

新技術開発探訪

# 軟弱地盤での道路整備における コスト縮減の一例

## 1. はじめに

青森県の中核都市である青森市浪岡地区と、津軽北部の主要都市である五所川原市とを結ぶ自動車専用道路「浪岡五所川原道路」は、平成3年に事業着手して用地・工事が順調に進捗し、平成19年12月14日に全線  $L = 15.7\text{km}$  が、めでたく開通しました。

本報告は浪岡五所川原道路事業において、当事務所が管内で初めて採用した新技術の活用事例と、それによって図られたコスト縮減の概要を紹介します。

## 2. 浪岡五所川原道路における 軟弱地盤

浪岡五所川原道路は、津軽半島の付け根あたりを東西に横断する津軽自動車道の一部であり、青森県最大の穀倉地帯である津軽平野に伸びることから、全線のほとんどが田圃の上に造られました。自動車専用道路の宿命から、交差する既存施設とはすべて立体交差となるため、交差部の前後は6～10m程度の盛土となりました。

当該道路周辺の地質は、岩木川水系の活動等によって形成された段丘堆積物および沖積層であり、特に沖積層は地表から約30mまでは軟弱な粘性土が主体です。さらに、有機質土に代表される  $N$  値0～2の軟弱粘性土が、10～20m程度の

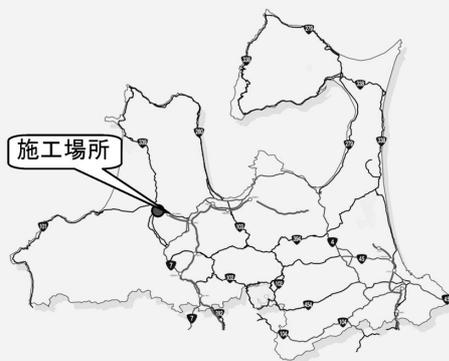


図 1 浪岡五所川原道路と太刀打こ道橋の位置図

厚さで介在しているのが特徴です。そのため盛土の施工はすべて緩速施工で行い、盛土の影響による変状が許されない鉄道や主要道路との交差部を除いては、プレロードやサーチャージ盛土による軟弱地盤対策を実施しました。

## 3. 太刀打地区における コスト縮減方策

太刀打地区は、浪岡五所川原道路と一般国道339号との交差部であり、橋梁形式が上部工（単純鋼桁）と下部工（逆T式橋台）で分離された、一般的なこ道橋による立体交差が検討されていました。また、こ道橋前後に行う盛土の重さで、側方移動や国道339号が変位する恐れがあるという解析がなされていました。

浪岡五所川原道路における軟弱地盤では、前述のような盛土周辺で隆起を起こしたり、プレロー

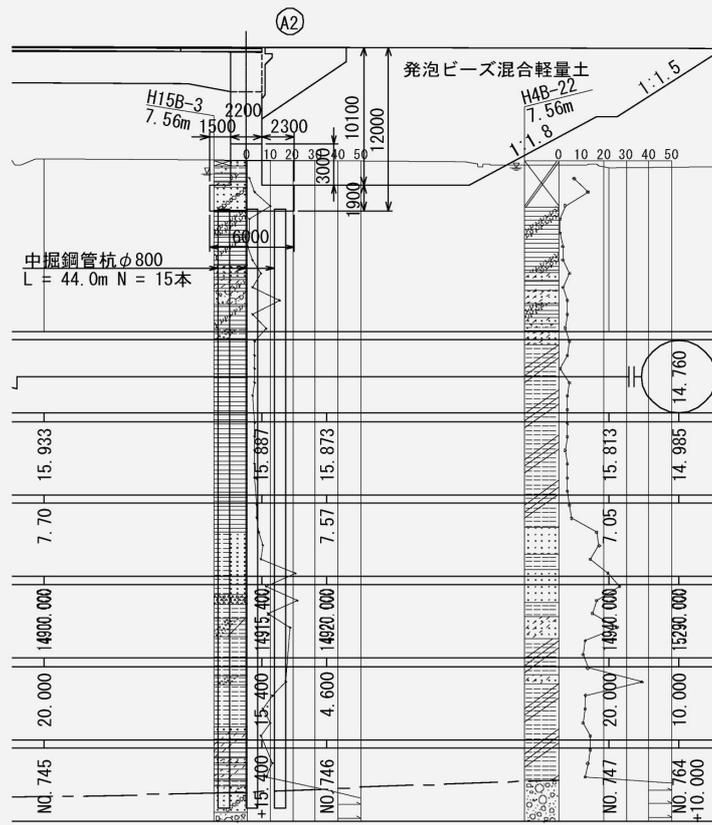


図 2 太刀打こ道橋地質状況図 (A2側)

ド盛土で3mを超える沈下をしたり、杭基礎で信頼できる支持層が地表から約50mも下だったり、重い施設を載せることに苦労してきました。

そこで、もっと施設を軽くして、地盤への負荷を軽減することに拘ろうということで、当該こ道橋の実設計を機に、設計担当部署では「軽量化」=「コスト縮減」を目指して、次のような方策を考えました。

- ① こ道橋自体を軽くする。
- ② さらに、橋桁に載せる床版もできる限り軽くする。

#### 4. コスト縮減を目指して活用した新技術

##### (1) こ道橋自体を軽くする方策

まず最初に考えたのは、橋長が50m程度の1径間の橋ですので、橋梁形式としては比較的新しい「鋼複合ラーメン橋」の適用でした。それは、

鋼製の桁とRC橋台を剛結化したもので、コンクリート桁と橋台を一体化したポータルラーメン橋よりも、橋長を長くできるといわれていました。

他に、適用する要因となったのは、次のような利点が期待できるからです。

- ① 支承、伸縮装置および落橋防止装置が必要ない。
- ② ラーメン構造により、常時においては両橋台背面の土圧が釣り合う。
- ③ ①および②により下部工の断面力を低減できる。
- ④ ①～③により杭基礎の負担を軽減できる。
- ⑤ 維持管理面で、弱点になりやすい①がないため、ランニングコストの低減が期待できる。
- ⑥ 伸縮装置がないため、走行性が向上し、騒音・振動が低減する。

以上の利点が挙げられる訳ですが、中でも杭の長さが40mを超える当該地区では、④に伴うメリットが最も大きいものでした。

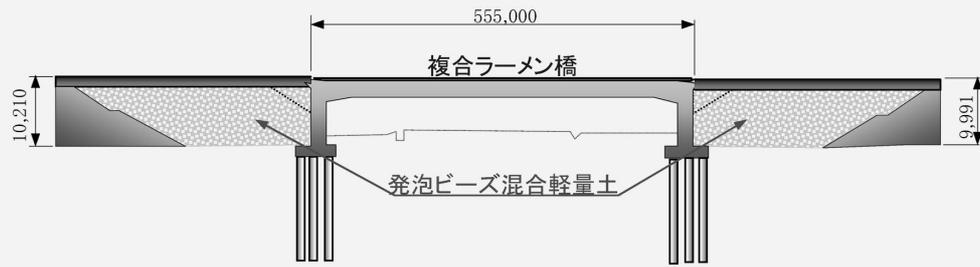


図 3 太刀打こ道橋側面図

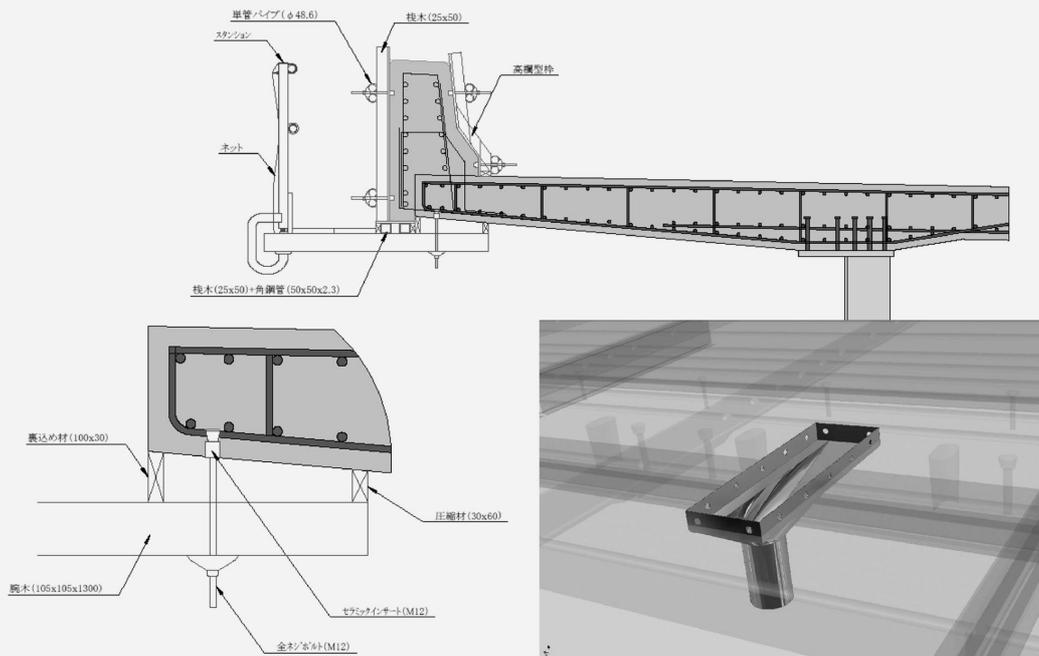
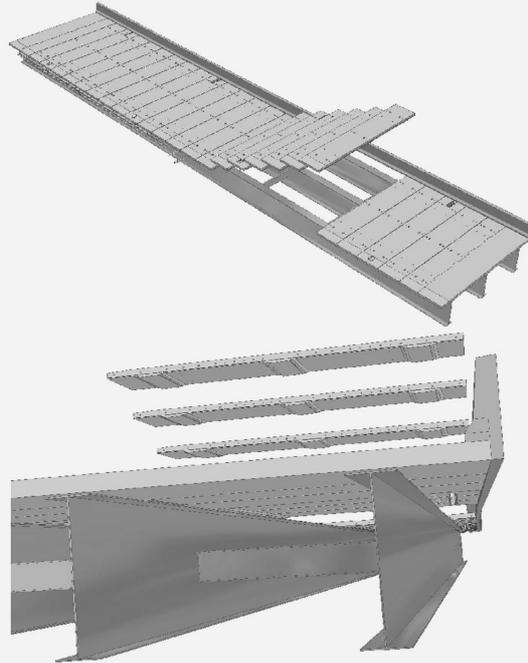


図 4 高強度軽量プレキャスト PC 床版イメージ図

## (2) 床版も軽くする方策

新技術にも登録されている「軽量プレキャストPC床版」を採用することとしました。その要因となったのは、次のような利点からです。

- 1) 当該技術は、人工高強度軽量骨材を使用した高強度軽量プレキャストPC床版。
- 2) 軽量骨材の使用により従来のプレキャストPC床版に比べて、重量を約20%軽減。
- 3) 高強度の床版であり桁間隔を大きくできるため、少数主桁を可能にする。
- 4) (1)のご道橋自体の軽量化に加えて、2)および3)により相乗的に下部工の断面力が低減され、さらには杭基礎の負担も軽減される。

その結果、橋長  $L = 55.5\text{m}$ 、全幅  $W = 11.5\text{m}$  で3主桁でありながら、桁高2.3m、床版厚22cmを可能としました。このように、杭基礎が必要となるような軟弱地盤においては、「鋼複合ラーメン橋」が有効な橋梁形式であると思われます。

ただし、ここで一つの問題が浮上しました。それは前述のとおり、ご道橋背面の盛土によって国道339号が変状する恐れがあるということです。これまで浪岡五所川原道路では、こ線橋などの背面には、FCBによる軽量盛土を実施してきました。ところが、鋼複合ラーメン橋は(1)の②にあるとおり、両橋台背面双方からの受動土圧を受けて安定するため、FCBやEPSのようにそれ自体が自立して、橋台背面へ作用しない盛土材は使用できません。温度変化などによって桁が伸縮し、橋台の動きに合わせて背面の盛土材は、繰り返し変形できなければなりません。FCBでは桁の伸縮による橋台の動きに追従できず、橋台背面に隙間ができてしまうため、鋼複合ラーメンとの併用は不適切と考えました。そこで、長期にわたって橋台の動きに追従できるような、土の性状に最も近い軽量盛土材ということで、「発泡ビーズ混合軽量土」を採用することとしました。

## 5. 『発泡ビーズ混合軽量土』とは

土砂に超軽量の発泡ビーズ（径2～7mmの粒

子）を混合して、軽量化を図った土です。土砂にとって発泡ビーズは異物となるため、土の粘着力が低下しますので、それを補完するために安定材（高炉セメントB種）を混入しています。こうしてできた軽量土は、軟弱地盤をはじめとして地すべり地や河川堤防等の盛土材として、適用が可能とのことです。

### 特長

- ・軽量性  
発泡ビーズの配合比を変えることにより、湿潤密度を0.8～1.5t/m<sup>3</sup>程度に設定できます。

- ・強度

安定材の添加量を変えることにより、一軸圧縮強さを50～1,000kN/m<sup>2</sup>程度に調整できます。

- ・変形追従性

安定材の添加量が抑えられると、土が本来もっている変形追従性を期待できます。

- ・設計および施工は普通土と同様

設計に際しては通常の土と同様の取り扱いが可能で、施工も通常の方法で行い、特別な建設機械を必要としません。

### 設計と施工

今回の発泡ビーズ混合軽量土の施工に当たり、軟弱な現地盤により側方移動を起こさない、あるいは、道路横断方向の円弧すべり破壊を起こさないために、下記のとおり設計条件が付されました。

- ・軽量土の湿潤密度：1.0t/m<sup>3</sup>以下
- ・一軸圧縮強さ  $qu$ ：100kN/m<sup>2</sup>以上
- ・みかけの粘着力  $C$ ：35kN/m<sup>2</sup>
- ・変形係数：10MN/m<sup>2</sup>以上

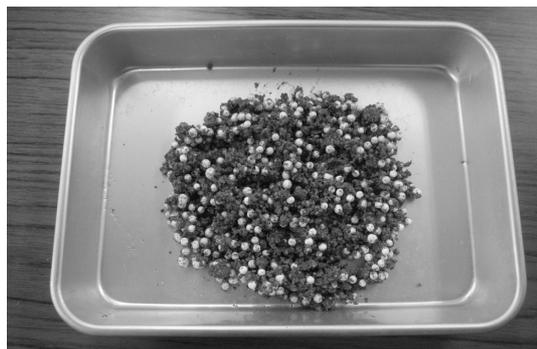


図 5 皿の上の発泡ビーズ軽量土



図 6 軽量土攪拌混合槽



図 7 軽量盛土施工状況



図 8 太刀打こ道橋の完成

・ 仮想内部摩擦角  $\phi$  : 18°以上

以上の設計条件を満たす軽量土を製造するために、実際の背面盛土に使う土（原料土）を使って、室内での配合試験を繰り返し行いました。変形追随性を確保しながら所定の強度をクリアする＝強くても固ければ駄目というように、安定材の添加量には微妙なバランスが求められ、試行錯誤の結果得られた現場配合は、次のとおりとなりま

した。

・ 配合比（容積比で）原料土：発泡ビーズ＝  
1：1.6

・ 1 m<sup>3</sup>当たり 原料土：860kg，発泡ビーズ：760 L，安定材：62.7kg，水：68.2kg

以上により現場で行った軽量土の製造は、主に簡易プラント（鋼製混合槽）混合方式で行いました。鋼製混合槽の大きさは4×5.5×2.15mで47 m<sup>3</sup>の容量があり、その中に、原料土+安定材+発泡ビーズ+水の順で投入し、バックホウの先端に装着したスタビライザーを用いて一気に混合します。1回ごとに材料の計量を管理し、特に水量は原料土の含水比に合わせて加減しながら、出来上がりで21m<sup>3</sup>となるようにしました。

1回の工程に要する時間は約40分でしたので、1日の盛土量と作り置きが出ないことを勘案して、6基の混合槽を稼働しました。さらに、出荷能力の補完と品質の精度管理を目的として、パッチ式プラント（1 m<sup>3</sup>/パッチ）も1基用意しました。簡易プラントで製造した軽量土の品質を、パッチ式のものと比較してみた訳ですが、遜色ない品質と、ばらつきが予想外に小さい結果となっております。こうして所定の品質で造られた軽量土は、通常の盛土と同様の施工により問題なく仕上がっております。

## 6. 新技術活用による効果と課題

### (1) コスト面における効果

新技術である「鋼複合ラーメン橋」と「高強度軽量プレキャストPC床版」の採用によって、従来方式（上部工と下部工が分離構造）による場合との比較においては、上部工での優位性はほとんど認められなかったものの、下部工では躯体のコンクリート体積や基礎杭本数が、半分近くまで縮小できました。前述のとおり杭長が40m超と長かっただけに、この効果には満足のいくものでした。

### (2) 施工性における効果と課題

鋼複合ラーメン橋の施工は、初めてでしたので

非常に神経を使いました。特に上部工と下部工との剛結部は、横桁が埋め込まれる上に、下部工からの鉄筋や桁を縫うように配置される鉄筋などが入り組むため、コンクリートの廻り不良が懸念されました。また、コンクリート硬化時には、埋設される鋼材の拘束応力によるひび割れも懸念されました。

幸いなことに、躯体内の空隙もひび割れも確認されず、良好な仕上がりとなっていますが、コンクリートの養生期間を入念に確保するのが望ましいため、余裕をもった工程が肝心だと思います。

また、プレキャスト床版については言うまでもなく、施工性が優れていました。特に冬期間の施工であったため、2日間で据え付けを完了できたことは、剛結部で手間取って遅れた工程を、大きく挽回してくれました。

ただし、橋面排水柵の設置には配慮が必要と思われる。後付けのための箱抜きでは、プレキャストPC床版のスパン割に影響が出たり、床版のコンクリートが特殊(?)なだけに、後打ちではコンクリートの一体化が図れるのか、心配が残ります。そのため今回の工事では、別工事である上部工製作の工場から排水柵が届きしたい材料確認を行い、すぐにプレキャストPC床版の工場へ送り、床版製作と同時に排水柵を一体化して貰いました。品質面では向上したと思いますが、排水柵を含むブロックの床版製作に遅れが出て、桁架設と床版据え付けとの間に、ロスタイムが出てしまいました。資材および施工計画の重要性を、改めて思い知らされた訳です。

最後に発泡ビーズ軽量盛土では、毎日のサンプリングに基づき密度や強度を管理しましたが、混合が容易なため盛土材の品質が安定しておりました。施工も通常の盛土と変わらないので、順調に進捗しました。今回の施工で気をつけたところは、品質に大きく影響する盛土材の含水比です。軽量土の製作ヤードと盛土する現場とは、ダンプ

トラックの積み込みから荷下ろしまでに5分とかからない距離にあり、仮置きは一切行いませんでしたので、乾燥による影響はないものと確信しています。また、雨の日の施工も行わず、施工しない夜間や休日はシートで全面を被覆したため、加水による影響もないはずです。

ただし、ダンプトラックからの荷下ろしの際、強風の日には発泡ビーズの飛散が確認されました。当該盛土材は六価クロム溶出試験でも問題がなく、発泡ビーズ自体でも塩化物を含まないため無害なのですが、周辺に田圃がありイメージ的に良くありませんので、課題として挙げるとすれば飛散防止対策だと思います。

## 7. おわりに

鋼複合ラーメン橋とその前後の軽量盛土は、平成19年7月に施工を完了し同年11月には舗装工事も完了しました。浪岡五所川原道路は同年12月14日に供用開始となり、この時点までの観測結果では、橋桁が温度応力に伴い約1.5cm収縮しただけで、国道339号や浪岡五所川原道路横断方向の民地は勿論のこと、下部工躯体や盛土高さにも変状は見られず、良好な状態を保っています。

新技術は、とにかく使うことが大事で、単体で行うことでも結構だと思いますが、「鋼複合ラーメン橋」と「高強度軽量プレキャストPC床版」のように組み合わせれば、下部工を相乗的に低減できたように、より大きな成果が得られることが分かりました。また、「鋼複合ラーメン橋」と「発泡ビーズ混合軽量土」のように、相性の良いものがあるということも分かりました。

今後は、新技術に対してアンテナを高くし、使えそうなものは積極的に活用できるようにしたいと思います。そして、使い放しではなく検証を行うことで、改善や新たな技術の開発に、少しでも寄与できれば幸いです。