

1. 緒言

土石流中の巨礫を捕捉するため、鋼製スリットダムが数多く建設されている。鋼製スリットダムの設計にあたり、荷重として巨礫による衝突荷重と土石流流体圧・堆砂圧の2種類を考えなければならない。本研究では、鋼製スリットダムの耐用年数、安全性の向上を目的として、主構造物の前面に薄肉鋼管はりを単純支持で設置し、その薄肉鋼管に巨礫の衝突エネルギーを吸収させ、構造物本体に作用する荷重を軽減させる構造形式を提案する。つまり薄肉鋼管はりを緩衝材として利用しようというものである。そこで、本研究では、薄肉鋼管はりの巨礫衝突時の変形を把握するため、落錘実験により衝撃荷重に対する薄肉鋼管はりの局部変形量ならびに支点反力の大きさを調べたものである。

2. 落錘実験の概要

2.1 実験装置

実験は落錘式衝突実験装置を用い、ガイドを通じて重錘を自由落下させて薄肉鋼管はりに衝撃力を与えた。

2.2 実験ケース

緩衝材として用いる薄肉鋼管としては、市販されている2種類の鋼管(鋼管径 609.6mm, 肉厚 7.3mm, 径厚比 83 および鋼管径 914.4mm, 肉厚 7.8mm, 径厚比 117, 材質 STK490:降伏応力 3.20tf/cm²)を対象とした。しかし、模型実験で用いる鋼管サイズでは、肉厚が薄く同じ材質では鋼管を作成することができないため、冷間圧延鋼板(SPCC:降伏応力 1.82tf/cm²)を用いて供試体を作成することにした。つまり、表-1 に示すとおり、Type Aとして鋼管径 165.2mm, 肉厚 2.0mm(相似比 3.69, 径厚比 83)と Type Bとして鋼管径 267.4mm, 肉厚 2.3mm(相似比 3.41, 径厚比 116)を用いた。また、Type Aでは、0.8m, 1.2m, 1.6m, Type Bでは、1.0m, 1.4m, 1.8mの3種類のスパン長の供試体を用意した。実験では、巨礫重量を2.0tfから3.0tf、衝突速度を5.0m/sから11.0m/sを想定して、重錘重量および落下速度を決定した。荷重方法としては、重錘をスパン中央に落下させるスパン中央荷重と支点上に落下させる支点上荷重の2種類を行い、さらに、鋼管の両端に Type Aは2本、Type Bは1本のボルトを通して支点付近を補強したボルト付き鋼管に対しても、2種類の荷重方法で実験を行い、合計 42 体の供試体を用いた。写真-1 にボルト補強した鋼管を、図-1 にボルトの設置位置を示す。

2.3 測定項目

測定項目は、重錘加速度、支点反力およびはり下変位の3項目である。支点反力はロードセル、はり下変位はレーザー式変位計を用いて計測した。測定した重錘加速度と重錘質量より荷重点荷重を求め、重錘加速度を2回積分することにより荷重点変位を求め、局部変形量は、荷重点変位からはり下変位を引いた値を採用した。なお、残留局部変形量をノギスで測定した。

表-1 実験ケース一覧

荷重方法	重錘重量 (kgf)	断面			スパン
		D(mm)	t (mm)	D/t	L(m)
単一 荷重	128.54	165.2	2.0	83	スパン中央 ↓ △
					△
					△
	181.76	267.4	2.3	116	△
					△
					△
単一 荷重	128.54	165.2	2.0	83	支点上 ↓ △
					△
単一 荷重	181.76	267.4	2.3	116	△
					△

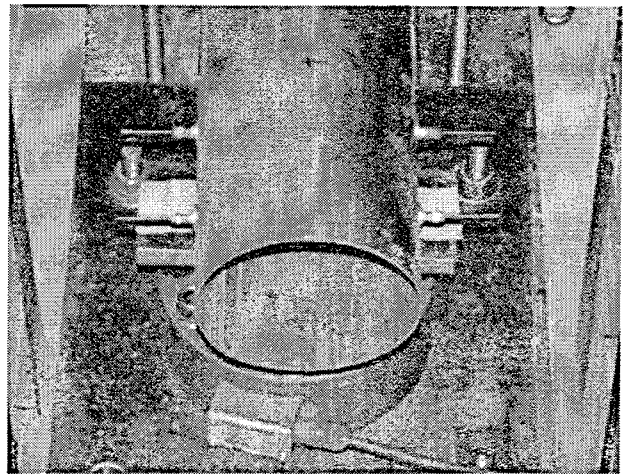


写真-1 ボルト補強した鋼管 (Type A の場合)

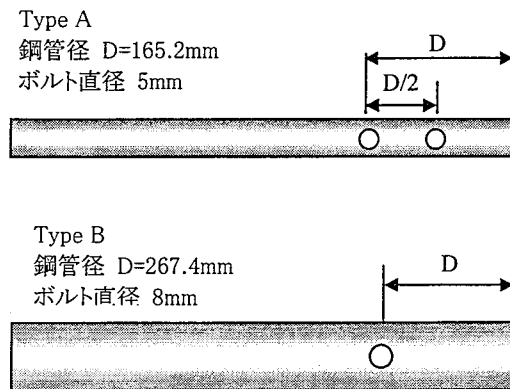


図-1 ボルトの設置位置

3.実験結果及び考察

3.1 スパン中央載荷におけるスパン長の影響

式(1)に示す修正 Ellinas 式は、両端固定の鋼管はりに対する衝突エネルギーと局部変形率(=局部変形量/鋼管径)の関係を表した式である。修正 Ellinas 式は鋼管はりに対して局部変形のみを考慮しているため、鋼管はりの長さが変数として取り込まれていない。

$$E = \frac{48.3}{1.8} \cdot D_o^{0.11} \cdot \sigma_y \cdot t^2 \cdot D^{0.89} \cdot \alpha^{1.8} \quad (1)$$

ただし E:運動エネルギー、 D_o :荷重体直径、 σ_y :降伏応力、t:鋼管肉厚、D:鋼管径、 α :局部変形率(= δ_L/D)、 δ_L :局部変形量

図-2 に本実験により得られた衝突エネルギーと局部変形率(=局部変形量/鋼管径)の関係を各鋼管タイプごとに示す。また図中に修正 Ellinas 式より求めた衝突エネルギーと局部変形率の関係を付け加えている。実験により得られた結果では、Type A、Bともにほとんどの場合で修正 Ellinas 式による値よりも小さくなるのがわかった。これは、単純支持された鋼管はりの設計において、修正 Ellinas 式を用いた場合、設計値は安全側であることを示している。しかし、Type B でスパンが1.0mの場合、衝突エネルギーが大きくなるにつれ、修正 Ellinas 式による局部変形率よりも実験値が大きくなるのがわかる。また、スパン長が長くなるにつれ、一般に局部変形率が小さくなることも認められた。

3.2 スパン中央載荷におけるボルト補強の影響

図-3 にボルト補強の有無による衝突エネルギーと局部変形率の関係を各鋼管ごとに示す。Type A、Bともにボルト補強により局部変形が小さくなっており、ボルト補強は局部変形を抑制できる効果があることが認められた。

3.3 支点直上載荷におけるボルト補強の影響

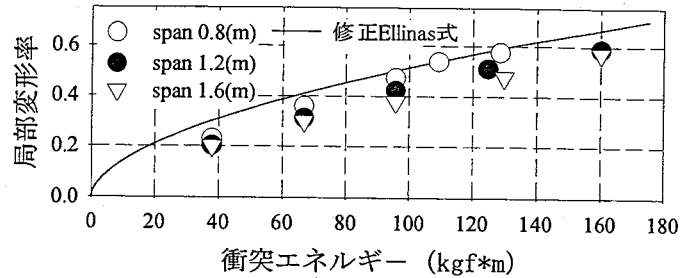
表-2 に支点直上載荷実験における、衝突エネルギーと載荷点荷重ならびに支点反力の関係を各鋼管ごとに示す。図より、ボルト補強の有無にかかわらず、支点反力の大きさは載荷点荷重よりもかなり小さくなっており、緩衝効果が表れていることがわかる。しかし、ボルト補強を行うと、支点反力の大きさが Type A では約 40%~60%、Type B では約 10%~20%大きくなるのが確認された。これは、Type A ではボルトが 2 本補強されて剛性が增强されるため、支点直上載荷の場合は支点反力がボルトなしに比べ、衝突エネルギーが増大するに伴い大きくなるものと思われる。

4.結言

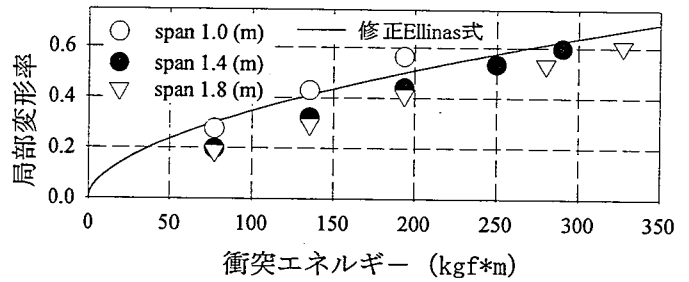
- (1) 両端単純支持された鋼管はりの局部変形量は、修正 Ellinas 式による推定値よりも小さな値を示した。
- (2) 両端単純支持された鋼管はりにおいては、スパン長が長くなるにつれ局部変形量が小さくなるのがわかった。
- (3) ボルト補強を行うことにより、局部変形が抑制される効果があったが、逆に支点反力が大きくなるのがわかった。

参考文献

1)星川辰雄ら:局部変形とひずみ速度効果を考慮した鋼管固定はりの衝撃応答変位, 土木学会論文集, No.513/I-13, pp.101-115, 1995.4.

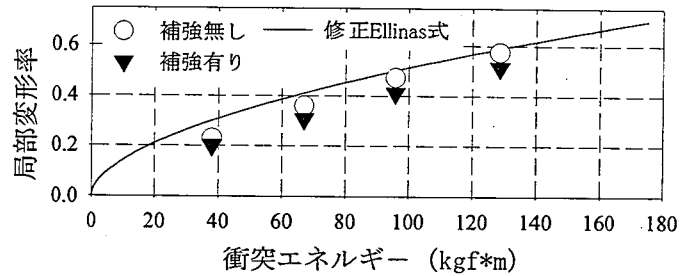


(a) Type A の場合

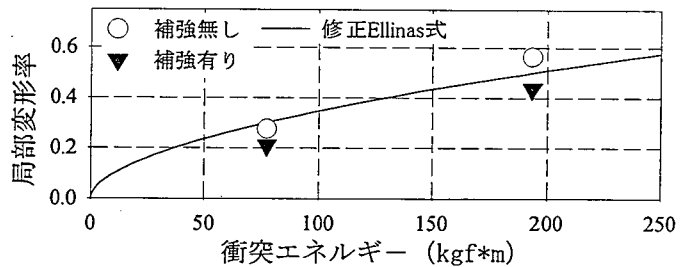


(b) Type B の場合

図-2 衝突エネルギーと局部変形率の関係



(a) Type A の場合



(b) Type B の場合

図-3 ボルト補強の有無による局部変形率

表-2 支点直上載荷における載荷点荷重と支点反力

(a) Type A の場合

衝突エネルギー (kgf*m)	載荷点荷重 (tf)	支点反力(tf)	
		ボルト無し	ボルト有り
37.92	1.44	0.46	0.66
95.76	2.68	0.56	0.91

(b) Type B の場合

衝突エネルギー (kgf*m)	載荷点荷重 (tf)	支点反力(tf)	
		ボルト無し	ボルト有り
77.25	1.67	0.53	0.63
95.76	3.02	0.92	0.98