数値シミュレーションによる土砂災害対策工の有効性に関する検証

九州大学 正会員 陳 光斉

1. はじめに

地球温暖化に起因した異常天候による集中豪雨や台風により、斜面崩壊や土石流などの土砂災害が頻繁に発生し、大きな社会問題となっている。毎年多発する斜面災害から人命や財産を守るために、ハード対策として、これまで「砂防三法」に基づき、いろいろな対策工事が実施されてきた。土砂災害の危険箇所は、国土交通省の調査から50万箇所以上存在することが明らかとなっているが、これまでにハード対策として砂防堰堤等の対策工整備により安全が確保された箇所は、全体の約2.5割に過ぎない。

土砂災害が発生しても既設対策工により、被害の発生や拡大を抑えた事例は多く存在する。しかしながら、一部では、対策工が設置されていながらも被害が発生した事例も確認されている。ハード対策を有意に進めるためにも、新規対策工や既存対策工の合理性を検証することは必要不可欠である。この対策工効果の検証に際し、数値シミュレーションによる災害現場の再現の上、各種可能なケースを想定して、さらに数値シミュレーションによる検証する手法が有効であると考えられる。

本研究では、二つの豪雨による土砂災害例を取り上げ、不連続変形法(DDA)や2次元土石流の数値シミュレーション手法を用いて、既存土砂災害対策工の有効性の評価アプローチを提案する。また、二つの崩壊斜面において設置されていた対策工において、施設の有無の二つのケースにおいて、崩土の到達範囲、崩壊土砂の構造物への衝撃力を比較検討し、斜面防災力の向上に有効な検証ツールや基礎的なデータを提供することを目的とする。

2. 竹田市片ヶ瀬治山ダムの効果に関する検討

平成19年8月10日に大分県竹田市片ヶ瀬において、大雨により斜面崩壊が発生した。斜面下の道路で信号をまわっていた停車中の車8台の内の3台が道路先の川に押し流された。乗っていた13人が被害に見舞われたが、幸い、死者は出なかった。当斜面には、1994年に土砂対策工として治山ダムが設置されていた。しかし、崩壊土砂はダムのポケットを満杯し、ダム上方を越え道路に到達した。被災現場を見た人やマスコミは、治山ダムが役に立っていなかったとの声があった。

本研究は、DDAを用いて、斜面崩壊を数値シミュレーションによる再現し、ダムの有無の二つのケースにおいて、崩壊土砂の道路への到達時間や車に対する衝撃力を比較した。ダムはどの程度の効果が発揮したかを定量的に検証した。また、崩壊土砂を完全に止めるために、必要なダムの高さも検証した。

九州北部豪雨災害が発生した後は、地盤工学会九州北部災害調査団が竹田市片ヶ瀬の斜面崩壊における調査を行った。その調査結果に基づき、崩壊断面や地盤各層の物性値および力学パラメータを定めた。また、崩壊領域は崩壊土石を表現するために任意形状を有する小ブロックに再分割する必要があるため、唯一性を保つために、ボロノイ分割法を用いて任意形状の崩壊土石ブロックを作成した。

DDAシミュレーションの手順としては、まず、周辺地盤の力学強度を用いてDDA解析を行った。解析の結果は崩壊が発生しなかった。それは崩壊に至るのは雨などによる強度低減効果を考慮する必要がある。次に、雨の影響を考慮し、地盤強度を段階的に低減していった、崩壊の再現シミュレーションを行った。結果としては、地盤強度は30%までに低減した場合は、崩壊現場を再現できた。

地盤強度パラメータが決められたら、ダム有無の2ケースを同じモデルとパラメータでDDAシミュレーションを行った。解析結果としては、崩土の道路に停車中の車への到達時間は、ダム無の場合は9.2秒に対してダムありの場合は11.9秒であり、ダムは到達時間が約3秒程遅延させた。また、崩土が車に与えた衝撃力は、ダム無の場合はダムありの場合より6.3倍強くなる。

さらに、今回の崩壊土砂はダムで全部止められるために、ダムの必要な高さを検討するDDAシミュレーションも行った。ダムは既存の高さより少しずつ高くしてDDA解析を行い、崩土が完全に止められたときのダムの高さは既存ダムの2倍となる必要がある。

キーワード 土砂災害、斜面崩壊、土石流、対策工、効果、DDA、シミュレーション

連絡先 〒819-0395 福岡市西区元岡744 九州大学工学研究院 TEL 092-802-3386

以上のDDAシミュレーションの結果より以下のことが分かった。

- (1) 既存ダムは崩土の斜面下の道路に到達した時間が遅延させた。
- (2) 既存ダムは崩土が車に与えた衝撃力が低減させた。
- (3) 崩壊土砂が全部止められるために、ダムの高さが既存ダムの高さの2倍が必要。

従って、既存ダムは100%の機能が発揮されなかったが、もしダムがなければ、被災者の生存確率は低くなると推察される。また、今回のような崩壊規模においては、崩土が完全に止めるために、ダムの高さが既存ダムの高さの2倍となる必要があることが分かった。

3. 奄美大島市与蓋川砂防堰堤の効果に関する検討

平成22年10月20日18時頃に奄美大島の与蓋川で土石流が発生した。流域面積は0.24km²であり、鹿児島県により土石流危険渓流に指定されていた。想定氾濫区域内には奄美大島市立名瀬小学校、幼稚園や民家などが所在しているため、与蓋川下流部には昭和54年に砂防堰堤が設置されている。砂防堰堤本堤は堤高13.8m、堤長60.4mである。また、今回の土石流の引き金となった大規模な斜面崩壊は砂防堰堤より約500m上流側の左側斜面で、幅が約70m、高さが約30mとなっている。

国際航業(株)の調査結果によると、崩壊域からの流出土砂量と流下域で浸食による流出土砂量を合わせて約8,697m³の土砂量が流下したと推定される。そのうち約5,621m³(約65%)が既設堰堤で捕捉され、約3,076m³(約35%)がダムを越えて氾濫域に到達した。ただし、流下土砂は少量のため、大きな被害に至らなかった。もし堰堤が設置されていなければ、氾濫域は遥かに大きくなると予想される。

本研究では、まず、与蓋川の土石流の再現シミュレーションを行った。砂防堰堤があった場合は数値シミュレーションで得られた氾濫域は実際の氾濫域とほぼ一致と確認した。次に、砂防堰堤が設置されていなかった場合、今回同じ規模な土石流が発生したことを仮定し、氾濫域を再現シミュレーションと同じパラメーターを用いた土石流シミュレーションで推定した。結果としては、もし砂防堰堤がなければ今回のような土石流が発生したら、朝日小学校と名瀬朝日町の一部は被災になる可能性がある。ここで土石流による被災領域とは厚さ20cm以上の土石流が通過した地区と定義されている。

さらに、既存堰堤の除石作業を想定し、GIS解析による堰堤の土砂の捕捉能力を推定した。計算には除石の面の勾配は2°と仮定された。今回の土石流に対しては、発生した前に深さ1.5mまでに除石しておけば既存堰堤が崩壊土砂を全部捕捉できることが分かった。

4. おわりに

竹田市片ヶ瀬の治山ダムは崩壊土砂が全部止められなかったが、(1)崩土の斜面下の道路に到達した時間が遅延させた作用および(2)車に与えた衝撃力が低減させた作用があった。もしダムがなければ、被災者の生存確率は低くなると推察される。また、崩土が完全に止めるために、ダムの高さが既存ダムの高さの2倍となる必要があることが分かった。

奄美大島の与蓋川の砂防堰堤においては、発生崩壊土砂の65%の土砂量が捕捉され、氾濫区域が小さく押さえられた作用があった。もし砂防堰堤がなければ今回のような土石流が発生したら、朝日小学校と名瀬朝日町の一部は被災になる可能性がある。また、既存堰堤は崩壊土砂が全部止められなかった原因は堰堤の空き容量有効高が以前の崩壊土砂の堆積により小さくなったことにある。崩壊の発生前に1.5mぐらい除石しておけば、今回の崩壊土砂が堰堤で全部止められることが分かった。特に、今回の崩壊斜面は危険渓流として判定した時に想定した潜在的崩壊斜面ではなく、当初指定された潜在崩壊斜面を含め、今回より規模の大きい土石流が発生する可能性があるため、既存堰堤が管理型堰堤に指定され、機能回復させることを提言したい。

二つの土砂災害対策施設をDDAや土石流シミュレーションによる検討した結果、いずれも施設はある程度有効であったが、完全ではないことが分かった。また、もし施設の設計の時や災害発生の前には、このような方法を用いて検討しておけば、より効率・効果の高い防災対策工を講じることが可能である。

参考文献

陳光斉：土砂災害対策工の有効性に関する検証、平成22年10月鹿児島県奄美大島地区豪雨災害調査報告書、第3.4章、2010年