

現場の条件を考慮した工法変更への取組

須山建設株式会社 環境ブロック土木グループ
荒木 卓

1. はじめに

土木工事は自然環境と向き合って施工を行うため、工事着手前の設計照査等、詳細な調査によって明らかになる問題点や自然災害、それらによる突発的要因により当初計画の通り工事を進めることが出来ないことがあります。次第によっては工法変更などの再検討が必要な場合があります、今回はその事例を紹介します。

2. 工事概要

工 事 名：平成22年度市単独道路防災事業
(市)大久保志都呂線道路防災工事
工事個所：浜松市西区志都呂町地内
工 期：平成23年2月16日～平成23年12月21日
発注者：浜松市 南土木整備事務所
工事内容：(当初計画)
地山補強土工 一式 (パンウォール工法-91m²)
(工法変更)
地山補強土工 一式 (吹付枠+ロックボルト工法-100m²)
仮設道路工 一式

3. 設計照査と問題の抽出

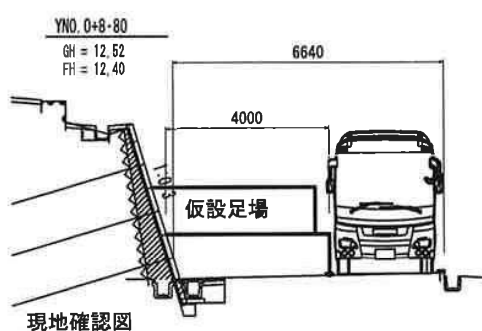
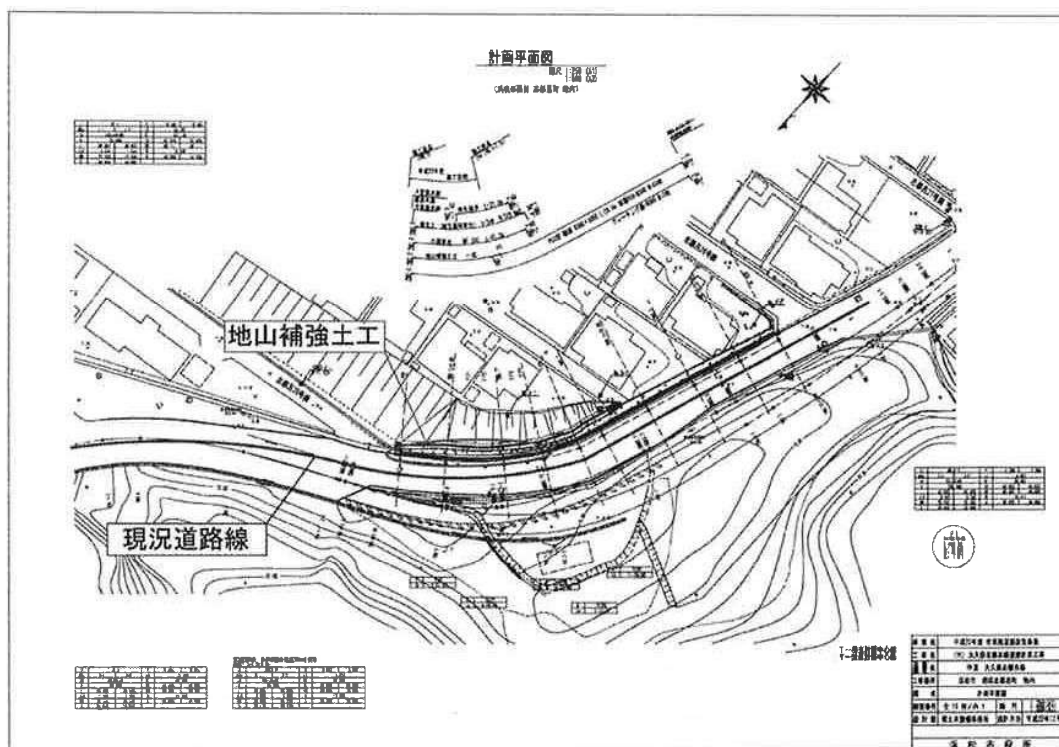
1) 工事の目的を確認し、理解しておきます。

地山の状態は設計前調査により安全率0.95という状態にあり、現地の状況も、既設間知ブロックには、はらみやひらき等の法面崩壊への兆候が見られることから、崩壊を防ぐため、沿道の景観性を配慮した法面の保護を行うことです。

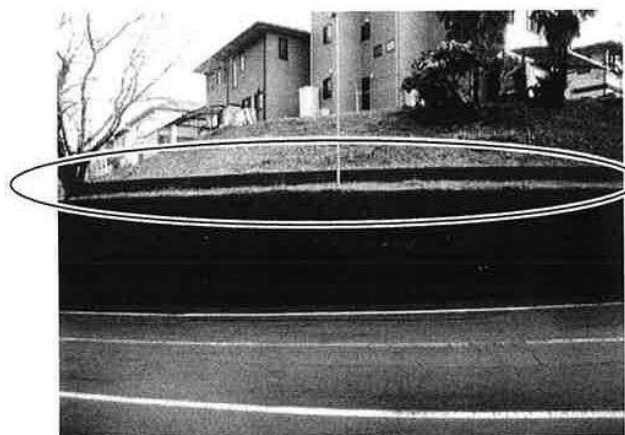
2) 現場踏査を行い、設計内容を確認します。

踏査確認の結果、大別して下記2項目の問題点に着目し検討を行いました。

- ① 補強材を打設するボーリングマシン用の足場を仮設すると、施工完了時まで撤去できないこと、また現況道路が急勾配・連続急カーブ・幅員の狭小な箇所での工事であることから、昼夜の片側通行は交通事故など、第三者災害の恐れがあると判断しました。



- ② 法面上部の小さなコンクリート壁は昭和 40 年ごろに設置された、H 鋼上部の笠コンクリートであることが判明しました。
- これにより補強材が H 鋼杭と干渉する恐れがありました。

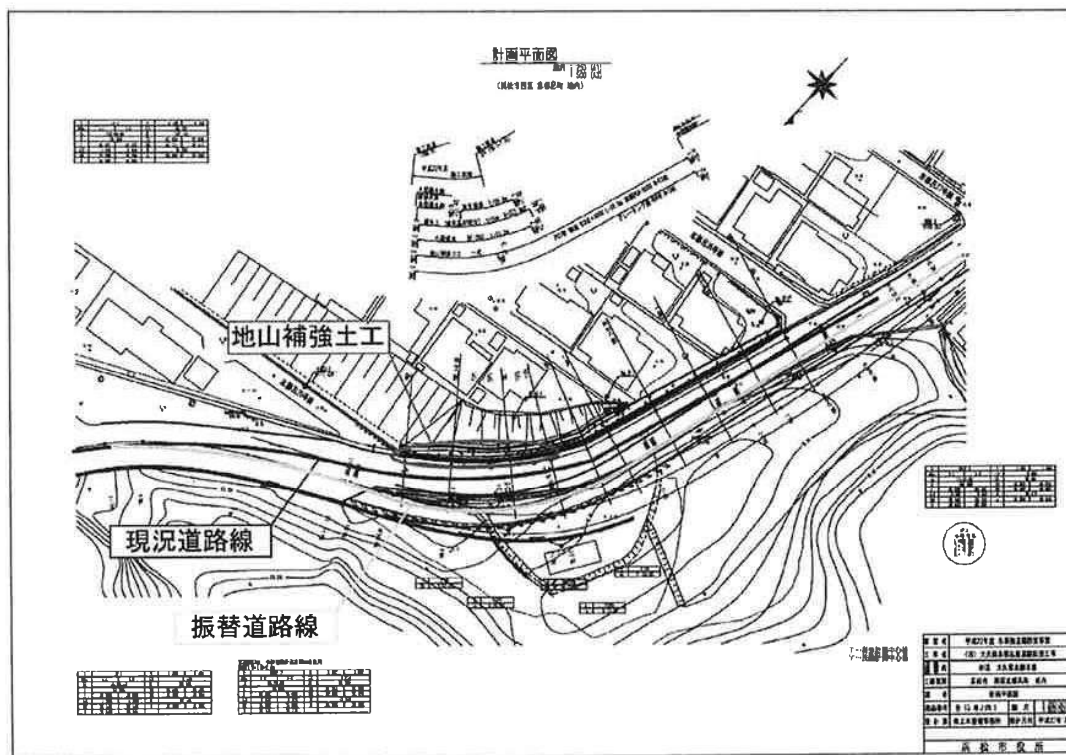


笠コンクリート箇所

4. 抽出した問題点の検討

結果①について

発注者との協議により、当該箇所における道路幅員の拡幅が計画されていることから、一部区間(今回施工箇所)について、先行して拡幅工事を行い道路を切廻すことで、道路を規制することなく一般交通の安全を確保しました。

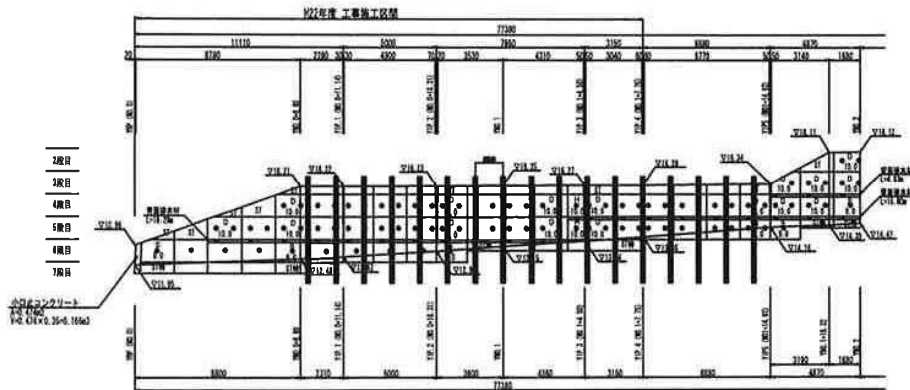


結果②について

笠コンクリートを内部調査(人力による試掘)した結果、200×200のH鋼が約1500 mm間隔にて17本配置されているのが確認出来ました。(長さは不明)



展開図



当初計画にあるパンウォール工法とは、施工中の地山崩壊防止が可能な工法です。

基本手順として、上段の切土を行いパネル材の設置後に補強材を打込むまでを1サイクルとし、また下段の切土・・・という繰り返し作業を行い、作業高さを下げていく逆巻き施工（法面上方～下方）を行います。

ただし、本工事のような切土作業が無い場合には順施工を行います。

しかし、既設ブロックに変状が見られていることを考慮すると、根入れ部の掘削時に円弧すべりによる崩壊の危険があります。

また、法面形状が平面カーブ、3分勾配での転びを考慮すると、パネル材の性質上、補強材の位置が決まってしまう、設置時にH鋼が干渉してしまいます。

現場に合うような寸法調整パネルの使用も考えられますが、円錐形法面からの補強材位置とH鋼位置の読み取ることも困難で、工事期間内に施工を完了できない恐れがありました。

この問題の対策として、予備設計資料を再度検証し、予備設計記載の5工法と当社から2工法を提案した7工法について、より現場条件にあった工法への比較検討を行いました。

法面対策工比較検討表-1

法面对策工比較検討表-1											
		1案					2案				
構造		大型ブロック積擁壁					FP式擁壁(フーチングレスパネル工法)				
概略図											
		暫定計画時道路幾何構造問題あり					暫定計画時道路幾何構造問題あり				
経済性	[50]	項目	単価	単位	数量	金額	項目	単価	単位	数量	金額
		1 大型ブロック積擁壁					1 FP式擁壁(フーチングレスパネル工法)		m	10	1,844,741 円
		計					計			10m当り	1,844,741 円
工法概要適合性	[10]	1.0m当り 工事費				172,819 円	1.0m当り 工事費				184,474 円
		評価点 50/50				比率: 1.00	評価点 47/50				比率: 1.067
		・道路幅員の際の腹付け擁壁や、山岳部などの片切・片盛の場合の場合によく用いられる擁壁である。 ・設計法においては、大型ブロック積み擁壁設計施工マニュアルと擁壁工指針におけるもたれ擁壁の設計法に準じ、断面の決定を行う。 ・結合部を鉄筋にて強固にし、単体のブロックを一体構造とする。 評価点5/10					・壁面の曲げ剛性と主に根入れ部の水平抵抗によって安定を保つ形式の擁壁。 ・根入れ部の水平抵抗を高める為、親杭部(鋼管)周辺にセメント系固化材による柱状地盤改良を施工する。 ・親杭の打設に小規模な杭打機(バックホウ0.7m3級)を使用する為、現況道路用地に作業ヤードの確保が必要となる。 評価点6/10				
施工性	[30]	・工場・であるため構造・の管・がしやすく、・敷設工が・である。 ・クレーン・の・機が入らない場・・付がで・ない場・は、施工・である。 ・クレーン・の作業ヤードの確保の為、現道の切・しが必要となる。 評価点24/30					・杭打設時に作業ヤードの確保が必要となり施工・の・切・しの為、・敷設工・が必要となり用地の・地・の問題に・杭打・時の・による周辺・の・の・が・に比・する。 ・工・が・で施工工・も・く必要となる。 評価点24/30				
		・施工の・略化が図れるが、・面盛・が大・い為、構造幅が大・くなり、設・障・の・の・の確保が必要なり、道幅・の確保が・ない。 ・道路・・部には用地・・がある為、工事・の・切・し計画が・。 評価点6/10					・用地・の・の・付が・となり、面・は、擁壁と・である。 ・施工の・略化が図れるが、脚・造・による・の・の・があり直・の・と比・すると面・がなく・があり、・性も・。 評価点6/10				
		・経済性は比較案中最も優れる。また他案と比較すると施工期間の短縮が可能となるが道路幾何構造上(歩道幅員の確保)の問題及び工事中の通過交通切断に伴う用地確保が問題となる。 評価点6/10					・経済性は比較案中2番目に優れる。なお施工性においては大型重機が必要となり工事中の車両の切断し等の問題がある。 ・杭打ち時の騒音、振動による周辺住宅への影響が生じる。 評価点6/10				
総合評価		総合評価点85/100					総合評価点83/100				
判定		△					△				

		3案					4案						
構造		もたれ式擁壁					切土補強土壁(現場打法枠+鉄筋挿入工)						
概略図													
		暫定計画時道路幾何構造問題あり					暫定計画時道路幾何構造問題あり						
経済性	[50]	項目	単価	単位	数量	金額	項目	単価	単位	数量	金額		
		1 もたれ式擁壁					1 現場打法枠+鉄筋挿入工						
		計			10m当り	1,977,438 円	計			10m当り	2,767,235 円		
工法概要適合性	[10]	1.0m当り 工事費				197,744 円	1.0m当り 工事費				276,724 円		
		評価点 44/50				比率: 1.144	評価点 31/50				比率: 1.601		
		・地山あるいは、裏込め土により支えられながら自重によって土圧に抵抗し、法面の崩壊を防ぐ工法である。 ・一般的な構造は、無筋構造物であるが、コンクリート打ち継ぎめにおいては、打ち継ぎ目補強鉄筋をいれ構造物を一体化し安定を計る。 ・現場打コンクリート擁壁の為、工期が長く車両切断しに問題が生じる。 評価点5/10					・反力体である枠自体が斜面表層の抑制効果を期待でき、地山の変形に伴って補強材に受動的に引張力が生じ変形及びびすべりの発生を抑止する。 ・吹付法枠工は崩壊形状に添って、構造物が造成でき、表層部の小規模崩壊(表層0.5m~1.0m程度)が抑止可能である。地山地形に対して柔軟性が期待できるため現地に適している。地山の支持力を必要としない。 評価点10/10						
施工性	[30]	・現場打ちコンクリート擁壁のため、型枠作成・脱形・コンクリート打設・養生と工程が多くなり施工日数が必要となる。 ・他、擁壁と同様に既設擁壁との一定の距離が必要となるが、2案と比較すると作業ヤードは狭くなる。 評価点24/30					・逆巻き施工も可能であるが、コンクリートの養生期間がそれぞれに必要なため、5案と比較すると施工性は劣る。 ・足場等の高所作業が必要になるが、擁壁(1~3)と比較すると作業ヤードが少なく(4.0m)、現道の切廻しが容易になる。 評価点27/30						
		工法の問題点	[10]	・擁壁自重にて安定させる擁壁であるため、擁壁の反力が大きくなる。支持地盤は堅固な場所が必要。地盤改良等が必要。 ・現場打擁壁の為、圧迫感に加え景観性も劣る。 評価点6/10					・ブロック変状に応じた補強をすると、初期費用としての経済性は優れる。維持管理費や長期耐久性を考慮した場合は劣る。 ・現場打吹付法枠を採用する為、景観性は劣る。 評価点10/10				
				総合評価	[100]	・経済性は比較案中3番目に優れるが、他案に比べ現場作業が最も多く施工性に劣る。また地盤が緩い表層部の改良が必要と思われる。 ・コンクリート構造・の圧迫感があり、景観性も劣る。 評価点6/10					・補強工(鉄筋挿入工)は、表層領域1.0m~4.0m程度を全面補強が可能であり、地山及び法面・擁壁の崩壊を抑止に最も適した工法。 ・経済性は比較案中4番目に優れる。構造性は適合性が高い。 評価点6/10		
総合評価点79/100						総合評価点81/100							
判定		△					◎						

法面對策工比較檢討表-2

構 造	5案					第6案				
	PW工法(切土補強土壁パンウォール工法)					現場打張りコンクリート工+鉄筋挿入工				
概略図										
経済性	項 目	単 価	単 位	数 量	金 額	項 目	単 価	単 位	数 量	金 額
	1 PW工法 パンウォール工法					1 現場打張りCO+ 鉄筋挿入工				円
[50]	計			10m当り	3,572,330円	計			10m当り	3,330,000円
	1.0m当り 工事費				357,233円	1.0m当り 工事費				332,910円
工 法 概 要 適 合 性	評価点 31/50			比率 :	2.067	評価点 26/50			比率 :	1.92
	- 切土(地山)補強土工法は、地山の変形に伴って補強材に受動的に引張力が生じ、地山の変形及びすべりの発生を抑制する工法。 - PANWALL工法は工場で製造したコンクリートパネルを設置して、補材で法面に固定し、すべり崩壊と法面保護を同時に行う補強土壁工法。 4案同様、地山の支持力を必要としない。					- 反力体である張りCO工自体が、斜面表層(浅い滑り)に対して抑制効果が期待でき、地山の変形に伴って補強材に受動的に引張力が生じ、変形及びすべりの発生を抑制する。 - 張りCO工は、型枠を整形する事で計画勾配や現況構造物に沿って造成できる。				
[10]	評価点10/10					評価点 10/10				
	- 構造物を上から下へ仕上げながら切り下がる逆巻き施工が基本で、余分な切土、埋戻作業が発生せず土工量が低減できる(今回は順巻き)。 - 足場で施工を行うことを基本とする。(W<4.0m以下は仮設足場が必要)。 - 表面保護工のプレキャスト化により、工期短縮と省力化が可能。					- 移動式足場を用いることで、道路占有期間の短縮、道路の開放が可能。 - 張コンは順巻き(下から上へ)で施工を行う。型枠足場は必要となるが、取出し幅が少なく落着き、一般車両通行への影響が少なくて済む。				
施工性	評価点30/30					評価点 28/30				
	- コンクリート板は工場生産のため品質が優れ、表面の意匠も様々に対応がでる。 - 表面がコンクリートパネルを使用するため、化粧材による景観性においては、4案同様、他案と比較すると優れる。また緑化はできない。					- 現場打ち施工のため、養生期間が必要となる。 - 化粧型枠仕上げを行うので、景観性は良い。				
工法の 問題点	評価点10/10					評価点 10/10				
	4案同様、補強土工(鉄筋挿入工)は、表層領域1.0m~4.0m程度を全面補強が可能であり、地山及び法面・擁壁の崩壊を抑制に最も適した工法。 - 経済性は比較案中最も劣るが、構造性は適合性が高い。					当現場は現況斜面の補強が主体となる。張コンクリート工は現況斜面に対応でき、既存の水路や道路への影響が少なくて済むため、当現場には適していると考え。但し、現場養生のため工期が長くなる。				
総合 評価	総合評価点74/100					評価点 74/100				
判定	○					○				

第7案					
構 造	現場打張りコンクリート工+ミニアンカー工				
概略図					
経済性	項 目	単 価	単 位	数 量	金 額
	1 現場打張りCO+鉄筋挿入工				円
	計			10m当り	2,879,000 円
	1.0m当り 工事費				287,830 円
[50]	評価点 30/50		比率 :	1.66	
工 法 概要 適合性	・反力体である張りCO工自体が、斜面表層(浅い滑り)に対して抑制効果が期待でき、地山の変形に伴って補強材に変動的に引張力が生じ、変形及びすべりの発生を抑止する。 ・張りCO工は、型枠を整形する事で計画勾配や現況構造物に沿って造成できる。				
[10]	評価点 10/10				
施工性	・足場で施工を行うことを基本とする。(W=4.5mは仮設足場が必要) ・鉄筋挿入工に比べ作業手間が変わらず補強材長も短い。				
[30]	評価点 29/30				
工法の 問題点	・現場打ち施工のため、養生期間が必要となる。 ・化粧型枠仕上げを行うので、景観性は良い。				
[10]	評価点 10/10				
総合 評価	・アンカー材の先端拡大効果により、補強材長を短くできる。 ・張コンクリート工は現況斜面にフレキシブルに対応できる				
[100]	評価点 79/100				
判 定	◎				

発注者と検討・協議の結果、切廻し道路を加味した工事全体の経済性や、補強材の H 鋼への干渉を防ぐ構造体等を考慮したうえで、吹付枠+鉄筋挿入(ロックボルト)工法を採用することにしました。

5. 施工時の工夫について

吹付枠は、自然状態にある山の上に法枠のフレームを組立てる為、山の形状に沿った形になってしまい、モルタル吹付けを行う際にフレームを基準に吹付を行うため、他工法に比べ表面の景観性に劣ります。

今回の工事では、景観性を損なわない工夫として、

① 既設間知ブロックがロックボルト削孔打撃時の振動による破壊・崩壊しないよう防ぐこと、法面に対する必要定着層への削孔角度(3分勾配に対し 90°)の保持、H 鋼への干渉を避けるための削孔開度(法面に対し 90°)を調整するための芯出しの3つを目的として、フレーム組立前に仮設のラス網モルタル吹付を行いました。

② 吹付作業を行う際に、3分勾配の丁張を細かく設置し、通常日当たり 12 m³ 程度の吹付作業を 4m³ 程度に落とし、丁張や定規を用いて慎重に施工精度を確認しながら作業を行いました。

その結果、高精度の仮設壁を設置することができ、法枠の通りや勾配も揃った円錐形に仕上げることができ、景観を損なわない仕上がりとなりました。

③ 補強材(鉄筋)の挿入時、山の変状が若干見られたので、削孔先端の湧水や亀裂の確認、また、想定 H 鋼付近のゆるみ等、地山の状態を確認するために、削孔孔内へ管内調査カメラを挿入し、孔内洗浄時の圧縮空気・圧縮水(フラッシング)、セメントミルク(グラウト材)の加圧注入の調整を1本每行いました。

削孔角度・水平開度ともに基準を守り H 鋼に干渉することなく確認試験(単サイクル引張試験)も合格し問題なく施工できました。

6. まとめ

今日新しい工法や材料が日々進化し、我々現場人も日々進化し学んでいかなければならないと思います。

しかし、土木工事は自然を相手に施工を行う為、自然災害、突発的要因、詳細調査による不適合箇所など、様々な条件に左右されやすく、かつ限られた予算で施工を進めて行かなければならず、時には設計で予定された工法では施工が出来なくなる場合もあります。

そのような時には、工事の目的を再度確認し、条件を考慮した在来工法を含む、多種多様な工法の検討・提案を行い、より適したなものを選定することも必要だと思います。

今回の取組みにより変更した工法は在来工法であり、作業方法の工夫についても難しいことを行った訳ではありません。

新工法や設計で指定された工法にこだわることなく、工事本来の目的を常に忘れず、柔軟に取り組むことも必要だと感じました。