

防衛大学校 土木工学科 ○香月 智 防衛大学校 土木工学科 石川信隆  
利根川水系砂防工事事務所 松井宗広 八千代エンジニアリング 竹島秀大

### 1 緒言

鋼管補強コンクリートブロック積砂防ダムは、図-1 に示すようなコンクリートブロックを積み重ね、アンボンド PC 鋼棒を挿し込むことにより緩く連結して構築される砂防ダムである。本研究は、土石流中の巨礫衝突に対する本砂防ダムの安全性を検証するため、1/10 サイズの模型供試体に対して静的および衝撃実験を行い、本砂防ダムの変形特性および鋼管の連結効果について検討を行ったものである。

### 2 実験の概要

供試体は、図-1 に示すようにφ5cm の2つの空洞をもつ長さ30cm、幅15cm、高さ5cmのブロックを最下段より千鳥状に積み上げ、その後ブロックの空洞にφ26mmのPC鋼棒を挿し込み、鋼棒とブロックとの間隙に砂を充填した。静的実験は、鋼棒連結ありとなしの2種類の供試体に対して天端から7.5cm下の位置に油圧ジャッキを用いて水平方向に点載荷させて行った。計測項目は載荷点荷重、載荷点変位および供試体背面のブロック5点の変位量を計測した。衝撃実験は、図-1 に示すような振り子式の装置により重錘を供試体に衝突させた。実験ケースは、表-1 に示すように重錘、衝突速度、鋼棒の条件の組み合わせにより7ケースとした。ちなみにレプリカ相似則<sup>1)</sup>によると、重量9.75kgfは半径1mの巨礫(重量1tonf)に相当し、重量34.0kgfは実重量3tonf、重量60.2kgfは実重量6tonfの巨礫に相当する。また、衝突速度はそのまま実速度を表わしている。さらに、鋼棒率100%とは全ての鋼棒を挿入した場合であり、50%とは半分挿入した場合であり、0%とは挿入なしの意味である。計測項目は、打撃点の荷重および供試体背面のブロックの変位量5点を計測した。

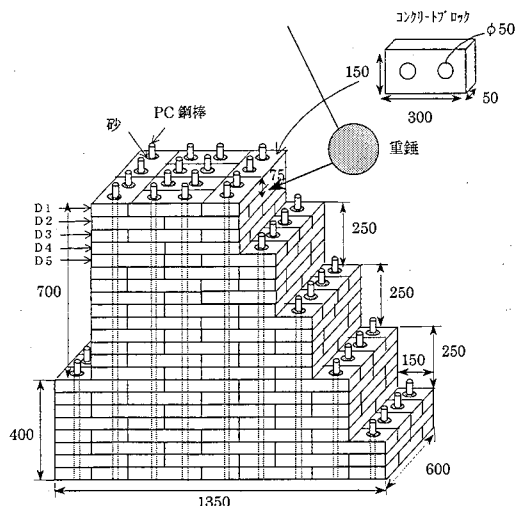


図-1 衝撃実験

表-1 実験ケース

ケース	重錘重量	衝突速度	鋼棒率
I-1	9.75kgf	1.0m/s	100%
I-2	9.75kgf	3.0m/s	100%
I-3	9.75kgf	5.2m/s	100%
I-4	34.0kgf	5.2m/s	100%
I-5	60.2kgf	5.2m/s	100%
I-6	9.75kgf	5.2m/s	50%
I-7	9.75kgf	5.2m/s	0%

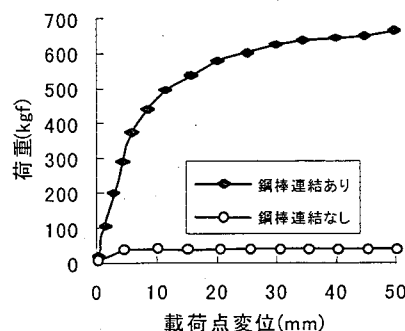


図-2 荷重～変位関係(静的)

### 3 実験結果および考察

#### 3.1 静的実験(鋼棒連結が静的荷重～載荷点変位関係に及ぼす影響)

図-2 に静的実験から得られた荷重～載荷点変位関係を示す。鋼棒を連結させた場合には、変位が約10mmまでは弾性的に荷重が増加し、その後は勾配が緩やかな弾塑性硬化型の特性を示している。鋼棒を連結しない場合は、変位2mmにおいて弾性限界に達している。鋼棒連結の抵抗力は変位50mmで約650kgfであるのに対して、鋼棒連結なしでは約50kgfと抵抗力が約1/13に小さくなる。これは、鋼棒連結なしの場合、載荷点より上部のブロック2段のみが滑動して抵抗するのに対し、鋼棒連結ありでは堤体全体が一体化して抵抗するためである。

#### 3.2 衝撃実験

##### 3.2.1 衝突速度が最大応答変位に与える影響

図-3 に衝撃実験で供試体背面上端変位(D1)の最大応答変位に及ぼす各パラメーターの影響を示す。図-3(a)は、鋼棒連結の場合、重錘重量9.75kgf(実重量1tonf)と一定にして、衝突速度を1m/s、3m/s、5.2m/sと変化させたときの最大応答変位を示している。これより、最大応答変位は速度にほぼ比例して大きくなっているが、5.2m/sでも8

mm(堤体高 1.1mに対して 0.7%)と非常に小さい。

### 3.2.2 重錘重量が最大応答変位に与える影響

図-3(b)は、鋼棒連結の場合、衝突速度を 5.2m/s と一定にして重錘重量を 9.75kgf(実重量 1tonf), 34.0kgf(実重量 3tonf), 60.2kgf(実重量 6tonf)と変化させた場合、最大応答変位が重錘重量の増加とともに大きくなるのがわかる。しかし、重量 60.2kgf においても最大応答変位は 30mm(実変位 30cm)で堤体高の約 2.7%であり、これより、巨礫実重量 6tonf が速度 5.2m/s で衝突しても天端変位が約 30cm 程度であることがわかる。

### 3.2.3 鋼棒の挿入が最大応答変位に与える影響

図-3(c)は、鋼棒の挿入率を変化させた場合の影響を示しており、鋼棒連結の場合の最大応答変位は鋼棒連結なしの場合の約 1/5 となり、鋼棒を挿入して一体化することの効果が大いことがわかる。

### 3.2.4 衝撃エネルギー～最大応答変位関係

図-4は、鋼棒率 100% の場合の衝撃エネルギー～最大応答変位(D1) 関係を示したものである。比較のため静的吸収エネルギーの場合も示している。これより、同一変形(30mm)のときの衝撃エネルギー(重錘の運動エネルギー)は、静的吸収エネルギーに比べ最大で約 4 倍大きいことがわかる。これは、衝突点における局部逸散エネルギーが含まれているためと考えられる。すなわち、衝撃エネルギーは一般に局部逸散エネルギーと全体変形吸収エネルギーに分離できることが知られており<sup>2)</sup>、衝撃エネルギーが大きくなっても(衝突速度が速くなっても)、局部逸散エネルギーが大きくなるため、全体の最大応答変位はそれほど大きくならない(実変位でせいぜい 30cm 程度)ことがわかる。

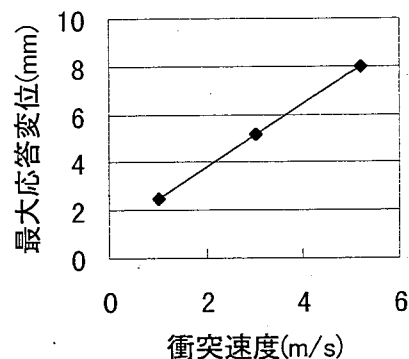
## 4 結 言

本研究の成果を要約すると以下ようになる。

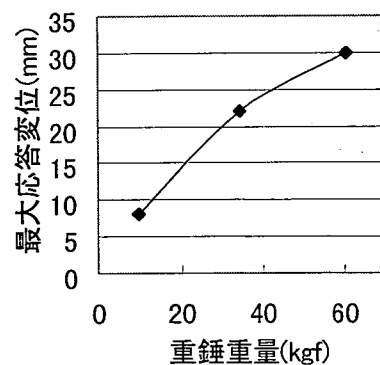
- (1) 鋼棒の挿入による堤体の一体化により、鋼棒なしに比べて静的抵抗力が約 13 倍大きくなる。
- (2) 衝撃実験における衝突速度が最大応答変位に及ぼす影響は、速度の増大に伴い最大応答変位も比例的に増大するが、最大でも堤体高の 0.7% であり、極めて小さい。
- (3) 重錘重量が最大応答変位に与える影響は、重量が大きくなるほど最大応答変位も大きくなるが、最大でも堤体高の約 2.7% である。
- (4) 鋼棒連結の効果は、鋼棒なしに比し最大応答変位を約 1/5 小さくできる。本砂防ダムに、巨礫重量 6tonf が衝突速度 5.2m/s で衝突する場合、最大応答変位は約 30cm 程度であり、十分な耐衝撃性を有するものと考えられる。

### 参考文献

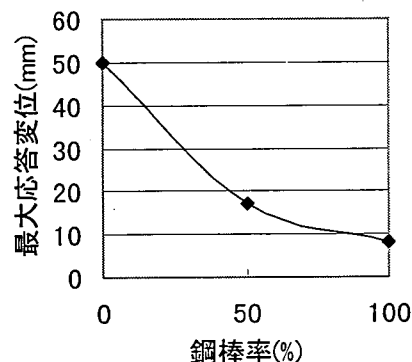
- 1) 江森一郎：模型実験の理論と応用 (第 2 版), 技報堂出版, 1988.
- 2) 鈴木真次, 香月智, 石川信隆, 石川芳治, 古川浩平：鉄球のコンクリート供試体への振り子衝突実験による局部損失エネルギーとその評価モデルに関する基礎的研究, 土木学会論文集, No543/I-36, 91-105, 1996.7.



(a) 衝突速度の影響 (W=9.75kgf)



(b) 重錘重量の影響 (V=5.2m/s)



(c) 鋼棒の挿入率による影響 (W=9.75kgf, V=5.2m/s)

図-3 最大応答変位に及ぼすパラメータの影響

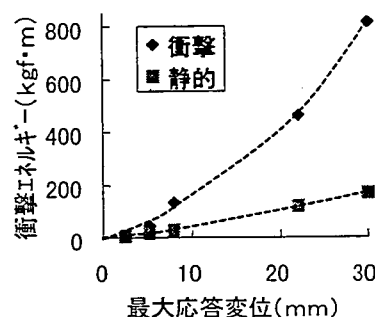


図-4 衝撃エネルギー～変位関係