

1. はじめに

近年、砂防計画の策定や、砂防構造物の最適な形状・配置の検討に河床変動計算を用いることが多くなっている。河床変動計算は、より効果的・効率的な砂防事業を検討していくために有効な手法であるが、実際の土砂移動現象を表現する一般的なツールとするためには、いくつかの課題が残されている。特に土砂生産については、その実態把握が難しく、計算モデルにおける妥当な土砂供給条件の設定が課題となってくる。

本報は、砂防えん堤の堆砂実績を再現指標として、様々な土砂供給条件で1次元河床変動計算を行ない、①短期的土砂移動現象（一出水による河床変動）と、②その後の中期的土砂移動現象（数年間にわたる河床変動）についての再現を行った。その結果をもとに、実績との比較により土砂生産・流出モデルの妥当性を考察したものである。

2. 対象とする流域と土砂移動現象

本検討の対象流域は、流域面積 29.6km²、平均河床勾配 3° で、下流端から約 4km 地点までに 3 基の砂防えん堤が整備されている。流域の平面的・縦断的状况を図 1、図 2 に示した。

検証の対象とする期間は表 1 に示したとおりである。①から②の時期（期間Aとする）にかけては、②の直前に既往最大規模の豪雨による多量の土砂生産・土砂移動が生じた。②から③の時期（期間Bとする）にかけては、前述の豪雨による流域の荒廃の影響があるものの、外力となる降雨は平年的な状況であった。図 3 は、①～③の 3 時期について、空中写真から空中三角測量により面的な標高データを取得し、これをもとに 50m ピッチの横断図を作成したうえで各時期の平均河床位の差分を算出したものである。

表 1 計測期間と期間内の土砂生産・流出状況

計測時期	期間区分	当該期間の土砂生産・流出状況
①	期間A(6年間)	大規模な出水に伴う土砂生産・流出が発生
②		
③	期間B(13年間)	平年的な降雨・土砂生産状況

3. 計算手法と計算ケース

3.1. 計算手法

河床変動計算モデルは、混合砂礫の 1 次元河床変動計算モデルであり、水面形は射流区間を等流、常流区間を不等流で算出している。流砂量は、掃流砂については“芦田・高橋・水山式（緩勾配式）”を適用し、浮遊砂については“芦田・道上式（平衡流砂量）”を適用した。また、ウォッシュロードについては、流水に追従して運搬させるとともに、河床への沈降や、河床からの巻き上げも考慮することとした。（本計算では、0.106mm 以下の粒径をウォッシュロードとして取り扱っている。）

3.2. 計算ケース

計算ケースは、以下の考えのもとに、供給土砂材料と供給土砂量について複数パターンを設定し、表 2 の

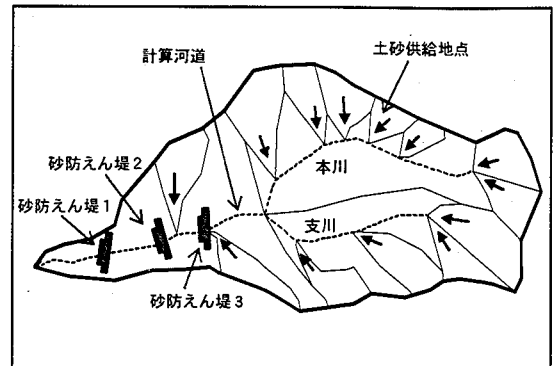


図 1 対象流域の概念図

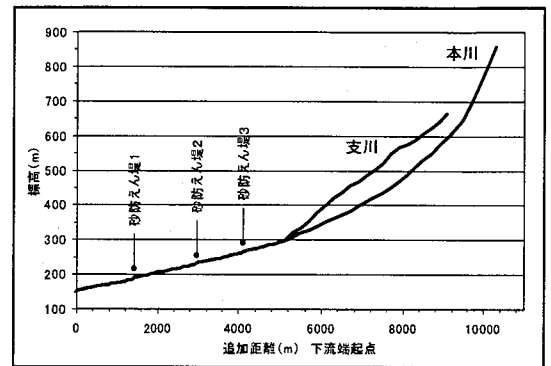


図 2 対象流域の縦断図

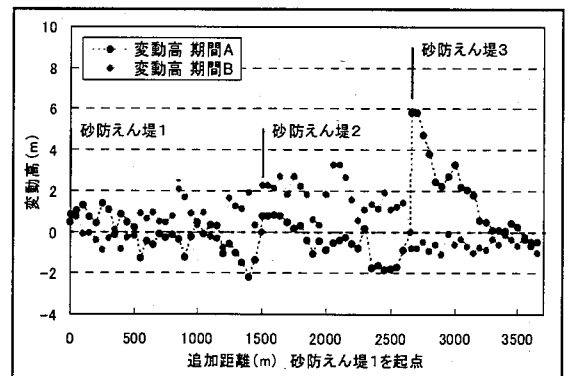


図 3 実績河床変動高

ように設定した。

【供給土砂材料】

供給土砂材料は、当該流域におけるサンプル調査により設定されるケースが多い。しかし、サンプル地点に応じて、その粒度組成が大きく異なる場合があり、当該流域を代表する粒度分布を一様に設定することは困難である。そこで、設定パターンとして、複数箇所のサンプル調査における平均的な粒度分布や、細粒分あるいは粗粒分の卓越する粒度分布などを取り扱う。

【供給土砂量】

供給土砂量は、当該流域における崩壊実績やダム堆砂実績等をもとに設定されるケースが多いが、その量を正確に把握することは困難である。そこで、設定パターンとして、当該流域の崩壊実績に基づき設定した供給土砂量と、それを2倍に割り増した土砂量を設定する。

表2 計算ケース

計算ケース	供給土砂量	供給土砂材料
Case1	実績	平均的な粒度分布
Case2	実績	粗粒分の卓越した粒度分布
Case3	実績	細粒分の卓越した粒度分布
Case4	実績の2倍	平均的な粒度分布

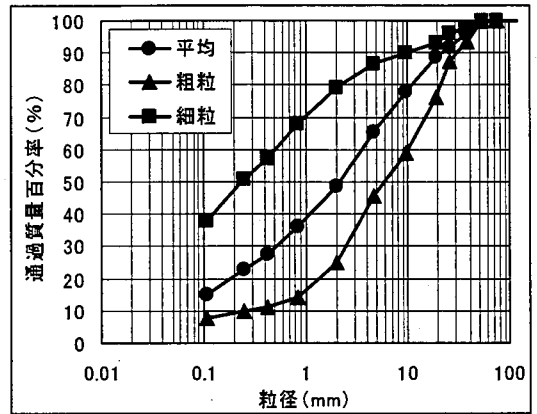


図4 供給土砂の粒度分布

4. 計算結果および考察

各計算ケースについて、砂防えん堤区間における土砂収支を表3に示した。表3より、供給土砂材料を変えた3ケース(Case1~3)については、変動量に顕著な違いは見られないが、細粒分が多いほど流出土砂量が大きくなる傾向であった。一方、供給土砂量を2倍にしたケース(Case4)では、変動量および流出土砂量ともに他ケースと比べて大きく増加することとなった。

図5には、実績の河床変動高と、Case1およびCase4の河床変動高を比較した。同図より、期間A(短期的土砂移動現象)では、いずれのケースとも実績と良く整合した結果となっている。

一方、期間B(中長期的土砂移動現象)では、実績の変動傾向を概ね捉えているものの、量的には実績と乖離する結果となった。実績との整合性が最も良好であったのは、供給土砂を2倍にしたケースである。なお、今回の検討ケースでは、空中写真測量により河床変動実績を把握したが、期間Bについては、植生の繁茂等により、実績を正確に把握しきれていない可能性がある。

表3 砂防えん堤区間の土砂収支

単位: m³

再現期間	計算ケース	流入土砂量	変動量	流出土砂量
期間A	Case1	109,000	77,000	32,000
	Case2	102,000	75,000	27,000
	Case3	124,000	76,000	48,000
	Case4	154,000	111,000	43,000
期間B	Case1	76,000	57,000	19,000
	Case2	69,000	58,000	11,000
	Case3	93,000	51,000	42,000
	Case4	180,000	125,000	55,000

5. おわりに

本検討においては、空中写真により得られた実績の河床変動状況を、1次元河床変動計算により再現し、その変動傾向は、おおむね妥当な結果を得ることができた。また、いくつかの土砂供給条件で再現計算を行った結果より、今回の評価区間においては、生産土砂の粒度分布の違いが流出土砂量に影響すること、生産土砂量の違いは河床変動状況にも影響すること示された。

今後は、より正確で広範な土砂移動モニタリング成果を用いて計算モデルを評価することが望まれる。

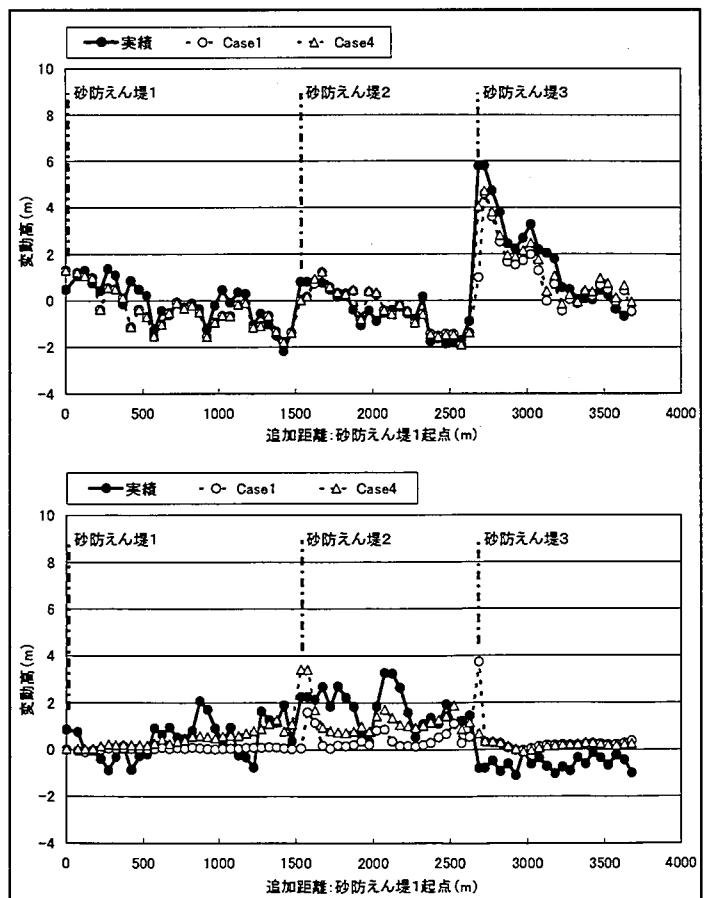


図5 河床変動高の比較(上: 期間A, 下: 期間B)