

47 セル型鋼製砂防ダムの実大部分模型に対する衝撃载荷実験

住友金属工業 ○喜田 浩 飯田 毅 高瀬幸紀 寺澤岳真
防衛大学校 石川信隆
建設省土木研究所 水山高久

1. まえがき

近年、コンクリート製重力式砂防ダムのほかに各種鋼製砂防ダムが実用化されているが¹⁾オープン型式としては流下方向の剛性を高めた鋼管骨組構造が多く用いられている。ここでは、新たな型式の鋼製砂防ダムとして、港湾分野で用いられている鋼製セル構造²⁾を利用して、図1のように離散的に配置するセル型鋼製砂防ダムを提案するものである。本構造は①工期が短い、②河床材や床掘土砂を中詰材として処理可能、③地耐力の小さな地盤にも適合³⁾、④セグメントに分割したセル殻の採用により運搬効率と施工性が良い、など多くの特長を有し、今後、有望と考えられる。

当該構造物の重力式ダムとしての安定性検討法は、既に港湾分野にて確立^{2), 4)}されているが、土石流中の巨礫が衝突した際のセル殻やセグメント接合部の耐荷力と変形機構および安全性については、未だ不明な点が多い。そこで、重錘自由落下による実大部分模型への衝撃载荷実験を行ったので、その結果の一部につき報告する。

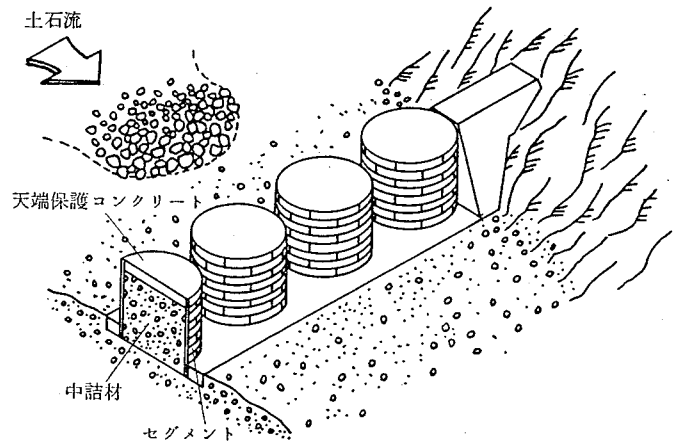


図1. セル型鋼製砂防ダム

2. 実験概要

2.1 実験方法

実験は図2に示すように鋼製箱（幅2.0×長2.0×高1.0m）内に充填した川砂利（粒径5～40mm）の上に供試体を設置し、上部より直径1m強の巨礫に相当する重錘（1.68tf）を高さ5.5mから落下させて行った。衝突時の重錘落下速度は約10m/sである。なお、供試体の変形等は载荷後に計測した。

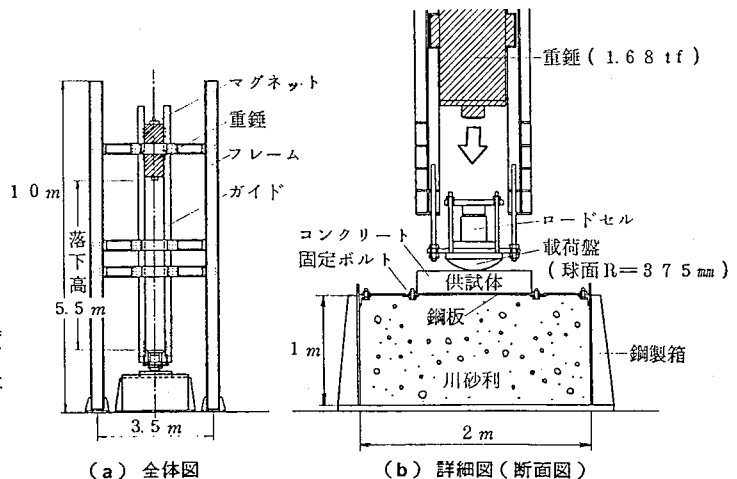


図2. 実験装置

2.2 供試体

供試体の種類を表1、図3、図4に示す。鋼板型では板厚9mmの単体1種類および継手部2種類、鋼板とコンクリートの合成型では、鋼板厚6mmで、ジベル数、コンクリート厚の異なる2種類の計5種類とし、相対する長辺の端部は鋼製箱にボルト（ピッチ250mm）で固定されている。なお、鋼板材質はSS41、使用コンクリートは $\sigma_{1.4}=270\text{kgf/cm}^2$ 、 $E_c=2.8\times 10^5\text{kgf/cm}^2$ である。

表1. 供試体の種類と載荷条件

供試体 No		鋼板厚 t_o (mm)	コンクリート厚 T (mm)	ジベル		載荷点	落下高 H (m)	落下回数 N (回)	備考
鋼板型	I	9.0	—	—	—	中央	1.0~4.4	6	予備実験
			—	—	—	継手中央	5.5	2	
			—	—	—	継手横	5.5	2	
合成型	II	6.0	100	300	16	中央	4.8~5.2	3	
			200	600	4	中央	5.5	3	

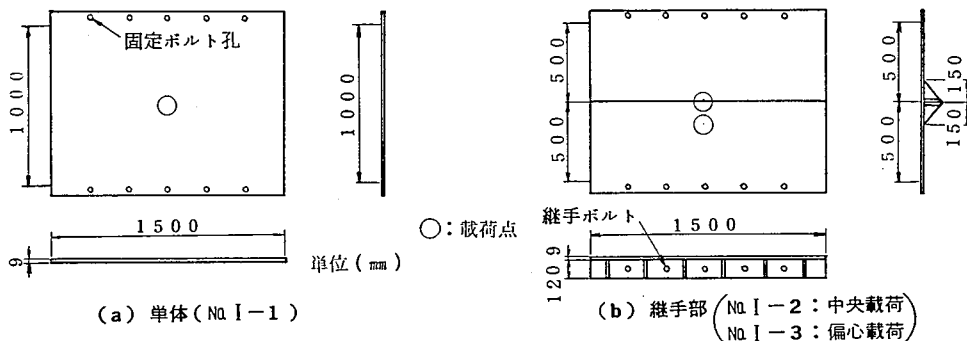


図3. 鋼板型供試体

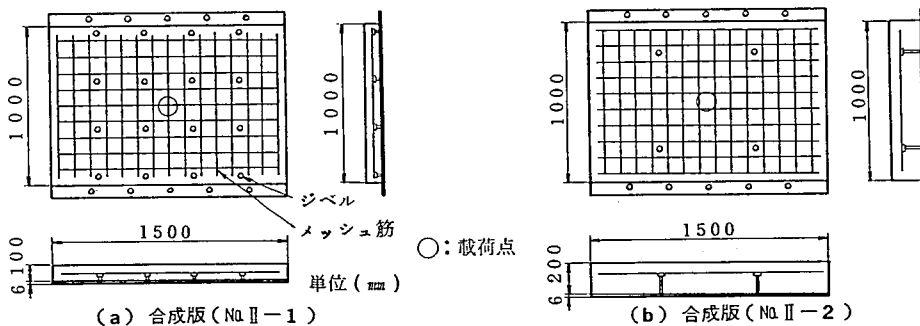


図4. 合成型供試体

3. 実験結果および考察

3.1 衝突速度

落下高と衝突速度を表2に示す。表中の衝突速度は実測値であるが、落下高より求まる計算値よりわずかに小さい。これは重錘落下時での重錘とガイド間の摩擦の影響と考えられる。本実験での落下高5.5mで衝突速度10m/s強の値を得た。

表2. 衝撃荷重と供試体の最大変位

供試体 No	落下回数 N (回)	落下高 H (m)	衝撃速度 V (m/sec)	最大荷重 P_{max} (tf)	載荷時間 t_c (ms)	最大変位 δ_{max} (mm)	供試体破損状況	備考
I	1	1.0	—	—	—	2.5		予備実験
	2	1.0	3.5	143	1.20	3.5		
	3	4.4	9.1	236	1.25	—		
	4	4.4	9.1	860	1.00	—	固定ボルト1本破断	
	5	4.2	8.7	573	1.00	—	固定ボルト2本破断	
	6	1.0	3.1	—	1.50	10.5		
2	1	5.5	10.2	1060	1.30	8.1		継手開き: 最大3.1mm
	2	5.5	10.2	1059	1.35	10.8		
	3	5.5	10.0	1158	1.00	9.3		
3	1	5.5	10.0	1158	1.00	1.21		継手開き: 最大1.4mm
	2	5.5	10.0	1158	1.00	1.21		
	3	5.5	10.0	1158	1.00	1.21		
II	1	4.8	9.2	—	1.35	5.1		コンクリート剥落、ジベル露出
	2	5.1	9.4	683	1.98	7.0		
	3	5.2	9.9	845	2.10	7.8		
	1	5.5	—	—	—	4.9		
	2	5.5	10.2	909	1.50	7.6		
	3	5.5	10.3	1132	1.50	9.5		

3.2 衝撃荷重

衝撃荷重の波形記録の1例を図5に、荷重の最大値と載荷時間を表2に示す。表2、図5より、①衝突速度約10m/sでの衝撃荷重の最大値は909~1158tfと極めて大きい。②荷重値は落下回数の増加とともに高くなる傾向にあり、コンクリート被覆のある合成型の荷重の方が落下回数初期において低い。③載荷時間は1~2msのオーダーであるが、合成型の方が鋼板型より若干長い。なお、中詰材の破碎深度は、鋼板型単体中央への載荷の場合で70~80cmの値を示したことから、セル殻内に充填された中詰材は衝撃荷重に対し緩衝材的役割も担うものと考えられる。

3.3 鋼板型

単体中央への衝撃載荷（供試体 No. I-1）では、図6に示すように落下回数Nとともに鋼板の塑性変形領域は増加するものの落下高1mで3回、4m強で3回の計6回載荷したにもかかわらず鋼板が破れることはなかった。

継手部への衝撃載荷（供試体 No. I-2）では、図7に示すように、鋼板部の塑性領域が増すとともに、継目の開きが漸増した。また、継手部から150mm離れた箇所への偏心衝撃載荷（供試体 No. I-3）では、載荷側鋼板の塑性変形とともに継手リブが継手ボルト直上で曲げ変形を示すことから、図8に見られるように継目の開きは小さかった。継目に開きが生じる現象は載荷による供試体の鉛直方向の変形とともに、鋼板に水平方向の引張力が作用するためと考えられる。いずれの結果においても鋼板および継手ボルトの破断が見られないことから、鋼板型の設計では中詰材の流出防止のために継手部の開きを抑えれば良いこと、その際には鋼板の降伏に伴う引張力を考慮すること、などが明らかとなった。

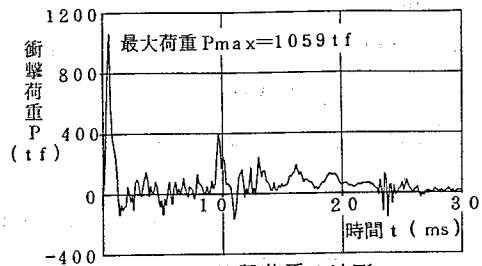


図5. 衝撃荷重の波形

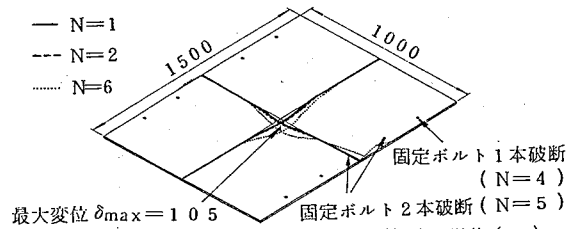
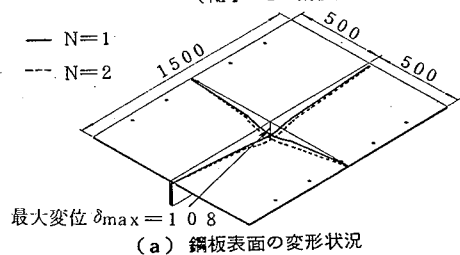


図6. 鋼板型単体の変形状況 単位(mm)
(No. I-1: 鋼板厚9mm, 中央載荷)



(a) 鋼板表面の変形状況

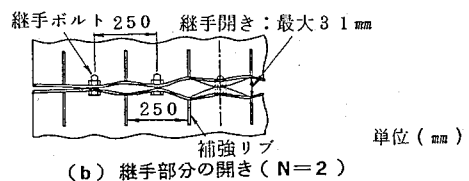
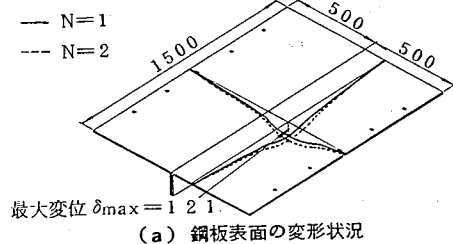


図7. 鋼板型継手部の変形状況
(No. I-2: 中央載荷)



(a) 鋼板表面の変形状況

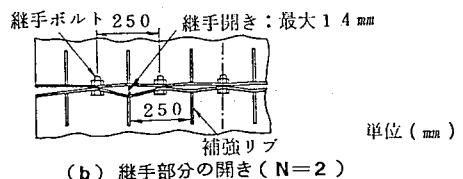


図8. 鋼板型継手部の変形状況
(No. I-3: 偏心載荷)

3.4 合成型

コンクリート被覆版厚100mmの供試体 No.Ⅱ-1では、衝撃载荷により、図9に示すようにコンクリート部が押し抜きせん断破壊と圧壊を示し、落下回数の増加につれ破壊領域が増加する。版厚200mmの供試体 No.Ⅱ-2の場合では図10に示すように曲げ破壊が主である。これらの差異は各供試体での曲げ抵抗（鋼板とコンクリートとの合成の程度）とコンクリートの押し抜きせん断抵抗の大小に依存している。なお、鋼板部は両者とも破断せず、変形量も当然ながら鋼板型より小さい。すなわち、被覆コンクリートが破壊することにより衝撃エネルギーを吸収するため、合成型は鋼板型より破壊寿命を向上させることができる。

以上より、合成型では、セル殻の運搬、組立、施工性、経済性、セル殻の摩耗などを考慮して、コンクリート厚、ジベルピッチなどを決定することが必要であろう。

4. まとめ

セル型鋼製砂防ダムの実用性を確認するため、実大部分模型への衝撃载荷実験を行った結果、以下のことが明らかとなった。

- ① 鋼板型単体は、落下高約1mで3回、4m強で3回の計6回の衝撃载荷でもセル殻が破断せず、また、ボルト接合継手部は载荷とともに継目に開きが生じるが、中詰材の流出防止は可能である。

- ② 合成型では、コンクリートと鋼板の合成方法

によりコンクリート版の破壊形式が異なるが、コンクリート版により鋼板の変形が抑制される。今後、安全性、破壊寿命に応じたセル殻型式につき、さらに検討予定である。

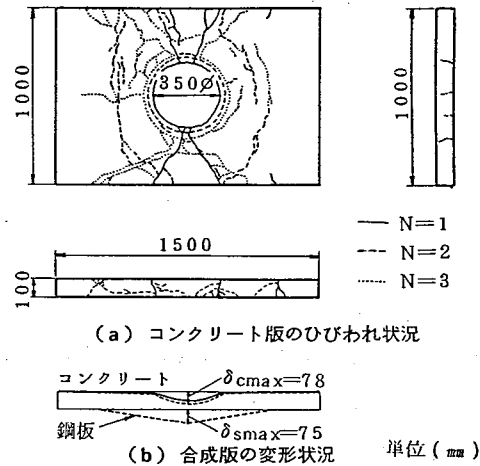


図9. コンクリート版のひびわれ状況と変形状況
[No.Ⅱ-1: コンクリート厚 100mm
ジベルピッチ 300mm]

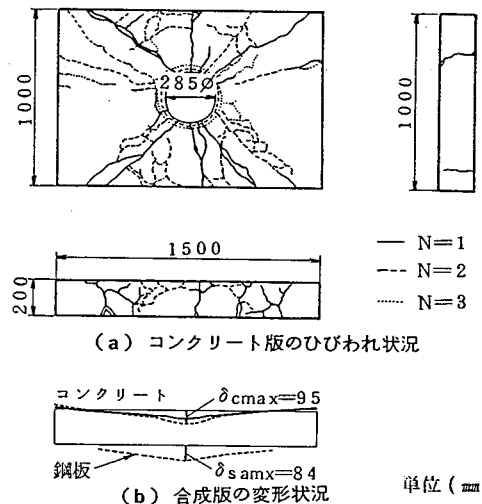


図10. コンクリート版のひびわれ状況と変形状況
[No.Ⅱ-2: コンクリート厚 200mm
ジベルピッチ 600mm]

参考文献

- (1) 鈴木：砂防技術の現況と鋼製ダム，新都市開発，Vol. 24, 1986
- (2) (社) 日本港湾協会：港湾の施設の技術上の基準・同解説，昭和54年3月
- (3) 水山他：鋼矢板セグメントに対する衝撃载荷試験，新砂防（投稿中）
- (4) (財) 沿岸開発技術研究センター：根入れ式鋼板セル設計指針，昭和60年10月