

[論文 No. GR8]

「地すべり地帯を通過する高速道路の4車線化事業における  
地質リスクの低減の取り組み」

応用地質株式会社 ○本間宏樹（地質リスク・エンジニア 登録番号 119）  
東日本高速道路株式会社東北支社 山形尚裕・青木信一郎・滝沢諒

1. 事例の概要

本事例は、全国有数の地すべり地帯を通過する高速道路の4車線化優先整備区間において、II期線の調査計画段階における地質リスクを評価し、リスク低減に向けたII期線のルートを検討方針を策定したものである。

I期線の建設時および供用後に作成された調査、設計、工事、点検に関する資料をとりまとめ、地形解析、現地踏査の結果も踏まえ、地質リスク評価が必要な箇所を抽出した。次に、リスクが発現した場合の事業への影響度とI期線での施工実績などを踏まえたリスク発現の確実度（可能性）から、リスク評価マトリクスに基づきリスクを判定し、AAからCまでの4段階で評価した（表1）。

表1 リスク評価マトリクス

			確実度			
			低い	不確定	中程度	高い
			δ	γ	β	α
影響度	V	低い	C	C	C	C
	IV	不確定	C	B	B	A
	III	中程度	C	B	A	A
	II	高い	C	B	A	A
	I	非常に高い	C	B	A	AA

事業への影響度が大きいと判断した、AA、Aの地区については、その多くがI期線の建設段階の委員会で検討対象とされていた地区である。その中には、地すべりへの対応が現在も継続して行われている地区が含まれており、II期線の建設によってI期線で対応中の地すべりのさらなる不安定化が予想された。また、地すべりの規模が大きく必要抑止力が10,000kN/mを超える地区や、II期線建設時の対策工がI期線の対策工と干渉するなど、技術的課題が想定される地区もあった。これらの地区の事象は、II期線の建設事業計画に支障を及ぼす重大な地質リスクであり、中心線およびII期線の用地幅を前提としない平面ルート（別線ルート）を含めた重大リスク回避検討を行い、その他の沿線地すべりやその他のリスクについても、極力回避または低減する方針が委員会で承認された。

2. 事例分析のシナリオ

(1) 地質リスクの特性と分析の方針

本検討対象の路線は、地すべりに関係した地質リスクが大半を占め、I期線の事業段階から多数の地すべりに遭遇し、様々な対策工が実施されてきた。地すべり対策には、多大な費用と時間がかかり、現在も有識者による地すべり検討委員会で検討が継続されている地区がある。II期線事業は、基本的にはI期線と並行する計画となるため、I期線と同様な地質リスクを想定した対応が必要である。したがって、II期線の地質リスクの抽出では、I期線での地すべり検討委員会の資料とその関連資料の収集と整理を優先的に実施した。

(2) 検討対象区間の地質リスクの分析

各種文献や I 期線段階の関連資料の収集・整理の結果、地質リスクの検討対象として 30 地区が抽出された。これらを表 1 のマトリクスによりリスクランクを評価すると、AA が 2 地区、A が 13 地区、B が 8 地区、C が 7 地区となった。このうち、ランクが AA と A の地区は、関係する事象はすべて地すべりであり、回避または積極的な低減など、リスクに対して優先的に対応することが必要である (表 2)。

ランクが AA と評価した⑥および⑦地区は、I 期線の施工段階から多くの対策工が実施されているが、現時点においても地すべり変動が停止していない。このため、並行ルートに II 期線を施工した場合、I 期線の変状をさらに加速させる可能性が高いことや、地すべりの規模が大きく必要抑止力を確保するための技術的課題が非常に大きいことから、追加対策工の配置が難しいことが想定された。

また、ランクが A と評価した⑩地区は、I 期線の建設時に地すべり頭部への盛土によって変動が発生した箇所であり、盛土の一部を排土し、集水井による地下水排除により、道路構造物と直接接する上方ブロックの変動は停止したが、ダム湖に接する末端の下方ブロックの変動が継続している。このため、並行ルートに II 期線を施工した場合、下方ブロックの変状をさらに加速させる可能性があること、既設対策工との干渉による追加対策工の配置が困難であることが想定された。

そのほか、ランクが A と評価した⑭地区は、II 期線の施工で不安定化する可能性がある地すべりが大規模であり、想定される対策工の必要抑止力が 10,000kN/m を超えることから、現実的な対策工の施工が困難であると想定された。

表 2 ランク A および AA 地区における I 期線の対応と II 期線で想定される対策工の規模

II 期線の リスク評価		I 期線における地すべり対策の経緯			II 期線における地すべり対策									
		現時点での対応状況			II 期線(並行ルート)における想定地すべり対策工									
		概算工事費 (経費込み)	変動状況	動態監視	対象ブロックの規模				斜面 勾配 θ (°)	滑動力 P (kN/m)	必要 抑止力 P <sub>e</sub> (kN/m)	対策工 工種	概算工事費 (経費込み)	
長さ (m)	幅 (m)				高さ (m)	体積 (万m <sup>3</sup> )								
①	A	-	-	-	90	280	25	33	30	10,603	2,121	アンカー工 集水井工2基	33億円	
②	A	-	-	-	610	150	40	192	10	39,933	7,987	シャフト工 集水井工10基	86億円	
③	A	-	-	-	125	150	10	10	30	5,891	1,179	アンカー工 集水井工4基	5億円	
④	A	-	-	-	60	280	15	12	30	4,242	849	アンカー工 集水井工4基	17億円	
⑤	A	-	-	-	330	140	25	60	20	26,594	5,319	アンカー工 集水井工4基	33億円	
⑥	AA	26 億円	変動性は低下したが 変動は継続	継続	280	300	40	178	30	52,779	7,917	対策工配置が困難	-	
		8 億円	変動性は低下したが 変動は継続	継続										
⑦	AA	39 億円	変動性は低下したが 変動は継続	継続	650	300	50	511	15	79,278	9,276	対策工配置が困難	-	
			変動性は低下したが 変動は継続	継続										
			変動性は低下したが 変動は継続	継続										
⑧	A	-	-	-	280	220	30	97	10	13,748	2,750	鋼管杭工 集水井工8基	43億円	
⑨	A	-	-	-	170	60	15	8	15	6,221	1,245	鋼管杭工 集水井工2基	4億円	
⑩	A	20 億円	上方ブロックは停止 (下方ブロックは変動活発)	継続	500	150	40	157	10	32,732	3,666	対策工配置が困難	-	
⑪	A	4 億円	停止	終了	180	90	10	8	20	5,803	750	シャフト工 横ポーリング工2箇所	5億円	
⑫	A	-	-	-	250	110	20	29	10	8,183	1,637	鋼管杭工 集水井工6基	10億円	
⑬	A	-	-	-	165	110	20	19	20	10,638	2,128	鋼管杭工 集水井工2基	11億円	
⑭	A	-	-	-	350	250	45	206	20	50,770	10,154	対策工配置が困難	-	
⑮	A	-	-	-	200	130	15	20	20	9,671	1,935	鋼管杭工 集水井工3基	9億円	
		117 億円												256 億円

こうした状況を踏まえ、並行ルートを前提としない望ましいルートの特徴や留意点などのⅡ期線検討方針について有識者委員会に諮り、山形道の4車線化事業着手に向けた概略路線検討へ反映することが検討された。その結果、地質リスクは地すべりだけではなく、トンネルの地山条件についても配慮することとなり、全国の高速道路トンネル事例より、トンネル離隔を標準(30m)とした場合に、一般土被り部(土被り約50m以上)において、地山等級「E」または「DⅡ」相当が出現したトンネルで、既設のⅠ期線または避難坑の本体構造に影響が発生していたことから、この条件が含まれるトンネルについてもリスクが高いと判断し、リスクを回避するための別線ルートを含めた検討を行うこととなった(表3)。

表3 地すべりの影響および考慮すべき不良地山トンネルにおけるリスクへの対応

地区	地すべりの影響を回避するⅡ期線のルート検討が必要な地区の選定				トンネルにおける不良地山出現区間の抽出と対応	
	Ⅱ期線が影響する地すべりの変動状況		Ⅱ期線の地すべり対策検討	回避の必要性	考慮すべき地山状況	不良地山による地質リスクへの対応
	変動状況	動態監視	実現性			
①	ないと考えられるが要確認	-	可能	なし	-	-
②	ないと考えられるが要確認	-	可能	なし	-	-
③	ないと考えられるが要確認	-	可能	なし	-	-
④	ないと考えられるが要確認	-	可能	なし	-	-
⑤	ないと考えられるが要確認	-	可能	なし	-	-
⑥	変動継続	継続	困難	あり	-	-
⑦	変動継続	継続	困難	あり	-	-
⑧	ないと考えられるが要確認	-	可能	なし	-	-
⑨	ないと考えられるが要確認	-	可能	なし	-	-
⑩	一部活動中	継続	困難	あり	-	-
⑪	対策工により停止	終了	可能	なし	-	-
⑫	ないと考えられるが要確認	-	可能	なし	-	-
⑬	ないと考えられるが要確認	-	可能	なし	-	-
⑭	-	-	-	-	あり	低減
⑮	-	-	-	-	あり	低減
⑯	-	-	-	-	あり	低減
⑰	ないと考えられるが要確認	-	困難	あり	-	-
⑱	-	-	-	-	あり	低減
⑲	ないと考えられるが要確認	不十分	可能	なし	-	-

別線ルートを含めた検討を行うにあたり、Ⅰ期線を挟んだ片側1.0~1.5km程度の領域を対象に、航空レーザー測量による地形図を用いた地形判読による地すべりや崩壊などの斜面変動タイプの抽出および動態観測や参考文献1)~4)・関連資料に基づく地すべりの活動性の判定から、斜面変動リスク要因区分を設定した(図1)。この区分に基づき斜面変動リスク要因区分図を作成し、今後の別線ルート帯選定のための検討材料とした(図2、図3)。

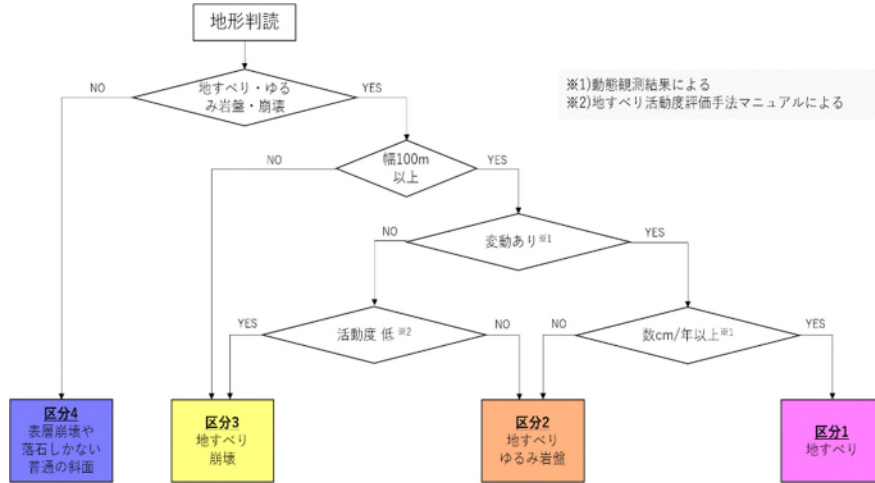


図1 斜面変動リスク要因区分の判定フロー

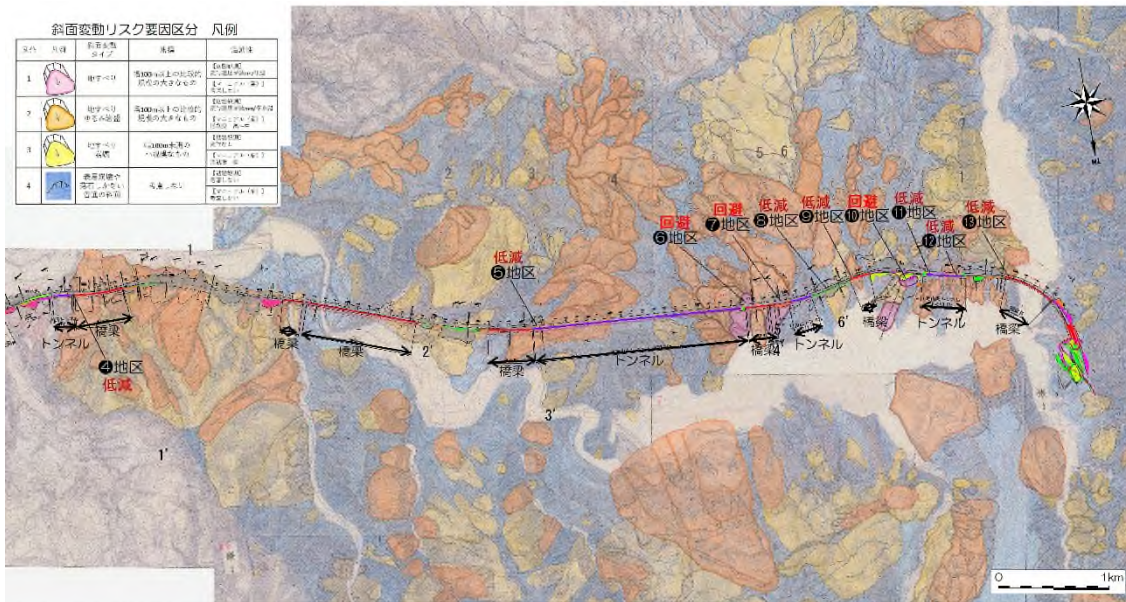


図2 斜面変動リスク要因区分図（区間1）

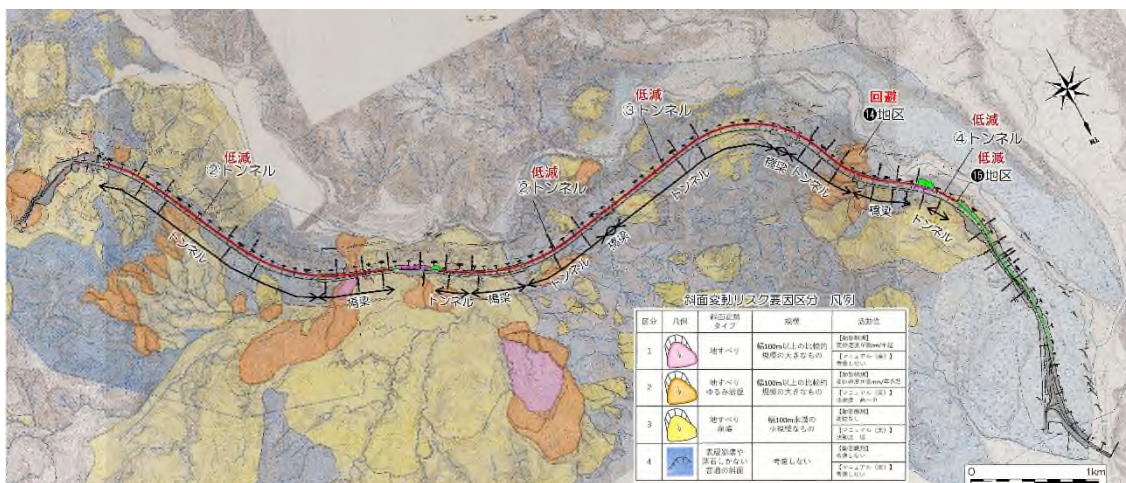


図3 斜面変動リスク要因区分図（区間2）

### 3. データ収集分析

#### (1) 地質リスクの検討に関わる資料

本事例では、地質リスクの検討にあたり、地すべり等検討委員会資料、周辺の地形・地質文献、I期線の地質調査・道路設計・各種対策工に関する報告書、施工報告書、道路点検報告書、国土交通省のLP地形データ・土砂災害危険箇所データ等を収集し、内容を整理した。

#### (2) 費用の算定

本事例は、II期線の事業計画段階における地質リスクの評価とその対応であるため、I期線当初の事業費は考慮せず、①重大なリスクを回避しなかった（保有した）場合と、②重大なリスクを回避した場合の差分をリスクマネジメント効果とみなした。

### 4. マネジメントの効果

リスクを回避しなかった場合と回避した場合のコストについて、以下のように検討した。

#### ①重大なリスクを回避しなかった（保有した）場合

- ・対策可能な地すべり対策工費（12地区）（約256億円）
  - ・現在の技術では完全に対応できない対策工（対応不可）
  - ・II期線の建設ができないことによるリダンダンシーの喪失や交通安全性の低下による経済的損失（ $\alpha$ 億円）
- ⇒ 約256億円 +  $\alpha$ 億円 ※現在の技術では対応不可

#### ②重大なリスクを回避した場合

- ・別線ルートとした場合、回避が想定される対策工費（ $\beta$ 億円）
  - ・別線ルートで遭遇する地すべり対策工費（約256億円 -  $\beta$ 億円）
  - ・別線ルートの道路調査・設計費増分（ $\gamma$ 億円）
  - ・別線ルートの工事費増分（ $\delta$ 億円）
- ⇒ 約256億円 -  $\beta$ 億円 +  $\gamma$ 億円 +  $\delta$ 億円

マネジメント効果 = ① - ②

$$\begin{aligned} &= \text{①} (\text{約} 256 \text{ 億円} + \alpha \text{ 億円}) - \text{②} (\text{約} 256 \text{ 億円} - \beta \text{ 億円} + \gamma \text{ 億円} + \delta \text{ 億円}) \\ &= (\alpha + \beta - \gamma - \delta) \text{ 億円} \end{aligned}$$

※①の場合、現在の技術では対応不可のため事業継続が出来ない

### 5. データ様式の提案

本事例におけるデータ様式の案を次頁の表4に整理した。

表4 C型データ様式への記入

大項目	小項目		データ
対象工事	発注者		—
	工事名		—
	工種		—
	工事概要		—
	①当初工事費		—
	当初工期		—
リスク回避事象	予測されたリスク発現時期		Ⅱ期線施工時
	予測されたトラブル		本線構造物変状による通行止めまたは供用不可
	回避した事象		本線構造物の変状
	工事への影響		現在の技術では対応不可
リスク管理の実際	判断した時期		Ⅱ期線の調査計画段階
	判断した者		東日本高速道路(株)
	判断の内容		中心線およびⅡ期線の用地幅を前提としない平面ルート(別線ルート)、対策工の低減を検討
	判断に必要な情報		計画路線沿いの地すべりの位置と活動性、地下水状況、道路との位置関係
リスク対応の実際	内容	追加調査	別線ルート周辺の現地踏査、ボーリング調査、動態観測等
		修正設計	中心線およびⅡ期線の用地幅を前提としない平面ルート(別線ルート)、対策工の低減を検討
		対策工	別線ルート、グラウンドアンカー、抑止杭、集水井等(想定)
	費用	追加調査	γ億円
		修正設計	
		対策工	約256億円-β億円
		②合計	約256億円-β億円+γ億円
	工事変更の内容		中心線およびⅡ期線の用地幅を前提としない平面ルート(別線ルート)、対策工の低減
	③変更後の工事費(増分)		δ億円
	変更後工期		—
間接的な影響項目		別線ルートにおける法令、環境等への影響精査が必要	
受益者		高速道路利用者、高速道路利用による幅広い層への波及効果が期待される	
リスク回避しなかった場合	工事内容		地すべり対策工 ※一部箇所において、現在の技術では対応不可
	④工事費および経済的損失		約256億円+α億円
リスクマネジメントの効果	費用④-(費用②+③)		(α+β-γ-δ)億円
	工期		リスクを回避しなかった場合、現在の技術では対応不可であるため、新たな技術開発期間が必要
	その他		リダンダンシー、安全性向上、経済効果の早期発現

参考文献

- 1) 大八木則夫(2004)：地すべり地形の判読方法，近未来社.
- 2) 日本地すべり学会(2004)：地すべり—地形地質的認識と用語.
- 3) 地方独立行政法人北海道立総合研究機構地質研究所ほか(2012)：地すべり活動度評価手法マニュアル(案)．
- 4) 藤原明敏(1979)：地すべりの解析と防止対策，理工図書，pp. 17.