

II-232 昭和42年7月豪雨における六甲山系住吉川の砂防ダムの土石流調節効果

大阪府立工業高等専門学校 正会員 ○本田 尚正*
立命館大学理工学部 正会員 江頭 進治**
日本工営株式会社 正会員 清水 聡***

1. はじめに 兵庫県の表六甲地域では、昭和42(1967)年7月7日から9日にかけて西日本一帯を襲った集中豪雨により、中小河川の洪水土砂氾濫が相次ぎ、神戸市を中心として甚大な被害が発生した。しかしその中にあって、住吉川、生田川など昭和13(1938)年7月の阪神大水害を契機に河道改修や砂防ダムの整備が進められていた河川の沿川地域では、阪神大水害と比較して被害規模は抑制された(表-1, 2)。本研究では、昭和42年7月豪雨による住吉川の土石流の数値解析を行い、砂防ダムの土石流調節効果について考察する。

2. 一次元支配方程式 いま、山地河道の土砂流出過程を考えると、土石流の挙動が河道に沿う議論で十分な場合には、土石流の質量保存則、運動量保存則および河床位方程式は、それぞれ次式で与えられる³⁾。

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{1}{B} \frac{\partial U h B}{\partial x} = \frac{E}{c_s} \quad (1)$$

$$\frac{\partial c h}{\partial t} + \frac{1}{B} \frac{\partial c U h B}{\partial x} = E \quad (2)$$

$$\frac{\partial U}{\partial t} + U \frac{\partial U}{\partial x} = g \sin \theta_x - \frac{1}{\rho_m} \frac{1}{h} \frac{\partial P}{\partial x} - \frac{U E}{c_s h} - \frac{\tau_b}{\rho_m h} \quad (3)$$

$$\frac{\partial Z_b}{\partial t} = - \frac{E}{c_s \cos \theta_x} \quad (4)$$

ここに、 t は時間、 x は流れに沿う座標、 h は流動深、 B は河幅、 U は断面平均流速、 E は侵食速度($E > 0$ のときは堆積)、 c は土石流の土粒子体積濃度、 c_s は砂礫の静止体積濃度、 θ_x は河床勾配、 g は重力加速度、 ρ_m は水と砂礫の混合物の密度、 P は圧力、 τ_b は河床せん断力、 Z_b は河床高である。なお、 E と τ_b は江頭らの式³⁾を用いる。

3. 計算条件 計算対象区間(約2,856m)の河床縦断形状を図-1に示す。この区間の平均河床勾配は0.100で、河幅は約10~70mの範囲で不規則に変化している。ここでは、図-1に示すように、計2基の砂防ダム(いずれもダム高10.0m、貯留容量約20,000m³)を考え、これらがいない場合とある場合の2ケースについて数値計算を実施した。数値計算を行うにあたり、崩壊土砂の堆積条件は、流域内で報告されている流出土砂量と現地の斜面崩壊の状況から、大まかではあるが、計算対象区間の最上流部

表-1 昭和13年と昭和42年の六甲山系災害比較¹⁾

	昭和13年災害	昭和42年災害
最大24時間雨量	326.8 mm	319.4 mm
最大60分間雨量	60.8 mm	75.8 mm
流出土砂量	502万m ³	229万m ³
被災家屋	50,973戸	38,305戸
死者行方不明者	695人	98人

表-2 昭和13年と昭和42年の住吉川流域災害比較²⁾

	昭和13年災害	昭和42年災害
流出土砂量	1,729,000 m ³	50,300 m ³ ※
被災家屋	2,304戸	0戸
死者行方不明者	33人	0人

※内訳：河川内流出量0 m³、道路上堆積量2,300 m³、海中堆積量48,000 m³

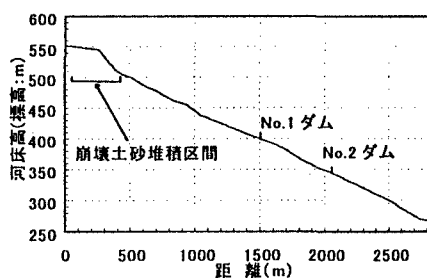


図-1 計算対象区間の河床縦断形状

Keywords: Sediment transportation, Debris flow, Erosion velocity, Sediment deposition, Check dam

* 〒572 大阪府寝屋川市幸町2-6-12 TEL. 0720(20)8585 FAX. 0720(21)0134
** 〒525-77 滋賀県草津市野路東1-1-1 TEL. 0775(61)2732 FAX. 0775(61)2667
*** 〒102 東京都千代田区麹町5-4 TEL. 03(3238)8321 FAX. 03(3265)7585

の標高約 550m 付近の河道部に約 50,000m³の土砂を堆積させた。また、水の供給条件は、土石流発生時の最大 60 分間雨量 (75.8mm/hr) と最上流端の流域面積 (1.34km²) を勘案して、上流端流入流量 $Q_{in}=20\text{m}^3/\text{s}$ を定常的に与え、流入濃度 $c_{in}=0.05$ とした。数値計算は、風上スキームによる差分法を用い、 $\Delta t=0.02\text{sec}$ 、 $\Delta x=4.0\text{m}$ として行った。計算に用いた物理定数は、それぞれ、砂礫の密度 $\sigma=2.65\text{g}/\text{cm}^3$ 、内部摩擦角 $\phi_s=33^\circ$ 、静止体積濃度 $c_s=0.50$ 、代表粒径 $d=0.04\text{m}$ である。

4. 計算結果および考察 河床縦断形状に関する計算結果を図-2, 3 に示し、砂防ダム上下流の流量 (水+流砂) および流砂量の時間変化を図-4, 5 に示す。上流部の崩壊土砂堆積区間では、水の供給後、勾配変化点付近が急激に侵食を受けて土石流が発生し、約 200 秒後には、 $x=320\text{m}$ 地点においてピーク流量約 132m³/s の土石流が形成されている (図-2, 4)。

この土石流は、砂防ダムがない場合には、約 1,070 秒後には最下流端に到達し、流量は約 40m³/s、流砂量は約 11m³/s である。よって土砂濃度は約 28% であり、依然として土石流の性質をもっている (図-4, 5, $x=2,856\text{m}$)。

一方、砂防ダムがある場合には、土石流は、約 800 秒後には $x=2,000\text{m}$ 付近の No.1 ダムに到達し、約 950 秒後には $x=2,500\text{m}$ 付近の No.2 ダムに到達し、それぞれ、土砂を堆積させている (図-3, 4, $x=2,000\text{m}$, $2,400\text{m}$)。砂防ダム上下流の流量および流砂量についてみると、No.1 ダムでは、流量、流砂量ともにダム上下流で顕著な低減がみられる (図-4, 5, $x=2,000\text{m}$, $2,200\text{m}$)。No.1 ダムは、約 1,600 秒後には満砂状態となって下流に土砂が流出し、それらは No.2 ダムに堆積している (図-3, 4, 5, $x=2,400\text{m}$, $2,600\text{m}$)。そして、流れは約 1,130 秒後には最下流端に到達し、ピーク流量は約 20m³/s にまで減少している (図-4, $x=2,856\text{m}$)。

以上の計算結果から、土石流は、砂防ダムによって最下流端への到達時間、流量および土砂濃度の低減が図られ、上流部からの流送土砂は、最下流端には到達していないことがわかる。そして、実際に発生した土石流も、下流市街地への土砂氾濫は抑制されている。

5. おわりに 実流域を対象に土石流の再現計算を行い、砂防ダムの土石流調節効果を数値的に考察した。砂防ダムの条件 (位置、規模、個数など) を種々変化させて計算を行うことにより、砂防ダムの効果的な配置を検討するためのデータを得ることができる。なお、本研究を進めるにあたり、建設省六甲砂防工事事務所から多くの資料をご提供いただいた。ここに記して深謝いたします。

【参考文献】1) パンフレット「六甲の砂防」、建設省。

2) 昭和 13 年災、42 年災土石流発生状況資料、建設省。

3) 江頭進治：土石流の停止・堆積のメカニズム(2)、新砂防

Vol. 47, No. 21, 1993, pp51-56.

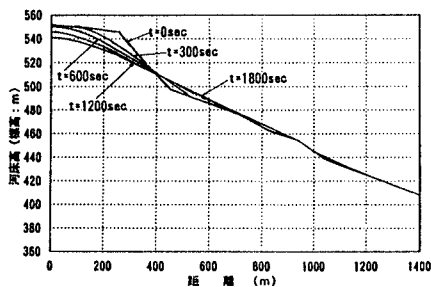


図-2 河床縦断の時間変化 (上流部)

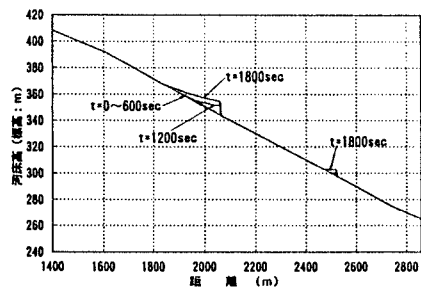


図-3 河床縦断の時間変化 (下流部)

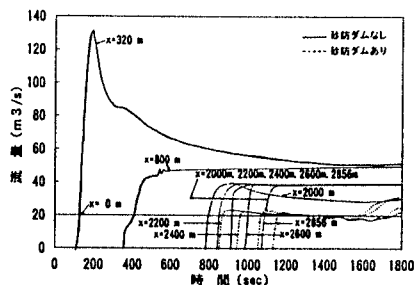


図-4 流量 (水+土砂) の時間変化

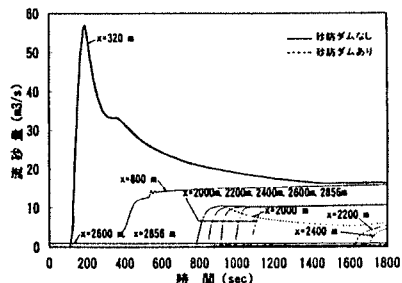


図-5 流砂量の時間変化