空港施工管理における均一地盤の抽出

齋藤耕一[1]・櫻井成一朗[2]

1 取締役 有限会社 コウゲツ （〒150-0013　東京都渋谷区恵比寿 1-5-2）

2 工博 明治学院大学 法科大学院 教授（〒108-8636　東京都港区白金台 1-2-37）

設計時における沈下予測は，空港側の共用中の調査条件等があり地盤の性状を詳細に把握することは困難であり，理論の適用の際の理想化・単純化もあって，実際の沈下挙動とは一致しない場合が多い．しかし，空港建設の施工段階において，各施工段階において，精度の高い沈下予測が必要とされている．実測沈下に基づく将来沈下予測手法点して，現在一般に用いられている方法は，浅岡法がある．軟弱地盤では施工を目的として地盤や載荷量の変化に対応した十分正確な沈下予測結果が得られていないのが現状である．信頼性の高い沈下予測を行う為には，時間軸を考慮に加えた載荷条件や，地盤条件に適用するようにそれぞれの沈下予測法を施工の為に洗練化する必要がある．本論文では，一般的に用いられている浅岡の沈下予想法を施工の為に洗練化し，羽田の空港関係者に対してインタビューにより沈下データの洗練化の効果を評価した．

Key Words:　construction plan, settlement prediction, airport, settlement history

1.　はじめに

羽田の拡張部分の地下にはマヨネーズ層と呼ばれ超軟弱地盤が分布している．羽田の拡張工事では，既存の空港の共用を継続しながら地盤改良等が行われており，地盤改良深の制限により深い地盤で未改良部分が残る．このような未改良部分は，沈下予測を難しくする[1)]．沈下予測値は舗装の平坦性に影響を与える．広い空港の拡張工事では，複数の工区に分かれている．一つの工区で，舗装の施工会社は，施工時に与えられた基準高さと沈下誤差の影響を考慮しながら舗装厚を調整し，規格内の平坦性と舗装の強度を確保する．また，沈下予測誤差の大きさは，工区内だけでなく，工区間でも異なる．例えば，基準高さは，沈下誤差の大きさも考慮されているので，滑走路が供用開始する時点での規格内の基準高さと平坦性が求められる．

沈下は通常土の載荷が行われる場所で起こる．しかし，軟弱地盤は広い範囲で土の載荷の影響がでる．土の載荷の場所で沈下が起こるのではなく，土の載荷が行われていない他の場所で沈下が起こるのである．

沈下予測の方法として浅岡の理論に基づいた方法が一般的に用いられている．浅岡の理論は，沈下の差分法の相関関係により地点毎の実測値に基づいた予測の計算が行われる．しかし，地盤改良の未改良部もあり土の載荷の影響は広い範囲になり，また，沈下誤差はエリアや時系列で変化するので，沈下予測だけで施工方法を設定することは難しい．

施工方法を設定は，当該空港工区の施工管理者の経験により洗練化される．洗練化の個々での意味は，沈下誤差の大きさや変化の状況，エリアで均一（相関する）な地盤に分類することである．施工管理者は，沈下誤差の均一な地盤を考慮して施工方法を設定する．また，沈下誤差の把握のために，施工管理者は沈下に影響を与えるパラメータを認識している．施工管理者が認識しているパラメータは，羽田の地下水の流れや，降雨の影響，盛り土工事の状況や地盤改良の履歴等，また，短期間に様々の変化しており，材料搬入や運搬経路等，当該工区に関連する他工区の工事の進捗状況，地下水の影響等も様々にパラメータとして沈下に影響を与える．施工管理者は沈下との複雑な因果関係を理解していなくとも，経験から共通するパラメータを認識し，管理日報データの沈下予測に関わるシナリオとして考慮している．しかし，施工の設定は，発注者（空港工事の発注者）の包括的な工事工程を考慮し，また，発注者と別の視点で一工区内の施工管理者が施工業者と協議しながら個別に施工方法の設定を行っ

ており，経験に浅い施工管理者にとっては困難であった．齋藤[2]は，疑似均一地盤の抽出について有効性と実験例を示している．しかし，未経験の施工管理者の支援の方法について具体的な方法については述べていない．

本論文では，経験の浅い施工管理者の支援を目的としている．管理日報から経験者の施工管理者のノウハウのデータベース化を試みる．そして，施工管理者のノウハウのデータベースを利用し易くために，均一地盤のパラメータのパターンの抽出方法を提案する．そして，本論文の提案方法について専門家に評価をしてもらう．

2. 一般的な沈下計算の方法

地盤沈下の予測は，沈下の実測データに基づく浅岡の理論に基づいた方法が一般的に用いられている．

図-1 にあるとおり，実際の施工に伴い時間の経過により沈下予測値の修正が行われれば，施工方法の改善が繰り返し行われている[3]．従来の方法は，ベテランの施工管理者のノウハウに依存する方法で施工方法の変更が行われている．

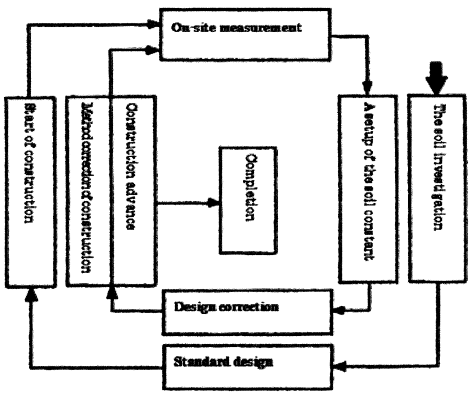


図-1 工区毎の建設設計の修正サイクル

図-2 と**図-3** は，沈下予測の方法を説明している[4]．**図-2** は，盛り土の載荷と沈下の時間的関係を示している．時間的沈下の大きさの差をζで表したのが，**図-3** である．**図-3** は，沈下の予測の予測計算の方法を示している．沈下の予測は，沈下の実測値の差分方程式に基づいている．**図-3** のように沈下の差分ζを実測値で計算する．ζの勾配は，観測以後も相関していると仮定して沈下の予測計算は計算される．すなわち，ζの値は，盛り土の荷重の変化に無関係な沈下特性であることを示している．しかし，軟弱地盤では隣接する地盤の影響を受けるので必ずζの値が一定であるとは限らない．すなわち，沈下には，地下水位，施工状況，降雨，地盤改良の未改良部分，地盤の横方向の影響等が，地盤予測のパラメータとして存在することを意味している．

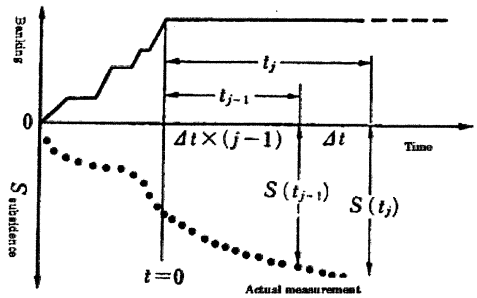


図-2 沈下の状況説明図

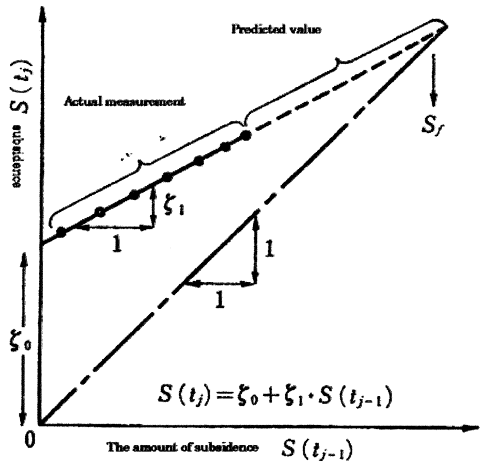


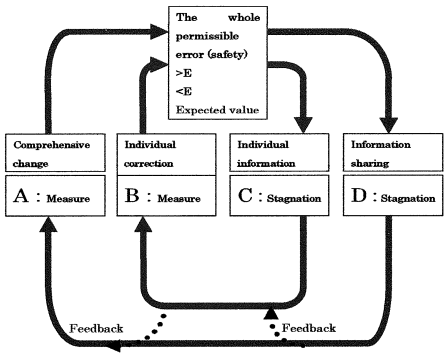
図-3 浅岡の沈下予測式

また，予測沈下計算の時間的なスパンや，その施工範囲は大旨変更する事はない．しかし，予測計算は，施工者にとっては，検査時までの沈下を計算し基準通りの平坦性が求められるのに対して，発注者の平坦性は，空港全体の維持修繕計画に基づいており，ある特定の施工者の検査時の平坦性以降で，日々複雑に変化する沈下を考慮した空港全体の運用スケジュールに基づいて施工者へ検査基準が与えられている．しかし，発注者の施工基準高さは，全体計画に基づいているので，各工区で日々複雑に変化する沈下予測誤差をすべて考慮しているわけでないので，各校区の施工方法の為の施工基準高さ

の設定は各工区の施工管理者に任されている.

3. 日報（管理運用日報）のパラメータの記録

本研究では，施工管理会社が行った発注者（空港の行政管理者）と施工業者（空港の請負業者）との管理運用日報を対象とする．例えば，施工業者から協議が発生したときに，リスクコミュニケーションは開始される．リスクコミュニケーションのやりとりによって状況が説明される．説明結果が発注者（空港工事の行政管理者であり以下発注者と呼ぶ），施工業者（空港工事の請負業者であり以下請負業者と呼ぶ）にとって，期待通り基準高さで合意が成立するか，期待通りでなくい基準高さ合意が不成立なのかが，最終的な結果に付与される．



A. (Comprehensive change) Standard change by classification study

B. (Individual correction) The method of individual prediction, a change of design

C. (Individual information sharing) Reappraisal of speciality nature and capability, own strength solution,

D. (Information sharing) A general meeting, data collection

図-4 包括的な協議過程

施工管理者は，各工区での施工基準高さでの施工で他の工区との調整に限界がある場合，空港全体の包括的な基準高さを発注者と協議する．包括的な協議で問題が解決されれば，すなわち，新しい基準高さが示されれば，その基準高さを当該工区の新しい基準高さとする．経験を積んだ施工管理者と経験の浅い施工管理者との違いは，包括的な協議と工区内の打ち合わせとの調整しかたの違いにある．包括的な協議とは，多くの他の工区との調整でもあるから，それぞれ他の工区の施工状況は様々であり，全体の工区の状況の発注者と施工業者の両方立場をくみ取ることが難しいからである．

4. 基準高さの特徴表現の抽出

基準高さ特徴表現は，**図-4** の包括的な協議と，各工区の協議との調整である．工区内の個別の協議であれば，すでに，マニュアル化が進んでいるので，未経験の施工管理員の支援は求められていない．問題は，包括的な発注者と個別の施工業者との協議との調整である．本論文では，包括的な協議と個別の協議とトピックスについて分析を進める．包括的，個別的協議の両方の関連するトピックスの合意により初めて現れるとしている．本研究では，特徴表現に対してパラメータの変化で特徴を表す．エリア内のパラメータの変化の相関によって均一地盤の特徴を表す．

クラスタの表現には様々な方法があるが，本論文では，TF-IDF を利用する．

TF-IDF の計算は，

a)階層毎の意見集合の中から代表的なパラメータのパターン候補の抽出（TF）

b)全ての意見の数（N）

c)代表パラメータのパターン候補が含まれるパラメータのパターンの重付け W を W=TF×（Log（N/DF）＋1）で表す．

5. 提案手法を実証するための実験

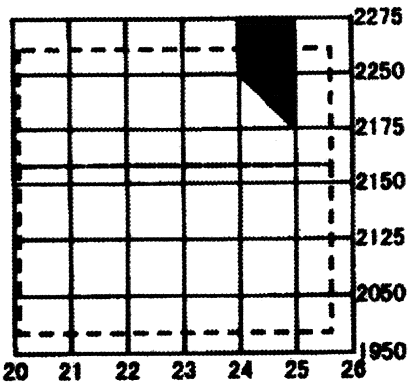


図-5 施工管理者が抽出して類似の均一エリア

(1) データ

未経験の施工管理者は，抽出したパラメータのパターンを利用して施工管理者処理事例データベースを検索する．施工管理者処理事例データベースには，施工管理者のトピックス，施工管理者概要，施工管理者対応，結果を検索し，検索結果から経験を積んだ施工管理者の知見を得る．

(2) 検索事例

提案手法の有効性を示す．検索事例は，発注者，施工管理者，施工業者の３名が作成して日報である．

実験によって抽出された事例を以下に示す．矢印「→」は，**図-5** は抽出されたエリアである．現場管理から包括的判断（発注者判断）．包括的判断（発注者判断）から現場管理へのフィードバックを表している．

a)（現場管理）平坦性は，確保されている．→（発注者判断）施工基準高さの変更があり，下層路盤を設計より 10cm 増やすことになる．→（現場管理）施工基準高さの変更は，上層の施工に工程が移るに従ってコストが増加する．→（発注者判断）包括的な基準高さの変更が可能である．→（現場管理）上層部分での基準高さの変更になれば，設計基準強度が得られないので全面的な強度の変更が求められる．

b)（現場管理）上層の舗装部分でクラックが発生する．設計上の舗装厚みは確保され，排水施設も新設．→（発注者判断）クラックの原因は，未改良部分の土の移動であると推定する．

検索されたパラメータのパターンは，ベテランの作成した事例ベースにより抽出されたパラメータのパターンを利用して教訓が検索される．検索された教訓に基づいて沈下予測式の修正が行われる．

6.インタビューによる評価

(1)インタビュー調査結果

本論文の提案手法に対して施工管理者 20 人に対してインタビューによる評価をおこなう．

a)インタビュー調査の目的：パラメータのパターンによる提案手法の評価をする目的である．

b)インタビュー調査の対象者に対して，先ずファックスで内容の文書を送付する．そして，パラメータのパターン結果を考察する．

c)質問事項

発注者（行政管理者）のパラメータのパターンが把握しているかについて

d)インタビュー調査の結果

回答 1. 提案手法のパラメータのパターンは，経験の浅い施工管理者だけでなく，ベテランの施工管理者にとっても気付きにくい指針である．例えば，施工方法は，包括的な施策があって初めて施工業者に問題に対して解決策を提案することができるが，包括的な施策が無い場合には，施工は成立しないということである．このことは，ベテランの施工管理者にとっては，発注者（行政管理者）と長年のつきやいから暗黙の了解として施工業者にとって不利な契約を恣意的に実行することもありうるからである．このことが，施工業者の不信に繋がっていると思われる．提案手法は，経験の浅い施工管理者だけでなく，ベテラン施工管理者にとっても貴重なパラメータのパターンを抽出しており評価できる．

回答 2. 従来のテキストマイニングの方法は，発言検索には優れている．しかし，二つの視点の違いの意味をパラメータのパターンで分類することは難しい．提案手法のパラメータのパターンは，関係者の行動を正確に表している．

回答 3. 経験を積んだ施工管理者は，慢性的に不足している．提案手法は，経験の浅い施工管理者の育成のあり方についても現場の状況に合わせたなかなか気付くことが難しい具体的な知見を得ることができる．

回答 4. 従来型の研修方法は，現場で経験の浅い施工管理者の養成はスペシャリストとしての育成になってしまう．提案方法は，多様な人材の活用にも活路を開くものとしての可能性を秘めている．

(2)考察

インタビュー結果によれば，本方法を否定的に述べているものはなく，パラメータのパターンを利用することで，発注者（行政管理者）と施工業者のそれぞれの視点を一つのクラスタとして図示化することができ，発注者（行政管理者）や施工業者のニーズの分析に利用可能であるだけでなく，現場の施工管理者の教育研修においても有効であると期待される．

7.まとめ

本論文で提案した施工管理者処理事例のデータベース化とパラメータのパターンの抽出方法は，完全な自動化を行うものではないが，蓄積した経験の浅い施工管理者の作成した日報であっても施工管理者処理事例のデータベース化において施工管理者の処理の有力な方法であることを確認した．本方法は，発注者（行政管理者）の視点と施工業者の視点とを分離することで，その二つの視点の視点を別々に表すパラメータのパターンを顕在化させ，デ

ータベースから知見を検索することが可能となり，未経験の施工管理者でも施工管理者処理が可能となったといってよい．単に経験を積んだ施工管理者だけが施工管理者の解決方法を把握するよりは格段に優れている．今後は，現場で利用して，提案手法の改良を進めてゆく予定である．

参考文献

1)加藤利悦，平山隆治，齋藤耕一：東京国際空港新C滑走路，舗装　建設図書，pp3-8，1997
2)齋藤耕一，櫻井成一朗，熊田禎宣，鈴木壽，沈下履歴に類似性による疑似均一地盤の同定について，建設マネイジメント研究論文集，vol.7,1999
3)土田孝，小野憲司：数値シミュレーションによる不同沈下の予測とその空港舗装設計への適用，港研報告，運輸省第二港湾局，vol.27，no.4，1988
4)柴田徹：埋め立て軟弱地盤の防災，森北出版(株)，pp1-96，1982

Research of the settlement processing in airport execution management

Koichi SAITO, Seiichiro SAKURAI

Abstract　- Asaoka' method is a well-known method to predict settlement, and it is widely used for practical projects. Since asaoka's method requires that the ground must be uniform, a problem in an un-uniform plane such as Haneda arises with respect to the application of Asaoka's method. This paper describes a method for an execution plans, experts choose the construction method and determine the constructions by formulating the experiences of experts.