

軟弱粘性土地盤上に構築された鉄道盛土の長期沈下予測について(小橋台部)

西日本旅客鉄道(株)

(株)レールテック

中央復建コンサルタンツ(株)

正会員 ○西田幹嗣 泉並良二

正会員 熊本 清

正会員 中野尊之

1. はじめに

九州北部に位置する軟弱粘性土地盤上の鉄道盛土は、建設後約 35 年が経過しても年間数mmの沈下が継続している。この盛土の高さは約 8mで、地表面付近より軟弱粘性土が約 10m以上分布している。また、盛土部と橋りょう部の境界部には盛土上に小橋台(不完全支持形式の橋台、以下、小橋台部)が構築されている。この小橋台部では、近傍の一般盛土部(以下、一般部)よりも経年による沈下が大きく、過去に支承をジャッキアップにより嵩上げし、レールレベルが維持されている。近年の観測においても、同様の傾向であり、今後どの程度の期間にわたり、不同沈下がどの程度進行するかが判らない。そのような背景から、今後もレールレベルを適切に維持していくため、再嵩上げを含めた今後の維持管理方針をどのように立てるかが課題となった。このため著者らは、本論文において、一般部と小橋台部の実測沈下挙動の差違を述べるとともに、二次元弾粘塑性 FEM 解析を実施し、構造物の影響および桁荷重の影響等を分析し、今後の沈下予測を行うとともに、維持管理方針を策定した。以下に、その概要について報告する。

2. 地形・地盤概要

図1に土層断面図を示す。当該盛土は高さ 8m、両側に押え盛土(高さ 2.5m)があり、地表面より盛土層(B)・沖積粘土層(I cu・I cd・II a)・沖積砂質土層(I b・II c)がほぼ水平に分布している。盛土幅はのり尻で 59m(押え盛土を含む)、天端で 12mである。小橋台は縦断方向ののり肩に位置し、杭長 12mで、I cu 層まで打設されている不完全支持基礎である。表1に代表的な地盤パラメータを示す。主な圧密沈下対象層となる I cd・II a は、N 値 3~4 程度とやわらかい状態にある。

3. 実測沈下状況

図2に一般部における盛土施工工程と実測沈下量の経時変化図を示す。現在は建設開始から 13000 日経過し、累積沈下量は約 230cm に達する。さらに、平成元年(約 6000 日経過)を初期値とし、小橋台部の沈下が計測開始されており、一般部と小橋台部の沈下量は、 $\log t$ に比例した二次圧密沈下期間に達しており、その沈下速度は、小橋台部の方が速い状況にある(図3)。

4. 沈下解析

(1) 解析手法

沈下解析は、二次圧密が表現できる弾粘塑性圧密解析プログラム(DACSAR)を使用した。一般部と小橋台部の沈下傾向の違いを分析するために、解析ケースは、構造物(小橋台、基礎杭)の影響および桁荷重の影響を評価できるものとした。表2に解析ケースを示す。解析モデルは、横断モデルと、縦断モデルを組み合わせることで評価した。また、解析工程は、表3のように盛土施工時から設定した。なお、事前に一般部横断面において、図2に示す沈下量に対し同定解析を行い、適切な解

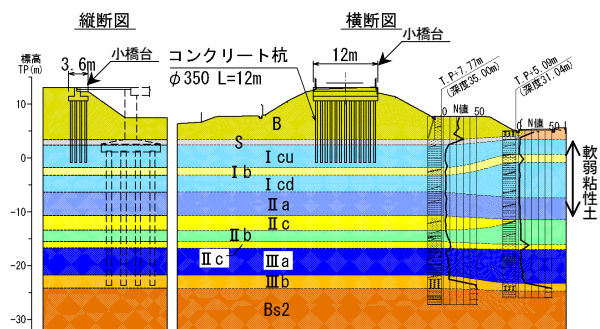


表1 地盤パラメータ

地層記号	湿潤単位体積重量 γ_t (kN/m ³)	平均 N 値	変形係数 E (kN/m ²)	塑性指数 IP	圧縮指数 Cc
B	19	28	15,369		
S	17	7	5,600		
I cu	17	3	2,134	35.9	0.527
I b	17	8	4,066		
I cd	17	3	2,684	26.9	0.590
II a	17	4	2,800	28.3	0.730
II c	18	16	8,125		
II b	18	4	2,800	19.1	0.490
III a	17	6	4,200	25.1	0.790
III b	19	28	18,900		
Bs2	20	50	24,781		

(*ハッチング部:粘性土)

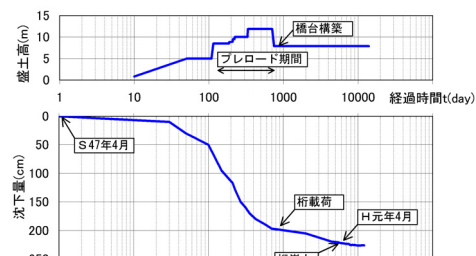


図2 一般部の沈下量経時変化図(実測値)

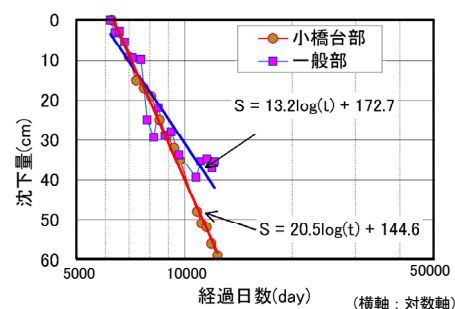


図3 小橋台部および一般部沈下量経時変化図(実測値)

表2 解析ケース

横断方向(桁荷重なし)		縦断方向(小橋台あり)	
Case1-1	一般部(小橋台なし)	Case2-1	桁荷重なし
Case1-2	小橋台部(小橋台あり)	Case2-2	桁荷重あり

キーワード 鉄道盛土、二次圧密、FEM圧密解析

連絡先 〒802-0002 北九州市小倉北区京町4丁目7番 TEL/FAX:093-512-0921 小倉土木技術センター

析パラメータを設定している¹⁾。

(2) 解析結果

a) 構造物（小橋台および基礎杭）の影響（桁荷重なしの条件）

構造物の有無による沈下傾向の違いを把握するために、桁荷重を載荷させていない状態を仮定し、横断方向の解析を実施した。ここで、図4に小橋台構築後からの小橋台天端における沈下解析値の経時変化図を示す。Case1-2はCase1-1と比較し、沈下量は85%程度に抑制される結果となっている。また、二次圧密の沈下勾配も90%程度に抑制されている。次に各土層の沈下の影響を評価するために、現時点を仮想し、盛土中央部での小橋台部および一般部の沈下量・鉛直ひずみの解析を行った(図-5)。この図より、Case1-2では、杭が配置されたことでIcu部の鉛直ひずみが小さくなっており沈下が抑制され、杭先端部では応力が集中し、若干沈下量が増えている。しかし、この応力集中による沈下は、全沈下量に対しては微小である。

b) 桁荷重の影響

小橋台に桁荷重が載荷された後の沈下について、縦断方向の解析を実施した。図6に小橋台構築後の沈下量(解析値)の経時変化図を示す。小橋台部では、桁荷重を作用させたCase2-2の方が沈下量は当然大きくなる。Case2-2において、小橋台部と一般部では、桁荷重を載荷させても、沈下量は小橋台部が小さいが、二次圧密の沈下勾配は桁荷重を載荷した小橋台部が大きい結果となっており、実測値の傾向と一致する。

図7に小橋台杭下端的粘性土Icdを対象に、応力と鉛直ひずみについて解析した結果を示す。応力一定下でひずみが進行する二次圧密の量は、一般部より小橋台部の方が多いたことが分かる。また、Case2-2はCase2-1と比較し、増加する鉛直応力の量は、微小(3kN/m²)であるが、ひずみの進行は大きいこと(0.005ほど大きい)が確認される。

(3) 解析のまとめ

上記の解析は次のことを示唆する結果となった。①桁荷重のない状態であれば小橋台・基礎杭の存在自体は沈下を抑制する方向に働く。②小橋台部は、桁荷重が載荷されることにより、圧密層に作用する増加応力は一般部よりも小さいにも拘わらず一般部より二次圧密の速度が大きい。

5. おわりに

今回の解析結果より、小橋台部の沈下は二次圧密によるものと判断されることから、今後も年間2~3mm程度の沈下が生じていくものと推測される。しかし、この程度であれば、通常の軌道整備によりレールレベルが維持できることから、継続的に監視を行うことで、必要に応じジャッキアップを行うという維持管理方針を考えている。なお、小橋台基礎杭の支持力については別途検討を実施しており、安全性が確保されていることを確認している。本検討は二次元モデルによる傾向分析を行うにとどまったが、今後、三次元モデルによる三次元的な応力場での評価、およびのり尻下の側方移動(水平変位)の影響を分析していきたいと考えている。

参考文献

- 1) 泉並良二ら：軟弱粘性土地盤上に構築された鉄道盛土の長期沈下予測について(盛土一般部)，第64回土木学会年次学術講演会，平成21年，投稿中

表3 解析工程

ステップ No.	工程	累積盛土量 (m)	累積 (day)	年月日
1	初期解析		0	S47.4.1
2~10	盛土	11.9	340	S48.3.7
11~18	放置期間	11.9	705	S49.3.7
19~22	プレロード撤去	7.9	749	S49.4.20
~26	軌道荷重載荷 橋台構築	7.9	884	S49.9.1
~29	開業	7.9	1,074	S50.3.10
~47	現在	7.9	13,425	H21.1.1
~57	100年後	7.9	49,949	H121.1.1

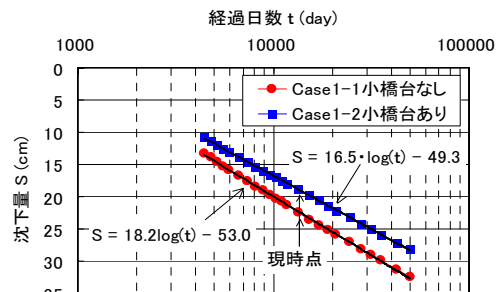


図4 横断方向の沈下量経時変化図(解析値、桁荷重なし)

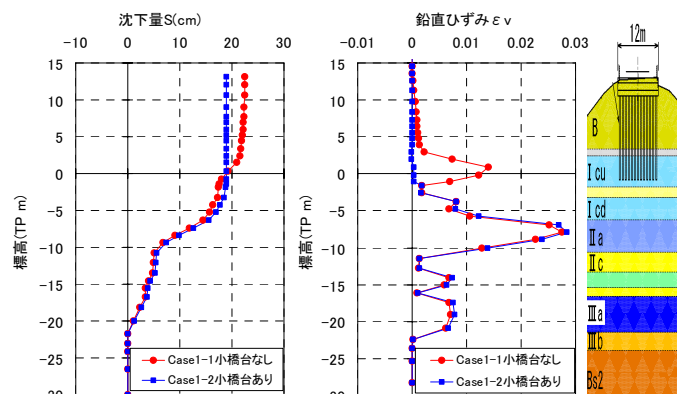


図5 現時点の小橋台部および一般部
想定沈下量・鉛直ひずみ標高分布図(解析値、桁荷重無し)

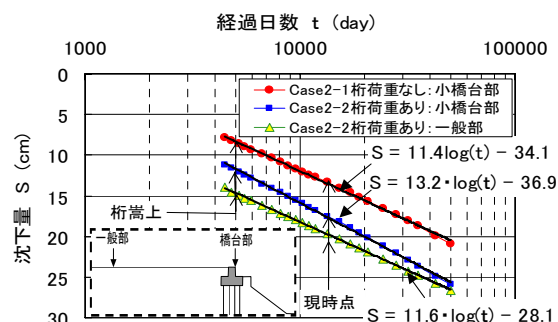


図6 縦断方向の沈下量経時変化図(解析値)

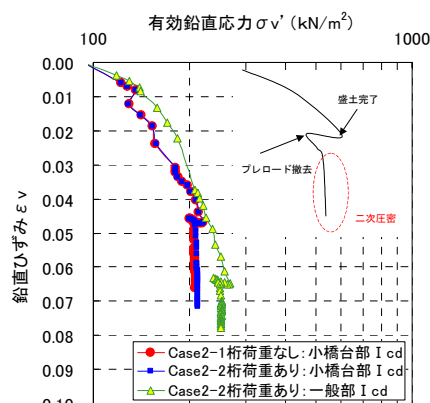


図7 鉛直ひずみ-有効鉛直応力
(解析値)