

常滑沖埋立地盤における道路盛土施工の沈下挙動について

(株)熊谷組 小川 力

(株)熊谷組 岩波 基

(株)熊谷組 雨森 登

(株)熊谷組 岡田久雄

1. はじめに

道路建設工事（土工・横断 14-7 号、空連 14-2 号）は、中部国際空港と名古屋圏を結ぶセントレアラインのうち、空港連絡橋取付部から名古屋側へ延長約 560m の臨空本線料金所の盛土を主体とする道路工事である。当該工事の施工箇所は、常滑沖の層厚 20m を超える超軟弱層上にシルト分の混じる砂質土を埋立てて構築した人工島である。したがって、設計時から大きな圧密沈下が予想され、工事完了時の残留沈下を 10cm 以内に抑えることが課題であった。そこで、人工島構築時にサンドドレーンを配置してあり、当該工事の道路盛土施工においては沈下計測結果から沈下量予測を詳細に実施して、その結果に基づいて盛土の情報化施工を行った。

本報文は、常滑沖埋立て地盤の沈下挙動について設計時の予測と施工時の実績を比較して、沈下量と圧密速度について考察した結果である。

2. 工事概要

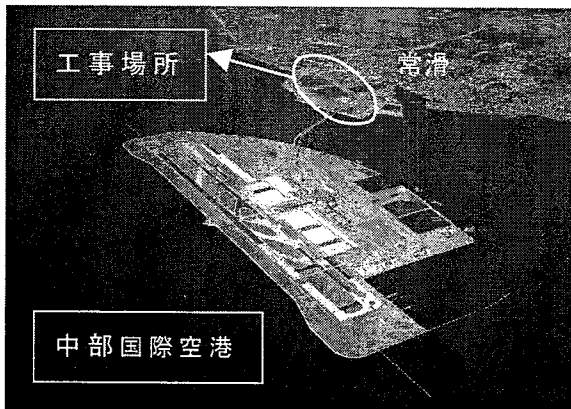


写真-1 施工場所の航空写真



図-1 完成予想図

- 工事名 : 道路建設工事（土工・横断 14-7 号、空連 14-2 号）
場所 : 愛知県常滑市沖
工期 : 平成 14 年 11 月 2 日～平成 16 年 4 月 30 日
工事内容 : 工事延長 L=555.8m
工事幅員 L=23.5m～180m
施工面積 約 67,000 m²
土工 V=約 440,000m³（路体および路床盛土工）
盛土高 約 9.2m
橋台工 3基
排水工、擁壁工、法面工、植栽工 一式

The Settlement of Embankment on The Centrair Line in Ise Bay off Tokoname.

Tsutomu Ogawa, Motoi Iwanami, Noboru Amamori, Hisao Okada, KUMAGAI GUMI Co., Ltd.

3. 地層構成

施工場所は、知多半島中部西岸側の愛知県常滑市沖約 50～800m の伊勢湾上に位置する。

常滑市沖の海域に分布する地質としては、第四紀完新世に属する沖積層と第三紀鮮新世に属する東海層群常滑累層が挙げられる。

沖積層は、主に常滑累層からなる基盤岩を浸食して形成された谷を埋積して分布している。本層は上部砂質土層、上部粘性土層、下部砂質土層、下部粘性土層、基底礫層に区分される。

海層群常滑累層は、この地域の基盤として全域に厚く分布する。本層は固結シルト層と砂質土層が数mの層厚で互層し、亜炭層や凝灰岩層を挟在する。本層の累計層厚は 1,000m 以上におよぶ。

地層構成を表-1 に示す。

表-1 土層構成表¹⁾

4. 施工条件

(1) 盛土の基礎地盤について

海上をシルト分が混じる砂質土で埋立て人工島を築造し、その上部に約 42 万 m³ の道路盛土を行う。

施工平面図を図-2、地質縦断図を図-3 に示す。基礎地盤の違いから A, B, C ブロックに分けている。

人工島の基礎地盤は、軟弱地盤対策工法として圧密沈下対策のサンドドレーン(以後 SD と記す)と液状化と盛土の安定対策のサンドコンパクションパイル(以後 SCP と記す)工法が既に実施してある。SD と SCP の仕様は、SD φ700@3.0m および SCP φ700@1.5m である。A, C ブロックの断面図を図-4、図-5 に示す。

(2) 盛土材料

盛土材料は紀伊長島産や松阪産を使用した。そのため、盛土材料は一部の流用土を除き全てが約 2,000 m³ 積の船舶で海上運搬をした。

盛土材料の陸揚げは、岸壁使用上の制約(場所・時期・期間など)からリクレーマ一船を使用して、1日当たり約 1 万 m³ の揚土を行った。

(3) 盛土計画と盛土材の仮置場

路体の盛土場は、護岸で締め切った埋立地盤上でした。そのため、設計の盛土は、緩速盛土工法で、1日当たり 3,000 m³ (5cm/日) の盛土速度で計画されていた。1日当たりの揚土量 1 万 m³ から盛土量 3 千 m³ を差し引いた 6,000～7,000 m³ が毎日仮置土となり、当初 33 万 m³ の仮置き土量が見込まれた。

時代区分	地層名	土層名	主な地質・土質	記号	記 事
新 完 四 新 生 紀 世	沖積層	上部 砂質土層	シルト質細砂 シルト混じり細砂 細砂 粗砂	as1	調査地域の表層を覆って広範囲に分布。層厚はおおむね数10cm～2m程度であるが、所々、4mを超える部分もある。また、一部はac1-s層と漸移関係にあると考えられる。
		上部砂質 シルト層	砂質シルト 砂混じりシルト シルト (低塑性限界) シルト質細砂	ac1-s	本層は最大層厚5m程度で、主にas1層の下位に、一部、漸移関係をもって分布する。また、おぼれ谷の端部に沿って、ac1層中にレンズ状に挟まれて分布するところもある。
		上部 粘性土層	シルト (高塑性限界) 粘土 (高塑性限界)	ac1	本層はおぼれ谷の上半部にあり、as1層およびac1-s層の下位に、最大層厚10m程度以下で厚く分布する。本層は全体に貝殻片や腐植物が混入。
		下部 粘性土層	シルト 砂混じりシルト 砂質シルト	ac2	本層はおぼれ谷の下半部に1～7m程度、平均層厚約3mで分布する。最深部の基盤岩に接する部分では、基盤岩起源の礫を混入する部分もある。所々にシルト質細砂の薄層を挟在。
		下部 砂質土層	シルト質細砂 細砂 礫混じり粗砂	as2	本層はag層とともに、沖積層の基底部としておぼれ谷の底部に層厚2m程度以下で広く分布。
		基底礫層	礫混じり粗砂 礫混じり粘土 シルト質砂礫 粘土質砂礫 砂礫	ag	沖積層の基底部としてas2層の下位に最大2m程度以下で分布するほか、南部では海食台上にも薄く分布する。本層は最大径7cm以下の角～亜角礫および粗砂～砂質シルトからなる。
第 鮮 三 新 紀 世	東海層群 常滑累層	固結 シルト層	固結シルト 固結砂質シルト 凝灰岩 亜炭	Tc	調査地の基盤としてTs層と互層して広範囲に分布。単層の層厚は1～数m。全体に不均質に炭化物を混入。凝灰岩層や亜炭層を挟在。
		砂質土層	シルト質細砂 細砂 粗砂	Ts	単層の層厚は10m以下である。本層は粒径の均一なものが多く、未固結状を呈するものが主体である。含水は全体として低位。

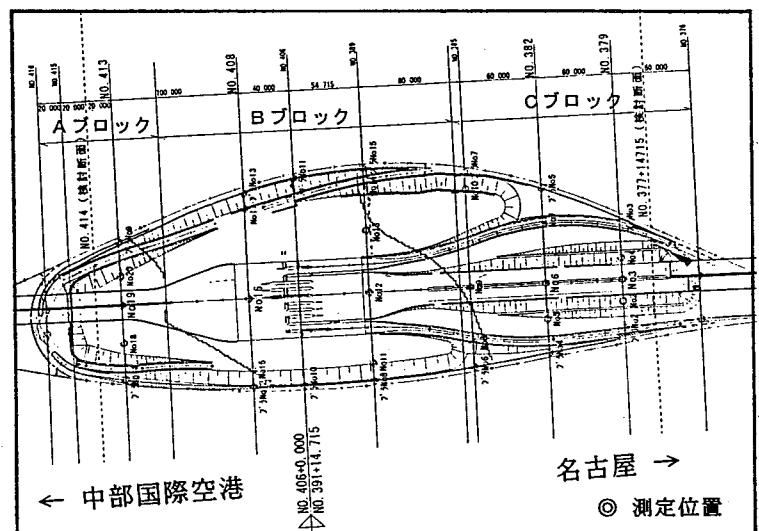


図-2 施工平面図

仮置場の選定は、関係各所との調整・協議を重ねた結果、盛土部東側の浚渫土埋立箇所と盛土部北側となった。盛土部東側の仮置場は、海面との高低差が少なく、また浚渫後間もないので、人が歩けないほど非常に軟弱な地盤であった。そのため、土木シートを敷設して、購入土への泥土混入防止と土工重機のトラフィカビリティ確保を図りながら施工を行った。

盛土する基礎地盤について、解析により安定性を確認した上で、盛土速度を計画の2倍1日当り6,000 m³ (10cm/日) に速めた。このことにより、揚土終了時点で仮置き土量は、計画時より14万 m³ 減らし約19万 m³ とすることができた。

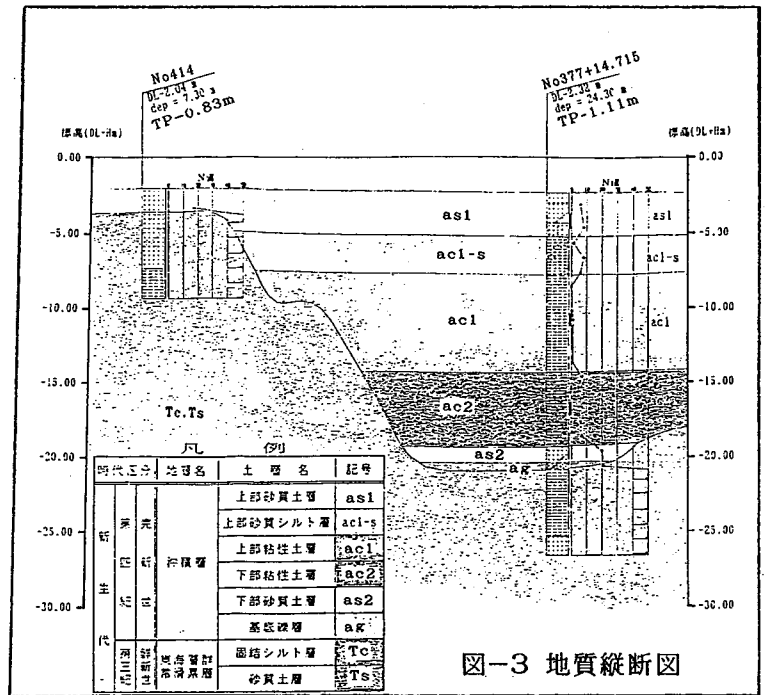


図-3 地質縦断面図

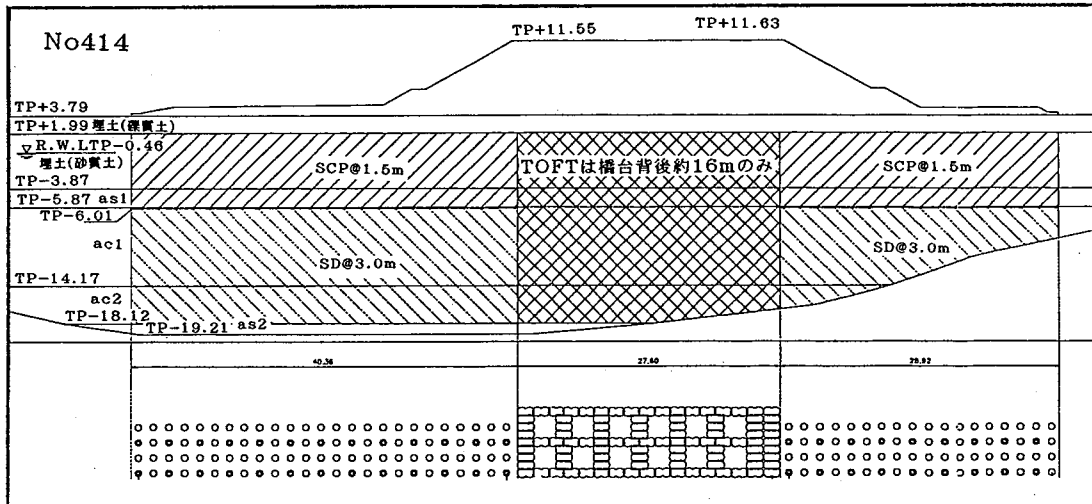


図-4 Aブロック断面図

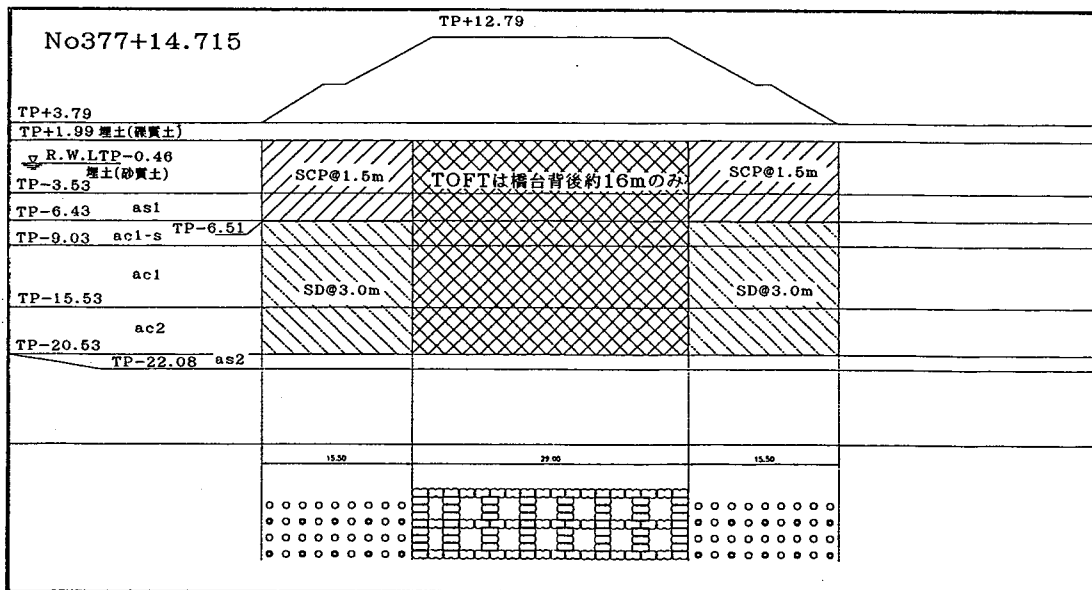


図-5 Cブロック断面図

5. 技術的問題点

本工事の施工区域のうち図-2に示したAブロックおよびCブロックは、基盤岩が浸食されて形成された谷に沖積粘性土層が10m以上埋積して分布している。そのため、約1.5mの沈下が予想されており、竣工時の残留沈下量を10cm（設計時は20cm）以内にすることが求められた。さらに、沈下が計画より遅れ残留沈下量が大きくなり、路床盛土、法面整形、排水工、擁壁工等の工種に工程遅延が生じる問題があった。

6. 沈下予測と対策工法

設計時の沈下予測は、地質条件にばらつきが大きいことや地層構成を詳細に把握することが困難なこと、さらに、本工事のように地形性状が複雑な場合はその影響を評価しにくいこと等から、実際の沈下挙動とは一致しない場合が多い。

したがって、今回の施工では図-2に示すように沈下測定を詳細に行い、安全性を十分確保した上で、施工精度の向上と工期の遵守に努めた。

(1) 予測方法

沈下計測データから最終沈下量と沈下速度を予測する方法は、双曲線法、浅岡法、星笠法などが用いられているが、予測結果が安全側の値となる場合が多い²⁾双曲線法を主に用いた。

計測は週に2回以上の頻度で行い、予測解析は2週間ごとに実施して、竣工時の残留沈下量が目標値の10cm以内に収まめることを目指し、盛土速度と施工箇所を調整した。また、法尻部において沈下量とともに水平変位を計測し、盛土の安定性を確認した。さらに、図-6の解析フロー図に示すように計測と解析を繰り返し実施して、沈下が次工種の工程に悪影響が生じないことを確認できた箇所から施工に着手した。

なお、A、Cブロック計測位置は、橋台と橋台背後の深層改良工法（TOFT）処理した地盤の影響を受けない断面としたため、設計時の検討断面と一致していない。設計盛土高と竣工盛土高には違いがある。

A、B、Cブロックの主な沈下計測値と設計値を比較し図-7～図-10に示す。

(2) 対策工法

図-7、9、10に示すように盛土施工開始から約200日までの計測沈下量が設計値より小さく、また、予測解析の結果が発散、もしくは最終沈下量と残留沈下量が非常に大きな値となった。そのため、その時点で人工島の基礎地盤に軟弱地盤の沈下対策工法として実施されたSD工法の効果が小さく、圧密速度が遅い可能性があると考えられた。そこで、沈下を促進させて残留沈下を軽減することと大きな荷重状態を維持することで予測解析の精度を上げるため、Aブロックで1m、Cブロックで2mの荷重盛土を行った。この盛土高は安定解析から安全と判断される最大高さを採用した。

表-2に示した期間、荷重盛土を実施したことで予測解析結果が安定し、最終沈下量が設計値より小さいことが予測された。

表-2 荷重盛土期間表

ブロック	盛土経過日数	荷重盛土期間
A	197日	67日
C	197日	30日

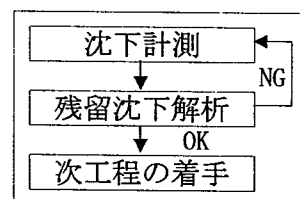


図-6 解析フロー図

7. 考察

(1) Aブロック

Aブロックの盛土中央における沈下量は、設計沈下量の1/4程度になっている。この原因として、図-4に示したNo414断面付近の常滑累層基盤面の傾斜が強く、計測位置では検討断面より圧密層が薄い可能性があると考えられる。また、間隙比が大きく、圧密係数が小さいAc1層におけるe-log p曲線がばらついていることも影響していると思われる。

荷重盛土撤去後の予測解析結果は安定し、盛土開始後320日以後の予測値と解析値はほぼ一致している状

態が続いている。このことから、最終沈下量も残留沈下量もほぼ推測値と一致するものと予想される。また、
 載荷盛土時の推定沈下値は現在の予測値よりも数%大きい値であった。この断面の計測結果から双曲線法による最終沈下量の推定は、既往の文献²⁾と同程度の精度を持つものといえる。

安定した後の計測値から実際の圧密係数 C_h を推定したところ約 $450\text{cm}^2/\text{day}$ となり、設計で鉛直方向の圧密係数 C_v をそのまま用いた $370\text{cm}^2/\text{day}$ と近い値となった。通常、水平方向の方が大きい³⁾と考えられるがドレーンの打設方法等の影響があるものと推測される。

(2) Bブロック

Bブロックの盛土中央における沈下量は、20cm程度と小さくほぼ収束している。

設計では、BブロックのNo408断面では、常滑累層基盤面の上に圧密層が無いものとして設計しているが、
 当初の調査で粘性土層が薄く堆積していることと海上でシルト分が混じる砂質土を埋立てたことによる沈下が起こったものとする。

(3) Cブロック

Cブロックの盛土における沈下量は、設計検討断面と離れているNo382断面では、設計値の1/3程度になっており、
 設計検討断面に近いNo379断面では、設計値の70%程度になっている。この原因として、No382断面ではAブロックと同様に、
 圧密層が検討断面より薄いことと間隙比の違いが、No379断面では主に、Ac1層における $e - \log p$ 曲線がばらついていることに起因していると思われる。

予測解析についてもAブロックと同じことが言え、盛土開始後250日以後の予測値と解析値はほぼ一致している。
 また、双曲線法の精度についても、SD工法の効果と水平方向の圧密係数 C_h についてもAブロックと同様のことが言える結果となっている。

Aブロック(No.413CL)

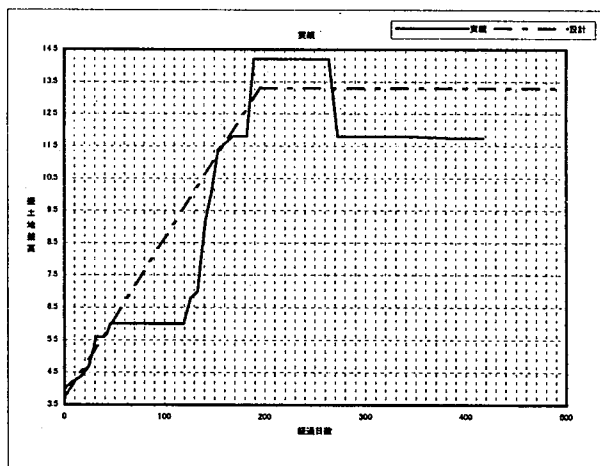


図-7 Aブロック変位観測図

Bブロック(No.408CL)

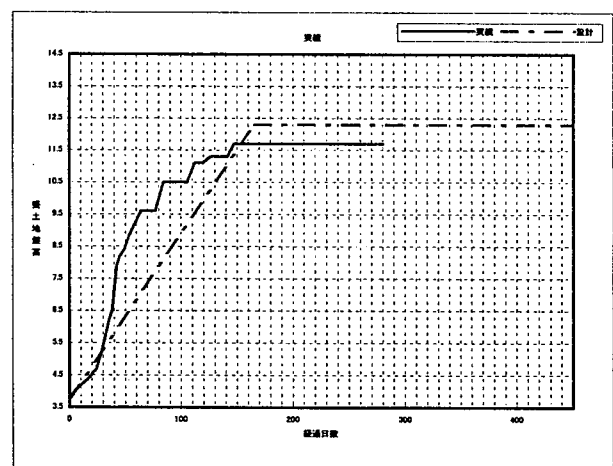
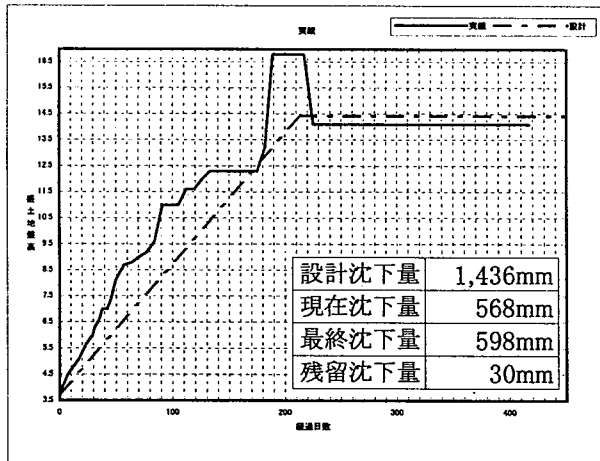


図-8 Bブロック変位観測図

Cブロック(No.382CL)



Cブロック(No.379CL)

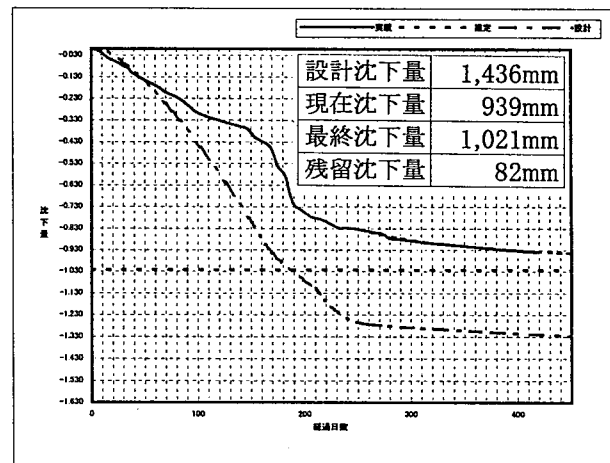
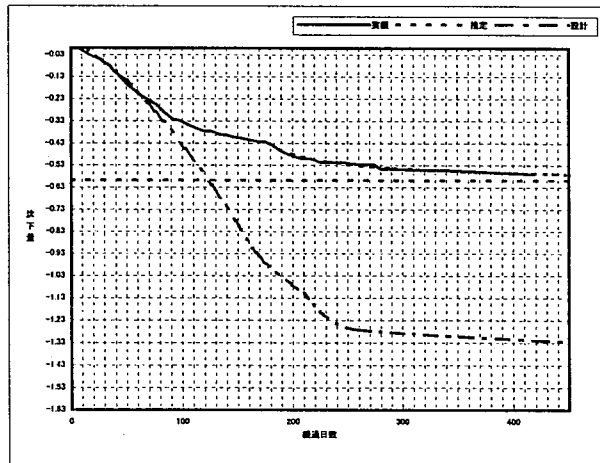
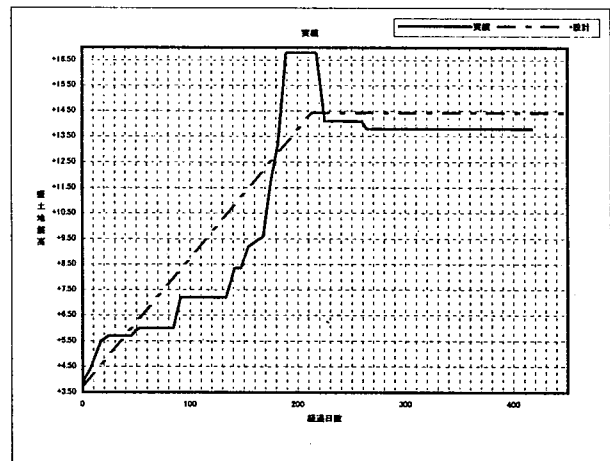


図-9 Cブロック変位観測図

図-10 Cブロック変位観測図

8. おわりに

知多半島中部西岸側の愛知県常滑市沖約 50~800mの伊勢湾で、海上埋立てで築造した人工島に約 42 万 m³の道路盛土を行った本工事で、以下の知見を得た。

- ・ 計測と予測解析を適正な頻度で行い、その結果を盛土施工にフィードバックすることで、施工の安全および品質の確保が可能となる。
- ・ 双曲線法による最終沈下量の推定は、既往の文献と同程度の精度を持つものと考えられる。
- ・ 本工事での SD 工法は十分に効果が有り、その設計に鉛直方向の圧密係数 C_v を用いることは適当であると考えられる。

なお、現在、道路盛土を完了し、ランプ建築物の構築と舗装工事が行われている。

また、関西国際空港で問題となった洪積層の圧密沈下は、基盤層が第三期鮮新世のものであるため、生じないものと考えられる。

参考文献

- 1) 臨海用地造成事業地質調査業務委託 (MH10-15) 愛知県、サンコーコンサルタント(株)、2000.
- 2) 吉国洋、井上年行、住岡宣博、原久夫：現場計測法による圧密予測法の特性について、土と基礎、pp7-13、1981. 8.
- 3) (社) 地盤工学会、地盤改良効果の予測と実際、2000. 2.