# 締まった基礎地盤上の道路盛土の地震危険度マクロ評価法手引き(案)

## 常田賢一

## (一社) 地域国土強靱化研究所 顧問、 大阪大学 名誉教授

## 概要

近年の想定を超える豪雨、地震などによる道路災害が顕在化してきている。ネットワークを形成する道路は、橋梁、トンネル、土工構造物など、多種多様な道路構造物が関わるため、個々の構造部の耐災害性の向上とともに、道路ネットワーク機能の維持・向上が必要である。

本資料は、道路構造物のうち、土工構造物の一つである盛土を対象にするが、盛土は箇所、延長が膨大な数に上るとともに、災害危険度には差異があるため、全てを一律かつ同等に耐災害性を向上することは非合理、不経済である。

そのような状況を鑑みて、本資料は、2004年新潟県中越地震、2009年能登半地震の地震災害の経験に基づいて、中山間部などにおける締まった基礎地盤上に構築される道路盛土の地震危険度およびそのネットワーク機能上の重要度などを2段階でスクリーニングするマクロ評価法を提示している。

本資料は、地震に対する道路盛土の点検、詳細調査、対策などにおける危険度、優先度の評価対応が合理的かつ効率的に行えることが期待される。

なお、2024年1月1日に能登半島地震が発生し、道路盛土も数多く被災したが、今次の無被害盛土の地震危険度評価およびそれに基づく対策のために、本評価方法が活かされることを願っている。

# まえがき ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 2 1. 目的および背景 (1) 目的とマクロ評価の変遷・・・・・・・・・・・・・・3 (2) 平成 21 年:盛土のり面の緊急点検とマクロ評価法 2010 の改定・・・・・ 4 2. 危険度評価の全体フロー・・・・・・・・・・・・・・・ 5 3. 個別機能の評価・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 7 4. ネットワーク機能の評価 ・・・・・・・・・・・・・14 5. 地震動規模の評価・・・・・・・・・・・・・・・・・・16 6. 個別機能評価の活用方法 ・・・・・・・・・・・・・・17 7. 適用事例 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・18 8. 盛土の耐震対策の基本姿勢と性能評価型対策・・・・・・・・・27 あとがき ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・31 参考資料 1) マクロ評価法 2008・・・・・・・・・・・・32 (1) 全体フローと評価項目 (2) 道路震災対策便覧との比較 (3) 適用性の検証 2) マクロ評価法 2009 ・・・・・・・・・・・・39 (1) 全体フローと評価項目 (2) 評価項目間の重み (3) 2008 版と 2009 版の適用比較 3)地山地形による被害規模の差異・・・・・・・・・・・・・45

# まえがき

近年、想定を超える豪雨、地震などによる道路災害が顕在化してきているが、ネットワークを構成する道路は、橋梁、トンネル、土工構造物など、多種多様な構造物が関わっており、それらの個々の構造部の耐災害性を向上するとともに、道路ネットワーク機能の維持・向上も図ることが必要である。

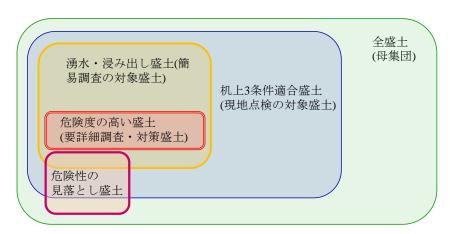
道路ネットワークを構成する構造物のうち、盛土、斜面安定施設などの土工構造物は、整備の 箇所、延長ともに膨大な数に上るとともに、災害に対する危険度には差異があるため、全てを一 律かつ同等に耐災害性を向上することは、非合理、不経済である。

そのため、まず、各種構造物の危険度をマクロ的評価して、対象構造物のスクリーニングを行うことが、詳細調査、対策などの対応を合理的かつ効率的に行うために必要である。

本資料は、中山間部などの締まった基礎地盤上に構築される道路盛土の地震危険度のマクロ評価法であり、盛土の個別機能の危険度評価および盛土が関わるネットワーク機能の危険度評価も 考慮している。

なお、本資料での「地震危険度マクロ評価法 2010」を表題の「地震危険度マクロ評価法」と呼んでいる。

【参考】下の参考図は、2009 年駿河湾を震源とする地震による東名高速道路の盛土被害を受けて実施された盛土の緊急点検の手順を参考にして、危険度の評価対象となる盛土の絞り込みのプロセスを示す。まず、母集団である全盛土から、集水地形・スレーキング材料などの机上で得られる3条件により現地点検の対象とする盛土を抽出する。次に、湧水・クラックなどの現地点検の結果に基づいて、簡易動的貫入試験による簡易調査、さらに詳細調査が必要な危険度の高い盛土を抽出する。このような手順により危険度の高い盛土が絞り込まれるが、いずれの抽出段階においても、危険性が見落とされる盛土が必ずあることに注意が必要である。その対処方法の一つは、絞り込みの要件(評価項目、重み付けなど)の最適化である。本資料では、マクロ評価法を2008、2009、2010と見直しを経ているが、絞り込みの要件の最適化のプロセスを踏んだ結果である。



参考図:評価対象の絞り込みの制約と意義の概念

# 1. 目的および背景

## (1) 目的とマクロ評価の変遷

道路はネットワークで形成されており、通行の安全性、安定性など道路に対する要求機能を考える場合、2つの視点がある。つまり、橋梁、盛土、斜面等、道路を構成する個々の構造物が具備すべき機能(以下、個別機能と呼ぶ。)および道路網として具備すべき機能(以下、ネットワーク機能と呼ぶ。)である。

そのため、地震時の道路防災では、道路ネットワークを形成する盛土などの構造物の機能評価は、個別機能およびネットワーク機能の両視点から行い、耐震強化あるいは耐震補強の計画策定に資することが重要である。

しかし、道路盛土のように該当箇所が広範囲で多数にわたる場合は、第1段階としてマクロ的な視点から機能評価を行うことが、時間、コストあるいは合理性等を考慮すると有効である。その場合、個別機能の評価およびネットワーク機能について、前者では地震被害の発生危険度の視点(=耐震性)から、後者では地震被害の影響度、復旧の容易性の視点(=防災性)から評価することが合理的である。

上記の盛土の地震危険度のマクロ評価法の確立を目的として、まず、2004年新潟県中越地震および2007年能登半島地震における道路盛土の被害調査の結果に基づいて、道路盛土の横断方向のすべり破壊に関する個別機能およびネットワーク機能を考慮した"締まった地盤上の道路盛土の地震危険度マクロ評価法(以下、マクロ評価法 2008 と呼ぶ。)"を提起した。

ここで、マクロ評価法 2008 [詳細は、本文の**参考資料1**)を参照。]の個別機能の評価項目および重み・配点は、**表1**の通りであるが、その後、震災対策便覧との対応などを図り、マクロ評価法 2009 [詳細は、本文の**参考資料2**)を参照。]に見直した。さらに、後述するように、2009年駿河湾を震源とする地震による東名高速道路の盛土被害を受けて実施された点検方法との対応を図り、マクロ評価法 2010 (詳細は、本文の**2章**以降を参照。)に改良している。なお、ネットワーク機能の評価は、いずれの評価法も同じである。

上記の通り、本手引きは、上記の経緯を経た、マクロ評価法 2010 を内容とする。

io. 1 2 3 4	評価項目 地山地形の形状・方向 排水処理の状況 盛土の土質と施工状況	No. 1	重み	上調査中 配点	心 備考		現均	at the same of				マクロ評価法2010			
1 2 3	排水処理の状況	1		配点	/stts state			也状況も	考慮	点検台帳・現地調査					
3	排水処理の状況	_	4		1用 45	No.	重み	配点	備考	No.	重み	配点	備考		
3		9	4	20		1	2	10	集水地形明示	1	2	10	①集水地形		
_	盛十の十質と施工状況		4	20	当初設計	2	4	20	現況重視	2	1	5	当初設計		
4		3	3	15		3	3	15		3	3	15	②スレーキンク*		
	盛土構造(横断方向)	4	2	10		4	2	10		4	2	10			
5	盛土構造(縦断方向)	5	1	5		5	1	5			-	-	評価しない		
6	盛土の高さ	6	2	10		6	3	15		5	3	15	③盛土高≧10m		
7	のり面の勾配		-	-	評価しない	7	0.6	3	便覧対応	6	1	5			
8	車道幅員の規模	7	2	10		8	1	5			_	_	評価しない		
9	補強的な構造の有無・程度	8	2	10		9	3	15		7	3	15	③盛土高≧10m		
	変状履歴		-	-	評価しない		0.4	2	便覧対応 現状・降雨も		5	25	点検台帳・現地点 検・簡易現地調査		
	①湧水		-	-			-	-	_		(2)	(10)	④湧水		
10	②路面変状		-	-		10	-	-	_	8	(0.6)	(3)	⑤路面変状		
	③のり面変状		-	Ī			-	-	-		(0.4)	(2)	⑥のり面変状		
	④排水施設の機能		-	Ī			-	-	-		(2)	(10)	⑦排水施設の機能		
	危険度評価点 合計			100				100				100			

表1 マクロ評価法 2008, マクロ評価法 2009 およびマクロ評価法 2010 の比較

## (2) 平成 21 年:盛土のり面の緊急点検とマクロ評価法 2010 の改定

2009 年駿河湾を震源とする地震により、東名高速道路で盛土破壊が発生したが、同地震の後、 国土交通省道路局により盛土のり面の緊急点検が全国的に実施された。

東名高速道路の盛土被害について、中日本高速道路(株)が設置した「東名高速道路 牧之原地 区地震災害検討委員会」の第3回委員会(平成21年10月27日)のブリーフィング資料および平 成21年11月20日の国土交通省道路局による「盛土のり面の緊急点検について」の報道発表資料 」では、盛土のり面の緊急点検の流れは**図1**とされた。

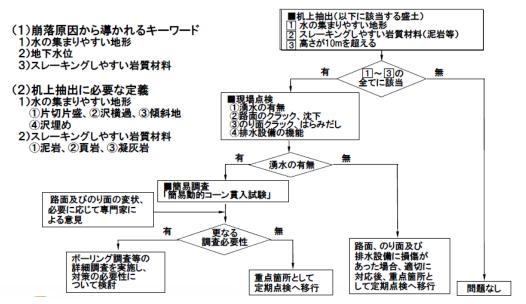


図1 盛土のり面の緊急点検の流れ

図1によれば、まず、机上抽出の条件が明記されているが、同条件とマクロ評価法 2009 との対応は、以下の通り(表1を参照。)であり、3項目ともマクロ評価法 2009 に反映されている。

① 水の集まりやすい地形

- → 評価項目1:地山地形の形状・方向
- ② スレーキングしやすい岩質材料(泥岩等)→ 評価項目3:盛土の土質・施工状況
- ③ 高さが 10m を超える

→ 評価項目 6: 盛土の高さ

次に、現場点検では、①湧水の有無、②路面のクラック、沈下、③のり面クラック、はらみだし、④排水設備の機能が点検項目とされており、変状の履歴(と言うより、現況)が重視されているが、マクロ評価法 2009 での変状履歴の評価は 100 点中 2 点しかなく、変状および現場点検の結果を充分には反映できない恐れがある。

さらに、緊急点検とマクロ評価法 2009 を比較した場合、①湧水(常時,降雨時)の点検結果の取り扱い、②スレーキング岩質材料の取り扱い、③簡易動的コーン貫入試験および地下水位調査の結果の取り扱いおよび④盛土高 10m の取り扱いを明確にする必要がある.

このため、緊急点検の調査項目を参考にして、防災点検台帳などの利用、現地点検、簡易調査などの結果を利用して、マクロ評価法 2009 を改良して、マクロ評価法 2010 を提案している。

## 参考文献(1章関係)

1) 国土交通省道路局:盛土のり面の緊急点検について、2009.11.20.

# 2. 危険度評価の全体フロー

マクロ評価 2010 は、次の①~⑥の検討方針に従って実施する 1)~4)。

- ①締まった基礎地盤上の道路盛土(区間)のすべり崩壊危険度を評価する。
- ②個別機能の評価およびネットワーク機能の評価の2段階評価とする。 注:個別機能の評価だけでもよい。
- ③個別機能の評価は、ランク毎に評価点を付与し、評価項目間はウェイト付けを行い、評価点の合計点(=危険度評価点、0~100点)により危険度を評価する。
- ④ネットワーク機能の評価は、評価項目のクロス評価による危険度評価ランクにより行う。
- ⑤個別機能の評価のための基準評価点およびネットワーク機能の評価のための基準評価ランクは、適宜設定する。

注:設定の拠り所には、想定する地震動の規模、道路の運用条件などがある。

⑥マクロ評価法 2010 は、今後、所要データの蓄積などにより、適宜、改良されるものである。 上記に基づいた評価の全体フローは図 2 および図 3 である。まず、図 2 では対象区間の設定および基礎地盤の区分を行い、締まった地盤上の盛土について図 3 の評価に移行する。

### 1) 評価対象の区間の設定方法

評価の導入部分に当たるが、道路の地山地形の形状・方向、横断方向あるいは縦断方向の 盛土構造を考慮して、類似の区間で評価の対象区間を設定することにする。ここで、区間長 (例えば、50m) は、地山地形の形状・方向、横断方向あるいは縦断方向の盛土構造は、個 別機能の各評価項目の評価区分を参照する。

### 2) 基礎地盤の区分

盛土部分の基礎地盤を区分する。区分した基礎地盤のうち、締まった地盤は図3の評価に移行する。ここで、2004年新潟県中越地震および2007年能登半島地震では、中山間部における締まった基礎地盤上の道路盛土の被害が中心であるので、液状化あるいは圧密沈下の可能性のある軟弱地盤上の道路盛土の場合は、評価の対象外とし、別途の評価方法、例えば、道路震災対策便覧5の評価方法により評価を行う。

なお、図3において、個別機能の評価は3章、ネットワーク機能の評価は4章に従って行う。

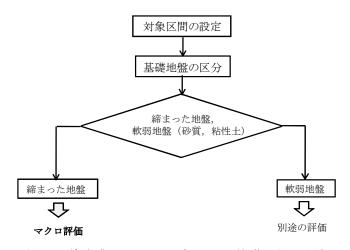


図2 道路盛土の区間設定および基礎地盤の評価

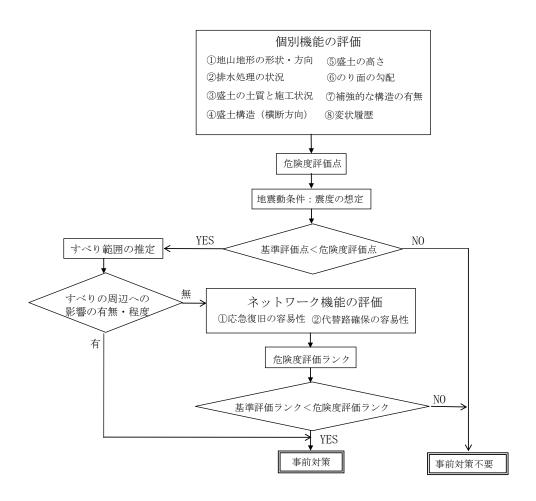


図3 締まった基礎地盤上の道路盛土の地震危険度マクロ評価法 2010 の全体フロー

### 参考文献(2章関係)

- 1) 常田賢一・小田和広・中平明憲:道路機能に基づく道路盛土の経済的な耐震強化・補強技術 に関する研究開発、道路新技術会議 道路政策の質の向上に資する技術研究開発成果報告レ ポート、No.17-4、2008.
- 2) 常田賢一・林 健二・満下淳二・志賀直樹: 震被害特性を考慮した道路盛土の地震危険度マクロ評価法、第54回地盤工学シンポジウム、2009.11.
- 3) 常田賢一・林 健二: 道路盛土の地震時危険度のマクロ評価に関する検討、第 43 回地盤工学研究発表会、No.964、2008.7.
- 4) 常田賢一・林 健二: 道路盛土の地震危険度マクロ評価法を利用した緊急点検について、平成 22 年度近畿地方整備局研究発表会、防-903、2010.7.
- 5) 社団法人日本道路協会:道路震災対策便覧(震前対策編)平成18年度改訂版、2006.

# 3. 個別機能の評価

個別機能の評価について、①地山地形の形状・方向、②排水処理の状況、③盛土の土質と施工状況、④盛土構造(横断方向)、⑤盛土の高さ、⑥のり面の勾配、⑦補強構造の有無・程度、⑧変状履歴の8つの評価項目の評価ランクの区分および評価点を表2の通りとする¹)。なお、各評価項目の評価点は0~5に設定する。ここで、評価点0は安定であることを意味するものではなく、不安定性が他のランクと比較して、相対的に最も低いことを意味する。他方、評価点5は相対的に最も不安定性が高いことを意味する。

表2 個別機能の評価項目、評価ランク、評価点および重み

	<b>莎</b> 伍佰 P	計画点やよい里の											
	評価項目				よび評価点								
			尾根状地形の地山が支配的な地形の通過部	#S									
			尾根状地形の地山がある地形の通過部	- I	*小尾根斜面								
1	地山地形の形状・方向		地山面が盛土の縦断方向である地形の通道		*平行斜面								
			地山面が小規模な沢状である地形の通過部		*沢状集水斜面								
	重み×2 小計 10点		地山面が盛土に直交あるいは斜交する比較	交的規模	の大きい沢地形の通過部 *沢集水斜面								
		0	i ~ v による排水処理がされている										
		1	i および ii による排水処理がされている										
	排水処理の状況	2	iiiによる排水処理がされている										
		4	ivあるいはvによる排水処理がされている										
2	重み×1 小計 5点	5 排水処理がされていない											
_		i	側からの浸透水が暗渠等で排水処理されている										
		ii	盛土内の水平方向あるいは縦方向の浸透抜	非水処理	がされている								
	排水方法の分類	iii	山側からの表面水が横断管、側溝等で排力	k処理さ	れている								
		iv	路面排水が側溝等で排水処理されている										
		v	のり面の流水が側溝等で処理されている										
		0	盛土材の品質が十分で、充分な締固めある	るいは改	良が実施されている								
3	盛土の土質と施工状況	3	通常の盛土材や施工である										
	重み×3 小計 15点	5	盛土材の品質や施工方法が不十分である										
		0	平坦基盤上の盛土										
		1	尾根、起伏基盤上の盛土/傾斜基盤上の片	根、起伏基盤上の盛土/傾斜基盤上の片切・片盛土									
4		2	傾斜基盤上の片盛土 (のり尻部平坦)										
4	盛土構造(横断方向)	3	傾斜基盤上の片盛土 (のり尻部傾斜)										
		4	傾斜基盤上の両盛土 (のり尻部平坦)										
	重み×2 小計 10点	5	傾斜基盤上の両盛土 (のり尻部傾斜)										
		0	4m以下										
_	盛土の高さ	2	4mを超え、8m以下										
5		4	8mを超え、20m以下										
	重み×3 小計 15点	5	20mを超える										
	のり面勾配	0	標準勾配以下である										
6	重み×1 小計 5点	5	標準勾配より大きい										
		0	耐震補強*1が施されている		*1 耐震補強例:グランドアンカー、抑止杭等。								
7	補強構造の有無・程度	3	擁壁等の土留め構造*2が施されている		*2 土留め構造例:重力式擁壁、逆T式擁壁等。								
/		4	フトンカゴ等の付属的構造*3が置かれてい	いる	*3 付属的構造例:フトンカゴ、ブロック積擁壁								
	重み×3 小計 15点	5	特別な措置がされていない		石積擁壁等。								
				0	湧水・しみ出しなし								
				1	しみ出しあり:地山境界								
		湧水の	の有無	2	しみ出しあり:のり尻								
				3	湧水あり:地山境界、しみ出しあり:のり面								
				4	湧水あり:のり尻								
	変状履歴(現況変状:	重み>	2 小計 10点	5	湧水あり:のり面								
8	台帳、現地調査)	路面刻	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	0	路面変状無し								
		重み>	c0.6 小計 3点	5	路面変状有り								
		のりi	面変状	0	のり面変状無し								
		重み>	<0.4 小計 2点	5	のり面変状有り								
		排水加	施設の機能不備	0	機能不備無し								
	重み×5 小計 25点	重み>	<2 小計 10点	5	機能不備有り								
危险	<b>)</b> 食度評価点 合計 100点												

まず、評価の対象区間の設定は、道路の地山地形の形状・方向、横断方向あるいは縦断方向の 盛土構造を考慮して、類似の区間を単位として設定する。ここで、区間長(例えば、50m)は、地 山地形の形状・方向を、また、横断方向あるいは縦断方向の盛土構造は、個別機能の各評価項目 の評価区分を参照する。

下記に、各評価項目における評価区分の内訳を示す。

## (1) 地山地形の形状・方向

盛土の被害は、盛土の基礎地盤である地山の形状あるいは方向に深く係わっていると推察され、すべり破壊の発生危険度を評価する場合、評価項目として考慮することが必要である [本文の参考資料3)]。盛土の基礎地盤となる地山が尾根状である場合(尾根斜面)は、盛土部の厚さが小規模となるため、安定性が高いと想定し、地山面が盛土の縦断方向に平行する場合(平行斜面)、さらに地山が小規模な沢(沢状集水斜面)から大規模な沢(沢集水斜面)を交差、横断する場合となるのに伴って、不安定性が高まると想定する。

このため、次のように 5 ランクに区分し、評価点は不安定性の低い尾根斜面で 0、不安定性の 高い沢集水斜面で 5 に設定する。各条件の概念を**図 4** に示す。

区分1:尾根状地形の地山が支配的な地形の通過部

\*大尾根斜面

区分2:尾根状の地山がある地形の通過部

\*小尾根斜面

区分3:地山面が盛土の縦断方向である地形の通過部

\*平行斜面

区分4:地山面が小規模な沢状である地形の通過部

\*沢状集水斜面

区分5:地山面が盛土に直交あるいは斜交する比較的規模の大きい沢地形の通過部

\*沢集水斜面

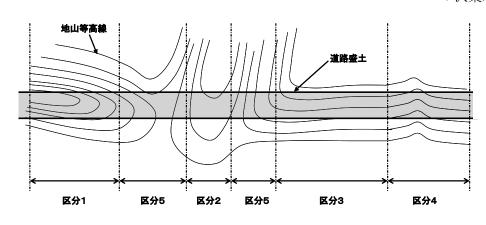


図4 地山地形による区分の概念図

#### (2) 排水処理の状況

盛土の安定には盛土体内の含水状態が深く係わっているので、盛土に対する排水状況を考慮することが必要である。盛土に関与する水の供給源としては、①山側斜面からの地下水・浸透水、②山側斜面からの表面水および③路面やのり面への降雨が考えられる。これら外部から盛土体に進入する流水に対して、盛土体内の地下水位、含水を低下するような排水方法が必要であり、その水準によって危険度の評価を行う。ここでは、次のi)~ v)の 5 種類の排水方法を考える。

i) 山側からの浸透水が暗渠等で排水処理されている

- ii) 盛土内の水平方向あるいは縦方向の浸透排水処理がされている
- iii) 山側からの表面水が横断管、側溝等で排水処理されている
- iv) 路面排水が側溝等で排水処理されている
- v)のり面の流水が側溝等で処理されている

i) ~ v) の全ての排水処理が施されている場合は、流水の影響が無く、安定性が高いとし、排水処理の水準に応じて、不安定性が増加すると見なす。なお、排水処理の評価は、当初設計によるのではなく、現況で判断することを原則とする。

このため、下記のように5 ランクに区分し、評価点はi)  $\sim v$ ) による排水処理の場合を0、排水処理がされていない場合を5 とする。そして、排水方法の適用水準に応じて、盛土の危険度の評価ランクは、次の5 つに区分する。

区分 1:i) ~ v) による排水処理がされている

区分2:i) および ii) による排水処理がされている

区分3:iii) による排水処理がされている

区分4:路面排水が側溝等で排水処理されている

区分5:排水処理がされていない

## (3)盛土の土質と施工状況

盛土を構成する土質あるいは施工状況が盛土の不安定化の要因になる。能登有料道路では、すべり崩壊で流出した土砂にセメントを混入した改良土を復旧盛土の材料として用いている。このように、新設盛土あるいは既設盛土の補強方法として、改良土の利用が考えられる。

盛土材の品質が良好であり、締固めが十分あるいは改良されている場合は、安定性が高いとし、 品質や施工が不十分な場合は不安定性が高いとする。

このため、下記の3ランクに区分し、評価点は品質や施工が充分な場合を0、不十分な場合を5とする。

区分1:盛土材の品質が十分で、充分な締固めあるいは改良が実施されている

区分2:通常の盛土材や施工である

区分3:盛土材の品質や施工方法が不十分である

#### (4) 盛土構造(横断方向)

横断方向の盛土構造において、盛土本体の形状、基盤の条件およびのり尻部の地形が盛土の不安定化の要因になる。2004年新潟県中越地震および2007年能登半島地震の被害事例から、盛土本体の形状は、図5のように両盛土、片切・片盛土および片盛土に大別でき、基盤の条件は平坦基盤あるいは傾斜基盤に区分できる。さらに、のり尻部の地形には平坦あるいは傾斜がある。

ここで、下記の 6 ランクに区分し、平坦基盤より尾根状基盤、起伏基盤、傾斜基盤が、片切・片盛土よりも片盛土、さらに両盛土が、のり尻部は平坦より傾斜が、すべりに対する不安定性が高いとし、評価点は平坦基盤上の両盛土が 0、傾斜基盤上の両盛土で、のり尻部傾斜の場合を 5 とする。なお、各ランクの区分の概念を図 6 に示す。なお、傾斜基盤の勾配は道路震災対策便覧-震前対策編-1)を参考にして 20°以上とする。

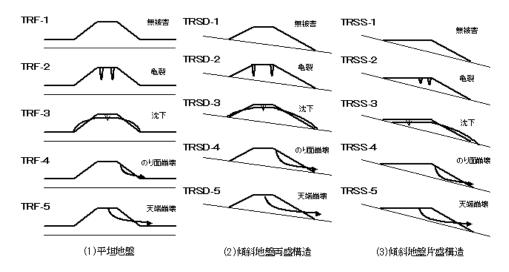


図5 道路盛土の横断方向の被害形態分類

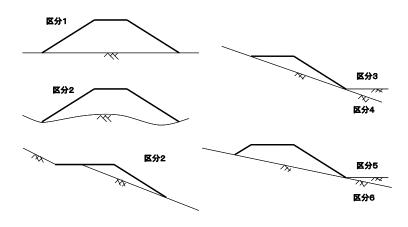


図6 盛土構造(横断方向)による区分の概念図

区分1:平坦基盤上の盛土

区分2:尾根、起伏基盤上の盛土あるいは傾斜基盤上の片切・片盛土

区分3:傾斜基盤上の片盛土(のり尻部平坦)

区分4:傾斜基盤上の片盛土(のり尻部傾斜)

区分5:傾斜基盤上の両盛土(のり尻部平坦)

区分6:傾斜基盤上の両盛土(のり尻部傾斜)

## (5)盛土の高さ

盛土の高さは盛土の耐震安定性に係わり、中山間部の傾斜地盤上の盛土では谷側の盛土高が高いため、谷側のり面にすべり破壊が発生するのが一般的である。従って、盛土高を低くすることが安定性を向上する方法として考えられる。能登有料道路の復旧では、発生土の処理も兼ねて、盛土ののり尻部に余盛を行っているが、一種の盛土高の低減であり押え盛土効果を期待している。

盛土の高さは盛土の不安定化の要因になる。盛土高さが低い程、不安定性が低いことから、盛 土高さに応じて、下記の5ランクに区分し、評価点は4m以下で0、20mを超える場合を5とす る。基準高さとしては、「道路土工 擁壁工指針」3において、地震時の耐震検討を行うことが必 要とされる高さを参考にしている。

区分1:4m以下

区分2:4m を超え、8m 以下

区分3:8m を超え、20m 以下

区分 4:20m を超える

## (6) のり面勾配

現地で評価しやすい盛土構造の指標である"のり面勾配"を評価項目とする。道路震災対策便 覧<sup>2)</sup>に従って下記の2つの評価区分とするが、評価区分が少ないこと、勾配の変動幅が小さいこ とから、重みは小さく設定(1.0)する。

区分1:標準勾配以下である

区分2:標準勾配より大きい

## (7)補強構造の有無・程度

盛土が補強されている場合、当然安定性は高いことから、補強的な構造の有無あるいは水準に 応じて、下記の4ランクに区分し、評価点は耐震補強がなされている場合を0、特別に措置されて いない場合を5とする。

盛土の耐震性を向上させるために、補強的な構造であるか否かが危険度に関係することから、 次の評価ランクを考える。

区分1:耐震補強が施されている

区分2: 擁壁等の土留め構造が施されている

区分3:ふとんかご等の付属的構造が置かれている

区分4:特別な措置がされていない

なお、上記の評価区分にある耐震補強、土留め構造、付属的構造の具体的工法の具体は、次の通りである。

- 1) 耐震補強とは「グラウンドアンカー、抑止杭」など、一般に比較的大きな外力(地すべり推力など)を想定した構造計算に基づき設計されている構造物とする。
- 2) 土留め構造とは「重力式擁壁, 逆 T 式擁壁」など、一般に比較的小規模な外力(くさび土圧など)を想定した構造計算に基づき設計されている構造物とする。
- 3) 付属的構造とは「ふとんかご、ブロック積擁壁、石積擁壁」など、一般に標準図や経験的判断により設計されている構造物とする。

### (8) 変狀履歴

変状履歴については、抜本的な対策が行われていない場合、既往および現在の変状,その補修履歴は、盛土の潜在的な不安定さを示していると言える。そのため、マクロ評価法 2008 では対象外としていたが、現地で評価しやすく、道路震災対策便覧で扱われていることから、2009 版では下記の 2 区分を追加した。しかし、その重みは 0.4 と低く、変状履歴がある場合は、復旧・修繕済みであっても危険側に評価していた。

#### 【マクロ評価法 2009 の変状履歴】

区分1(評価点0):既往および現況の変状履歴が無い。

区分 2 (評価点 5):変状履歴があり、原形復旧済み、維持修繕済みあるいは維持修繕が未了。 そして、マクロ評価法 2010 では、一斉点検(本文、1.目的および背景 の (2) 参照。)の点 検項目に整合させることにより、マクロ評価法 2009 を下記のように改良している。

- (1) すべりへの影響が小さいと見なした「盛土構造(縦断方向)」および「車道幅員」を評価項目から除外する。
- (2) 「排水処理の状況」は当初設計図に基づいて評価し、その後の排水機能の低下などの状況 変化は「変状履歴(現況変状)」で評価する。
- (3) 机上抽出などによるスレーキング岩質材料の使用の可能性の有無、さらに、簡易動的コーン貫入試験結果ついては、評価項目:盛土の土質と施工状況において、次のようにする。 対応1:スレーキング岩質材料の使用の可能性がある場合、評価点を"5"とする。
  - 対応 2: 簡易調査 (動的貫入コーン) の強度 ( $N_d$ 値) について、 [粘土質  $N_d \le 4$ , 砂質土  $N_d \le 10$  ]および  $10 < N_d$  に応じて、それぞれの評価点は"5"および"3"とする。 ここで、対応 1 あるいは対応 2 の双方がある場合は、高い方の評価点を採用する。
- (4) 盛土高 10m については、評価項目: 土の高さにおいて, 10m 以上の盛土の区分評価点は"4" あるいは"5"となる.
- (5)「変状履歴(現況変状)」の評価を重視(2点から25点へ)する。変状としては、緊急点検で取り上げられている、湧水、路面変状、のり面変状および排水施設の機能とする。ここで、湧水の評価区分と評価点は表3、変状の評価区分と評価点は表4による配点とする。つまり、4つの評価項目の区分点の最大値は5点とし、重みをそれぞれ2、0.6、0.4 および2と想定する。

従って、湧水、路面変状、のり面変状および排水施設の機能の評価点の上限値は、それぞれ 10、3、2 および 10 点となる。なお、重みの設定では湧水および排水施設の機能の危険度を高く評価し、区分点の設定では「湧水あり」の危険度を「しみ出しあり」よりも高く、「のり面」の危険度を「のり尻」より高く、「地山の境界」は「のり面」と「のり尻」より低くしている。また、変状が無い場合は 0 点である。ここで、「のり面」の危険度を「のり尻」より高くしたのは、東名高速道路の崩壊盛土のように、堤内の滞水の高さがのり面上部に現れると想定したことによる。

表3 湧水の評価区分と評価

			壬 7、		
		のり面	のり尻	地山境界	重み
	湧水あり	5	4	3	$\times 2$
湧水 区分	しみ出しあり	3	2	1	$\times 2$
	なし	0	0	0	$\times 2$

表 4 変状の評価区分と評価点

	_	変状の	)有無	重み
		有り	なし	里み
	路面変状	5	0	×0.6
変状 区分	のり面変状	5	0	×0.4
区力	排水施設の 機能不備	5	0	$\times 2$

なお、簡易調査により地下水位確認の結果が得られた場合、地下水位が高い(例えば、1m以下)とされた盛土は、表3の"のり尻・湧水あり"の区分評価点を"4"とする。

## (9) その他の評価項目

本文のマクロ評価法 2010 では、上記の (1) ~ (8) の評価項目により危険度評価点を算出するが、マクロ評価法 2008、マクロ評価法 2009 では【車線幅員の規模】を評価項目 (2008 版:配点 10、2009 版:配点 5) としていたが、マクロ評価法 2010 では除外している。

ここで、2010 以降の下記の背景・状況を踏まえると、【車線幅員の規模】に相当する評価項目 の取り扱いが必要になる。

## 背景1:「道路リスクアセスメント要領(案)」の策定

令和4(2022)年3月策定の「道路リスクアセスメント要領(案)」<sup>4)</sup>では、通行の障害の種類とその程度の区分において、①道路の通行機能に関わる走行性、②容量の確保および③荷重の支持の3つのリスクについて障害を大・中・小に区分している。これらの3リスクのうち、②(交通)容量は車線数により影響が異なるとしており、2車線以上に影響を及ぼし、1車線も確保できない程度の障害は"大"、1車線は確保できる程度の障害は"中"と評価している。また、③盛土の荷重の支持は、崩壊や欠損が生じても、全ての車線の範囲に影響が及ぶ場合ではない場合は、"大"ではなく、"中"と評価するとされているが、これらは、読み替えると、1車線以上が確保される場合であり、②と同意である。

これらから、【確保車線数】を評価項目とすると、下記の評価区分が考えられる。

区分1:通行障害時でも2車線以上が確保できる。 → 障害レベル:無・小

区分2:通行障害時に最低限1車線が確保できる。 → 障害レベル:中

区分3:通行障害時に1車線も確保できない。 → 障害レベル:大

なお、上記の車線の確保は、既存の車線に留まらず、例えば、車線に隣接して山側に速やかに 車線の拡幅、増設が可能な場合、近接して迂回路が確保される場合なども含まれる。

#### 背景 2: 令和 6(2024) 年能登半島地震による被害状況

令和 6 (2024) 年 1 月 1 日に発生した能登半島地震では、のと里山海道(旧能登有料道路: 石川県所管)では、道路盛土の被害が多数発生したが、例えば、国土交通省道路局 5 によれば、のと里山海道(徳田大津 IC~穴水 IC)では、

- ・4 車線区間(約 6km): 盛土崩壊 5件、うち交通機能全喪失0件
- ・2 車線区間(約 12km): 盛土崩壊 16 件、うち交通機能全喪失 9 件

であり、4 車線区間では、交通機能が喪失するような崩壊はなかった・・・とされている。

上記に関しては、2 車線区間では、車道の全幅に渡るすべり崩壊が発生すると、交通機能が喪失し、応急復旧による交通機能の確保も困難(2015 年道路土工構造物技術基準:性能3相当、性能区分は、以下、同様)であるのに対して、4 車線区間(上下方向に各2車線)では、仮に谷側の2車線がすべり崩壊により交通機能が喪失しても、残存した山側の2車線で通行ができる、言い換えると、震災直後の交通機能が性能2相当で確保できる・・・と理解できる。なお、このように、4車線区間が最良であるが、2車線区間であっても、谷側の1車線がすべり崩壊しても山側の1車線が残存する場合、あるいは、2車線がすべり崩壊しても山側に拡幅が可能であり、1車線以上が応急的に確保できる場合は、交通機能は性能2相当と見なすことができる。これらに関しては、

道路土工構造物技術基準が想定する性能が、設計対象の「新設盛土の性能」であるのに対して、 「既設盛土の被災直後の性能」の扱い方の違いになる。

以上から、**背景 2** を包含した**背景 1** による取り扱い:評価項目の設定が考えられるが、【確保 車線数】は盛土構造の危険度に留まらず、盛土を含めた周辺環境・状態が関係するので、マクロ 評価の評価項目には馴染まないと言える。

ただし、道路幅員の規模は復旧対応の水準に深く関わるので、本文の8章において、地震危険 度マクロ評価結果に基づいた「復旧性能水準」の視点による耐震対策の基本姿勢と性能評価型対 策について考察する。

#### 参考文献 (3章関係)

- 1) 常田賢一・林 健二:道路盛土の地震危険度マクロ評価法を利用した緊急点検について、平成 22 年度近畿地方整備局研究発表会、防-903、2010.7.
- 2) (益社) 道路協会:道路震災対策便覧-震前対策編-、2006.
- 3)(益社)道路協会:道路土工 擁壁工指針、1999.
- 4) 国土交通省道路局:道路リスクアセスメント要領(案)、令和4年3月.
- 5) 国土交通省道路局:、第21回道路技術小委員会、資料-2、令和6年2月21日.

# 4. ネットワーク機能の評価

マクロ評価法 2008 は道路の機能に主眼を置いた評価をしているが、崩壊した土砂が盛土周辺の住家などに影響する場合の評価が必要であるので、マクロ評価法 2009 の評価では、個別機能の評価の結果、基準評価点以上となった盛土区間について、ネットワーク機能を評価する前に、まず、すべり範囲の推定を行い、次に、すべりの周辺への影響の有無・程度に基づいて、影響の有無を評価する1)。

人家等への影響が「有」の場合はネットワーク機能の評価をしないで、対策が必要と判断する。 一方、「無」の場合は、ネットワーク機能の評価を行う。なお、すべり土塊の到達距離、すなわち 影響範囲については、例えば、道路土工-のり面工・斜面安定工指針<sup>2)</sup>によるなど、適宜推定する。 ネットワーク機能の評価について、各評価項目の評価ランクは下記のようにするが、個別機能の 評価と異なり、評価点を付与せずに、応急復旧の容易性と代替路確保の容易性のクロス評価によ る区分とする。

## (1) 応急復旧の容易性

道路交通が遮断され、通行止めに至るような被害が発生した場合、応急復旧の容易性がネットワーク機能の信頼性の回復水準に関係する。ここで、復旧の容易性には、復旧方法の適用性あるいは迅速性が含まれる。

応急復旧の容易性は、盛土の被災箇所を避けて設置する仮設道路の設置の容易性に着目する。 ここで、仮設道路の設置の容易性は、車道部以外の用地について、既存の道路用地の規模あるい は借地により応急的に確保できる用地規模に左右される。道路用地内の車道以外の用地の確保あ るいは隣接、近隣における用地の確保の視点から、応急復旧の容易性は、次ように 5 ランクに区

### 分する(表5参照)。

- i) 2 車線程度の余裕があり、道路用地内で仮設道路の設置ができる
- ii) 1 車線程度の余裕であるが、沿道状況から、拡幅、規制により隣接して仮設道路の設置、 運用ができる
- iii) 路肩幅程度の余裕であるが、沿道状況から、拡幅などにより隣接して仮設道路の設置、運用ができる
- iv) 近隣(道路区域以外) に仮設道路を設置できる余地がある
- v) 道路区域内あるいは近隣で仮設道路の設置ができない

### (2)代替路確保の容易性

被災箇所での応急復旧が困難な場合、代替路を確保することが必要であり、代替路確保のためのネットワーク機能の水準の評価が必要である。代替路は、当該路線の道路水準以上であることが必要であるが、その位置によって代替性の水準が異なるので、代替路に至る範囲(=距離)に拠って評価ランクを区分する。ここでの代替路確保の容易性は、次のように3ランクに区分する(表5参照)。

区分1:近隣(数km以内)に代替できる、同レベル以上の道路(代替路)がある。

区分2:適当な範囲(10km程度)内に、同レベル以上の代替路がある。

区分3:相当広範囲(数10km)でないと、同レベル以上の代替路がない。

表 5 ネットワーク機能の評価項目および評価ランク

	評価項目		評価ランク				
		1	2車線程度の余裕があり、道路用地内で仮設道路の設置ができる				
		2	1車線程度の余裕であるが、沿道状況から、拡幅、規制により隣接 して仮設道路の設置、運用ができる				
1	応急復旧の容易性	3	路肩幅程度の余裕であるが、沿道状況から、拡幅などにより隣接し て仮設道路の設置、運用ができる				
		4	近隣(道路区域以外)に仮設道路を設置できる余地がある				
		5	道路区域内あるいは近隣で仮設道路の設置ができない				
		1	近隣(数km以内)に代替できる、同レベル以上の道路(代替路)がある				
2	代替路確保の容易性	2	適当な範囲(10km程度)内に、同レベル以上の代替路がある				
		3	相当広範囲(数10km)でないと、同レベル以上の代替路がない				

上記の2つの評価項目に基づいて、ネットワーク機能の評価は表6に従って行うことにする。 つまり、応急復旧の容易性および代替路確保の容易性の評価ランクのクロス評価により、ネット ワーク機能の危険度評価ランクを、危険度の高い方からAA、A、B、C、D、E、EEで区分する。 ここで、盛土の事前補強対策の実施の必要性を判断する危険度評価基準は、適宜設定(例えば、A 以上)し、対象箇所を選定することとする。 なお、復旧時間によるサービス水準の設定に関しては、復旧時間が資機材、復旧体制などによる不確実性が高いこと、残留変位量などの被害規模の評価基準が曖昧になることから、ここでは 考慮していない。

代替路確保の容易性の評価ランク 1 2 3 応 1 EE(2) E(3) D(4) 急復旧 2 D(4) C(5) E(3) の容易性の評価ランク 3 C(5) B(6) D(4) C(5) B(6) **A**(7) 5 B(6) **A**(7) **AA**(8)

表6 ネットワーク機能の評価

(数値)はランクの数字の合計

#### 参考文献(4章関係)

- 1) 常田賢一・林 健二:道路盛土の地震危険度マクロ評価法を利用した緊急点検について、平成 22 年度近畿地方整備局研究発表会、防-903、2010.7.
- 2) (社)日本道路協会:道路土工-のり面工・斜面安定工指針、1999.

# 5. 地震動規模の評価

マクロ評価法 2008 版、2009 版および 2010 版のいずれも、盛土に作用する外力の大きさは考慮していないが、2004 年新潟県中越地震および 2007 年能登半島地震の被害盛土の特性に基づいているため、背景としては、入力地震動の規模は震度 6 弱以上が前提にあり、特定の地震動規模を考えないで、震度 6 弱以上の震度の発生が予想される場合は、基準評価点は 60 点とする。

他方、外力としての地震動の規模を想定することが必要とされる場合は、震度 5 強以上での地 震動規模を細分化する明確な根拠は無いため、例えば、次のように、地震動規模の影響を考慮し た基準評価点を設定する方法が考えられる。

危険度評価点:震度5強 70点

震度 6 弱以上 60 点

これは、特定の地震に対する個別機能の評価を行う場合のように、箇所毎あるいはゾーン毎に 異なる震度が得られた場合、震度の大きさに対する被害規模の差異を評価する場合に考えられる。 例えば、A 盛土および B 盛土の危険度評価点がいずれも 65 点であり、それぞれで想定する震度が 6 弱および 5 強である場合、A 盛土は次の段階の評価に移行するが、B 盛土は事前対策が不要と判 断する。

# 6. 個別機能評価の活用方法

これまでの検討結果から、地震危険度のマクロ評価法 2010 における個別機能の評価方法を活用した緊急点検の流れは、**図7**のように例示できる。同流れにおけるマクロ評価法 2010 の活用方法は、下記の通りである。

2009 年の一斉緊急点検では、まず、3 条件により現地点検の対象箇所を机上抽出することになっているが、マクロ評価法 2010 によれば、道路台帳あるいは既往の防災点検台帳を利用することにより、現地点検の優先度の評価など、より多様な条件を考慮した評価が可能である。

次に、現地点検において、湧水の有無、路面変状、のり面変状および排水施設の機能に関する結果が得られるが、マクロ評価法 2010 を用いてた評価ができる。そして、湧水の有無により、次の段階の動的コーン貫入試険などの簡易調査の適否を判断しているが、マクロ評価法 2010 による危険度評価点によれば、その大小に基づいて、簡易調査の優先度の分類に活用できる.

さらに、簡易調査の後、重点監視、詳細調査および対策工計画の評価の段階に進むことになるが、それぞれの段階において、重点監視の水準、詳細調査の優先度あるいは対策工の優先度を評価する場合にも、マクロ評価法 2010 による危険度評価点が活用できる。

ここで、重点点検箇所の扱いについて、緊急点検では定期点検となっているが、危険度評価点に応じて重点点検箇所を細分化して、取り扱いの優先度を考慮することができる。例えば、分類 A、B、C、Dの定期点検とし、A:週1回実施、B:月1回実施、C:年2回実施、D:必要無しのように危険度評価点に応じて設定する。

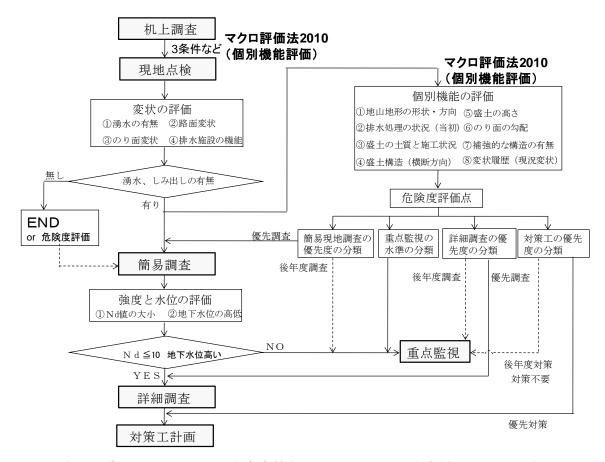


図7 盛土のり面における緊急点検などにおけるマクロ評価法 2010 の活用例

上記の通り、段階的に実施される作業・対処において、マクロ評価法 2010 の結果は、定量的な評価点が得られるために、対処の優先度が客観的に決めることができる。

# 7. 適用事例

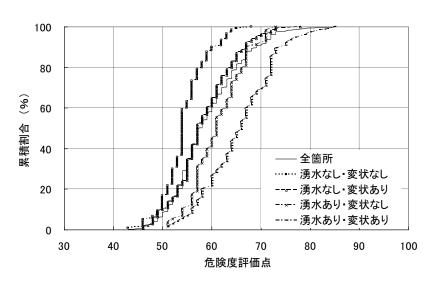
マクロ評価法 2010 の妥当性を明示することが必要であるが、本章では、2 つの適用例を示す。

## 適用例1:緊急点検の対象盛土

ここでは、今回の緊急点検を踏まえた道路盛土の地震危険度マクロ評価法 2010 の適用性 いていて述べる。検討の対象とした緊急点検対象盛土は約 400 箇所である。マクロ評価により得られたマクロ危険度評価点の分布、平均値を整理すると表 7 の通りとなる。表 7 より、緊急点検で簡易調査が必要と判定(変状あり、湧水あり)された箇所のマクロ危険度評価点(平均値)は、全箇所のマクロ危険度評価点(平均値)よりも大きいことがわかる。これは、マクロ危険度評価法による危険度判定と、緊急点検による危険度判定結果に相関関係があることを示唆する。

表7 マクロ評価法による緊急点検対象盛土の危険度評価点の分布

		変状				
		あり	なし			
	51~85		51 <b>~</b> 73			
活业	あり	(平均 65.8)	(平均 61.3)			
湧水	<i>+</i> >1	46 <b>~</b> 78	43~68			
	なし	(平均 58.4)	(平均 54.6)			



	全箇所	変状なし	変状あり
Kmin	43	43	46
K20	53	52	55
K50	57	56	60
K80	65	62	67
Kmax	85	73	85

例)K<sub>20</sub>: 累積割合 20%の危険度評価点

図8 マクロ危険度評価点と累積割合の関係

緊急点検対象盛土のマクロ危険度評価点の分布傾向を考察するため、マクロ危険度評価点と累 積割合の関係を整理した。整理方法は図8の通りである。参考値として、湧水・変状の有無で分 類されたカテゴリー毎に、累積割合が 20%、50%、80%となる危険度評価点を付記した。

緊急点検結果とマクロ危険度評価点の関係を表8に整理した。緊急点検結果は湧水の有無と変 状の有無から4区分とした。マクロ危険度評価点は70点以上、60点以上70点未満、60点未満の 3区分(危険度 A から危険度 C) とした。表8より、マクロ評価の危険度 A では緊急点検結果の 形態 1 (湧水あり、変状あり) が 2/3 (=6%/9%) の割合となり、危険度の高い盛土は、緊急点検 結果とマクロ評価結果でともに抽出される可能性が高いことがわかる。したがって、緊急点検結 果とマクロ評価を併用することにより、数多く存在する道路盛土をきめ細かく危険度で分類する ことが可能となり、防災対策を講じる上で効果的な手法になる。危険度の分類の考え方の一例を **表 9** に示す。

なお、緊急点検では湧水ありの箇所のみが簡易調査に進むこととなり、谷地形部盛土、高盛土 等であっても湧水の確認できない盛土はすべて安全と判定される場合がある。一方、マクロ評価 では、湧水箇所は危険度評価点の加点の対象になり、それ以外に谷地形部盛土や高盛土も加点対 象となることから、緊急点検で簡易調査不要と判定された盛土の中に危険度評価点の大きい盛土 も存在する。今後、緊急点検結果を適用する際には、マクロ評価度評価で危険度評価点の大きい 盛土の取り扱い方法にも留意する必要があると考えられる。

表8 緊急点検結果とマクロ危険度評価点の関係 表9 危険度の分類の考え方の一例

	危険度A 70以上	危険度B 60以上70未満	危険度C 60未満		危険度A 70以上	危険度B 60以上70未満	危険度C 60未満
形態1 湧水あり 変状あり	全体の6% 70~85 (平均74)	全体の9% 60~69 (平均65)	全体の4% 51~58 (平均56)	形態1 湧水あり 変状あり	危険グループ I	危険グループ Ⅱ	危険グル―プ Ⅲ
形態2 湧水あり 変状なし	全体の1% 71~73 (平均71)	全体の8% 60~69 (平均64)	全体の6% 51~59 (平均56)	形態2 湧水あり 変状なし	危険グループ Ⅱ	危険グループ Ⅲ	
形態3 湧水なし 変状あり	全体の2% 70~78 (平均73)	全体の12% 60~69 (平均63)	全体の21% 46~59 (平均54)	形態3 湧水なし 変状あり 形態4	危険グループ Ⅲ		
形態4 湧水なし 変状なし	なし	全体の4% 60~68 (平均63)	全体の27% 43~59 (平均53)	湧水なし 変状なし			

## 参考文献(適用例1関係)

1) 林 健二・常田賢一・上出定幸:地震危険度から見た中山間部における道路盛土のスクリーニ ング手法、地盤工学会誌、Vol.61、No.1、2013.1.

### 適用例2:阪神高速道路・北神戸線での適用検証:耐震点検および耐震対策計画

阪神高速道路の北神戸線は六甲山系の中山間部に位置しており、盛土などの土工構造物が多い。 そのため、当該区間で実施した盛土の緊急点検(本文、図1参照。)では、地震危険度マクロ評価法 2010(本文、表2参照。)も実施し、それらの結果に基づいて耐震対策計画の策定が実施されている。 下記に、検討の経緯、結果に基づき、マクロ評価法 2010 の実務的な妥当性の検証結果を示す。

まずは、緊急点検とマクロ評価の評価項目の整合性について、机上調査の項目である

- ・「水の集まりやすい地形」は、評価項目①の地山地形の形状・方向
- ・「スレー キングしやすい岩質材料」は、評価項目③の盛土の土質と施工状況
- ・「高さが 10m を超える」は、評価項目⑤の盛土の高さ

が対応している。

さらに、緊急点検の現地点検による「湧水の有無」、「路面のクラックと沈下」、「法面クラック,はらみ出し」および「排水設備の機能」は、評価項目®の現況変状がそのまま対応している。ここで、評価項目②の排水処理の状況は、当初設計の排水系統の評価であり、経年後の状態は、評価項目®の「排水設備の機能」で評価される。また、変状・補修の履歴は、特には考慮されていないが、現在の変状を重視して評価項目®で評価し、補修履歴は評価項目⑦の補強構造の有無・程度に反映されていると評価されている。

### 1. 緊急点検

机上調査により、3条件に該当して抽出した盛土は40箇所である。これらの盛土に対して、降 雨前および降雨後の現場点検が実施され、その結果、「湧水あり」とされた盛土は17箇所であ る。これらの盛土に対して実施した簡易現地調査の結果、簡易動的コーン貫入試験により除外さ れたのが9箇所(No.9、11、12、14、16、21、32、36、37)であり、さらに簡易地下水位調査に より除外されたのが5箇所(No.13、15、28、38、39)である。これらの14箇所は重点監視箇所、 残りの3箇所(No.20、22、34)が詳細調査箇所と評価された。

上記の緊急点検の結果のうち、簡易調査の要否は**表 10** の右 2 欄に、さらに、簡易調査による詳細調査の要否については、同表の右 1 欄において、"詳細調査が必要な盛土"と詳細調査が不要で"重点監視"とした盛土の区分を示す。

#### 2. マクロ評価

マクロ評価は 40 箇所の全てについて、緊急点検の机上点検および現場点検の結果に基づいて実施したが、評価結果を**表 10** および**図 9** に示す。**表 11** は緊急点検による評価結果の区分毎の危険度評価点の分布および平均値である。同表によれば、危険度評価点の平均値は、簡易調査の不要箇所で 48.3 点、必要箇所で 61.1 点であり、後者が高い。これは、簡易調査の必要箇所は、湧水またはらみ出しが確認された箇所に該当することから、危険度評価点が大きく評価された結果である。

また、簡易調査が必要とされた17箇所について、詳細調査が不要とされた14箇所および必要とされた3箇所の危険度評価点の平均は、それぞれ62.6点および67.3点であり、後者が5点程度

高い。

ここで、緊急点検により簡易調査が不要とされた盛土の No.4 および No.40 では危険度評価点が高く、また、簡易調査の結果、詳細調査が不要とされた箇所の No.11、16、28、32、37、38、39でも危険度評価点が高い。このため、緊急点検により詳細調査が必要とされた No.20、No.22 および No.34 を含めた、危険度評価点(当初)が 60 点以上である下記の 12 箇所は、評価項目を再確認するために、専門家による現地調査を実施した。なお、各箇所の( )内の数値は緊急調査に基づく危険度評価点(表 10 参照)であるが、再確認のための現地調査前の評価であるため、"当初"とした。

No. 4 (62) 、No.11 (67) 、No.16 (61) 、No.20 (68) 、No.22 (73) 、No.28 (67) 、No.32 (60) 、No.34 (61) 、No.37 (63) 、No.38 (67) 、No.39 (65) 、No.40 (67)

現地調査の詳細は省くが [本文、**参考文献1**)を参照。]、現地調査により、机上調査、点検結果 (報告書)では把握できない事項も明らかになり、きめ細かい現地調査、施工図面などの精査が必要であることが指摘されている。

8-1 8-3 簡易 詳細 評価項目 地山 排水 盛土 盛土 盛土 法面 補強 路面 法面 排水 湧水 危険度 調査 調査 高さ 地形 処理 土質 構造 勾配 構造 変状 変状 機能 評価点 2.0 3.0 2.0 3.0 1.0 3.0 2.0 0.6 0.4 2.0 要否 要否 阪-1 不要 阪-2 不要 阪-3 不要 阪−4 不要 阪−5 不要 阪−6 不要 阪-7 不要 阪-8 不要 阪-9 監視 必要 阪-10 不要 阪-11 必要 阪-12 必要 監視 阪-13 必要 監視 阪−14 必要 監視 阪-15 必要 監視 阪-16 阪-17 不要 不要 阪-18 阪-19 不要 阪-20 必要 阪-21 必要 監視 阪-22 必要 必要 阪-23 不要 阪-24 不要 阪-25 不要 阪-26 不要 阪-27 不要 阪-28 監視 必要 阪−29 不要 阪−30 不要 不要 阪−31 阪-32 監視 必要 阪-33 不要 阪-34 必要 阪−35 不要 阪-36 必要 監視 阪-37 必要 監視 B −38 監視 必要 阪-39 必要 監視 阪-40 不要

表 10 緊急調査およびマクロ危険度評価(当初)の結果

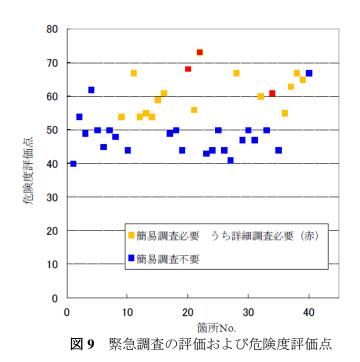


表 11 緊急点検による簡易調査、詳細調査の要否および危険度評価点(分布および平均)

簡易調査の要否(40箇所)							
不要(23箇所)	必要(17箇所)						
40~67(48.3)	54~73(61.1)						
詳細調査の要	否(17箇所)						
不要:重点監視(14箇所)	必要(3箇所)						
55~67(62.6)	61~73(67.3)						

## 3. 現地調査に基づく評価の見直し

危険度評価点が 60 点以上の箇所に関する現地調査の結果、対象とする盛土の区間設定および 危険度評価点の見直しが行われた。表 12 および図 10 は、現地調査を実施した 12 箇所について評価要因を再評価した後の結果である。なお、現地調査により、No.11、No.20 および No.34 の 3 箇所は同一区間と見なすことが不適当と判断し、それぞれ 3 区分、3 区分および 2 区分とした。これにより評価対象は 40 箇所の 45 区分になる。

前掲した当初の危険度評価(表 10) および再評価後の危険度評価(表 12) を対比すると、緊急 点検による簡易調査の必要箇所は 17 箇所・22 区分、不要な箇所は 23 箇所・23 区分であり、さら に、簡易調査の必要箇所については、詳細調査が不要とされたのは 14 箇所・16 区分であり、必 要とされたのは 3 箇所・6 区分である。

また、表 10 と表 12 とを比較すると、地震時危険度の高い盛土に対して、より的確に危険度評価ができていることが分かる。表 13 に再評価後の危険度評価点の分布および平均値を示す。同表によれば、簡易調査の不要箇所の平均値より、必要箇所の平均値が 11 点程度高い。また、詳細調査の不要箇所および必要箇所の危険度評価点の平均は、後者が 4 点程度高い。つまり、簡易調査の要否および詳細調査の要否について、危険度評価点の分布および平均値は相対的な差異が明示されていることから、適用したマクロ評価法は実務上、妥当と考えられる。

表 12 緊急調査およびマクロ危険度評価 (再評価) の結果

評価項目	1 地山	2 排水	3 盛土	4 盛土	5 盛土	6 法面	7 補強	8-1 湧水	8-2 路面	8-3 法面	8-4 排水	危険度
正面外口	地形	処理	土質	構造	高さ	勾配	構造	<i>15</i> 3 / N	変状	変状	機能	評価点
重み	2. 0	1.0	3. 0	2. 0	3. 0	1.0	3.0	2. 0	0.6	0.4	2. 0	
阪-1	2	2	3	2	4	0	3	0	0	0	0	40
阪-2	4	2	3	4	4	0	5	0	0	0	0	54
阪-3	4	2	3	3	4	0	3	0	5	0	0	49
阪-4	4	2	3	4	4	0	5	0	5	0	0	57
阪-5	2	2	3	4	4	0	5	0	0	0	0	50
阪-6	4	2	3	1	4	0	4	0	0	0	0	45
阪-7	4	2	3	2	4	0	5	0	0	0	0	50
阪-8	2	2	3	2	5	0	4	0	0	5	0	48
阪-9	2	2	3	2	5	0	4	3	0	5	0	54
阪-10	4	2	3	2	4	0	3	0	0	0	0	44
阪-11-1	2	2	3	2	4	0	5	5	0	0	0	56
阪-11-2	5	2	3	0	4	0	5	3	0	0	0	54
阪-11-3	2	2	3	2	4	0	5	5	0	0	0	56
阪-12	4	2	3	1	4	0	5	3	0	0	0	54
阪-13	2	2	3	2	5	0	5	3	0	0	0	55
阪-14	4	4	3	3	4	0	3	3	0	0	0	54
阪-15	4	2	3	2	5	0	5	3	0	0	0	59
阪-16	4	2	3	3	5	0	3	3	0	0	0	55
阪-17	2	2	3	2	5	0	5	0	0	0	0	49
阪-18	4	2	3	2	4	0	5	0	0	0	0	50
阪-19	2	2	3	1	4	0	5	0	0	0	0	44
阪-20-1	4	2	5	4	5	0	5	0	0	0	0	63
阪-20-2	4	2	5	4	5	0	4	4	0	0	0	68
阪-20-3	2	2	5	4	4	0	0	0	0	0	0	41
阪-21	2	4	3	5	4	0	3	3	0	5	0	56
阪-22	4	2	3	4	5	0	3	5	0	5	5	73
阪-23	2	2	3	2	4	0	4	0	0	0	0	43
阪-24	2	2	3	1	4	0	5	0	0	0	0	44
阪-25	4	2	3	2	4	0	5	0	0	0	0	50
阪-26	2	2	5	1	4	0	3	0	0	0	0	44
阪-27	2	2	3	1	4	0	4	0	0	0	0	41
阪-28	2	2	5	5	4	0	4	5	0	5	0	67
阪-29	4	2	3	2	4	0	4	0	0	0	0	47
阪-30	2	4	3	2	5	0	4	0	0	5	0	50
阪-31	4	2	3	2	4	0	4	0	0	0	0	47
阪-32	2	2	3	2	4	0	5 5	5 0	0	5 0	0	58
阪-33	2	4	3	1 4	4	0	4		0	_	5	50 59
阪-34-1			3			0		0	0	0	_	
阪-34-2	4	4	3	1	4	0	4 5	5 0	0	5 0	0	65
阪-35	2	2	3			0		5	0	5	0	44
阪-36	2	2		2	4	_	4	-	-	_	-	55
阪-37 阪-38	4	2	3	4	4 5	0	4	5 3	0	0	0	63 55
	2	_	3	3	5	0	3	5	5	5	0	
阪-39	2	2	5 3	1 2	4	0	4	5			5	65
阪-40	2	- 2	3	2	4	U	3	0	0	0	5	60

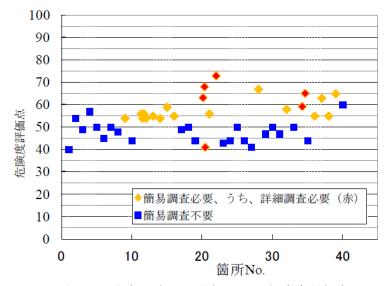


図10 緊急調査の再評価および危険度評価点

表 13 緊急点検による簡易調査、詳細調査の要否および危険度評価点(分布および平均)

簡易調査の要否(40箇所:45区分)							
不要(23箇所:23区分)	必要(17箇所:22箇所)						
40~60 (47.8)	41~73 (58.4)						
詳細調査の要否(	17箇所:22区分)						
不要(14箇所:16区分)	必要(3箇所:6区分)						
54~67 (57.3)	41~73 (61.5)						

#### 4. 耐震対策計画の策定

以上の検討の結果、点検対象とした 40 箇所 (45 区分) に対する耐震対策を次のように 5 区分 に分類している。

耐震対策区分①:緊急耐震補強

耐震対策区分②:補強・調査

耐震対策区分③:補修

耐震対策区分④:重点監視 耐震対策区分⑤:定期監視

ここで、緊急点検で湧水が無い盛土あるいは詳細調査の必要性が無い盛土は、重点箇所として 定期点検へ移行することになるが、"問題無し"とされる簡易調査が必要ない盛土と重点箇所と区 別するために、定期点検への移行盛土は"重点監視"とし、"問題なし"の盛土は"定期監視"とした。 各区分の該当箇所数および対策案は、次のとおりである。

- 1) 緊急耐震補強:1箇所・1区分/変状が進行しているため、緊急に耐震補強を実施する。
- 2) 補強・調査:2箇所・3区分/変状は顕著でないが、恒常的な漏水が見られるため、緊急に排水工を施し、水位観測を継続しながら排水工の効果、安定性の監視をする。あるいは、盛土体に変状が見られるため、その原因を把握し、安定性評価のために詳細調査する。
- 3) 補修:5箇所・5区分/危険度は低いが、局所的な漏水、既設排水工の損傷が見られるため、早急に補修する。
- 4) 重点監視:11 箇所・11 区分/当面、補強・補修は必要ないが、排水機能、変状などの変化に 注意が必要な箇所であり、重点監視(1回程度/年)する。また、1)~3)に該当する箇所も対 策後はこちらへ移行する。
- 5) 定期監視:上記以外の23箇所・25区分 定期的に監視(1回程度/5~8年)する。

表 14 各耐震対策区分の危険度評価点の比較

耐震対策区分	最小値	最大値	平均値
①緊急耐震補強	65	65	65
②補強・調査	63	73	68
③補 修	58	67	63
④重点監視	54	59	56
⑤定期監視	40	56	48
全 体	40	73	53

上記の耐震対策の 5 区分の危険度評価点の最小値、最大値および平均値は、**表 14** のとおりであるが、概ね耐震区分の水準に応じた相対関係になっている。

さらに、耐震対策の 5 区分毎の危険度評価点の分布は**図 11** の通りである。同図によれば、No.32 (58) を除くと、耐震対策区分の①から③に該当する盛土は危険度評価点が 60 点以上であり、60 点が耐震対策の水準の評価基準と考えることができる。

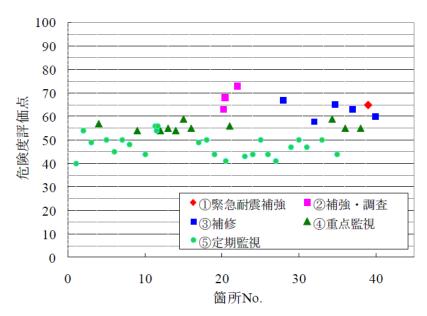


図11 耐震対策区分による危険度評価点の分布

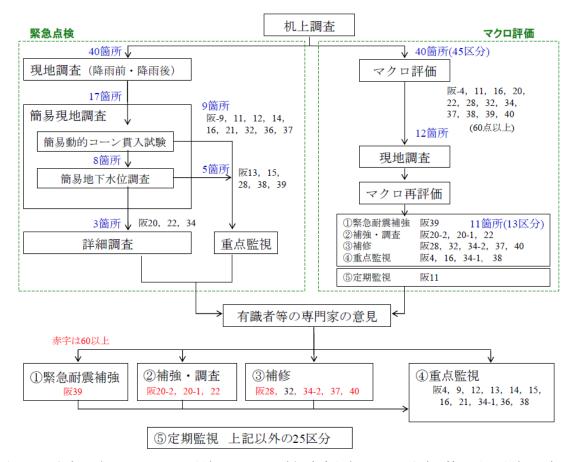


図 12 緊急調査およびマクロ評価による地震危険度評価および耐震対策区分の評価の流れ

図12 は緊急調査およびマクロ評価による地震危険度評価、およびマクロ評価による耐震対策区分に関する評価の流れの総括である。同図によれば、緊急点検で定期監視=重点監視と判断された盛土が、マクロ評価により"緊急耐震補強"に区分された箇所(No.39)、あるいは"補修"に区分された盛土(No.28,32,37,40)がある一方で、緊急点検で重点監視とされた盛土がマクロ評価で定期監視と判定された場合(No.11)があった。しかしながら、全体として見れば、緊急点検とマクロ評価による結果は概ね整合が取れており、マクロ評価に基づく耐震対策を実施することで、緊急点検後の対応は十分カバーしていると言える。

上記の緊急点検およびマクロ評価の結果は、次の通りである。

- ① 緊急点検により詳細調査の対象となった箇所は、マクロ評価においても耐震対策が必要な箇所と判定されており、両者の方針は良く合致している。
- ② マクロ評価に現地情報や建設・施工時の個別条件等を加味することにより、より高い精度で耐震対策を計画することが可能になる。
- ③ 重点監視箇所(耐震対策後に移行する箇所も含む)も緊急点検とマクロ評価とでほぼ一致している。
- ④ マクロ評価による耐震対策を実施することにより、緊急点検による対応は漏れなく実施されている。

このように、緊急点検に加えて、現地調査に基づくマクロ評価を実施することにより、盛土状況に即した精度の高い危険度評価および耐震対策の立案が実施できることが分かる。

#### 参考文献(適用例2関係)

1) 林 訓裕・足立幸郎・甲元克明・山尾泰之・常田賢一・林 健二:道路盛土の緊急点検および 地震危険度マクロ評価に基づく耐震対策、第32回地震工学研究発表会講演論文集、pp.1-9、 2012.10.

# 8. 盛土の耐震対策の基本姿勢と性能評価型対策

3章(9)で取り上げた【確保車線数】は、4章のネットワーク機能の評価に際しての【応急復旧の容易性】が相当すると考えられるが、ネットワーク機能は複数の路線を対象とした広域が対象であるのに対して、地震直後のある特定の路線(例えば、2024年能登半島地震の際の"のと里山海道")で必要とされる「復旧性能の水準」の評価とは異なる。

ここで、本文では「復旧性能の水準」は、盛土が被災した際の"応急的な交通機能の確保の難易・規模"であることとして、その評価区分は次の6ランクを考える。

i )	被災時には、道路用地内で2車線以上の車線が確保できる。	*写真3
ii)	被災時には、隣接する道路用地外を含めて2車線以上が確保できる。	*写真4
iii)	被災時には、道路用地内で1車線が確保できる。	*写真1, 2
iv)	被災時には、隣接する道路用地外を含めて1車線が確保できる。	*写真1
٧)	被災時には、本線の近接地に迂回路が1車線以上確保できる。	*写真5
vi)	i)~v)に相当せず、1車線も確保できない。	



写真1 2 車線道路の全幅に渡るすべり被害に対する隣接道路区域外に1 車線確保:区分iv) \*なお、道路区域外の用地が、4 車線化のために確保されている場合は区分iii) \*令和6年能登半島地震:国際航業(株)および(株)パスコによる



写真2 2 車線道路の谷側1 車線のすべり被害 写 に対して道路用地内で1 車線確保: 区分iii) \* 令和6 年能登半島地震: 国際航業(株)による



写真3 4 車線道路の谷側2 車線のすべり被害 対して道路用地内で2 車線確保:区分i)

\*同左:国際航業(株)による



写真 4 2 車線道路の谷側 1 車線すべり被害に対して道路用地内で 2 車線確保: 区分i) \*2007 年能登半島地震: 石川県による



写真5 2 車線道路の2 車線すべり被害に対して近接地で2 車線確保: 区分v) \*2004 年新潟県中越地震北陸地方整備局による

上記の既往地震時の応急復旧の状況によれば、本文の地震危険度マクロ評価は、既設盛土の将来のすべり破壊の危険度評価であり、それに基づく盛土ごとの予防的な耐震対策の考え方が必要となる。また、今次、2024 能登半島地震の復旧対策に関しても取組みの基本姿勢が必要とされる。

そのため、"地震危険度マクロ評価を実施する既設盛土"あるいは今次のような"実被災盛土"に対する、**3章**の「復旧性能水準(i~vi)」を考慮した耐震対策の基本姿勢は、次のように考えることができる。ただし、被災時に最小限の通行確保および地震の再発性に基づく経済性を考慮する場合を想定する。なお、地震危険度マクロ評価による評価基準点以上では、盛土はすべり崩壊するとしている。

水準 i:被災時に、道路用地内で2車線以上の車線が確保できる/できた盛土。 すべり許容・無対策とする。事後復旧で対応する。\*4車線化(予定地保有含む)が対応 \*今次:事後復旧に相当

水準 ii:被災時に、隣接する道路用地外を含めて2車線以上が確保できる/できた盛土。 すべり許容・無対策とする。ただし、用地内で2車線以上確保する場合は対策。 \*今次:該当無し/4車化用地取得済

水準 iii:被災時に、道路用地内で1車線が確保できる/できた盛土。 すべり許容・無対策とする。ただし、2車線以上が必要な場合は対策。 \*今次:但し書きに相当

水準 iv:被災時に、隣接する道路用地外を含めて1車線が確保できる/できた盛土。 すべり許容・無対策とする。ただし、用地内で2車線以上確保する場合は対策。 \*今次:該当無し/4車化用地取得済

水準 v:被災時に、本線の近接地に迂回路が1車線以上確保できる/できた盛土。 すべり許容・無対策としてもよい。ただし、本線で1車線以上を確保する場合は対策。 \*今次:該当無し

水準 vi:被災時に、上記上の他であり、1 車線も確保できない盛土。 すべりは許容しない。本線で1 車線以上を確保する対策。 \*今次:該当無し 盛土の耐震対策を考える場合、今次、改めてクローズアップした道路の被害は、**写真 6** の事例 のような舗装の段差・亀裂である。これらは、道路の通行機能に直接関わる被害であるため、盛 土の堤体部の被害の有無に関わらず、発生の抑制・防止が望ましいが、これまでは舗装の耐震化 はほとんど問題視されてきていない状況にある。

しかし、現実問題として、令和6年能登半島地震においても、**写真7**のような舗装の損傷による通行機能の喪失が顕在化しており、道路機能の不全が震災復興・救援の支障になっており、舗装の耐震強化、さらに、その効用である耐久性向上が必要である。

つまり、舗装(表層、基層、路盤)は堤体・基礎地盤の路床を含めた構造にも関わらず、舗装と土工は個別に評価されている。そのため、舗装分野と土工分野が関係している構造物であるため、本来、両者を一体的に取り扱うことが最適であるが、これまでは舗装と土工の連携は特には意識されてきていない。しかし、地震時に限らず(軟弱地盤の沈下なども同様)、舗装と堤体・基礎地盤は連続構造、複合構造として取り扱うと、それぞれの耐久性、安定性の向上が期待でき、地震時の舗装被害、盛土のすべり被害に対しても同様である。



写真 6 盛土のすべりにより発生した舗装の段差: 2011 東北地方太平洋沖地震/常磐道\*NEXCO 東日本による



写真7 堤体補強の有無に関わらず発生する舗装の 段差・亀裂:令和6年能登半島地震/のと里山海道 \*中日本航空(株)による:加筆

従って、令和6年能登半島地震による、のと里山海道の盛土被害の復旧に当たっては、2015年道路土工構造物技術基準の規定などの情勢変化を踏まえて、下記のような、2007年能登半島地震の強化復旧を更に進めた先進的な姿勢が望まれる。

- 1) 2007 年能登半島地震の強化復旧は、震度法による仕様設計であり、すべり崩壊をさせない設計であるが、想定する地震動規模が大きいほど、不経済な設計になる危惧があるので、従来の仕様設計よりも機能性、経済性を目指した性能設計が望ましい。
- 2) 橋梁分野など、他分野では既に実装化している性能規定型設計は、道路土工構造物技術基準でも管とするも、その普及が遅れている現状にあるため、今次の復旧では性能規定型設計法を具体化し、先導すること。
- 3) 今次の地震では、道路の交通障害が顕在化したが、舗装(表層・基層・路盤)の損傷が深く 関わっており、従来から繰り返されている被害である。しかし、道路盛土は路床を含めた路 体だけでなく、舗装との複合構造であり、盛土の通行機能は、すべり崩壊だけでなく、舗装 の段差・亀裂が関わり、路体と舗装の全体構造としての機能が評価されるべきであり、舗装

と土工の相互連携に基づく、分野間複合構造最適が必要である。

4) 今次の地震によりすべり崩壊を免れたものの、段差・クラックが発生し、弱体化した盛土があり、今後の類似の地震により、不安定化することが危惧されるので、無被害・軽微な被害の盛土について、地震危険度の評価を実施すること。その際、まず、マクロ評価でフィルタリングを行い、危険度の高い盛土はさらに詳細な検討を実施することが適当である。

本文の地震時危険度マクロ評価は、**図13**のように、既設盛土だけでなく、新設盛土に対しても適用ができ、それぞれ性能規定型設計に繋がる。さらに、被害盛土に対しても、耐震対策の要否を含めて性能規定型設計に繋がる。

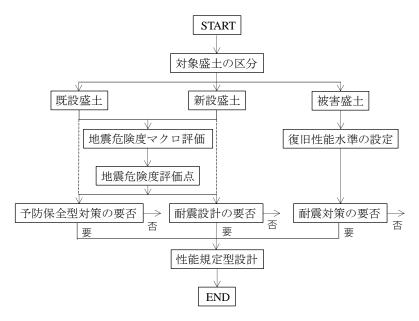


図13 盛土の性能規定型設計の流れ例

さらに、図13の性能規定型の設計に際しては、「復旧性能水準(i~v)」にあるように、耐震対策をどのように具体化するかが課題となるが、図14は耐震対策の対応姿勢と対策例であり、近年の多様な技術・工法を活用することが望ましい。

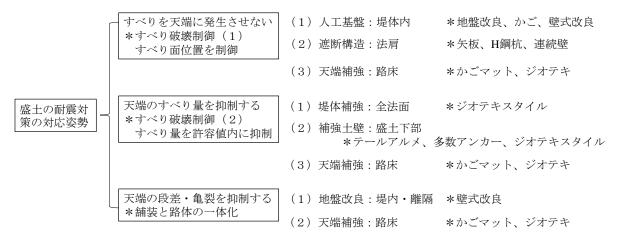


図14 性能規定型の耐震対策の対応姿勢と対策例

## あとがき

本資料は、道路盛土の地震危険度に関するマクロ評価法 2010 であるが、次の特徴がある。

- 1) 中山間部などの締まった基礎地盤上の道路盛土を対象とする。
- 2) 地震危険度を評価する。
- 3) 個々の道路盛土の個別機能を8つの評価項目によりマクロ評価する。
- 4) 個々の道路盛土のネットワーク機能を2つの評価項目によりマクロ評価する。
- 5) 個別機能は評価項目の重み付けにより、危険度は100点満点で定量評価する。
- 6) 定量評価により、種々の対応の優先度は客観的に決定できる。
- 7) 既設盛土の耐震対策区分は、地震危険度マクロ評価点および「復旧性能水準 (i~vi)」に基づいて行うことができる。

なお、災害時の道路ネットワークの信頼性の確保・向上を目的として、2022 年 3 月に「道路リスクアセスメント要領(案)」が策定され、災害(降雨、地震など)時の道路盛土を含めた土工構造物および橋梁、トンネルの構造物の機能評価および道路リンクの機能評価が実施されているが、本資料のマクロ評価法は、中山間部の道路盛土の地震災害に特化するとともに、構造的な安定性に関わる諸々の評価項目に基づく評価を行う点が異なり、特徴である。

また、今後の課題には、次が考えられる。

- 1) マクロ評価法の実務的適用および適用性の確認。
- 2) マクロ評価法の改善(評価項目、重みなど)。

以上、本資料の地震危険度マクロ評価法 2010 の検討および活用では、

林 健二氏: (株) フォレストエンジニアリング

満下淳二氏:応用地質(株) 志賀直樹氏:国際航業(株)

上出定幸氏: (一財) 災害科学研究所

(益社) 土木学会地震工学委員会「性能を考慮した道路盛土の耐震設計・耐震補強に関する研究」小委員会(平成 21~23 年度)

阪神高速道路(株)

の協力を得ている。

関係各位に、深く感謝を申し上げる。

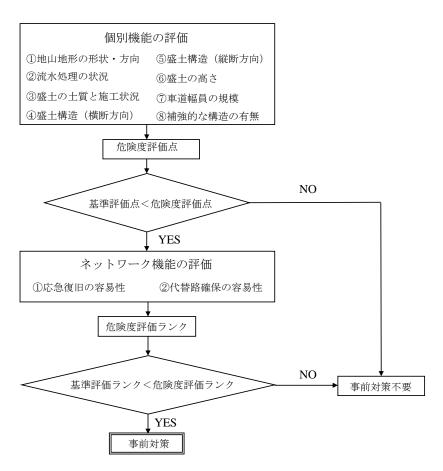
# 参考資料

# 1)マクロ評価法 2008

## (1) 全体フローと評価項目

マクロ評価法 2008 の評価フローは、図参1の通りである。個別機能の評価とネットワーク機能の評価の2段階の評価とし、個別機能の評価のための評価項目は8項目である。

また、評価項目およびその評価ランク、重み、配点は、表**参**1の通りである。 さらに、ネットワーク機能の評価項目の評価区分は、**表参**2の通りである。



図参1 マクロ評価法 2008 の評価フロー

### (2) 道路震災対策便覧との比較

マクロ評価法 2008 の個別機能の評価項目と、道路震災対策便覧(震前対策編: 2006)による盛土の耐震調査法例(以下、便覧と呼ぶ)を比較したのが表参3である。表中の網がけした部分が相互に該当する項目がない領域である。ここで、マクロ評価法は山間部の締まった良好な基礎地盤上の盛土が対象であるが、便覧は軟弱な基礎地盤も対象とする点が大きく異なる。また、評価項目毎の点数評価の方式は同じであるが、配点合計の100点と19点の差以外に、評価項目には下記の差異がある。

表参1 マクロ評価法 2008 の個別機能の評価のための評価項目・評価ランク

			評価ランク				
		0	地山面が尾根状である地形の通過部 *尾根斜面				
	地山地形の形状・方向	1	地山面が盛土の縦断方向である地形の通過部 *平行斜面				
1		2	地山面が小規模な沢状である地形の通過部 *沢状斜面				
	重み×4 小計 20点	5	地山面が盛土に直交あるいは斜交する比較的 規模の大きい沢地形の通過部 *沢斜面				
		0	i ∼ v による排水処理がされている				
		1	i および ii による排水処理がされている				
	排水処理の状況	2	iiiによる排水処理がされている				
		4	ivあるいはvによる排水処理がされている				
2	重み×4 小計 20点	5	排水処理がされていない				
2		i	山側からの浸透水が暗渠等で排水処理されている				
		ii	盛土内の水平方向あるいは縦方向の浸透排水処理がされている				
	排水方法の分類	iii	山側からの表面水が横断管、側溝等で排水処理されている				
		iv	路面排水が側溝等で排水処理されている				
		v	のり面の流水が側溝等で処理されている				
	<b>                                      </b>	0	盛土材の品質が十分で、充分な締固めあるいは改良が実施されている				
3	盛土の土質と施工状況	3	<b>通常の盛土材や施工である</b>				
	重み×3 小計 15点	5	盛土材の品質や施工方法が不十分である				
		0	平坦基盤上の盛土				
		1	尾根、起伏基盤上の盛土				
		1	傾斜基盤上の片切・片盛土				
4	盛土構造(横断方向)	2	傾斜基盤上の片盛土 (のり尻部平坦)				
		3	傾斜基盤上の片盛土(のり尻部傾斜)				
		4	傾斜基盤上の両盛土 (のり尻部平坦)				
	重み×2 小計 10点	5	傾斜基盤上の両盛土 (のり尻部傾斜)				
		0	盛土区間				
5	盛土構造(縦断方向)	1	横断構造物の境界部				
3		4	切土と盛土の境界部				
	重み×1 小計 5点	5	橋梁の取り付け部				
		0	4 m以下				
6	盛土の高さ	2	4mを超え8m以下				
		4	8mを超え20m以下				
	重み×2 小計 10点	5	<b>20mを超える</b>				
	車道幅員の規模	0	上下4車線以上の車道				
7		3	上下2車線程度の車道				
	重み×2 小計 10点	5	1 車線程度の車道				
		0	耐震補強が施されている				
8	補強構造の有無・程度	2	擁壁等の土留め構造が施されている				
		4	フトンカゴ等の付属的構造が置かれている				
	重み×2 小計 10点	5	特別な措置がされていない				
	危険度評価点 合計 100点						

表参2 マクロ評価法 2008 のネットワーク機能の評価のための評価項目・評価区分

	評価項目		評価ランク				
	応急復旧の容易性	1	2 車線程度の余裕があり、道路用地内で仮設道路の設置ができる				
		2	1 車線程度の余裕であるが、沿道状況から、拡幅、規制により隣接して 仮設道路の設置、運用ができる				
1		3	路肩幅程度の余裕であるが、沿道状況から、拡幅などにより隣接して仮 設道路の設置、運用ができる				
		4	近隣(道路区域以外)に仮設道路を設置できる余地がある				
		5	道路区域内あるいは近隣で仮設道路の設置ができない				
		1	近隣(数km以内)に代替できる、同レベル以上の道路(代替路)がある				
2	代替路確保の容易性	2	適当な範囲(10km程度)内に、同レベル以上の代替路がある				
		3	相当広範囲(数10km)でないと、同レベル以上の代替路がない				

- 1) 便覧では集水地形の区分があるが、マクロ評価法では地山地形に含まれるものの、集水地形は明記されていない。
- 2) 便覧では地山勾配(20°)の区分があるが、マクロ評価法では盛土構造(横断方向)の基盤形状で区分しているものの、勾配の定量評価はしていない。
- 3) 便覧では盛土下の地盤状況の区分をしているが、マクロ評価法は締まった良好な地盤を前提と している。
- 4) 便覧では地下水位の区分があるが、盛土下位の基礎地盤の地下水位であり、マクロ評価法では 無関係である。
- 5) 便覧では集水地形で排水施設の十分、不十分を考慮しているが、マクロ評価法は排水処理を独立させて細分化している。
- 6) 便覧では盛土材料を細分化しているが、マクロ評価法では盛土材の良否だけである。さらに、 マクロ評価法は施工状況も考慮している。
- 7) 便覧ではのり面勾配の区分があるが、マクロ評価法では無い。
- 8) 便覧では橋梁取付部の踏掛版の有無のみを評価しているが、マクロ評価法は横断構造物、地形の変化なども区分している。
- 9) 便覧では変状と修繕等の履歴、変状の現状を評価しているが、抜本的な対策が行われていない との前提がある。マクロ評価法では一部が補修履歴とも見なせるものの、現状での補強構造を 主体的に評価しようとする。

上記の差異のうち、マクロ評価法においては、集水地形、地山勾配、地盤状況、のり面勾配、変 状履歴について改善が考えられる。

表参3 マクロ評価法 2008 と道路震災対策便覧の評価項目

マ	クロ評価法(常田・林2008)	道路震災対策便覧(震前対策編2006)				
大区分	評価項目	配点	配点	評価項目	大区分	
	地山地形の形状・方向	15				
地形条件	(沢状、沢)	13	2	集水地形	地形条件	
	[盛土構造(横断方向:基盤形状)]		1	地山勾配		
	締まった地盤		6	地盤状況		
地盤条件			U	四盆代化	地盤条件	
			2	地下水位(基礎地盤)		
	排水処理の状況	20		[集水地形(排水施設)]		
	DF/N/C/E**////	20			<u> </u>	
	盛土の土質と施工状況	15	1	盛土材料		
		10				
			1	法面勾配	<u> </u>	
盛十条件	盛土構造 (横断方向)	10			盛土条件	
111/10/11	   盛土構造(縦断方向)	5				
			2	橋梁取付部	_	
	盛土の高さ	10	2	盛土高さ		
	車道幅員の規模	5			1	
	補強構造の有無・程度	20				
履歴			2	変状履歴	履歴	
	(補強履歴)			2 - 1 1 Delima		
1	危険度評価点 合計	100	19		配点合計	

## (3) 個別機能の評価の検証

### 検証例1:一般国道の既設盛土への適用と評価

マクロ評価法の一般国道での適用性を確認するため、実在する既設道路盛土の評価を実施した。 評価対象は、近畿地方の主要地方都市(平坦地)を連絡するために山間地を通過する国道で、延 長約 20km、盛土箇所数は 50 箇所(平坦地道路区間:約 9.5km で 17 箇所、山間地道路区間:約 10.5km で 33 箇所)である。

なお、評価対象の盛土のうち、基礎地盤が軟弱と判断される箇所は、それぞれ 8 箇所および 0 箇所である。これらの箇所は良好な基礎地盤を対象とするマクロ評価法をそのまま適用できないが、ここでは基礎地盤が良好であるとみなして適用した。

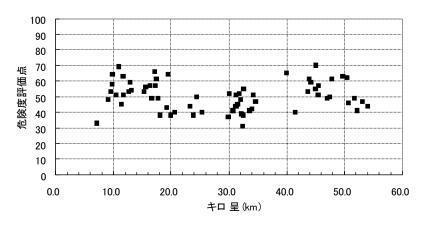
マクロ評価法 2008 による評価結果を**図参 2** に示す。

既設の道路盛土への適用より、次のように考察できる。

- ・危険度評価点は最高 100 点であり、不安定盛土と安定盛土の差を定量的に評価できる。
- ・山間地道路の耐震性に関しては盛土構造の要因分析ができ、評価点から不安定要因を直感的 に把握できる。
- ・道路盛士には様々な構造物が付帯している事例が多く、マクロ評価法を適用する際, 現地の 構造物が耐震補強、土留め構造、ふとんかご等の付属的構造のいずれに区分されるかの判断 が難しい。

このため、"補強構造の有無・程度"の評価については、具体的工法を例示して、評価を容易にす

る。なお、道路管理者の立場からは、耐震性について点数評価がなされ、点数から素因の特徴が 分かるため、耐震対策計画の策定が容易となり、対策実施後の評価を点数に反映でき、改善効果 を第三者に示すことができる。



図参2 一般国道の盛土へのマクロ評価法の適用結果

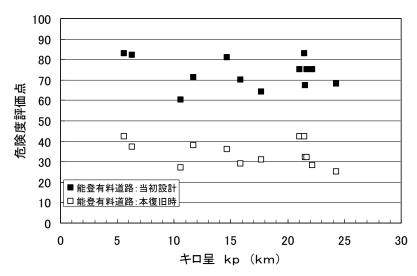
## 検証例2:被害盛土への適用と評価

マクロ評価法 2008 を 2007 年能登半島地震の能登有料道路の 11 地区の 13 箇所の被害盛土に適用すると、地震発生前の当初設計における個別機能の危険度評価点は表参 4 が得られる。同表からも明らかなように、地震前の当初設計での危険度評価点は 60~83 の範囲にある。また、能登有料道路では、被害の大きかった 13 箇所で本復旧が行われたが、本復旧時点と当初設計時点の危険度評価点を比較すると図参 3 が得られる。同図から明らかなように、当初設計の危険度評価点は60~83 点であるが、本復旧後は 25~42 点となり、復旧により危険度評価点はほぼ半減していることが分かる。図中のキロ呈 kp は徳田大津 IC からの距離を示す。

ここで、復旧により変化する評価項目は、②排水処理の状況、③盛土の土質と施工状況、⑥盛土の高さおよび⑧補強構造の有無・程度の4項目である。排水処理では、暗渠の設置、地山面位置の縦排水の設置などが実施されたこと、盛土の土質については改良土が用いられたこと、盛土の高さではのり尻部の捨て土による盛土高の低減が図られたこと、補強的な構造ではジオテキスタイルによる耐震補強が実施されたことが、危険度評価点が低減し、安定性が上がった原因である。

	被害箇所		震度階	被害規模	崩壊区分	危険度評価点		
No.	名称	kp	辰及陷	断面積(m <sup>2)</sup>	朋场凸刀	当初設計	本復旧時	
1	縦6	5.6	6弱	512	3	83	42	
2	縦9	6.3	6弱	392	3	82	37	
3	縦10	10.6	6弱	588	3	60	27	
4	縦14	11.7	6弱	237	2	71	38	
5	縦21	14.7	6弱	591	2	81	36	
6	縦26	15.9	6弱	167	3	70	29	
7	縦32	17.7	6弱	693	3	64	31	
8	縦38	21.1	6弱	348	2	75	42	
9	縦39-①	21.5	6弱	166	3	83	42	
10	縦39-2	21.6	6弱	165	5	67	32	
11	縦39一③	21.7	6弱	272	3	75	32	
12	縦41	22.2	6弱	412	3	75	28	
13	縦43	24.3	6弱	207	5	68	25	

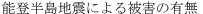
表参4 すべり破壊箇所の個別機能の評価結果例(能登有料道路)

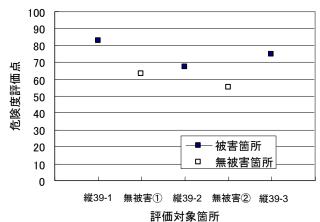


図参3 危険度当初設計と本復旧時の危険度評価点の比較(能登有料道路)

上記はすべり破壊箇所について実施したものであり、無被害箇所での評価の適用性が明らかではない。例えば、縦 39-1、縦 39-2、縦 39-3 のすべり破壊の被害箇所と無被害箇所①、無被害箇所②の危険度評価点を比較した結果は図参 4 である。同図から、無被害箇所①では 63 点、無被害箇所②では 55 点であり、特に無被害①と縦 39-2 (67 点)が近似しているが、被害箇所との若干の差異は得られている。ここで、差異の要因は地山地形の条件および排水方法の差異である。







図参4 被害箇所と無被害箇所の比較例(能登有料道路:縦39)

ここで、危険度評価点の評価水準については、解析事例数が少ない現在では明確には設定できないが、能登有料道路等の被害箇所では、**図参3** および**図参4** を勘案すると、安全側に判断して、概ね 60 点とすることができる。また、当該復旧による諸対策によれば、概ね 45 点以下に評価点を下げることができると言え、45 点以下を対策の目標水準とすることができる。

これらのことから、適用事例は限られているが、提案する個別機能の危険度評価が被害箇所に 関して、概ね妥当であると思われる。しかし、今後、解析事例を増やして適用性を検証し、適宜 見直すことが必要である。

## (4) ネットワーク機能の評価の検証

2007 年能登半島地震の能登有料道路の 11 地区の 13 箇所の被害盛土について、ネットワーク機能の評価を実施している。表参 5 は盛土毎に応急復旧の容易性と代替路確保の容易性のクロス評価による、ネットワーク機能の評価ランクの分布である。評価ランクが「B」に評価されたのは、「道路区域内あるいは近隣で仮設道路の設置ができない(応急復旧ランク 5)」が、「近隣(数 km 以内)に代替できる、同レベル以上の道路(代替路)がある(代替路ランクが 1)」とされる「縦10」および「縦43」である。能登有料道路は、将来の拡幅に備えて 4 車線の用地が確保されていたことから、「2 車線程度の余裕があり、道路用地内で仮設道路の設置ができる(応急復旧ランク1)」あるいは「1 車線程度の余裕であるが、沿道状況から、拡幅、規制により隣接して仮設道路の設置、運用ができる(応急復旧ランク 2)」が殆どであることから、「E」あるいは「EE」の評価に区分される。

				路確保	の容易性	•		
			1		2	3		
	1	EE	縦14 縦38 縦39-2 縦39-3 縦41	E	縦6 縦26 縦32	D		
応急	2	E	縦39-1	D	縦9 縦21	С		
復旧 の容	3	D		С		В		
易性	4	C		В		A		
	5	В	統10 統43	A				

表参5 ネットワーク機能の評価結果(能登有料道路)

ここで、仮に能登有料道路ですべり破壊が発生した13箇所について、地震発生前に事前評価した場合、**図参3**の個別機能の評価および**表参5**のネットワーク機能の評価によると、下記の対応が想定される。

『危険度評価の基準評価点を 60 点とすると、13 箇所全てで評価基準点以上であるので、ネットワーク機能の評価を行い、評価ランクの高い箇所について事前対策を行う。仮に、基準評価ランクをBとすると、縦 10 および縦 43 が事前対策の対象箇所として選定される。この場合の対策としては、ネットワーク機能の水準を上げるための仮設道路の確保が困難であるため、個別機能の水準を上げるための排水処理、耐震補強を行う。』

# 2) マクロ評価法 2009

## (1)全体フローと評価項目

マクロ評価法 2009 の全体フローは**図参 5**、「個別機能の評価」における評価項目は**表参 6** の 通りである。評価項目は 10 項目であり、マクロ評価法 2010 で除外されたが、マクロ評価法 2009 で考慮されていたのは、下記の⑤盛土構造(縦断方向)、⑧車道幅員の規模の 2 項目である。詳細は、後述の【参考】。

## ⑤ 盛土構造(縦断方向)

被害が切盛の堺、橋梁の取り付け部、横断ボックスの隣接部等、縦断方向の盛土構造に関係することによる。

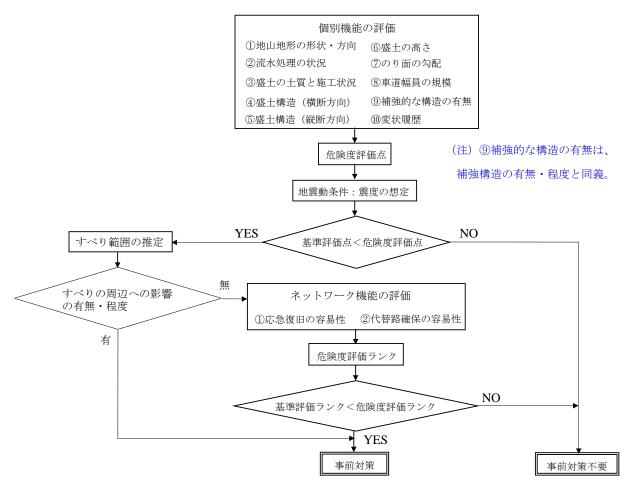
### ⑧ 車道幅員の規模

盛土天端の車道幅員の条件により、被害形態、被害規模が関係することによる。

また、マクロ評価法 2008 に対して、新たに設けられた評価項目は、⑦のり面の勾配、⑩変状 履歴の 2 項目である。

### ⑦ のり面の勾配

盛土ののり面の勾配が、盛土の安定に関係することによる。



図参5 地震危険度マクロ評価法 2009 の全体フロー

表参6 個別機能の評価項目・評価ランク・評価点および重み:マクロ評価法 2009

	評価項目		評価区分および評価	 5点					
		0	尾根状地形の地山が支配的な地形の通過	B部 *大尾根斜面					
			尾根状の地山がある地形の通過部	*小尾根斜面					
	地山地形の形状・方向	2	地山面が盛土の縦断方向である地形の道	通過部 *平行斜面					
1		4	地山面が小規模な沢状である地形の通道面	B部 *沢状集水斜					
	重み×2 小計 10点	5	地山面が盛土に直交あるいは斜交すると の通過部	比較的規模の大きい沢地形 *沢集水斜面					
		0	$i \sim v$ による排水処理がされている						
	排水処理の状況		i および ii による排水処理がされている	5					
			iiiによる排水処理がされている						
		4	ivあるいはvによる排水処理がされてV	いる					
2	重み×4 小計 20点	5	排水処理がされていない	非水処理がされていない					
Δ		i	山側からの浸透水が暗渠等で排水処理る	されている					
		ii	盛土内の水平方向あるいは縦方向の浸透	透排水処理がされている					
	排水方法の分類	iii	山側からの表面水が横断管、側溝等で抜	非水処理されている					
		iv	路面排水が側溝等で排水処理されている	3					
		V	のり面の流水が側溝等で処理されている	3					
0	盛土の土質と施工状況	0	盛土材の品質が十分で、充分な締固め いる	あるいは改良が実施されて					
3		3	通常の盛土材や施工である						
	重み×3 小計 15点	5	盛土材の品質や施工方法が不十分である	3					
		0	9 平坦基盤上の盛土						
	盛土構造(横断方向)	1							
		1	傾斜基盤上の片切・片盛土 *傾斜基盤:勾配が20°以上						
4	(金上)再坦((東西) / J 円 /		傾斜基盤上の片盛土 (のり尻部平坦)						
		3							
		4	傾斜基盤上の両盛土(のり尻部平坦)						
	重み×2 小計 10点	5	傾斜基盤上の両盛土(のり尻部傾斜)						
		0	盛土区間						
5	盛土構造(縦断方向)	1	横断構造物の境界部						
		4	切土と盛土の境界部						
	重み×1 小計 5点	5	橋梁の取り付け部						
		0	4 m以下						
6	盛土の高さ	2	4 mを超え8 m以下						
			8mを超え20m以下						
	重み×3 小計 15点	5	20mを超える						
7	のり面の勾配		標準勾配以下である						
	重み×0.6 小計 3点	0	標準勾配より大きい	<b>.</b>					
	車道幅員の規模		上下4車線以上の車道	耐震補強例:グラウンド アンカー、抑止杭等					
8		3	上下2車線程度の車道	•					
	重み×1 小計 5点	5	1 車線程度の車道	土留め構造例:重力式擁  壁、逆T式擁壁等					
	補強構造の有無・	3	耐震補強が施されている	五、 左15/00m五 寸					
9	程度		擁壁等の土留め構造が施されている	付属的構造例;フトンカゴ、ブロック積擁壁、石					
			7トンカゴ等の付属的構造が置かれている	コ、ノロツク 憤煙堂、石    積擁壁等					
	重み×3 小計 15点 亦出層歴	_	特別な措置がされていない  既注はよび租場の変化層歴が無い						
10	変状履歴 重み×0.4 小計 2点	5	変状履歴があり 原型復旧済み 維持修繕済み あろいけ維持修						
		片	11년 V V 1 Z 02.0						
	иним ци тооу	"							

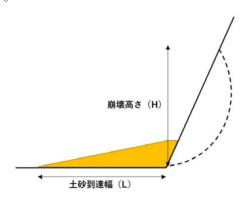
## ⑩ 変狀履歴

道路震災対策便覧では評価項目になっているが、マクロ評価法 2008 では除外していたが、 変状の履歴は盛土の不安定性の証の一つであることによる。

評価の区分は、下記の 2 区分であり、重みは 0.4 であることから、評価の位置付けは低い。 区分 1: 既往および現況の変状履歴が無い

区分2:変状履歴があり、原形復旧済み、維持修繕済み、あるいは維持修繕が未了である。 さらに、仮に盛土がすべり崩壊した際、その規模(到達距離など)が沿道の施設被害に関係す ることを考慮して、マクロ評価法 2009 では、新たにネットワーク機能の評価の前の「すべり範囲 の推定」を設けて、すべりの周辺への影響の有無・程度を評価するようにしている。影響が無い 場合は、ネットワーク機能の評価を行い、影響がある場合は事前対策を実施する。

なお、最近の令和4年3月策定の「道路リスクアセスメント要領(案)」<sup>1)</sup>では、道路断面の状態に基づく通行の障害の評価において、路面より上の道路区域外の斜面崩壊の場合として、土砂到達範囲を**図参6**のように想定している。ここで、**図参6**は道路より上からの場合であるが、盛土の谷側におけるすべり崩壊の影響範囲に関しては、基礎地盤の傾斜の有無・程度により、土砂到達範囲が変わることになる。



図参 6 道路区域外の危害が「斜面崩壊」の場合の土砂到達範囲(路面より上からの例)」

## 【参考】

#### ⑤ 盛土構造(縦断方向)

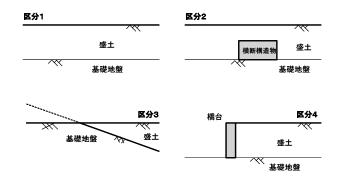
縦断方向の盛土構造において、地形条件あるいは異種構造物の有無が盛土の不安定化の要因になる。地形条件には切土と盛土の境界部があり、異種構造物には横断構造物の境界部あるいは橋梁の取り付け部がある。

ここで、下記の4ランクに区分し、不安定性の尺度として縦断方向の盛土部の不連続性に着目し、連続的である盛土部よりも土被りのある横断構造物の境界部がより不安定性が高く、さらに地形に係わる切土・盛土の境界部が高く、人工的な不連続性が顕著な橋梁の取り付け部が最も高いとし、評価点は盛土部が0、橋梁の取り付け部を5とする(表参6参照)。なお、各ランクの区分の概念を図参7に示す.

区分1:盛土区間

区分2:横断構造物の境界部区分3:切土と盛土の境界部

区分4:橋梁の取り付け部

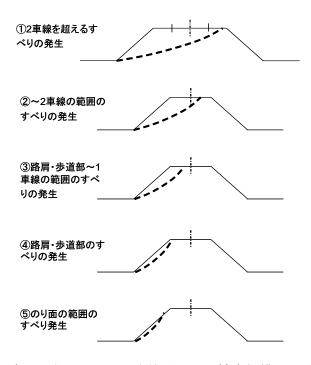


図参7 盛土構造 (縦断方向) による区分の概念図

## ⑧ 車道幅員の規模

2004年新潟県中越地震の被害事例から、盛土の横断方向のすべり破壊の場合、すべり面の発生位置により被害形態および被害規模は、図参8および次の①~⑤のように区分できる。例えば、すべり面が天端の車道部分に至るような規模の場合は、道路機能、つまり車両の走行機能は喪失するが、すべり面がのり面部の発生に止まれば、車両の走行機能に直接的な影響はないことになる。

- ①2車線を超えるすべりの発生
- ②1~2車線の範囲のすべりの発生
- ③ 路肩・歩道部~1 車線の範囲のすべりの発生
- ④ 路肩・歩道部のすべりの発生
- ⑤ のり面の範囲のすべり発生



図参8 すべり面の発生位置による被害規模の区分

このように、車道幅員の規模は不安定化の規模の要因になる。車道幅員の広い方が、盛土における不安定化領域の占有程度小さくなるので、構造的な安定性が高いとする。

このため、下記の 3 ランクに区分し、評価点は上下各 2 車線以上の場合を 0、上下 2 車線程度の場合を 3、1 車線程度の場合を 5 とする(表参 6 参照)。

区分1:上下4車線以上の車道

区分2:上下2車線程度の車道

区分3:1車線程度の車道

なお、本文の3章で示した通り、令和4年3月に策定された「道路リスクアセスメント要領(案)」では、道路の車線数が通行の障害リスクに関わるとして扱っている。

## (2) 評価項目間の重みの妥当性の確認

マクロ評価法 2008 においては、道路盛土の個別機能の評価項目は 8 項目である。そして、これら 8 項目の評価ランクを総合的に判断するために、各評価項目に重みを設定している。なお、評価項目の重みは、2004 年新潟県中越地震や 2007 年能登半島地震等の実被害事例を参考に、主観的に設定したものであるが、各項目の重みに客観性を持たせるためにアンケート調査を実施した。

アンケート調査は、道路盛土の耐震に精通した技術者(22名)を対象に、AHP法(階層化意思決定法)の一対比較法により実施した。一対比較法は、表参1(2008)に示す8項目を1対1で比較した場合に、どちらの項目がどの程度重要であるかを複数の評価者に判断してもらい、その結果を統計的に分析して、各項目の重みを設定する方法である。

アンケート調査結果より得られた、マクロ評価法 2008 の各評価項目の重みは表参7 の通りである。同結果によれば、マクロ評価法 2008 の重みに比べて、評価項目"地山地形の形状・方向"と"補強構造の有無・程度"の重みはやや小さくなり、"盛土の高さ"の重みはやや大きくなり、その他の評価項目の重みはマクロ評価法 2008 での設定値とほぼ同じであった。

	マクロ評価法		アンケート	改訂マク	口評価法
	(2008)		結果	(2009)	
	重み	配点	重み	重み	配点
①地山地形の形状・方向	3	15	2.35	2	10
②排水処理の状況	4	20	4.04	4	20
③盛土の土質と施工状況	3	15	3. 22	3	15
④盛土構造(横断方向)	2	10	2. 12	2	10
⑤盛土構造(縦断方向)	1	5	1. 23	1	5
⑥盛土の高さ	2	10	2.86	3	15
⑦のり面の勾配	_	_	_	0.6	3
⑧車道幅員の規模	1	5	0.72	1	5
⑨補強構造の有無・程度	4	20	3. 45	3	15
⑩変状履歴	_	_	_	0.4	2
危険度評価点		100			100

表参7 個別機能の評価項目の重みおよび配点

下記の①から⑥、⑧、⑨の8つの評価項目の重みは、アンケート調査結果に基づいて、下記のように修正(**表参7**参照)している。また、新たに追加した評価項目の⑦のり面の勾配および⑩変状履歴の重みは、両者を合わせて1とした。

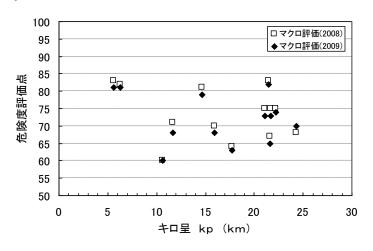
$\times 2$
$\times 4$
× 3
$\times 2$
$\times 1$
× 3
× 0.6
$\times 1$
× 3
$\times 0.4$

## (3) マクロ評価法 2008 とマクロ評価法 2009 の適用性の比較

マクロ評価法 2009 とマクロ評価法 2008 による評価の差異を把握するため、2007 年能登半島地 震の能登有料道路の 11 地区の 13 箇所の被害盛土を対象として検討している。

個別機能の評価について、マクロ評価法 2009 とマクロ評価法 2008 の適用結果を**図参9** に示す。 同図から明らかな通り、マクロ評価法 2009 による評価点は、全体的にはマクロ評価法 2008 による評価点よりやや小さくなっているが、ほぼ等しい値である。これは、適用地点での評価点に対して、新たに追加したのり面勾配の項目の影響が小さかったことと、現状で把握されている変状履歴に大きな差異が見られないことによる。なお、両評価法に差異が無いことは、改良の意義の是非とは無関係であることに注意が必要である。

また、危険度評価点の基準評価点は、マクロ評価法 2008 と同様に安全側に判断して概ね 60 点程度であると言える。



図参9 マクロ評価法 2008 と同 2009 の適用の比較: 2007 年能登半島地震、能登有料道路

## 参考文献 [参考資料 2) 関係]

1) 国土交通省道路局:道路リスクアセスメント要領(案)、令和4年3月.

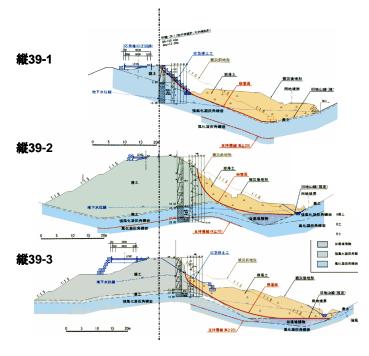
# 3) 地山地形による被害規模の差異

2007 能登半島地震では、道路盛土が構築される以前の地形が被害の発生に深く係わっていることが明らかになっている。例えば、**写真参1** は能登有料道路で被害箇所が隣接する縦 39-1、縦 39-2 および縦 39-3 における被災直後の航空写真 <sup>1)</sup>である。縦 39-1 および縦 39-3 ではすべり面が 1 車線を含む範囲で発生しているのに対して、縦 39-2 ではのり面内で発生しており、前 2 箇所よりも被害規模が小さい。このような隣接する地点で被害形態に差異が出る原因を考える。

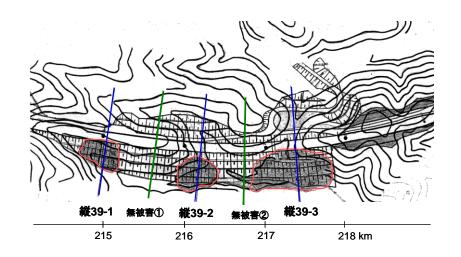
図参10 は3 地点の地震前および被災後の代表断面図 <sup>2)</sup>の比較である。同図より、盛土下の地山の形状あるいはそれに起因する盛土厚が異なることが分かる。つまり、縦 39-1 では傾斜地山上の盛土厚が薄い片盛土であり、縦 39-2 と縦 39-3 は起伏のある地山上の高い両盛土である。縦 39-2 と縦 39-3 は同じような地山条件に見えるが、詳細に見ると縦 39-2 の方が右のり面下にある地山の突起部分が浅いことが分かり、縦 39-2 では浅いすべり、つまり、のり面内で発生したと思われる。



写真参1 能登有料道路の縦 39-1、39-2 および 39-3 の被害箇所 1)



図参10 盛土断面構造の比較 2)



図参11 近接する被害箇所、隣接する無被害箇所と地山の等高線分布:参考文献1)から作図

また、図参 11 は、縦 39-1、縦 39-2 および縦 39-3 の被害箇所を地山の等高線の分布 <sup>1)</sup>に重ねたものである。同図から、縦 39-1 の被害範囲は、横断方向には図参 10 の横断図と同様に面的に傾斜する地山斜面上にあること、さらに縦断方向では左上方向に向かう沢状の地山地形の上にある。また、縦 39-2 の被害範囲は、のり面位置において縦断方向にせり出す尾根状の地山の上にあり、一部沢部に接している。さらに、縦 39-3 の被害範囲は、図の上下方向に沢部になっている地山地形を跨ぐようにある。一方、被害箇所に隣接する無被害①および無被害②の箇所では、被害箇所と比較して複雑な地山形状を呈していない。

## 参考文献[参考資料3)関係]

- 1) 石川県の資料による.
- 2) (益社) 地盤工学会: 2007 年能登半島地震道路災害データ集, 2007.7.