

PC舗装版のリフトアップ工法に関するFEM解析

信州大学工学部

学生員 ○吉田達矢

信州大学情報処理センター

正会員 大上俊之

信州大学工学部

正会員 草間孝志

1. まえがき 近年、わが国では地形的・社会的条件から、埋立地に空港を建設することが多い。この場合、併用後の空港舗装版の沈下や不同沈下が予想されるが、従来は主にコンクリートあるいはアスファルトを用いたオーバーレイによる修復が行われてきた。しかし、この工法は長期にわたる養成が必要であり、工事期間中は施工地を使用できない欠点がある。そこで、これに代わる修復方法としてリフトアップ工法が考案された。この工法は、沈下あるいは不同沈下を起こした区域の空港舗装版に数十台の油圧ジャッキを設置して舗装版をリフトアップし、リフトアップした舗装版と路盤との間の隙間にセメントグラウトを充填して修復する工法であり、夜間の空港閉鎖時間帯を利用して修復することが可能である。しかし、この工法の実施に際しては、舗装版の安全性の確認やジャッキ力の把握など、事前検討が必要不可欠である。

平成2年、運輸省港湾技術研究所滑走路研究室と(株)ピーエス技術部との共同研究により、東京国際空港沖合展開事業第Ⅱ期地区においてリフトアップ試験が実施された。油圧ジャッキにより舗装版を持ち上げると、舗装版は面外変位と同時にわずかではあるが面内変位を生ずる。実験に用いられたPC舗装版は55.5m×100m、厚さ18cmと大規模なものであるため、わずかな面内変位であっても、舗装版の面内応力は、路盤との摩擦による影響をうけるものと考えられる。本報告は、主に路盤との摩擦が舗装版の面内応力やジャッキ力に与える影響について検討するとともに、さらに、舗装版の弾性係数の同定についても検討したものである。

2. 路盤との摩擦の影響を考慮した平板のFEM解析 平板の曲げにともなう面内応力を考慮するためには、有限変位理論に基づく非線形解析を行う必要がある。そこで、三角形平面シェル要素による増分法を用いた。増分法は、荷重(もしくは変位)増分を十分小さくとれば、各ステップ内では線形関係と仮定できる利点がある。また非線形のひずみ～変位関係は通常の剛性マトリクス K に初期応力マトリクス K_0 を加えることにより近似される。第 j ステップにおける線形化された増分方程式は以下になる。

$$[K(D_{j-1}) + K_0(D_{j-1}, \sigma_{j-1})] \Delta D_j = \Delta F_j$$

上式で $K(D_{j-1})$ は剛性マトリクス K が前のステップで計算された変位 D_{j-1} をもとに計算されていることを意味し、 $K_0(D_{j-1}, \sigma_{j-1})$ についても同様である。また、舗装版は弾性地盤上の平板とみなし、地盤反力を鉛直節点バネに置換した。そして舗装版と地盤との間の摩擦～変位関係は、限界摩擦力以下では、Koepckeの線形関係、または、Peltierのsin曲線の仮定に従い、限界摩擦力に達すると滑りが生ずるものとし(図-1参照)、地盤反力を鉛直節点バネに置換する方法と同様の考え方から、路盤との摩擦を要素の節点に関する水平節点バネに置換した。なお、リフトアップ工法は、地盤から舗装版を持ち上げる工法なので、増分法の各ステップで、地盤から浮き上がった節点につ

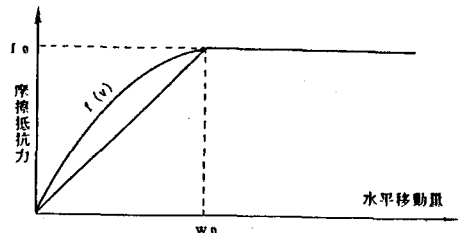


図-1 移動量と摩擦力との関係

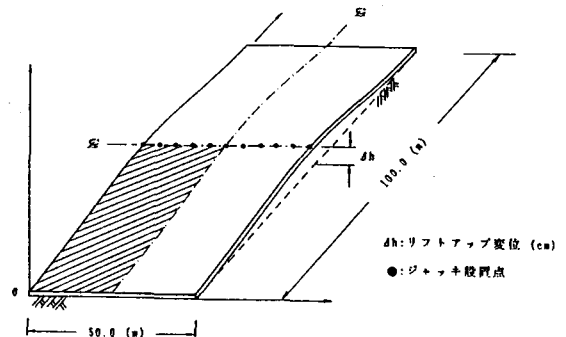


図-2 リフトアップモデル

いて負反力を除去する繰り返し計算を行った。

3. 計算結果 まず前述の理論をもとに作成したプログラムを用いてリフトアップの数値シミュレーションを行った(図-2参照)。図-3, 4に、リフトアップ量5cmの場合について摩擦係数を変化させたときのジャッキ力と面内応力を示した。図より摩擦係数が大きくなれば(羽田空港の場合、1.0以下と推定されている)摩擦の影響は小さいと予想される。次に、羽田空港での実験で得られた実測ジャッキ力と理論値を比較検討した。実験用舗装版は55.5m×100m、厚さ18cm、プレロード6t/m²で強制的に不同沈下させたものである。理論解析では摩擦係数を1.0とし、舗装版のプレストレス(縦方向46kg/cm²、横方向38.5kg/cm²)を初期応力として行った。その結果、リフトアップ量(最大約5cm)に対し、路盤との摩擦によるジャッキ力への影響はほとんどなく、プレストレスへの影響も数%程度であった。実測ジャッキ力と理論値とを比較した結果の一部を図-5に示す。

4. PC舗装版の同定問題 リフトアップ工法は、ジャッキ力とリフトアップ量等を計測しながら施工する方法である。したがって、計測結果をもとに、主として舗装版の材料定数を同定し、次のリフトアップに適用することが考えられる。同定パラメータを舗装版のヤング率、計測値をリフトアップ量として、直接定式化法による同定解析を羽田空港の実験に適用した。結果を表-1に示す。同定後のヤング率を用いて順解析した結果、わずかではあるが全体的に実測ジャッキ力に近づくことが確認できた。

5. むすび リフトアップ工法は、舗装版の安全性、ジャッキ力の推定、計画高までリフトアップするための実施計画の設定等、事前検討が重要である。本報告は、主として舗装版と路盤との摩擦による影響について検討したものである。実際のリフトアップ工法では、舗装版と路盤の間にはビニールフィルムが敷設されていて摩擦が低減することを考慮すると、事前検討のための数値解析に際しては、摩擦の影響を無視してよいことが認められた。

参考文献 1) 浅井博憲; PC舗装版のリフトアップ工法に関する有限要素解析, 信州大学修士論文, 1992. 2) William Weaver, Jr., Paul R. Johnston; Finite Elements For Structural Analysis, 1984, pp. 315-331. 3) 東京国際空港エプロン試験舗装工事(その4)報告書, 平成2年3月。

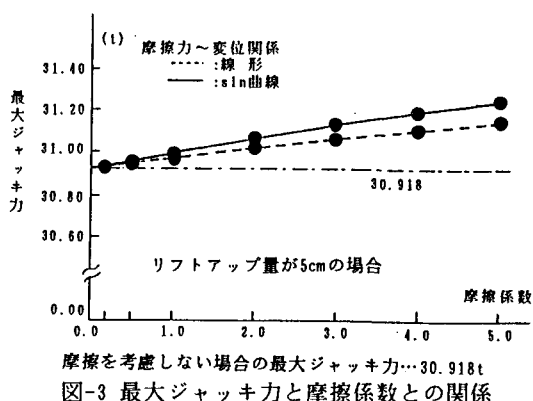


図-3 最大ジャッキ力と摩擦係数との関係

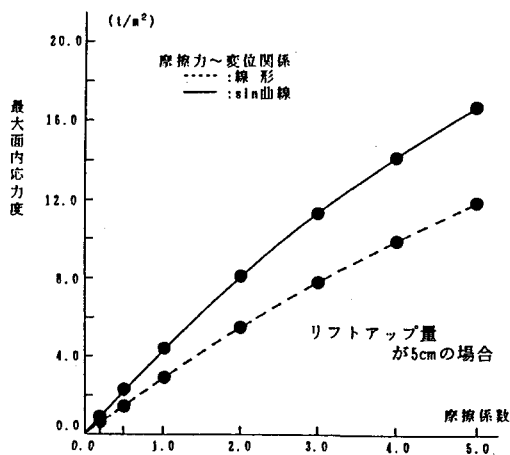


図-4 最大面内応力度と摩擦係数との関係

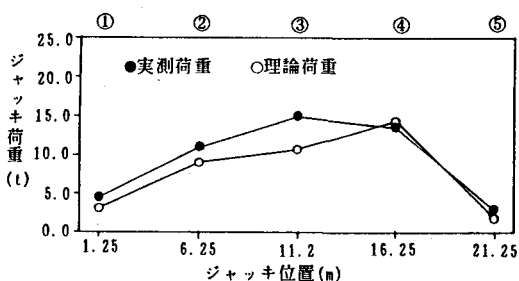


図-5 ジャッキ力の理論荷重と実測荷重との比較

表-1 ヤング率の同定結果

	初期値	同定結果
ヤング率(t/m ²)	3.250×10^6	2.589×10^6