

防衛大学校 学生員 ○星川辰雄
 防衛大学校 学生員 柚山昌秀
 防衛大学校 正 員 石川信隆
 住友金属工業(株) 正員 飯田 毅

1. 緒言 近年、鋼製砂防構造物が多く建設されるようになってきたが、アーチ型鋼製砂防ダムの設計法についてはいまだ確立されていない。そこで本研究は、アーチ型鋼製砂防構造物の耐衝撃設計法を確立するためアーチに対する落錘式衝突実験を行い、その衝撃吸収エネルギーおよび破壊形態について考察しようというものである。

2. 実験の概要

(1) 落錘式衝突実験装置 図-1 に示すように重量50kgf (または100kgf) の重錘を載荷治具上にガイドを通して自由落下させてアーチに衝撃を与えるようにした。最大落下高さは3.5mで、最大衝突速度は8m/sである。重錘は電磁石によりつり上げ、電磁石のスイッチを開閉することにより落下させた。またアーチを固定支持するために試験体を取付台にボルト締めし、取付台は水平方向への移動および浮き上がりを防ぐためシャコ万力等で地面上に完全に固定した。試験体には、座屈等横倒れを生じさせないように中央部(載荷位置)に横倒れ防止用載荷治具を取り付け、これをガイドにはめ込み強制的に試験体が鉛直運動のみをするように作をした。

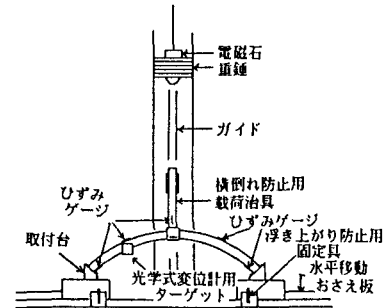
(2) 測定装置 荷重の計測においては、載荷治具の下側に対称的にひずみゲージを4枚貼り付け、そのひずみ量の平均値から衝突荷重を測定した。また変位の測定には、載荷治具および支点と中央点との中間点に光学式変位計用のターゲットを取り付け、載荷点および1/4点の変位を測定した。また、ひずみゲージを図-1(a)の位置に貼布し、ひずみを測定した。

(3) 試験体 実験に用いた試験体はSS41の鋼管で、鋼管径 $\phi 27.2\text{mm}$ 、肉厚1.9mmの鋼管を半径559mm、中心角 47.2° のアーチ形状に加工したものを用いた。なお、1シリーズに関しては中にモルタルを充填したものを用いた。また固定支持するため、両端に10cm $\times$ 10cmの鋼板を溶接し、取付台にボルト締めできるようにした。

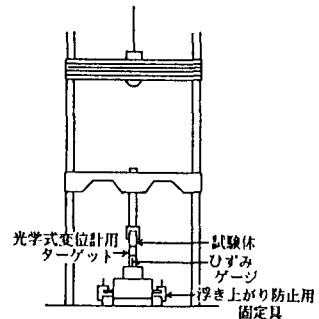
(4) 実験ケース 今回は、表-1のようなケースの実験を行った。

3. 実験結果および考察

(1) 荷重～変位曲線 ①図-2(a)はモルタル充填無しで重錘重量50kgfの場合の荷重～変位曲線を示したものである。図-2(a)より、静的 $P \sim \delta$ 曲線より動的 $P \sim \delta$ 曲線の方が荷重 P が大きいことが認められる。また、 V が速くなるほど P が大きくなり、かつ最大および残留変位も増大することが認められる。②荷重 P の値に違いはあるものの動的 $P \sim \delta$ 曲線の形状は、衝突直後の荷重の立ち上がりおよび振動の影響を除け



(a) 正面図



(b) 側面図

図-1 実験装置

表-1 実験ケース

Series No	1	2	3
重錘重量(kgf)	50		100
モルタル充填	無	有	有
衝突速度 (m/s)	1	2	4
	6	8	

は静的 $P \sim \delta$ 曲線の形状にほぼ一致している。③衝撃吸収エネルギーの算定にあたっては、図-2(a)で示す動的 $P \sim \delta$ 曲線において最大変位に至るまでの面積を衝撃吸収エネルギーと定義した。④図-2(b)はモルタル充填の場合の $P \sim \delta$ 曲線を示したもので、モルタル充填の効果により耐力は増加するが最大および残留変位は減少することが認められた。

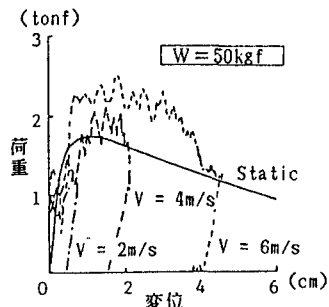
(2) 速度が衝撃吸収エネルギーおよび破壊形態におよぼす影響
図-3は、モルタルなしの場合の衝撃吸収エネルギーと載荷速度との関係を重錘重量を変えて示したもので、図-4はモルタル充填した場合の衝撃吸収エネルギーと載荷速度との関係を示したものである。図-3より衝撃吸収エネルギーは重錘の運動エネルギーにほぼ一致していることが認められる。また図中の番号①、②・・・は、図-5の破壊形態と対応している。図より、運動エネルギー E の大きさにより破壊形態が①弾性応答型→②1点降伏型→③3点降伏型→④5点降伏型→⑤5点塑性ヒンジ型^{1), 2)}→⑥完全破壊型へと移行することが認められる。さらに図-5の⑤の破壊形態以上のエネルギーを与えた場合、アーチは破壊する。すなわち、この吸収エネルギーがアーチを完全破壊状態に至らしめる限界吸収エネルギー U_0 で、本実験における試験体では $U_0 = 17 \sim 20 \text{ tonf} \cdot \text{cm}$ と推測される。

(3) モルタル充填が衝撃吸収エネルギーにおよぼす影響

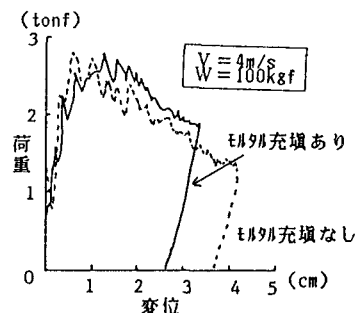
図-2(b)より $P \sim \delta$ 曲線の形状は異なるが、その面積つまり衝撃吸収エネルギーはモルタル充填によっても変化せず、図-4よりモルタル充填無しの場合と同様に衝撃吸収エネルギーは $V = 6 \text{ m/s}$ 以下で重錘の運動エネルギーとほぼ一致することが認められる。しかし、 $V = 8.0 \text{ m/s}$ においてはアーチが破壊し衝撃吸収エネルギーも重錘の運動エネルギーより小さくなっており、このときの吸収エネルギーが衝撃限界吸収エネルギー U_0 と予想できる。よって、モルタル充填の場合、は $U_0 = 24 \sim 30 \text{ tonf} \cdot \text{cm}$ と推測でき、モルタルを充填することにより限界吸収エネルギー U_0 が約30%上昇することが認められる。

参考文献 1)横尾,山肩:建築構造物のリミット分析,日本建築学会,第4章アーチ,技報堂,1963年7月

2)山崎,石川:円弧アーチの弾塑性解析,土木学会論文集第158号,pp1~16,昭和43年10月



(a) モルタル充填なしの場合



(b) モルタル充填の影響

図-2 荷重～変位関係

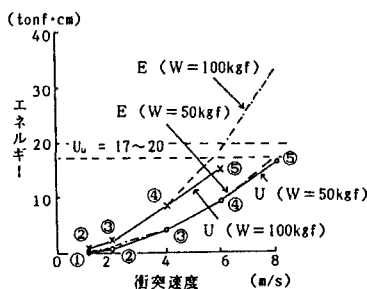


図-3 衝撃吸収エネルギー～衝突速度関係
(モルタル充填なしの場合)

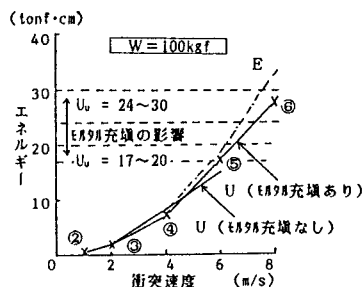


図-4 衝撃吸収エネルギー～衝突速度関係
(モルタル充填の影響)

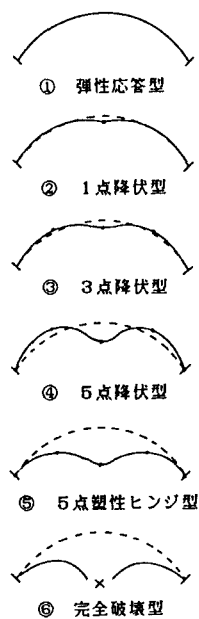


図-5 破壊形態