

I-803

鋼管はり部材の動的終局限界について

防衛大学校 正員 ○石川 信隆

同 上 正員 星川 辰雄

(財)砂防・地すべり技術センター 正員 阿部 宗平

九州大学 正員 彦坂 照

1. 緒言 現在, 土石流対策砂防施設としてA型およびB型スリットダムや格子型構造等の透過型鋼製砂防ダムが建設されている。これらの砂防ダムの設計基準は, 構造系の許容最大変形量をフレーム高さの2%, また格子型の場合は局部変形を除いたはり変形が弾性限界の20倍以下と定められている¹⁾。しかし, これらの基準は特に明確な根拠があるわけではない。本研究は, 透過型鋼製砂防構造物の設計基準を統一的に定めることを目的として, 鋼管はり部材の終局限界状態を定性的かつ定量的に定めようとするものである。一般に, 土石流中の巨礫を受ける鋼管構造物の変形は, 局部変形と部材または構造物全体の変形とに分けられるが, ここでは, 局部変形を取り除いた部材全体の変形の限界値, つまり塑性回転容量を径厚比 D/t の関数として高速載荷実験により求めようとするものである。

2. 実験の概要

2.1 静的および高速載荷実験 実験は, 高速変形荷重装置(載荷速度 静的 0.1m/s ~ 高速 4m/s)を用いて, 図-1に示すように載荷板下面にロードセルおよび載荷治具を取り付けて載荷した。試験体の構造は, 最も塑性回転容量を評価し易い片持りであり, 図-1に示す固定用治具によって固定部をボルト締めして固定した。測定は, 載荷点荷重, 変位およびひずみについて行った。

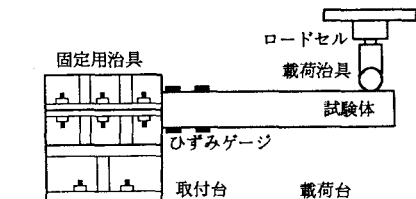


図-1 実験装置

2.2 試験体 本実験に用いた試験体は, 一般構造用炭素鋼管 STK400 で, 図-2に示すように, 各鋼管の30cmを固定用治具内に挟み込み, また先端から5cmの部分に局部めり込みの発生を防止するためコンクリートを充填し, 載荷は先端から5cmの部分に行うようにした。

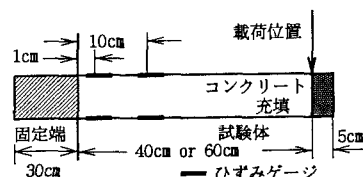


図-2 試験体

2.3 実験ケース 本実験においては, 鋼管径および肉厚の異なる5種類の鋼管に対し, スパン長が40cmおよび60cmの場合について, 静的および高速載荷実験を各10ケースずつ行った。

3. 実験結果と終局限界の定義

3.1 荷重～変位関係 図-3に, 静的載荷および高速載荷実験から得られた荷重～変位関係の一例を示す。図より, 高速載荷の場合は, ひずみ速度効果等の影響により, 荷重が大きくなっていることが認められる。また静的載荷の場合, 最大荷重に達した以降は荷重が緩やかに減少しているのに対し, 高速載荷の場合は比較的急に荷重が低下していることが認められる。さらに, 図-3の●印は荷重が低下しはじめた点, また△印は荷重が90%まで低下した時点を示している。

3.2 破壊形態 写真-1(a)は, 固定端下側に局部座屈が発生しているが, まだ固定端での鋼管の偏平化は進展していない変形状態を, また写真-1(b)は, 局部座屈がさらに進展した変形状態を示したものである。図-4は, 静的および高速載荷実験における荷重～ひずみ関係を示したもので, 最大荷重点付近においてひずみの増加の傾向が変化する点(×印の点)の存在が認められる。この点は図-3の●印点に対応しており, 図-4からも局部座屈が発生していることが分かり, これが写真-1(a)に対応している。そこで, 鋼管はり部材の

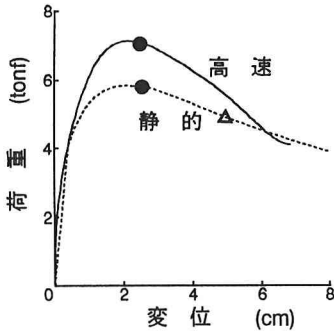


図-3 荷重～変位関係
(D 139.8 t 3.5 L 40cm)

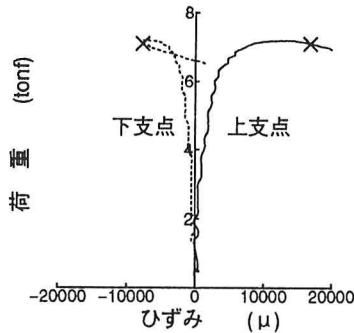
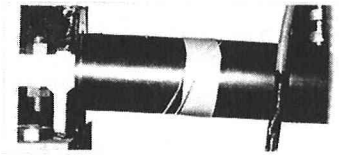
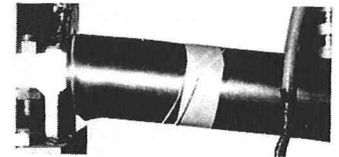


図-4 高速載荷実験における
荷重～ひずみ関係
(D 139.8 t 3.5 L 40cm)



(a) 荷重低下開始時
(局部座屈発生時)



(b) 荷重低下後

写真-1 破壊形態

動的終局限界を局部座屈が発生した時点（図-3の●印および図-4の×印の点）と定義して、以下に述べる塑性回転容量を算定した。

3.3 塑性回転容量 図-3の荷重～変位関係において、最大荷重時およびひずみの増分が変化する時の変位に着目して、次式により塑性回転容量を算定した。

$$\theta_P = \delta_P / L \quad (1)$$

ただし、 θ_P : 塑性回転容量、 δ_P : 塑性変位量 ($= \delta_u - \delta_e$, δ_u : 終局変位、 δ_e : 弾性変位)、 L : スパン長。ここで、終局変位は図-3の●印の変位を、また弾性変位は、弾性範囲の直線と曲線が分岐する点の変位を用いた。

図-5および6は、静的および高速載荷実験から得られた塑性回転角～径厚比関係をそれぞれ $L = 40\text{cm}$ および $L = 60\text{cm}$ の場合について示したものである。図中に、越智ら²⁾の研究から得られた結果についても併せて図示する。図より、径厚比の増加に伴い、塑性回転角は減少していることが認められる。また図-5、6より、越智ら²⁾の研究結果は、静的載荷の場合はよく一致するが、高速載荷の場合は実験値よりかなり大きめの値を示している。そこで本研究では、高速載荷を受ける場合の塑性回転容量の評価式として、実験結果を最小自乗法を用いて近似することにより、図中に点線で示すような次式で評価できるものとした。

$$\theta_P = 1.355 / (D/t) \quad (2)$$

4. 結論 本研究から得られた成果を要約すると、以下の通りである。

(1) 鋼管はり部材の動的終局限界は、破壊モードにおける局部座屈発生時点（図-4の×印）に相当していることが認められ、これは図-3の荷重～変位関係における最大荷重点の変位（●印）に対応していることが分かった。

(2) 終局限界として定義した塑性回転容量は、径厚比の増大に伴い減少することが確認された。

(3) 越智ら²⁾の式は、静的の場合は実験値と良く一致するが、高速の場合は過大評価することが認められた。

(4) 動的塑性回転容量の評価式を提案することができた。

参考文献 1) (財) 砂防・地すべり技術センター：鋼製砂防構造物設計便覧，平成5年版 2) 越智健之，黒羽啓明：冷間成形円形鋼管部材の耐力と変形能の統計的評価，日本建築学会構造系論文報告集，第391号，pp.59～71，昭和63年9月

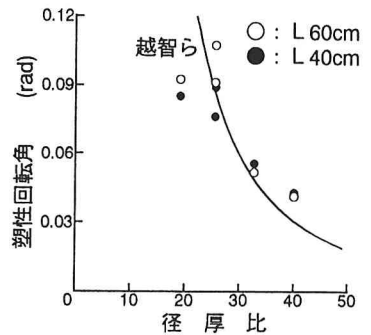


図-5 塑性回転角～径厚比関係
(静的載荷実験)

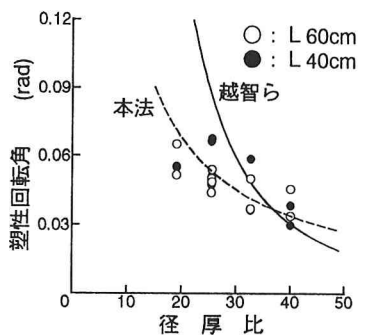


図-6 塑性回転角～径厚比関係
(高速載荷実験)