

37 新しい土石流捕捉工の実験的検討

圃砂防・地すべり技術センター ○前海真司, 松村和樹
建設省 土木研究所 水山高久, 鈴木浩之
建設省天竜川上流工事事務所 綱木亮介, 岩下喜内

はじめに

近年, 土石流捕捉工として不透過型の砂防ダムその他, 各種スリットダム, 格子ダム, スクリーン等透過型のダムについて, 室内および現地実験による検討がすすめられている。そこで土石流捕捉工の新しい工法として鋼矢板セル群ダムを考え, それによる土石流捕捉の可能性について予備実験をおこなった。その室内実験結果をふまえ, セル群ダムの土石流捕捉機能・効果および具体化に向けた今後の方針を検討したので報告する。

1. 新しい土石流捕捉工の考案

1. 1 セル群ダム考案の背景

渡辺らは^{*1}土石流対策施設の機能を実験検討した結果, 「土石流対策施設は, ①総流出土砂量を減少させるもの ②ピーク土砂量を減少させる(最初から施設下流へ土砂が流出する)ものの2タイプに分類される」としている。また, 土石流流出土砂量に対し貯砂容量が十分に大きな大規模砂防ダムであれば, 満砂していてもその効果は十分に期待できると考察しているが, 一般に土石流対策施設を効果的に機能させるためには, 土石流発生前の空容量を確保しておくことが望ましい。

そこで上記②のタイプに属すると考えられる, 透過型の新しい土石流捕捉工としてセル群ダムを考案した。これは, 分離型円形セル^{*2}を複数設置(上・下流方向)したもので, その間隔(スリット幅)を最大礫径の2~4倍程度と, 通常有効とされる条件(最大礫径の1.5~2倍程度^{*3})よりも広いのが特徴である。

1. 2 セル群ダムの特徴

セル群ダムの特徴は次のように考えられる。

- ① スリット間隔が十分に広いため, 中小洪水時の流下石礫・流木等によるスリット閉塞の可能性はほとんどなく, 空容量の確保が図られる。
- ② 複数のセル構造物により土石流に対処することから, 施工途中段階(最上流部のセル一列)でも相当の効果が期待できる。
- ③ セルの中詰めに現地掘削土が利用できたため, 河道掘削により新しい貯砂空間の確保も可能である。
- ④ スリット間隔が十分に広いため, 施工後の維持・管理が容易である。
- ⑤ セグメント化された部材の組立てによる施工となり工期の短縮と省力化が可能である。

2. 実験の手法

2. 1 実験水路と材料

実験に用いた水路は図-1のような, 幅20cmの木製, 両面アクリル製の2次元水路(可変勾配)である。また, 実験に用いた材料は図-2に示したような, 最大粒径20mm, 平均粒径8.3mmの混合砂礫と最大粒径10mm, 平均粒径5.2mmの混合砂礫の2種類である。実験の対象としたセル群ダムの種類は図

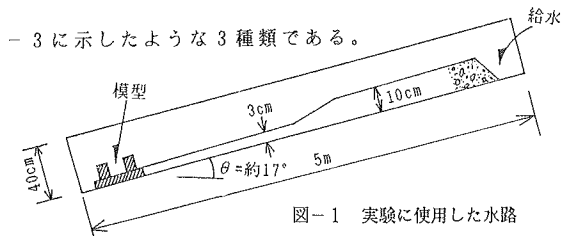


図-1 実験に使用した水路

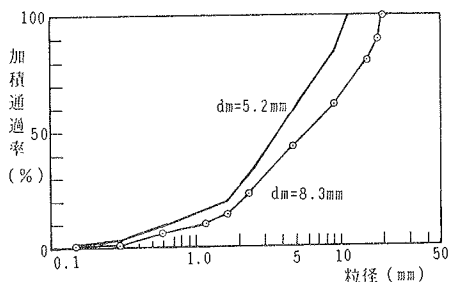


図-2 実験材料の粒度分布

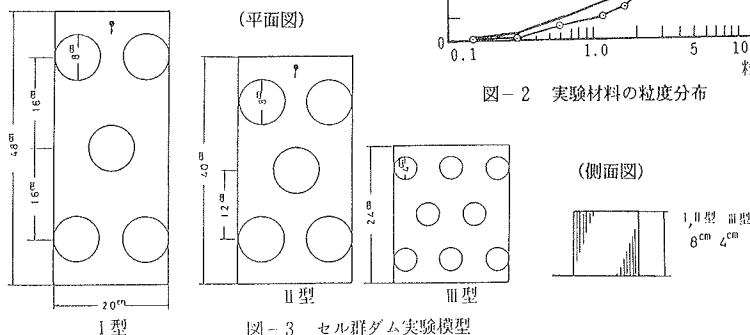


図-3 セル群ダム実験模型

2. 2 実験条件と手順

水路勾配は 20° 、 17° 、 12° の3種類とした。セル群ダムの模型を水路下流端付近に設置し、実験材料の混合砂礫を水路上流部に敷いた。実験水路の上流端より水を $2,000 \text{ cc/sec}$ の割合で土石流段波が十分に発達する時点まで給水した。この条件で3種類（I、II、III型）のセル群ダムを対象として2種類の材料により繰り返す、合計18ケースの実験を実施した。なお、セル群ダム付近の土石流流下・堆積状況を側面よりVTRカメラ撮影、側面と上面より連続写真撮影により追跡・観察した。

3. 実験結果

3. 1 セル群ダム周辺の土石流の挙動

各タイプ別にセル群ダム周辺の土石流捕捉・流出状況を比較すると、I、II型が主に最上流部セル地点でのせき上げにより土石流が堆積するのに対し、III型はセル群により土石流が減勢されの堆積が促されている。同じタイプでは水路勾配、材料の相違による土石流捕捉・流出状況の顕著な差は認められない。セル群ダム周辺の土石流の挙動の代表的なものについて図-4に、セル群ダムの特徴の一つであるセル群ダム内の土石流堆積過程を図-5に示す。

(I) TYPE I, II

土石流段波が最上流部セルに衝突するとせき上げが起こり、その上流部で土石流の堆積が始まる。最上流部のスリットを通過し、また一列目のセルの上部を越流した土石流は二列目のセルにより分流する。最下流部セルに達した土石流はそれらの背後で堆積し始める。その直後、この付近で水と砂礫が明瞭に分離し、セル群ダム内で堆積が遡上する。この間、セル群ダムより下流への砂礫の流出はほとんどない。続いて、最上流部セル付近でも水と砂礫との分離が進み、上流からの砂礫の流送が各個運搬形態となる。上流からの砂礫流入が減少するにつれ、二列目セル下流にも砂礫が堆積し始め、土石流捕捉は量的に最大となる。後続流により最上流部セルの上流およびセル群ダム内に捕捉された砂礫が再び洗掘を受け、下流へ掃流状態で流出していく。

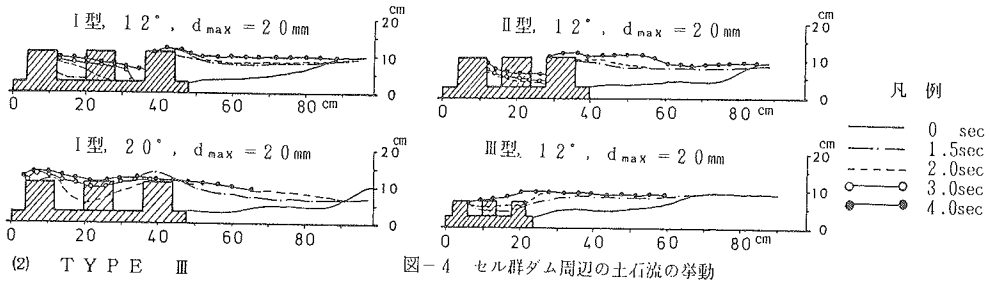


図-4 セル群ダム周辺の土石流の挙動

水路勾配が 17° 、 20° の場合土石流は捕捉されることなくほぼ全量下流へ流出する。水路勾配が 12° の場合最上流セルを越流した土石流は減勢（流速減少）され、セル群ダム内で土石流ヘッドが捕捉されている。また、この時のセル群ダム内での土石流堆積状況はI、II型とは逆に上流部から下流部へ向かっている。

3. 2 堆砂形状

(1) 縦断形状

土石流の捕捉が最大になった時点と流水が消滅した時点の2時点の、セル群ダム周辺の堆砂状況を図-6に示した。I、II型では水路勾配が急な程、セル群ダム内の後続流による2次侵食が激しいが、セル群ダムより上流における兩岸付近は洗掘を受けていない。III型では最大粒径が20mmで水路勾配が 12° の場合、セル群ダム上流で上方に凸の堆砂勾配変換点がみられるのが特徴的である。

最上流部セルより上流における土石流捕捉が最大時の堆砂勾配をプロットしたのが図-7である。これより、場の条件（河床勾配）、流出土砂濃度が同一ならば、セル群ダムの堆砂勾配はタイプ別にはほぼ一定といえる。

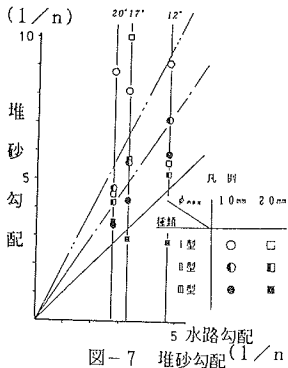


図-7 堆砂勾配(1/n)

(2) 横断形状

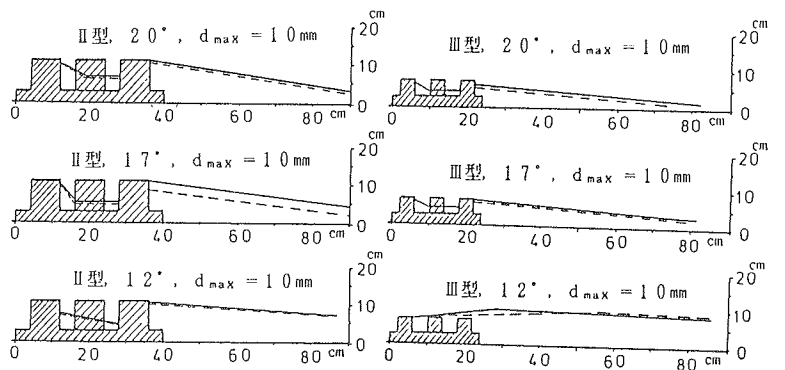


図-6 セル群ダムによる土石流堆積状況

通常の砂防ダムの場合中央が凸の堆砂横断形状を示し、後続流はこれを迂回し兩岸方向に流路が偏る傾向がある。セル群ダムの上流は一旦捕捉された土石流堆のスリット部付近が後続流により洗掘され、図-8に示したように流路は中央に固定されている。

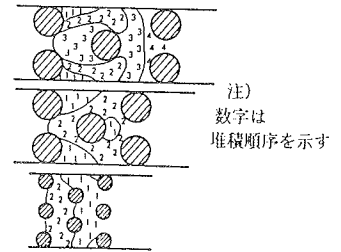
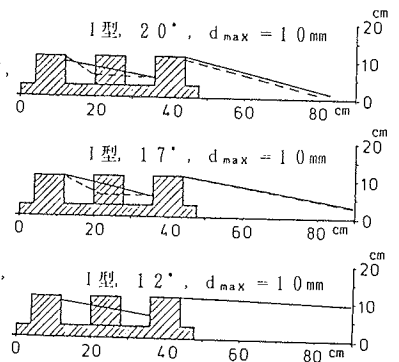


図-5 セル群ダム内の堆積推移模式図



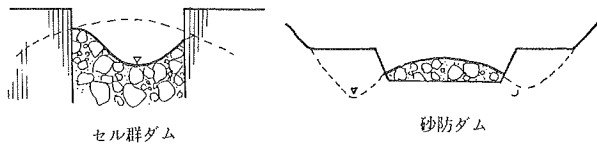


図-8 堆砂横断模式図

3.3 土石流の捕捉率

貯砂機能を有する通常の砂防ダム模型により同一条件で土石流捕捉実験をおこなったところ、ほぼ全量が捕捉された。この時の捕捉量9,400 cm³を一連のセル群ダム実験における土石流規模とみなし、各実験ケースの土石流捕捉率(最大捕捉時)を概算した結果は次のとおりである(図-9)。

- 水路勾配が12°の場合、最大捕捉時の捕捉率はほぼ100%である。
- 一般に元河床勾配が緩い程捕捉率は高い傾向がある。
- 最大粒径が20mmの捕捉率の方が10mmのものより高い。
- TYPE別捕捉率をみると、II型 ≧ I型 > III型となっている。

全捕捉量に対するセル群ダム内の捕捉量の割合を示したのが図-10である。これよりI、II型のセル群ダム機能について次のような傾向が認められる。

- 土石流の捕捉に対しては最上流部のセルが重要な機能をはたしている。
- 元河床勾配が土石流堆積勾配に近づく程上記の傾向が強い。

4. セル群ダムの機能と課題

セル群ダムが土石流の捕捉機能を有する可能性について以下のように室内実験で確認された。

- 河床勾配が10°程度ではセル群ダムによる土石流ヘッド部の捕捉効果が大きい。当初ピーク土砂量を減少させる機能の施設とセル群ダムを位置付けていたが、設置される場の条件によっては総流出土砂量を減少させる機能も期待できる。
- スリット間隔が広い場合一度捕捉された土石流ヘッドは後続流により再洗掘されやすく、しかもその流路は中央に固定される。このことは、土石流対策施設も施工場所によっては流出土砂調節機能が望まれる場合があり、そのような所でセル群ダムが有効である可能性を示唆する。
- 群として複数設置したセルのうち人工的に狭く部を構築することになる最上流のもの機能が土石流捕捉に対して最も重要であり、2列目のセルの主な機能はスリットを通過した土石流を分流させることであり、さらにその下流のセルにより流下砂礫を捕捉する、というようにセル群ダムは互いに機能を分担して効果を発揮している。

土石流に対する施設機能確認実験では、土砂量と供給水量および供給方法が重要であり、堆砂形状などもこれにより大きく左右される。今回の実験はセル群ダムの土石流に対する捕捉機能検討のための予備的実験であり、定性的検討に終わっている。今後、セル群ダムによる土石流捕捉の時間変化や各セル構造物の効果的な配置等、機能・効果に対する十分な検討とともに、セル構造物の耐土石流衝撃力、具体的構造、施工方法の検討等が必要である。

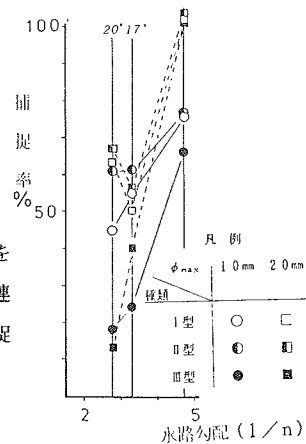


図-9 セル群ダムの土石流捕捉率

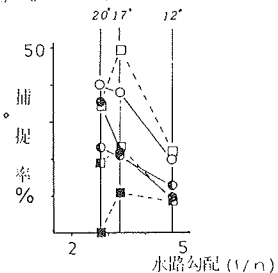


図-10 セル群ダム内の土石流捕捉率

参考文献

- | | |
|---|-------------------|
| 1. 渡辺正幸 ^{ほか} 土石流対策施設に関する検討 | 新砂防115 S.55.5 |
| 2. 新日本製鐵株式会社 セル工法的设计 | 鋼矢板マニュアル設計編S.45.9 |
| 3. 池谷浩 ^{ほか} 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114 S.55.3 |
| 4. 渡辺正幸 ^{ほか} 土石流対策砂防施設に関する実験 | 土木技術資料 22-2 1980 |
| 5. 瀬尾克美 ^{ほか} 砂防ダムによる土石流制御に関する実験的研究 | 新砂防129 S.58.9 |
| 6. 芦田和男 ^{ほか} 扇状地における洪水・土砂災害の発生とその防止軽減に関する研究 (流出土砂の調節・制御に関する研究) | S.57.8 |