

Ⅲ - B109

滑走路下を横断するシールドトンネル施工時の
地表面沈下について

ハシフィクコンサルタンツ株式会社 正会員 水上博之 *

運輸省第二港湾建設局 児玉正俊 **

運輸省第二港湾建設局 岩渕守義 ***

1. はじめに

本報告のシールドトンネルは、供用中のC滑走路、新A滑走路の直下を横断し、羽田空港新ターミナル駅にアクセスする京浜急行電鉄空港線の延伸工事の一部である。本報告ではレベルにて計測された滑走路の地表面沈下量と泥水式シールドトンネル掘削による地盤応力解放のFEM解析結果を比較し、トンネル掘削の応力解放率および後続沈下について述べるものである。

2. シールドトンネル概要

トンネルは、土被り約15mの単線併列シールドでセグメントリング外径 $\phi 7,000\text{mm}$ 、覆工はRC平板型セグメントで覆工厚さ350mmである。シールドトンネル周辺の土層は主に沖積粘性土 A_{c2} であり、施工上地山の安定が問題となる地盤である(図-2)。

3. 地表面沈下量の実測値および解析手順

施工にあたってはトンネル直上が重要航空施設である滑走路という特殊性を考慮し、通常の施工よりも比較的高い泥水圧を切羽に与えた。また裏込注入圧は地盤鉛直応力と同等またはそれよりもやや高めに設定して慎重な掘進

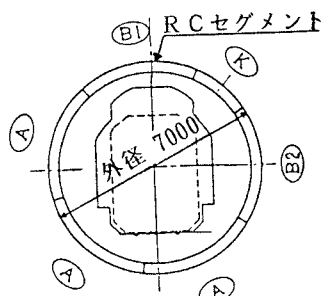


図-1 セグメント図

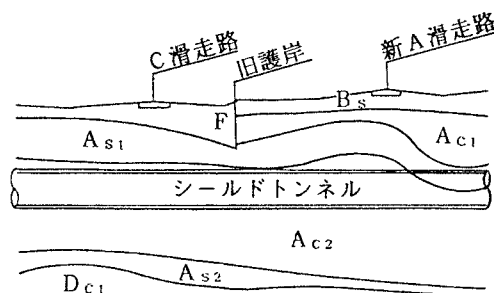


図-2 地層図

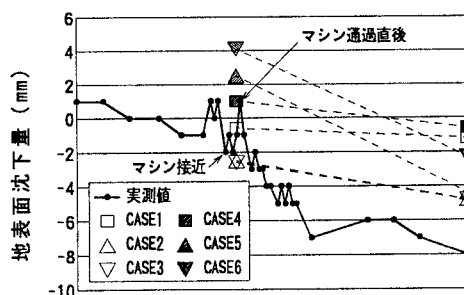


図-3 沈下図

を行った。新A滑走路中心における先行シールド直上の地盤変状は、図-3に示すようにシールドマシンが接近した段階では2mm程度の沈下が発生し、マシンが通過した直後では相対的に3mmの隆起が見られ、その後、継続的に沈下が発生して最終的に8mm程度の絶対沈下量が測定されている。これは鋭敏比が比較的高い軟弱な地盤に独特の沈下といえる。後続沈下の原因はシールド掘削等による地盤内応力の変化による圧密が主体的と考えられ、次に示す手順にしたがって解析を行った。

キーワード：シールドトンネル、地表面沈下、FEM解析、地盤応力解放、後続沈下

*〒163-07 東京都新宿区西新宿2丁目7番1号新宿第一生命ビル TEL 03-3344-0799 FAX 03-3344-1366

**〒144 東京都大田区羽田空港3丁目3番1号 TEL 03-5757-2088 FAX 03-5757-2090

***〒231 神奈川県横浜市中区北仲通5丁目57番地 TEL 045-211-7459 FAX 045-211-1238

STEP1：切羽面解放，テールボイド等による地盤応力解放を模式化した弾性FEM解析

解放応力は次式で与える． $P = (P_0 - P_f) \cdot \alpha$

ここに P_0 ：初期地盤応力

P_f ：施工で用いた泥水圧力（ $=2.7\text{kgf/cm}^2$ ）

または裏込注入圧力（ $=3.9\text{kgf/cm}^2$ ）

α ：応力解放率

STEP2：シールド通過による地盤内応力の変化に着目した圧密計算¹⁾

なお，解析のケースを表－1に示す．

4．解析結果

STEP1の弾性FEM解析の結果，表－2に示すように P_f を泥水圧として考えた場合には沈下，裏込注入圧として考えた場合には地盤の隆起が計算される．地盤の隆起は裏込注入圧を現地盤内鉛直応力よりも高めに施工したためであり，地盤の応力解放というよりもむしろ地盤を押し広げる挙動となり， α の大きい方が隆起量が多く計算されることとなる．次にSTEP2では弾性FEM計算で得られたせん断ひずみの変化量をもとに圧密計算を行ったが， α を大きくとるケースの方が圧密量が大きくなる傾向にある．実測値の比較においては最終沈下量の実測値が8mmに対して，解析では開放率が40％のケースで約4～5mmの結果となり，開放率10％および40％の解析結果から比例補外すると開放率が60％程度と計算される．ただし今回の沈下量は絶対値が小さくまた解析値と実測値との差は3mm程度であり，レベルによる計測誤差等を考えれば応力解放率の絶対視はできない．また内圧として泥水圧と裏込め注入圧を別のケースで解析したが，現実にはマシンと周辺地山との摩擦、切羽部分の応力解放や裏込注入圧力等により地盤が一部塑性化しているものと考えられ，これらの影響をすべて包括したものが実測値として計測されている．したがって，軟弱な地盤では計測結果のように後続沈下が支配的になることが多く切羽圧力，裏込注入圧力の値によって最終沈下量が大きく異なるものであり，今後軟弱な地盤における沈下予測解析では，内圧の仮定とともに応力開放率の選定にあたっては十分に注意しなければならない．

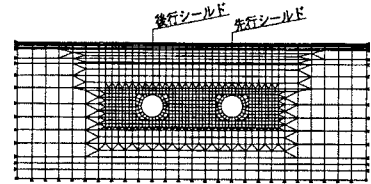
5．おわりに

設計時における沈下予測解析では約14mmであったが，実際の施工においては，後続沈下の影響をも考慮したうえで，やや高めの裏込注入圧を作用させ，当初予測よりも少ない沈下量でトンネルを掘進することができ，航空機の運用に全く影響がなかったことを最後に報告する．

本報告をまとめるにあたり詳細な測定結果やシールド掘進のデータを提供していただいた熊谷JV，大成JVの諸氏に感謝する次第である．

参考文献

1)『非排水せん断変形で生じた乱れに基づく正規圧密粘土の圧密現象』森・赤木 土木学会論文報告集第335号 1983年7月



図－4 モデル図

表－1 解析ケース

P_f ：泥水圧とした場合

	先行シールド [*] 応力解放率	後行シールド [*] 応力解放率
CASE1	10％	10％
CASE2	40％	10％
CASE3	40％	40％

P_f ：裏込注入圧とした場合

	先行シールド [*] 応力解放率	後行シールド [*] 応力解放率
CASE4	10％	10％
CASE5	40％	10％
CASE6	40％	40％

表－2 解析結果

単位：mm（＋：隆起－：沈下）

	STEP1	STEP2	最終沈下量
CASE1	-0.6	-0.6	-1.2
CASE2	-2.5	-2.3	-4.8
CASE3	-2.6	-2.2	-4.8
CASE4	+1.0	-1.6	-0.6
CASE5	+2.5	-6.9	-4.4
CASE6	+4.1	-6.4	-2.3