

I-234

衝撃荷重を受けるモルタル充填鋼管はりの終局限界について

防衛大学校土木工学科 学生員○伊藤一雄 学生員 川嶋幾夫 正員 石川信隆
砂防・地すべり技術センター 正員 鈴木 宏

1. 緒言

表-1 鋼管の諸元

品名：一般構造用炭素鋼管
規格：JIS G3444 STK41
管径：φ48.6mm, φ60.5mm, φ89.1mm

透過型鋼製砂防ダムの耐衝撃性能を定量的に解明するため

には、鋼製部材あるいは構造物全体の衝撃吸収エネルギーの評価が必要である。これまで著者らは、鋼管はりの衝撃吸収エネルギーについて研究を行ってきた^{1)~2)}が、終局状態までの衝撃限界吸収エネルギーについては未解明のままであり、特にコンクリート充填の効果については不明確であった。そこで本研究は、落下式の衝撃載荷装置および高速変形負荷装置を用い、モルタル充填鋼管はりおよび中空鋼管はりについて衝撃破壊実験を行い、衝撃限界吸収エネルギーについて考察を行った。

表-2 モルタル諸元

配合 1m ³ 当り	セメント (kg)	水 (kg)	砂 (kg)
	588.2	278.8	1529.4
圧縮強度 (K _g /cm ²)	フロー値	養生	
24.0	147	室内	28日

2. 実験の概要

(1)実験装置 実験装置は、図-1に示すような自由落下により衝撃速度 $V_0 = 4.0\text{m/s} \sim 8.0\text{m/s}$ をもつ重錘（重量100~350kgf）をスパン長60cmの鋼管単純はりの中央点に衝突させ、衝突時の荷重および変位を計測するものである。

(2)計測システム 計測事項としては、①鋼管打撃用治具と重錘との間に発生する荷重をロードセルによって、②鋼管打撃用治具の変位および載荷点での鋼管下縁の変位を光学式変位計によって測定した。また鋼管には終局状態の判定のためにひずみゲージを支点から2cmの上縁に貼布した。

(3)供試体 実験に用いた供試体の鋼管は、一般構造用炭素鋼管の鋼管径の異なる3種類で長さ85cm（実スパン長60cm）を用いた。また同一鋼管についてモルタルを充填したものおよび中空のものについて実験を行った。鋼管およびモルタルの諸元をそれぞれ表-1および表-2に示す。

(4)実験ケース 実験は、3ケースについてモルタルを充填したものおよび中空のものについて鋼管径および衝突速度を組み合わせ、表-3に示すように行った。

3. 実験結果と考察

(1)破壊形態と終局変位の定義 観察の結果、モルタル充填鋼管の破壊形態は図-2のようになる。状態Aは鋼管下縁（引張側）に亀裂が生じた状態で荷重～変位曲線の変曲点として、また状態Bは鋼管の上縁まで割れる状態で荷重～変位曲線の荷重が0となる点で表わされる。よって、終局状態を状態Aとし、その変位を終局変位とした。一方、中空鋼管の破壊形態を模式的に示すと図-3のようになる。ここでは、Aの全体破壊形態のようにはり全体のたわみが増大する場合とBの局部破壊形態のように打撃点局部に鋼管断面が押しつぶされる場合に分類される。終局状態の判定はいずれも支点近くに設けた鋼管上縁のひずみが急激に増大する変曲点（図-4のひずみ～時間曲線の×印）で鋼管が全断面引張に変

表-3 実験ケースと終局破壊形態

区分	径 (mm)	重錘重量 (kg)	衝突速度 (m/s)	運動エネルギー (ton·cm)	破壊 形態
充填	48.6	250	4	46.0	破 断
		350	4	28.7	
		150	7	37.5	
	60.5	250	6	46.0	
		350	7	62.5	
		150	5	44.8	
	89.1	150	8	49.1	
		250	8	81.8	
		350	7	87.5	
中空	48.6	150	7	37.5	(局部)
		200	6	27.6	(全体)
		100	7	25.0	
		300	5	25.6	
	60.5	150	8	49.1	(局部)
		200	7	37.5	(全体)
		100	8	32.7	
		300	6	36.8	
	89.1	150	8	49.1	(局部)
		200	7	50.0	(全体)
		300	6	55.2	
		100	8	38.4	

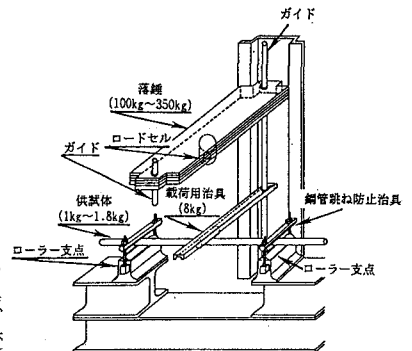


図-1 実験装置

となる。ここでは、Aの全体破壊形態のようにはり全体のたわみが増大する場合とBの局部破壊形態のように打撃点局部に鋼管断面が押しつぶされる場合に分類される。終局状態の判定はいずれも支点近くに設けた鋼管上縁のひずみが急激に増大する変曲点（図-4のひずみ～時間曲線の×印）で鋼管が全断面引張に変

化したと推定できるので、この点を終局状態とし、その時点の変位量を終局変位量とした。

(2) 荷重～変位関係 図-5に鋼管径60.5mm、衝突速度8m/s、重錘重量150kgのモルタル充填および中空（破壊形態B）の荷重～変位関係を示す。収束荷重はモルタル充填4.0ton、中空1.9tonでモルタル充填の効果により約2倍になっている。終局変位量は、モルタル充填9.0cm、中空9.1cmであり、ほぼ同じ値である。

(3) 衝撃限界吸収エネルギー 図-6に荷重～変位曲線を終局状態まで積分で求めた衝撃限界吸収エネルギーを示す。モルタル充填鋼管の衝撃限界吸収エネルギーは、載荷速度が大きくなるとやや減少する傾向がある。鋼管径ごとに $\phi 89.1$ では約52ton $\cdot$ cm、 $\phi 60.5$ では約37ton $\cdot$ cm、 $\phi 48.6$ では約19ton $\cdot$ cmとなっており、鋼管径の大きさに比例して明瞭に大きくなることわかる。一方、中空鋼管の衝撃限界吸収エネルギーは、鋼管径によりある載荷速度において突然大きな値となる。しかし、その他では載荷速度によらず、ほぼ一定の値 $\phi 89.1$ では約18ton $\cdot$ cm、 $\phi 60.5$ では約15ton $\cdot$ cm、 $\phi 48.6$ では約9ton $\cdot$ cmとなっている。モルタル充填鋼管と中空鋼管を比較すると、モルタル充填の効果で衝撃限界吸収エネルギーが概ね2.0～2.8倍となっており、モルタル充填の効果が非常に大きいことがわかる。図-7にモルタル充填鋼管の場合に対し、落錘式の衝突載荷装置と高速変形負荷装置を用いた場合の載荷方法の相違が限界吸収エネルギーに与える影響を示す。いずれの径に対しても衝突載荷（衝突速度4～8m/s）と高速載荷（載荷速度約4m/s）での限界吸収エネルギーはほとんど変わらない。これより破壊形態が同じ場合には、限界吸収エネルギーの載荷方法による影響はほとんどないと考えられる。

4. 結論

本研究の成果を要約すると以下になる。

- (1) 荷重～変位関係において、一般に収束荷重はモルタル充填の効果により中空鋼管に比し約2倍の大きになることが認められた。
- (2) 衝撃限界吸収エネルギーは、モルタルを充填することにより約2～2.8倍大きくなることわかった。
- (3) 衝撃限界吸収エネルギーに与える載荷方法（高速、低速、衝突）による影響はほとんどないことが認められた。

参考文献

- 1) 斎藤英明、石川信隆、大野友則、水山高久：
鋼管片持りの衝撃吸収エネルギーに関する基礎的研究。
土木学会 論文集，第386号1-8，1987年10月，pp321～328
- 2) 香月智、星川辰雄、石川信隆、水山高久：
鋼管はりのせん断衝撃実験について。平成元年度砂防学会
研究発表会概要集，1989年5月，pp323～326

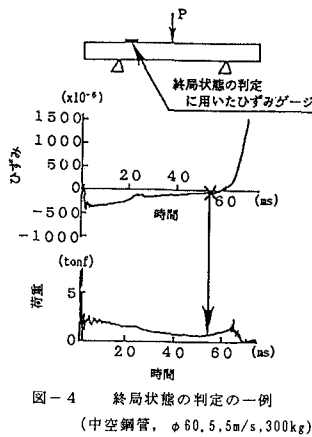


図-4 終局状態の判定の一例
(中空鋼管， $\phi 60.5$ mm/s, 300kg)

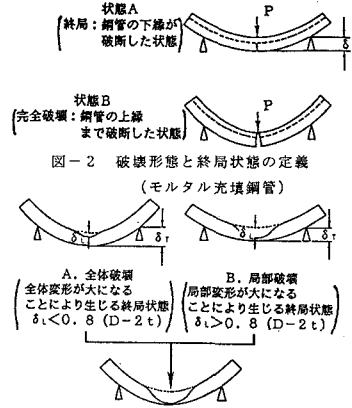


図-2 破壊形態と終局状態の定義
(モルタル充填鋼管)

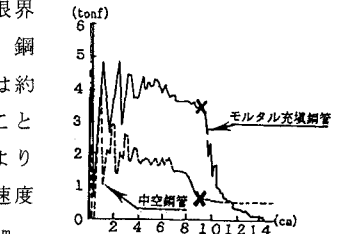


図-3 破壊形態と終局境界の定義
(中空鋼管)

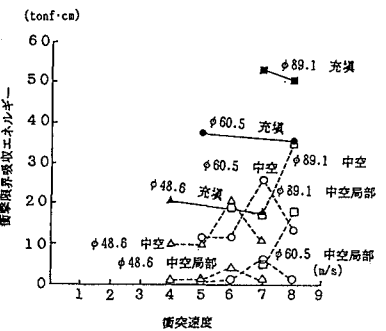


図-5 荷重～変位曲線（モルタル充填の効果）
($\phi 60.5$ mm/s, 150kg)

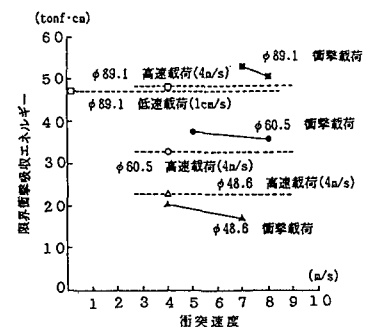


図-6 衝撃限界吸収エネルギー
($\phi 89.1$ 充填)

図-7 限界吸収エネルギー（モルタル充填鋼管）
(載荷方法の影響，高速載荷，衝撃載荷)