

●第1回調査検討会における意見と対応状況の整理

分類		意見	対応状況	備考
原因究明に向けた調査	基礎資料の整理	今回の降雨を過去の降雨履歴と比較し整理する。	過去の降雨履歴と比較した表を作成。	
		当該地周辺の地すべり危険箇所等の状況を整理する。	防災科研地すべり地形分布図、紀の川市ハザードマップ地すべり危険箇所、急傾斜危険箇所、土石流危険箇所、台風21号による周辺土砂災害位置等を重ね合わせた分布図を作成。	
		被災箇所の排水処理状況を整理する。	施工時の地質調査結果、補強土壁計画、設計地下水条件、補強盛土の排水処理を確認し整理。	
	観測・調査結果の検討	東側の隣接する盛土部の挙動もモニタリングすることが望ましい。	ボーリング調査を2か所追加し、水位計、ひずみ計を設置。	
		地下水位をよく調査し考慮する。歪計等ですべり面を推定する。	測量、現地踏査、ボーリング調査結果、地下水位観測結果等をもとに、すべり面および地下水位を検討した断面図を作成。 水位計、パイプ歪計を崩落箇所に5か所、崩落箇所上方斜面に2か所設置。地盤伸縮計を3箇所設置(観測データはwebでリアルタイムで閲覧可能)	
		三軸圧縮試験、リングせん断試験等を実施する。高精度表面波探査、電気比抵抗探査等を実施する	今後実施予定。	
二次災害防止に向けた監視	二次災害防止に向けた監視	計測は雨量観測、パイプ歪計、バラマキ型傾斜計観測、地盤伸縮計などで多角的にリアルタイムで計測。	雨量計1か所、バラマキ型傾斜計を被災家屋南側3個、崩落箇所上方斜面2個設置。 地盤伸縮計は崩落箇所上方斜面に3基設置済。 (上記観測データはwebでリアルタイムで閲覧可能。)	
		雨天時には避難する。	西脇地区斜面に雨量計を設置し、関係者にWEB配信するシステムを構築、警戒避難に活用。 紀の川市に避難判断に関する情報として、雨量状況データを提供。	
		崩落の上方斜面の挙動もばらまき形傾斜計で計測する方が良い。	崩落の上方斜面にばらまき型傾斜計を2個設置。	
復旧に向けた調査	今後の対策	集水井工等で地下水を排除するのが重要。	ボーリング調査結果、地下水位観測結果、安定解析結果をもとに、抑制工として地下水排除工を検討。	
		地下水を考慮して安全率を計算し、復旧を進める	ボーリング調査の結果、歪計の計測結果等をもとにすべり面、地下水位を検討した断面で安定解析を行い、安全率を算出する。	詳細設計時対応
		歪計データからすべり面を推定し、安全率計算。		
		歪計データを確認しながら施工を進める。	ひずみ計データを確認しながら施工を進める。	復旧工事時対応
		土のう設置、土砂撤去、仮排水を組み合わせて応急復旧。 調査と同時に応急復旧を進め、次の出水期までに整備すべき。	応急対策として、土砂撤去、土留工を施工中。応急復旧は検討中。 斜面末端部で、地下水排除を目的に横ボーリング工を計画中。	

●第2回調査検討会における意見と対応状況の整理

分 類		意 見	対応状況	備 考
調 査	追加調査	盛土内部の地下水位確認のため、東側補強土壁の盛土部でボーリング調査を実施する	盛土部にボーリング調査を実施し(NO.10)、地下水位計、ひずみ計を設置。 現状では盛土内に地下水位は確認されていない。	
	継続調査	すべり面の判定はパイプ歪計のデータも参考にする方がよいため、観測の継続が必要	継続して観測する。(現在のところ、変動は認められない。)	
		地下水位の観測データの積み重ねが必要	継続して観測する。	
原因究明に向けた解析	安定解析	地下水位の変動と道路盛土の影響について評価する	安定解析により、地下水位の変動と道路盛土の有無が安全率へ及ぼす影響について評価した。	
		安定解析は地下水位条件を変えて計算し比較することが重要	地下水位は、平常時(地下水位なし)、盛土下面付近、盛土地表面までの3パターン設定し、安全率を算出し評価した。	
		安定解析では、地下水位が盛土内部にある場合、斜面崩落時推定水位、平常時水位の3パターンで計算する		
		安定解析は逆算ではなく土質試験値を用いた順算で解いて、斜面崩落発生時の地下水位を再現する方法もある	安定解析は三軸圧縮試験値を用いた順算で計算する。地下水位は、平常時(地下水位なし)、盛土基部付近、盛土地表面までの3パターン設定し、安全率を算出し評価した。	
		リングせん断試験等での地盤定数をもとに安定解析を行う	現在、リングせん断試験を実施中。	
		すべり面のせん断強度は三軸圧縮試験により求める	安定解析に用いるすべり面のせん断強度は、三軸圧縮試験の結果(φ=24°)を用いた。	
		安定解析式はヤンプ法を用いる	地質調査結果で判明した複合すべりに対し、安定解析はヤンプ法を用いた。	
復旧に向けた対策	二次災害防止のための対策	雨期に備えた応急対策として斜面崩落箇所上方で抑制工(横ボーリング工)を先行して実施した方が良い	斜面崩落上方斜面は地すべり地形を呈しているとともに、崩積土～強風化し土砂状を呈する土塊が分布している。今後、豪雨に伴い地下水位が上昇した場合、斜面が不安定化し地すべりが誘発される恐れがあるため、横ボーリング工を計画する。横ボーリング工は、安全性・施工性を考慮し、斜面崩落滑落崖ではなく、その上部の安定した地点に1箇所扇状に計画する。	
		東側補強土壁の排水性等をチェックし、排水が十分ではない場合は横ボーリング工など排水対策を検討した方が良い	盛土部、斜面部における地下水位観測の結果、現状で地下水位は基盤岩中に分布する。ただし、斜面崩落部と同様に豪雨時に地下水位は急激に上昇する可能性があること、補強土壁は「地下水なし」の条件で設計施工されていることから、将来的な安定を確保するために、地下水排除工を計画する。 補強土壁面からの横ボーリングは補強土壁の構造上困難である。盛土に流入する地下水を排除するため、農道山側に集水井工を計画する。	
	対策工の検討	安全率の設定においては過大設計とならないように注意が必要	意見を踏まえ、今後、詳細設計段階で検討する。	
		地震を考慮した検討を入れた方が良い		
		斜面崩落箇所の背後斜面の地下水をコントロールすることが重要		

●第3回調査検討会における意見と対応状況の整理

分 類		意 見	対応状況	備 考
意見(まとめ)		今後さらなる詳細な検討を実施し、排水工の一部を省略したことや元の地山の強度が低いこと等が斜面崩落にどのような影響を及ぼしたのか確認する必要がある。	(以下のとおり)	
原因究明に向けた調査解析	観測結果	観測結果に基づいて議論するため、観測データを次回委員会時に確認させていただきたい。	◎観測結果 雨量、地下水位、地盤伸縮計、パイプひずみ計、ばらまき型傾斜計(地盤傾斜計)観測結果をとりまとめた。	
	安定解析	三軸圧縮試験について、バラつきがあるとのことなら、追加調査(低拘束圧での試験)などはできないか。粘着力を低減させる方法に疑問を感じる、Φを固定してCを変えているが、Cを変えるとΦも変わるのではないか。	◎追加土質試験(三軸圧縮試験) せん断強度のバラつきを考慮するため、4地点24供試体で三軸圧縮試験を追加した。 三軸圧縮試験は極力低拘束圧側で実施した。拘束圧は、最低拘束圧を40kN/m ² とし、80kN/m ² 、120kN/m ² とした。	
		安定解析では、全応力ではなく、有効応力を使ったほうが良いのではないか。 有効応力解析で行うと色々な問題がクリアできるのではないか。	◎有効応力の強度定数を用いた安定解析(複合すべり・繰り返し円弧すべり) 旧崩積土(Dt層) C' = 4.5kN/m ² , φ' = 35.4° (有効応力表示) 強風化岩(D層) C' = 3.0kN/m ² , φ' = 34.9° (有効応力表示)	
		地元説明にあったブルがができるような水位を再現できないのか。 地表面以上の水圧がかかった可能性もある。	◎地表面以上の水圧がかかった可能性を再現するための安定解析 地下水位を盛土部で地表面+0.5m、1.0mに設定し計算した。	
		最小安全率の円弧すべりが初めに発生し、複数回のすべりが発生したのではないか。	◎繰り返し円弧すべり解析 最小安全率円弧すべり範囲、最大半径円弧すべり範囲を明らかにした。	
	浸透流解析	浸透解析において、降雨の全てが斜面中に浸入する解析をされているが、実際は全ては浸入せず一部は斜面上を表面流で流れ、全てが浸入すると正圧が大きく極端に安全側の解析になる可能性がある。 盛土がしっかり構築されたため、ダムアップしたためと考えられるのではないか。 盛土内の排水施設の有無の影響は大きいのではないか。	◎雨水浸透条件の違いを考慮して浸透流解析 地表面の流出係数を0.3とした場合(ケース①)、地山の透水係数を上限値とした場合(ケース②)、降雨浸透は考えずに斜面の上端と下端で境界条件として水面を設定した場合(ケース③)で浸透流解析を実施した。 ◎補強土壁排水層の影響検討 補強土壁について、地下排水工の一部(背面、底面)を省略したことが、地下水位上昇にどのような影響を与えたかを浸透流解析で再現計算を行った。	
	発生メカニズム	盛土背後からの高速で地下水が入ってきて、水圧以上の力がかかったのではないか。 浸透流解析されているので、盛土の背面に対し、どういうフラックスの流速でも良いので、速度とか別の要素を検討に加えた方が良いのではないか。 水みちの位置や電気探査の結果から、定量的ではないが、かかった力が表現できるのではないか。 盛土はしっかりできているけど、いくつかの条件が重なり崩落したということになるのではないか。 災害前の空中写真でも元々の地すべりが見える。既にすべり面が出来ていたのではないか。現地図を見ても沢地形で水が集まりやすく、地すべりのクラックみたいなものもあり、そこから水が入っていったのではないか、地すべりの多い地域なので同じ機構で発生したのではないか。	◎連成解析(水圧や浸透力を考慮した応力解析) 盛土背後から流れ込む地下水により作用する力の影響を評価するため、浸透流解析で水圧や浸透力を求め、その結果を弾性解析に入力して変位やひずみを求めた。	
復旧に向けた対策	対策工	崩落箇所の背後斜面について、変形が進み、今後新たに緩むのではないか。	崩落箇所の上方斜面について、応急横ボーリング工を計画し、施工中である。 恒久対策工として、地下水排除工(横ボーリング工)と今後の緩みを抑止するためのアンカー工を計画する。	
		東側の盛土に暗渠がないということなので、短尺の水抜きパイプを打ち込んだ方が良いのではないか。	東側補強土壁盛土部について、横ボーリング工を計画する。	