

リフトアップ工法に関する平板の有限要素解析

信州大学工学部 学生員 ○浅井博憲

信州大学工学部 正 員 草間孝志

信州大学工学部 正 員 大上俊之

1. まえがき 近年、埋立地に空港を建設することが多い。例えば、東京国際（羽田）空港は東京都の廃棄物処理対策として、現空港の沖合に昭和46年から浚渫土砂、建設残土等の廃棄物による埋立地が造成され、東京国際空港整備基本計画に基づいた空港の沖合展開が実施されている。埋立地を空港に利用した場合、供用後の空港舗装版の沈下および不同沈下が予想される。この対策として、従来は主としてコンクリートオーバーレイにより修復がなされてきたが、この工法は長期にわたる養生が必要であり、工事期間中は施工地を使用できない欠点がある。これに代わる修復方法として考案された工法にリフトアップ工法がある。この工法は夜間の空港閉鎖時間帯を利用して修復する方法であるが、従来のリフトアップ工法は寸法が小さい小規模なものに適用できる方法であった。

近年、運輸省港湾技術研究所滑走路研究室とピーエス・コンクリートKK技術部との共同研究により、大規模な舗装版のためのリフトアップ工法が開発され¹⁾、昭和63年に港湾技術研究所野比実験場で2回にわたって実験が行われ、更に、平成2年には、羽田空港において大規模な実験が実施された。この実験では42個のジャッキをコンピュータ制御により同時に作動させて、沈下した区域をリフトアップし、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る。筆者等はこの工法に関する一部の理論解析と電算プログラムの作成に些か関係したので、主として理論面での概要を報告する。

2. 弾性地盤上の平板の有限要素法の概要

舗装版をWinkler地盤上の薄い平板と仮定する。

能町²⁾はWinkler地盤上の四辺四隅とも自由な長方形平板を初めて解析し、CheungとZienkiewicz³⁾は初めて有限要素法による解析を行った。この方法は地盤反力として、長方形要素を対象に鉛直方向の反力のみを考え、節点*i*には1要素あたり（地盤反力係数）×（要素面積）×（節点*i*の変位*w*）/4の鉛直方向反力が作用するとしている。この考えは地盤反力係数を節点での鉛直バネに置換したことと相当し、プログラムの作成も簡単であるという利点を有する。ただし、整合性から自重による節点モーメントの項は無視するのが妥当であると考えられる。一方、実際の地盤反力の分布は、節点のたわみ(*w*)のみならず、節点の回転角(*θ*)にも依存する。そこで、次の方法として、 $[k_b]$ を平板の要素剛性マトリクス、 $[k_r]$ を地盤反力に関する要素剛性マトリクスとし、弾性地盤上の平板の要素剛性マトリクス $[k]$ を

$$[k] = [k_b] + [k_r] \quad (1)$$

で表現してみることにする。ここに

$$[k_r] = k_0 \int \int_A [N]^T [N] dx dy \quad (2)$$

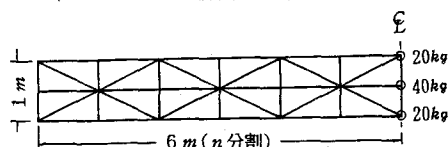


図-1 弾性地盤上の平板(三角形要素)

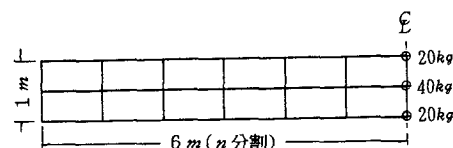


図-2 弾性地盤上の平板(長方形要素)

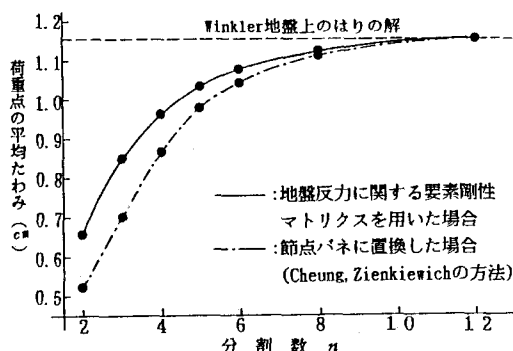


図-3 荷重点の平均たわみ(三角形要素)

である。なお、 k_0 は地盤反力係数、 $[N]$ は変位関数、 A は要素の面積である。

図-1, 2の平板($E=2 \times 10^6 \text{ t/m}^2$, $\nu=.25$, $k_0=3 \text{ t/m}^3$, 厚さ=2cm)に対する計算結果を図-3, 4に示す。図より式(2)は有効であることが分かる。

3. リフトアップ工法へ適用したときの問題点

通常の弾性地盤上の平板の場合には荷重点から遠方の点で板は地盤から浮き上がるが、自重を考慮すると浮き上がることは少ないとされている。これに対しリフトアップ工法は、ジャッキにより舗装版を扛(か)上させる方法であるから、負反力の除去は重要である。したがって、地盤から浮き上がった要素について負反力を除去する繰り返し計算による非線形解析となるが、問題は負反力を除去する判定規準である。式(2)を用いた場合、要素の節点力ベクトル $\{f\}$ は要素の変位ベクトル $\{\delta\}$ に依存する。したがって、節点変位 w のみで浮き上がりを判定することは困難であり、また地盤の負反力によるモーメントの項を除去するタイミングも難しい。これに対し、CheungとZienkiewiczの方法はもともと負反力を除去する目的で考えられた手法ではないが、地盤特性を節点バネに置換した方法であるから、負反力の除去に際しては、節点変位 w のみで判定できるという利点がある。

4. 羽田空港での実験

実験に用いられた舗装版は、55.5m×100m, 厚さ18cm, プレロード約 6 t/m^2 で強制的に不同沈下させたもので、運輸省とピーエス・コンクリートkkとの共同研究として実施された⁴⁾。詳細な報告は関係者からなされると思うから、結果の一例を図示するのみにとどめる。

5. むすび

新たに開発されたリフトアップ工法を実施するにあたっては、所用のジャッキの台数、設置間隔等の事前の検討が必要であり、それには計算による数値の把握が重要である。さらに検討しなくてはならない多くの問題点があることを考えるならば、計算はやっと糸口にさしかかったという状況ではあるが、中間報告として、ここに報告した次第である。

参考文献 1) 佐藤勝久, 他: 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, 運輸省港湾技術研究所報告, 第28巻, 第2号, pp.49-76, 1989. 2) 能町純雄: 弾性基礎にある四辺四隅自由な矩形板の曲げについて, 土木学会論文集, 第32号, pp.26-32, 1957. 3) Y.K.Cheung, Y.K. and Zienkiewicz, O. C.: Plates and tanks on elastic foundation—an application of finite element method, Int.J. Solids and Structures, 1, pp.451-461, 1965. 4) 東京国際空港工場の試験舗装工事(その4)報告書, 平成2年3月。

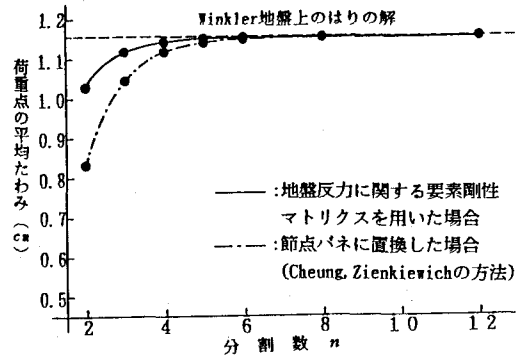


図-4 荷重点の平均たわみ(長方形要素)

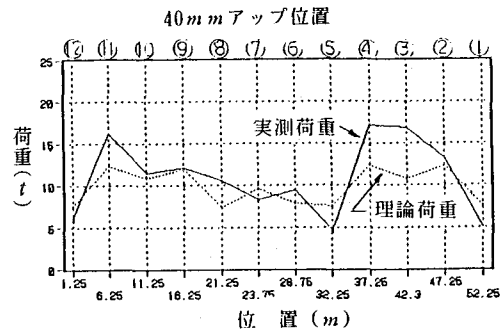
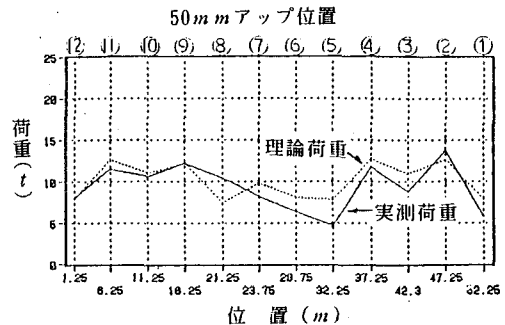


図-5 ジャッキ荷重の実測値と理論値との比較