

I - 802

高速载荷を受ける鋼管はりの局部変形算定式

防衛大学校 正員 ○星川 辰雄 正員 石川 信隆

(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 現在建造されている透過型鋼製砂防構造物¹⁾のうち、B型スリットダムや格子型砂防ダムは部材に中空鋼管が用いられている。これらの砂防ダムに土石流中の巨礫が衝突した場合は、部材に局部変形が発生するとともに、部材あるいは構造全体の変形が生じる。さて現行設計法においては、先端が鋭利な形状である船舶が海洋鋼管構造物に衝突した際の荷重～局部めり込み関係を推定した Ellinas の式²⁾を用いているが、球体に近い形状の巨礫が鋼製砂防構造物に衝突した際の応答特性とは異なったものとなると考えられる。そこで本研究は、局部変形について再検討するために、中空鋼管固定はりを対象として、静的および高速载荷実験を行い、まず鋼管固定はりの荷重～局部変形関係に与える要因として、(1) 载荷速度(静的と高速の違い)、(2) 鋼管径、(3) 肉厚、(4) スパン長、(5) 载荷位置、(6) 载荷体形状等の影響を調べるとともに、従来局部吸収エネルギーの算定に用いられている Ellinas の式²⁾を修正し、新たな係数 K と β 値を実験データを用いて決定した。

2. 高速载荷実験による荷重～局部変形 実験は、静的载荷と高速载荷の2種類行い、供試体は図-1に示すように両端を固定用治具で挟み込むようにして、ボルト締めして固定した。実験ケースは、静的と高速载荷の違い、鋼管径、肉厚、载荷体形状および载荷位置を変化させて、合計44ケース行った。

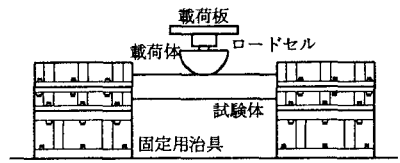


図-1 実験装置

2.1 载荷速度(静的と高速)の影響 図-2は、鋼管径、肉厚、载荷体直径、スパン長および载荷位置を一定にし、载荷速度を変化させた場合の荷重～局部変形関係を示したもので、高速载荷の場合は、ひずみ速度効果の影響により静的な場合に比べより大きな荷重を示していることが認められ、その差異は比較的顕著である。

2.2 鋼管径および肉厚による影響 図-3は、肉厚、スパン長、载荷体直径および载荷位置を一定として、鋼管径をパラメータとした高速载荷の場合の荷重～局部変形関係を示したもので、鋼管径が大きいほど小さい荷重で大きな局部変形が発生していることが分かる。また図-4は、鋼管径、スパン長、载荷体直径および载荷位置を一定にして、肉厚をパラメータとした高速载荷の場合の荷重～局部変形関係を示したもので、肉厚が大きくなると、当然耐力が増大し、局部変形も小さくなることが分かる。これより、鋼管径および肉厚の

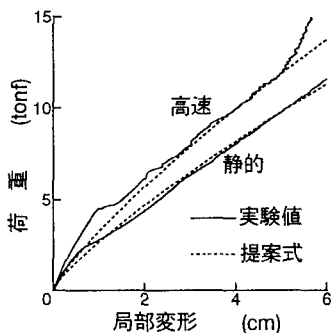


図-2 载荷速度の影響
 (D 139.8 t 3.5 D.22)
 (L 60 中央点载荷)

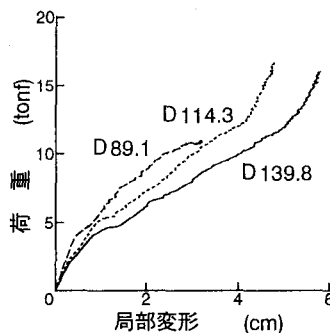


図-3 鋼管径による影響
 (高速 t 3.5 D.22)
 (L 60 中央点载荷)

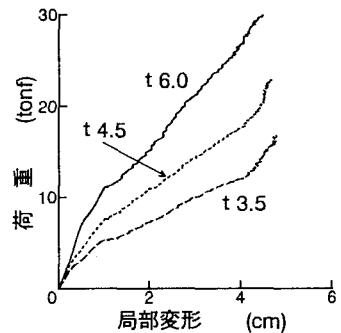


図-4 肉厚による影響
 (高速 D 114.3 D.22)
 (L 60 中央点载荷)

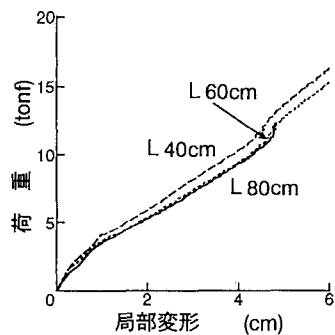


図-5 スパン長による影響
〔 高速 D139.8 t3.5 〕
〔 D.22 中央点載荷 〕

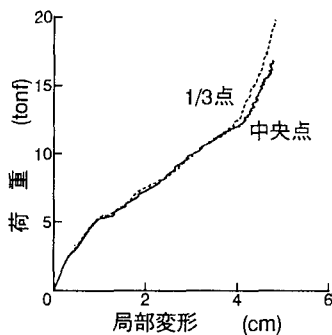


図-6 載荷位置による影響
〔 高速 D114.3 t3.5 〕
〔 L60 D.10 〕

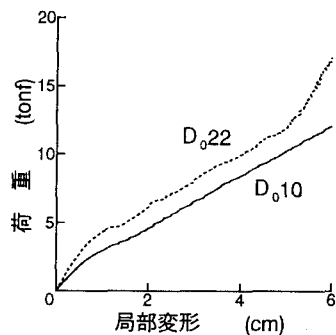


図-7 載荷体形状による影響
〔 高速 D139.8 t3.5 〕
〔 L60 中央点載荷 〕

影響が極めて大きいことが確認される。

2.3 スパン長および載荷位置による影響 図-5は、鋼管径、肉厚、載荷体直径、載荷位置を一定にして、スパン長をパラメータとした高速載荷の場合の荷重～局部変形関係を示したものである。これより、L60cm、L80cmは同様な傾向を示すが、極端にスパン長が短いL40cmは固定端の拘束の影響を受けるため傾向がやや異なる。また図-6は、鋼管径、肉厚、スパン長、載荷体直径を一定にして、載荷位置を中央と1/3点に変化させた場合であり、載荷位置の違いによらずほぼ等しい傾向を示すことが分かる。これより、極端にスパン長が短い場合を除き、スパン長および載荷位置の影響はほとんどないことが確認される。

2.4 載荷体形状による影響 図-7は、鋼管径、肉厚、スパン長、載荷位置を一定にして、載荷体直径をパラメータとした高速載荷の場合の荷重～局部変形関係を示したもので、載荷体直径による影響が認められる。

以上より、局部変形には鋼管径Dと肉厚tと載荷速度が大きな影響を与える要因であり、他のパラメータは、載荷体直径を除きあまり影響がないことが認められた。

3. 荷重～局部変形関係の推定式 さて、現行設計法では、荷重～局部変形の推定式として、Ellinasら²⁾によって提案された次式が用いられている。

$$P = \frac{1}{4} K \sigma_y t^2 \left(\frac{\delta_d}{D} \right)^{0.5} \quad (1)$$

ただし、P：荷重、K(=150)：実験定数、 σ_y ：鋼管の降伏応力、t：鋼管肉厚、D：鋼管径、 δ_d ：局部変形量。

ここで、式(1)はD、t、 σ_y 以外の全てのパラメータの影響をK値という1つの実験定数に含ませているが、本実験結果をK値のみを変化させてシミュレートすることはできなかった。よって、ここではK、 β およびひずみ速度効果の影響は、降伏点応力の上昇量に含まれると考えて、さらに動的降伏応力 $\sigma_{y,d}$ という3つの定数に含ませた次式で評価できるものとした。

$$P = \frac{1}{4} K \sigma_{y,d} t^2 \left(\frac{\delta_d}{D} \right)^{\beta} \quad (2)$$

ここで、高速載荷の場合の局部変形時における平均的ひずみ速度を $\dot{\epsilon} \div 10^0/sec$ と仮定すると、 $\sigma_{y,d} = 1.2\sigma_y$ となり、これを与えて静的と高速のK値と β 値を今回の実験データを用いて最小自乗法により決定すると、K=160～182、 $\beta = 0.8$ となる。K値にばらつきのあるのは、載荷体直径の影響をK値の中を含むためである。本式を用いて計算した例を図-2に併せて示すが、概ね両方の傾向をシミュレートしている。以上より、今後土石流中の巨礫を受ける鋼管構造物の局部変形の算定には、式(2)を用いることが望ましいと考えられる。

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