

87 鋼管はりのせん断衝撃実験について

防衛大学校土木工学教室 ○香月 智

同 上 星川辰雄

同 上 石川信隆

建設省土木研究所 水山高久

1. 緒 言

透過型鋼製砂防ダムは、土石流先端部にある巨礫を受けとめる機能が重要であるが、このためには、鋼管部材あるいは構造物全体の耐衝撃性能の評価が必要である。

著者らは、鋼管スリットダムの耐衝撃性を評価するために、衝撃吸収エネルギーで評価することを提案し、その基礎的研究として衝撃曲げ吸収エネルギーについて研究を行ってきた^{1), 2)}。本研究は、さらにせん断衝撃応答を解明するため、打撃位置を片持ばりの固定端により近付けた実験を行なうことにより、衝撃せん断破壊を現出させてそのせん断応答および衝撃吸収エネルギーについて考察したものである。

2. 実験の概要

(1) 実験装置 実験装置は、図-1に示すように自由落下によって衝突速度 $V_a = 4.0 \text{ m/s}$

～ 10.0 m/s をもつ重錘（重量 150 kgf ）を、直径 $\phi = 48.6 \text{ mm}$ の鋼管片持はりの固定端近くに衝突させ、衝突間の荷重および変位を計測するものである。なお、実験装置上の制約から衝突点は固定端から 20 cm 離れた点に設け、この点までを固定条件と等価とするために、図-2に示すように鋼管下部に溝型鋼のスペーサーを入れて支持した。

また、打撃点に大きな局部変形が発生しても押し込み部の形状変化の影響があまり発生しないようにするために、図-3に示す鋼管打撃用治具を作成し、これを予め打撃点にあてがったうえで、重錘を衝突させるものとした。

(2) 計測システム 計測事項としては、①鋼管打撃用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鋼管打撃用具の変位（ロードセル変位と呼ぶ）および固定端から 20 cm （打撃点）、 50 cm 、 80 cm 離れた点における鋼管下部の変位を光学式変位計によって測定した。また、これらから得られたデータは図-1に示すようにトランジェントレコーダを経て、コンピュータヘデジタルデータとして

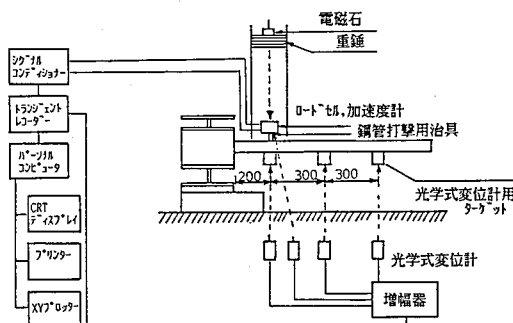


図-1 実験装置、計測システムの概要

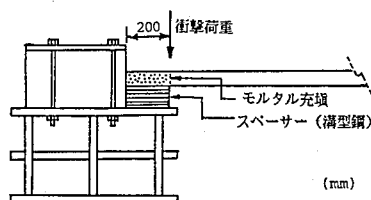


図-2 衝突点の支持状態

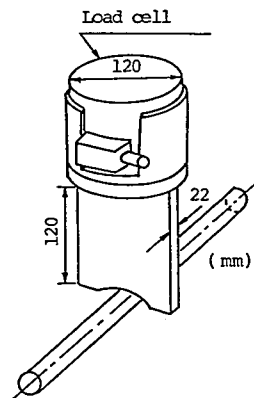


図-3 鋼管打撃用治具

表-1 鋼管の諸元

直 径	(mm)	48.6
鋼管の肉厚	(mm)	3.2
降伏点応力	(kgf/cm ²)	2400
引張強さ	(kgf/cm ²)	4800
伸 び	(%)	46
断面積	(cm ²)	4.56
断面2次モーメント	(cm ⁴)	11.8
塑性断面係数	(cm ³)	6.6
単位重量	(kgf/m)	3.58

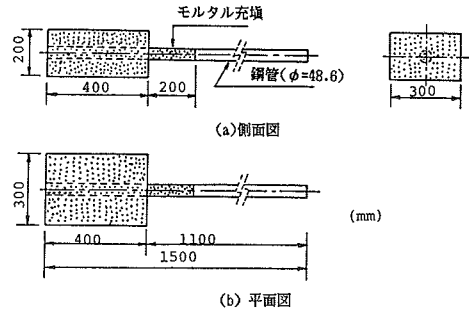


図-4 試験体の概要

表-2 実験ケース

Case No	鋼管径 φ (mm)	衝突速度 V ₀ (m/s)	重錘重量 W (kgf)	衝突位置 g (cm)	測定項目
1	48.6	4.0	150	20	1.衝突点荷重～時間
2		6.0			2.衝突点変位～時間
3		8.5			(固定端から20cm点)
4		7.0			3.変位～時間
5		8.0			(固定端から50cm点)
6		8.0			4.変位～時間
7		9.0			(固定端から80cm点)
8		10.0			5.0-10cm変位～時間

保存するものとした。

(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で J I S - G 3 4 4 4 S T K 4 1 の φ 4 8 . 6 mm のものであり、固定端から自由端までの長さは 1 1 0 cm である。供試体に用いた鋼管の諸元を表-1に示す。また、供試体の固定端側は図-4に示すようにコンクリートブロックで固定しており、この部分には抜け出し防止のため、鋼管の周りに鉄筋を溶接している。さらに、打撃部分までの剛性を高めるため打撃部直近までモルタルを充填した。

(4) 実験ケース 実験のケース区分は、供試体、重錘重量および打撃点位置は同一条件にし、衝突速度をパラメトリックに変化させることにより、表-2に示す8ケースとした。

3. 実験結果と考察

(1) 衝突速度と残留変形

全ての実験条件において衝突後の残留変形は、図-5および写真-1に示すように、打撃点に非常に大きな局部的変形、すなわち鋼管断面が押しつぶされるまたは切れるような変形が発生した。表-3に実験ケースごとの残留変形を示す。表中 a ~ e は、図-5に示した変形量に対応するものであるが、特に d は打撃部の断面が残留変形状態において保持している断面高に相当するもので、衝突速度が速くなるにつれて d は小さくなっている。特に V₀ = 8.0 m/s では d は約 1.3 cm となっているが、V₀ = 9.0 m/s 以上では全断面

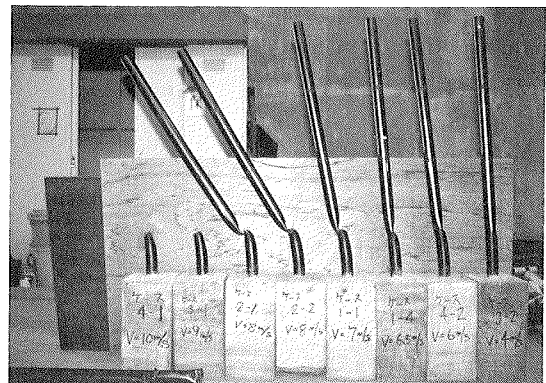


写真-1 破壊状況

が切断された。これらのことから、
本実験条件では衝突速度 $V_0 = 8.0$ m/s が、この鋼管断面の耐え得る限界の状態であるものと考えられる。

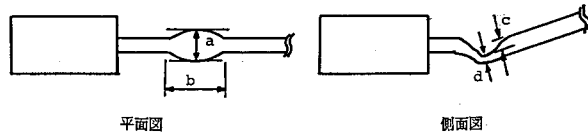


図-5 破壊(残留)変形

(2) 荷重および変位～時間関係

図-6 に衝突速度 $V_0 = 6.0$ m/s における荷重～時間関係を示す。これより、衝撃荷重は約 7 tonf の収束荷重に向かって増加し始め $t = 10 \sim 15$ msec の間は収束荷重が持続する。しかし、片持はり先端付近に衝撃荷重を与える曲げ実験¹⁾の結果と比較すると、せん断実験の収束荷重が約 1.5 倍に大きくなっていること、またその持続時間が約 1/3 に

表-3 衝突速度と残留変形

Case No	鋼管径 ϕ (mm)	衝突速度 V (m/s)	重錘重量 W (kgf)	残留変形量					備 考
				a (cm)	b (cm)	c (cm)	d (cm)	e (cm)	
1	48.6	4.0	150	5.5	5.5	0.6	4.2	1.2	
2		6.0		6.0	6.5	1.5	3.4	2.5	
3		6.5		6.3	6.4	0.9	3.8	1.9	
4		7.0		6.9	6.5	3.5	1.5	2.5	
5		8.0		7.2	9.0	3.5	1.3	3.4	
6		8.0		7.2	7.5	3.5	1.2	2.7	
7		9.0							切断
8		10.0							切断

短縮されていることなどが著しく異なっており、せん断変形が卓越することの影響が大きく現われている。一方、図-7 は変位～時間関係を示すが、変位は小さな振動応答はなく単調に増加し、 $t = 15$ msec で最大値 4.5 cm に達した後減少し始める、すなわちはね返されている。しかし、曲げ実験の場合は、はね返りの影響がなく単調に増加しており、固定端近くに衝突する場合には極めて短時間のうちに重錘の運動エネルギーを吸収する応答を示すことが認められる。

(3) 荷重～変位関係 図-8 は衝突速度 $V_0 = 4.0$ m/s, 6.0 m/s, 8.0 m/s における荷重～変位関係を示し、これより以下のことが考察される。

- ① 衝突直後の急激な荷重増加は衝突速度の増加と共に大きな最大値を表わすが、その応答変位量は 2 mm 以下と極めて小さい。
- ② 収束荷重は、衝突速度にかかわらずほぼ同じ大きさと傾向をもち、その領域の荷重～変位関係は

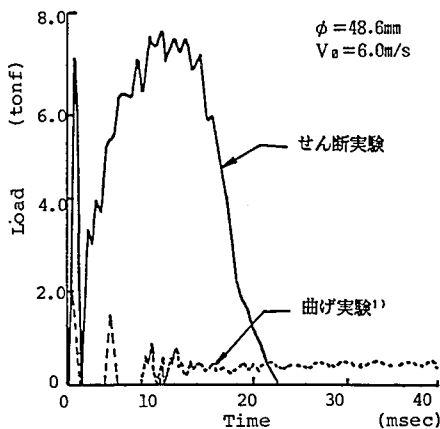


図-6 荷重～時間関係

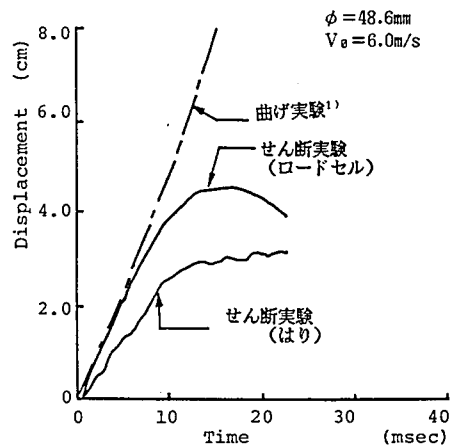


図-7 変位～時間関係

静的な硬化型の弾塑性応答と同じ応答の形を示している。

③ 衝突速度の増大にともない最大変位は顕著に増加しており、これが衝撃吸収エネルギーの増加に大きな影響を及ぼすことが分る。

(4) 衝撃吸収エネルギー 図-9に各実験ケースごとの衝撃吸収エネルギー～衝突速度関係を示す。ここで示した衝撃吸収エネルギーは、荷重～変位関係において重錘がはね返される場合にはその最大変位までの、はね返されず鋼管が切れた場合には荷重が0 kgfとなるまでの荷重と変位の積を求めたものである。これより以下のことが考察される。

① 鋼管が切れることなく、重錘が跳ね返された衝突速度 $V_a = 8.0$ m/s以下の吸収エネルギーは、衝突前に重錘が持っていた運動エネルギーから若干小さな値となるが、ほぼ同じ値となっている。

② 鋼管が切れる衝突速度 $V_a = 9.0$ m/s, 10.0 m/sでの吸収エネルギーは、 $V_a = 8.0$ m/sのものと同等または小さな値を示し、与えた運動エネルギーを吸収しきれなくなることが分る。

③ これらのことから、本実験条件下においてこの鋼管は、 $V_a = 8.0$ m/s以上の衝突速度に対して衝撃限界吸収エネルギーが存在し、その値は約40 tonf・cmであると考えられる。

4. 結 言

本研究は固定端近くに衝突荷重を受ける鋼管片持ばりのせん断応答について実験的に考察したものである。本研究の成果を要約すると以下のようになる。

① 固定端近くに衝撃荷重を受ける鋼管はりは、打撃点の断面がつぶされるとともに、衝突速度が大きくなると切れる局部応答が顕著に現われた。

② 衝撃吸収エネルギーは、衝突速度 $V_a = 8.0$ m/sを境に限界吸収エネルギー（約40 tonf・cm）となるため、運動エネルギーを全て吸収しきれなくなり、切断されるようになった。

③ 限界吸収エネルギーと断面諸元との関係についてはさらに理論的検討を含めた研究が必要である。

参考文献 1) 齋藤英明, 石川信隆, 大野友則, 水山高久: 鋼管片持ば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, pp.321~328, 1987年10月。

2) 齋藤英明, 大野友則, 石川信隆, 水山高久: 局部変形を考慮した鋼管片持ばりの衝撃吸収エネルギーに関する実験的研究, 構造工学論文集, vol.35A, 1989年3月。

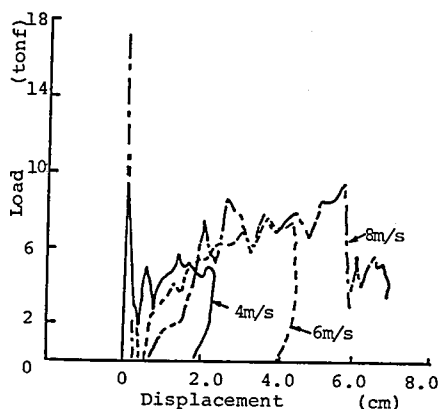


図-8 荷重～変位関係

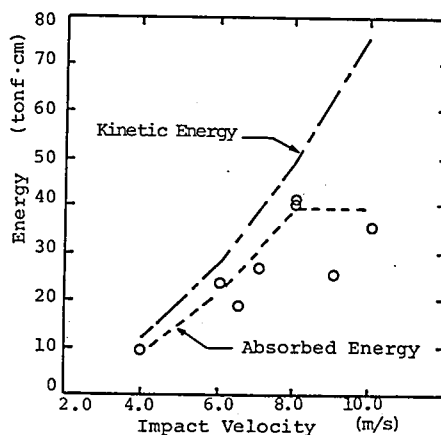


図-9 吸収エネルギー～衝突速度関係