

圧密沈下に伴う周辺施設に及ぼす 影響の予測及び対策

平良 正樹¹ ・ 上原 由仁²

¹那覇市 建設管理部 建築工事課（〒900-0004 沖縄県那覇市銘苅 2-3-1）

²那覇市 建設管理部 建築工事課（〒900-0004 沖縄県那覇市銘苅 2-3-1）

当該地域は、1945 年終戦直後、埋め立てられた地域であり既存の野球場を取り壊し、新しく野球場を建設する。外野スタンドを構築すると圧密沈下がおきることから、事前に外野スタンド部分の軟弱層の圧密沈下を促進させ、それに伴って周辺施設に及ぼす影響を予測し、その影響を防ぐ為に縁切り対策を行った。

今回の検討により沈下等の予測と実測値の誤差を抑える方法として、構築する施設全体について面的に土質調査を行い、土中を三次元で把握することが有効であると分かった。また、面的な土質調査では想定できなかった排水層を電気検層により予測することも可能となる。このような調査を十分行うことによって安心・安全な施設整備を行うことができる。

1. はじめに

沖縄県で最初の運動公園となった奥武山公園は、那覇市の南西部に位置し、その公園内にある奥武山野球場は、1960 年（昭和 35 年）に整備された沖縄県内初の本格的な野球場で、プロ野球公式戦も開催されたことのある野球場でもあった。

しかし、施設の老朽化が著しく、天井や壁のコンクリートの剥離、スコアボードの腐食など安全面や競技の進行に支障をきたしていた為、建替えを行うこととなった。

当該地域は、戦後埋め立てられた地域であり、土質調査の結果、非常に軟弱地盤であることから、外野スタンドを構築すると、圧密沈下等を引き起こし、施設の機能低下及び周辺施設への影響が予測された。そのため、事前に圧密促進を行い、それに伴い周辺施設への影響を防ぐために縁切り対策を行ったが、施工時においての圧密沈下等の予測と実測値を比較し誤差の要因を考察する。

今後、その誤差を小さく抑えることで、安全・安心な施設整備に努めていくことができると考える。

2. 新野球場の施設概要



図-1 新奥武山野球場完成予想図

(1) 新野球場

新野球場は、約 9 千人を覆うことのできる膜屋根を備え、県内初、プロ野球の公式戦が行える夜間照明設備を備えていることが特徴である。

内野スタンドは 15,000 席、外野スタンドは 15,000 人の計 30,000 人収容の野球場である。両翼 100m、中堅 122mの規模で、内野フィールドが、黒土混合土、外野フィールドが天然芝で整備する。

また、プロ野球公式戦対応可能な照明塔を外野部に4基と屋根部分に2基取り付けの計画である。

(2) 外野スタンド

外野スタンドの構造は、フィールド側は、L型擁壁を設置し、スタンド背面側に軟弱な支持地盤における変形や沈下などにもある程度の追従性がある構造及び経済性から、ジオテキスタイル補強土壁工法で整備する。

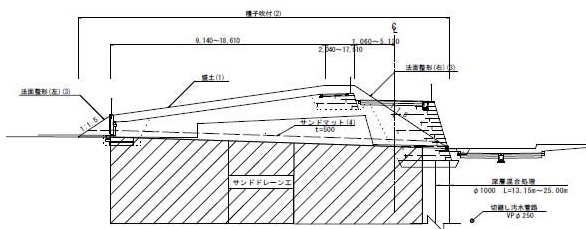


図-2 外野スタンド断面図

3. 圧密沈下対策

本公園周辺は、昭和20年沖縄戦終了直後から、米軍によって浚渫、岸壁その他の拡張工事が進み那覇軍港が整備され、国場川左岸をはじめとする埋め立てが進み、現在の陸続きとなった。写真-1から、当該工事区域（緑線の範囲）は、埋立てられた場所であることが分かる。



写真-1 1945年7月撮影 「写真集 沖縄戦史」

(1) 土質状況

土質調査の結果、起伏が激しく（図-4）、南北軸に沿った場所に軟弱な粘性土層が最も厚く、更に広範囲

に分布している。また、圧密試験の結果（図-5）、一部、過圧密のポイントもあるが、地盤全体として安全側に考え正規圧密状態と判断した。よって、軟弱な粘性土層において、現在受けている荷重以上の载荷をした場合、沈下が起こることが分かった為、圧密沈下対策の検討が必要となった。



図-3 外野スタンド部の平面図

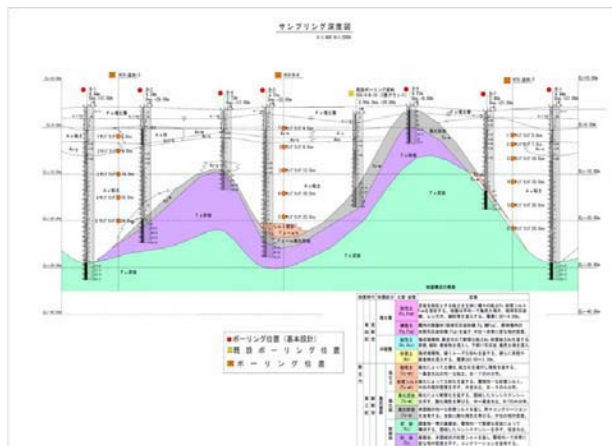


図-4 推定土層断面図

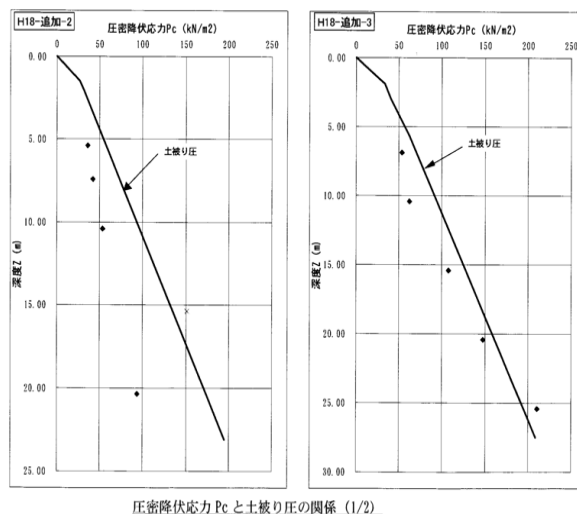


図-5 圧密降伏応力 P_c と土被り圧の関係

(2) 圧密沈下対策の検討

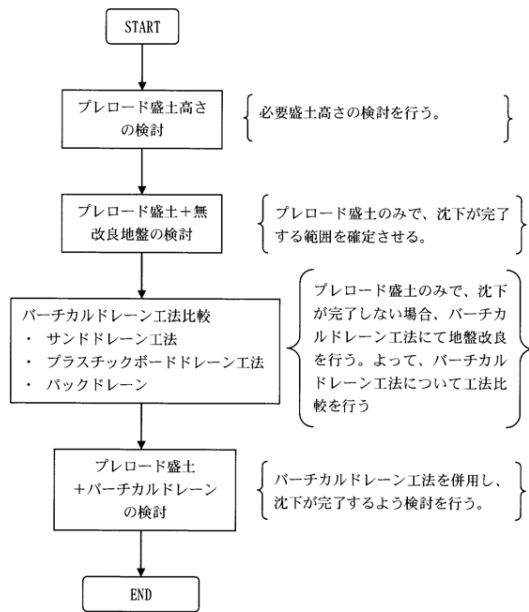


図-6 圧密沈下対策検討手順

本設計において、圧密層は一様ではないため、場所によっては、プレロードの効果が変わってくる。よって、上記の検討手順により、載荷盛土のみで工事期間内に沈下が完了する範囲を検討し、完了しない場所については、バーチカルドレーン工法（サンドドレーン工法）を併用して行うこととした。

せん断破壊が起きないように盛土の限界高さ内で施工し、変位杭により側方流動が起きていないか確認しながら施工した。

(3) 圧密沈下の計算

一般的に「mv 法」 $\leq$ 「e-logt 法」 $<$ 「Cc 法」となる傾向が示され、いずれの方法で計算しても実測沈下量は、計算沈下量の 0.8～1.6 倍程度の範囲にばらつくことが報告されている。

当該施設の最終圧密沈下量については、mv 法により算出している。

本工事では、沈下板による観測について、7 箇所を観測したが、そのうち 2 箇所の測点について、サンドドレーン工法を併用し深層混合杭による縁切り対策を行った No.5 と対策を必要としなかった No.7 の設計値と実測値についてとりあげる。その結果は、

次の通りである。

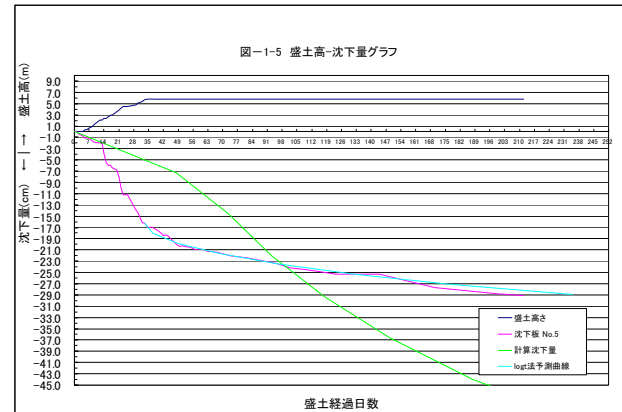


表-1 No.5 の設計値と実測値

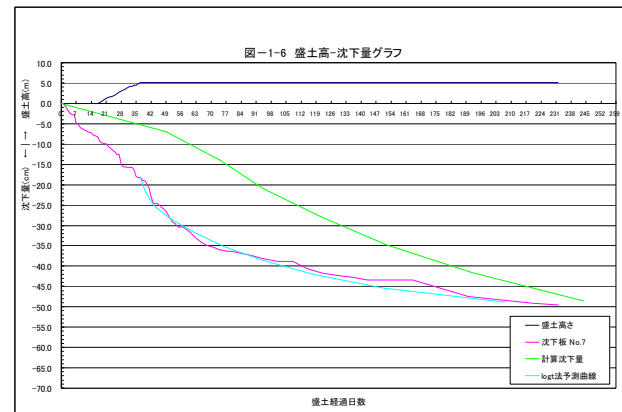


表-2 No.7 の設計値と実測値

(4) 考察

表-1 から、No.5 の設計値と実測値を比較すると、盛土完了から 7 ヶ月目における沈下量が、設計値は約 50cm と実測値では約 29cm と大きく誤差が生じる結果となった。その要因として、軟弱層の層厚が想定したものより浅かったこと。旧野球場の外野スタンド部が構築されていた箇所であったことから沈下量に誤差が生じたと考えている。

次に No. 7 については、設計値は約 47cm で実測値では約 50cm という結果となりほぼ設計通りであった。

次に、両測点において、実測値の沈下曲線の傾きが、設計値の傾きより大きいことが見てとれる。その要因として、沖積層の粘性土の中に薄い砂層を挟んでいる箇所が分布していることも土質調査の結果からも分かっている。その圧密排水になりうる砂層が所々存在したと考えれば、それが有効に作用し沈

下時間が短縮され、その結果、設計沈下量よりも実測値のほうが载荷初期段階から大きな傾きで沈下し始め、収束に向かったと考えられる。

さらに、盛土速度は、通常 5cm/day であるが、試験盛土により、せん断破壊が生じないことを確認しながら、盛土速度を 30cm/day に変更して行ったことも要因の一つと考えている。

4. 圧密沈下に伴う周辺施設へ及ぼす影響の予測及び対策

(1) 圧密沈下に伴う周辺施設へ及ぼす影響

外野スタンド部の近接位置に公共下水道管が通っており、その盛土部の圧密沈下に伴って、公共下水道管の位置で沈下量を予測し、下水道の機能にどう影響がでるか検討を行った。

その結果、No.5 の下水道管の地点においては 21.1cm の沈下と No.7 においては 8.0cm 沈下すると予測した。それにより、公共下水道の機能上、支障をきたす範囲について縁切り対策工を行う設計とした。

(2) 対策工法の検討

計画した盛土に隣接して、重要な施設や人家がある場合には、盛土による側方流動や沈下の影響がこれらの構造物に影響を及ぼさないようにする必要がある。この対策としては、市街地であることから振動・騒音を伴うような工法は適用できないため、法尻に圧入方式で矢板を設置する工法がとられることが多い。また、深層混合処理工法などの比較的騒音・振動が少ない工法を施工することもある。

今回、①深層混合処理工法と②鋼矢板工法の経済比較を行い、①深層混合処理工法を採用し設計した。

(3) 考察

次の表は、No.5 と No.7 における時間軸に対する沈下量と側方流動変位 X、Y、Z 方向の動きを示したグラフである。

両測点において、明瞭な側方流動が認められないことから地盤の安定を保ったまま沈下が進んでいる

と判断できる。

No.5 においては、計算上の沈下があった場合、公共下水道の機能に影響があると判断したことから対策工を行い、No.7 については、対策工を行っていない。

その結果、両測点における公共下水道位置の沈下量は、No.5 において z 方向で 11mm の沈下、No.7 において z 方向で 8mm の隆起であった。各々の結果を踏まえ考えると、測量誤差が多少あったにしろ、No.5 において、対策工事を行っていても 11mm の沈下があり、No.7 については、対策工事を必要としない判断であったが、8mm の隆起で概ね影響はなかったと判断できる。

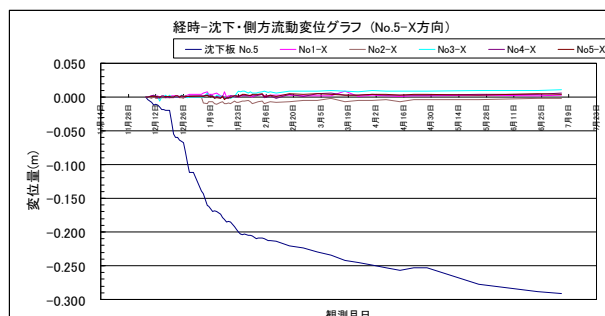


表-3 No.5 経時-沈下・側方流動変位グラフ (X 方向)

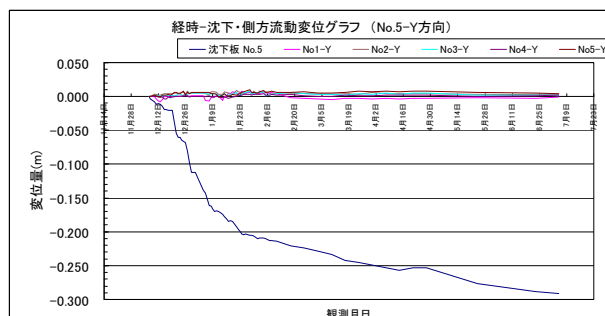


表-4 No.5 経時-沈下・側方流動変位グラフ (Y 方向)

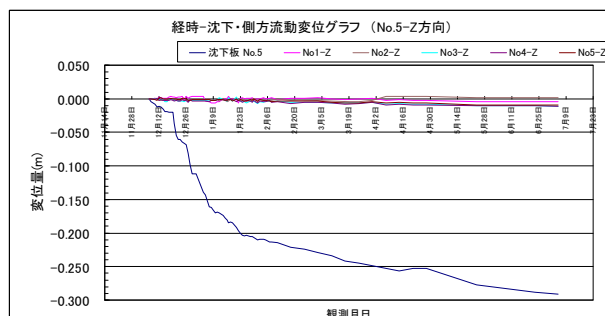


表-5 No.5 経時-沈下・側方流動変位グラフ (Z 方向)

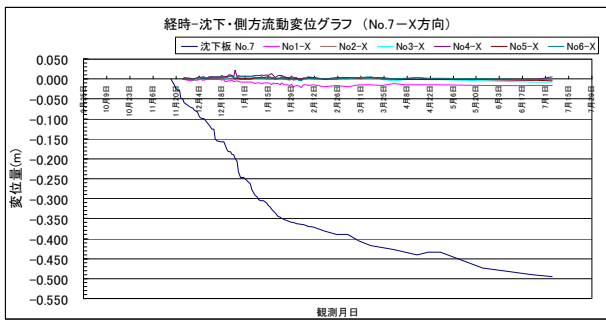


表-6 No.7 経時-沈下・側方流動変位グラフ (X 方向)

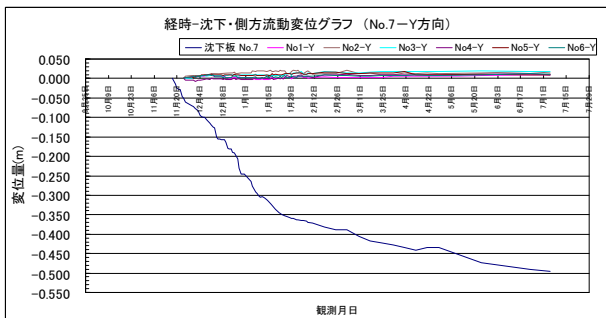


表-7 No.7 経時-沈下・側方流動変位グラフ (Y 方向)

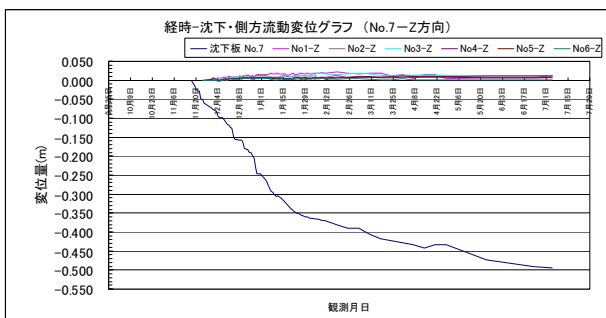


表-8 No.7 経時-沈下・側方流動変位グラフ (Z 方向)

5. おわりに

今回の設計及び工事を踏まえ、軟弱地盤における圧密沈下量及び圧密沈下によって周辺に及ぼす影響を予測することは、土質調査の本数によっては、設計時と施工時の沈下量等に誤差が生じやすいと考える。

今後、本市において、埋め立てられた地域での開発が予想されることから、安全・安心した施設整備を行うためにも誤差を最小限に抑える予測の手法を検討する必要がある。

その一つとして、今回のような外野スタンドや道路盛土等を建設する際には、事前に試験盛土を行い、その結果を用いて本工事の挙動予測を行う。解析で

モデル化できないさまざまな要因の影響を直接調べることができるので非常に有効的な手法であるが、多大な経費と時間が必要となる。

しかしながら、現実としては、費用や時間等の制約がある中で予測しなければならない場合がほとんどである。

今回の結果を踏まえ、沈下量等の予測と実測値の誤差を最小限に抑える手法として、構築する施設全体を面的に密に土質調査を行い、土中を三次元で把握することが有効であると考ええる。また、想定できなかった圧密排水層を電気検層により面的な範囲を予測することも可能であると考ええる。

このような調査等を踏まえ設計することで、施設や周辺施設に対し、より安心・安全な施設整備を行うことができると考える。

参考文献

- 1) 道路土工 軟弱地盤対策工指針 社団法人 日本道路協会 昭和61年11月
- 2) 地盤改良効果の予測と実際 社団法人 地盤工学会
- 3) 軟弱地盤の土質工学 予測と実際 稲田倍穂 著