

VI-5

E P Sを用いた補強盛土の
設計・施工について

J R 北海道	正 員	野内 宏
同 上	正 員	田村 紳一
同 上	正 員	小西 康人
同 上	正 員	高木 敏雄

1. はじめに

桑園を起点とし、新十津川に至るJ R北海道札沼線（愛称名：学園都市線）は、近年における沿線の市街化の進展や新駅の設置等により、都市鉄道として札幌都市圏輸送の役割を担う重要な路線である。住宅地開発により市街地の外延化が一段と進み、特に札沼線の沿線は近年、住宅団地等の開発により人口増加が著しく、これに伴い輸送量も着実に増加している。

当社では、札沼線の混雑緩和を図るとともに将来の増加する輸送需要に対処するため関係自治体の協力と鉄道整備基金の助成（都市鉄道整備助成事業）を受けて平成5年から八軒・あいの里教育大間（延長11.4km）の複線化事業を進めてきており、そのうち八軒・大平間（延長4.5km）は連続立体交差事業として高架化を同時に進めている。すでに地平区間の太平・あいの里教育大間（延長6.3km）の複線化は平成9年3月に完成し、高架複線区間の内、八軒・新川間の高架化工事（単線：延長1.7km）は平成8年6月に完成して、同年1月から複線化工事に着手している。新川・太平間の高架化工事は、平成9年3月から高架橋を新設するために必要なスペースを確保する目的で、現在線を西側に移設する仮線工事に着手し、同年9月に仮線の使用を開始（図-1）して、平成11年度末の開業に向けて現在高架橋本体工事を進めている。

今回、仮線の既設高架橋取付部の盛土に荷重軽減、工期短縮を目的としてE P S（Expanded Polystyrol）



写真-1 開業後の補強盛土

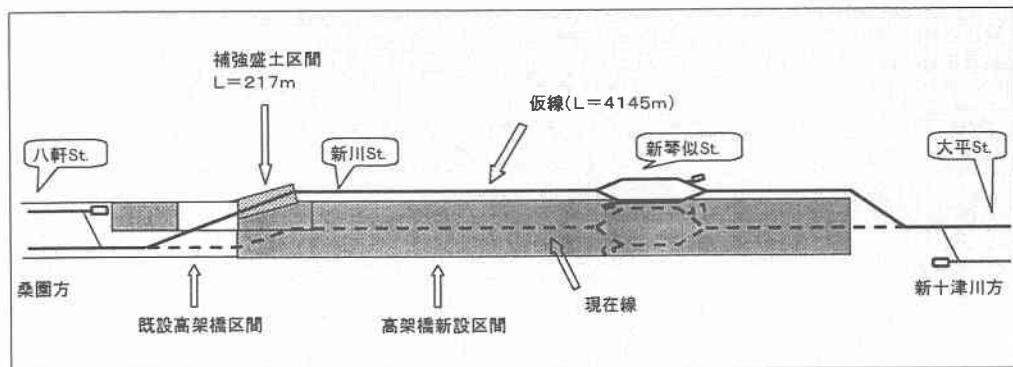


図-1 札沼線新琴似高架仮線略図

Design and Construction of Reinforced Embankment used E.P.S.

by Hiroshi NOUCHI, Shiniti TAMURA, Yasuhito KONISHI, Toshio TAKAGI

を用いた補強盛土を採用した。EPSは、これまで軽量盛土材料として道路を中心に鉄道のホーム等でも広く使用されているものである。列車荷重が直接作用する鉄道の盛土に使用した例は極めて少なく、今回その設計・施工について報告する。

2. 工法の選定

札沼線の八軒・太平間沿線は、砂・礫・粘土・泥炭等からなる軟弱な低地堆積物が分布し、当盛土区間においてもN値0～4の軟弱な粘性土が厚く分布しているため、高架橋施工時に隣接して約2.5m掘削する場合に、盛土の基礎地盤の沈下・安定性が懸念された。

高架橋との取付位置の盛土高は5.8mであり、計画盛土に対する安定計算結果から、高架橋施工時に盛土高3.6m以上の区間において何らかの軟弱地盤対策を講じなければ、円弧滑りの恐れが生ずることが判明した。

そこで、施工性、経済性及び工期の面から、施工法を以下に示す3案について比較検討を行った。

①全体鋼矢板構造

- ・盛土荷重による円弧滑り、高架橋建設時の仮土留めを鋼矢板にて支持する。

②EPS併用による荷重軽減鋼矢板構造

- ・盛土材の一部にEPSを用いて荷重軽減を図る

③EPS併用による荷重軽減補強盛土構造

- ・盛土材の一部にEPSを用いて荷重軽減を図り、補強盛土構造とする。
- ・高架橋建設時には、仮土留めを設置する。

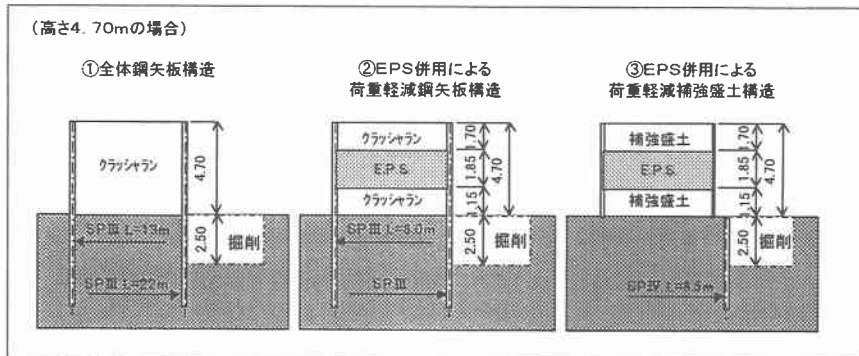


図-2 工法の選定

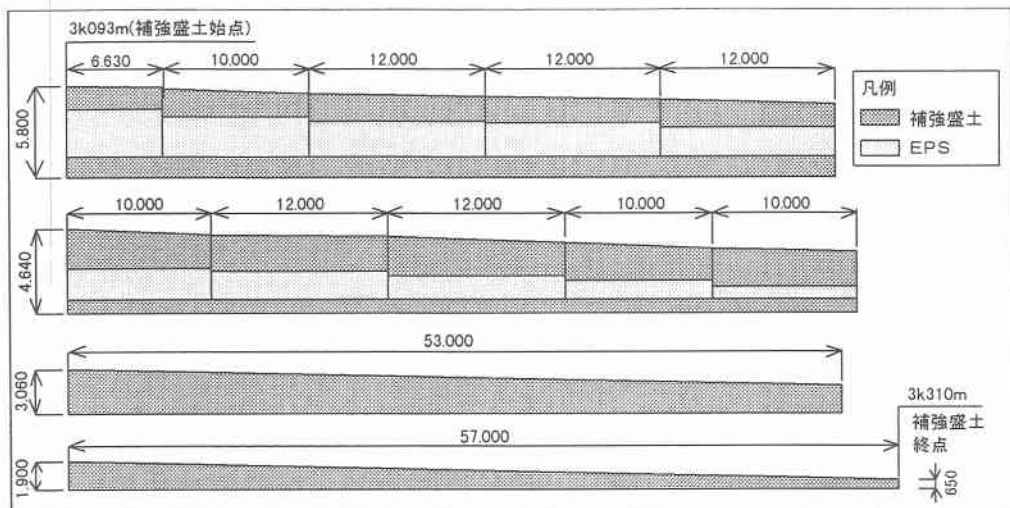
なお、①は高架橋建設時の仮土留めを兼用しているため、鋼矢板が最長23mに達し不経済となり、継手に時間を要する。②は鋼矢板の延長を短くでき、継手が解消されるが、鋼矢板の施工枚数が多くなり、不経済となる。また、現場が狭いため資材の搬入・保管場所確保が困難となる。③は高架橋施工の掘削時に鋼矢板土留工が必要となる。また、補強盛土の効率的な作業に工夫を要するが、最も経済的である。

以上検討した結果、盛土施工箇所が営業線近接でもあり、長物資材の取り扱いに問題があるとともに、高架開業までの工期及び経済性を考慮して③のEPS併用による荷重軽減補強盛土工法を採用することとした。

3. 設計概要

(1) EPS使用範囲の検討

盛土の安定計算の結果、常時状態で問題が発生しない盛土高は3.6mとなり、これ以上の荷重を受ける場合は、円弧滑りに対し所定の安全率1.2を確保できない。このため、盛土高3.6m以上の箇所は、EPSを併用し



図－５ 補強盛土側面図

４．施工概要

当補強盛土工事は、仮線工事の一部であり、平成9年9月18日の仮線開業までに軌道工事を含めて工事を完了する必要があった。図－５に補強盛土の側面図、図－６に断面図を示す。

主な施工工程を以下に示す。

① H形鋼打込み（防護壁）

ジオテキスタイルは、土に発生する引張力を分担する役割を目的として配置される。したがって、防護壁を先に施工して、補強土を積上げていくと予め建込んである壁体が補強土を拘束するため、ジオテキスタイルに引張力が生じない恐れがあり、ジオテキスタイルの施工を先行して行う必要がある。

施工箇所は狭隘のため、杭のみを先行して行い横矢板の施工を後から行うこととした。

② 下部補強盛土の施工

ジオテキスタイルを凹凸やずれが生じないように壁面と直角に敷設し、土嚢を端部に3段（高さ300mm）積み込みジオテキスタイルを巻き込む。その後盛土材を敷き均し、転圧し、防護壁の矢板を取り付け碎石で間詰めを行い、順次施工する。

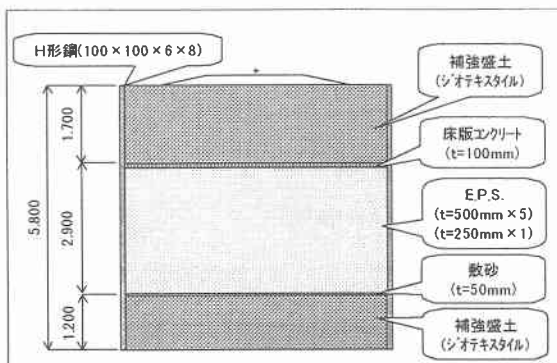
③ 砂敷き均し

不陸整正の為に砂を敷き均す（厚さ50mm）。

④ EPS 積み込み

使用したEPSブロックは密度 20kg/m^3 、縦 $2\text{m} \times$ 横 $1\text{m} \times$ 高さ 0.5m 、 0.25m で自己消化性のあるものを用いた。

補剛コンクリート柱の孔（直径150mm）は m^2 当たり1箇所、予め工場にて加工した。2段目の施工は1段目



図－６ 補強盛土断面図



写真－２ EPS 積み込み状況

荷重の軽減を図ることとした。最大盛土高位置では約2.5mのEPS置換が必要となり、EPSの厚さの加工が25cmまで可能なことから床版コンクリートを考慮して最大で2.75m置換することとした。

(2) EPS配置検討

補強盛土中のEPSの配置箇所については次の3案が考えられた。

- ①盛土上部・・・列車荷重の影響が大きく、EPSの弾性振動が道床バラストの安定及び耐久性に問題がある。
- ②盛土中間部・・・補強盛土、EPS、補強盛土の順になるので、施工工程が増える。
- ③盛土下部・・・構造的に不安定であり、盛土重量の増加によるEPSの規格を上げる必要がある。また、地震時にトップヘビィとなる。

以上より、安全性、経済性を考慮し、施工性は若干低下するが中間部での使用とした。

(3) EPS内の補剛コンクリート杭の施工

列車荷重が直接作用する鉄道の盛土にEPSを使用する場合は、動的な変位量が大きく、何らかの対策をする必要があることが(財)鉄道総合技術研究所の実験で明らかにされている。対策としては、EPS自体の圧縮剛性確保を目的に、EPS 1㎡当たり1本の割合で杭径150mmの無筋コンクリート杭(材質は保護コンクリートと共通とし同時に施工する)を施工した。(図-3)

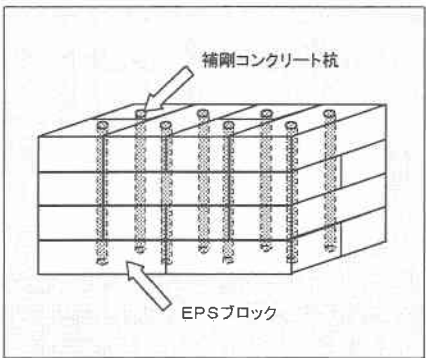


図-3 補剛コンクリート

(4) EPSの材質選定

EPSに作用する総荷重は5.67tf/㎡であり、EPSの材質はD25が適合対象となる。しかし、当該線区は使用期間が2年半の仮線であり、列車荷重を受ける仮設構造物として、許容応力度の割増25%を考慮するとD20が使用できる。D20の標準許容応力度は5tf/㎡で仮設扱い25%割増では6.25tf/㎡となることから、D20規格を採用した。

(5) 防護壁の検討

防護壁は、ジオテキスタイル及びEPSを外敵(紫外線・薬品・ガソリン等)から防護する目的で施工し、構造はH形鋼と横木矢板とした。

補強盛土とEPSは、各々自立性の盛土方式であるが、補強盛土中間に異質材(EPS)を挟み込むことによる影響が懸念されたために以下の検討を行った。

- ①土とEPSの摩擦抵抗係数0.5を考慮した場合、補強盛土に発生する地震時水平力は補強盛土とEPSの境界面を介してEPSに伝達される。
- ②EPSも基本的には自立性の材料であり、EPS相互は金物で定着されているが、鉛直荷重に対して、便宜的にポアソン比を水平方向に発生する分力と見なす。(ポアソン比は0.1~0.15)

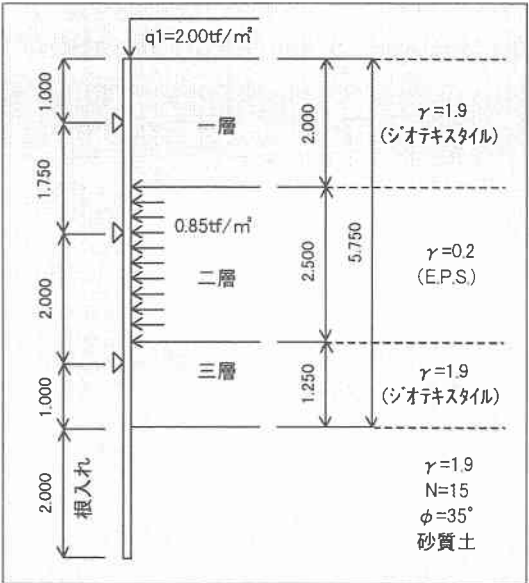


図-4 防護壁構造モデル

以上の条件を基に図-4に示すような構造モデルを用いて、タイロットとH形鋼の根入れ長を決定した。

とEPSブロックを直角方向に位置をずらして、相互の目地が上下に連続して重ならないように孔をあわせながら順次施工した。EPSブロック間相互の連結は上下左右に歯形のついた接続金具を用いた。また、EPSと防護壁の間隙は切込碎石を充填した。

⑤不織布の敷設

不織布（厚さ0.5mm）は、EPSと床版コンクリートとの縁切りのために敷設した。これは、仮線（補強盛土）は2年後に撤去するため、産業廃棄物処理及びEPSの再利用をスムーズに行うためである。

⑥床版コンクリートの打設

コンクリート（圧縮強度21N/mm²、厚さ10cm）は載荷重の分散や、油等からのEPSの保護、整正等を目的として施工した。また、施工上の利点から、補剛コンクリートも同時に打設することとした。

⑦上部補強盛土の施工

②と同じ

⑧軌道工事

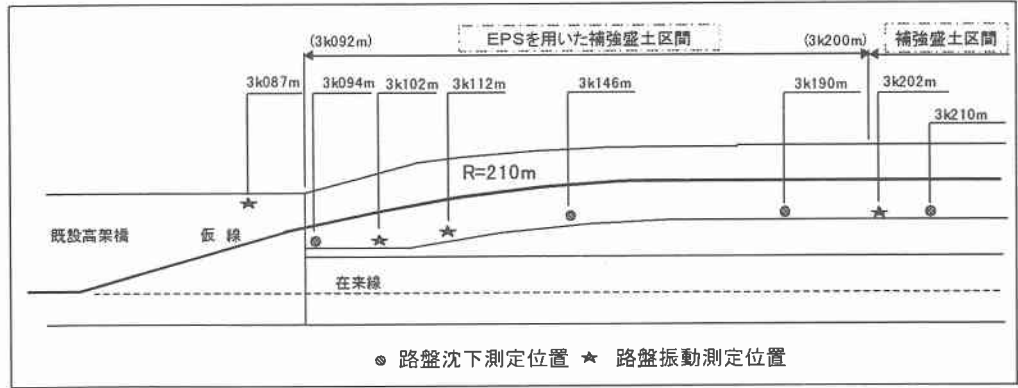
軌道構造を表－1に示す。

表－1 軌道構造

	始点～3k145m	3k145m～終点
レール	50Nレール	
マクラギ	木ー並マクラギ	
	39本／25本	37本／25m
締結装置	F形改良型タイプレート	犬クギ
道床	バラスト（厚さ200mm）	
線形	曲線（半径210m）	直線

5. 施工後の経過

仮線は平成9年9月18日から使用開始しているが、開業後の列車通過時による補強盛土の状態を確認するために路盤振動及び路盤沈下量測定を行った。測定箇所を図－7に示す。



図－7 路盤振動及び路盤沈下量測定箇所

(1) 路盤振動測定

前述したように、鉄道の盛土にEPSを使用する場合、動的変位に対する対策をとる必要があり、今回は剛性コンクリート柱の施工及び、EPSを盛土中間部で使用することで対応したが、実際の効果を確認するために、列車通過時の路盤振動測定を行った。測定箇所は、既設高架橋スラブ上で1箇所、EPSを用いた補強盛土区間で2箇所、補強盛土区間で1箇所行った。測定方法は、加速度計を使用し左右動・前後動・上下動の変位量を求めた。

測定結果を図－8及び図－9に示す。3k087mは高架橋スラブ区間、3k102mと3k112mがEPSを用いた補強盛土区間、3k202mは補強盛土区間である。EPSを用いた補強盛土区間の左右動が、他と比べて若干大きい

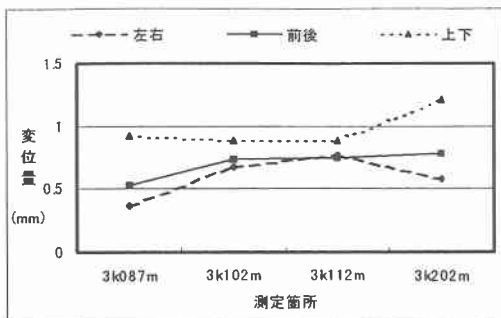


図-8 路盤振動測定（キハ201 3両編成）

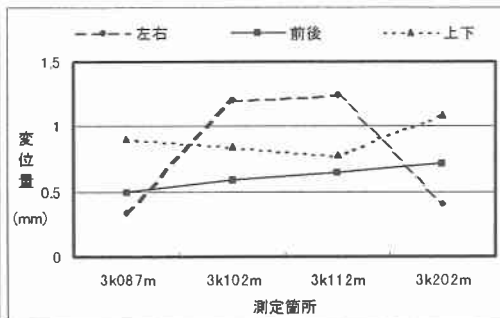


図-8 路盤振動測定（キハ141,142 4両編成）

が、最大でも1.3mm程度である。

（2）路盤沈下量測定

前述した通り、当盛土区間は軟弱な粘性土が厚く分布しており、圧密沈下が予想され、計算による最終沈下量は283mmとされた。EPS敷設後、EPS上端部に沈下盤を設置しレベルにより沈下量の測定を行った。

図-10に開業後の沈下量を示す。当初予想された開業後の残留沈下量は40mmと計算されたが、平成9年12月16日までの沈下量は20mm～30mm程度である。

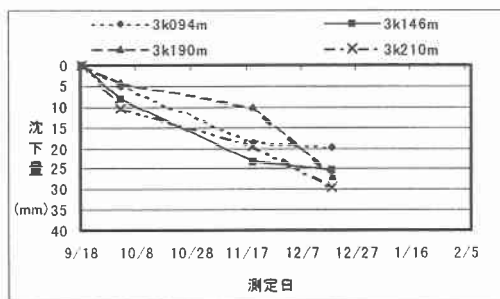


図-10 沈下量測定

以上の測定の結果、特に問題となる点もなく現在まで経過している。また、軌道狂いについては沈下分の軌道こう上を現在まで2回、曲線（半径210m）区間の通り直しを1回実施している。

6. おわりに

今回の盛土について、高架橋施工の掘削時において円弧滑りの恐れが生じたために、その対策としてEPSを用いた補強盛土構造とすることとした。その結果、盛土荷重の軽減、長尺物の鋼矢板の施工を回避することができ、工期短縮にもつながり仮線の開業も予定より10日早めることができた。

この工法は、今日のように特殊な場合に有効と考えられる。

最後に、本報告を作成するにあたり、ご指導頂いた関係者の皆様に深甚の謝意を表す次第である。

参考文献

- 1) 村田・館山・安田：発砲スチロールによる盛土の研究、鉄道総研報告、Vol.3 No.8、1989年
- 2) 田中・山田：EPSによる橋りょう撤去部の盛土施工、日本鉄道協会誌、第6号、1994年
- 3) 村田：バラストと土構造物の研究開発の現状と課題、鉄道総研報告、Vol.19 No.7、1995年