

I - 811

R C 製砂防ダム袖部の動的終局限界状態について

防衛大学校土木工学科 正会員○鈴木真次 正会員 石川信隆 京都大学農学部 正会員 水山高久
建設省土木研究所 正会員 石川芳治 山口大学工学部 正会員 古川浩平

1. 緒言

現在、急流河川域において、砂防構造物が数多く作られているが、そのほとんどは無筋コンクリート製砂防ダムであるため、土石流中の巨礫の衝突によりダム袖部がしばしば破壊される例がみられる。平成元年から鉄筋や緩衝材等により補強が可能¹⁾となったが、現在考えられている補強は、袖部の上流側（巨礫の衝突点側）のみに鉄筋や鉄骨を入れるもの²⁾と両側に入れるタイプとがある。しかし、袖部を鉄筋により補強した際の巨礫の衝突現象やその効果は未だ不明である。本研究では、上記のような観点から、鉄筋コンクリート（R C）製砂防ダム袖部の耐衝撃設計法を確立するために、R C製砂防ダム袖部の破壊モードを衝撃載荷実験によって調べ、各種の破壊モードの中から共通かつ統一的な終局限界を実験的に求めようとしたものである。

2. 実験の概要

2. 1 水平衝撃載荷装置の概要 砂防ダム袖部は、本堤の上部に自立しており、主として水平方向からの巨礫を受けるため、水平衝撃載荷装置の開発が必要となった。ここでは、土石流の巨礫の速度が最大約2.0m/sec（相似則³⁾により模型では6.3m/sec）程度⁴⁾であることと、袖部の破壊状況に多く見られる巨礫の重量

が約1.0tonf（相似則によって100kgf）程度⁴⁾であることなどを考慮し、かつ機構が単純で室内で水平的に加速できる「ばね載荷方式」を開発した。図-1は、本水平衝撃荷重装置の概要図であり、衝突物体をゴムで引っ張り、ガイドレールによって供試体に水平に衝突させる装置である。性能および機能を表-1に示す。

2. 2 供試体および測定項目 供試体は、図-2に示す砂防ダム袖部の1/10サイズの片持ちスラブをA（無筋）、B（単鉄筋）、C（複鉄筋）の3タイプの断面として用いた。衝突体の加速度を測定し、荷重（加速度×質量）を算出した。また、衝突速度は、光センサーを用いて2点間の距離を衝突物体の通過時間で割ることにより測定した。

2. 3 実験ケース 実験ケースとしては、衝突体の重量 $W=100\text{kgf}$ および先端形状 $R=10\text{cm}$ を一定として、衝突速度を各タイプに応じた変化させ、スラブ部根元部から30cmのところに衝突させた。

3. 実験結果および考察

3. 1 各タイプの破壊状況 Aタイプでは、徐々に速度を上げてその破壊状況を観察した。その結果 $V=0.78\text{m/sec}$ 以下では図-3

(a)に見られるようにひびわれがほとんど発生しなかったが、 $V=1.08\text{m/sec}$ になると図-3(b)に見られるように根元部の引張ひびわれの発生により一挙にひびが裏面まで進展して破壊した。

次に、Bタイプ（単鉄筋）の場合は、低速（0.69, 0.74m/sec）ではひびがまったく発生しなかったが、 $V=1.06\text{m/sec}$, 1.25m/sec, 1.39m/secと速度を上げると、図-4(a)のように根元部で引張側のひびわれが発生した。さらに速度を上げると図-4(b)のように $V=2.69\text{m/sec}$ で根元部での表面からのひびわれと、裏面にもひびわれが生じ、 $V=4.93\text{m/sec}$ および5.13m/secでは図-4(c)のように根元部の表面からの引張ひびわれと裏面からの引張ひびわれ

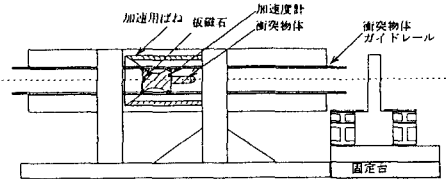


図-1 水平衝撃載荷装置

表-1 水平衝撃載荷装置の性能および機能

番号	項目	性能および機能
1	載荷方式	ばねによる加速載荷
2	衝突体重量	約100kgf～200kgf
3	衝突体先端形状	平坦、半球、円錐
4	衝突速度	0.7m/sec～2.0m/sec
5	載荷方向	水平
6	ばね伸長長さ	150cmまで可変
7	ばね伸長方式	油圧ジャッキ

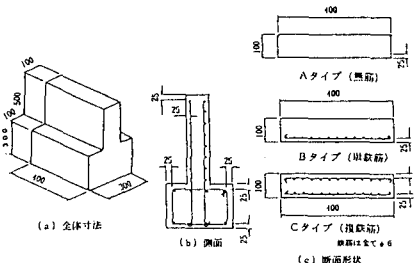
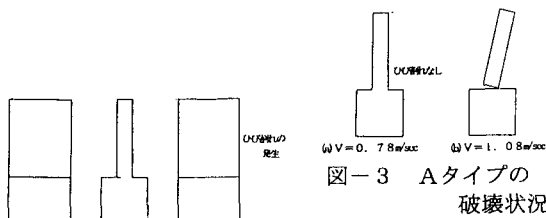


図-2 供試体の形状

（振動により裏面側も引張になる）が連結する状態となった。この状態では、スラブ部と固定部が完全に分離し、衝突後手で押すとぐらぐらすることを確認した。さらに、 $V=6.34\text{m/sec}$ になると、Bタイプは図-4(d)のようにほぼ完全に破壊した。



Cタイプ（複鉄筋）の場合は、 $V=2.51\text{m/sec}$ まではひびわれの発生は認められなかったが、 $V=2.77\text{m/sec}$ となると図-5(a)のように根元部に引張ひびわれが観察された。さらに速度を上げると $V=4.96, 5.09\text{m/sec}$ で図-5(b)のように、根元部の表面からのひびわれと同時に、裏面からも僅かに引張ひびわれが生じており、 $V=7.17, 7.19, 8.01\text{m/sec}$ では、図-5(c)のように表面からの引張ひびわれと裏面からの圧壊による圧縮ひびわれが進行して連結していることが認められた。また衝撃点の裏面には放射状ひびわれと円弧状のひびわれが同時に発生しており、裏面剥離が起こる寸前の状態であった。

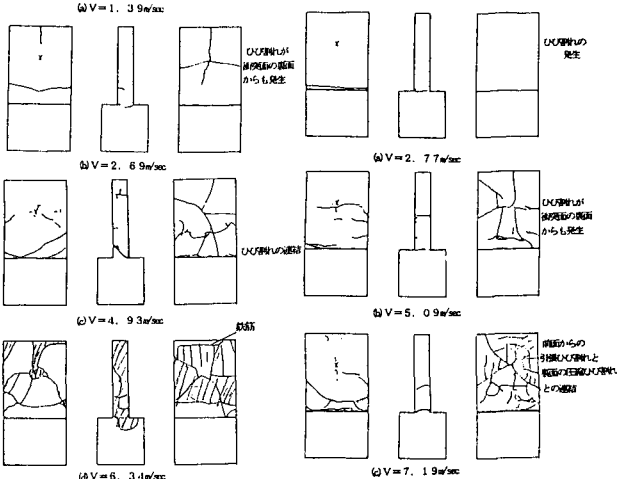


図-4 Bタイプの破壊状況

図-5 Cタイプの破壊状況

3. 2 動的終局限界の定義に関する検討

次に、終局限界状態の候補として表-2に示す

5つの定義を検討する。すなわち、①載荷点での局部破壊、②袖部付近引張側ひびわれ生起、③最大耐力点、④袖部根元部のひびわれ連結によるモルタル部切断および⑤鉄筋切断である。その結果、この④の状態を選択することにより各タイプに統一した終局限界状態と定めることができた。

4. 結論 本研究の成果をまとめると以下になる。

(1) 衝撃載荷実験において、根元部における表面ひびわれと裏面ひびわれの連結による破壊モードを動的終局限界状態と定義できた。(2) 鉄筋コンクリート製砂防ダム袖部の耐衝撃設計の設計基準としては、局部的破壊ではなく袖部と本堤との境界部におけるひびわれの連結による全体応答としての破壊モードが共通かつ統一的な終局限界状態と定めることができた。

参考文献 1) 建設省河川局砂防部砂防課；土石流対策技術指針（案）、平成元年10月 2) 建設省土木研究所；土木技術資料第32巻第11号、pp.20~21 1990年11月 3) 江守一郎；模型実験の理論と応用第2版、技報堂出版、pp.156~pp.161、1988年9月20日 4) 下田義文、水山高久、石川信隆、古川浩平；巨礫を受けるコンクリート製砂防ダム袖部の衝撃模型実験と被災例シミュレーション、土木学会論文集、No.145/I-20、pp.131~140、1992.7

表-2 衝突実験結果に対する終局限界定義の検討

区分	Aタイプ (単鉄筋)	Bタイプ (単鉄筋)	Cタイプ (複鉄筋)
① 載荷点での 局部破壊	発生せず	$V=6.34\text{m/sec}$ $E=205\text{tonf}\cdot\text{mm}$ 表裏面コンクリート部に大きな欠陥発生 裏面剥離なし (図-10(d)対応)	対応状態なし 図-11(c)の場合 全面にひび割れが発生しているが欠部分なし
② 袖部根元の 引張ひびわれ	$V=1.08\text{m/sec}$ $E=6\text{tonf}\cdot\text{mm}$ ほぼ同時に袖部切断 裏面剥離なし (図-9(b)対応)	$V=1.06\text{m/sec}$ $E=6\text{tonf}\cdot\text{mm}$ 裏面剥離なし (図-10(a)対応)	$V=2.77\text{m/sec}$ $E=39\text{tonf}\cdot\text{mm}$ 裏面剥離なし (図-11(a)対応)
③ 最大荷重点	衝突速度ごとに変化し、その際袖部に生じている破壊状況を特定することが困難となる		
④ 袖部根元部の ひびわれ 連結による モルタル部 切断	$V=1.08\text{m/sec}$ $E=6\text{tonf}\cdot\text{mm}$ 定義②と同じ (図-9(b)対応)	$V=4.93\text{m/sec}$ $E=124\text{tonf}\cdot\text{mm}$ ほぼ全面にひび割れが広がって定義①の限界への移行初期とも考えられる (図-10(c)対応)	$V=7.19\text{m/sec}$ $E=263\text{tonf}\cdot\text{mm}$ ほぼ全面にひび割れが広がるが、裏面の鉄筋によりひび割れ形状は抑制されている (図-11(c)対応)
⑤ 鉄筋の切断	定義できず	生じせず	生じせず