

87 長期時系列を考慮した計画降雨の設定手法に関する検討

(財) 砂防・地すべり技術センター ○安田 勇次
 同上 梶木 敏仁
 建設省静岡河川工事事務所 伊藤 寛

1. はじめに

水系一貫した土砂管理計画を策定するためには、土砂移動現象による下流域（河川区間、海岸等）への影響を考慮する必要がある。このことは、砂防区間で発生したカストロフィックな土砂移動のみならず、生産された土砂がその後の中小の洪水時に再移動した場合の影響を評価することが求められる。この場合、中長期の土砂移動の傾向を把握することが必要である。そのため、一連続降雨を対象とした従来の計画から中長期の降雨を対象とする計画降雨の設定が、土砂管理計画を策定する上で最も重要な要素と考えられる。

中長期の降雨パターンの想定は、過去の降雨資料を一定期間繰り返し与える方法や統計的手法を用いた降雨パターンを疑似発生させる方法が用いられている。これらの方法では、全体的な傾向を把握することは可能であるが、地域特性を考慮した計画で対象とすべき降雨パターンを導き出すことが困難であると考えられる。

ここでは、土砂生産・土砂移動現象に寄与する降雨の発生頻度を整理し、降雨パターンと土砂移動現象の問題点を整理することで、最も危険となる降雨パターンを計画降雨とする検討を行った。なお本論文では、予測困難なカストロフィックな土砂移動現象については検討の対象としていない。

2. 土砂生産と降雨

昭和57年7月豪雨災害（7月31日～8月3日の台風10号及びその後の低気圧の影響で既往最大（最大日雨量671.5mm、総雨量1,096.5mm）の降雨となり、約330万³mの崩壊を発生させた）をもとに陸水シミュレーションによる降雨一流出解析を行い、計算過程で算出される地下水位の挙動と無限長斜面の安定計算から得られる斜面の安全率の推移から土砂生産と降雨の関係について検討し、土砂生産モデルを構築した。図1及び表1に検討結果を示した。図1より、斜面の安全率が1を切る地下水位は①1.5m（8/1 16:00）及び1.7m（8/3 5:00）、②1.2m（8/1 16:00）、③1.8m（8/1 16:00）及び1.6m（8/3 3:00）、④1.2m（8/1 16:00）であった。以上の結果から土砂生産に寄与する降雨は、2時間及び3時間の平均雨量強度が40mmを越える場合、または4時間以上の降雨が継続する場合は平均雨量強度が20mmを越える場合であるとした。

表1 安全率が1を切る降雨量

期間（時間）	期間内総雨量(mm)	期間内平均雨量強度(mm/h)
8/1 14~16時 (2時間)	80.5	40
8/2 23~8/3 3時 (4時間)	83.5	21
8/2 23~8/3 5時 (6時間)	133.0	22

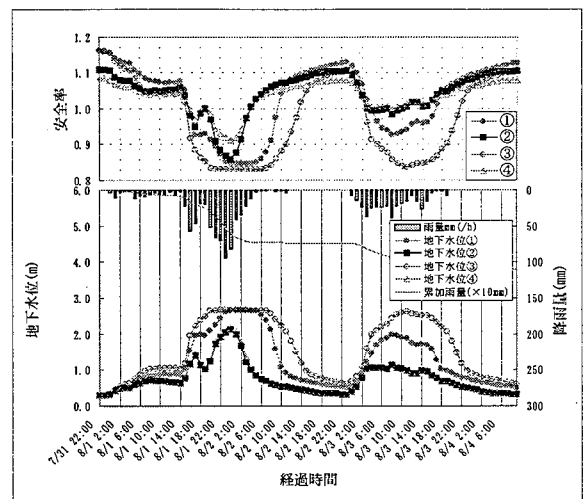


図1 地下水位と安全率の分布

3. 降雨特性

一方、安倍川流域における降雨特性は過去の主な399降雨（昭和30年～平成8年）を整理した結果、①降雨継続時間は、無降雨期間24時間で連続雨量を整理すると、最大で11日間連続した実績があるが、発生頻度では1～3日間に多く、また降雨の時間分布でみると全降雨の80%以上が、24時間（1日間）に集中して降る。②最大日雨量に対する最大時間雨量の割合は、全体の70%の降雨で0.1～0.2に集中する。③最大降雨強度の出現位置に規則性は認められない。また、土砂生産に寄与する降雨は毎年1回程度発生しており、安倍川上流域においてはほぼ毎年斜面崩壊が発生し、河道に土砂を供給しているものと推定される。

4. 降雨パターンと土砂生産

降雨特性の検討において、最大降雨強度の出現位置に規則性が見出されないことから、計画降雨の考え方として、①土砂生産を最も多く発生する降雨パターン（前方集中、中央集中、後方集中）②最大時間雨量の全降雨に対する割合を0.15③24時間雨量とする、条件のもと降雨パターンを決定した。土砂生産モデルによる検討の結果、土砂生産を最も多く発生させる降雨パターンは降雨のピークを前方に配置したものが、他の約3倍程度生産される土砂量が多くなることが示された。

5. 計画降雨の設定

土砂管理計画を検討する上での課題となる土砂の河道内2次移動及び下流河道への影響を把握するための計画降雨時系列として、中期時系列、長期時系列を設定することである。

ここで中期時系列は、計画規模相当の降雨により生産され、河道に流出し、流下、堆積した土砂がその後の降雨一流量時にどう移動するのか、またその土砂移動により問題が生じるのかについて検討を行うための降雨時系列として考えた。そのため、計画規模のハイドログラフに土砂生産を生じない降雨条件下（2年超過確率規模）のハイ

ドログラフを組み合わせ、下流河道の影響を検討した。その結果、図2に示したとおり、計画規模の出水で局所的に洗掘、堆積を生じるが、その後の出水で河床が徐々に平衡状態に近づく傾向が認められる。この結果、安倍川においては、中期時系列では問題を生じないことが示された。

長期時系列については、どんなハイドログラフ（ピーク流量、波形、支川の流入の有無）のパターンが下流河道にどのような影響を与えるかを検討し、河床上昇、河床低下などの問題が生じるハイドログラフのパターンを抽出した。その結果から、長期的な土砂流出が下流河道で問題を生じる組み合わせを見つけ出し、長期時系列として設定した。

安倍川における土砂移動の特徴として「①計画規模相当の降雨による土砂生産が上流域で発生しても、生産された土砂のほとんどは砂防基準点上流域で一次貯留される。②一次貯留された土砂は、その後の中小の出水時にほぼ平衡濃度に近い状態で砂防基準点下流に供給されている。」が挙げられる。そのため、安倍川において長期時系列を検討する場合、上流域の土砂生産と下流域の土砂移動とを分離して検討することが可能と判断し、下流域への影響を検討する手法として過去に発生した中小の洪水波形を用い一次元河床変動計算により土砂移動による問題点の検討を行った。

その結果、各洪水波形とも多少の違いがあるものの、同様の傾向を示した。それは、ある限定された箇所において河床上昇、河床低下を生じることである。そのことから、ある一定以上の流量が繰り返し与えられた場合に、安倍川下流河道は、経年的な河床上昇傾向を示すことが判明した。

6. まとめ

安倍川流域における土砂生産、土砂流出は、上流から河口まで連続した動態ではなく、生産-河道貯留-流出という形態となることが示された。そのため、長期時系列を検討する場合、ある連続した期間のハイドロによる河床変化を見るのではなく、一定規模の洪水が連続的に発生した場合に河床上昇を生じる問題点が明らかとなった。このことから、長期時系列を設定する場合、過去のトレンドで経年変化をみるのではなく、問題を生じるハイドログラフを連続的に複数組み合わせ、最も危険となる状態を再現するパターンを長期時系列として設定することが有効であると考えられる。安倍川においては、10~30年超過確率流量規模の出水が連続的に発生する場合が長期時系列となり、出水と出水の間隔が長ければ河床は平常の状態に近づくために問題は生じないと考えられる。

また長期時系列は、設定した時系列の降雨現象が今までのトレンドから発生するケースは希であると考えられるが、仮にそのパターンが出現した場合を念頭に置いた日々のモニタリングの実施が重要であり、早急に対策を講じる必要があると判断された場合には、早期の除石等の対策を講じるなどの管理を行うための指標となるものと考えられる。

7. おわりに

土砂管理計画を検討するための「土砂生産、土砂流出特性」という最も基本となる事項に関する検討は、多方面から調査、研究、議論されているところであるが、その実態は依然として不明な点が多い。ここでは、地下水位の挙動と降雨時系列により土砂生産の発生のタイミングの検討を行った。また、土砂流出については1次元河床変動計算によって河道内の土砂移動の検討を行った。これら検討手法の精度は、現地調査結果によるところが大きいので、今後の土砂生産、土砂流出の実態を究明する調査（モニタリング）が重要であると考えられる。

最後に、本検討をするにあたり多大なご指導、ご鞭撻を賜った東京大学登坂助教授をはじめ、建設省静岡河川工事事務所の関係各位にここに感謝の意を表します。

[参考文献]

- 登坂ら：地表流と地下水流を結合した3次元陸水シミュレーション手法の開発, 地下水学会誌, 第38巻第4号, 253-267(1996)
- 風倒木地域における土石流発生支配降雨検討委員会報告(平成7年1月25日)
- 安倍川上流域土砂量調査報告書(昭和57年豪雨), 静岡河川工事事務所, 昭和62年2月

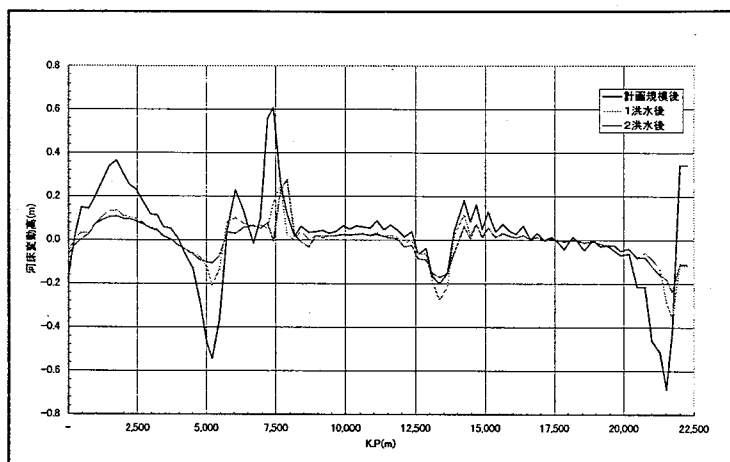


図2 中期時系列における河床変動計算結果

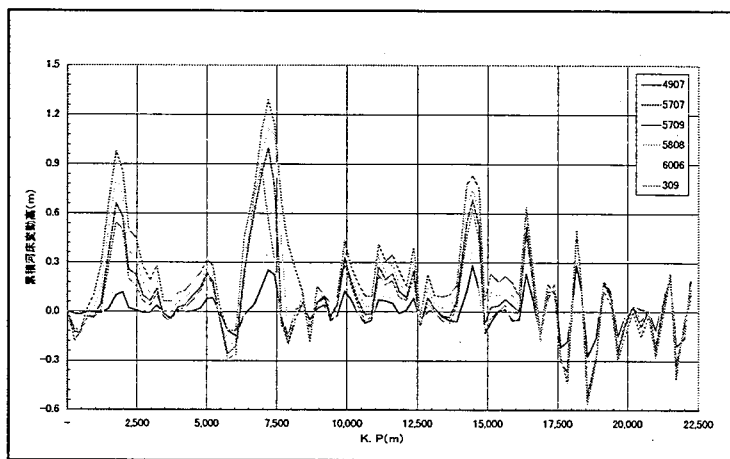


図3 長期時系列における河床変動計算結果