

運輸省港湾技術研究所

# 港湾技術研究所 報告

---

---

REPORT OF  
THE PORT AND HARBOUR RESEARCH  
INSTITUTE  
MINISTRY OF TRANSPORT

---

VOL. 28      NO. 2      JUNE 1989

NAGASE, YOKOSUKA, JAPAN



# 港湾技術研究所報告 (REPORT OF P.H.R.I.)

第28巻 第2号 (Vol. 28, No. 2), 1989年6月 (June 1989)

## 目 次 (CONTENTS)

1. 半円形ケーソン堤の水理特性に関する実験的研究  
..... 谷本勝利・滑川伸孝・石丸敬純・関本恒浩..... 3  
(A Hydraulic Experimental Study of Semi-circular Caisson Breakwaters  
.....Katsutoshi TANIMOTO, Nobutaka NAMERIKAWA,  
Yoshizumi ISHIMARU and Tsunehiro SEKIMOTO)
2. 正規圧密粘土地盤上の補強盛土の挙動.....寺師昌明・北誥昌樹.....33  
(Fabric-Reinforced Embankment on Soft Clay Ground  
.....Masaaki TERASHI and Masaki KITAZUME)
3. 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  
..... 佐藤勝久・八谷好高・上中正志・犬飼晴雄・川本幸広・塚田 悟.....49  
(Development of Lift-up Method for Rehabilitation of Settled Prestressed  
Concrete Pavements  
.....Katsuhisa SATO, Yoshitaka HACHIYA, Masashi KAMINAKA,  
Haruo INUKAI, Yukihiro KAWAMOTO and Satoru TSUKADA)

### 3. 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

佐藤 勝久\* ・ 八谷 好高\*\* ・ 上中 正志\*\*\*  
犬飼 晴雄\*\*\*\* ・ 川本 幸広\*\*\*\*\* ・ 塚田 悟\*\*\*\*\*

#### 要 旨

埋立地や高盛土部の空港などでコンクリート舗装が沈下した場合、従来その補修として打換えやオーバーレイが一般的であったが、これらによれば打設したコンクリートの養生のため、ある期間施設閉鎖が避けられず多大な不便を被るので、昼間は施設を供用しながら夜間だけの工事で補修できる工法の開発が強く要請されていた。

そこで本研究では、このような要請に応えるものとして、沈下や不同沈下したプレストレストコンクリート(PC)舗装版において、沈下した部分にだけ後からジャッキ装着金具やジャッキの反力をとる反力盤を設置し、これらに油圧ジャッキを取り付け、コンピューター制御により安全に迅速にPC舗装版をリフトアップできる工法を開発した。

キーワード：不同沈下，プレストレストコンクリート舗装，補修，リフトアップ

---

\* 土質部滑走路研究室長

\*\* 土質部主任研究官(舗装補修担当)

\*\*\* 土質部滑走路研究室

\*\*\*\* ビーエスコンクリート(株)東京支店技術部開発課長

\*\*\*\*\* ビーエスコンクリート(株)技術部

### 3. Development of Lift-Up Method for Rehabilitation of Settled Prestressed Concrete Pavements

Katsuhisa SATO\*  
Yoshitaka HACHIYA\*\*  
Masashi KAMINAKA\*\*\*  
Haruo INUKAI\*\*\*\*  
Yukihiro KAWAMOTO\*\*\*\*\*  
Satoru TSUKADA\*\*\*\*\*

#### Synopsis

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 and the PC slabs are lifted up. The lift-up operation is conducted by automatic control of the jack stroke lengths and finally, the gap created between the PC slabs and the base courses is grouted.

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

**Key Words:** Differential Settlement, Prestressed Concrete Pavement, Rehabilitation, Lift-Up

---

\* Chief of Runways Laboratory, Soils Division

\*\* Senior Research Engineer, Soils Division

\*\*\* Member of Runways Laboratory, Soils Division

\*\*\*\* Chief of Development Section, Engineering Division, Tokyo Branch, PS Concrete Co. Ltd.

\*\*\*\*\* Member of Engineering Division, PS Concrete Co. Ltd.

## 目 次

要 旨	49
1. ま え が き	53
2. 従来のリフトアップ工法	53
2.1 従来工法の概要	53
2.2 従来工法の問題点	54
3. 新しいリフトアップ工法の基本概念	54
4. リフトアップ用機器類の開発	55
4.1 概 要	55
4.2 リフトアップ用ジャッキ	55
4.3 ジャッキ装着金具	55
4.4 反力盤	56
4.5 制御装置	57
4.6 グラウト方法	58
5. 試験舗装におけるリフトアップ試験	58
5.1 リフトアップ試験 (その1)	58
5.2 リフトアップ試験 (その2)	62
6. 新しいリフトアップ工法の適用性	72
7. 結 論	75
8. あ と が き	75
参 考 文 献	76

## 1. まえがき

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、供用後のある時点で、この沈下に対する補修が必要となる。

沈下したコンクリート舗装の平坦性を改良するためのコンクリート舗装での補修としては、従来はコンクリート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従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、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、今後本論文では、PC 舗装だけを対象とする。

PC 舗装のリフトアップ工法として従来の方法は、PC 版を吊り上げて路盤を修正した後その PC 版を敷設し直すものと、沈下が予想される PC 舗装にあらかじめ反力用の鋼板とスクリージャッキ用の金具を設置しておき、スクリージャッキを人力により回わしてリフトアップするものがある。このうち前者は、吊り上げ能力の関係で小規模の PC 舗装にしか適用できず、面的な空港舗装に用いることは不可能と考えられる。また後者は、面的な舗装にも適用が可能ではあるものの、あらかじめリフトアップ用装置を設置しておかなくてはならず過剰投資になる恐れがある、リフトアップ作業時間がかかりかかる、多くの作業員が必要である等の問題がある。

そこで今回、上述の問題に対処できる新しいリフトアップ工法を開発した。この工法は、スクリ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要の装置を設置して PC 舗装版をリフトアップするもので、従来のものより汎用性があり、また経済性も大きくなると考えられる。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ると考えられる。

## 2. 従来のリフトアップ工法

### 2.1 従来工法の概要

不同沈下した PC 舗装をリフトアップする方法で、現在実用されているものに次の二つがある。

#### (1) 吊り上げ方式

これは幅員が小さい場合にだけ適用できる方法である。

舗装版のリフトアップは、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、これをガーダーを反力として油圧ジャッキにより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

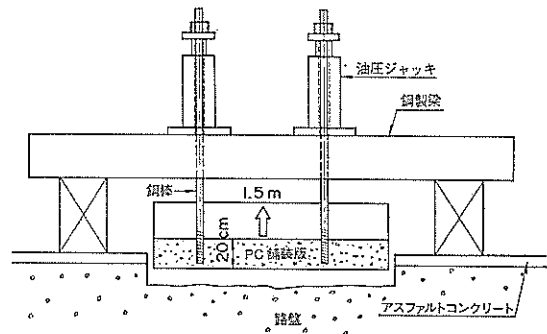


図-1 吊り上げ方式

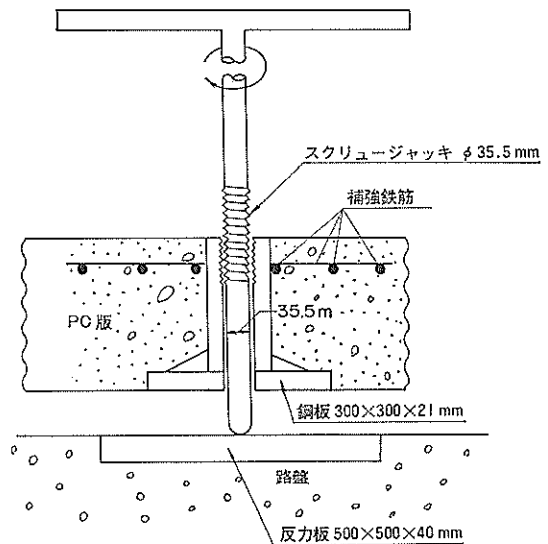


図-2 スクリュージャッキ方式

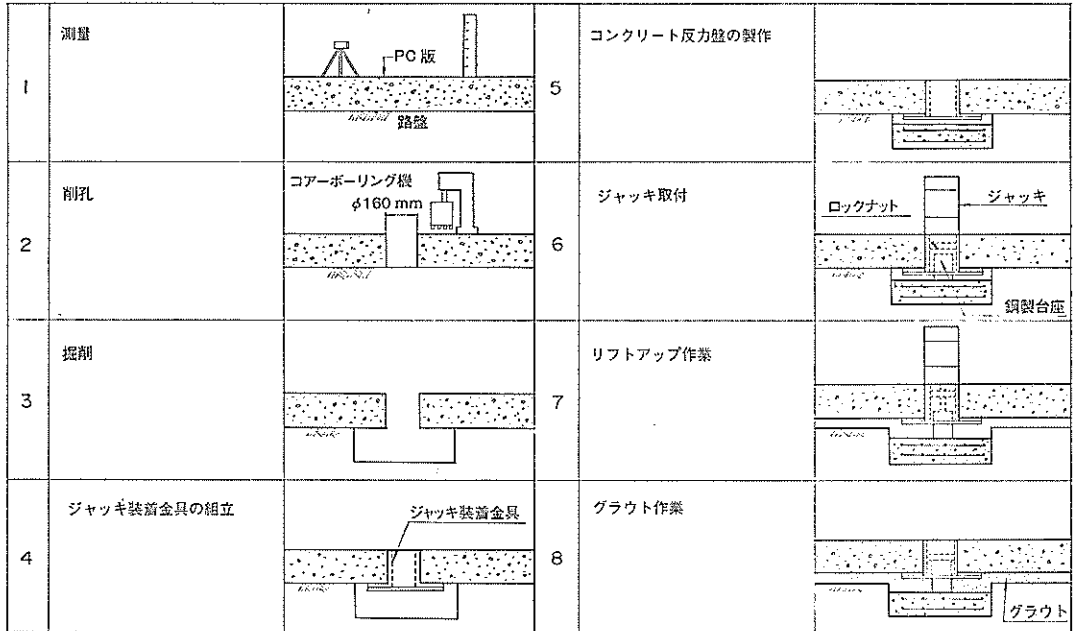


図-3 新しいリフトアップ工法の基本手順

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。

(2) スクリュージャッキ方式

この方式は、幅員が広い場合を対象として開発されたものである。

これは、建設後の沈下、不同沈下が予想される区域を対象として、図-2に示すように、反力用の鋼板とスクリュージャッキ用金具を路盤上あるいは舗装版中に設置しておき、沈下後スクリュージャッキを取り付け、これを人力により回わして舗装版をリフトアップするものである。

岩国地区で建設された飛行場の格納庫のPC舗装は、その半分が新たに埋め立てられた場所にあったので、この埋め立て部分に図-2のようなリフトアップ用の装置が設置され、建設後、沈下の進行に合わせて二度にわたってリフトアップが実施された。

また、新青森空港においても、エプロンのうちの高盛土部分に建設された約2万㎡のPC舗装にこの方式が採用された。

2.2 従来工法の問題点

吊り上げ方式は、幅員が広い場合には適用が困難で、汎用性に欠ける。一方スクリュージャッキ方式については、汎用性はあるが、次のような問題がある。

- 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不同沈下には

対処できない。このため、沈下区域が特定できない場合には、広い範囲に装置を埋設しておく必要があり、建設費が割高になる。

- ② スクリュージャッキ1台を回すのに、作業員が二人必要で、省力化には適していない方法である。
- ③ 確保できる作業員の数が限定された場合、部分的にかつ少しづつリフトアップしていかねばならず、広い区域を短時間にリフトアップするのが困難である。
- ④ 人力によるリフトアップであるため、各リフトアップ点あるいはリフトアップ作業全体を完全に管理するのが困難で、作業中の舗装版のクラック等に対する安全性の確保に問題があると考えられる。

3. 新しいリフトアップ工法の基本概念

従来のリフトアップ工法のうちのスクリュージャッキ方式を参考にし、その問題点を解決することから、PC舗装版の新しいリフトアップ方式を模索した。その結果、図-3に示すような作業内容および手順の新しいリフトアップ工法を考案した。

まず、PC舗装版にコアボーリング機を用いてφ16cmの削孔を施し、その孔から路盤を掘削する。そして、ジャッキ装着金具をセットし、固定した後、コンクリートの圧力盤を施工する。コンクリートが硬化し所定

## 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

の強度が出た後、リフトアップジャッキを装着金具に取り付ける。

リフトアップ作業は、油圧によりリフトアップジャッキを動作させ、反力盤に反力を作用させ、PC舗装版をジャッキ装着金具により持ち上げることによる。また、その作業は、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、そして安全に施工することができる。途中段階から作業終了時に至るリフトアップ量は、ジャッキに取り付けられたエンコーダーより自動制御装置を経由してパーソナルコンピュータにリアルタイムでディスプレイされ、かつプロッターで打ち出される。これにより、現在進行中の作業を瞬時に把握することができ、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。

リフトアップ後、PC舗装版と路盤の間にできた隙間をグラウトする。

### 4. リフトアップ用機器類の開発

#### 4.1 概要

新しいリフトアップ工法の開発では、施工時のPC舗装版の安全性の確保、施工の迅速化・省力化、そして経済性の改善を目標とした。

これらの開発目標を達成するために、新しいリフトアップ工法に必要な機器類等が研究され開発された。すなわち、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取る反力盤、安全なリフトアップのための制御装置、PC舗装版と路盤の間にできた空隙を充填する方法等である。

以下では、これら個々の項目について、開発の目的、経緯、結果等を示す。

#### 4.2 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、このためには自動制御システムを取り入れることが不可欠と考えられた。

このため、リフトアップ用ジャッキとしては、自動制御システムに適している電動式油圧ジャッキを使用することとした。

その能力は、PC舗装版の厚さ、ジャッキの最大間隔、計画最大リフトアップ量などから、容量35tf、揚程15cm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

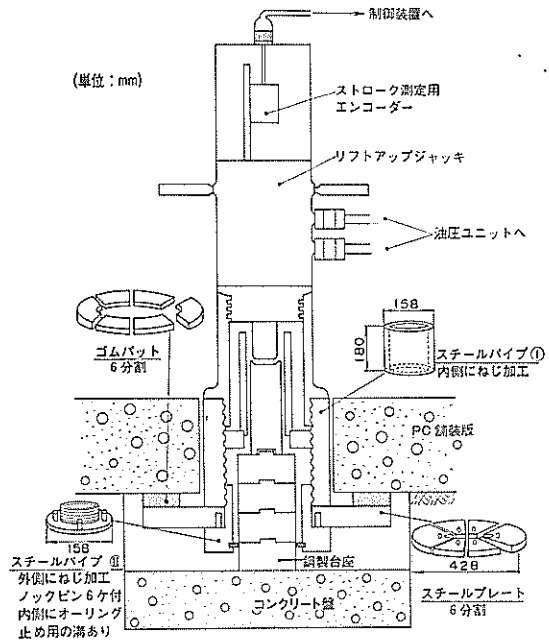


図-4 油圧ジャッキ、ジャッキ装着金具および反力盤



写真-1 油圧ジャッキ

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エンコーダーを内蔵させた。図-4 および写真-1 に、このようにして開発された油圧ジャッキを示す。

#### 4.3 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



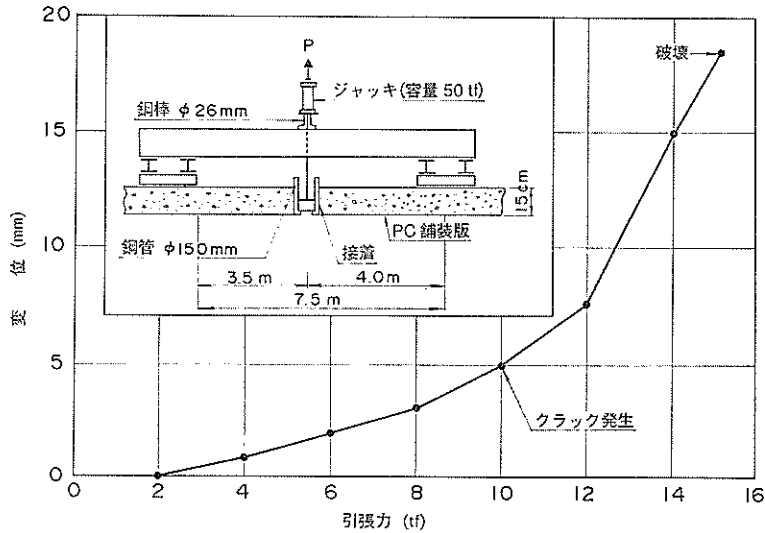


図-5 円筒管ジャッキ装着金具の引き抜き試験

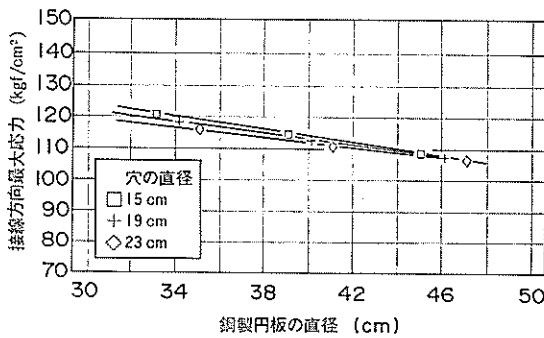


図-6 ジャッキ孔周辺の接線方向最大応力

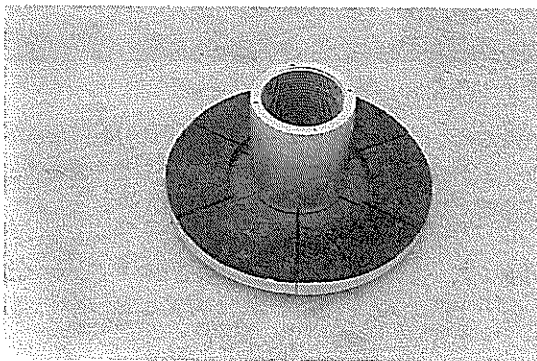


写真-2 ジャッキ装着金具

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。特に本工法では、この装着金具は舗装版の施工時だけでなく、施工後に設置することを計画しているので、

周辺のコンクリートは鉄筋などによる補強がないものと考えねばならない。

図-5は、PC舗装版に直径15cmの孔を開け、これに円筒管を接着した場合の試験結果であるが、7tf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、15tfでパンチングシアーにより破壊した。

この試験結果から推定されるように、クラック発生荷重をさらに大きくするためには、ジャッキ荷重をより広範囲に分布させる必要があるが、図-4に示すような鋼製円板による支持構造が考えられた。この支持円板の直径(D)は、大きいほど有効と考えられるが、図-6に示す有限要素解析の接線方向最大引張応力の結果および施工性等を考慮して約43cmとした。

この鋼製円板は、6分割してPC舗装版のφ16cmの孔から挿入し、舗装版の下で組み立てることができるようにした。写真-2にこのジャッキ装着金具を示す。

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。

#### 4.4 反力盤

ジャッキの反力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、路盤上に厚さ20cm、径45cmのコンクリート盤とφ15cmの鋼製台座からなる図-4に示すような反力盤を設けた。

荷重作用によるコンクリート盤の沈下は、路盤の支持力などに関係するが、すでに繰返し荷重を受け安定している標準的な路盤における反力盤の載荷試験によって図

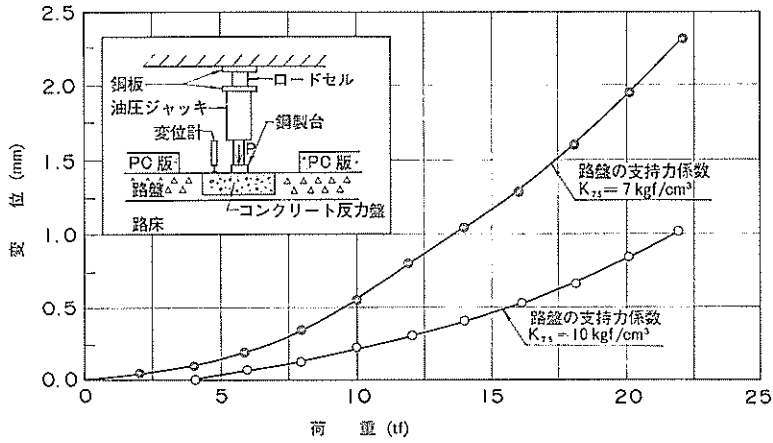


図-7 反力盤の載荷重と沈下の関係

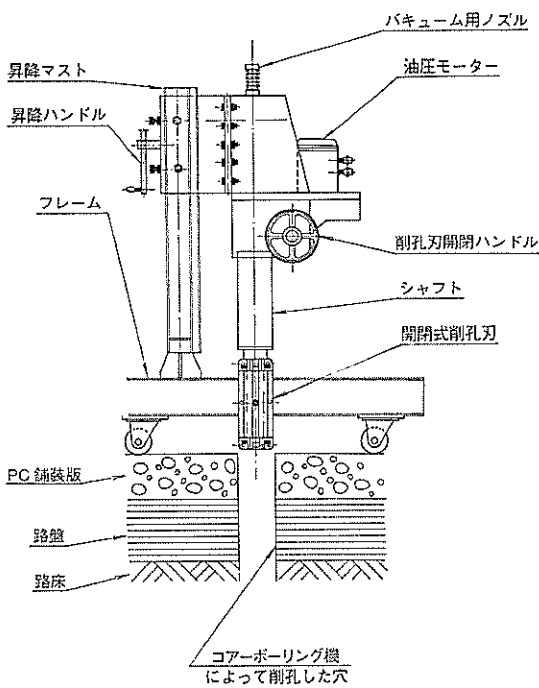


図-8 路盤ボーリング機

図-7のような関係が得られた。このような結果を参照すれば、計画リフトアップ量に対して必要なジャッキのストローク量を算出することができる。そしてこれによって、各ジャッキの制御が可能となろう。

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-8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して作られる。

リフトアップ時には、コンクリート盤の上に鋼製台座

が高さ10cmに積み重ねられ、ジャッキの反力をコンクリート盤に伝達する。この台座は、リフトアップ後これをロックナットを用いて装着金具に固定することによって、ジャッキの取り外しができるようになっており、また、グラウト充填後もこれをそのまま残し、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られたものである。

#### 4.5 制御装置

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って行われる。ジャッキのストローク量は、ジャッキに内蔵したエンコーダーにより検出し、写真-3に示す制御装置に転送される。

この制御装置は、各ジャッキに対応した制御回路を有しているため、各ジャッキから連続して送られてくるストローク量と、事前にインプットされている所要量を比較し、これに基づいて各ジャッキの油圧回路の開閉をリアルタイムで行うことができる。

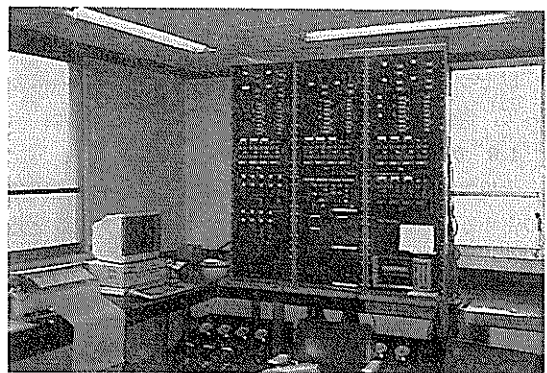


写真-3 制御装置

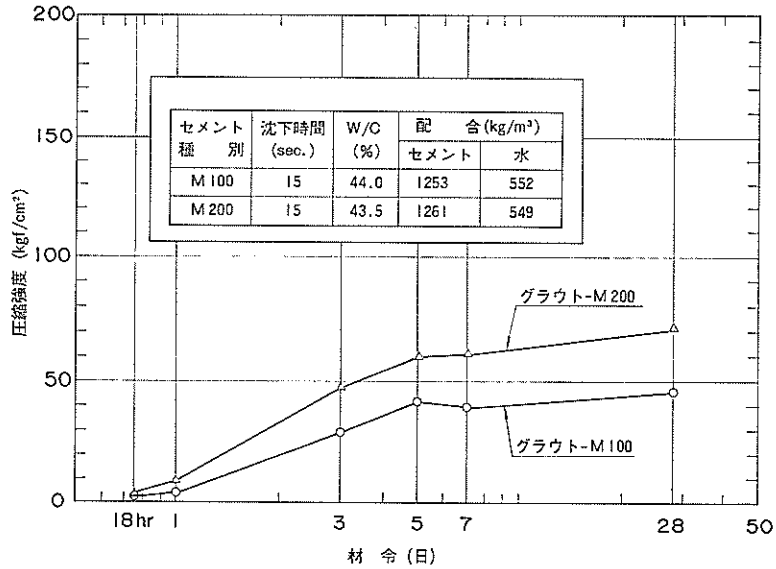


図-9 グラウト材の配合および材令と圧縮強度の関係

リフトアップ中の舗装の安全性を常に確保するために、この制御装置では、各ジャッキの設定ストローク量に対し、それに見合ったジャッキスピードを各々設定でき、さらに設定ストローク量を何段階かに等分することができる。これによって各ジャッキは、時間的にはほぼ同時に最初の段階に到達でき、その後順次次の段階に移行し、所定のリフトアップが自動的に行われる。

また、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。

リフトアップ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平行してディスプレイしたり、プロッターにより図として打ち出すことができる。

以上のような制御システムとデータ処理システムによって、安全で効率的なリフトアップが可能となった。

#### 4.6 グラウト方法

大規模なリフトアップにおいては、全体の中で充填材の占める費用が大きくなるので、リフトアップ工法を実用化する上で、安価な充填材が重要となる。

一方、高価であっても、空港施設などの閉鎖時間をできるだけ短縮する必要がある場合には、急硬性のある材料が望まれ、筆者らがすでに開発、実用化した超急硬性セメントを使用した自然流下式グラウト工法<sup>1)</sup>が使用で

きる。

急速施工がそれほど要求されない場合には、高価なこのグラウト材を用いる必要はなく、経済性を改善するために、今回新たに普通ポルトランドセメントより安価な、増量材として石灰石の粉末を加えた特殊セメントによるグラウト材を開発した。このグラウト材は、1日程度の養生で走行荷重が支持できるようなもので、その配合、強度などは、図-9のとおりである。

一方、経済性と急速施工を同時に満たすものとして、ドライモルタルによる吹き込み工法も考えられる。しかしこの工法は、セメントミルクグラウト工法に比べ、充填度が低下するという恐れがあるので、グラウト試験を実施し確認していく必要がある。

### 5. 試験舗装におけるリフトアップ試験

#### 5.1 リフトアップ試験 (その 1)

##### (1) 概要

図-10 に示すような試験舗装<sup>2)</sup>でリフトアップ試験(その1)を行った。試験舗装は、支持力係数を3種類変えた路盤の上にPC舗装版を舗装したものである。PC舗装版は、幅14m、長さ24m、厚さ18cmである。

試験舗装の路床・路盤の材質および施工管理規定は表-1のとおりで、路盤の支持力係数は図-10に示すように3種類である。PC舗装版に用いられたコンクリートは、配合が表-2のとおりで、圧縮強度が材令28日で約350kgf/cm<sup>2</sup>のものであり、PCケーブルはφ17.8mmと

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

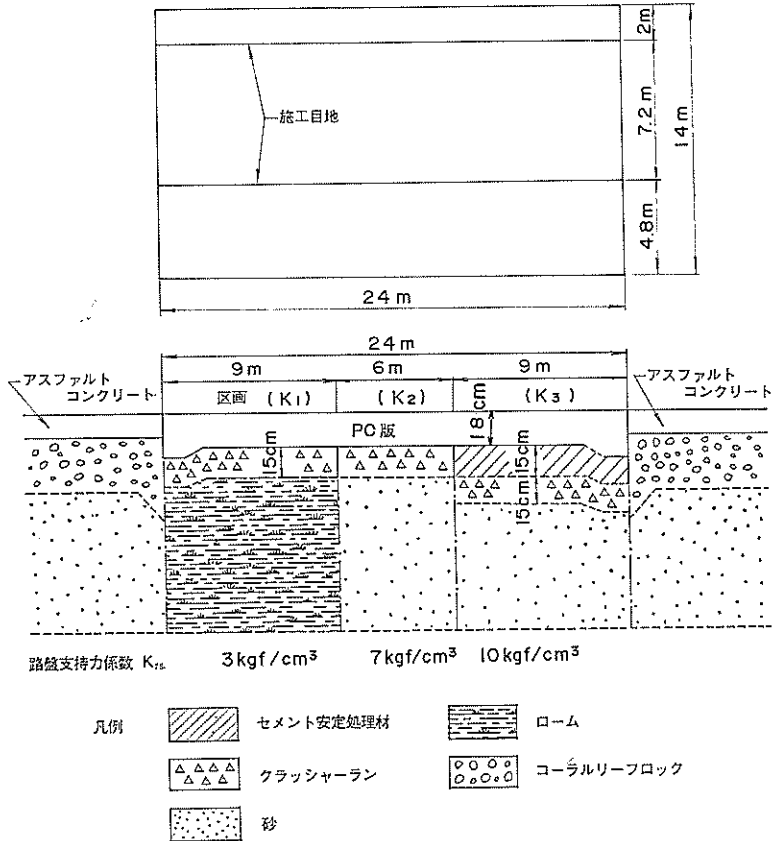


図-10 試験舗装 (1)

表-1 路床・路盤材料の材質および施工管理規定

材 料	材 質 規 定	施 工 管 理 規 定	摘 要
砂		JIS A 1210の第2方法の $\rho_{dmax}$ の95%以上	現地発生材
山 土	修正 CBR $\approx$ 5 %	同上90%以上	横須賀市鴨居産 $w \approx$ 100%
切 込 砕 石	修正 CBR $\geq$ 45% 最大粒径40mm 0.4mm以下 PI $\leq$ 6	同上95%以上	神奈川県厚木産
セメント安定処理材	最大粒径40mm $q_u \geq 20 \text{ kgf/cm}^2$ (6日養生 1日水浸)	$q_u \geq 20 \text{ kgf/cm}^2$ (アスファルト舗装要綱による)	セメント量4.5%

表-2 コンクリートの配合

粗骨材最大寸法 (mm)	スランプ (cm)	単位水量 (kg)	単位セメント量 (kg)	水セメント比 $w/c(\%)$	絶対細骨材率 $s/a(\%)$	単位細骨材量 (kg)	単位粗骨材量 (kg)	混和材 (kg)
25	8	146	341	42.8	38.3	715	1,160	1.34

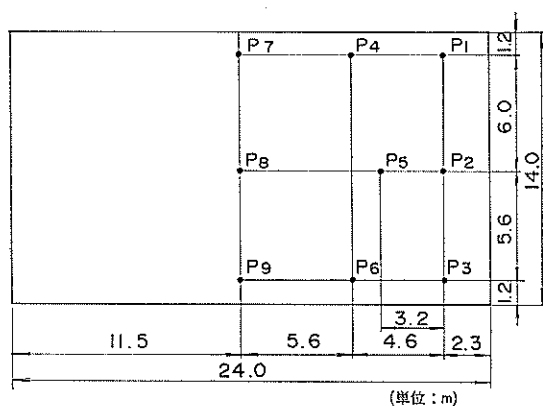


図-11 ジャッキの位置

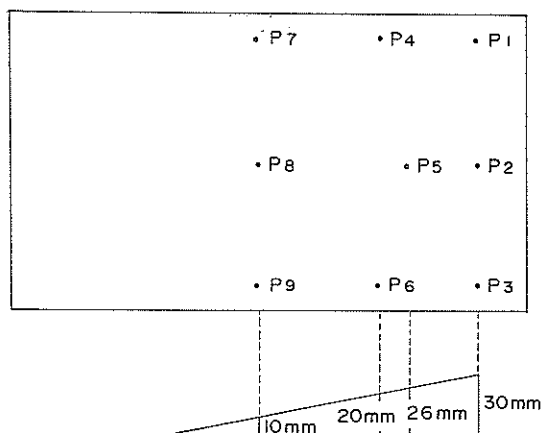


図-12 スロープ型リフトアップ試験(1)における計画リフトアップ量

φ12.4mmのPC鋼より線である。そしてPC舗装版の有効プレストレスは、約28kgf/cm<sup>2</sup>である。

表-3 スロープ型リフトアップ試験(1)の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 <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>	P <sub>3</sub>	P <sub>4</sub>	P <sub>5</sub>	P <sub>6</sub>	P <sub>7</sub>	P <sub>8</sub>	P <sub>9</sub>
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-4 スロープ型リフトアップ試験(1)におけるジャッキ荷重の実測値と理論値の比較

ジャッキ位置	P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>	P <sub>3</sub>	P <sub>4</sub>	P <sub>5</sub>	P <sub>6</sub>	P <sub>7</sub>	P <sub>8</sub>	P <sub>9</sub>
実測荷重	10.1	17.0	9.9	7.4	14.4	6.7	10.7	17.5	12.2
理論荷重	10.7	12.1	10.1	5.6	17.0	5.1	12.8	19.7	12.2

(単位：tf)

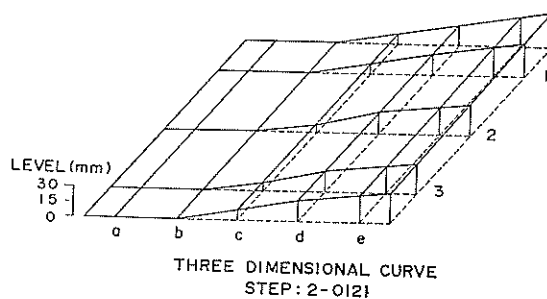


図-13 リフトアップ作業の状況の例

予備試験の結果、支持力係数が3kgf/cm<sup>3</sup>の部分は、反力盤に載荷したときの沈下が大きいため、リフトアップ用ジャッキは図-11に示す9箇所に設置することとした。ジャッキの間隔は、2.1(2)で述べたスクリージャッキ方式によるリフトアップでの経験に基づき、5m程度とした。

3.に示す手順に従い、4.で示した各機器類を用いてリフトアップ試験を実施した。リフトアップ試験としては、次の3種類を行った。

- ①スロープ型リフトアップ試験(1)
- ②スロープ型リフトアップ試験(2)
- ③PC舗装版クラック発生試験

(2) スロープ型リフトアップ試験(1)  
P<sub>1</sub>~P<sub>3</sub>のジャッキ部の最大変位が30mmになるように、またPC舗装版が直線スロープ形状になるように、各点の計画リフトアップ量を図-12のように決めた。

反力盤の載荷試験結果の図-7より、一つのジャッキにかかると予想される載荷重10~20tfにおける反力盤の沈下量は1.0~2.0mmであるので、ジャッキの設定ストローク量は、計画リフトアップ量に沈下量2.0mmを加え

表-5 理論計算に用いた諸条件

コンクリートの弾性係数	350,000kgf/cm <sup>2</sup>
コンクリートのポアソン比	0.15
コンクリートの単位体積重量	2.5tf/m <sup>3</sup>
路盤支持力係数	7kgf/cm <sup>3</sup>

た値とした。

リフトアップ作業は、ジャッキの設定ストローク量に合うように各ジャッキのスピードを設定し、かつ設定ストローク量を分割し、各段階でこのストローク量と現ストローク量とを比較し制御するようにして実施された。なお、図-13は、リフトアップ作業の途中の状況をプロッターにより打ち出させたものである。

リフトアップ作業終了後水準測量により測定した実測リフトアップ量を表-3に示す。ほぼ計画どおりのリフトアップが達成できていることが認められる。

また、リフトアップ作業の際のジャッキの実測載荷重を、計画リフトアップ量を入力して載荷重を求める有限要素解析の結果と比較してみたものが表-4である。この理論解析は、弾性地盤上の平板解析で、地盤反力はWinklerの仮定に従うとし、リフトアップすることによってPC舗装版が地盤から浮き上がった場合は、地盤反力は0になると考えて解析した。表-5は理論計算に用いた諸条件である。表-4から実測載荷重と理論載荷重は比較的良好一致しており、本試験のリフトアップが予想どおり実行されていることがうかがえる。

(3) スロープ型リフトアップ試験(2)

P<sub>1</sub>~P<sub>9</sub>のジャッキが最大揚程になるまでPC舗装版をリフトアップし、(2)の試験と同じ直線スロープ形状になるように、各点の計画リフトアップ量を図-14のように決めた。

(2)の試験と同様な理由で、反力盤の沈下量を2.0mmとし、計画リフトアップ量にこれを加えた値をジャッキの設定ストローク量とした。

本試験でのリフトアップ作業も、(2)の場合と同様に実施された。

リフトアップ作業終了後の実測リフトアップ量と計画リフトアップ量の比較が表-6で、ほぼ計画どおりのリフトアップが達成できていることが認められる。なお、写真-4にPC舗装版にジャッキが装着された状況を、写真-5にPC舗装版が計画リフトアップ量までリフトアップされた状況を示す。

また、リフトアップ作業の際のジャッキの実測載荷重を前節で述べたのと同じ有限要素解析の理論載荷重と比較したものが表-7で、この試験の場合も、予想どおりのリフトアップが実行されたと考えられる。

(4) PC舗装版クラック発生試験

本試験は、PC舗装版の上縁に引張応力を発生させる

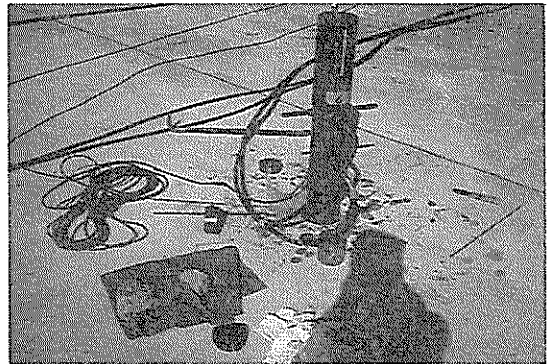


写真-4 油圧ジャッキの装着状況

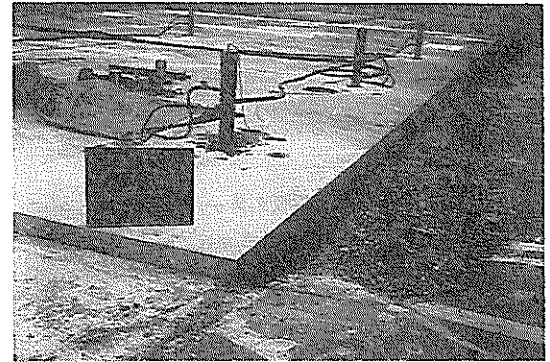


写真-5 PC舗装版のリフトアップ状況

表-6 スロープ型リフトアップ試験(2)の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 <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>	P <sub>3</sub>	P <sub>4</sub>	P <sub>5</sub>	P <sub>6</sub>	P <sub>7</sub>	P <sub>8</sub>	P <sub>9</sub>
計画リフトアップ量	120	120	120	84	95	84	40	40	40
設定ジャッキストローク量	122	122	122	86	97	86	42	42	42
実測リフトアップ量	120	118	119	86	94	86	39	36	36

(単位：mm)

表-7 スロープ型リフトアップ試験(2)におけるジャッキ荷重の実測値と理論値の比較

ジャッキ位置	P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>	P <sub>3</sub>	P <sub>4</sub>	P <sub>5</sub>	P <sub>6</sub>	P <sub>7</sub>	P <sub>8</sub>	P <sub>9</sub>
実測荷重	11.5	20.8	9.1	7.3	12.1	7.6	12.6	22.8	13.9
理論荷重	9.2	15.2	9.8	6.9	11.8	7.3	13.3	23.7	14.0

(単位：tf)

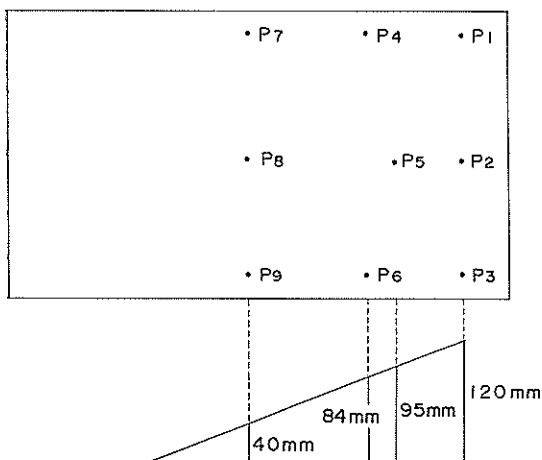


図-14 スロープ型リフトアップ試験(2)における計画リフトアップ量

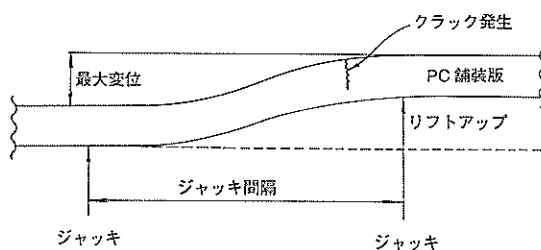


図-15 PC 舗装版クラック発生試験

表-8 PC 舗装版クラック発生時の変位

ジャッキ間位置	変位
P <sub>4</sub> ~P <sub>7</sub>	45.3
P <sub>5</sub> ~P <sub>8</sub>	36.3
P <sub>6</sub> ~P <sub>9</sub>	45.1

(単位：mm)

ような形でジャッキ間にじょじょに変位を付けて行き、クラック発生まで測定するものである。そして、クラック発生時の変位量をもって、ジャッキ間変形可能最大変位とする(図-15参照)。

全ポイントを等高( $h=10\text{mm}$ )にリフトアップし、

そしてP<sub>7</sub>~P<sub>9</sub>をそのままにしてP<sub>1</sub>~P<sub>6</sub>をじょじょにリフトアップして行き、P<sub>4</sub>~P<sub>6</sub>とP<sub>7</sub>~P<sub>9</sub>間に変位を付けた。

以上のリフトアップ試験において、表-8の変位差のときにP<sub>4</sub>~P<sub>5</sub>~P<sub>6</sub>を結ぶライン上にクラックが発生した。これより、今回試験に用いたPC舗装版では、ジャッキ間の変位差が35~45mmの範囲でクラックが発生することがわかった。

## 5.2 リフトアップ試験(その2)

### (1) 概要

5.1で使用した試験舗装のうちK<sub>75</sub>が3kgf/cm<sup>3</sup>のK<sub>1</sub>区画を解体した後、図-16に示すように拡幅・延長し、規模の大きいPC舗装版でのリフトアップ試験を行った。

路盤の違いがリフトアップ工法に及ぼす影響をみるために、拡幅部の路床・路盤として6種類のものを用いた。その結果、図-17, 18に示すように、既存のもの合わせて8種類の路床・路盤について試験を実施した。路床・路盤材料の材質および施工管理規定は、表-9に示すとおりである。それぞれの区画のほぼ中央の路盤面上で平板載荷試験を行い、路盤支持力係数を求めた。載荷板は直径30cmのものを使用し、その試験結果は図-17中に示すとおりである。なお、この図には、載荷板の直径が75cmの場合の値に換算したのも併記してある<sup>9)</sup>。

PC舗装版は、既設のPC舗装版を拡幅・延長した。PCケーブルは、φ17.8mmとφ12.4mmのPC鋼より線を使用し、既設PC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350kgf/cm<sup>3</sup>となるように配合設計し、セメントとしては早強セメントを用いた。その配合および強度試験結果は、表-10, 11に示すとおりである。コンクリート打設は、図-16に示す①, ②, ③, ④の順に数日の間隔を置いて行き、いずれのレーンも打設の翌日に長手方向の仮緊張(導入プレストレス量11.8kgf/cm<sup>2</sup>)を行い、すべてのレーンのコンクリートが所定の強度に達した後、本緊張を行った。長手方向、短手方向ともに、既設のPCケーブルと接続したものは片方向からの緊張を行い、それ以外は両方向から緊張を行った。なお、この舗装

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

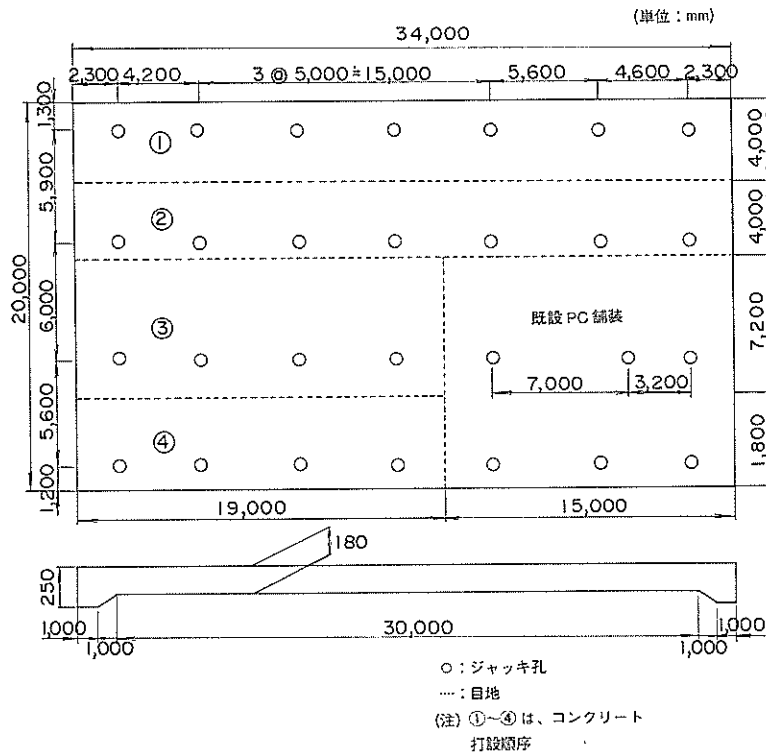
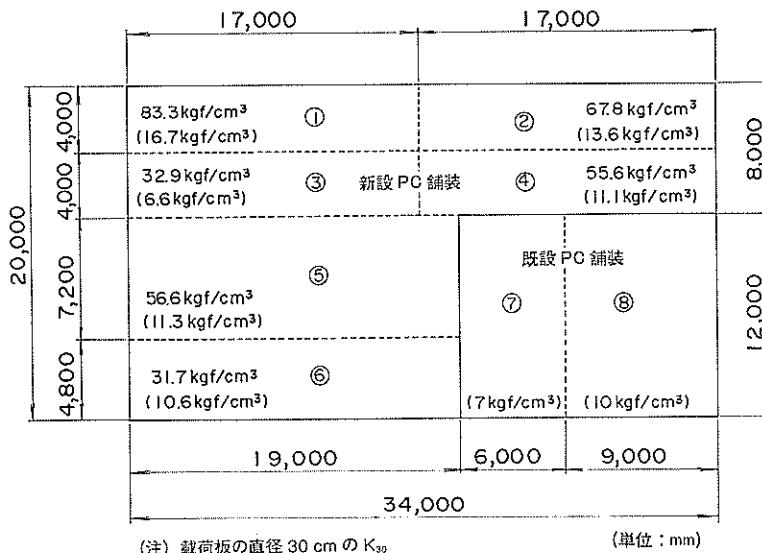


図-16 試験舗装 (2)



(注) 載荷板の直径 30 cm の  $K_{30}$  および ( ) 内に載荷板の直径 75 cm の  $K_{75}$  を示す。

図-17 路床・路盤の区画



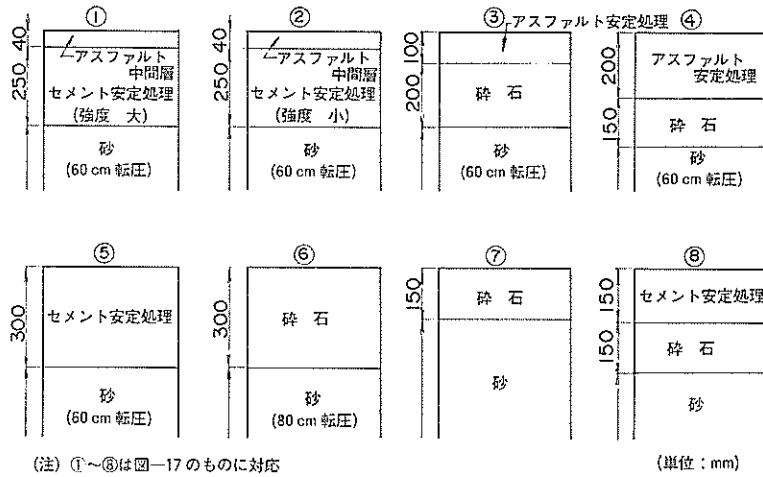


図-18 路床・路盤の種類

表-9 路床・路盤材料の材質および施工管理規定

種類	材質規定	施工管理規定
アスファルト 中間層 (強度大)	最大粒径 25mm マーシャル 安定度 $\geq 500\text{kgf}$	フロー(1/100cm) 20~40 空隙率 3~6% 飽和度 65~85%
アスファルト 中間層 (強度小)	最大粒径 50mm マーシャル 安定度 $\geq 350\text{kgf}$	フロー(1/100cm) 10~40 空隙率 3~12%
セメント 安定処理材 (強度大)	最大粒径 40mm $q_u \geq 75\text{kgf/cm}^2$ (6日養生1日水浸)	$q_u \geq 75\text{kgf/cm}^2$
セメント 安定処理材 (強度小)	最大粒径 40mm $q_u \geq 20\text{kg/cm}^2$ (6日養生1日水浸)	$q_u \geq 20\text{kg/cm}^2$
砕石	修正 CBR $\geq 45\%$ 最大粒径 40mm 0.4mmふるい通過 分の $PI \leq 6$	締固め度は JIS A 1210 の 第2方法の $p_{dmax}$ の95%
砂		締固め度は JIS A 1210 の 第2方法の $p_{dmax}$ の95%以上

表-10 コンクリートの配合

粗骨材最大寸法 (mm)	スラブ (cm)	単位水量 (kg)	単位セメント 量 (kg)	水セメント比 $w/c(\%)$	絶対細骨材率 $s/a(\%)$	単位細骨材量 (kg)	単位粗骨材量 (kg)	混和材 (kg)
25	8	154	321	48.0	42.1	773	1,086	3.21

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

表-11 コンクリートの強度試験結果

材令 (日)	圧縮強度 $\sigma_c$ (kgf/cm <sup>2</sup> )	曲げ強度 $\sigma_b$ (kgf/cm <sup>2</sup> )
1	148	—
3	267	—
7	362	44.1

は、大型航空機の DC-8-63 に対し第Ⅲ種 PC 舗装として設計し、導入プレストレス量は41.7kgf/cm<sup>2</sup>で、有効プレストレスは29.9kgf/cm<sup>2</sup>である。コンクリートの養生は、打設後7日間行い、養生マットをコンクリート面上に敷き並べ、散水を施すことによった。また、目地には目地材を充填した。

試験舗装拡張工事終了後、PC 舗装版の図-16 に示す28箇所にリフトアップ用のジャッキ孔を開け、ジャッキ装着金具を取り付け、反力盤を設けた。ジャッキ孔の間隔は5.1の場合に準じ5m程度とした。まず、コーポリング機により PC 舗装版に直径16cmの孔を開け、その下の路盤を4.4で示した路盤ボーリング機により掘削した。今回は種々の路盤に対するこの路盤ボーリング機の適用性について試験したが、粒状材、セメント安定処理材層では問題なく施工できることが確認された。しかし、アスファルト混合物層の場合は、この方式では掘削が不可能なようである。それぞれの孔に4.3で示したジャッキ装着金具を取り付けた後、コンクリートを打設して反力盤を設けた。

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
- ③PC 舗装版クラック発生試験
- ④グラウト試験

①の試験では、ジャッキのストローク量と実際のリフトアップ量の差を測定し、所定のリフトアップ量を得るために必要となるジャッキのストローク量を算出した。②では、①の試験結果を使って5.2(3)で示すようなリフトアップを行い、それぞれのリフトアップパターンの効率の良い作業方法などを検討した。③では、リフトアップ時の PC 舗装版の限界変位を把握し、リフトアップの施工基準を検討した。④では、リフトアップした PC 舗装版と路盤との間にできた空隙に対して、4.5で示したグラウト方法により実際にグラウトを実施し、その評価を行った。

(2) 反力盤沈下量試験

リフトアップ作業において計画高に 修復するためには、正確な高さ管理が必要である。今回用いた管理方法は、反力盤の沈下量を含むジャッキストローク量によるもので、この方法にとっては、反力盤の沈下挙動を十分に把握する必要がある。

反力盤沈下量試験においては、実際のリフトアップ作業を想定して路盤を深さ30cm、径45cm掘削し、厚さ20cm、径45cmのコンクリート盤を作った。沈下量試験は、コンクリート盤の下の路床・路盤として転圧した砂層60cmの場合と転圧した砂層60cmに碎石5cmの場合の2種類について行った(図-19参照)。

試験は、上記2種類の路床・路盤について各4地点行った。各地点では、15tfの荷重を繰返し載荷し、最大荷

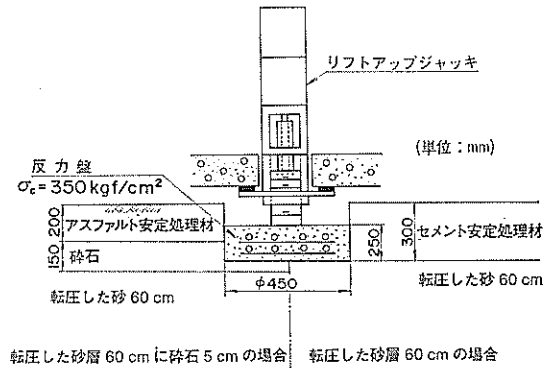


図-19 反力盤沈下量試験

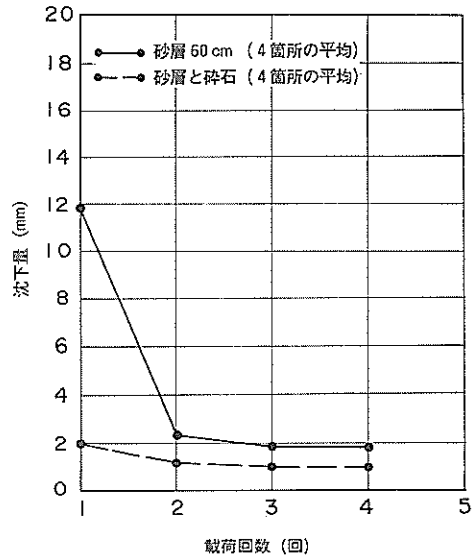


図-20 反力盤の沈下量の荷荷回数にともなう変化

重においての沈下量を測定した。図-20は、荷重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に取っていることがわかる。4.4で示した図-7では、1回目の荷重でも沈下量が小さく取っているのは、この路床・路盤はすでに別の試験において1万回の繰返し荷重を受けたものであることによる<sup>3)</sup>。

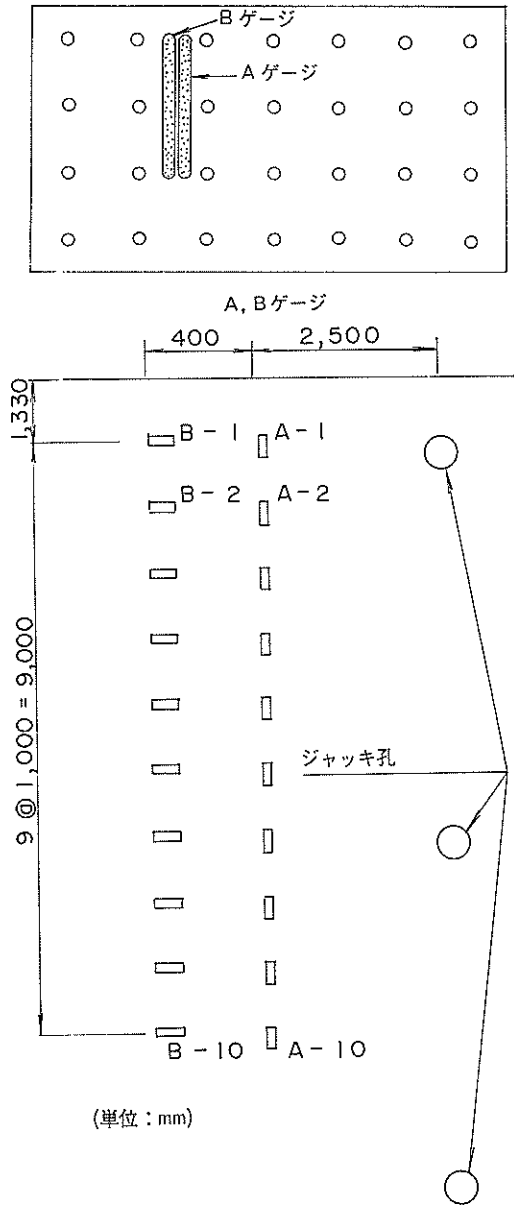


図-21 リフトアップ試験のためのひずみゲージの貼付位置

このような結果から判断すると、反力盤にあらかじめ予荷重を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り、リフトアップ作業の高さ管理を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。

(3) リフトアップ試験

実際のPC舗装の沈下形態を想定し、以下の4パターンのリフトアップ試験を行った。その際、ジャッキ荷重の測定および図-21に示す位置の版表面に貼付されたひずみゲージによるひずみ測定を行い、それらを5.1(2)で述べた有限要素解析と同様な解析による理論値と比較し、リフトアップの妥当性を調べた。また、作業工程に問題がないかどうかのチェックも実施した。

①パターンA (図-22 参照)

PC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50mm、2列目のジャッキを40mm、3列目のジャッキを20mm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、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

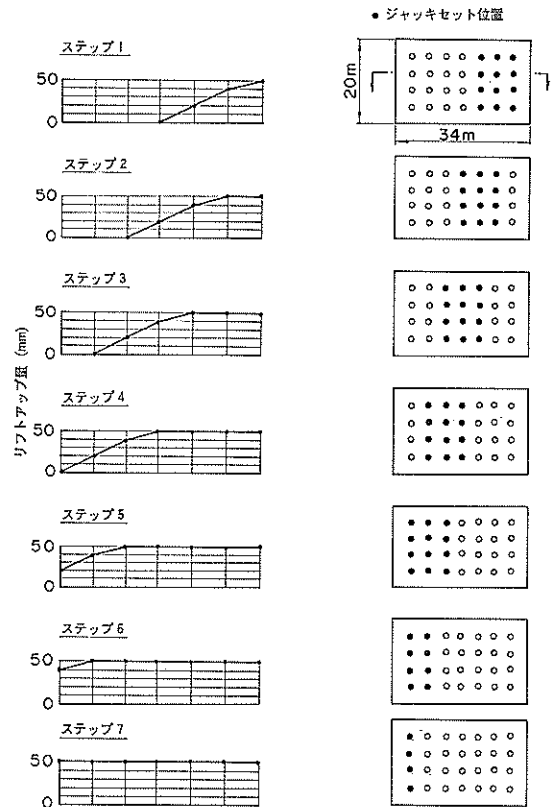


図-22 リフトアップパターンA

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

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50mmリフトアップする。

②パターンB (図-23 参照)

あらかじめPC舗装版全体を50mmリフトアップし、その後版中央部を最大20mm沈下させておく。ステップ1においては、中央部6箇所ジャッキをセットし、その部分を10mmリフトアップする。ステップ2では、沈下している端部より6箇所を同様にリフトアップし、ステップ3でリフトアップが完了する。

③パターンC (図-24 参照)

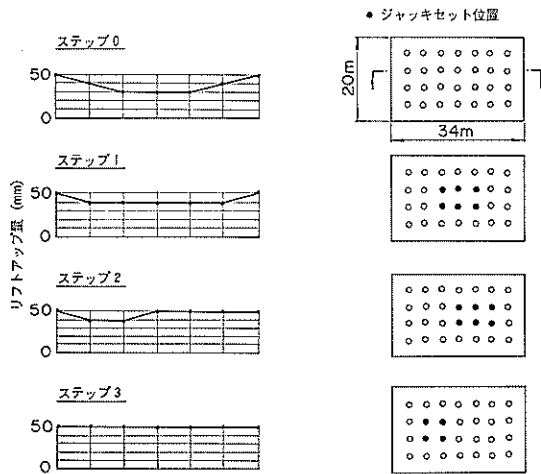


図-23 リフトアップパターンB

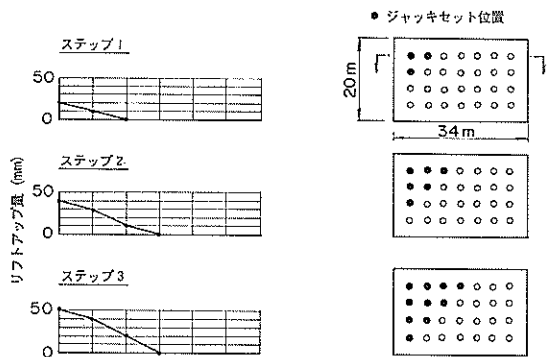


図-24 リフトアップパターンC

PC舗装版の直角部を三角形状にリフトアップするもので、直角部頂点を最大50mmリフトアップする。

④パターンD (図-25 参照)

パターンBと同様にあらかじめ50mmリフトアップし、その後版の中央ラインを最大50mm沈下させておく。ステップ1においては、ジャッキを中央部に3列にセットし、最大20mmリフトアップする。ステップ2以降においては、沈下している端部より3列にジャッキをセットし、以後パターンAと同様に端部から順次リフトアップする。

以上のパターンのうち、基本的なパターンでしかもひずみ変化が顕著に表われるパターンAのステップ3において、PC舗装版長手方向の版表面に貼付したBゲージの実測値を理論値と比較してみたのが図-26である。実測値と理論値に最大10%ぐらいのずれはあるが、理論計算に用いたコンクリートの弾性係数が実際よりかなり大きいことや有限要素法の要素分割の影響等を考えると、両者は良く合っていると思われる。また、荷重についての表-12でも同様のことがいえる。これらよりPC舗装

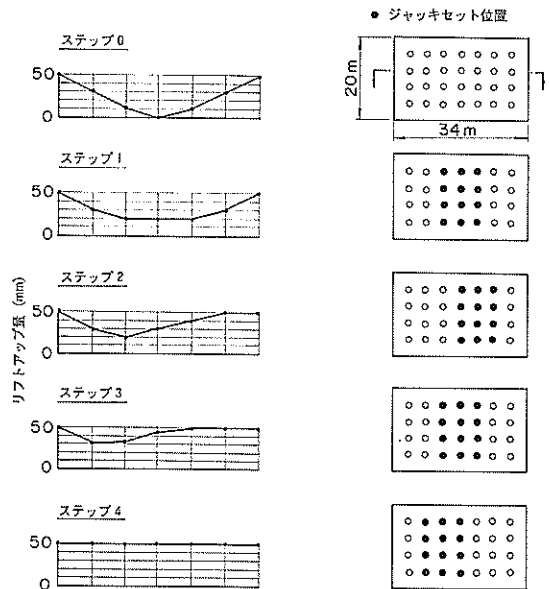


図-25 リフトアップパターンD

表-12 リフトアップパターンAのステップ3におけるジャッキ荷重の実測値と理論値の比較

ジャッキ位置	P <sub>9</sub>	P <sub>10</sub>	P <sub>11</sub>	P <sub>12</sub>	P <sub>13</sub>	P <sub>14</sub>	P <sub>15</sub>	P <sub>16</sub>	P <sub>17</sub>	P <sub>18</sub>	P <sub>19</sub>	P <sub>20</sub>
実測荷重	9.5	16.9	17.3	10.1	10.7	15.7	14.6	5.6	15.0	16.1	15.5	12.8
理論荷重	9.8	18.1	15.6	10.6	8.0	15.5	11.2	8.2	11.0	18.8	15.6	11.6

(単位: tf)

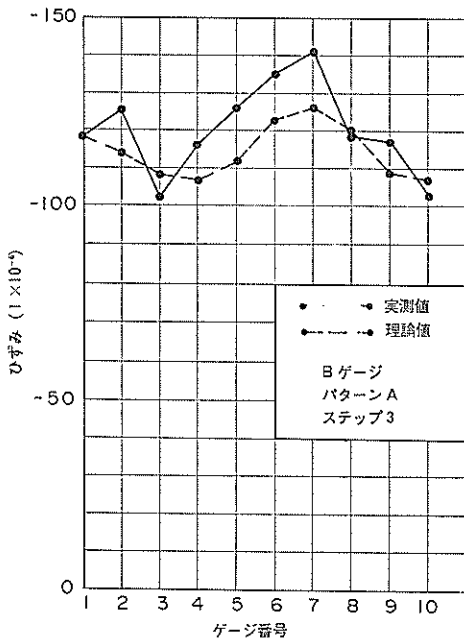


図-26 リフトアップ時のPC 舗装版表面のひずみの実測値と理論値の比較

版のリフトアップが予想どおり行われていることがうかがえる。また逆に、有限要素解析により、リフトアップ時のPC 舗装版の挙動の予測もできるものと考えられる。

また、試験したすべてのパターンにおけるリフトアッププロセスは、有限要素解析を用いてその安全性を確認して決定したものであり、実際にPC 舗装版のリフトアップが安全に行えたことから、ほぼ妥当なものであったと考えられる。

(4) PC 舗装版クラック発生試験

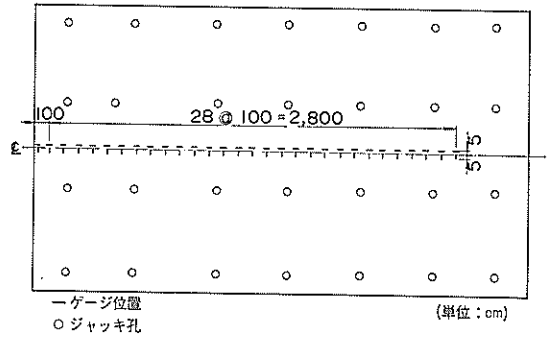


図-27 PC 舗装版クラック発生試験のためのひずみゲージの貼付位置

パターン ステップ	I	II	III	IV
1				
2				
3				
4				
5				

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Δ)

(単位: cm)

図-28 PC 舗装版クラック発生試験の種類

(3)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PC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のパターンは、5.1で述べた小規模試験舗装の試験結果から設定されたPC舗装版のクラック発生基準に基づくものであるが、そのクラック発生基準をより確実なものとするため、比較的規模の大きいこの試験舗装でも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、(3)で述べた試験の場合と同様に、リフトアップ時にジャッキにかかる載荷重やジャッキのストローク量も記録したが、図-27に示す位置でのPC舗装版の表面ひずみ(縦断、横断方向)の測定に重点を置いた。

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-28に示す4種類である。パターンIとパターンIIではともに、PC舗装版端部から3列のジャッキを使ってリフトアップした。その部分が一直線になるときの勾配(以下では直線勾配と略し、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する)はそれぞれ2, 3cmで、この直線形状からのずれ $\Delta$ (図-29参照)は、両者とも最大で4cmとした。パターンIIIでは、PC舗装版中央部の3列のジャッキを使って、縦断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 $\Delta$ がともに変わることになる。パターンIVでは、パターンI, IIと同様に、PC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。

パターンI, IIはともにPC舗装版を横断方向は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PC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。図-30, 31はそれぞれパターンI, IIの場合の縦断方向のひずみの分布である。PC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、 $\Delta$ の増加とともにそれらは増加し、パターンI, IIのどちらもステップ5( $\Delta=4$ cm)で最大値 $220\sim 240\times 10^{-6}$ を示し、このステップのときに最大値の位置の近くにPC舗装版の横断方向にクラックが入った。これより、リフトアップ時にPC舗装版にクラックが入るのは、 $\Delta$ が4cm程度と考えられる。そして、この結果は、5.1(4)で示した結果とほぼ同じである。また、PC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(同じ値の引張ひずみが版底面に生じていると考える)についてみると、パターンI, IIとも、PC舗装版のリフトアップの形態から考えて当然のことであるが、各ステップでほとんど変化なく、勾配のきついパ

ターンIIの方がパターンIより大きい値となっている。パターンIの場合の勾配を $\Delta$ で考えると2cmで、この場合の圧縮ひずみは約 $140\times 10^{-6}$ で、パターンI, IIのステップ3( $\Delta=2$ cm)の引張ひずみの最大値とほぼ等しい。また、パターンIIの場合は $\Delta=3$ cmと考えられ、こ

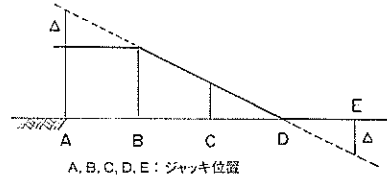


図-29  $\Delta$ の定義

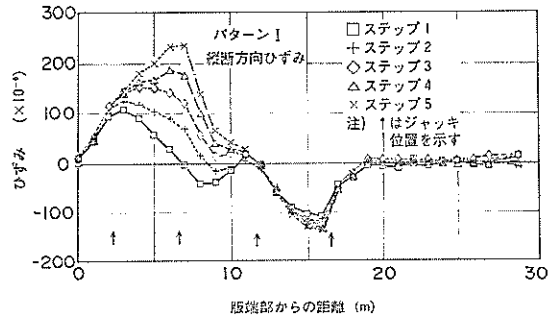


図-30 パターンIにおける縦断方向ひずみ分布

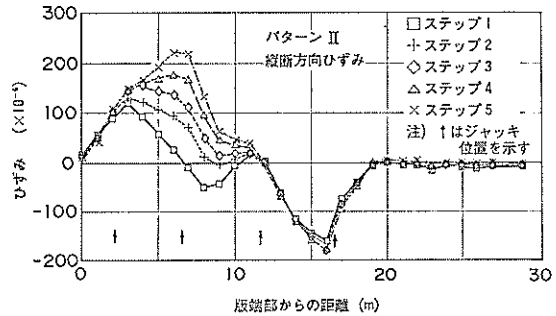


図-31 パターンIIにおける縦断方向ひずみ分布

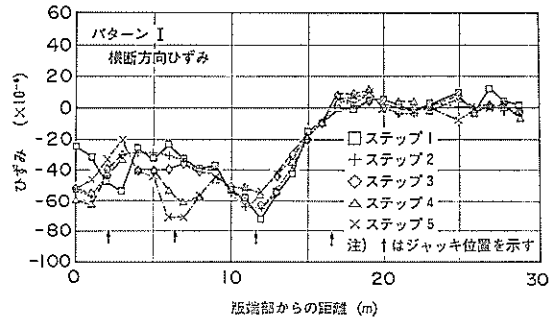


図-32 パターンIにおける横断方向ひずみ分布

の場合の圧縮ひずみは約  $180 \times 10^{-6}$  で、パターン I, II のステップ 4 ( $d=3\text{cm}$ ) の引張ひずみの最大値とほぼ等しい。これらの事実から推定すると、リフトアップの勾配を  $4\text{cm}$  ( $d=4\text{cm}$ ) とすると、PC 舗装版底面にクラックが入る恐れがあると考えられる。

一方、横断方向のひずみは、パターン I の図-32 を見てもわかるように、このようなリフトアップの形態ではとりたてて問題となるようなことはない。

PC 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 と同様に、縦断方向のひずみがクリティカルなものである。このひずみの分布状況を 図-33 に示す。ステップの進行（直線勾配、 $d$  も増加）につれて、引張ひずみ、圧縮ひずみともに増加することがわかる。この傾向は、パターン I, II の場合と同様である。引張ひずみおよび圧縮ひずみの最大値は、端部リフトアップの場合の最大値に比べて同一の  $d$  で若干小さなものとなっている。そして、このパターン III では、表面クラックの発生は認められなかった。このようなことから、中央部のリフトアップに関しては、特別な検討の必要性はあまりないものと思われる。

横断方向は水平を保ち、縦断方向には  $d=0$  としたまま PC 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パターン IV でも、クリティカルなひずみは縦断方向のものである。そのひずみ分布を 図-34 に示す。 $d$  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。ジャッキ間の変位差  $d$  が  $4\text{cm}$  となるような勾配（ステップ 3）では、最大圧縮ひずみは  $200 \times 10^{-6}$  程度になり、パターン I, II での表面クラック発生時の引張ひずみの  $220 \sim 240 \times 10^{-6}$  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ことも想定される。

以上述べたパターン I ~ IV の PC 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（設計荷重 DC-8-63 に対し第 III 種 PC 舗装として設計したもの）のリフトアップの場合、ジャッキ間隔が  $4.2 \sim 5\text{m}$  に対して、 $d=4\text{cm}$  となったときに PC 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は、勾配が  $4\text{cm}$  ( $d=4\text{cm}$  に相当) のときに底面にクラックが発生する危険性があるものと思われる。

(5) グラウト試験

リフトアップによって生ずる PC 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 PC 舗装版を全体的に  $5\text{cm}$  リフトアップした後に、4.5 で述べた特殊セメントを用いたセメントミル

クでグラウトした。

グラウト孔としては、図-35 に示す位置に、コーポリング機を用いて直径  $65\text{mm}$  のものを開けた。このうち版周辺部のものは、グラウトの確認用である。今回の試験に用いたグラウト材の配合を表-13 に、また品質管理試験の結果を表-14 に示す。グラウトは、図-36 および写真-6 に示すように自然流下式によった。施工中の充填状況の確認は、確認用グラウト孔からの目視によった。

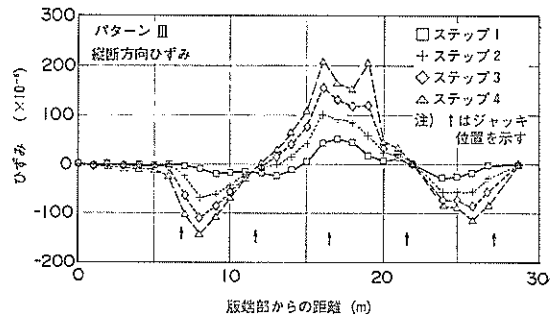


図-33 パターン III における縦断方向ひずみ分布

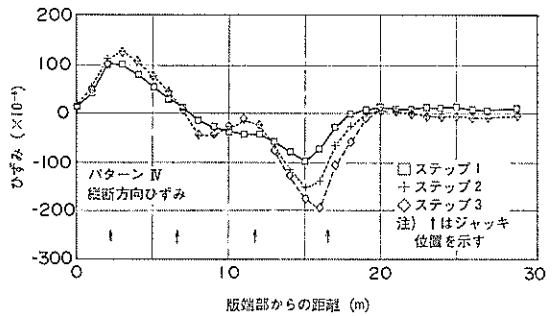


図-34 パターン IV における縦断方向ひずみ分布

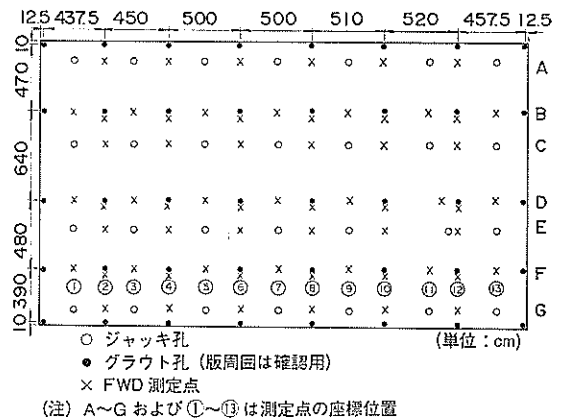


図-35 グラウト孔の位置および FWD の測定位置

表-13 グラウト材の配合

セメント 種別	目標沈下 時間(秒)	水セメ ント比 w/c(%)	配合 (kg/m <sup>3</sup> )		
			セメント c	水 w	混和剤ポ ズリス No. 70 c × 0.25%
M 200	15	45.0	1,280	576	c × 0.25%

表-14 グラウト材の品質管理試験結果

(a) フレッシュ時

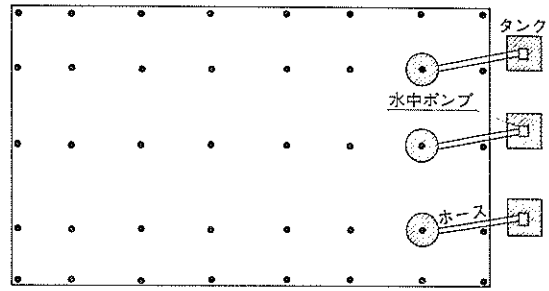
バッチ No. (アジテ ーター車 No.)	J A ロー ト流下時 間 (秒)	ブリージング率 (%)		グラウ ト温度 (℃)	外気温 (℃)
		3時間	24時間		
1	16.8	5.06	10.1	12.0	—
2	20.1	2.93	10.6	13.0	—
3	18.1	3.68	13.3	13.5	8.0
4	22.3	3.75	11.0	13.0	11.5
5	17.5	3.57	8.52	12.0	9.5
6	22.6	3.80	8.91	11.5	8.5
7	19.0	3.70	9.19	12.5	9.5
8	22.8	4.20	8.74	12.5	8.5
9	24.3	2.83	9.01	11.5	8.5
10	26.4	—	—	11.0	7.6
11	23.9	—	—	16.5	7.5
平均	21.0	3.72	9.93	12.6	8.8

(b) 硬化時

養生	圧縮強度 (kgf/cm <sup>2</sup> )			
	1日	3日	7日	28日
標準養生	10.0	85.7	112	136
現場気中養生	—	—	75.3	115

グラウト工の作業性に関してはとりたてて問題はなく、作業効率は材料プラントの供給能力に依存するようである。なお注意すべき点としては、今回のように通常の生コンプラント工場とアジテーターを使用する場合は、グラウト材に骨材が混入してしまう危険性があるため、図-36 に示すようにアジテーターからタンクへグラウト材を移す際にふるいを設ける必要性のあることが挙げられる。

グラウト材が PC 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、グラウト後約7週間経過した時点で抜取ったコアの目視観察によった。FWD による確認で



● グラウト孔 (ただし周囲はグラウト確認用)

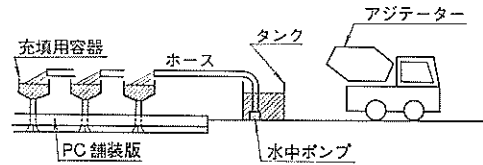


図-36 グラウト方法



写真-6 グラウト作業の状況

は、主として載荷重一定の条件で測定したグラウト前後のたわみを比較することによったが、そのほかたわみから推定した路盤支持力係数にも注目した<sup>4)</sup>。FWD の測定位置は図-35 のとおりであり、測定したたわみの例としてF列の最大たわみを図-37 に示した。グラウトの実施によってFWD の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日のデータを見て明らかである。

さらに各点のたわみを詳しく検討した図-38 から、ジャッキ孔からの距離が大きければたわみも若干大きくなっていることがわかる。FWD のたわみから推定した路盤支持力係数には当然ながらこの結果が反映され、グラウト孔から遠い方が小さな値となっている (図-39参照、グラウトの材令30日)。



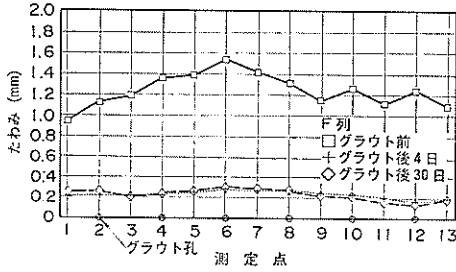


図-37 グラウト前後のFWDの最大たわみ

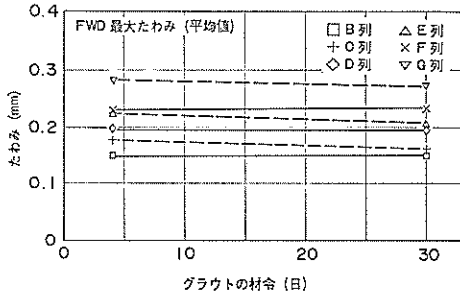


図-38 各列のFWDの最大たわみ(平均値)

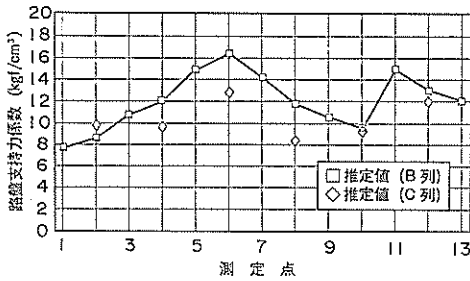


図-39 FWDのたわみから推定した路盤支持力係数

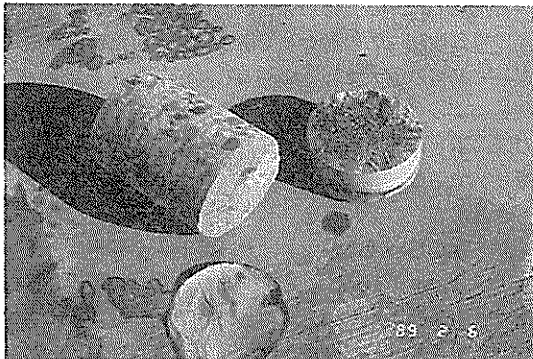


写真-7 グラウト表面の気泡

グラウト後約7週間経過した時点でPC舗装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。しかし、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見られた。特に、路盤紙として用いたビニールフィルムの接合部に見られた。この部分は、ビニールフィルムが二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。また、41箇所て抜取ったコアの観察結果から、全体の約30%のコアで、グラウトの表面の一部に直径数mmから1~2cm程度の気泡の跡が残っていることが確認された(写真-7参照)。

このようなことから、今回用いたグラウト方法では、PC舗装版と路盤の間に微細な空隙が若干残るようである。しかし、PC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思われる。

## 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することが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、PC舗装版の一般的な沈下形状に対するリフトアップは、これらの組み合わせにより対処できると考えられる。例えば、図-40は凹型に沈下したPC舗装版を元のレベルに戻すためのリフトアッププロセスを示すもので、5.でのリフトアップパターンの応用である。

PC舗装版のリフトアップ作業において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PC舗装版のクラック発生基準も参考にし、リフトアップ時にPC舗装版の表面にクラックが入らないよう、またPC舗装版の底面に第三種PC舗装で許容されるもの<sup>2)</sup>より大きな幅のクラックを入れないようなリフトアッププロセスを考える必要がある。そしてこの検討に必要なリフトアップ時のPC舗装版の挙動の推定には、5.で述べた有限要素解析が有効と考えられる。有限要素解析によりリフトアップ時のPC舗装版のひずみや応力を算定し、PC舗装版の持つ強度等と対比して検討すればよからう。

4.および5.の試験をとおして、PC舗装版のリフトアップにもいくつかの制約のあることもわかった。それは

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

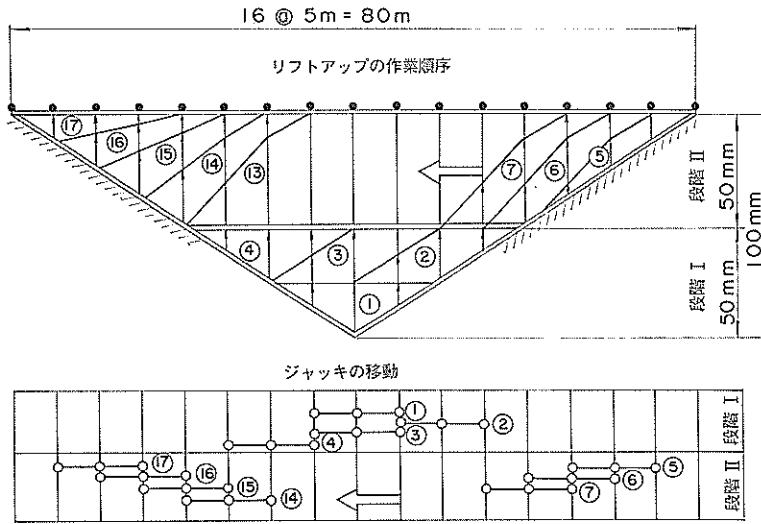


図-40 代表的な PC 舗装版の沈下のリフトアッププロセス

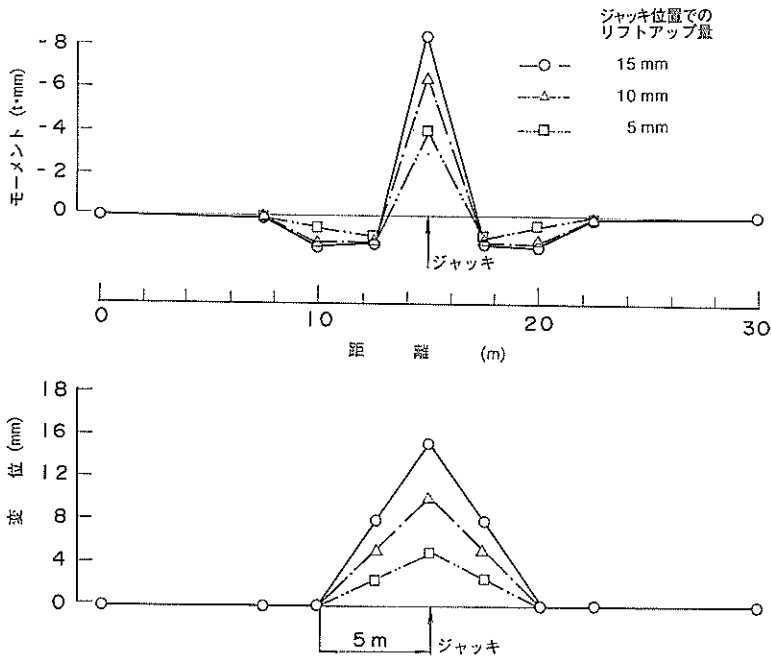


図-41 PC 舗装版の中央でリフトアップしたときの版の変位とモーメント (版厚18cm)

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 PC 舗装版がリフトアップできないことがあることと、路盤がアスファルト混合物の場合には、今回開発した路盤ボーリング機では反力盤用の穴を掘削ができないといったことである。したがって、将来リフトアップの

可能性のある PC 舗装版においては、路盤としては粒状材やセメント安定処理材を使用し、所要の支持力係数 (7kgf/cm<sup>3</sup> 以上) を確保しておくことが望ましいといえる。

リフトアップ作業を安全に合理的に実施するには、適切なジャッキ間隔が設定されねばならない。これは、一

つのジャッキ部の耐荷力および PC 舗装版の厚さ等によると考えられる。ジャッキ部の耐荷力は、PC 舗装版の強さ、ジャッキ装着金具等に左右され、定量的にはっきり求めることがむずかしいが、基礎試験から一応通常のリフトアップに十分な大きさは持つことが確認されたので、PC 舗装版の厚さ（すなわち版の重さ）についてジャッキ間隔を求めてみる。

有限要素解析により、厚さ 18cm の 30×20m の舗装版の中央に下方から力を加え版をリフトアップしたときの版の変位と曲げモーメントの分布が図-41 である。ジャッキの変位が 5, 10, 15mm の各場合とも、ジャッキか

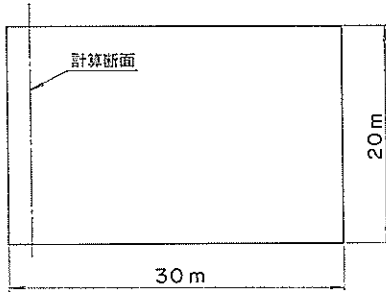


図-42 検討断面

ら 5 m 程度で変位が 0 になっていることがわかる。

次に、図-42 に示す検討断面に 5 m 間隔にジャッキを 4 個設置して同時にリフトアップしたときの検討断面の変位と曲げモーメントの分布が図-43 である。この結果で検討断面は一様にリフトアップされている。

図-41 や図-43 の結果を総合すると、PC 舗装版の厚さ 18cm の場合の適切なジャッキ間隔は 5 m と考えられる。

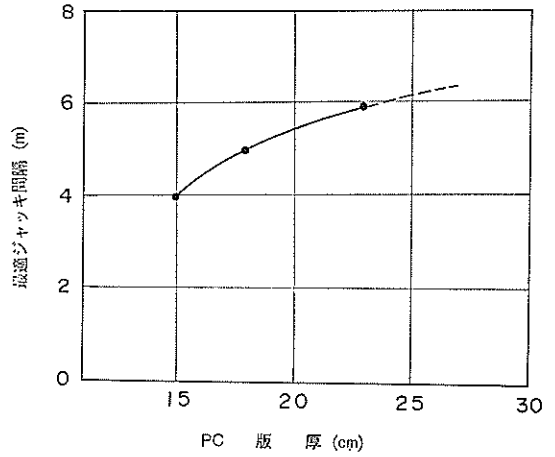


図-44 PC 舗装版と最適ジャッキ間隔の関係

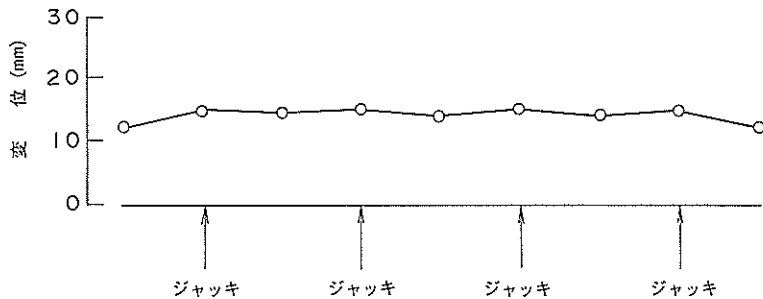
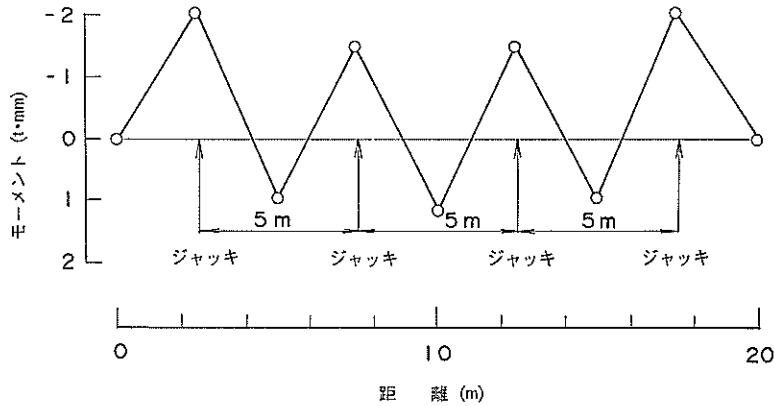


図-43 PC 舗装版を一系列のジャッキでリフトアップしたときの版の変位とモーメント（版厚18cm）

他の版厚についても同様な解析を行って、版厚と最適ジャッキ間隔を求め示したものが図-44である。一般的なPC舗装版のリフトアップ作業の計画・設計に際し参考にならう。

## 7. 結論

本研究をとおして、埋立地や高盛土部等に建設されたコンクリート舗装が沈下や不同沈下した場合の不陸補修方法として、PC舗装の新しい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後からジャッキ装着金具やジャッキの反力をとる反力盤を設置し、これらに油圧ジャッキを取り付けてPC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PC舗装版にコーポリング機で削孔( $\phi 16$  cm)、②その孔を利用して路盤を掘削( $\phi 45$  cm,  $h = 30$  cm)、③ジャッキ装着金具をPC舗装版にセット、④装着金具を固定しておいて反力用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PC舗装版をリフトアップ、⑦PC舗装版と路盤の隙間へグラウト、というものである。
- (2) リフトアップに必要な油圧ジャッキ、ジャッキ装着金具、反力盤、制御装置、グラウト方法等を開発した。
- (3) 油圧ジャッキの間隔は、PC舗装版の強さ、PC舗装版の厚さ等によるが、版厚18cmの通常のPC舗装版の場合、5m程度が適当であると考えられた。
- (4) 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が提案できた。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 $7\text{kgf/cm}^2$ 以上を確保しておくことが望ましいこともわかった。
- (5) リフトアップ時のPC舗装版の変形能力が明らかになり、種々の形状のPC舗装版のリフトアッププロセスが提案できた。
- (6) リフトアップ時のPC舗装版の挙動は、弾性地盤上の平板としての有限要素解析により精度よく推定できることがわかり、それらの結果を用いてリフトアップ時のPC舗装版の安全を確保するための制御方法が考えられた。

## 8. あとがき

今回の技術開発は、当初2.で述べた従来工法の先設置型のスクリージャッキ方式を油圧ジャッキ方式に変える目的で実施していたのが、新たに試験舗装を製作するのが予算の関係でむずかしいということで、既設のPC舗装版を使おうということから出てきたものであって、ひょうたんからこまといった面がある。

技術開発した結果だけを見ると単純なものであるが、開発中はデッドロックに乗り上げたこともあった。特に、ジャッキ装着金具の開発中で、円筒だけでなく底板を付けることを思いつくとき、直径45cmの底板を直径16cmの孔からどのように入れるかのアイデアをひねり出すとき等である。常識では直径16cmの孔に直径45cmのものは入らない。技術開発には非常識が大切なことをあらためて痛感した。今筆者らは、非常識を誇りに思っている。

このように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、まだまだ細かなところの一層の工夫が必要である。平成元年度に実施が予定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。この実証試験で細部におたる検討がなされ、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。

なお本研究は、当所とピーエスコンクリート㈱との共同研究により実施されたものである。

(1989年3月31日受付)

## 謝辞

本研究は多くの分野が関連する技術開発であるため、土木以外に機械、電気、材料等の各方面の多大な御協力を得た。関連したピーエスコンクリート㈱の施設部の関係各位、オックスジャッキ㈱の関係各位、三菱工業セメント㈱の関係各位に厚く御礼申し上げます。また、試験結果の解析に用いた有限要素解析の御指導をいただいた信州大学土木工学科の草間教授に対し、心よりの御礼を申し上げます。

参 考 文 献

- 1) 佐藤勝久, 福手勤, 山崎英男, 犬飼晴雄: 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, 1980年12月, pp.101~128.
- 2) 福手勤, 佐藤勝久, 山崎英男: 第三種設計法による PC スラブの空港舗装への適用性に関する研究, 港湾技術研究所報告, Vol. 18, No. 3, 1979年9月, pp.37~63.
- 3) 須田熙, 佐藤勝久: 多層系路盤面上の  $K$  値の推定方法に関する研究, 土質工学会論文報告集, Vol. 13, No. 1, 1973年3月.
- 4) 八谷好高, 佐藤勝久, 田中孝士: 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, 1987年6月, pp.465~492.