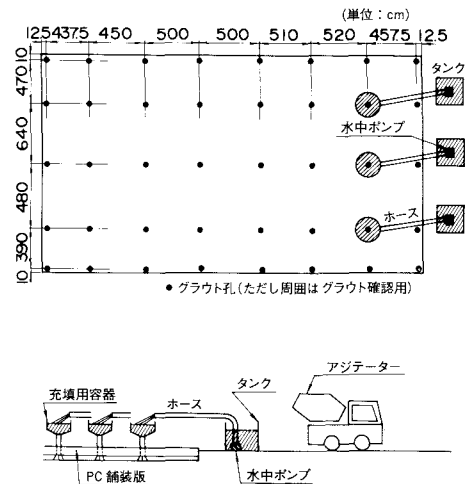


図-16 グラウト方法

ト孔としては、図-16に示す位置に、コアボーリング機を用いて直径 65 mm のものを開けた。このうち版周辺部のもは、グラウトの確認用である。

グラウト材が舗装版と路盤の間の空隙に十分入ったかどうかの確認は、フォーリングウェイトディフレクトメーター（以降 FWD と略す）によるたわみ測定を実施するとともに⁵⁾、グラウト後約 7 週間経過した時点で抜き取ったコアの目視観察による。FWD によるたわみの測定例（版長手方向分布）を図-17に示した（荷重 49 kN）。リフトアップ後のグラウトによって最大たわみが減少することは、この図に示したグラウト後 4 日および 30 日のデータをみて明らかである。グラウト後約 7 週間経過した時点で舗装版から抜き取ったコアを観察すると、全体的にみればグラウト材は版と路盤の間の空隙にほぼ充填されているようであるが、一部グラウト孔から遠い地点で、グラウト材が完全には充填されていないところもみられた。これは、路盤紙として用いたビニールフィルムの接合部にあたり、ビニールフィルムが 2 枚重ねとなっているためグラウト材がうまく充填できなかったのであろう。

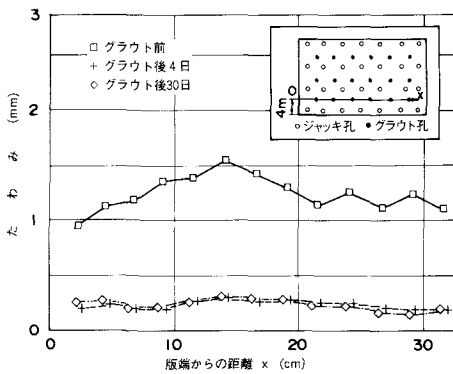


図-17 グラウト前後のFWD最大たわみ

このようなことから、今回用いたグラウト方法では、舗装版と路盤の間に微細な空隙が若干残る危険があるものの、舗装版の耐荷力の大きなことを考慮すると、通常この程度の空隙が問題になることはないと考えられた。

6. 新しいリフトアップ工法の適用性

5. の試験の結果、事前に特別な細工を施していない通常の PC 舗装においても、沈下した部分にだけ後からジャッキ装着金具や反力盤を設置し、これらに油圧ジャッキを取り付け、その部分をリフトアップして平坦性を改善できることがわかった。5. で実施したリフトアップパターンには、基本的なものがほぼ含まれているので、舗装版の一般的な沈下形状に対するリフトアップは、これらの組合せにより対処できると考えられる。たとえば、図-18は全体的に凹形に沈下した舗装版を元のレベルに戻すためのリフトアップの作業工程を示すもので、5. でのリフトアップパターンの応用である。

舗装版のリフトアップ作業においては版が破壊しないように十分配慮しなくてはならない。5. で明らかにしたリフトアップ時の舗装版のクラック発生基準も参考にしてリフトアップの作業工程を考える必要がある。その際には、有限要素法の適用性が高いと考えられる。

今回の試験を通して、今回開発した舗装版のリフトアップ工法にも制約のあることもわかった。それは、主として、路盤に関するもので、路盤の支持力があまり小さいと、載荷重を受けたとき反力盤が大きく沈下してしまい舗装版がリフトアップできないことである。したがって、将来の地盤沈下が予想される PC 舗装においては、路盤としては粒状材やセメント安定処理材を使用し、十分な支持力を確保しておくことが望ましいといえる。今回行った試験と同じ条件下では、支持力係数が 68.6 MN/m^3 以上となるような路盤とする必要がある。

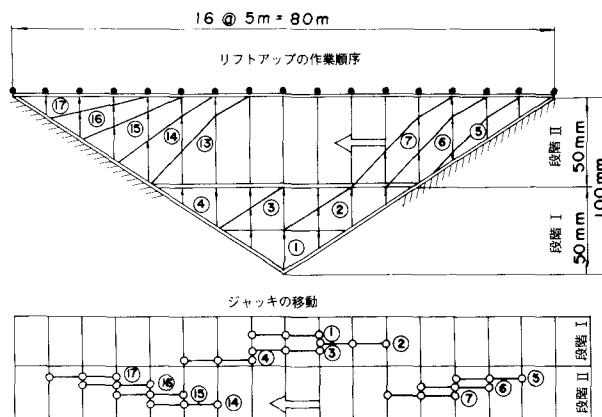


図-18 代表的な舗装版のリフトアップの作業工程

7. 結 論

埋立地や高盛土部等に建設された PC 舗装が沈下や不同沈下した場合の補修方法として、リフトアップ工法を開発した。その主要な結論は、以下のとおりである。

(1) PC 舗装版の沈下した部分にだけジャッキ装着金具やジャッキの反力盤を設置し、これらに油圧ジャッキを取り付けて舗装版をリフトアップできる工法を開発した。その作業工程は、①沈下した舗装版にコアボーリング機で削孔（直径 16 cm）、②その孔を利用して路盤を掘削（直径 45 cm、厚さ 30 cm）、③ジャッキ装着金具を舗装版にセット、④装着金具を固定しておいて反力受けのコンクリート盤を打設、⑤鋼製台座、ロックボルトをセットした後油圧ジャッキをジャッキ装着金具に取り付け、⑥反力盤（コンクリート盤と鋼製台座）に加力して舗装版をリフトアップ、⑦舗装版と路盤の隙間ヘグラウト、というものである。

(2) リフトアップ荷重による反力盤の沈下等が明らかになり、リフトアップ作業における高さ管理として、反力盤の沈下量を含むジャッキストローク量による方法の有効性が確認された。なお、路盤の支持力が十分ないと沈下が大きくなり管理が難しくなるので、路盤の支持力係数は 68.6 MN/m^3 以上を確保しておくことが望ましいこともわかった。

(3) 今回開発したリフトアップ工法の有効性が実大規模の試験舗装で実施した試験によって確認された。この試験の結果、リフトアップ時の舗装版の変形能力やクラック発生基準が明確になった。

(4) リフトアップ時の舗装版の挙動は、Winkler 地盤上の平板としての有限要素解析によりある程度推定で

きることがわかった。これによって、種々の沈下形状に対して安全なリフトアップ作業の行程を事前に設定できよう。

8. おわりに

PC 舗装の新しいリフトアップ工法が一応開発された。しかし、この工法も実用化ということになると、まだ細かなところで一層の工夫が必要である。平成元年度に実施されている東京国際空港の沖合展開工事のためのコンクリート試験舗装において、中心課題としてこのリフトアップ工法の実証試験が取り上げられている。この実証試験で PC 舗装版の挙動に関する解析手法の確立を含めて細部にわたる検討がなされ、この工法の実用化が図られることを期待するものである。

参 考 文 献

- 1) Sato, K., *et al.* : Development of Lift-Up Method for Rehabilitation of Settled Prestressed Concrete Pavements, 4th International Conference on Concrete Pavement Design and Rehabilitation, pp.159~169, 1989.
- 2) 佐藤勝久：沈下したプレストレストコンクリート舗装のリフトアップ工法，舗装，Vol.24, No.7, pp.3~8, 1989.
- 3) 佐藤勝久ほか：ホーンジョイントによる PC プレキャスト版舗装の開発，港湾技術研究所報告，Vol.19, No.4, pp.101~128, 1980年12月。
- 4) 福手 勤ほか：下面ひびわれを許すプレストレストコンクリート版の空港舗装への適用性，土木学会論文報告集，第343号，pp.199~207, 1984年3月。
- 5) 八谷好高ほか：コンクリート舗装構造の非破壊評価法の開発，港湾技術研究所報告，Vol.26, No.2, pp.465~492, 1987年6月。

(1990.3.12・受付)