

(I - 20) 半球状の重錘落下による薄肉鋼管はりの局部変形に関する実験的研究

防衛大学校 学生員 角田正昭 防衛大学校 正会員 梶田幸秀
防衛大学校 フェロー 石川信隆 (株)NKK ライトスチール 正会員 福知 脩

1.緒言

土石流中の大きな巨礫を捕捉し、小さな砂利や水は下流に流すことのできるオープン式の鋼製砂防ダムが数多く建設されている。この鋼製砂防ダムの設計に当たっては、荷重として巨礫の衝突エネルギーと堆砂圧の2種類を考えなければいけない。本研究では、この鋼製砂防ダムの主構造物の全面に薄肉鋼管はりを単純支持で設置し、その薄肉鋼管はりに巨礫の衝突エネルギーを吸収させ、構造物本体には堆砂圧に抵抗するという新しいタイプの砂防ダムを提案するもので、その前提条件として巨礫衝突による薄肉鋼管はりの変形を把握するための重錘落下実験を行ったものである。すなわち、現在まで鋼製砂防ダムに用いられた鋼管は、構造物本体が変形することにより巨礫の衝突エネルギーを吸収する必要があったため、径厚比(鋼管径/肉厚)が40以下の厚肉鋼管であったが、今回主構造物前面に設置する鋼管は、鋼管そのものの局部変形によりエネルギーを吸収するため径厚比80以上の薄肉鋼管を使用し、衝撃荷重に対する鋼管の局部変形量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、図-1に示すような落錘式衝突実験装置を用いて、半球状の重錘を供試体にガイドを通じて自由落下させ、衝撃を与えた。供試体は両端単純支持により設置している。写真-1に供試体の設置状況を示す。

2.2 供試体

本実験では、市販されている2種類の薄肉鋼管(鋼管径609.6mm, 肉厚7.3mm, 径厚比83.5および鋼管径914.4mm, 肉厚7.8mm, 径厚比117.2, 材質STK490:降伏応力 3.20tf/cm^2)を対象とした。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(SPPC:降伏応力 1.82tf/cm^2)を用いて供試体を作成することにした。本実験で用いた供試体サイズは、それぞれ鋼管径165.2mm, 肉厚2.0mm(相似比3.63, 径厚比82.6)と鋼管径267.4mm, 肉厚2.3mm(相似比3.38, 径厚比116.2)である。ここで、鋼管径165.2mmの小さいタイプをType A、鋼管径267.4mmの大きいタイプをType Bと呼ぶ。また、Type A、Type Bともに3種類のスパン長、Type Aでは、0.8m、1.2m、1.6m、Type Bでは、1.0m、1.4m、1.8mの供試体を用意した。実験では、巨礫の重量が $2.0\text{tf}\sim 3.0\text{tf}$ 、衝突速度を $5.0\text{m/s}\sim 11.0\text{m/s}$ を想定し、それぞれの鋼管タイプの各スパン長に対して5種類の衝突速度(衝突エネルギー)を設定した。すなわち実験ケースは、鋼管径2種類、スパン長3種類、衝突速度5種類の計30ケースとなるが、Type Bのスパン長1.0mのみ衝突速度は3種類で行ったため、計28ケースで実験を行った。表-1に実験で用いた重錘重量、重錘直径、衝突速度、衝突エネルギーと実際対応になおした巨礫の重量、巨礫の直径、衝突速度、衝突エネルギーを示す。なお、相似則としてはフルード則を用いており、衝突速度に関しては、それぞれの鋼管タイプにおいて実験を行った衝突速度の最大値と最小値を表している。

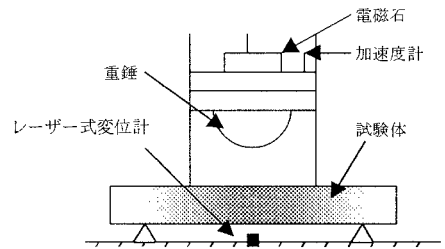


図-1 落錘衝撃実験装置

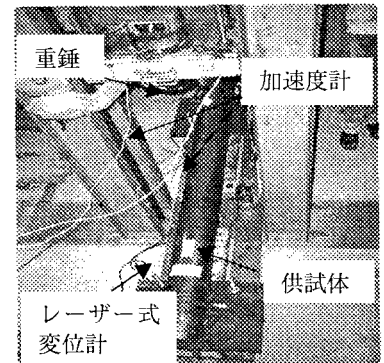


写真-1 供試体の設置状況

表-1 実験に用いた諸元

	SPCC 実験モデル		STK490 実物対応	
	Type A	Type B	Type A	Type B
相似比	3.63	3.38	-	-
鋼管径 D(mm)	165.2	267.4	609.6	914.4
肉厚 t(mm)	2.0	2.3	7.3	7.8
径厚比 D/t	82.6	116.2	83.5	117.2
重量 (kgf)	129	180	2450	3090
重錘直径(mm)	22	22	125	135
衝突速度 (m/s)	2.41	2.90	5.22	5.99
	4.94	5.94	9.41	10.92
衝突エネルギー ($\text{kgf}\cdot\text{m}$)	38.1	77.4	3400	5650
	129	327	6170	12627

キーワード: 鋼製砂防ダム、修正エリナス式、局部変形量

連絡先: 〒239-8686 神奈川県横須賀市走水 1-10-20 TEL: 0468-41-3810 FAX: 0468-44-5913

2.3 測定項目

測定項目は、重錘加速度、はり下変位および両支点反力の4項目である。両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載荷点荷重を求め、重錘加速度を2回積分することにより載荷点変位を求めた。また、鋼管の局部変形量は載荷点変位からはり下変位を引くことにより求めている。

3. 実験結果及び考察

3.1 局部変形率の定義

ここでは、図-2のように測定された局部変形と鋼管径で除した値を局部変形率(=局部変形量/鋼管径)と名付け、これを衝突エネルギー(重錘重量×落下高さ)との関係で以下に考察することにした。ここで基準として、従来の鋼製砂防ダムの局部変形量を求めるのに用いられている Ellinas 式¹⁾や星川ら²⁾によって提案された式(1)の修正 Ellinas 式を用いることにする。

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

ただし E:運動エネルギー Do:載荷体直径 σ_y :降伏応力
t:鋼管肉厚 D:鋼管径 α :局部変形率

式(1)の修正 Ellinas 式は両端固定の鋼管はりに対して局部変形のみを考慮しているため、鋼管はりの長さ変数として取り込まれていない。

3.2 修正 Ellinas 式と実験結果について

図-3に本実験により得られた衝突エネルギーと局部変形率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、Type B と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ことがわかった。これは、単純支持された鋼管の設計においても修正 Ellinas 式を用いた場合、設計値は安全側になることを示している。しかしながら、Type B のスパンが 1.0m の場合、衝突エネルギーが大きくなると、修正 Ellinas 式による局部変形率よりも実験値が大きくなるがわかる。

3.3 スパン長の局部変形量に与える影響

図-3より、単純支持された薄肉鋼管はりの局部変形量を算定する際にスパン長の影響は無視できないことがわかった。Type A、Type B についていずれも、同一の衝突エネルギーに対してはスパン長が長くなると、局部変形率は小さくなるがわかった。これは、スパン長が長くなると衝突エネルギーがより変形の方へ吸収され易く、したがって、局部変形の方がそれに伴い小さくなったものと思われる。

4. 結論

- (1) 両端単純支持された鋼管はりの局部変形量は、両端固定で支持された鋼管はりのそれよりも小さな値を示した。
- (2) 両端固定支持の鋼管はりの局部変形量を求める際にスパン長の影響はないが、両端単純支持された鋼管はりにおいては、スパン長の影響をかなり受け、スパン長が長くなると局部変形量が小さくなるがわかった。今後は、スパン長を考慮した新たな局部変形量の推定式を求めることが必要と考えられる。

参考文献

- 1) Charles P. Ellinas and Alastair C. Walker : Damage on Tubular Bracing Member, IABSE Colloquium, Copenhagen, Vol.42, 1983.
- 2) 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.

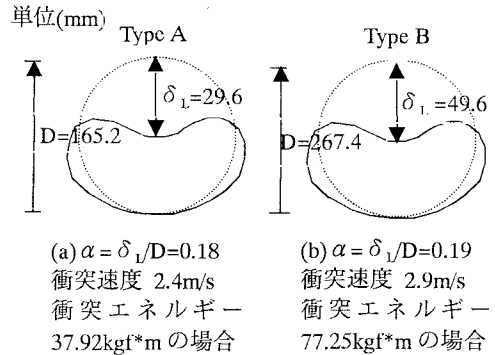


図-2 薄肉鋼管はりの局部変形率 α の算定の一例

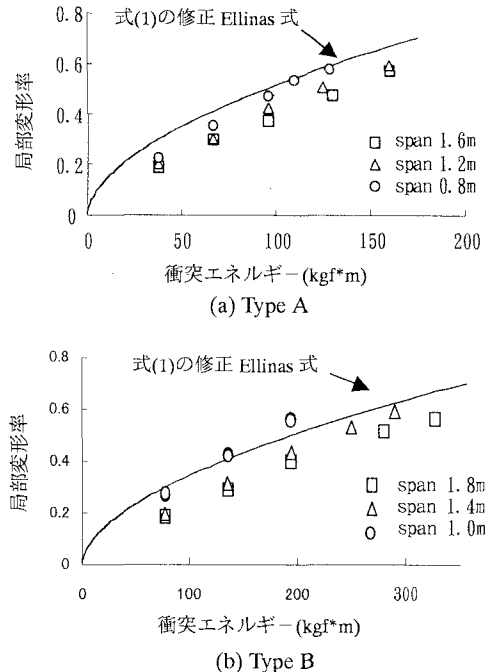


図-3 衝突エネルギー～局部変形関係