

建設省土木研究所 ○ 水山高久
建設省土木研究所 福本晃久

1. 緒 論

昭和20年代後半から30年代にかけて、全国で大きな水抜暗渠を有する砂防ダムが数基建設された。これは、砂防ダムの調節効果を増大させようとする試みであったと考えられる。¹⁾しかし、その機能や最適形状について、十分検討されたものではなかった。さらに、建設後の追跡調査も十分になく、流木や砂礫による閉塞、石礫通過による磨耗のために、埋められてしまったものもある。最近、下流河川の河床低下、海岸線の後退などに対応するため、平時は土砂を積極的に下流に流す試みも検討されている。大きな水抜暗渠を有する砂防ダムもその一つである。模型実験によって、土砂の堆積・侵食過程、暗渠の閉塞、土砂の調節効果を観察したので報告する。

2. 実験の概要

2.1 砂防ダムの諸元

実物の $1/60$ の縮尺の砂防ダムの模型を用い、これを長さ20m、幅1.5mの可変勾配水路内に設置した。水抜暗渠の大きさは3種類とした。水路勾配は $1/8.4$ である。

2.2 河床材料

図-2のような、最大粒径13.5mmの混合砂礫を用いた。粒度分布は、現地資料に基づいて決定した。

3. ダム周辺の流況

Model Aでは計画洪水流量に相当する 18 l/sec に対して約 5 l/sec までは天端を越流しない。(図-3) 上部および下部の水抜暗渠と、天端からの水脈の飛距離は図-4のようになる。下部の水抜暗渠からの水脈は、副ダムとの間のプールのために減勢され、上部水抜からの飛距離の方が大きくなった。天端からの越流が始まると、水抜からの飛距離は減少する。

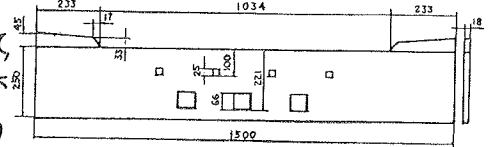
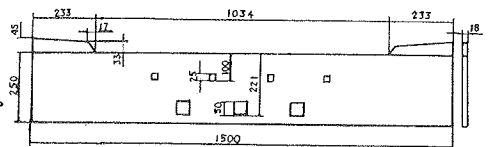
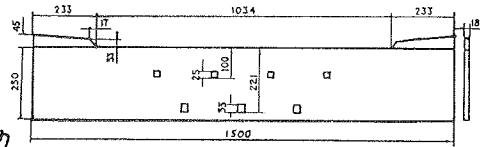


図-1 砂防ダムの模型(単位mm)

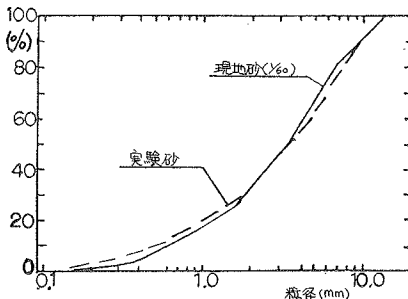


図-2 河床材料の粒度分布

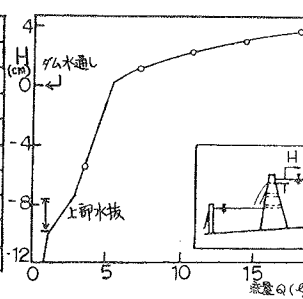


図-3 越流水深(Model A)

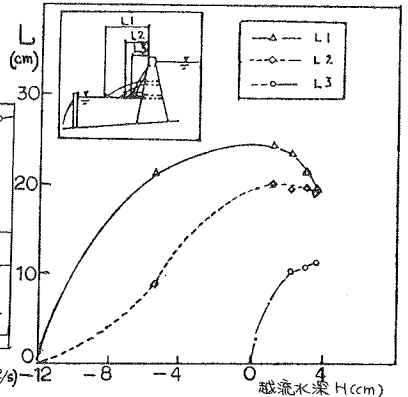


図-4 水脈の飛距離(Model A)

4. 土砂の堆積過程

砂防ダム上流に土砂が流入すると、堆砂の肩が前進する形で堆積が進む。(図-5)したがって、大粒径の粒子が暗渠を閉塞する可能性は、この過程では小さい。堆砂がダム地点まで達すると水抜からの土砂流出が始まり、堆砂形状は平衡状態に近づいてゆく。(図-6)砂堆の下流側の斜面勾配は28度であった。

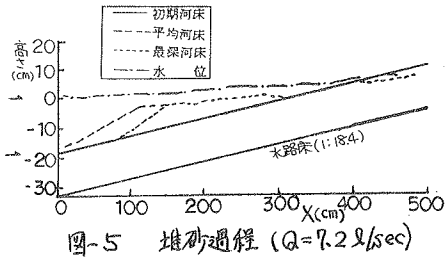


図-5 堆砂過程 ($Q=7.2 \text{ l/sec}$)

5. 土砂の流出過程

天端から越流のある状態では、砂堆の肩が固定されて、ROTATIONAL DEGRADATION が生ずる。(図-7) 流量が小さくなって、天端から越流しなくなると、砂堆の肩がダム地点の水位とともに低下し、その後は ROTATIONAL DEGRADATION が見られる。(図-8) 河床低下が始まると、ダム上流では流氷は水

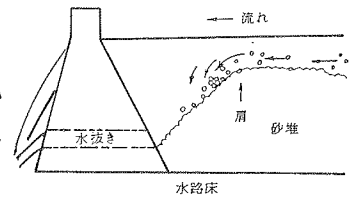


図-6 ダム付近の堆砂形状

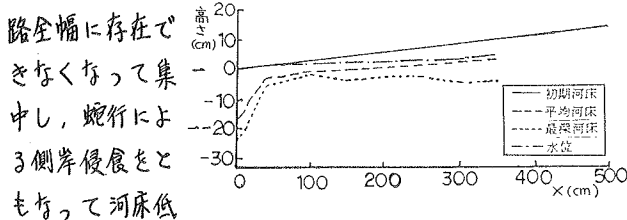


図-7 土砂流出過程 ($Q=18.0 \text{ l/sec}$, Model B)

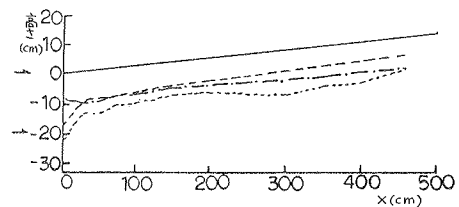


図-8 土砂流出過程 ($Q=7.2 \text{ l/sec}$, Model B)

路全幅に存在できなくなって集中し、蛇行による側岸侵食ともなっており河床低下が進行する。

6. 暗渠の閉塞

6.1 土砂による閉塞

暗渠の大きさは、最小の Model A でも 33mm で、最大粒径 13.5 mm の 2.4 倍であり、閉塞しない条件である³⁾。しかし、本実験ではまれではあるが、砂堆がダム地点に到達し水抜暗渠を通過する土砂量が多くなると (Model A で 1 つの水抜暗渠から $Q=17 \text{ l/sec}$ 程度)、閉塞することがあった。

6.2 流木による閉塞

流木はダムに近づくとき、その長軸を流れ方向に一致させ水抜暗渠を通り抜けるのが普通であるが、流木が長くなると、(15cm は流出するが、30cm はひっかかった。(Model A)) また複数の流木が同時に暗渠に到達すると暗渠にひっかかるのが観察された。厳密ではないが、水抜暗渠の大きさの約 3 倍以上の長さの流木は暗渠にひっかかりやすいと言える。流木による暗渠の閉塞は、天端を越流する流量では生じないので、増水および減水期の小流量時に発生しやすい。なお、偶然混入したゴミが、砂礫とともに暗渠を閉塞する事が時々あった。

6.3 閉塞後の異常土砂流出

砂礫や流木で暗渠が偶然閉塞し、その後偶然土砂が流出する場合には、短時間に多量の土砂が流出するので事故の可能性もある。そこで、板で暗渠を強制的に閉塞し、土砂を満洲状態 (水路勾配の 1/2 の勾配) まで堆積させた後、これを取り去って流出土砂の状況を観察した。図-9 は $Q=7.2 \text{ l/sec}$ の 90 分後の最深河床で、水抜が大きいほど多量の土砂が流出する。また、流量が大きいとダム地点の水

位が高くなるので、かえって総流出土砂量は小さくなる。土砂流出過程は大きく2つの段階に分けられる。第1段階は、ダム上流の土砂が安息角になるまで地すべり的に流出する過程で、短時間であるが土砂濃度がかなり高くなる。第2段階は、第1段階に続く堆砂肩の低下とROTATIONAL DEGRADATIONである。流出土砂量の時間的変化の例を図-10に示す。数秒以内に急激な土砂流出が発生している。

7. 出水時の土砂調節

一つの出水に対して、大きな水抜暗渠を有する防砂ダムがその流出土砂をどのように調節するか、洪水波形の流量を与えて、一連の堆積・

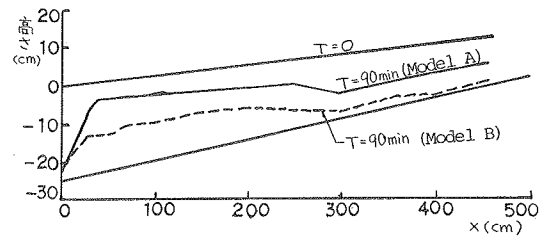


図-9 90分後の最深河床

流出過程と流出土砂量を観察した。結砂は、洪水前半の60分について、水路上流端に堆砂を生じない範囲で最大の土砂を投入した。図-11, 12は、 $Q=7.2 \text{ l/sec}$ で形成された河床を初期河床とする Model C の最深河床高と洪水土砂量の時間的変化を示している。図-12から流出土砂のピークが時間的に遅れるようになっていことがわかる。ピーク流出土砂量は、流入した土砂のピーク値の約80%程度である。図-13は Model B の場合で、土砂流出の調節効果は大きくなっている。また、Model A では一時的な閉塞と、ピーク流入土砂量を上まわる、短時間ではあるが大きな土砂流出が観察された。

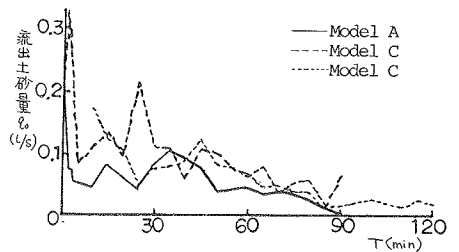


図-10 流出土砂量の時間的変化

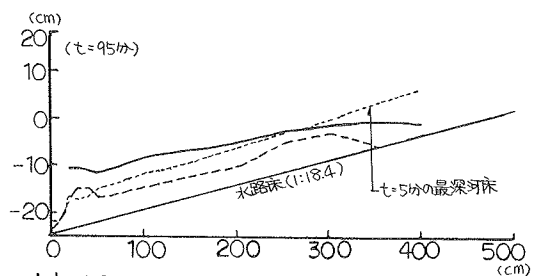
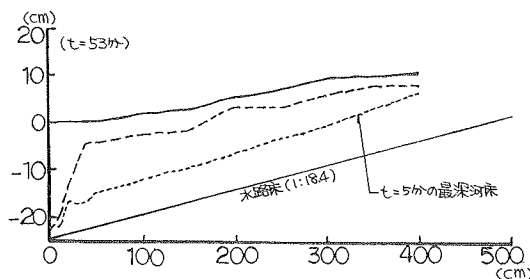
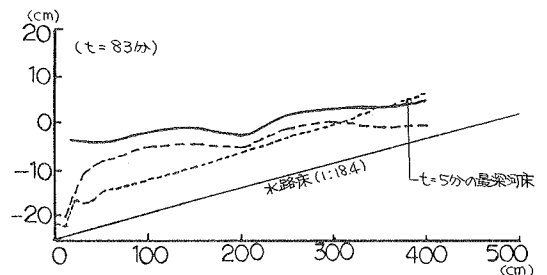
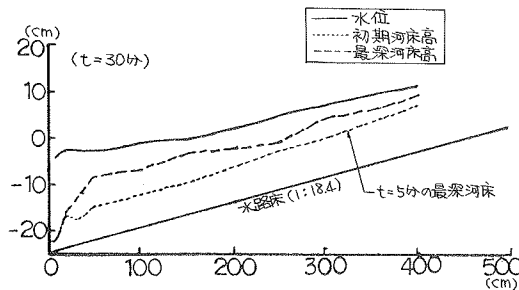


図-11 最深河床高の時間的変化 (Model C)

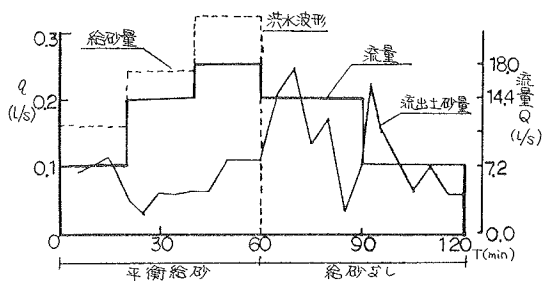


図-12 流出土砂量の時間的变化 (Model C)

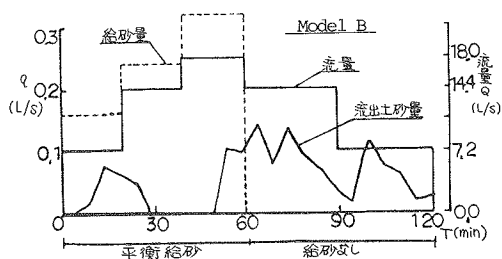


図-13 流出土砂量の時間的变化 (Model B)

8. 結 語

大きな水抜暗渠を有する砂防ダムに関する実験より以下の結論を得た。

- (1) 大きな水抜暗渠を有する砂防ダムも、ある程度以上の流量になれば通常の砂防ダムと同様、せき上げが発生し、湛水域の上流より堆砂が進む。したがって、大粒径粒子による閉塞は洪水前半については起りにくい。
- (2) 大きな水抜暗渠を有するダムによって、ピーク流出土砂量は減少しピーク出現時間も遅れるが、その出水中に土砂流出が発生し、しかも土砂流出は出水の後半に起こるので、下流河道内に堆積し洗い流されることなく残ることが予想される。したがって、出水後下流河道に堆積した土砂を排除することも必要となる。
- (3) 礫、流木、ゴミによる水抜暗渠の偶発的な閉塞と、その後の異常土砂流出の危険性がある。ただし異常土砂流出の影響は、ダム下流の限られた範囲と考えられる。
- (4) ダム天端からの落下水脈より、水抜きからの水脈の飛距離の方が長いので、水抜きからの流出に対して副ダムの位置を決める必要がある。
- (5) 小さい流量は長時間続くので、流出砂礫によって水抜暗渠の底面はかなり摩耗することが予想される。ゴム板等による対策が必要となる。

参考文献

- 1) 日本砂防史と技術工法の変遷, 6.5.2 砂防ダム, 全国治水砂防協会, 昭和56年6月
- 2) 水山高久, 下東久巳, 下田教文, 井戸清雄: スリットを有する砂防ダムに関する実験的研究, 第28回水理講演会論文集, 1984年2月, pp. 723~728
- 3) 池谷 浩, 上原信司: スリット砂防ダムの土砂調節効果に関する実験的研究, 新砂防, Vol. 32, No. 3, 昭和55年