

II-294 練り石張り護岸の耐衝撃強度に関する実験的評価

パシフィックコンサルタンツ 正会員 藤堂正樹

建設省北陸地方建設局

高橋利雄

パシフィックコンサルタンツ 正会員 高木茂知、浜口憲一郎、本多信二

1. まえがき

北陸地方の河川護岸には、現地発生の玉石を用いた「練り石張り護岸」が多く用いられている。練り石張り護岸は、堤体上に数cmの均しコンクリートを張り、表層を30～40cm程度の径の玉石で組合せ、隙間を胴込めコンクリートで充填した構造となっている。北陸地方のH川においても図1に示すような標準構造の練り石張り護岸が用いられているが、平成7年7月洪水時には、H川U地点においてこのタイプの護岸が破壊、流出した。その原因として護岸基礎部の洗掘とならんで、流下してきた転石の衝撃力が法面破壊の契機となったのではないかという指摘があった。

本研究は、現地護岸に実際に巨石を衝突させた場合の護岸表面などの観察をおこなって、練り石張り護岸の耐衝撃力を評価したものである。

2. 実験結果

(1) 現地での発生運動量

衝撃力の評価指標として運動量（質量×速度）を用いることとし、まず洪水時に発生した転石による、護岸に直角方向の運動量の最大値を予測した。

石質量は、図2に示す洪水直後の河床材料調査結果を用い、現地最大径の $d=830\text{mm}$ の石を球形と仮定し質量換算して $M_{\text{max}}=800\text{kg}$ とした。石の比重 ≈ 2.65 とした。石の速度は、開水路実験によって断面平均流速との関係を得て、これより評価した。実験は、転石と河床材料がほぼ同一粒径のケース1（転石径30～60mm、河床材料60mm）と、河床材料の方が小さいケース2（転石径30～60mm、河床材料10mm）についておこなった。水路内の水深は17～40cm、流速は、80～133cm/sの範囲であった。

石の流下方向平均速度と断面平均流速との比は、ケース1において最大値0.76となった。

U地点で護岸に直角方向に作用する最大運動量は、発生した最大流速11.0m/sに、速度比0.76と最大質量800kgを乗じ、法面勾配(1:2)を考慮して、2,990(kg・m/s)と予測した。

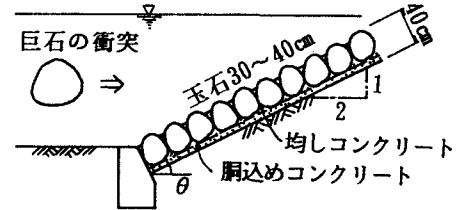


図1：練り石張り護岸

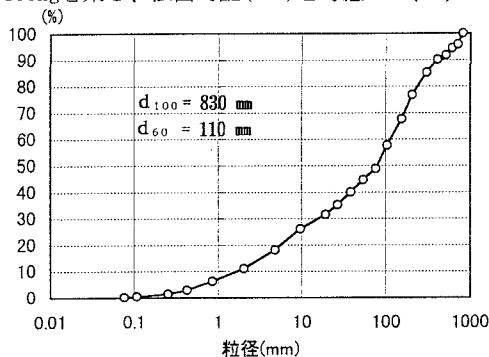


図2：河床材料の累積粒度分布

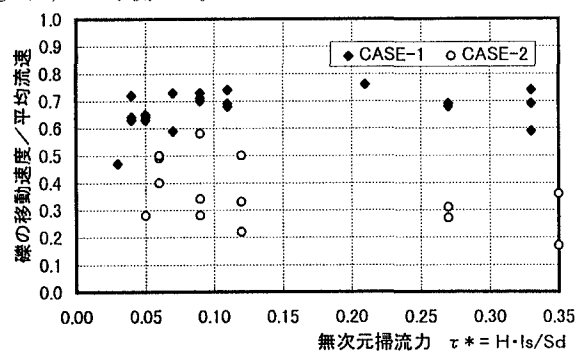


図3：流下方向の石速度・流速比

(2) 現地衝撃実験

被災を受けた箇所の近傍で、同タイプの護岸を用いて現地衝撃実験をおこなった。この実験では、護岸の真上から400～800kgの巨石を落下させ、護岸表面および内部にどのような変化が発生するかを観察した。

護岸に与えた巨石の運動量は、護岸直角方向に約2,500～7,100(kg・m/s)であり、これは、現地で発生が予測される最大運動量の0.8～2.4倍に相当する。

護岸の状態は、表面に空洞がなく健全と見なせる箇所と、基礎流出を契機として裏面に空洞が生じている箇所との2パターンとした。

また、護岸表面にも内部にもクラック発生などの顕著な変化が見られない場合は、数回同じ衝撃を与え、繰り返しのよる変化を観察した。

結果を整理したものが表1である。

(3) 耐衝撃力の評価

一般に衝突現象が起こると、衝突点直下では図4に示すように衝撃波が発生し、高圧力状態となる。この波は球面波として被衝突体内を伝播しながら急速に減衰する。この波が被衝突体の裏面まで伝播した場合の状況によって、裏面剥離、貫通などの現象が見られる。

今回の実験結果をみると、裏面に空洞のないケース1～10（ケース6を除く）では、衝撃によって玉石の表層が欠けたり、胴込めコンクリート表層に浅いクラックが生じたりする現象が現れたものの、玉石そのものが陥没したり、大破したり、護岸裏面まで達するようなクラックが生じることはなかった。また、ケース6では、もともと玉石間に空隙が存在し、衝撃によって数センチ程度の玉石の陥没が見られた。

一方、裏面に空洞が有り、繰り返しの衝撃を与えたケースでは表面に大きなクラックの発生が見られたが、一般の衝撃現象に現れるような護岸裏面の剥離は観察されなかった。

実際の洪水時に被災を受けた護岸の表面を観察すると、表面が欠けている玉石が稀であることから、洪水中の転石の衝撃力が今回の実験ほど強いものではなかったことが推測される。

今回の実験結果に、電中研で行われた衝撃実験の評価式¹⁾を併記したものが図5である。図から、40cm程度の控え厚を持つ練り石張り護岸が、今回実験程度の衝撃に耐えうることが確認できた。

表1：現地実験結果

ケース	巨石質量落下速度		運動量	破壊繰り返し回数	備考
	M(kg)	V(m/s)	MVcosθ		
No1	400	7.4	2,651	なし	1回
No2	400	7.1	2,554	なし	2回
No3	400	9.2	3,291	なし	2回
No4	800	9.2	6,569	なし	1回
No5	800	9.0	7,168	なし	4回
No6	790	9.2	6,501	陥没	5回
No7	790	9.2	6,487	なし	4回
No8	770	9.3	6,405	なし	3回
No9	760	9.0	6,118	なし	1回
No10	760	9.4	6,390	なし	3回
No11	450	8.9	3,562	なし	1回
No12	450	8.9	3,562	なし	1回
No13	700	8.9	5,541	破壊	3回
No14	700	8.9	5,541	破壊	4回

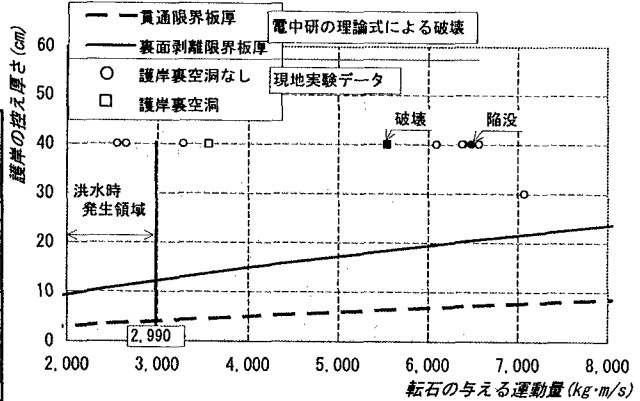


図5：練り石張り護岸の耐衝撃強度

3. 結語

40cm程度の控え厚を持つ練り石張り護岸では、裏面に空洞がなく、健全な状態で設置されている限り、現地で発生が予測される巨石の衝突による運動量によって護岸が破壊にいたる可能性は小さいことが判明した。ただし、護岸裏面に空洞が生じ、ここに繰り返しの衝撃があった場合の耐力については、今回は明らかにすることができなかった。また、その後の調査により、U地点の護岸被災は、護岸基礎部の大規模な局所洗掘を契機として、根固め工、基礎工が流出したことが原因である可能性が大きいことが明らかとなった。

なお、本研究の実施に当たっては、金沢大学辻本助教授のご指導を得た。ここに深甚なる謝意を表します。

参考文献：1) (財)電力中央研究所、飛来物の衝突に対するコンクリート構造物の耐衝撃設計手法、電力中央研究所報告、総合報告U24、1991.7