

115 振り子式衝突実験による局部損失エネルギーについて

防衛大学校 ○石川信隆 防衛大学校 鈴木真次
 京都大学 水山高久 建設省土木研究所 石川芳治
 山口大学 古川浩平

1 緒言

土石流中の巨礫を受けるダム袖部の耐衝撃問題を考える場合、岩石とコンクリートの衝突であり、その衝突局部において、エネルギーが短時間に大きく失われている可能性がある。

そこで本研究は、まず衝突局部において衝突前後で損失するエネルギー、すなわち、局部損失エネルギーを振り子式衝突実験により直接測定する方法を考案した。次に、コンクリート、砂、ゴムの供試体をはさみ、これらの局部損失エネルギーを測定し、衝突速度との関係を調べた。

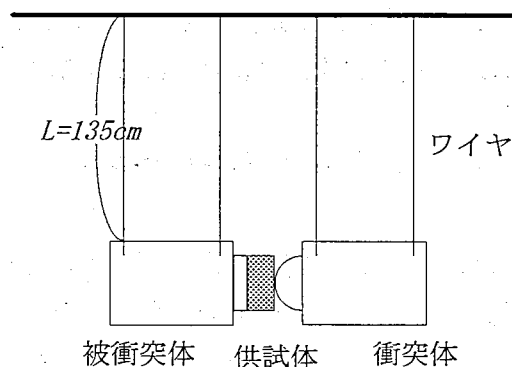
2 実験の概要

2. 1 実験方法

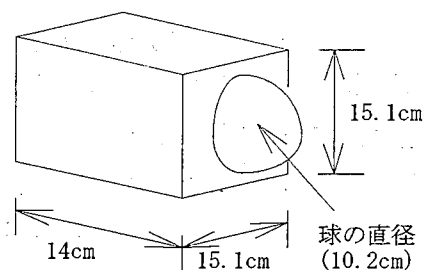
衝突局部の損失エネルギーを直接評価するため、図-1および写真-1に示すような振り子式衝突実験装置を用いて衝突前後の散逸するエネルギーを測定した。

実験装置は、衝突体 m_1 をある高さから落とし、コンクリート等の供試体を取り付けた被衝突体 m_2 に衝突させ、衝突後の m_1 、 m_2 の最高点をビデオにより測定するものである。

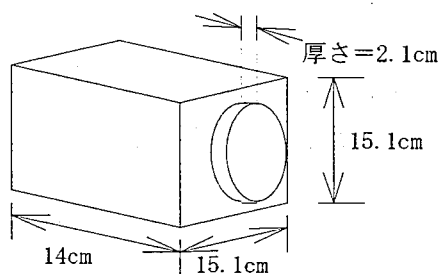
実験に先立ち、振り子が自由振動をし、供試体をはさまない時にはほぼ完全弾性衝突（はね返り係数=1、衝突による損失エ



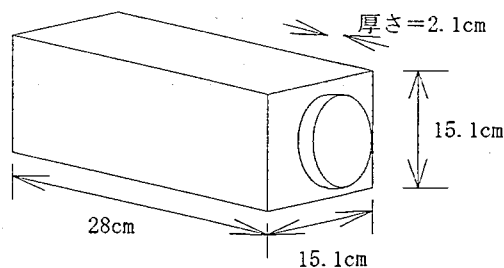
(a) 静止状態



(b) 衝突体 (25kgf)



(c) 被衝突体1 (25kgf)



(d) 被衝突体2 (50kgf)

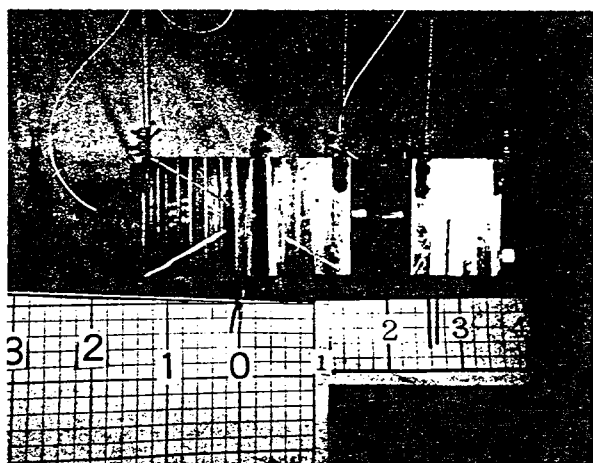


写真-1 実験装置

図-1 振り子式実験装置

エネルギー $\Rightarrow 0$)となり、実験装置の構造物としての減衰がほとんどないことを確かめた。

2. 2 測定項目と損失エネルギーの算定

測定項目は、衝突後の衝突体 m_1 の最高高さ H_1 および被衝突体 m_2 の最高高さ H_2 であり、これらをビデオカメラにより測定した。よって、損失エネルギー ΔE は次式により求められる。

$$\Delta E = m_1 g H_0 - m_1 g H_1 - m_2 g H_2 \quad (1)$$

ただし、 m_1 :衝突体の質量、 m_2 :被衝突体の質量、 H_1 :衝突体 m_1 の高さ、 H_2 :被衝突体 m_2 の高さ、 g :重力加速度、 H_0 :衝突体の初期振り上げ高さ。

供試体を被衝突体の衝突面に張り付け、衝突体に初速度 $V_0 (= \sqrt{2gH_0})$ を与えて衝突させた。このとき、用いた供試体には表-1のようにコンクリート、砂、ゴムでその厚さを変化させ、また表-2に示すように、衝突の初速度 V_0 も変化させて実験を行った。なお、コンクリートの配合、砂の粒径加積曲線およびゴムの材料は表-3のとおりである。

表-1 供試体

材料 厚さ	コンクリート	ゴム	砂
3 c m	520gf~550gf	360gf	400gf~750gf
5 c m	830gf~840gf		840gf~1100gf
7 c m	1120gf~1140gf		
9 c m	1450gf~1590gf		

表-2 実験ケース

材料	厚さ (T)	衝突速度 (V_0)
コンクリート	3 c m	1 0 0 c m / s
	5 c m	3 0 0 c m / s
	7 c m	4 0 0 c m / s
	9 c m	
ゴム	3 c m	1 0 0 c m / s
		3 0 0 c m / s
		4 0 0 c m / s
砂	3 c m	1 0 0 c m / s
	5 c m	3 0 0 c m / s
		4 0 0 c m / s

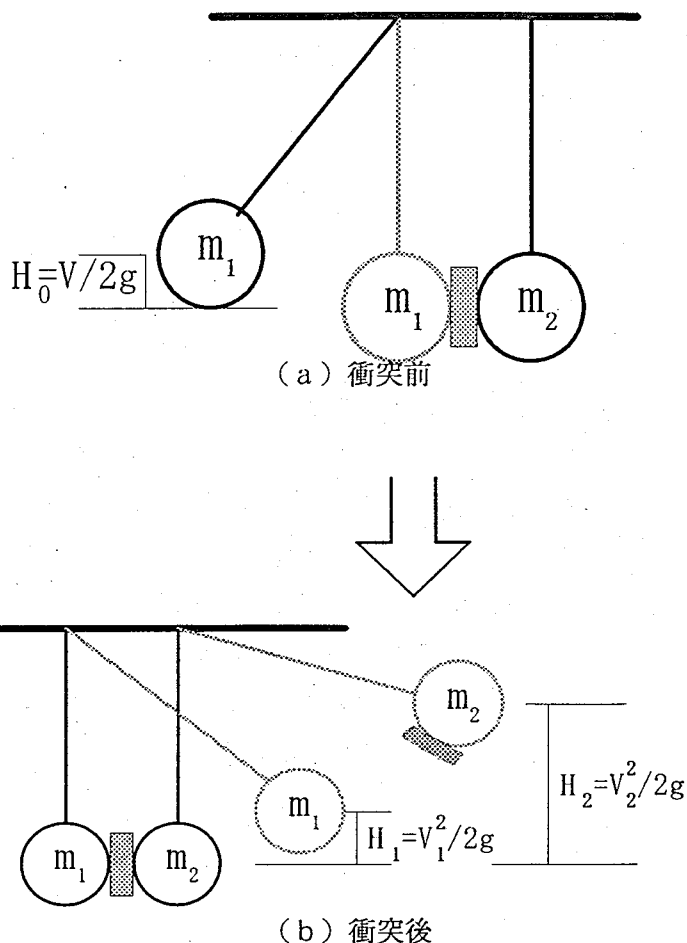


図-2 振り子式実験装置による
損失エネルギーの算定原理

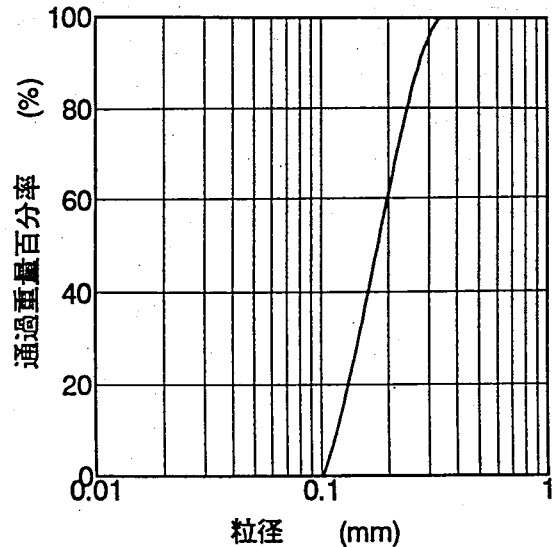
表-3 コンクリートの配合・砂の粒径加積曲線・ゴムの弾性率

(a) コンクリートの配合

項 目	数 量
水セメント比(kgf/m ³)	0.47
セメント(kgf/m ³)	600
水(kgf/m ³)	298
細骨材(kgf/m ³)	1300
圧縮強度(kgf/cm ²)	400

(c) ゴムの弾性率

弾性率 (G) (kgf/cm ²)	44.3
--------------------------------	------



(b) 砂の粒径加積曲線

3 実験結果および考察

3. 1 コンクリートの局部損失エネルギー

図-3は、コンクリート供試体の厚さ h をパラメータとしてコンクリートの損失エネルギー率 $\Delta E/E \sim$ 衝突速度 V_0 関係を示したものである。これより、コンクリートの局部損失エネルギー率 $\Delta E/E$ は約50%~60%程度であることがわかる。しかし、コンクリートの厚さが厚くなると $\Delta E/E$ はわずかに減少し(約3~5%)、また衝突速度が増大すると、 $\Delta E/E$ も約5~10%増大することが認められる。

図-4は、コンクリート厚さを一定($h=5$ cm)として、被衝突体の質量 m_2 を、2倍に増大させた場合を示したもので、これより m_2 が2倍になると $\Delta E/E$ も約50%~60%から60%~70%へと約10%大きくなることが認められる。これは、コンクリート袖部の重量が大きいとそれだけ局部的にエネルギーが消費されることを意味している。

3. 2 砂の局部損失エネルギー

図-5は、緩衝材としての砂の供試体、厚さ h をパラメータとして損失エネルギー率 $\Delta E/E \sim$ 衝突速度 V_0 関係を示したもので、これより、砂の場合は、局部損失エネルギーが約60%~80%程度になることがわかる。ただし、砂の供試体厚さが厚いと $\Delta E/E$ はわずかに上昇している。また、速度が増大しても、 $\Delta E/E$ はほぼ一定であり変化しないことが認められる。

図-6は、砂の場合に被衝突体の重量を2倍に増大させた場合を示したもので、これより砂の場合は、被衝突体の重量を2倍にしても $\Delta E/E$ はあまり変わらないことが認められる。

3. 3 ゴムの局部損失エネルギー

図-7は、ゴムの局部損失エネルギー率 $\Delta E/E \sim$ 衝突速度 V_0 関係を示したもので、これより、ゴムの場合は約50%~60%程度であるが、衝突速度の増大に伴い、 $\Delta E/E$ がやや減少する傾向が見られる。

4 結論

- (1) 振り子式衝突実験により、局部損失エネルギーを計測することができた。
- (2) コンクリートの局部損失エネルギーは、約50%~60%程度であった。
- (3) 砂の局部損失エネルギーは、約60%~80%程度になった。
- (4) ゴムの局部損失エネルギーは、約50%~60%程度にあった。

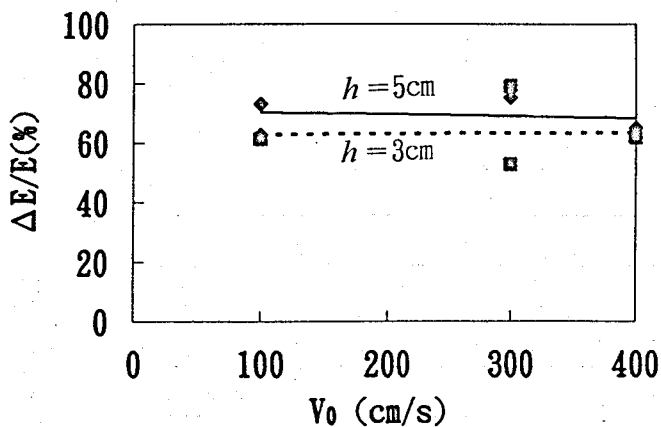


図-5 砂の

局部損失エネルギー率 $\Delta E/E \sim$ 衝突速度 V_0 関係
(厚さ変化)

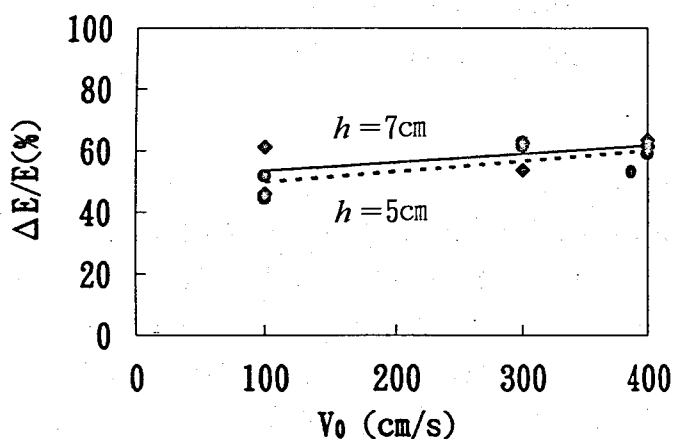


図-3 コンクリートの

局部損失エネルギー率 $\Delta E/E \sim$ 衝突速度 V_0 関係
(厚さを変化)

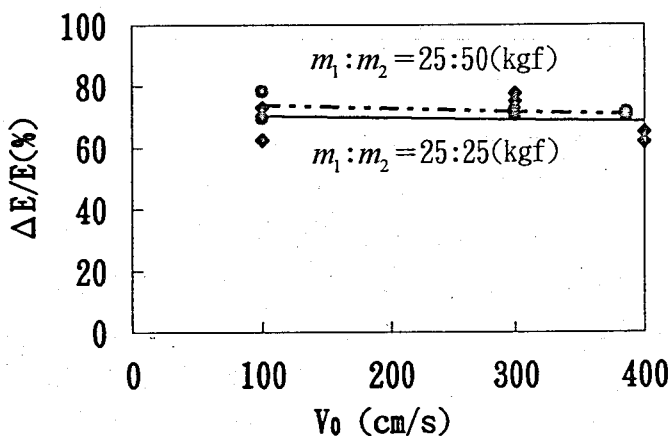


図-6 砂の

局部損失エネルギー率 $\Delta E/E \sim$ 衝突速度 V_0 関係
(厚さ = 5 cm)

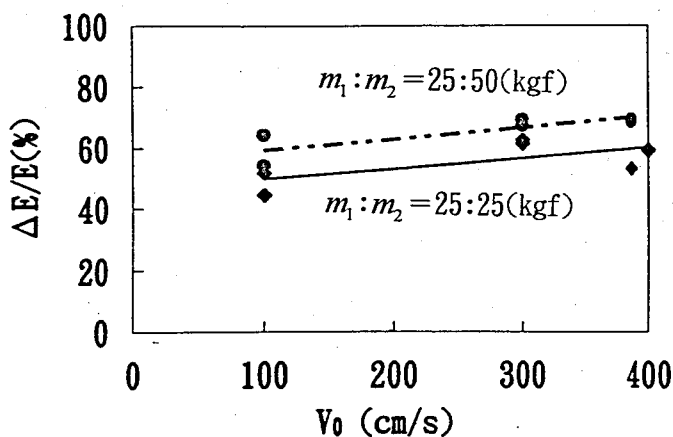


図-4 コンクリートの

局部損失エネルギー率 $\Delta E/E \sim$ 衝突速度 V_0 関係
(厚さ = 5 cm)

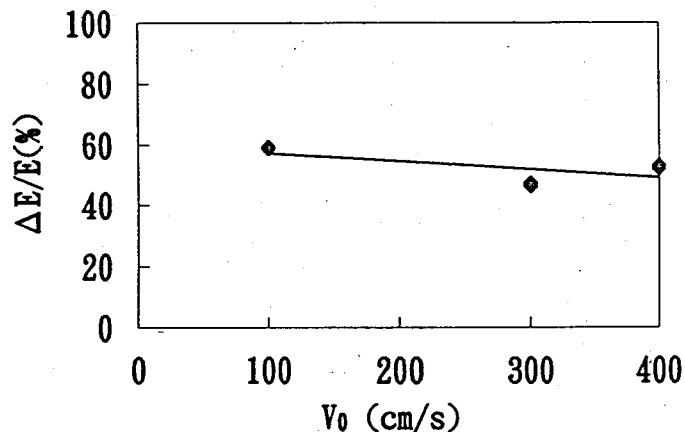


図-7 ゴムの

局部損失エネルギー率 $\Delta E/E \sim$ 衝突速度 V_0 関係
(厚さ = 3.12 cm)