

よくみる山岳道路の路面沈下、防災対策事例

北遠地区の道路谷側部の防災対策事例

株式会社中部総合コンサルタント
土木設計部 野島順二

1. はじめに

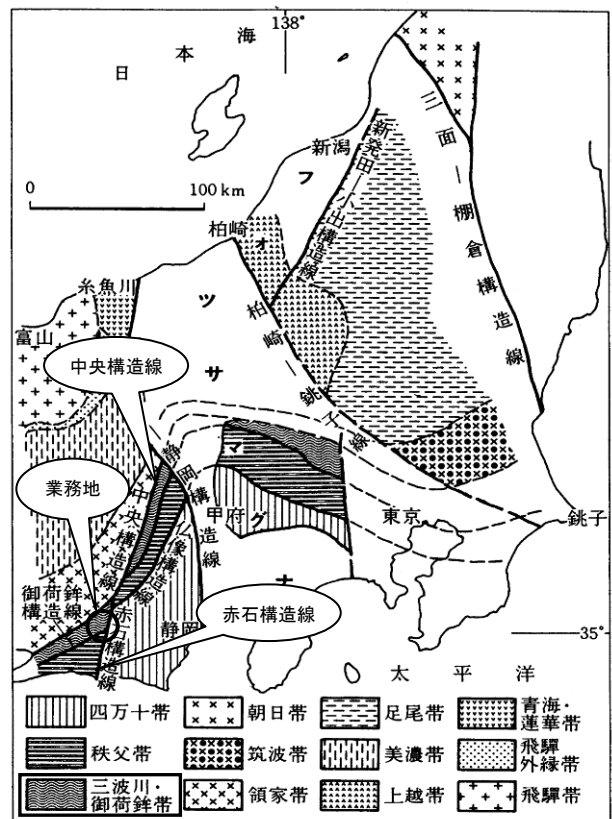
日本の国土の60%以上は山地からなり、山地内には人々の生活を結ぶ山岳道路が作られている。昨今、山間地の過疎化が進んでいるが、山岳道路は山間地で暮らす人々の生活道路として重要な役割を担っており、今後も維持・管理していくことが非常に重要である。

このような状況下で、静岡県の西部に位置する北遠地区（旧天竜市、旧水窪町、旧佐久間町、旧春野町）は長野県や愛知県と山地を介して隣接しており、地区面積の大半が山地からなっている。北遠地区は日本を代表する大断層・中央構造線や赤石構造線が通っており、その影響で地質が脆弱であり、地すべり地が多い。また周辺の山地は一級河川・天竜川をはじめとした河川の浸食で急峻な山地を形成している。このような山地内を通る道路は、地形や地質の影響を強く受けるため、厳しい環境下にさらされており、頻繁に災害が発生している。山岳道路の多くが切土・盛土で作られ、山側部と谷側部で構造が異なるため防災対策において設計思想は異なることになる。今回は、道路谷側部の変状に対する補強対策の防災設計事例を紹介する。

2. 業務地の概要

業務地は2つで、1つ目は天竜川の右岸斜面で船明ダムの湖畔を走る県道（天竜区月地内、以下業務地Aと呼称する）と、2つ目は西阿多古川の左岸斜面を走る県道（天竜区川坂地内、以下業務地Bと呼称する）で、双方とも道路谷側部で路面の沈下が見られる。双方の位置は直線距離で約7kmであるが、地質は同じで三波川帯の結晶片岩（黒色片岩～緑色片岩）が分布する。

三波川帯の結晶片岩は、一般的に黒色片岩と緑色片岩が互層状に分布している。この結晶片岩は、堆積岩が低温高压の条件下で変成作用を受けてできたもので、母岩は黒色片岩が主に泥質岩、緑色片岩が主に玄武岩質の凝灰岩である。岩質は黒色片岩・緑色片岩とも片理面に沿って細かな亀裂が発達しやすい性質を有するため、地すべり等の斜面崩壊を発生させやすい岩盤であり、業務地周辺にも多くの地すべり地が分布している。



調査地周辺のおもな地質構造線と地質区分
共立出版(株) 日本の地質シリーズ 中部地方Iより

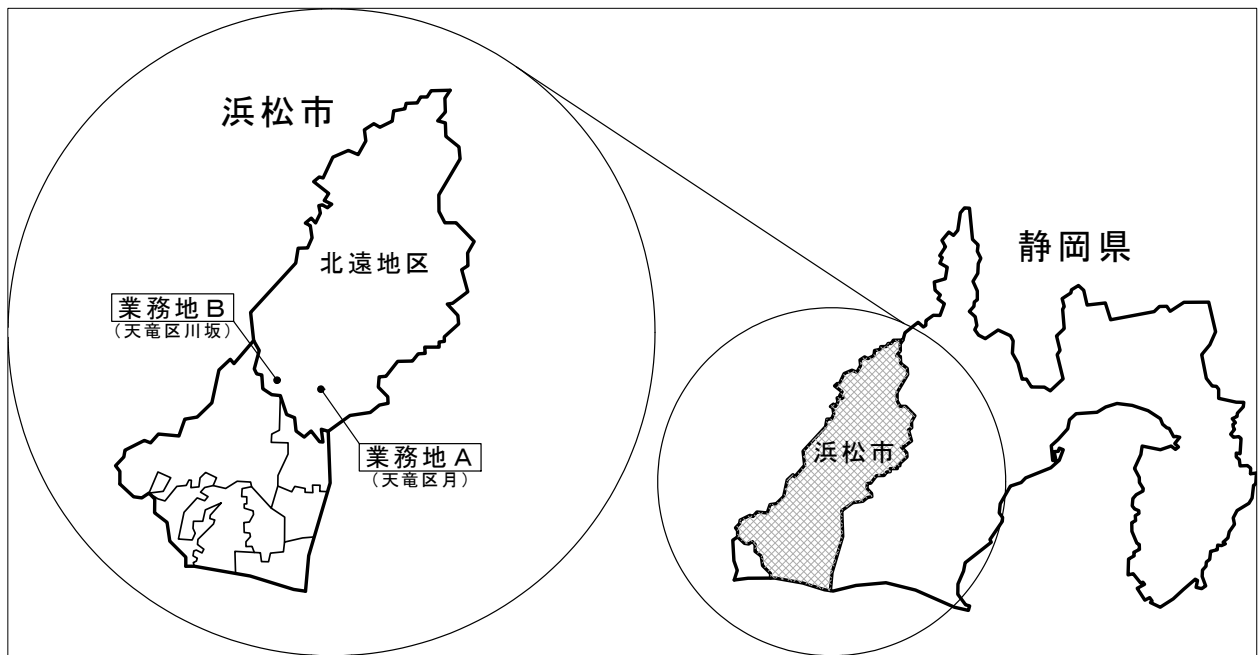
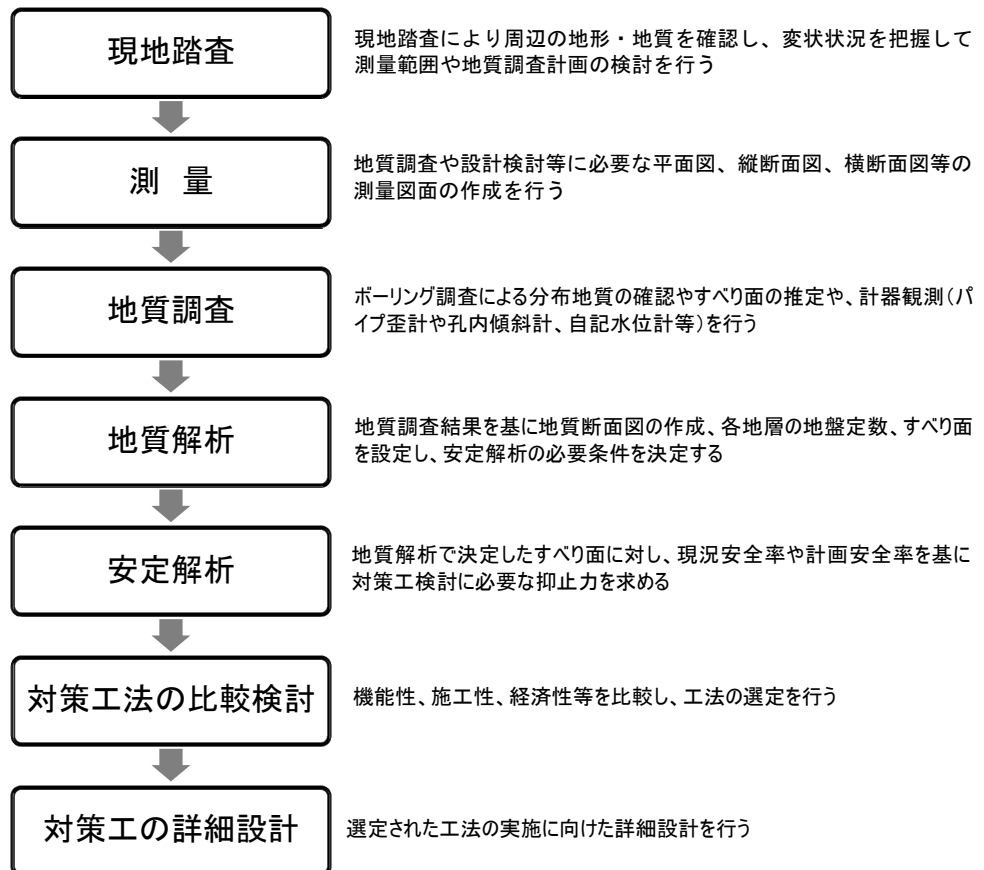


図 2-1 業務位置図

3. 業務フロー

以下に、当該業務におけるフローを示す。



4. 業務地の変状状況

(1) 業務地Aの変状

当業務地の変状は、道路谷側部の沈下で路面には最大4cm程度の段差がある。段差部には著しい開口亀裂が生じ、その下に約20cmの空洞がある。道路下の斜面は緩みが多く、地表面に凹凸が生じている。道路下の斜面末端部にある土留壁に変状が無いいため、斜面変状はこれより上方で発生していると考えられる。



路面の谷側部が沈下し、亀裂が連続する



路面には段差亀裂約4cm、空洞約20cmが生じている



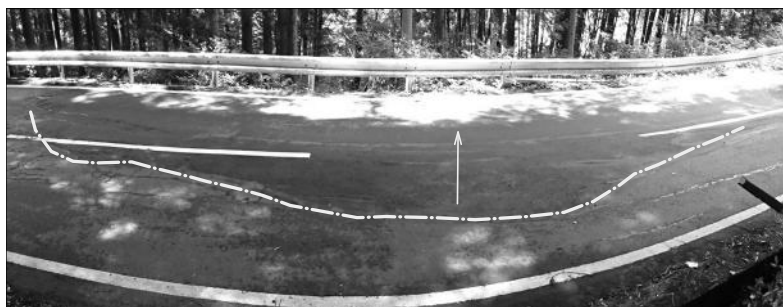
道路下の斜面は緩く、表面は凹凸が多い



道路下の土留壁に変状はない

(2) 業務地Bの変状

当業務地の変状は、道路谷側部の沈下で路面には最大8cm程度の段差が有り、これに伴い開口亀裂が生じている。道路の下方斜面内には段差が多く、末端部では西阿多古川の浸食の影響で崩壊が発生している。河川浸食による崩壊が道路の下方斜面の段差地形や道路変状に影響していると考えられる。



路面の谷側部が沈下し、亀裂が連続している



路面には約8cmの段差が生じている



道路の下方斜面内の明瞭な段差地形



道路の下方斜面末端部の河川浸食による崩壊地形

5. 変状発生機構

2つの業務地における現地踏査、ボーリングコア判定、計器観測（パイプ歪計観測、自記水位計観測）から推定した変状発生機構を表5.1および図5.1～図5.2に示す。

下表より、2つの業務地の素因・要因には共通点が多いことが分かる。大きな相違点としては変状原因が河川浸食の影響を受けているか否かである。河川浸食の影響を受けているか否かで対策工の考え方が異なることになる。

表 5.1 各業務地の変状機構一覧

素因・要因・原因	業務地A	業務地B
周辺地質	三波川帯の結晶片岩（主に黒色片岩）	三波川帯の結晶片岩（主に緑色片岩）
変状地内の地質	表層から、①盛土・崖錐堆積物（平均N値=4） ②強風化結晶片岩（平均N値=11） ③風化結晶片岩（平均N値=50）	表層から、①盛土（平均N値=-） ②崖錐堆積物（平均N値=6） ③強風化結晶片岩（平均N値=11） ④風化結晶片岩（平均N値=50）
変状範囲	①変状の頭部は道路面の亀裂 ②末端部の土留壁に変状がないため、変状の末端部は土留壁の上端部とした	①変状の頭部は道路面の亀裂 ②変状末端部は道路の下方斜面内 ただし、段差地形が下方の西阿多古川まで連続する
推定すべり面	①盛土・崖錐堆積物内を通るすべり ②最大すべり面深度は4.0m	①盛土、崖錐堆積物、強風化結晶片岩内を通るすべり面 ②最大すべり面深度は5.0m
変状原因	①道路を構成する盛土・崖錐堆積物が強度低下した ②雨水の浸透などにより、強度低下した盛土・崖錐堆積物内にすべり面が形成され、変状が発生した	①斜面内の崖錐堆積物、強風化結晶片岩が強度低下した ②河川浸食により、強度低下した崖錐堆積物、強風化結晶片岩で構成される斜面に緩みやすべりが発生し、緩みが道路まで波及した ③雨水の浸透などにより、道路を構成する強度低下した盛土、崖錐堆積物、強風化結晶片岩内にすべり面が形成され、変状が発生した

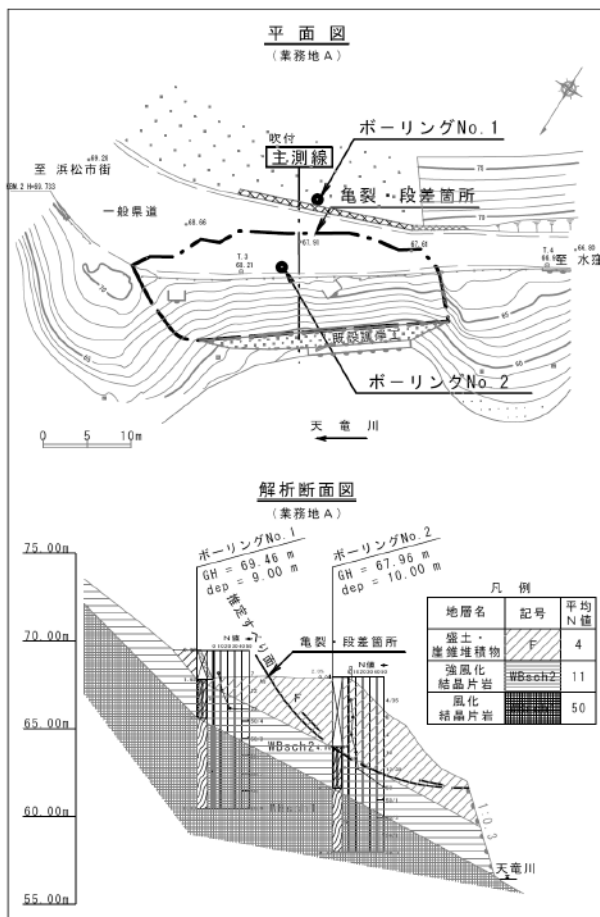


図 5.1 業務地 A の平面図と解析断面図

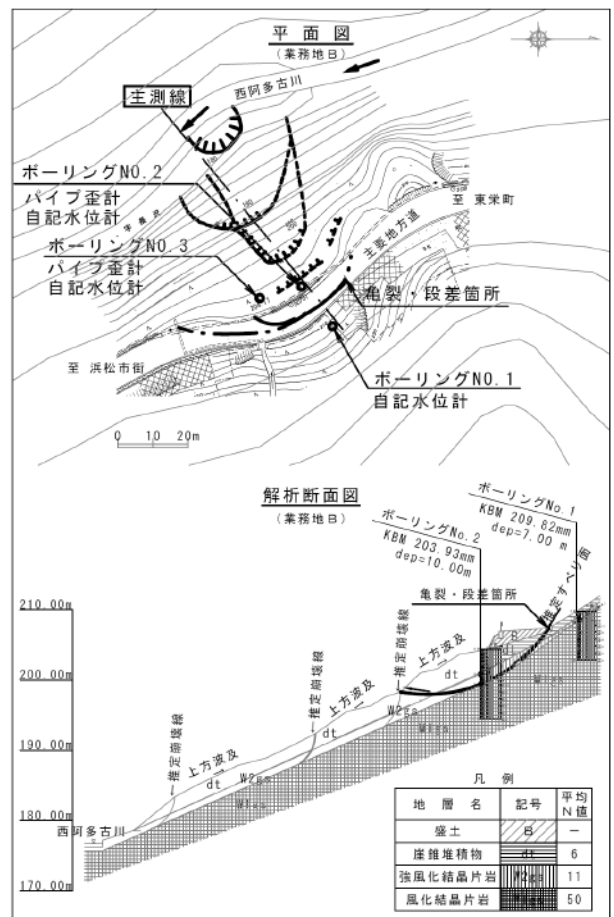
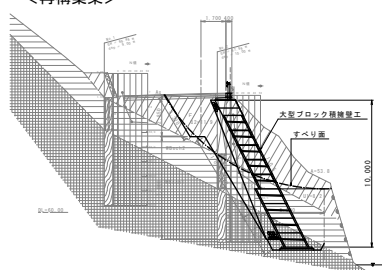
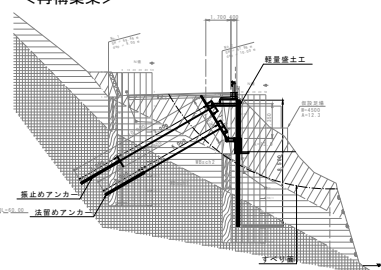
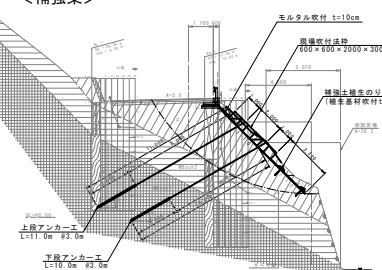


図 5.2 業務地 B の平面図と解析断面図

6. 工法選定

(1) 業務地Aの工法比較

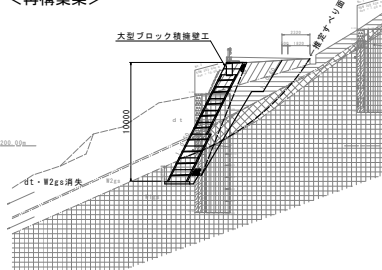
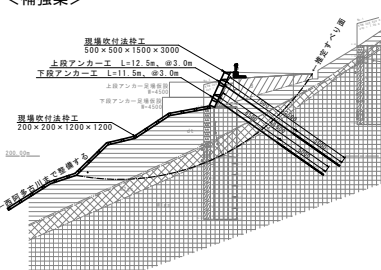
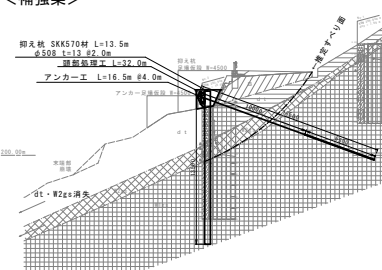
★採用案

第1案 大型ブロック擁壁工				第2案 軽量盛土工				第3案 アンカー工+現場吹付法砕工			
<p><再構築案></p>  <p>概算工事費：3,140万円</p> <ul style="list-style-type: none"> ・基礎掘削ですべり面以浅の緩んだ土砂を排除し、大型ブロックと良質土で盛土部分を再構築する。 ・すべり面以浅を良質土で置換するため、表層すべりは発生しない。 ・道路掘削の幅が大きいため、工事中は歩行者や軽車両以外は通行止めとなる。 				<p><再構築案></p>  <p>概算工事費：2,080万円</p> <ul style="list-style-type: none"> ・軽量盛土ですべり面頭部の滑动荷重を軽減させる。 ・残ったすべり力は法留めアンカーで抑止する。 ・軽量盛土の親杭H鋼と振れ止めアンカーにより、地震時慣性力を拘束する。 ・道路掘削の幅は2m程度と小さく、工事中は片側交互通行で車道を開放する。 				<p><補強案></p>  <p>概算工事費：1,610万円</p> <ul style="list-style-type: none"> ・道路法面をほぼ現況に近い状態で保護して、安定化を図る。 ・すべり荷重をアンカー工と吹付砕工で抑止し補強する工法である。 ・道路掘削は発生しないが、工事中は安全のため片側交互通行で車道を開放する。 			
機能性	施工性	経済性	総合評価	機能性	施工性	経済性	総合評価	機能性	施工性	経済性	総合評価
◎	△	△	△	◎	○	○	○	◎	◎	◎	◎

上記比較表から、第1～2案は道路構造物の再構築案、第3案が補強案である。3案とも機能性に問題はないが、再構築案と補強案を比較した場合、再構築案は施工性や経済性の点で補強案に劣る結果となり、第3案「アンカー工+現場吹付法砕工」を採用案とした。

(2) 業務地Bの工法比較

★採用案

第1案 大型ブロック擁壁工				第2案 アンカー工+現場吹付法砕工				第3案 アンカー付き抑え杭工			
<p><再構築案></p>  <p>概算工事費：7,680万円</p> <ul style="list-style-type: none"> ・不動地盤に大型ブロック擁壁で道路を構築する工法で、移動土塊の大半が消滅するため安定化が図れる。 ・河川浸食による変状が進行してきた場合でも道路機能の維持は可能である。 ・道路掘削の幅が大きいため、工事中は全面通行止めとなる。 				<p><補強案></p>  <p>概算工事費：10,480万円</p> <ul style="list-style-type: none"> ・すべり荷重をアンカー工と法砕工で抑止し補強する工法である。 ・別途道路下の斜面 (SLで約57m) の補強が必要で、工事費と工期が大幅に増大する。 ・施工性について、機材の搬入・撤去以外は、現道に対して交通の影響は小さい。 				<p><補強案></p>  <p>概算工事費：5,570万円</p> <ul style="list-style-type: none"> ・鋼管杭をアンカーで補強し頭部連結する工法である。 ・杭より下方斜面の受働土圧を期待しない工法のため、河川浸食による変状が進行してきた場合でも道路機能の維持は可能である。 ・施工性について、機材の搬入・撤去以外は、現道に対して交通の影響は小さい。 			
機能性	施工性	経済性	総合評価	機能性	施工性	経済性	総合評価	機能性	施工性	経済性	総合評価
◎	△	○	△	◎	◎	△	○	◎	◎	◎	◎

上記比較表から、第1案は道路構造物の再構築案、第2～3案は補強案である。ここで、第1案「大型ブロック擁壁工」は通行止めを必要とする点から補強案2案に劣ると判断した。また補強案である第2案「アンカー工+現場吹付法砕工」は西阿多古川の浸食の影響で斜面内の崖錐堆積物と強風化結晶片岩が消失した場合（最も条件の悪いケース）、アンカー工の機能が不足し道路も崩落すると考える。これを防止するに護岸整備や別途法面保護工が必要となり、対策に要する時間と費用が膨大になり採用が困難であると考えた。したがって、総合評価の高い第3案「アンカー付抑え杭」を採用案とした。

7. まとめ

(1) 復旧工法の検討

道路谷側部の路面沈下等を伴う変状は、その多くが表層すべりに起因している。一般的に道路谷側構造物は、大型ブロック積擁壁をはじめとして擁壁工を用いる場合が多い。路面沈下を伴うすべり変状に対し、擁壁工を用いてすべりを除去または軽減し道路を再構築する工法も一つの選択肢と考える。しかし、擁壁工を用いた工法では、通行止めを伴う場合が多く、迂回路の少ない山間地では支障を来すことが多い。一方、アンカー工や杭工等ですべりを抑止し既設擁壁を補強する場合、道路下で工事を行うことが多く、通行車輛等への影響は少ない。また、再構築の擁壁工類は工事が大がかりのため工費が割高となり、工期も長くなるケースが多い。これに反して、アンカー工や杭工等による既設構造物の補強の場合、擁壁工類に比べ工費が安価で、工期も短いケースが多い。したがって、道路谷側構造物が大きく消失または著しく機能低下し補強等が困難な場合は、擁壁工類による道路再構築が適宜と考えるが、それ以外の場合はアンカー工等を用いた補強工法が適宜と考える。

表 7.1 路面沈下等を伴う変状の復旧工法例

道路谷側構造物の機能が消失または低下した場合	左記以外
<構造物の再構築工法> ・大型ブロック積み擁壁工 ・プレキャスト擁壁工 ・軽量盛土工 ・補強土壁工	<構造物の補強工法> ・鉄筋挿入工 ・アンカー工 ・杭工 ・アンカー付杭工
など	など

(2) 補強工法の検討

今回の2箇所の補強事例は、共にすべり変状を伴う路面沈下に対する補強工法である。業務地Aはアンカー工による補強で、業務地Bがアンカー付抑え杭工で補強する工法である。業務地Aは道路を構成する盛土・崖錐堆積物が風化等の影響で地盤が強度低下しすべりが発生したと判断し、強度低下した地盤をアンカー工で補強する考え方である。業務地Bも地盤の強度低下が要因の一つと考えられるが、主要因は道路末端部の河川浸食による斜面の緩み崩壊が上方へ波及したことが大きいと考える。この河川浸食による影響を除去するには、護岸整備や河川から道路までの斜面補強が必要となる。一方、これらの整備を行う場合、膨大な費用と時間が必要となり、この間に道路の変状が進行していく懸念がある。当該県道は愛知県につながる道路で、また国道152号、国道473号の迂回路や緊急輸送路であるため、変状進行に伴う通行止め等のリスクを極力避けなければならない。したがって、道路下の斜面が崩壊した場合でも道路機能が確保できるアンカー付抑え杭工を採用した。

表 7.2 補強工法の選定例

鉄筋挿入工・アンカー工・くさび杭・補強杭・せん断杭	抑え杭・アンカー付抑え杭
・単体のすべりが原因である場合 ・すべり力（規模）が比較的小さい場合	・複数のすべりが原因である場合 ・すべり力（規模）が大きい場合

(3) おわりに

今回紹介した事例は2つとも類似した変状であったが、変状原因に異なる点があり、採用した工法も異なることとなった。今回紹介した事例は一例で、類似した変状は他にも多くあると考える。変状が類似していても発生している素因、要因、変状原因を現地踏査で把握し、地質調査や工法検討を踏まえ、変状発生原因をすべて補うことのできる工法を選定していくことが重要であると考えている。