

ジェイ・エル・西日本コンサルタンツ(株) 楠本秀樹 ジェイ・エル・西日本コンサルタンツ(株) 正会員○山下茂樹
ジェイ・エル・西日本コンサルタンツ(株) 中川秀晴 西日本旅客鉄道(株) 正会員 妹尾 匡

1. まえがき

軟弱地盤上における構造物構築には様々な設計検討や特殊設計が必要とされるが、一般に地下構造物は増加荷重とならないので、比較的標準的な設計方法で対処できる。今回軟弱地盤上で地下函体を構築し、さらにその周囲に大規模な盛土を施工する設計ケースがあり、周囲の盛土によって生じる圧密沈下が函体に及ぼす影響が大きく、その対策として地盤改良を主体とする特殊な検討を行った。

2. 地下函体の設計概要

検討する設計モデルを図1に示す。鉄道函体は複線断面の1層2径間である。函体高さの半分以上を現地盤から突出させて構築し、その周囲に4.2mの盛土を施工する。圧密沈下を生じるのは、シルト質粘土のAc1層、Ac2層である。

圧密沈下量の計算は関口太田モデルによる粘弾塑性有限要素圧密解析プログラムによった。図2に最終沈下量計算結果を断面方向に整理した。未対策の場合、函体中央で140mm、端部で300mmの沈下を生じる。また函体部荷重を考慮しない場合(周囲盛土の影響のみ)の沈下量計算結果を図3に示す。今回の函体沈下の大部分は周囲盛土による引込み沈下と解釈出来る。

圧密沈下は収束まで数十年以上を要し、沈下速度も鉄道保守の対応範囲を超えており、何らかの対策が必要とされる。

3. サンドコンパクション工法による沈下対策

サンドコンパクション工法を沈下対策とする場合の施工図を図5に示す。施工範囲は函体両側5m、Ac1層までとし、改良率は10%を設定した。

サンドコンパクション工法による沈下促進効果を図4に示す。未改良では盛土完了後5年後でも最終沈下量の半分に達しない沈下量が、改良後では半年でほぼ最終沈下量を示している。また砂杭に応力を大きく分担させる計算を行えば、図2に示すように沈下抑制効果も現れる。ただしこの量は僅かであり、今回の場合はサンドコンパクション工法は沈下促進目的の工法としてのみ評価出来る。改良率を向上させた検討も行ったが、沈下促進速度が向上するだけで、沈下抑制に対する効果は見られなかった。

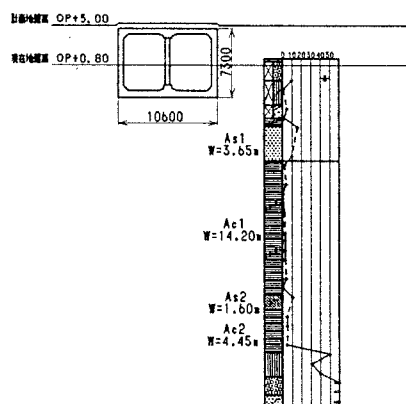


図1 検討モデル

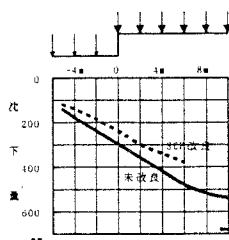


図2 沈下量分布
(函体考慮)

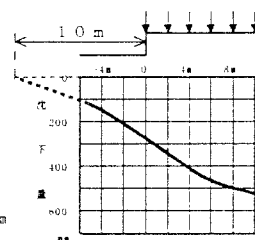


図3 沈下量分布
(函体無視)

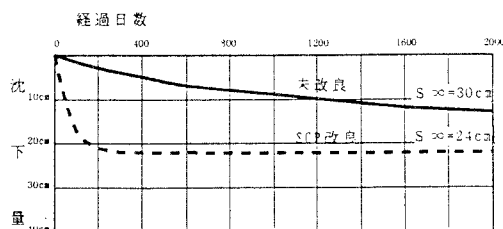


図4 沈下曲線

4. 深層混合攪拌工法による沈下対策

深層混合攪拌工法として DJM工法を検討した。改良範囲は図 6 に示すように函体幅、深度は Ac2層までとし、改良率は一軸圧縮強度 15kgf/cm²で25%とした。

DJM工法で Ac2層まで改良すれば、計算上圧密沈下は生じない。Ac1層までに留めた場合は Ac2層の圧密沈下を生じる。この量を計算し改良範囲を検討した。

まず最初に改良体自重及び函体荷重を圧密層までの荷重分散効果を考慮して計算した。この場合の Ac2層の最終圧密沈下量は21mmとなった。

ただしこの計算は周囲地盤の Ac1層が圧密沈下し、それが隣接改良体を引込む効果が評価されていない。その効果を図 7 の様に ‘ネガティブ’ フリクションとして計算すると、沈下量は93mmとなった。しかしこの場合は ‘ネガティブ’ フリクションは最大の周面力であり、考えられる最大の沈下量を計算しており、実際の沈下量はこの何割かに止まる。周面力は周囲 Ac1層の沈下速度にも依存する複雑な挙動を取ることが予想でき、具体的に評価することは困難である。

最後に図 8 に示す様に周囲地盤の引込み効果を盛土荷重の一部を改良体に荷重として作用させる計算を行った。この場合の沈下量は48mmとなった。

改良範囲を Ac1層までとした場合の沈下量は上記の結果から最大でも92mm、概ね50mm程度ではないかと推測され、鉄道保守で対応可能であるかどうかの判断を得て、改良範囲を設定したい。

5. EPS工法による沈下対策

今回の函体沈下は、周囲地盤の盛土による圧密沈下によって生じる引込み沈下である。このため周囲地盤の沈下を抑制すれば函体沈下も低減される。函体に影響を与える周辺地盤範囲は、図 3 の沈下量分布図を直線近似し、沈下量 0となる点と盛土との距離から10mとした。この範囲で盛土にEPS(発砲スチロール)工法を採用して圧密沈下を抑制すれば、函体部の沈下も計算上生じない。

また EPS工法を採用した場合の函体断面の変化について検討を行った。常時、地震時の検討で、EPSが周囲土圧を伝達する場合、地震時に EPSが崩壊した場合等の数ケースを設定した。その結果概ね断面は EPS工法採用による変化は無く、EPS崩壊の特殊ケースで主筋ランクが1~2上がるといった程度の結果を得た。

EPS工法の採用にあたり設計上の問題は少ないが、鉄道用地(函体部)以外の土地に鉄道構造物の挙動を左右する構造物を設置する(将来の土地利用も制限される)という用地、協議上の問題が大きい。

6. まとめ

軟弱地盤上の函体構築において、周囲の大規模盛土工法による引込み沈下が問題となるケースに対し、対策方法を検討した結果を報告した。特殊なケースであり、計算過程では設計上の仮定も数多く設定していることから、今後も慎重な検討を継続したい。また特に引込み沈下発生量は、その引込み挙動に興味を引く点が多く、出来れば実施工時に計測を行い、設計上の考え方を整理したいと考えている。

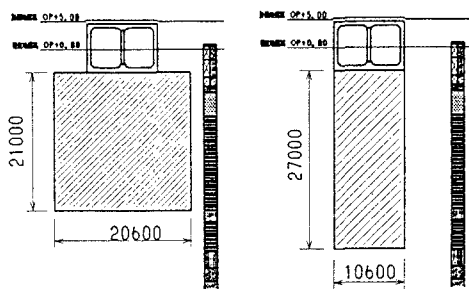


図 5 サンドコンパクション工法 図 6 深層混合攪拌工法
施工図 施工図

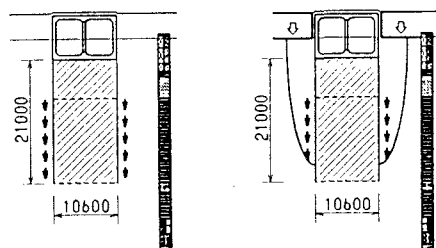


図 7 ‘ネガティブ’ フリクション 図 8 盛土荷重考察図
考察図

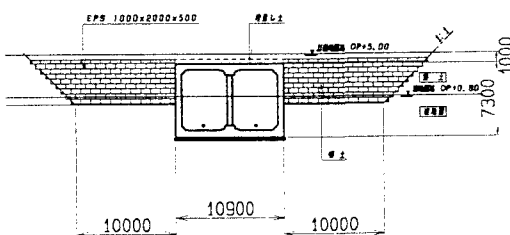


図 9 EPS工法施工図