

別 紙

原子力発電所の外部電源の信頼性確保に係る実施項目のうち、
鉄塔基礎の安定性評価等に関する実施状況報告書

平成24年 2月

関西電力株式会社

1. はじめに

経済産業省原子力安全・保安院指示文書「原子力発電所の外部電源の信頼性確保について（指示）」（平成 23・04・15 原院第 3 号）に基づき、当社は平成 23 年 5 月 16 日に原子力発電所の外部電源の信頼性確保に係る実施状況を報告した。

この報告書の中で、東北地方太平洋沖地震での被害実態と推定原因を踏まえ、原子力電源線の「基礎の安定性評価」および「77kV送電線の長幹支持がいしの免震対策」を実施することとしていた。

本書は、それら評価と対策の実施状況について報告するものである。

2. 基礎の安定性評価

平成 23 年 5 月 16 日の報告の中で、基礎の安定性評価については、鉄塔周辺の地盤変状の影響による被害（以下、二次的被害という。）の要因として「盛土の崩壊」、「地すべり」および「急傾斜地の土砂崩壊」の 3 項目（添付資料 1）について評価することとしており、今回、それぞれの評価について報告する。

2. 1 盛土の崩壊に対する基礎の安定性評価

盛土の抽出にあたっては、基本的に今回の評価の発端となった夜の森線周辺で発生した盛土崩壊箇所^{※1}と同程度の規模以上の盛土を対象とし、更なる安全性の観点から、それよりも小規模な盛土についても対象とした。

対象箇所の抽出にあたっては、送電線ならびにその周辺の地形状況が記載されている実測平面図^{※2}等を使用して、人工的に土地の改変が加えられた箇所を抽出した。また送電線路周辺で発生した盛土に関する送電線の保守記録も確認し、漏れの無いよう盛土箇所を抽出した。

さらに車両、ヘリコプター巡視で直接現地状況を確認し、対象鉄塔 893 基のうち、以下の 3 箇所を抽出し、評価を行うこととした。（添付資料 2-1）

- ・ 500 kV 青葉線No.68 : 当社新綾部変電所の斜面盛土
- ・ 275 kV 美浜線No.53 : 当社嶺南変電所の斜面盛土
- ・ 77 kV 小浜線No.100 : 第三者の土砂置場

※1) 当該盛土の規模は高さ 30 m 程度の高盛土箇所であった。

※2) 実測平面図は送電線を中心に左右 100 m の周辺状況を図化したものであり、定期巡視あるいは定期的な図面訂正により、線路周辺状況を管理している図面。なお、国への許認可・届出手続きの添付図面としても使用している。

評価を行うにあたり、評価ランクを明確に判断できるよう各ランクに応じた評価基準と対応方針を地質の専門家の意見を踏まえて設定した。
(添付資料2-2)

また、実際の評価にあたっては、現地踏査において以下に示す項目について評価し、異常と判断されたものを、地質調査および安定検討を行う必要がある(A, Bランク)と判定することとし、異常と判断されないものや、対象となる盛土に『道路土工 盛土工指針(社)日本道路協会 平成22年度版(P120)』^{※3}に記載されている対応が実施されているものを地震動に対しても安定した盛土(C, Dランク)と判定することとした。

(主な評価項目)

- ・盛土(鉄塔との離隔距離、盛土高さ、盛土面の変状)
- ・のり面(保護工種、保護工の変状、補修履歴)
- ・排水状況 等

※3) 添付資料5-1に引用文献抜粋版を掲載

青葉線No.68および美浜線No.53は、当社変電所の斜面盛土が対象であり、現地踏査の結果では表1に示す通り、全ての項目に異常は確認されなかった。

なお、青葉線No.68に近接する斜面盛土は、変電所建設時に盛土の崩壊防止を目的として、地山表面の風化部分を撤去し、さらに段切りを施した上で、一般に安定勾配といわれる高さ1:幅2で盛土を行っていることおよび表1に示す現地踏査で健全性を確認していることから地震動に対しても安定した盛土であると判断した。以上により、盛土は崩壊する恐れはないが、万が一、崩壊した場合、鉄塔へ到達する恐れはあることから、Cランクと判定した。また、盛土地盤の地下水位の有無については、盛土ののり尻に設置しているコンクリートよう壁の排水孔からの湧水も確認されていないことから盛土に影響を及ぼすような比較的浅い位置に地下水位はないものと判断している。今後は、巡視点検時に盛土に変状がないことを確認していく。(添付資料2-4)

美浜線No.53に近接する斜面盛土は、鉄塔付近の盛土量も少なく、万が一、盛土が崩壊した場合、鉄塔敷地へ崩壊土砂が到達する可能性はあるものの、鉄塔に影響を与えるほどの盛土量ではないと想定されることおよび現地踏査で健全性を確認していることから地震動に対しても安定した盛土であると判断した。以上により、盛土は崩壊する恐れはないが、

万が一、崩壊した場合、鉄塔へ到達する恐れはあることから、Cランクと判定した。また、盛土地盤の地下水位の有無については、当該鉄塔に隣接している変電所内の工事に伴い、平成20年1月に実施した地質調査で水位が確認されていないことから、盛土に影響を及ぼすような比較的浅い位置に地下水位はないものと判断している。今後は、巡視点検時に盛土に変状がないことを確認していく。(添付資料2-5)

小浜線No.100は、第三者の土砂置場が対象であり、現地踏査の結果、盛土自体の規模も他の2基と比べて小さく、盛土高さ以上の離隔距離が確保できており、盛土が崩壊しても鉄塔に土砂が到達する可能性は低いことからDランクと判定した。今後は、通常の保守管理を実施していく。

表1 盛土の崩壊についての評価項目と結果

電圧・線路名・鉄塔番号		500kV 青葉線No.68	275 kV 美浜線No.53	77kV 小浜線No.100
踏査時の 評価項目	鉄塔との離隔距離	21m	2m	5m
	盛土高さ	18m	10m	3m
	盛土面の変状	無	無	無
	のり面保護工種	植生工、よう壁	植生工、のり枠工	無
	のり面保護工の変状	無	無	—
	のり面の変状	無	無	無
	のり面補修履歴	無	無	無
	基礎地盤の圧密沈下、変形	無	無	無
	鉄塔および付近の変状	無	無	無
	排水状況	良好	良好	—
評価ランク		C	C	D

2. 2 地すべりに対する基礎の安定性評価

地すべりについては、地すべり防止区域（地すべり防止法）、地すべり危険箇所（地方自治体指定）および地すべり地形分布図（（独）防災科学技術研究所）から対象鉄塔を抽出した後、さらに『道路土工 切土工・斜面安定工指針（社）日本道路協会 平成21年度版』に示されている「地すべり型による地形図および写真判読のポイント（P377）」^{*4}を参考にした空中写真判読および送電線とその周辺の地形状況が記載されている実測平面図を用いて地形勾配、地形形状、地形状況を確認し、893基のうち78基を抽出した。(添付資料3-1)

抽出した78基について、地質、地盤、斜面崩壊等の知識とともに土質調査や土木施工など、地質に関する様々な経験を有する地質の専門家により現地踏査を実施し、詳細な地形、地質、変状等の情報を収集した。踏査にあたっては、調査の対象とする範囲に対して可能な限り見通しのよい正面または側面から全体の地形、勾配、傾斜変換線の位置等を確認して、地すべり地の概略を把握した。その後、地すべり地内を詳細に踏査し、地形状況、露岩分布状況、移動土塊の状況、地表面の変状、構造物の変状の有無等について確認した。

評価にあたっては、評価ランクに応じた評価基準と対応方針を示す必要があるが、『道路土工 切土工・斜面安定工指針(社)日本道路協会 平成21年度版』における「地すべりの安定度判定一覧表(P370)」^{※5}等を参考に地質の専門家の意見も踏まえて設定した。(添付資料3-2)

※4) 添付資料5-1に引用文献抜粋版を掲載

※5) 添付資料5-2に引用文献抜粋版を掲載

上述の現地踏査で収集した地すべりの変状、地形特性等に基づき、各鉄塔を評価した結果、Bランク3基、Cランク14基、Dランク61基であり、このうちBランクと評価したものは、以下の鉄塔である。

- ・500kV 青葉線No.7 (地すべり地形の近傍)
- ・500kV 高浜線No.10、No.11 (地すべり地形内)

上記鉄塔については、地すべり地形内や地すべり地形の近傍に位置しており、鉄塔との位置関係、地すべり地形の明瞭度および地すべりの活動度など現地踏査の結果からBランクと判定した。

なお、これら3基については、地形上の制約等からやむを得ず同区域内または、近傍を経過している(添付資料3-3)ものの、建設時の地点の選定にあたっては、個別に詳細調査を実施し、安定した地盤であることの確認あるいは、特殊基礎を採用している。

また、地すべり防止区域に指定された当初から行政が現地調査および集水ボーリング孔などの対策を実施しており、当社においても、平成17年に北陸電力管内で発生した大規模地すべりによる鉄塔倒壊事故を受けて、平成19年4月よりGPSによる地形の変位測定を24時間体制で実施しており、観測を開始してから、鉄塔に影響を及ぼすほどの地形の変位は観測されていない。

上記のとおり、当該箇所においては、既に対策が完了していることや点検監視レベルを上げていることから今後も現状の監視を継続する。

参考【原子力発電所の外部電源の信頼性確保に係る実施状況報告書】抜粋

- Aランク：早急に地質調査を行い、安定検討、対策工設計を実施する。
- Bランク：地質調査を行い、点検監視レベル、計測による点検監視レベル、対策実施レベルを判定する。
- Cランク：巡視点検時に地すべりが静止していることを確認。
- Dランク：通常管理

2. 3 急傾斜地の土砂崩壊に対する基礎の安定性評価

急傾斜地については、送電線とその周辺の地形状況が記載されている実測平面図を使用し、『道路土工 切土工・斜面安定工指針（社）日本道路協会 平成21年度版』に示されている「斜面崩壊が発生した勾配の分布（P314）」^{※6}を参考に、以下の条件に該当する鉄塔を893基のうち497基を抽出した。（添付資料4-1）

- ・鉄塔近傍に30度以上の傾斜を有する斜面がある箇所 かつ、
- ・万が一、土砂崩壊があった場合、杭基礎等と比べ根入れが浅く影響を受けやすい逆T字基礎 かつ、
- ・建設時にボーリング調査を実施しておらず地質状態が不明確な箇所

抽出した497基について、地質、地盤、斜面崩壊等の知識とともに土質調査や土木施工など、地質に関する様々な経験を有する地質の専門家により現地踏査を実施し、詳細な地形、地質、変状等の情報を収集した。踏査にあたっては、斜面勾配等の地形条件、斜面上の変状の有無、植生状況、地下水や表流水の集水条件等を確認した。

評価にあたっては、評価ランクに応じた評価基準と対応方針を示す必要があるが、『道路土工 切土工・斜面安定工指針（社）日本道路協会 平成21年度版』における「表層崩壊と落石の安定性評価の目安（P68）」^{※7}、「斜面崩壊対策の調査（P312～318）」^{※8}等を参考に地質の専門家の意見も踏まえて設定した。（添付資料4-2）

※6）添付資料5-3に引用文献抜粋版を掲載

※7）添付資料5-4に引用文献抜粋版を掲載

※8）添付資料5-5～5-8に引用文献抜粋版を掲載

上述の現地踏査で収集した斜面勾配等の地形条件、地形特性等に基づき、各鉄塔を評価した結果、Aランク3基、Bランク48基、Cランク402基、Dランク44基であった。

Aランクと評価した鉄塔は、以下の鉄塔である。

- ・ 77 kV 小浜線No.61、No.106
- ・ 500 kV 大飯幹線No.25

小浜線No.61については、平成23年2月に実施した巡視で土砂崩壊を確認（添付資料4-3）し、既に応急対策として、のり面保護（シート養生）および地質調査を実施済みであり、現時点で鉄塔基礎の安定性に影響を及ぼすものではない。現在、恒久対策（鉄塔移設）の工事を計画しており、速やかに対応していく。

大飯幹線No.25については、同年5月末の集中豪雨を受けて6月初旬に実施した巡視で土砂崩壊を確認（添付資料4-4）し、既に応急対策として、のり面保護（シート養生）および地質調査を実施済みであり、現時点で鉄塔基礎の安定性に影響を及ぼすものではない。現在、恒久対策（のり面保護工（のり枠工+鉄筋挿入工））の工事を計画しており、速やかに対応していく。

小浜線No.106については同年7月中旬に実施した巡視で基礎の影響範囲（基礎設計で期待している土量範囲のこと）外側での土砂崩壊を確認し、同年9月に実施した現地踏査において崩壊範囲が鉄塔側に接近していることを確認（添付資料4-5）した。既に応急対策として、のり面保護（シート養生）および地質調査を実施済みであり、現時点で鉄塔基礎の安定性に影響を及ぼすものではない。現在、恒久対策（のり面保護工（のり枠工+鉄筋挿入工））の工事を計画しており、速やかに対応していく。

また、Bランクと評価した鉄塔は、いずれも、鉄塔基礎近傍に遷急線（地盤の傾斜角が緩傾斜から急傾斜に変化する境界のこと）があり、比較的遷急線に近い下方の斜面に小規模な崩壊跡が認められる。鉄塔基礎の安定性に直接的に影響を及ぼすものではないが、長期的な安全性向上の観点から、「将来的に表層崩壊が上方へ進行した場合、鉄塔斜面の安定性が損なわれる可能性が高いもの」と判定した。（添付資料4-6）

今後は計画的に地質調査を行い、検討を実施していく。

参考【原子力発電所の外部電源の信頼性確保に係る実施状況報告書】抜粋

Aランク：早急に地質調査を行い、安定検討、対策工設計を実施する。

Bランク：地質調査を行い、表層の厚さ、点検監視レベル、対策実施レベルを判定する。

Cランク：巡視点検時に斜面が安定していることを確認。

Dランク：通常管理

2. 4 対象設備と評価結果

a. 盛土の崩壊

電圧	線路名	対象基数	評価結果(基)				
			A	B	C	D	踏査不要
500kV	青葉線	69			1		68
	高浜線	93					93
	大飯幹線	169					169
	第二大飯幹線	115					115
	原電敦賀線	68					68
275kV	敦賀線	75					75
	美浜線	53			1		52
77kV	小浜線	151				1	150
	高浜支線	11					11
	高浜連絡線	28					28
	大飯支線	34					34
	丹生線	27					27
合計		893	0	0	2	1	890

b. 地すべり

電圧	線路名	対象基数	評価結果(基)				
			A	B	C	D	踏査不要
500kV	青葉線	69		1		4	64
	高浜線	93		2	3	7	81
	大飯幹線	169			1	11	157
	第二大飯幹線	115				9	106
	原電敦賀線	68			1	3	64
275kV	敦賀線	75			1	3	71
	美浜線	53			1	1	51
77kV	小浜線	151			2	9	140
	高浜支線	11					11
	高浜連絡線	28			2	8	18
	大飯支線	34				5	29
	丹生線	27			3	1	23
合計		893	0	3	14	61	815

c. 急傾斜地の土砂崩壊

電圧	線路名	対象基数	評価結果(基)				
			A	B	C	D	踏査不要
500kV	青葉線	69			1		68
	高浜線	93		11	63	6	13
	大飯幹線	169	1	9	54	4	101
	第二大飯幹線	115		6	39	4	66
	原電敦賀線	68		1	10		57
275kV	敦賀線	75		5	40	5	25
	美浜線	53		4	35	3	11
77kV	小浜線	151	2	7	108	11	23
	高浜支線	11			5	1	5
	高浜連絡線	28			16	1	11
	大飯支線	34		4	14	7	9
	丹生線	27		1	17	2	7
合計		893	3	48	402	44	396

3. 長幹支持がいしの免震対策の実施状況

平成23年5月16日の報告の中で77kVの原子力電源線に長幹支持がいしの免震対策を実施することとしており、今回、対策状況について報告する。

77kV送電線の長幹支持がいしの免震対策については、免震機能および資材製作に要する期間を総合的に検討した結果、ロックピン式の免震金具を設置する。

なお、ロックピン式の免震金具は、阪神・淡路大震災における同種被害の対策として当社が154kV用に開発したものであったため、今回、77kV用への適用が可能であることを確認した。ただし、上向きに電線を把持している長幹支持がいし箇所にはロックピン式の免震金具が適用できないため、皿バネ式の免震金具を設置することとした。現在、これらの免震金具の製作が完了し、対策工事を実施している。

また、送電用避雷装置^{*1}用に設置している長幹支持がいし箇所については、ロックピン式の免震金具が動作した際、送電用避雷装置と長幹支持がいしが接触して破損する恐れがあることから、送電用避雷装置をホーン型の送電用避雷装置^{*2}に取り替えて、長幹支持がいしを撤去することとした。現在、資材製作が完了し、順次、対策工事を実施している。

これらの対策工事は、計画通り平成23年度中に完了する予定である。

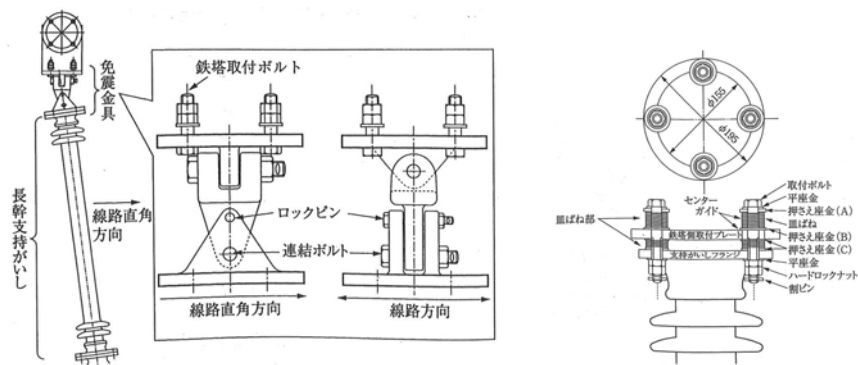


図1 ロックピン式・免震金具、および皿バネ式・免震金具



図2 送電用避雷装置とホーン型の送電用避雷装置の写真例

- ※1 酸化亜鉛素子の特性を利用して、雷撃による電気事故を抑制する避雷装置を鉄塔腕金部に設置したもの
- ※2 送電用避雷装置をコンパクト化して、がいし装置のアークホーン部に設置したもの

4. まとめ

基礎の安定性評価は、「盛土の崩壊」、「地すべり」および「急傾斜地の土砂崩壊」の全項目についての現地踏査および評価が完了した。今後は各評価ランクの対応方針により、計画的に対応していく。

また、長幹支持がいしの免震対策は、平成23年度中完了に向け計画的に実施する。

添付資料

- － 1 基礎の安定性に関する評価
- － 2 － 1 盛土の崩壊に対する基礎の安定性評価
- － 2 － 2 盛土の評価ランク区分表
- － 2 － 3 盛土の現地踏査結果
- － 2 － 4 青葉線No.6 8 地質断面図
- － 2 － 5 美浜線No.5 3 地質断面図
- － 3 － 1 地すべりに対する基礎の安定性評価
- － 3 － 2 地すべりの評価ランク区分表
- － 3 － 3
- ～ 地すべりの現地踏査結果
- － 3 － 4
- － 4 － 1 急傾斜地の土砂崩壊に対する基礎の安定性評価
- － 4 － 2 急傾斜地の評価ランク区分表
- － 4 － 3
- ～ 急傾斜地の現地踏査結果（Aランク）
- － 4 － 5
- － 4 － 6 急傾斜地の現地踏査結果（Bランク）
- － 5 － 1
- ～ 引用文献 抜粋
- － 5 － 8

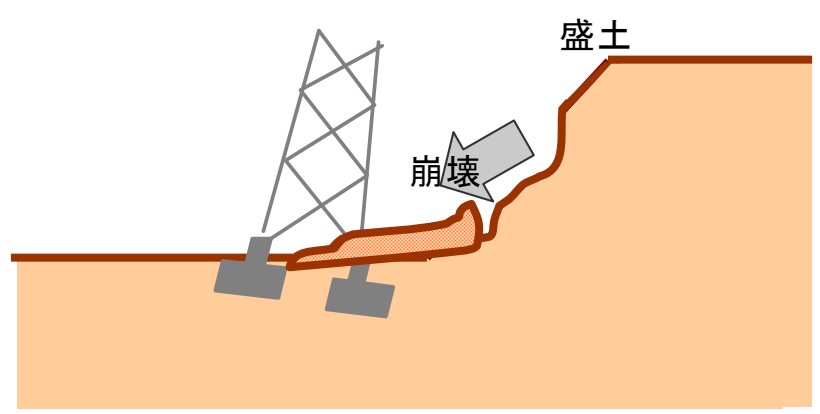
基礎の安定性に関する評価 ~地盤変状による2次的被害~

①盛土の崩壊

地震によって盛土が崩壊する現象

【リスク】

鉄塔周辺の盛土の崩壊により鉄塔が傾斜、倒壊

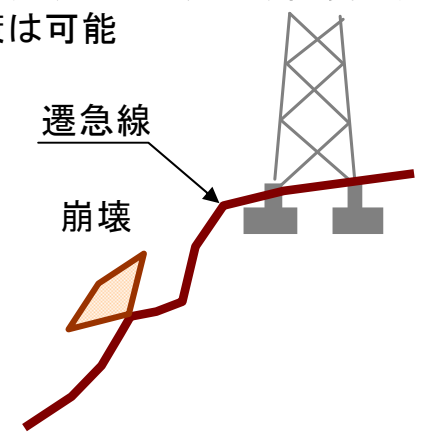


③急傾斜地の土砂崩壊

傾斜地で土地が崩壊する現象

【リスク】

鉄塔周辺の地盤が崩壊し、地盤安定上、裕度不足
※擁壁などで防止対策は可能

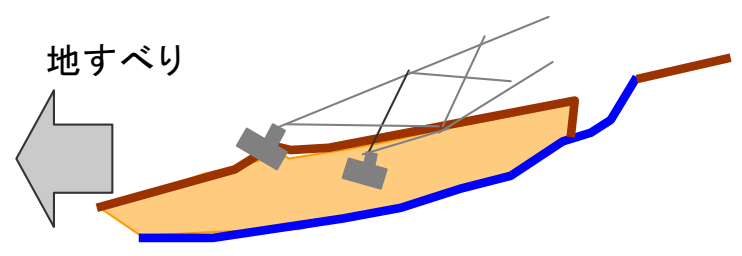


②地すべり

地盤内の地下水等に起因して滑ったり、移動する現象

【リスク】

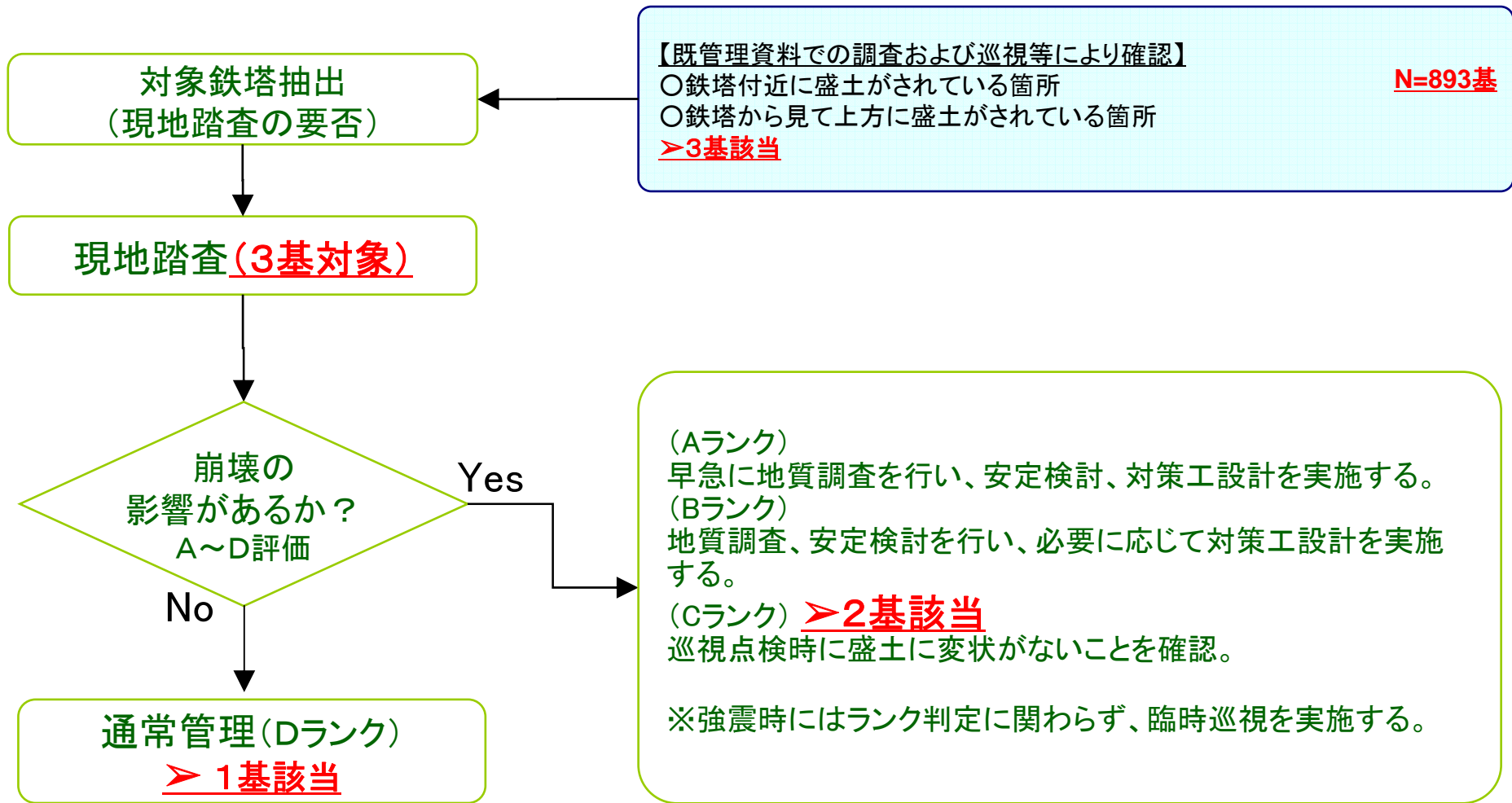
鉄塔を巻込んだ地すべりにより鉄塔傾斜、倒壊
※小規模なものは、杭や擁壁などで防止対策が可能



①盛土の崩壊に対する基礎の安定性評価

鉄塔周辺の盛土の崩壊により鉄塔が傾斜および倒壊するリスクがある。

■盛土の確認フロー



■盛土の評価ランク区分表

評価区分	評価基準	対応方針
A	盛土が崩壊すると鉄塔倒壊に至る可能性がある。既に盛土に変状が認められ、盛土の安定性が損なわれている。	早急に地質調査を行い、安定検討、対策工設計を実施する。
B	盛土が崩壊すると鉄塔倒壊に至る可能性がある。盛土には小規模な変状が認められる。現状では盛土の安定性は損なわれていないが、将来的に盛土の安定性が損なわれる可能性がある。	地質調査、安定検討を行い、必要に応じて対策工設計を実施する。
C	盛土が崩壊すると鉄塔に影響を及ぼす可能性はあるが、現状では盛土に変状はなく、盛土の安定性を損なわせる要因が認められない。	巡視点検時に盛土に変状がないことを確認。
D	上記以外	通常管理

■ 盛土の現地踏査結果

■ 500kV青葉線No.68
(新綾部変電所の盛土)



評価:Cランク

(今後の対応)
巡視点検時に盛土に変状がないことを確認する。

鉄塔との離隔:21m
盛土高さ:18m

■ 275kV美浜線No.53
(嶺南変電所の盛土)



評価:Cランク

(今後の対応)
巡視点検時に盛土に変状がないことを確認する。

鉄塔との離隔:2m
盛土高さ:10m

■ 77kV小浜線No.100
(第三者による盛土)

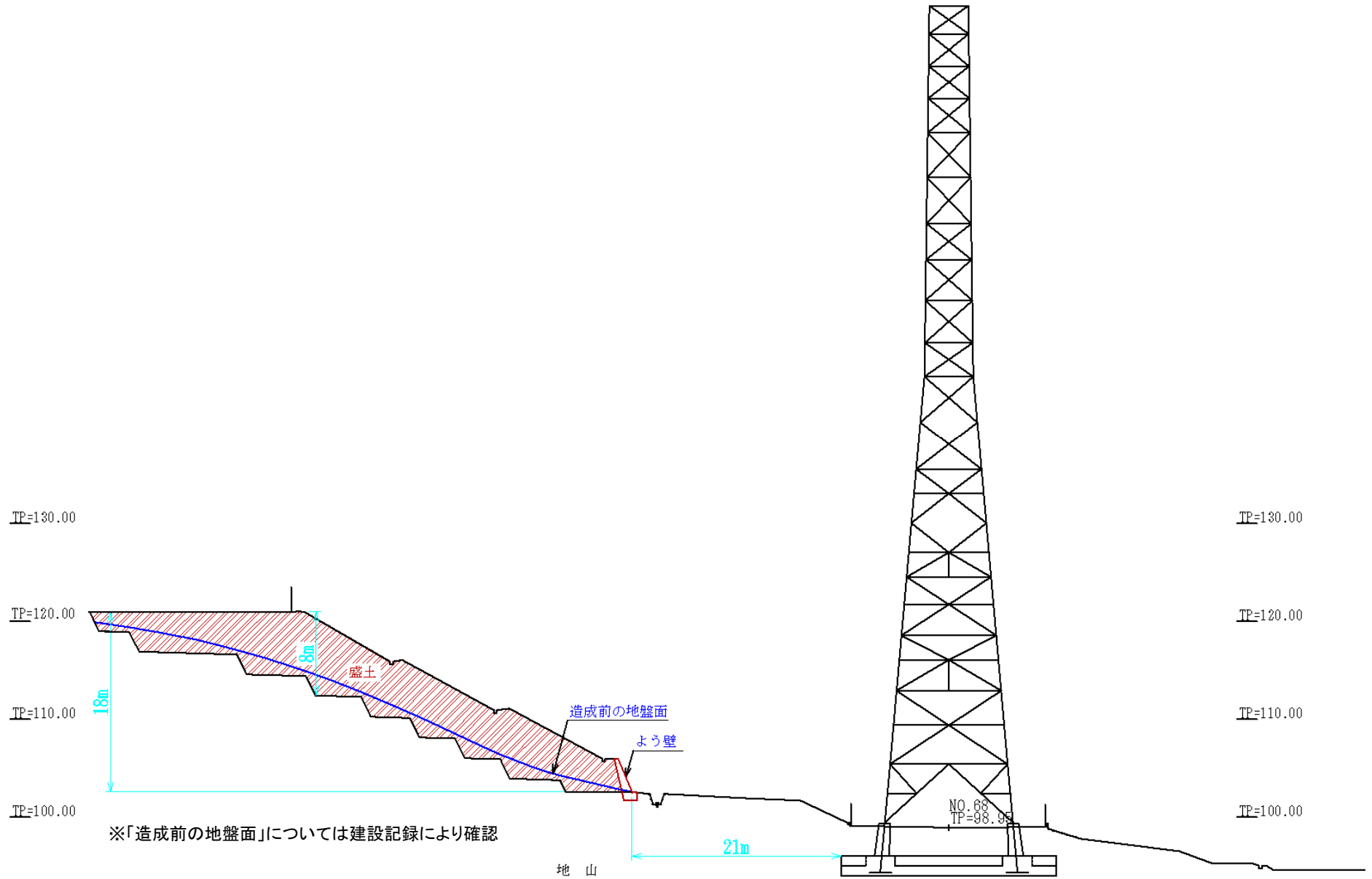


評価:Dランク

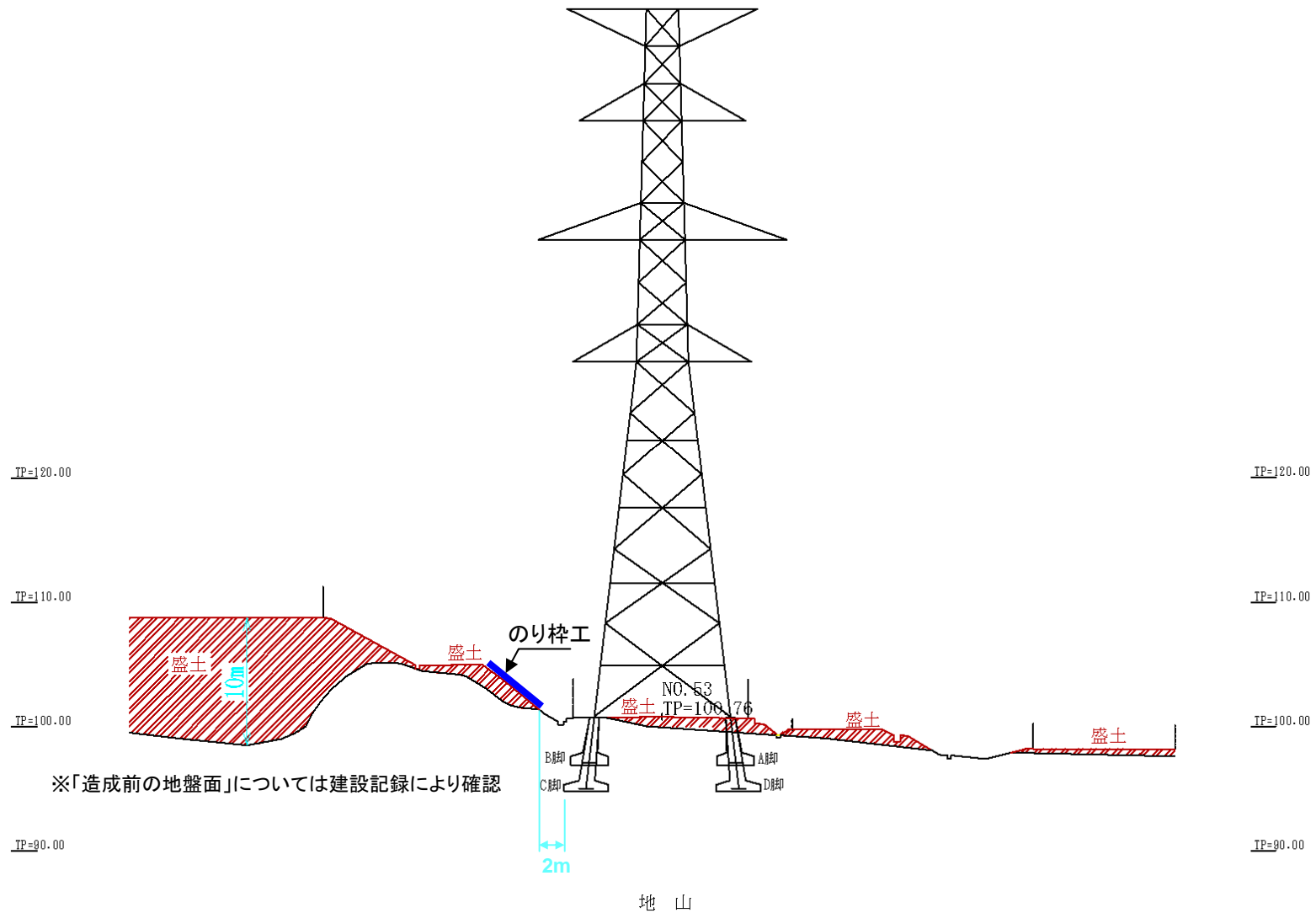
(今後の対応)
通常管理(特別な管理は行わない)

鉄塔との離隔:5m
盛土高さ:3m

青葉線No.68地質断面図



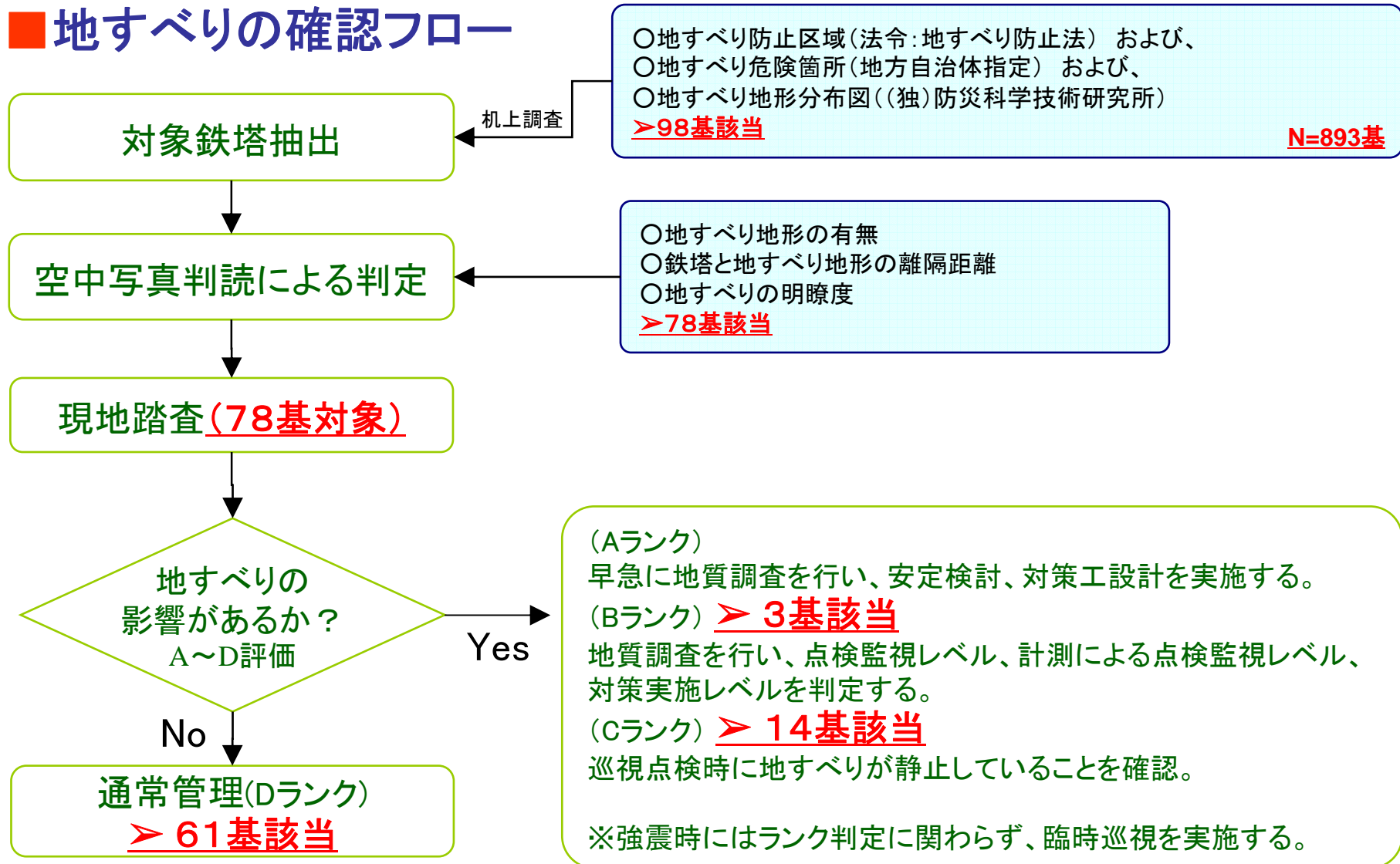
■ 美浜線No.53地質断面図



②地すべりに対する基礎の安定性評価

鉄塔を巻き込んだ地すべりによる鉄塔傾斜および倒壊するリスクがある。

■地すべりの確認フロー

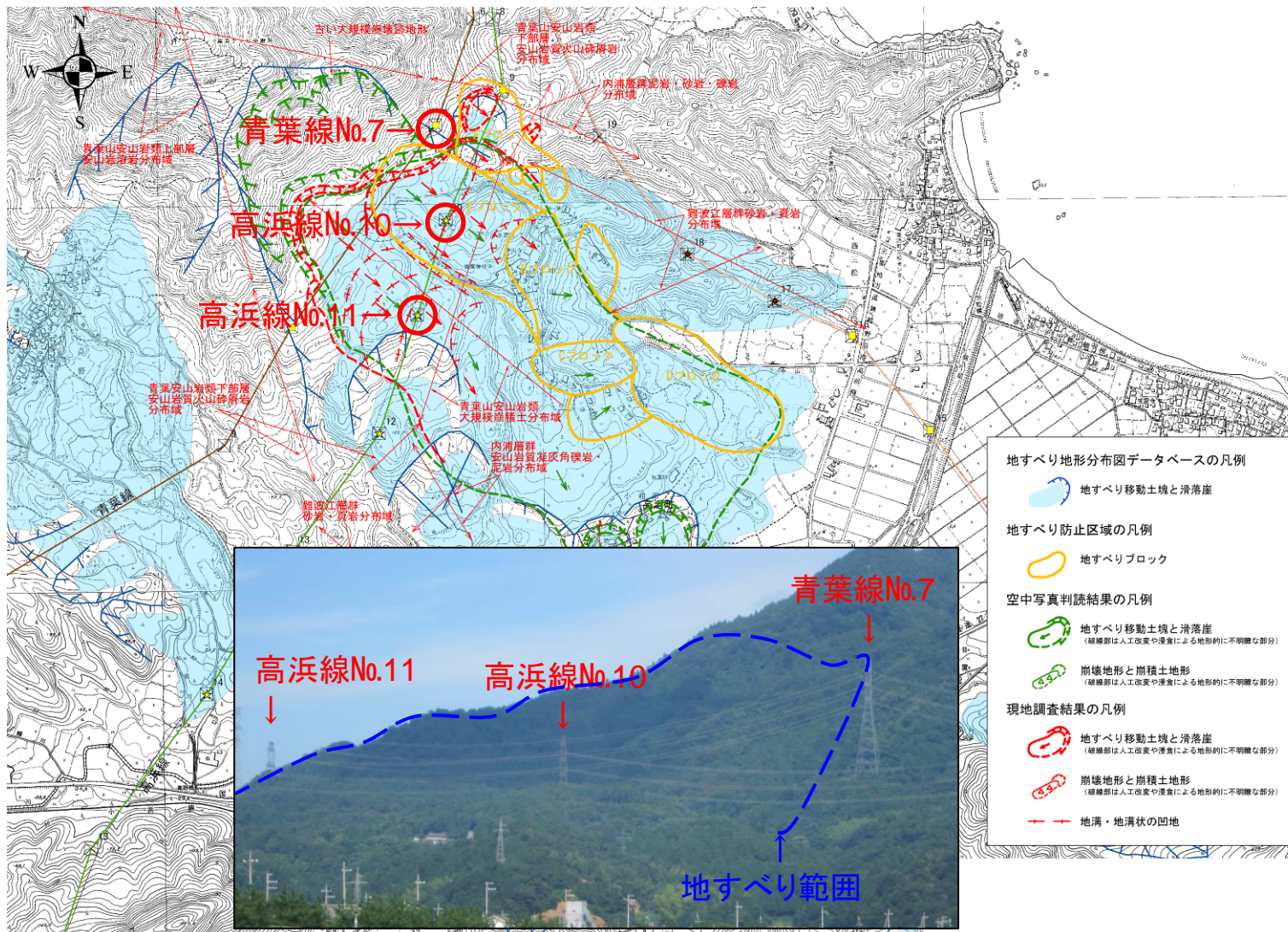


■地すべりの評価ランク区分表

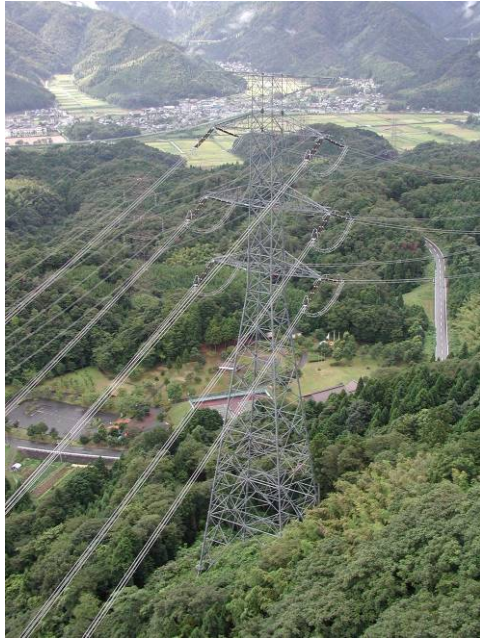
評価区分	評価基準	対応方針
A	鉄塔は明瞭な変位速度をもつ地すべり土塊に位置し、将来的に鉄塔斜面の安定性が損なわれる危険性が高い。鉄塔の安全性を確保するために早急な対策が必要である。	早急に地質調査を行い、安定検討、対策工設計を実施する。
B	<ul style="list-style-type: none"> ・鉄塔は緩慢な変位の地すべり土塊に位置し、将来的に鉄塔斜面の安定性が損なわれる危険性がある。鉄塔の安全性を検証するために予備調査が必要である。 ・鉄塔は明瞭な変位速度をもつ地すべり土塊またはその近傍に位置し、将来的に鉄塔斜面の安定性が損なわれる危険性がある。鉄塔の安全性を検証するために予備調査が必要である。 	地質調査を行い、点検監視レベル、計測による点検監視レベル、対策実施レベルを判定する。
C	<ul style="list-style-type: none"> ・鉄塔は既に静止した古い地すべり土塊またはその近傍に位置し、将来的にも鉄塔斜面の安定性が損なわれる危険性は低い。鉄塔の安全性を検証する追加調査を行う必要はないが、想定外の豪雨や地震等による地すべりの再滑動を懸念し、巡視点検時には、定期観測地点の変状を確認する。 ・鉄塔は明瞭な変位速度をもつ地すべり土塊から離れた箇所位置するため、将来的に鉄塔斜面の安定性が損なわれる危険性は低い。鉄塔の安全性を検証する追加調査を行う必要はないが、活動中の地すべり範囲が拡大することを懸念し、巡視点検時には、定期観測地点の変状を確認する。 	巡視点検時に地すべりが静止していることを確認。
D	上記以外	通常管理

■地すべりの現地踏査結果

Bランクと評価した500kV青葉線No.7、500kV高浜線No.10、11の3基は、広範囲な同一地すべり地形に位置している。この地すべり地形の中には、規模の小さい地すべり地形が多数存在している。



■ 500kV青葉線No.7



評価：Bランク

(今後の対応)

GPSによる変位観測を継続し、
変位の程度により、対策工の
要否を検討していく。

■ 500kV高浜線No.10



評価：Bランク

(今後の対応)

GPSによる変位観測を継続し、
変位の程度により、対策工の
要否を検討していく。

■ 500kV高浜線No.11



評価：Bランク

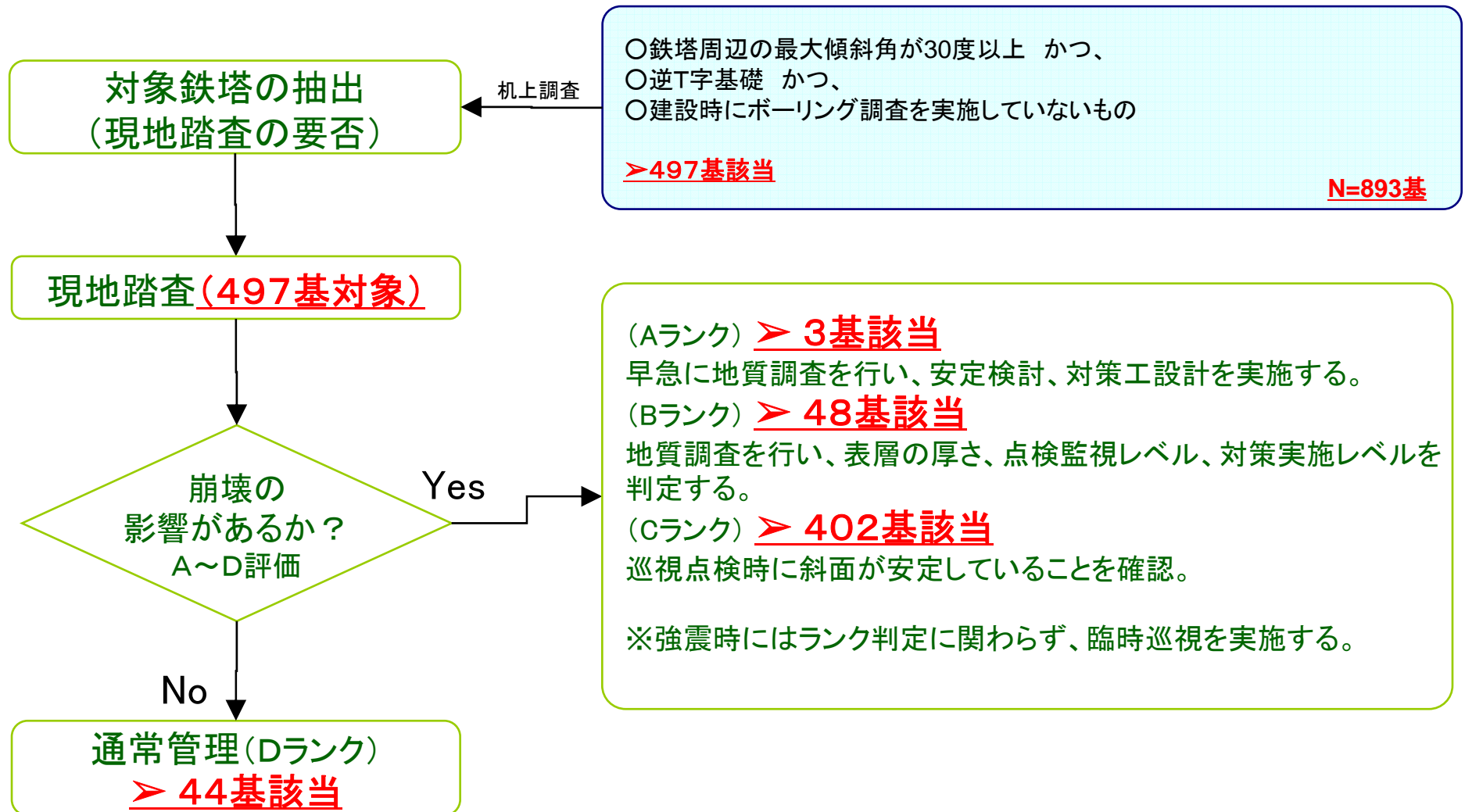
(今後の対応)

GPSによる変位観測を継続し、
変位の程度により、対策工の
要否を検討していく。

③急傾斜地の土砂崩壊に対する基礎の安定性評価

鉄塔周辺の地盤が崩壊し、地盤安定上、裕度不足になるリスクがある。

■急傾斜地の確認フロー



■急傾斜地の評価ランク区分表

評価区分	評価基準	対応方針
A	崩壊影響範囲内に比較的新しいクラック、段差、たわみ等が認められ、変状が進行している可能性が高く、将来的に鉄塔斜面の安定性が損なわれる可能性が高い。鉄塔の安全性を確認するための早急な対策検討が必要である。	早急に地質調査を行い、安定検討、対策工設計を実施する。
B	崩壊影響範囲内に遷急線があり、遷急線下の斜面に崩壊跡が比較的遷急線に近い位置に認められる、湧水が認められる、オーバーハングしている、岩盤斜面で流れ盤となる弱層がある等により、表層崩壊あるいは岩すべり等が誘発される可能性が高く、将来的に鉄塔斜面の安定性が損なわれる危険性がある。	地質調査を行い、表層の厚さ、点検監視レベル、対策実施レベルを判定する。
C	崩壊影響範囲内に遷急線があるが、遷急線下の斜面の表層は現状で安定している。岩盤斜面に崩壊を誘発する構造がない等、将来的にも鉄塔斜面の安定性が損なわれる危険性は低い。	巡視点検時に斜面が安定していることを確認。
D	上記以外	通常管理

■ 急傾斜地の現地踏査結果 (Aランク)

■ 77kV小浜線No.61 評価:Aランク

(発見時の状況)



(現在の状況: 応急対策実施済み)



(今後の対応) 恒久対策として鉄塔移設を実施予定。

■ 500kV大飯幹線No.25 評価:Aランク

(発見時の状況)



(現在の状況: 応急対策実施済み)



(今後の対応) 恒久対策としてのり面保護工を実施予定。

■ 77kV小浜線No.106 評価:Aランク

(現地踏査時の状況:下方から撮影)



(現在の状況:応急対策実施済み)



(今後の対応)恒久対策としてのり面保護工を実施予定。

■急傾斜地の現地踏査結果(Bランク)

Bランクと評価した鉄塔は下記の48基である。

- ・500kV 高浜線No.17、21、22、51、52、53、57、72、74、76、84
- ・500kV 大飯幹線No.26、39、49、53、55、59、60、71、97
- ・500kV 第二大飯幹線No.10、11、22、77、87、88
- ・500kV 原電敦賀線No.57
- ・275kV 敦賀線No.20、37、39、53、59
- ・275kV 美浜線No.30、31、32、42
- ・77kV 小浜線No.26、33、59、86、92、98、139
- ・77kV 大飯支線No.6、10、22、29
- ・77kV 丹生線No.19

■500kV第二大飯幹線No.22

評価:Bランク

(表層崩壊状況:鉄塔脚から
15m離れた位置)



■500kV第二大飯幹線No.77

評価:Bランク

(表層崩壊状況:鉄塔脚から
2m離れた位置)



遷急線

引用文献 抜粋

※3)道路土工 盛土工指針 社団法人 日本道路協会 平成22年度版 編集 P120 1行目～7行目抜粋

(1)地震動の作用に対する盛土の安定性の照査の基本的考え方
 過去の大地震時に被害を受けた盛土は、傾斜地盤上の盛土、谷間を埋める盛土、片切り片盛り、切り盛り境部の盛土、液状化を生じるようなゆるい砂地盤上の盛土が多く、まれに軟弱な粘性土地盤上の盛土も被害を受けている。これらの被害を防ぐためには、これまでの技術経験を踏まえて、段切り等の基礎地盤の処理、基礎地盤並びに盛土内の排水処理を適切に行うとともに、入念な施工及び適切な施工管理を行うことにより対応することが基本である。

※4)道路土工 切土工・斜面安定工指針 社団法人 日本道路協会 平成21年度版 編集 P377 解表11-3抜粋

解表 11-3 地すべり型による地形図及び写真判読のポイント

検討項目 区分	地形勾配 (地表面平均)	地形形状	線状構造 (リニアメント)	地形状況 (地すべり性変状)	等高線 模様	地すべり 地質
崩積土・粘質土 地すべり	一般に緩傾斜地 地表面平均勾配 5～25° 最多頻度値 10～20°	谷型地形 谷状及び 凹地状台地	主として地 すべり頭部、 あるいは側 面(周辺部) で関連 不明の場合 も多々あり	<ul style="list-style-type: none"> 馬蹄形状の滑落崖、山腹斜面での陥没及び沼・池・湿地帯の存在 傾斜変換点(急斜面から緩斜面への移行)及び分離小丘の存在 傾斜変換点を伴うなだらかな斜面(台地)及び階段状地形 斜面末端部での急斜面及び隆起または泥流状押し出し 河川の異常な屈曲 頭部～末端部にかけての無数の亀裂、頭部亀裂の勾配:比較的緩傾斜 	曲線状の 縞模様 (千枚田)	主として崩積土が地すべり土塊を形成 ついで強風化岩
岩盤・風化岩 地すべり	比較的急傾斜地 地表面平均勾配 15～40° 最多頻度値 20～30°	尾根型地形 尾根状及び凸地状 台地	地すべり頭部および両側面で密に関連 不明の場合は、岩盤地すべりの可能性少なし(予知不可)	<ul style="list-style-type: none"> 山頂あるいは山腹傾斜における帯状陥没(線状構造と関連) 帯状陥没に伴う分離小丘、及び土柱状の直立岩柱の存在 山腹斜面における直線状の傾斜変換点、及びそれに伴う台地 斜面末端部での急斜面及び水平的な押し出しと崩壊 河川の異常な屈曲 頭部陥没亀裂顯著にて、ほぼ垂直、ついで末端部での水平的な押し出しと圧縮亀裂、中間部では変状なし 	直線状の 縞模様	主として強風化岩並びに風化・破砕岩が地すべり土塊を形成

引用文献 抜粋

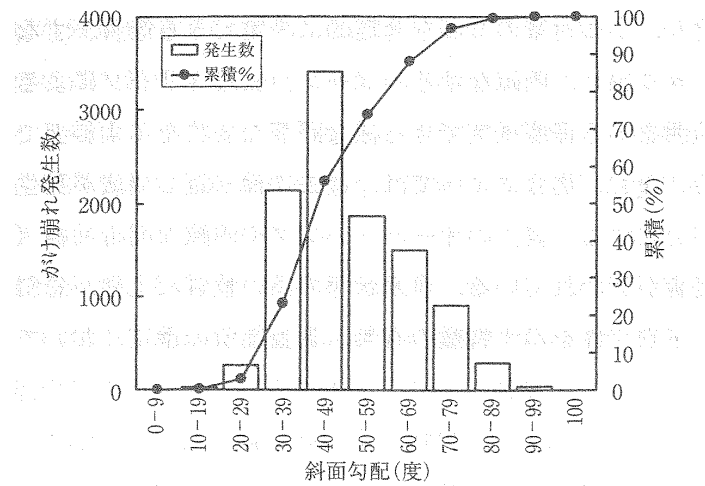
※5)道路土工 切土工・斜面安定工指針 社団法人 日本道路協会 平成21年度版 編集 P370 解表11-1抜粋

解表 11-1 地すべりの安定度判定一覧表 (解表 3-4 再掲)

区安定分度	地すべりの変状・地形特性	地すべり変動ランク※	道路土工に対する留意点
A	斜面に地すべりによる亀裂、陥没、隆起、小崩壊等が発生しているもの、路面や擁壁、水路等に地すべり性の亀裂や隆起等が発生しているもの、あるいは過去に地すべり等の災害が発生した記録や確かな伝承があり、地すべり対策工が施工されていないもの等、今後人為的な改変がなくても道路等に直接の被害を及ぼす可能性の大きいもの	変動 a 変動 b	原則として路線を避けるが、やむを得ない場合は計画安全率を確保できるような対策工を検討する。
B	明瞭な地すべり活動は認められないが、滑落崖が分布する等、明らかな地すべり地形(崩積土、風化岩地すべり)を示し、地形的にも地すべり発生の素因を有するもので、人為的な環境変化を直接の誘因としてすべり出す可能性が大きいもの、または地すべり災害発生後、地すべり対策工を実施したもの	変動 c	地すべり頭部の盛土や末端部の切土をなるべく避けるために路線の線形の修正及び対策工の実施を検討する。やむを得ない場合はその安全率を一時的に5%まで低下させることができる。
C	地すべり地形を示すが、滑落崖等の微地形が不明瞭なもの	変動 c を生じる可能性あり	Bに準ずる

引用文献 抜粋

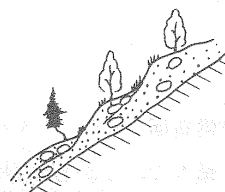

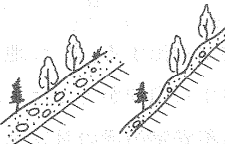

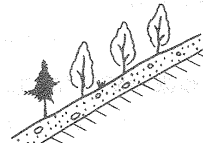

※6)道路土工 切土工・斜面安定工指針 社団法人 日本道路協会 平成21年度版 編集 P314 解図 9-1抜粋



解図 9-1 斜面崩壊が発生した勾配の分布²⁾

引用文献 抜粋

※7)道路土工 切土工・斜面安定工指針 社団法人 日本道路協会 平成21年度版 編集 P68 解図 3-7抜粋

評 価	《表 土 層》	《浮石・転石》
「不安定」	<ul style="list-style-type: none"> 表土層が厚く（50cm程度以上）、表層の動きが見られたり、浸食を受けている。 	<ul style="list-style-type: none"> 以下のようなものが多数散在する場合 ① 直径のほぼ2/3以上が地表から露出するもの。 ② 完全に浮いており、人力で容易に動く判断されるもの。 
「やや不安定」	<ul style="list-style-type: none"> 表土層が厚くても表層の動きや浸食が見られない。 表土層は薄いですが、動きや浸食の可能性はある。 	<ul style="list-style-type: none"> 上記の①, ②のようなものが少ない。 露出の程度が小さい。 やや浮いてはいるが、人力では動かせない。 
「安 定」	<ul style="list-style-type: none"> 表土層が薄いかほとんどなく、植生状況からも表層の動きがない。 	<ul style="list-style-type: none"> 浮石・転石がない。 あっても比較的安定しているもの。 

解図 3-7 表層崩壊と落石の安定性評価の目安

引用文献 抜粋

※8)道路土工 切土工・斜面安定工指針 社団法人 日本道路協会 平成21年度版 編集 P312～318 「9-2 斜面崩壊対策の調査」 抜粋 (1/4)

(P312)

9-2 斜面崩壊対策の調査

9-2-1 調査の基本的考え方

斜面崩壊の調査の目的は、崩壊位置や崩壊規模を想定し、対策の範囲や適切な工法の設計・施工のために行うものである。調査は、斜面崩壊の可能性が高い区域を抽出するために行う予備調査と、具体的な対策工法の詳細な計画、設計、施工のための基礎資料を得るための詳細調査を行う。

予備調査は資料調査と現地概査、詳細調査は地盤調査及び試験を主とする。斜面崩壊には参表 1-1(a)に示すように表層崩壊と大規模崩壊・地すべり性崩壊があり、調査項目も異なるため、予備調査後または詳細調査の初期段階で、どの崩壊形態を対象とするかを明確にし、効率的に調査を進める必要がある。予備調査の結果、斜面崩壊の可能性が高いと判断された斜面に対しては、対策の範囲や適切な工法の設計・施工のために詳細調査を行う。しかし調査対象となる自然斜面は一般に広域に渡り、また、地すべり等に比べ崩壊の前兆も乏しいため、事前の調査によって斜面崩壊の位置や範囲を的確に推定することは極めて難しいのが現状である。したがって斜面崩壊の詳細調査及び対策は、斜面崩壊の可

(P313)

能性が顕在化し、かつ対策の計画を合理的に決定できる箇所、すなわち、表層の亀裂・段差・せり出し、明瞭なゆるみゾーン、表層クリープによるはらみ状の地形等、崩壊範囲をある程度推定できる様な顕著な変状を示す斜面で実施するのが一般的である。なお、場合によっては、過去に繰り返し崩壊が発生している、明瞭な崩壊跡が分布する、表土のオーバーハングや明瞭な開析前線（遷急線）が存在し活発な浸食が行われている、含水状態の高い軟質な土砂が急斜面上に厚く分布する等の、不安定性を示す特徴の有無も調査箇所の選定において重要な着眼点である。

9-2-2 調査項目

- 斜面崩壊の調査では、以下の内容について明らかにする。
- 1) 斜面勾配等の地形条件
 - 2) 斜面表層数mまでの土質地質条件
 - 3) 斜面上の変状の有無
 - 4) 植生状況
 - 5) 地下水や表流水の浸透・集水条件

斜面崩壊は前述のように表層崩壊と大規模崩壊・地すべり性崩壊に大別されるが、大規模・地すべり性崩壊は地質構造が支配的であるのに対し、表層崩壊は地形条件と斜面表層の状態に支配される。例えば、過去の統計（昭和47年～平成9年の間に人家、人命、公共施設等に被害のあった崩壊10,686例¹⁾によると、崩壊斜面長、崩壊幅、崩壊の深さ、崩壊土量の平均は、各々17.9m、16.8m、1.3m、463 m³で、全体の約95%が勾配30°以上の斜面で発生している（解図9-1参照）。

上の崩壊例のうち80%以上が表土や崩積土、火山堆積物、段丘堆積物等の斜面表層の崩壊に分類される。この他、地下水や表流水の斜面への浸透状況や、斜面上の植生状況についても崩壊発生との関係が深い。

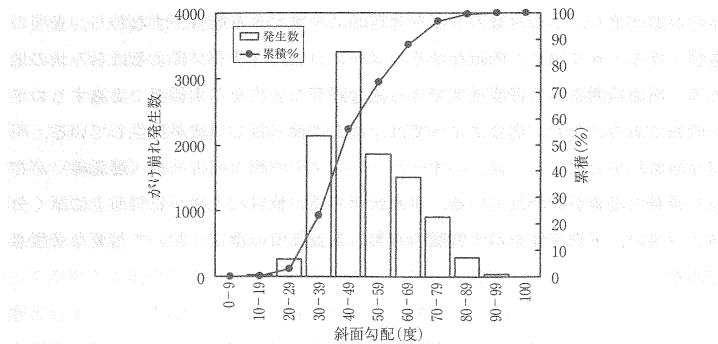
以上のことから、表層崩壊の調査においては、斜面勾配等の地形条件及び斜面

引用文献 抜粋

※8)道路土工 切土工・斜面安定工指針 社団法人 日本道路協会 平成21年度版 編集 P312～318

「9-2 斜面崩壊対策の調査」抜粋 (2/4)

(P314)



解図 9-1 斜面崩壊が発生した勾配の分布²⁾

表層数mまでの土質地質条件、湧水、植生の調査が極めて重要である。斜面に関する調査項目の詳細について解表 9-1 に示す。調査方法等の詳細は「6-2 切土部の調査」等を参考にされたい。

解表 9-1 表層崩壊の主な調査項目

調査項目	調査細目
地形図の解析	・斜面勾配区分 (縮尺 1/5,000~1/500)
空中写真判読 (大縮尺垂直写真や斜め写真の利用)	・斜面の微地形区分 (尾根部の緩斜面、谷頭斜面、山腹斜面、沢、谷底斜面、開折前線、遷移線、各種堆積地形等) ・斜面上の変状判読 (亀裂や段差、表層クリープ、微細凸凹地形、オーバーハング、崩壊跡、ガリー、小陥没地、湧水等)
地表踏査	・斜面上の変状調査 (亀裂や段差、表層クリープ、微細な凸凹地形、オーバーハング、崩壊跡、ガリー、小陥没地、根曲り、パイピング孔、湧水、高含水箇所等) ・土質調査 (斜面調査用簡易貫入試験やコーンペネトrometerによる表層土厚の測定、ハンドオーガーやボーリング、検土杖等による土質試料採取等) ・地表調査 (岩種、風化変質、弱層等) ・対策工のための調査 (谷底の勾配、谷底の堆積土砂の状況、治山ダム等周辺の防災構造物の諸元等)
その他 (必要に応じて実施)	・土質試験 (強度、透水係数) ・物理探査 (弾性波探査、地下レーダー、高密度電気探査等)

(P315)

このうち、次に示す内容について調査を行いその特徴を明らかにする。なお、調査の内容については調査対象斜面の状況に応じて適宜選択を行う。

- 1) 斜面勾配等の地形条件

一般的に豪雨による斜面崩壊は、30°以上の勾配に多く、斜面傾斜と密接な関係がある。また、地形図による傾斜区分や傾斜変換点、比高、斜面方位等の区分を行い、傾斜分布や斜面の形状について明らかにする。
- 2) 斜面表層数mまでの土質地質条件

表土層や崩積土層、強風化層、基岩等の分布を明らかにするために、現地において簡易貫入試験等による調査を行う。これらの調査のほか、ボーリングや標準貫入試験、物理探査を用いる場合もある。また、物理的な特徴として土質試料のサンプリングを行い土質試験を実施する。
- 3) 斜面上の変状の有無

崩壊に関係する斜面上の亀裂や段差、凹凸や湧水、過去の崩壊跡や、道路の路面や切土・盛土のり面、斜面近傍の構造物の変状について空中写真あるいは現地での地表踏査により調査する。
- 4) 植生状況

斜面上の樹種、分布、密度等を調査する。植生の状況は、その斜面の地形・地質的な特徴を推定する参考になる。例えば、竹、杉は地下水等水気を好む植物であり、松、ヒノキは比較的透水性の良い地盤にあるなどである。また、勾配が同様な斜面で樹木が繁茂しているのに、植生が草本のみからなる斜面がある場合には崩壊履歴がある可能性がある。

伐採跡については、一般的に伐採後の根系は腐食して、数年から10年後で最も地表の状態が悪くなるとされており、伐採跡地の状況について調査を行う。風倒木が発生した場合、地割れによる雨水の浸透等により崩壊しやすくなる傾向にある。

以上の状況については、空中写真や現地での地表踏査により分布を明らかにする。
- 5) 地下水や表流水の集水条件

崩壊の誘因である地下水や表流水について、空中写真や現地での地表踏査によ

■ 引用文献 抜粋

※8)道路土工 切土工・斜面安定工指針 社団法人 日本道路協会 平成21年度版 編集 P312～318

「9-2 斜面崩壊対策の調査」抜粋 (3/4)

(P316)

り、斜面上のガリや湧水、パイピング等の分布を把握する。また、斜面及び周辺の地形から表流水、地下水が集まりやすい地形であるかどうかの状況についても調査を行う。

次に斜面を地形的にみると、表層崩壊の発生しやすい斜面形態は次のように区分される。

- a) 谷頭部斜面（0次谷）
- b) 沢の源頭部や湧水部
- c) 山腹斜面の遷急線付近や崩壊跡地の上部
- d) 台地の縁辺部や段丘崖
- e) その他

しかし、これらのa)～e)の斜面形態が直ちに危険という訳ではなく、斜面上の変状の有無、斜面表層の土質や地質の性状、植生状況、地下水や表流水の浸透・集水条件等によって安定性は大きく異なるため、調査に当たってはこれらを観察し、崩壊危険性の高い斜面かどうかを識別する必要がある。

崩壊危険性の高い斜面上では、変状の発生状況に注意して調査を進める。なお、これらの変状は極めて微細なものである場合もあり、また、表層崩壊現象の発生機構についても未だ不明な点が多い。したがって、地表踏査を主体とした綿密な調査を心掛ける必要がある。

9-2-3 調査結果の整理と対策工の選定・設計

斜面の安定に関する調査結果の整理では、調査結果に基づき、微地形、斜面の変状、表層の状態から崩壊の危険性が高く対策工等を検討する必要がある箇所を抽出する。抽出した斜面について解表 9-2 に示す対策工の選定・設計に必要な項目を整理する。

調査結果は平面図上等に記載・整理し、斜面勾配や微地形等から崩壊の発生しやすい斜面を絞り込むとともに、変状や表層の状態から崩壊範囲を大まかに推定する。なお、特に危険性が高く対策工等を検討する必要がある箇所では、土質地

(P317)

質断面を作成して崩壊深度や崩壊規模を推定するとともに、斜面の安定度等、対策工の設計のための基礎資料を得ることが望ましい。

崩壊範囲、崩壊深度及び安定度の推定方法としては、それぞれ次のようなものがある。

崩壊範囲の推定は、谷頭斜面等のように地形的におおよそ特定できる場合はその範囲を、表層クリープ地形等の変状が発生している場合はその範囲を、変状の不明瞭な場合でも表層厚の分布や周辺の崩壊履歴等を参考に最も危険性の高いと思われる一連の範囲を、それぞれ崩壊範囲とするのが一般的である。しかし地形地質的にはほぼ同様で周辺に崩壊履歴もない斜面では、崩壊幅や崩壊長さを推定することが困難なことが多い。その場合には、幾つかの崩壊断面を仮定して斜面安定解析で最も安定度が低いブロックを崩壊範囲とする方法や、過去の統計等をもとに推定する方法がある。

崩壊深度（すべり面）の推定は、表層と基盤岩の境界に設定するのが一般的である。また、周辺で崩壊が生じている場合には、その崩壊面の地質的位置（例えばローム層や崩積土層の下面等）や風化程度等を参考に崩壊深度を推定することもある。

安定度の推定は、土質試験や周辺における過去の崩壊履歴から逆算した土質定数を用いた斜面安定解析によるのが一般的である。

ただし、基盤が亀裂性岩盤で流れ盤を形成している場合等は、表土層と基盤の境界よりもやや深い基盤中の弱面を境に崩壊する場合があるので、このような崩壊が推定される場合の崩壊範囲、崩壊深度、及び安定度の推定は、「6-2 切土部の調査」を参考に別途検討するものとする。

対策工に必要な整理項目と、その計画・設計の目的、評価方法について解表 9-2 に示す。

引用文献 抜粋

※8)道路土工 切土工・斜面安定工指針 社団法人 日本道路協会 平成21年度版 編集 P312～318
 「9-2 斜面崩壊対策の調査」 抜粋 (4/4)

(P318)

解表 9-2 斜面における対策工選定・設計のための主な整理項目と内容

整理項目	対策工の計画・設計目的	内容
崩壊の諸元	崩壊履歴 対策の優先順位の検討 対策規模の検討	過去の崩壊発生頻度・規模等 過去の崩土の到着範囲等
	崩土の土質	対策規模の検討 土質試験, 力学試験, 物理試験
	想定発生位置	対策規模の検討 道路との比高差
	想定規模	対策規模の検討 崩壊の幅・長さ・深さ等
斜面の諸元	勾配	対策工の選定・規模の検討 斜面の勾配
	縦断・横断形状	崩土の流下コース等の推定 上昇, 下降, 直線 凸型, 凹型, 直線
	植生	崩土の流下コース等の推定 対策工の選定 樹種, 樹高, 粗密度
	既設構造物の有無	対策工の選定 砂防・治山施設等
斜面下部の諸元	道路と斜面の位置関係	対策工の選定・規模の検討 (主に防護工) 緩衝帯の有無と距離等
	地盤強度	対策工の選定・規模の検討 地盤支持力等
	既設道路構造物	対策工の選定・規模の検討 既設構造物の種類と規模