

V-3

立体補強材を用いた路盤盛土の施工
～ パイルネット工法との併用

北海道旅客鉄道株式会社 正員 安井 洋
北海道旅客鉄道株式会社 正員 菅野 光洋
北海道旅客鉄道株式会社 正員 吉野 伸一

概 要

J R学園都市線複線化工事における軟弱地盤対策について報告する。施工地域の地盤は、泥炭層を含み極めて軟弱であるため、盛土および軌道等の荷重・載荷による沈下抑制対策として、パイルネット工法による地盤改良を行った。腹付け線増工事という施工の制約上、十分な路盤厚の確保が困難であり、杭の不等沈下に対するパンチング現象が予測されることから、路盤材に立体補強材を用い、荷重の分散、強度の増加を図った。これらの施工、並びに、施工の結果得られた路盤の強度、沈下量等について報告する。

1. はじめに

本報告で述べる施工は、J R学園都市線 太平・篠路間(延長 2.9km)の複線化工事で行ったものである。この工事は、平成5年に鉄道整備基金助成事業の採択を受けた同八軒・あいの里教育大間の複線化事業の一部である(図1)。

学園都市線の位置する石狩平野には、主として未固結土よりなる第四紀層(沖積層)が分布している。その表層は後背湿地堆積物の泥炭で覆われており、地盤は非常に軟弱である。工事に先だって行われた地質調査によると、多くの地域でN値4以下の層が10m以上あり、地域によっては地下15mまでN値4以下の層が続いている(図1)。このため、複線化の腹付け線増工事にあたっては、何らかの地盤改良を施すことが必要であった。

2. 地盤改良

地盤改良の設計にあたっては、『盛土・軌道荷重等載荷による、開業後の残留沈下量を10cm以下、沈下速度を3cm以下/年に抑える』という基準を設け、これを上回る想定される区間においては、沈下抑制対策を施すことにした。

残留沈下量の想定は、盛土支持地盤の圧密沈下のみを対象とし、Terzaghiの一次元圧密法により算定した。その結果、施工区間 2.9kmのうち、残留沈下量が10cmを越えると想定された区間は約 1.6km(学園都市線: 8k200m～9k800m)で、想定される最大残留沈下量は35cmであった。

現在、沈下抑制対策に効果のある工法として、攪拌混合杭工法、置換工法、EPS工法、パイルネット工

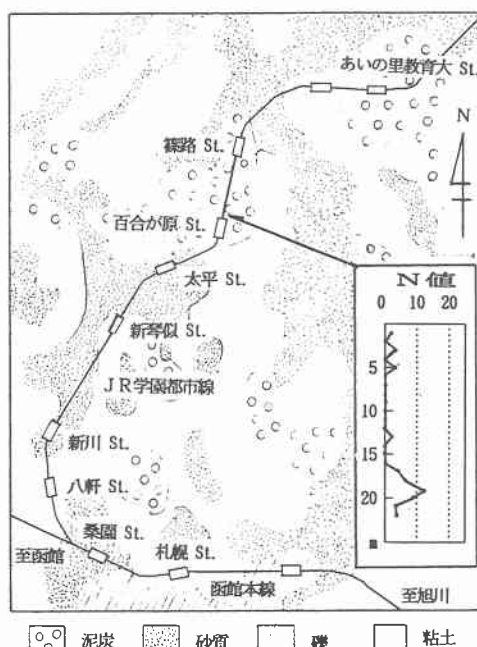


図1 施工位置と地質概略

Application of Geo-Cell to Road Bed on Soft Ground Improved by Pail-Net Method
by Hiroshi YASUI, Mitsuhiro KANNO and Shin-ichi YOSHINO

法等が考えられるが、腹付け線増工であるため、在来線への影響を考慮すると、大規模な掘削を要する工法では施工が困難である。安全性、施工性、経済性等の点から比較検討して、パイルネット工法を採用した。

パイルネット工法は、既成杭（通常は木杭）を地盤中に等間隔に多数打設し、杭頭部を連結部材により連結することで載荷重を地中に

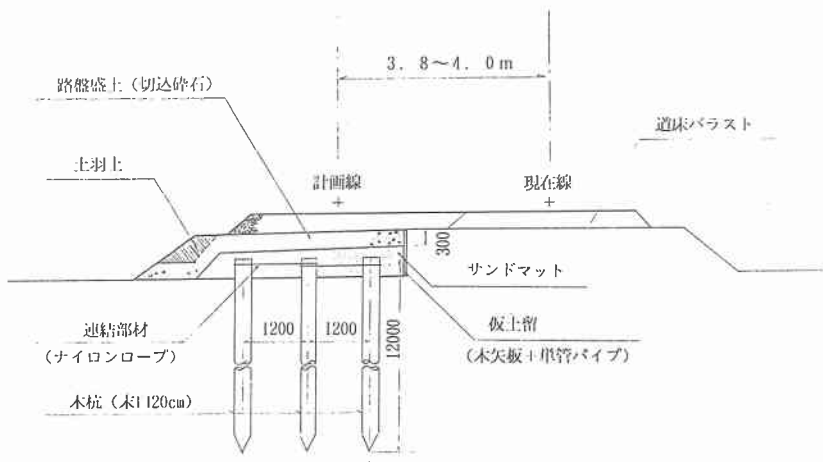


図2 パイルネット工法施工区間標準断面図

分散、伝達する工法である。パイルネット工法の標準断面図を図2に示す。パイルネット工法では、盛土荷重が杭を介して深層に作用するため、直接地盤面には作用せず、滑り破壊および塑性流動を防ぐこともできる。杭頭部を覆うサンドマットは、荷重の均等化を促進すると同時に排水層の役割も担っている。

杭長の設計では、完全支持杭を想定すると杭が非常に長くなり、材料入手、施工、経済性で問題が生じる。このため、多少の沈下を許容することにし、群杭効果を考慮した杭1本あたりの許容支持力で設計を行った。

この方針に基づき、設計条件を、支持層のN値が8、杭1本あたりの荷重を3.7tf（常時）、5.2tf（一時）とした結果、杭長は12mと算出され、杭間隔は縦断方向、横断方向それぞれ1.3m、1.2mとなった。

3. 立体補強材の適用

パイルネット工法では、路盤内で荷重を分散させ、杭がこれを負担することで沈下が抑制される。荷重を分散させるためには、杭間に対して十分な路盤厚を確保することが必要である。これが不十分であると、杭間に不等沈下を生じ、その結果、杭に衝撃力が作用するパンチング現象が引き起こされるおそれがある。

パンチング現象を防止するためには、通常の路盤の場合、杭間隔Dと路盤厚Hとの関係を、 $D < H$ とする必要のあることが知られている¹⁾。従って、杭間隔をより密にするか、あるいは路盤厚を大きくする方法が考えられる。しかし、前者の場合、杭本数が多くなり、経済性に問題がある。後者によれば、在来線盛土のすき取り深さが大きくなるため、施工時の安全性に問題が生じる。従って、これら以外の対策として、路盤を強化することにより荷重の分散を図り、不等沈下を抑えることにした。ここで路盤強化に用いた材料は、立体補強材（通称「ジオセル」）である。

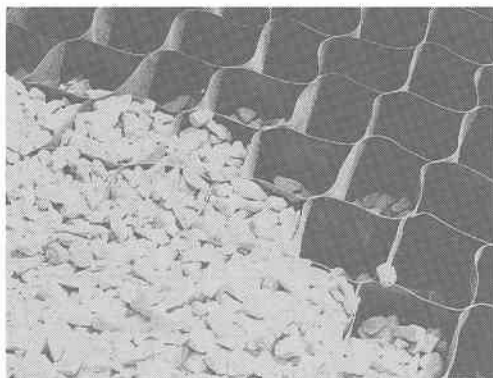
ジオセルはハニカム構造の高密度ポリエチレン材料で、図3に示すような形状をしている。一般には地盤、あるいは盛土の上にジオセルを敷設し、セルの中に切込碎石等を充填して路盤盛土を構成する（図4）。

ジオセルは、荷重載荷によって生じる3荷重領域（主働領域、受働領域、過渡領域）間の土の移動を抑えることにより、地盤の支持力向上を図るものである²⁾。通常、地盤に荷重が載荷されると、主働領域が、過渡領域、受働領域を押し出して地盤が変形するが、ジオセルを用いた地盤では、セルと充填材との摩擦力、セルの横方向抵抗力が作用し、これにより土の移動が阻止



図3 ジオセルの構造

今回の施工の標準断面図を図6に示す。サンドマットとジオセルの間には、切込碎石のサンドマットへのめりこみを防止する目的から、ストレッチファイバーと呼ばれるシートを敷設している。なお、セル内の充填材料には切込碎石(40-0)を用いたため、排水性が高く、噴泥対策の効果も期待できる。



4. 施 工

施工のフローチャートを図7に示した。シート敷設、ジオセル敷設の作業を除き、切込碎石のまき出し作業はバックホー、敷均し、転圧には、それぞれブルドー

図5 ジオセルによる地盤の補強

ここでは、20cm厚のジオセルを用い、30cm厚の路盤を施工したので、まず、ジオセル天端(20cm)までまき出し、転圧し、さらに同様の作業を残り10cm厚分を行った。

```

graph TD
    A[シート敷設] --> B[ジオセル敷設]
    B --> C["切込砕石まき出し  
1層め 20cm  
2層め 10cm"]
    C --> D[敷均し・転圧]
    D --> E[路盤盛土完了]

```

図7 ジオセル施工フロー

いると考えられる。

表 1 平板載荷試験結果

(単位: kgf/cm)

位 置	8k800m	8k900m	9k000m	9k100m	9k200m	9k300m	9k400m	平 均
K ₃₀	15.2	13.2	13.8	14.6	12.4	13.8	16.8	14.3

5. 沈下測定

サンドマット施工後の、杭の沈下測定結果を図8に示す。図中、各時期の施工内容を併記した。

測定結果では、盛土終了後徐々に沈下が生じ、ジオセルの敷設・切込砕石の転圧により、これが、さらに進行している。しかし、転圧後沈下が収束し、この測定点における盛土荷重載荷後（約6カ月後）の沈下量は約23mmである。その後、軌道荷重、営業運転による列車荷重が載荷されているが、沈下の進行はみられない。他の測定点で得られた沈下量も同じような傾向を示しており、盛土載荷後の沈下量は営業運転開始後でもほぼ同程度の20mm前後である。

現地の地盤が、地下10m以上にわたりN値0～2程度の非常に軟弱な層が続いていることを考えると、パイルネット工法の効果により、この程度の沈下に抑えられていると考えられる。

また、定量的な議論はできないが、営業運転開始後約2か月の時点で、特に軌道変状等の報告は成されていないことから、ジオセルによる荷重分散も十分に達成されているものと判断できる。

今後、さらに沈下測定を継続し、長期的な沈下動向をみて、本工法を検証し今後の参考とする所存である。

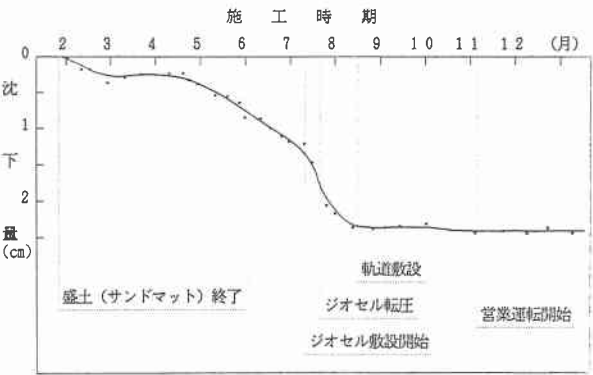


図 8 杭の沈下測定記録

6. 結 論

本施工の結果、次のような結果が得られた。

- ①パイルネット工法と立体補強材との併用により、比較的路盤厚の小さい場合でも、盛土の沈下が防止され、路盤として十分な強度が確保された。
- ②ジオセルによる路盤盛土は機械施工により高い施工性を得ることができる。

最後に、本工事の計画・施工に際し御指導いただいた（財）鉄道総合技術研究所の関係者の皆様に厚く御礼申し上げます。

参考文献

- 1) 財団法人鉄道総合技術研究所：杭網（パイルネット）工法設計・施工の手引き
- 2) 関根悦夫、村本勝巳：補強材を用いた路盤の強化，鉄道総研報告，1992年12月，p. 17～25