

第4回 松山市緑町土砂災害対策技術検討委員会 発言概要

●第3回検討委員会における委員の意見等

- ・その他：報告事項等 (資料3)

鈴木委員：P3 レーザープロファイラーの複数時期の差分について、3ページ右上の図の差分を比較したときに大きな差異のあった範囲について、2016、2020年の点群グランドデータを確認すると2016年は該当範囲のデータがとれていないとの資料内容について承知した。

可能であれば、多くの点群データの取れている2016年の点群グランドデータの各3点（三角形）から作成した推計地盤高（面データ）と、2020年の各点群グランドデータの同じX、Y座標での地盤高を比較することで、2016年から2020年の間の変位が見えてくるのではないかと考えているが、作業可能か。

森脇委員長：検討されるということで良いか。

松山市：はい。

●土砂流出の発生機構と素因・誘因について

- ・地下水解析等を踏まえた土砂流出（斜面崩壊）発生機構の検証 (資料5)

森脇委員長：P11 逆算で算出した土質定数から、安全率を評価したところ、上部②で、最も安全率が低下しているとのことであるが、この逆算して求めた土質定数（P11 左下の表）の内部摩擦角 ϕ や粘着力 C に関して、私が思う限りは一般的な範囲だとは思っているが、妥当な定数であると考えてよいか。

松山市：一般的な値の範疇と考えている。

鈴木委員：逆算は、内部摩擦角もしくは、粘着力のどちらかを固定するともう一方が算出される関係にあるが、今回の手法はどのように。

松山市：内部摩擦角を固定し、粘着力を逆算から算出している。

鈴木委員：内部摩擦角の値は、土質試験などを参考としているものか。

松山市：P6に示している室内試験の結果を使用している。

鈴木委員：逆算については一般的な手法と考える。

木下副委員長：土質定数は、逆算から算出している値が、現実に近い値ではないかと考える。土質定数は妥当性があると思う。

木下副委員長：P5 の土壌雨量指数の算出方法は。

松山市：気象庁から出されている 3 段階のタンクモデルを用いて算出している。

木下副委員長：土壌雨量指数の値は、地下水の浸透解析結果とも整合しているとの理解でよいか。

松山市：水位の応答解析結果と実際の計測水位を比較すると相関性が得られている。

森脇委員長：(P5 図 2.1-6) 7 月 11 日にも強い雨が降っており、それよりももう少し前にも強い雨が降っていたが、その時点よりも土壌雨量指数のピークが最も高いタイミングで斜面崩壊が発生したとの解釈でよいか。

松山市：はい。

森脇委員長：関連して、P5 の左上の図（図 2.1-5）を確認すると 7 月 11 日の明け方までに降った雨で、土壌雨量指数が上昇（1 回目のピーク）し、7 月 11 日の日中に降下し、7 月 11 日の夜から 7 月 12 日の未明に降った雨で土壌雨量指数の 2 回目のピークとなり、そちらの方が大きくなったという結果となっている。この結果から時間雨量だけでなく 2 日間ぐらいの降雨量が効いて地下水の上昇が起きていたと判断できる。

もう 1 点、前回、表流水の解析がされていたが、今回、地下水の解析をすることによって、表流水の解析結果にどの程度、影響したのかをまとめているものがあれば、教えてもらいたい。

松山市：前回提示した表流水解析は、全く地下浸透を考慮しないモデルとしていたため、降った雨すべてが、表流水として、作用するものであった。そのため、広範囲にわたって、表流水が流れる解析結果であった。今回は、地下浸透を考慮している。P2 に表流水と地下水の深さを示しており、左側の図が表流水の深さを表示した図となっている。前回提示したものは、緊急車両用道路付近などで、表流水の水位が高い結果を示していたが、今回は、その部分は、浸透の影響を考慮した結果となっている。谷地形 D など地形的に表流水が集まりやすい箇所では表流水として、下流まで流れており、再現されているものと考えている。

森脇委員長：より詳細な検討結果から、水の流れがより明確に精緻に解析された結果であると捉えている。

洲之内委員：地下水の解析を踏まえて、特に着目すべき点や新たに分かったものなどがあるか。

松山市：P2 特徴としては、堆積物が厚く分布している A 箇所は、表流水が出現していない結果となっており、浸透した地下水が地表面まで上がっていないことを示している。B 箇所では、緊急車両用道路の近くで

表流水が出現しており、比較的堆積物が薄いことと、地形的に地表水が集まりやすいことで、緊急車両用道路の近くで表流水が出現する結果となっている。

●土砂流出の発生機構と素因・誘因について

・流出土砂の移動速度等を踏まえた土砂の流下機構の検証（資料6）

鈴木委員：弯曲部における乗り上げの計算で、移動層厚に対して、偏流後の土塊面のせり上がった差分を比較していると思うが、計算で算出された値に対し、現場のそのポイントでの左右岸の比高差がP4の平面図に記載されているということによいか。

松山市：P4の平面図での乗り上げ高は、現場での計測値である。

鈴木委員：この乗り上げ高は、谷の一番深いところとの比高差か、左右岸の痕跡高の比高差か。

松山市：河床からの比高差である。

鈴木委員：現場の左右岸の痕跡高の比高差と算出された数字が相応の範囲であるとの整理と考えるが、資料を分かりやすく記載しておくべき。

松山市：わかりました。

鈴木委員：P5で感度分析的に移動時の内部摩擦角を0.7倍から0.6倍とした検討を行い、結果として、0.6倍のときに山裾の擁壁まで到達するという計算値に対して、既往の公開事例（文献）を基に一般的な範疇であるというチェックをP7で整理しているものと思うが、今回の事象の崩壊域にかかる平均勾配（30度）の取り方は、文献で提示されているものと同じ考え方か。

松山市：同じ考え方である。P4で斜面の縦断を示しており、斜面部の平均勾配30°を用いている。

鈴木委員：P4の引き出し線の折れ曲がっているところが、崩壊域の末端との理解によいか。

松山市：ご認識のとおり。

木下副委員長：P7図2.2-4 実績値から大きく外れていないが、範囲で見ると下の方にあり、H/Lが小さいということは、長距離を移動したと解釈でき、P8の泥濘化したものの上に載っているため、流下距離が大きくなっ

たとの理解でよいか。

松山市：P7の崩壊事例などから、推定となるが、今回の現場でどのような現象が起きていた可能性があるのかを推定したものである。流下距離については、木下副委員長のご認識のとおりです。

森脇委員長：P8 泥濘化したものの上に土砂が載っているため、移動しやすくなるとの説明であったが、根拠となる考察などがあるか。

松山市：根拠となる考察はないが、現場の地層や雨の状況などを踏まえて、考えられるのではないかと想定したものである。

森脇委員長：地下水の解析結果との関連はないか。

松山市：表流水の解析や地下水の解析結果などから、水が集中しやすい箇所であり、崩壊する直前は、かなり水を含んでいたことが想定され、それが作用したと考えている。

森脇委員長：表流水や地下水の解析結果から、当該箇所は泥濘化しやすくその上に載った土砂が移動しやすい条件がそろっていたとの解釈でよいか。

松山市：ご認識のとおりである。

高橋委員：元々土砂がたまっていたものであるのか。また、水は常時確認されるものか。また、P8のイメージ図は推定か。

松山市：堆積物は、基盤岩の上にゴミが確認されている。また、戦後の写真を見るとある程度の立木があったものと推定され、その立木がある状態で捨土が堆積したものとする。水は常時ながれているものではなく、降雨時に確認されるものである。P8については、はっきりとした根拠はないが、水の上に土砂が載るとすべりやすいというのをイメージ化したものである。

森脇委員長：P8 この図は想定でありイメージ図に近いので必ずしもメカニズムの検討に基づいたものではない。（資料6の）メインは、崩壊土砂がどの程度の移動速度を持ち得るか、また、それが擁壁を倒し得るかという検証である。P8の図は、このようなことも起きていたかもしれないとの可能性を示す程度の図であるので、P8の図の議論は、この程度としたいと考える。

鈴木委員：P10 一般的には土石流が発生する勾配は15°より急なところと経験的に認識されているが、土石流発生条件式からの判定で勾配が4°でも土石流化するとの表現は、誤解を招くため、表現を改めるべきと考える。

松山市：検討して、改めたいと思います。

●土砂流出の発生機構と素因・誘因について

- ・トレンチ調査等を踏まえた緊急車両用道路の影響に関する検証（資料 7）

鈴木委員：地層の区分について、いつの時代に、埋められたものであるとの判断を、どのようなものを参考としたのか。また、締め固められているとの表現について、密度など測定しているのか。

松山市：Ⅴ層は石垣を覆っている粘土層のため、17世紀代の築城時の層で最も古いもの。

Ⅳ-1、Ⅳ-2層は、明治以降の遺物がないことから、江戸時代の層と判断しており、地山を掘削した際に出た土（礫）と考えており、寛永年間の天守大改築を行ったときか江戸時代の終わりに天守を再建したときと考えている。

Ⅲ層は、江戸時代以降でⅡ層の堆積までということしかわからない。Ⅱ層は、火災で消失した炭や瓦などが混入しており、平成に堆積したⅠ層の下であることから、昭和8年の火災もしくは、昭和20年の火災のときの層と考えている。Ⅱ層より上は、戦後に堆積した層と考えている。

土壌強度計を用いて計測したところ、強度については、ほとんど差がないものであった。Ⅲ、Ⅳ-1層は砂と粘土を繰返し人力で重ねて崩れないよう作られたであろう層で、見た目でも密であることから、締め固めていると表現している。

洲之内委員：P10 擁壁基礎部が流出した SP28～SP34 の 6m間は、Ⅱ層の上に載っていたのか、載っていなかったのか。

松山市：Ⅱ層に載っていたとしてもおかしくないと考えているが、断定できるものでもない。

洲之内委員：ボーリング調査や簡易貫入試験からⅡ層に載っていたと判断できないものか。

松山市：擁壁基礎部が流出した区間でボーリング調査を実施しておらず、簡易貫入試験の結果から判断するのは、難しいと考えている。

補足として、Ⅱ層に載っていたかどうかを断定するものではないが、1年前に擁壁の終点側でトレンチ調査を実施しており、その結果では、擁壁を超えた北側でⅡ層を確認しているという事実を補足します。

木下副委員長：P10 図中の R5 の表層崩壊の状況の説明をお願いします。

松山市：第4回の資料には、載せていないものの、第2回などの資料でまとめている。縦断的には、簡易貫入試験の結果から、この範囲は、低い値となっている。

●土砂流出の発生機構と素因・誘因について

・斜面変形～土砂流出 ・土砂流下の発生機構と素因・誘因の推定 (資料8)

森脇委員長：概要版 斜面変形の記述について、「斜面変形」の定義について確認したい。斜面変形とは、2017年以降の斜面変形のことなのか、それ以前の斜面変形も含まれるのか。

松山市：それ以前も可能性があると考えられるものの、記録(資料)として、提示できるものは、2017年以降であるため、「記録のある2017年以降」との記載としている。

木下副委員長：記録が残っているのは2017年以降ということは、理解できるが、斜面の成り立ちを考えると2017年より前にも斜面変形があったと推定できるので、最終的な書き方については、検討すべきではないか。

高橋委員：クリープ的変形は、起こっていたと考える。

高橋委員：地質的なコメントとして、田んぼと畑を例とすると、水を入れた田んぼは、ドロドロとしていて、水がない畑はサラサラしていると、今回の土壌は、このような地質であったと考えている。

●本復旧対策について

・本復旧対策の設計について (資料9)

戸田委員：P4 テラセル工法について、植生を行う予定があるのか。また、網状鉄筋挿入工が石垣の根石に近接しているが、文化庁との協議状況は。

松山市：景観に配慮することが可能と考えている。

文化庁との協議は、継続的に実施しており、方向性等に関しては、基本的に了解を得ているものの、正式な手続きは今後進めていくこととなる。

鈴木委員：谷地形Dで計画している山腹土留工に期待する機能は何か。

地形的に他にも谷地形があることや谷地形以外でも崩れる可能性は

ゼロではなく、待受けに期待するところがあると考え。ただ、リスクと対策の兼ね合いで行政判断されていくものであり、リスクを関係者で共有しながら、対策を行っていく必要があると考える。(コメント)

地山補強土工の不動地山の想定は、トレンチ調査の横断のどの部分に該当するか。

松山市：山腹土留工の効果としては、斜面勾配が 30° から 10 数 $^{\circ}$ に変化する箇所では降雨による侵食作用を抑える効果を考えている。また、谷地形 D に堆積土砂が溜まっており、今後降雨に備えて、流出防止の土留め効果として考えている。

地山補強土工の根入れ部分については、D 級の岩盤を不動層として考えている。

鈴木委員：谷筋の出口での侵食防止（待受ではない）ということで理解した。

D 級の岩盤ということは砂岩の層ということか。

松山市：ご認識のとおりです。

菊地委員：P4 緊急車両用道路の設計のポイントは、水平方向で安定的にすることが重要と考えているが、テラセルの基礎となる部分は、II 層であるが、一番安定しているところとの考えか。

山側の鉄筋挿入工が 10° で計画しているが、角度を大きくして、水平方向の力を大きくする方が、設計的には有利となると考えるが、根石との位置関係から決まっているとの理解でよいか。

松山市：テラセルの構造自体が土圧を受けるものであるため、なるべく低い構造としたい考えがあるが、低くすると鉄筋挿入工が、根石に当たることとなり、トライアルの結果、現在、提示している形状が、最適と判断している。また、このトライアルにおいて、鉄筋挿入工の角度も 10° が最適と判断している。

森脇委員長：流路工の設計について、大雨が降って、その流路から水があふれて新しい水道（みずみち）ができ、そこでまた斜面が不安定化することもあると聞いている。設計の段階で流路の断面の大きさや配置をしっかりと検討して詳細な設計を進めていただきたいと考えている。(コメント)

鈴木委員：P2 表 2 対策に係る目標安全率を 1.2 として、その時に使われる逆

算の強度 C （粘着力）、 Φ （内部摩擦角）が記載されているのかと思うが、雨が降ったときの強度変化も含めてどのように計算するのか、安全性にしっかり配慮して検討いただければと考える。（コメント）

洲之内委員：地下水排除工の配置計画は。

松山市：上側の山腹土留工の上方斜面で地下水排除工を計画している。

洲之内委員：発生メカニズムの可能性である上流部上部斜面の中段から下段で施工するとの理解か。

松山市：ご認識のとおりです。

●再発防止に向けた取組みについて

・城山周辺斜面の安全確保について（資料 10）

木下副委員長：軟質な捨土の分布については、今回の崩壊箇所以外にも可能性があるということで、今回と同様の斜面崩壊を招きかねない。ただ、すべてをすぐに対応できないと考えられるため、対策までの監視体制をしっかりと検討していただきたい。

森脇委員長：監視体制の検討とともに、周辺住民への周知もしっかりと取り組んでいただきたい。

高橋委員：防災マップの利用の仕方も含めて、住民への注意喚起が必要。どう身を守るかも含めて周知徹底が必要と考える。防災士と協力して周知を図ることも一つと考える。

菊地委員：11月2日も78mmの雨を記録するなど、非常に強い雨が多くなってきている。城山の排水計画もある程度の降雨に対しての設計となっているものと理解しているが、その設計を上回った場合にどこにどのように流れていくのかも含めて、見ていく必要があるのではと考える。

松山市：人命及び文化財を守るためにどうすべきか考えて排水計画はやっていきたいと考えている。

洲之内委員：愚陀仏庵の発生した原因を把握しているのか。また、緊急車両用道路の荷重も影響した可能性があるとし唆されており、今後の施設整備の中では道路の施設の点検とか、メカニズムを踏まえた対応とすると提案されているが、今現在あるロープウェイ乗場の路側ブロックなどの

既設構造物の点検等をしていただきたい。

松山市：愚陀仏庵の災害については、検証委員会を立ち上げて、検証している。原因としては、表面水を水路で対応できず、斜面に流れ込んだもので、菊地委員がおっしゃっていたとおり、文化財ということも考えながら、水の対策が必要と考える。
新たな構造物というものは、基本的にはない。

戸田委員：先日、公園の中の木が、急に枯れて落ちるという報道番組もあり、城山の全ての樹木を確認することは、予算上大変と考えるが、倒木を放置し、排水施設に流れ込むと危険な要因となってしまうかもしれないため、予算の都合があると思うが、できる限り確認していただきたい。

渡邊委員：土砂災害警戒区域の指定について検討する必要があると記載しているが、国土交通省の指示を待っての指定の検討ということなのか、どういう考えでいるのか。

愛媛県：国の方で、土砂災害警戒区域を指定していないところで災害が起きているということに対して検討※しているので、その結果を待って対応していきたいと考えている。

※国が進めている「土砂災害防止対策推進検討会」では、松山市緑町の土砂災害を個別に議論しているのではなく、全国的に警戒区域外で発生する土砂災害の実態を踏まえ、土砂災害の地形要件や被害状況等の分析、そして警戒区域の検証を行うことの必要性等の議論を行っています。併せて、警戒区域外の土砂災害リスクの注意喚起等についても議論しています。

高橋委員：急傾斜地は、地形的な決め方と、人家が5軒以上あるとか、そういう決め方をしている。

愛媛県：土石流とか、急傾斜の土砂災害警戒区域の指定については、工事を施工する、しない、に関わらず指定し、周知している。イエロー、レッドがあり、レッドの場合は新しく家を建てる場合の私権の制限を含めて区域の指定をしている。ただ、この指定は、どこでも掛けるわけにはいかないで、私権の制限とかもあることから、一定の基準が必要で、その基準は、国が作っているため、県としてはそれに則って、すべての危ない箇所は区域指定し、新しい情報も踏まえてプラスして、

随時行っているところ。

八木委員：史跡に指定されている都市公園を管理している県内の自治体も同じように、巨木の存在や雨による排水の問題などを課題としています。先ほどご指摘のありました対策完了までの住民への周知や樹木の点検について、今回、松山市が対策を出される、また、課題を整理されているということは、公園管理者にとっては、注目の的となっているので、実現可能な対策をご検討していただきたいと考える。

鈴木委員：土砂災害警戒区域の指定について、国の方でも、高精度な地形情報を用いて区域の指定について見直し検討することを促しているが、そういった観点も踏まえ、一定の基準のもとで検討されていると思いますが、地域が出すハザードマップに関しては、土砂災害警戒区域だけでマップを構成するものではなく、これ以外のリスクもある旨記載されていることが多いと思います。そういったリスク情報に関しては、地域の特性を踏まえて、県市連携しながら検討いただけると良いと考えます。（コメント）

●第4回検討委員会 確認事項（まとめ）

愛媛県：・発生メカニズムについては、概ね了解をいただいたと認識。ただし、斜面変形については、城山斜面の成り立ちを踏まえると、記録のある2017年より前から生じていたのではないかと意見があった。

・本復旧対策については、対策方針、対策工法について、概ね了承をいただいたと認識。

・再発防止に向けた取組みについては、今回と同様な災害を発生させないための対策が必要とのご意見。ただ、対策を行うためには、時間もコストも必要なため、対策完了までの監視体制の構築や近隣住民への周知（情報提供）の取組みが重要との意見。周知にあたっては、防災士との協力が有効ではないかと意見。

等をいただいたとの認識で委員長よろしいでしょうか。

森脇委員長：私としては、よろしいかと考えます。委員の皆様方がでしょうか。

委員一同：意見等なし。