

(I-7) 衝撃荷重を受ける鋼管円弧アーチの終局限界に関する実験について

防衛大学校 学生員 ○松浦 幹佳
 同上 学生員 星川 辰雄
 同上 正員 石川 信隆
 住友金属工業(株) 正員 飯田 毅

1. 緒言 近年、土石流災害防止施設として、鋼製砂防構造物が数多く建設されるようになり、その形態として鋼製アーチ式砂防ダムも検討されている。先に著者ら¹⁾は、アーチの衝撃応答実験を行い、アーチの耐衝撃性、すなわち、衝撃吸収エネルギーおよび破壊形態についての考察を行った。本研究は、さらに大きな落下運動エネルギーを与えて、衝撃中央集中荷重を受けるアーチの終局限界を定性的ならびに定量的に調べようとしたもので、併せて鋼管にモルタルを充填した場合の影響についても考察したものである。

2. 落錘式衝突実験の概要

(1) 実験装置：実験は先に行った実験¹⁾と同じ要領で行った。すなわち、図-1に示すように重量200kgf(または100kgf)の重量を載荷

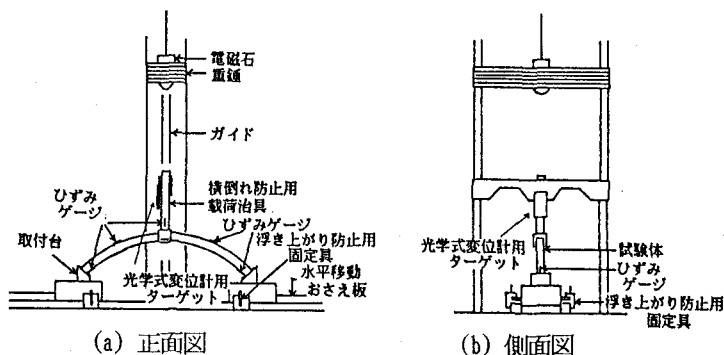


図-1 落錘式衝突実験装置

表-1 実験ケースと破壊状態

モルタル 充 填	重錘重量 (kgf)	衝突速度 (m/s)	破壊状態
なし	200	4.0	d
		4.5	d
		4.65	d → e _a
		4.8	d → e _a
		5.5	d → e _a
	100	6.6	d
		6.86	d → e _a
あり	200	4.5	d → e _b
		4.8	d → e _b
		5.5	d → e _b
	100	6.2	d → e _b
		6.23	d → e _b

表-2 鋼管の諸元

材 質	STK 41
鋼管径 (mm)	φ 27.2
肉 厚 (mm)	t 1.9
降伏応力 (kgf/cm ²)	4070
引張強さ (kgf/cm ²)	4520
伸 び (%)	28.0
断面積 (cm ²)	1.510
単位重量 (kgf/m)	1.19

表-3 モルタルの諸元

水セメント比	0.60
セメント (kgf/m ³)	710
水 (kgf/m ³)	426
細骨材 (kgf/m ³)	1065
圧縮強度 (kgf/cm ²)	347
備 考	早強セメント使用

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。試験体には座屈等横倒れを生じさせないよう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するように工夫した。実験ケースを表-1に示す。(2) 測定装置：衝撃荷重は、載荷治具下部に4枚対称に貼付したひずみゲージの平均値によって測定し、載荷点の変位は載荷治具に光学式変位計用ターゲットを取り付け測定した。またひずみゲージを図-1の位置に貼付し、ひずみを測定した。(3) 試験体：試験体はSTK41の鋼管(鋼管径φ27.2mm、肉厚t1.9mm)を曲率半径559mm半中心角47.2°のアーチ型に加工したもので、鋼管にモルタルを充填した場合と中空のままの2種類を作製した。鋼管の諸元およびモルタルの配合はそれぞれ表-2および表-3に示す。

3. 実験結果および考察

(1) 終局限界時の挙動 (a) 荷重～変位関係：図-2は中空鋼管に対する衝突実験におけるP～δ曲線である。他の実験ケースを含めてP～δ曲線では全てに共通して荷重低減時に図-2の○のような変曲点の存在が認められる。この理由は、この変曲点の近傍において、固定端のアーチ角度が上向きから下向きへと変化しているためと考えられ、アーチは図-3(d)の5点塑性ヒンジ型の破壊になっているためと思われる。よって、この

変曲点をアーチの終局限界と定義し、この点までのP～δ曲線の面積を限界吸収エネルギーと定義した。

(b) 破壊形態：先の衝撃応答実験¹⁾の範囲では、アーチは図-3の(a)～(d)のように逐次塑性ヒンジが発生していき、破壊に至っていくことが認められた。本研究では、さらに大きな運動エネルギーを与えたので、モルタル充填の有無により最終破壊形態が図-3(e)の(i)、(ii)のように異なっていることが認められた。

すなわち、中空の場合は载荷部の局部的変形が可能であるので図-3(e)の(i)のように固定端が破壊したが、モルタル充填の場合では局部的変形が拘束されるため図-3(e)の(ii)のように载荷部が破壊した。しかし、アーチの終局限界としては、図-3(d)の状態なるときと考えられ、図-3(e)は既に終局限界を越えた最終破壊のモードである。

(2) 中空鋼管とモルタル充填鋼管の比較 (a) 荷重～変位曲線：図-4は、 $W=200\text{kgf}$ 、 $V=4.5\text{m/s}$ のときの中空およびモルタル充填の場合の荷重～変位曲線を示したもので、モルタル充填の方が中空より大きな耐力を示すが、終局変位はモルタル充填の有無によらず、ほぼ等しい値を示すことが認められた。

(b) 衝撃吸収エネルギーと衝突速度：図-5は、重錘重量 $W=200\text{kgf}$ における衝撃吸収エネルギーと衝突速度との関係を、それぞれ中空およびモルタル充填の場合について示したものである。図-5より、中空の場合の限界吸収エネルギーは、 $U_0=12.0\sim16.0\text{ tonf}\cdot\text{cm}$ 、モルタル充填の場合には、 $U_0=14.0\sim18.0\text{ tonf}\cdot\text{cm}$ であることがわかる。すなわち、本試験体はモルタルを充填することにより、約15%程度の限界吸収エネルギー量の上昇が認められる。また、図-6は $W=100\text{kgf}$ の場合を示したが、図-5とほぼ同様の結果を得た。

4. 結言 本研究の成果をまとめると以下ようになる。①アーチの終局限界を、荷重～変位曲線の変曲点と定義したが、これはアーチの5点塑性ヒンジ型の破壊形態に対応するものと推察された。②本実験範囲内では、限界吸収エネルギーはモルタル充填の方が中空に比し約15%上昇することが認められた。

今後、さらに鋼管径の大きい試験体や格子型アーチの場合についても検討する必要がある。

参考文献 1) 星川、柚山、石川、飯田；鋼管円弧アーチの衝撃実験に関する一考察、土木学会第16回関東支部技術研究発表会講演概要集 pp.30～31、平成元年3月

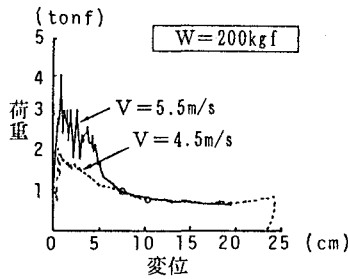


図-2 荷重～変位曲線

(中空鋼管の速度の影響)

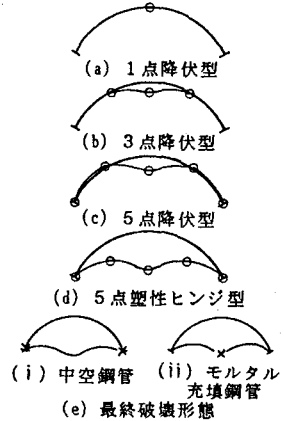


図-3 破壊形態

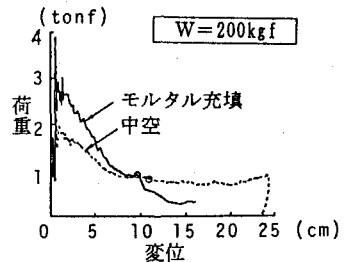


図-4 荷重～変位曲線

($V=4.5\text{m/s}$ におけるモルタルの影響)

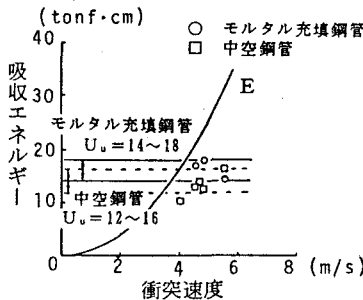


図-5 限界吸収エネルギー～衝突速度関係

($W=200\text{kgf}$ の場合)

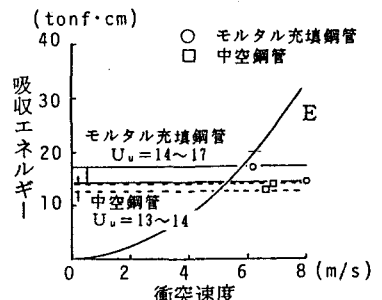


図-6 限界吸収エネルギー～衝突速度関係

($W=100\text{kgf}$ の場合)