

(I-27) 礫衝突による損傷を受けた中空鋼管に対する高速載荷曲げ実験

防衛大学校 正会員○白石博文 正会員 梶田幸秀 正会員 香月 智 正会員 石川信隆

1. 緒言

格子形鋼製砂防ダムをはじめとする鋼製スリット式砂防ダムには中空鋼管が多く用いられており、これまで健全な鋼管部材の礫衝突に関する研究が数多くなされてきた¹⁾。しかしながら、礫衝突を受けた鋼管部材に対し、補修または交換が必要であるかどうかの判定を行うためには損傷後の鋼管の耐力評価を行う必要がある。そこで本研究は、礫衝突により損傷を受けた中空鋼管に対し、静的および高速載荷曲げ実験を行い、鋼管の残存耐力を求め、へこみ変形と残存耐力の関係および載荷速度が損傷鋼管の残存耐力に与える影響について検討を行ったものである。

2. 実験の概要

2.1 供試体

実験に用いた鋼管は、一般用炭素鋼管(JIS G3444 材質 STK400)であり、直径 139.8mm、長さ 1000mm、肉厚 3.5mm(径厚比 40)のものである。実鋼製砂防構造物では径厚比 20~50 程度の鋼管が使用されており、本実験においてもこの値をもとに鋼管を選定した。

実験は 2 段階に分けて行った。まず第 1 段階として写真-1 に示す落錘式衝撃載荷実験装置を用いて重錘を中央に落下させて鋼管中央部にへこみ変形を発生させた。次に第 2 段階として、写真-2 に示す高速載荷実験装置を用いてへこみ変形のある鋼管に対し、静的および動的曲げ実験を行い残存耐力を評価した。

2.2 重錘落下実験

重錘落下実験は、重錘の高さを徐々に上げて落下させ、鋼管中央部にへこみを発生させた。また、図-1 に示すように、はり変形を防止するためにスパン長を短く(600mm)し、へこみ変形のみを発生させる工夫をした。重錘質量は 200kg、重錘先端部は直径 220mm の半球状である。

2.3 静的・高速載荷曲げ実験

静的および高速載荷(載荷速度 4.0m/s)曲げ実験は、図-2 に示すように、へこみ部を下側(圧縮側)にし、片持ちばりにより耐力を評価した。この理由は、図-3 のように単純ばりのままへこみ変形を有する鋼管の曲げ耐力を評価しようとする、さらにへこみ(局部変形)を増大させた後、はり変形へ移行するため、各へこみ率における真の耐力を測定できないためである。そこで、図-4 のように片持ちばりにし、単純ばりと同様にへこみ部に圧縮力が生じるように載荷すれば、へこみ変形を促進させることなく、へこみ変形を受けた鋼管の曲げ耐力を測定できると考えた。また、実験の容易さから図-5 のようにへこみ部を下にして片持ちばりの先端部を上から載荷すれば、図-4 と同じ力学的関係となり、適切にへこみ変形を受けた鋼管の曲げ耐力を測定できると判断した。また、鋼管

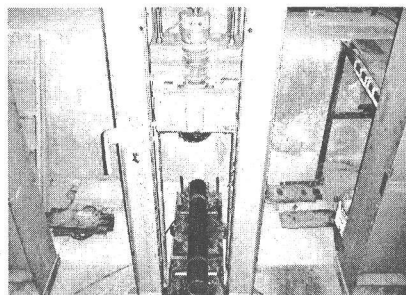


写真-1 落錘式衝撃載荷実験装置

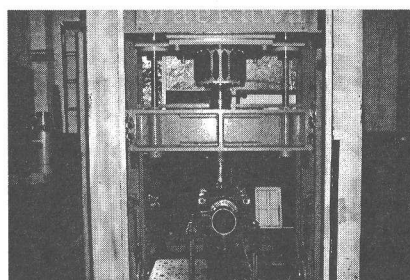


写真-2 高速載荷実験装置

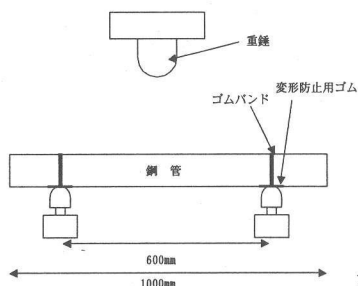


図-1 重錘落下実験概要図

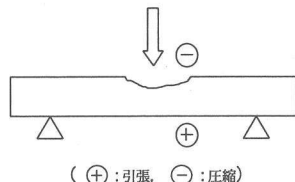


図-3 単純ばりによる曲げ耐力評価

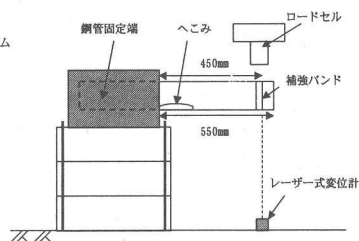


図-2 静的・高速載荷曲げ実験の概要図

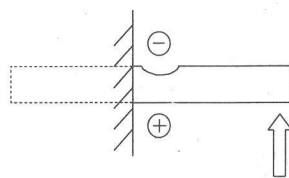


図-4 片持ちばりによる耐力評価(方法 1)

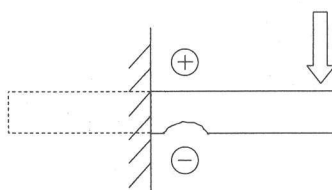
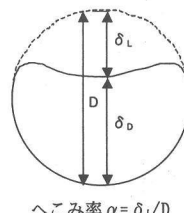


図-5 片持ちばりによる耐力評価(方法 2)



へこみ率 $\alpha = \delta_L / D$

図-6 へこみ率の定義

キーワード：損傷鋼管、残存耐力、高速載荷実験

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

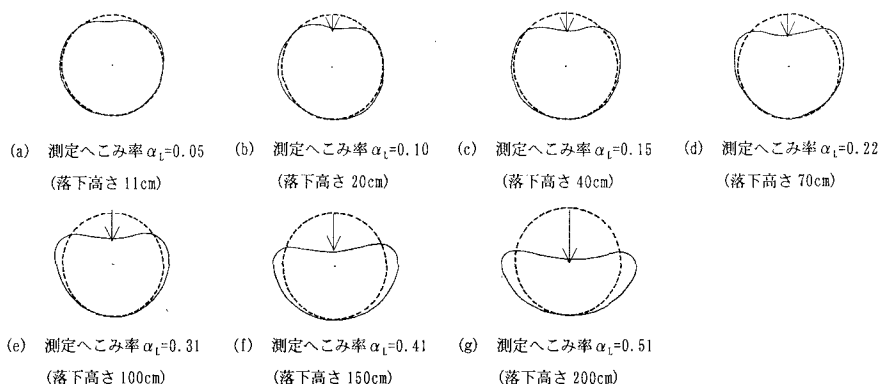


図-7 鋼管のへこみ状況

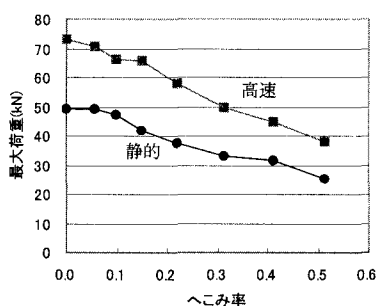


図-8 最大荷重～へこみ率関係

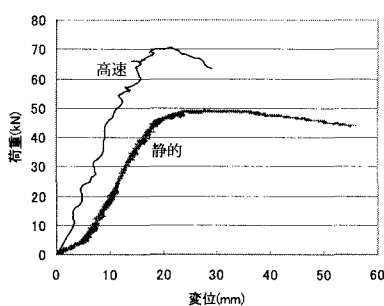


図-9 荷重～変位関係(へこみ率 0 の場合)

表-1 重錘落下高さと測定へこみ率

	t=3.5mm	
	重錘落下高さ (cm)	測定へこみ率
1	0	0.00
2	11	0.05
3	20	0.10
4	40	0.15
5	70	0.22
6	100	0.31
7	150	0.41
8	200	0.51

中心位置(500mm)はへこみ変形により楕円状になっており、固定治具による固定が不可能なためスパン長は550mmとし、載荷位置は固定端より450mmとした。

2.4 測定項目

重錘落下実験については、鋼管に損傷を与えることが主目的であり、本実験では損傷の度合いをへこみ率という物理量で表した。へこみ率とは、図-6に示すように重錘落下実験後の損傷部の断面径(δ_D)をノギスにより測定し、鋼管のへこみ量($\delta_L = D - \delta_D$)を求め、鋼管径 D で無次元化したものである。曲げ実験については、ロードセルによる載荷点荷重とレーザ式変位計による載荷点変位の2種類を測定した。

3 実験結果と考察

3.1 重錘落下実験

表-1に重錘落下高さと測定へこみ率を、図-7に重錘載荷点の鋼管の断面図を示す。鋼管の断面図は、鋼管の外周に軟質の針金を沿わせ複写する方法を用いた。図-7より、へこみの増大に伴い、横方向につぶれるようにして鋼管断面が変形していることがわかる。

3.2 静的・高速載荷曲げ実験

静的および高速載荷実験から得られた最大荷重(耐力)とへこみ率 α_L の関係を図-8に示す。図中の丸印が静的載荷、四角印が高速載荷の結果である。静的実験結果をみると、へこみ率 0.1 までは鋼管の残存耐力は無損傷鋼管とほとんど変わらず、へこみ率が 0.15 を超えるとほぼ直線的に低下し、へこみ率 0.5 で無損傷鋼管の約 50% となっている。高速載荷実験においても静的実験とほぼ同様の傾向を示し、へこみの増大とともに最大荷重は低下することが認められた。また、各へこみ率における静的実験結果と高速載荷実験結果の最大荷重を比較すると、高速載荷の場合は最大荷重が約 40~50% 増加しており、損傷を受けた鋼管においても載荷速度が速くなると鋼管の耐力は見かけ上増加することが認められ、この鋼管の耐力増加はひずみ速度効果によるものである。一方、鋼管の変形性能は図-9のように減少し、エネルギー吸収は高速の場合の方が小さくなることわかる。

4 まとめ

本研究の成果

- (1) 損傷を受けた鋼管の残存耐力は、静的および高速とも鋼管のへこみ率の増大に伴い低下する。
- (2) 高速載荷における最大荷重は静的に比し、約 1.4~1.5 倍となる。一方、変形性能は低下するため、載荷速度が速くなることにより鋼管のエネルギー吸収は減少することがわかる。

参考文献

- 1) 斎藤英明, 石川信隆, 大野友則, 水山高久: 鋼管片持ち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/I-8, pp. 321-328, 1987.10