

損傷を受けたコンクリート充填鋼管はりの曲げじん性推定法

防衛大学校理工学研究科 学生員 ○白石博文 正会員 梶田幸秀 正会員 香月 智 フェロー 石川 信隆

1. はじめに

コンクリート充填鋼管(以下 CFT)は中空鋼管に比べ耐力が向上するため、巨礫の衝突を受ける鋼製砂防構造物の部材として用いられている。しかし、土石流による礫衝突後の残存耐力に関する報告はこれまでは無く、損傷の度合いと残存耐力を関係づける支配的項目も明らかではない。そこで本研究では、先に行った無損傷および損傷を受けたCFT に対する静的曲げ実験結果¹⁾を断面分割法とモールの定理を組み合わせた簡易な方法を用いてパラメトリック解析を行い、実験より得られた損傷を受けたCFT に対する荷重～変位関係と解析結果を比較検討し、曲げじん性推定法のための鋼材およびコンクリートの応力～ひずみ関係におけるパラメータの影響について検討を行ったものである。

2. シミュレーション解析

2.1 解析手法

解析手法として、断面分割法とモールの定理を組み合わせた方法を採用した。さらに、本解析では断面の曲げモーメント～曲率関係を求める際に平面保持の法則が成立していると仮定し、鋼管と充填したコンクリートの間ですべりは起こらないものとした。

2.2 損傷時の鋼管およびコンクリートの応力～ひずみ関係

(a) 鋼管の応力～ひずみ関係

まず実験で使用した鋼管(STK400)の材料特性値などは、表-1 のように設定し、図-1(a)に示すように健全時の圧縮側の局部座屈応力については局部座屈応力を迎えると応力一定でひずみだけが増加する構成則を用いた。鋼材の引張側はバイリニア型を用い、破断ひずみを0.30とした。鋼管の損傷の度合いを示すパラメータとして、引張側については何も考慮せず、圧縮側についてのみ図-1(a)に示すように損傷に応じて局部座屈応力が低下すると考えた。つまり、健全時を $\sigma_{cr}=353\text{N/mm}^2$ とし、逐次 $0.9\sigma_{cr}$ 、 $0.8\sigma_{cr}$ ・・・、と低下させた。

(b) コンクリートの応力～ひずみ関係

ブレンコンクリートの圧縮強度(28 日強度)は材料試験より、 21N/mm^2 と得たが、鋼管内に充填されたコンクリートについては拘束効果により圧縮強度が向上するため、本

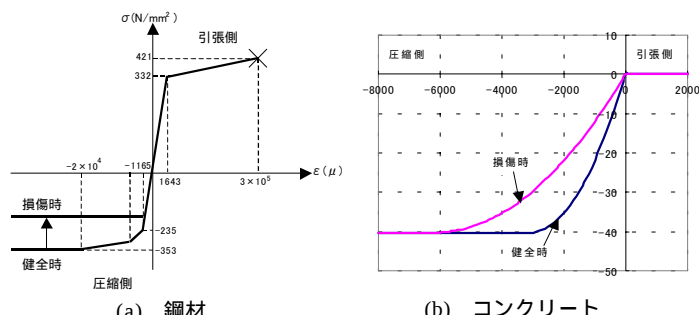


図-1 損傷を考慮した鋼管およびコンクリートの構成則

解析では、黒木らの実験式²⁾による式(1)を用いてそれぞれ圧縮強度を求めた。

$$f'_c = f'_c \left\{ 1 + 0.29 \left(\frac{t}{D} \right) \sigma_y \right\} \quad (1)$$

f'_c : 拘束効果を考慮した充填コンクリート強度(N/mm²)

f'_c : プレーンコンクリートの設計基準強度

(ここでは 21N/mm^2)

σ_y : 鋼管の降伏応力度(N/mm²)

t : 鋼管の肉厚(mm)

D : 円形鋼管の外径(mm)

式(1)を用いると拘束効果を考慮したコンクリートの圧縮強度は 71.4N/mm^2 となり、ブレンコンクリートの約3.4倍の圧縮強度となる。

次に、コンクリートの損傷の度合いを表すパラメータとして、コンクリートの剛性の低下を考えた。つまり、鋼管の拘束効果により圧縮強度はほとんど低下しないと考え、図-1(b)に示すように圧縮強度に達するまでのひずみを大きくすることによりコンクリートのヤング率を低下させた。つまり健全時のヤング率は $E_c=40\text{kN/mm}^2$ とし、逐次 $E_c/2$ 、 $E_c/3$ ・・・と低下させた。なお、引張側については図-1(b)に示すように応力は発生しないものとしている。

最後に、断面分割法における終局曲率は、鋼材の引張側のひずみが図-1(a)に示した破断ひずみ($\epsilon_u=0.30$)に達したときとした。

3. 解析結果および考察

3.1 鋼材の局部座屈応力のみを変化させた場合

図-2 に鋼材の局部座屈応力を $1.0\sigma_{cr}$ 、 $0.9\sigma_{cr}$ 、 $0.8\sigma_{cr}$ と

表-1 鋼管諸元

管外径(mm)	139.8
管肉厚t(mm)	3.5
径厚比D/t	39.9
断面2次モーメント(cm ⁴)	348
断面係数(cm ³)	49.8
弾性係数(kN/mm ²)	202
ポアソン比	0.28
降伏点(N/mm ²)	332
引張強度(N/mm ²)	421
破断ひずみ(%)	30

キーワード：コンクリート充填鋼管，断面分割法，局部座屈応力

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 E-mail : g40061@nda.ac.jp

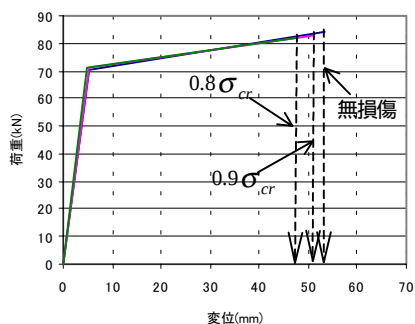


図2 荷重～変位関係

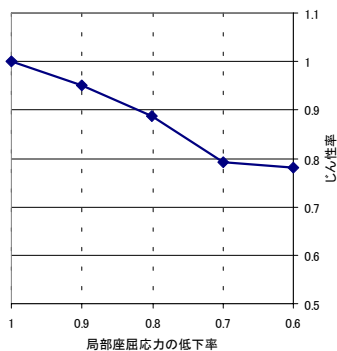


図3 じん性率～局部座屈応力の低下率関係

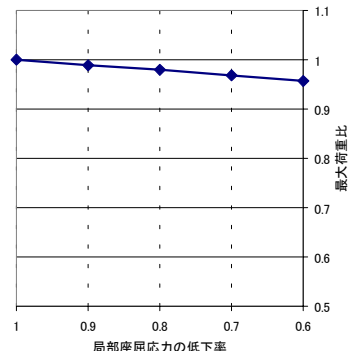


図4 最大荷重比～局部座屈応力の低下率関係

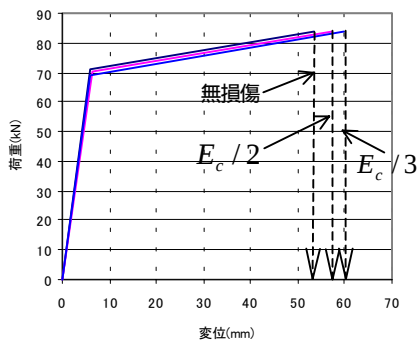


図5 荷重～変位関係

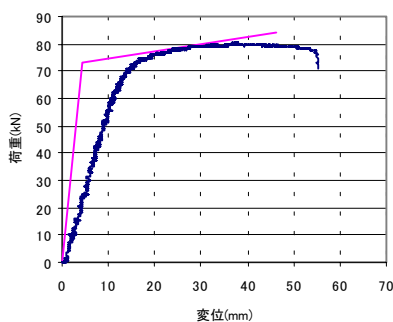


図6 荷重～変位関係(H=1.5m)

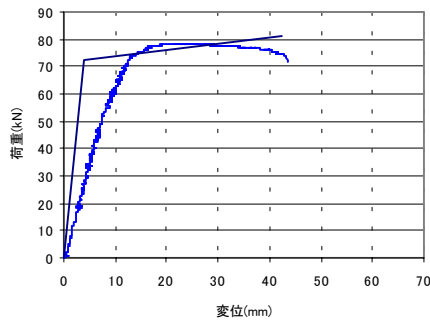


図7 荷重～変位関係(H=2.5m)

変化させた結果を示す．図より，局部座屈応力を低下させると終局変位は徐々に小さくなりじん性が低下している．さらに座屈座屈応力を低下させ，得られた解析結果から最大荷重比(各最大荷重/無損傷時の最大荷重)およびじん性率(各終局変位/無損傷時の終局変位)を求め，局部座屈応力の低下率との関係を図-3，4に示す．図-3，4より，最大荷重比は局部座屈応力の低下に応じ徐々に低下し，じん性率も $0.8\sigma_{cr}$ までは徐々に低下し $0.8\sigma_{cr}$ から $0.6\sigma_{cr}$ までは約0.8と保っている．これらの結果から，局部座屈応力を低下させると，低下の度合に応じて最大荷重およびじん性が徐々に低下することが認められた．

3.2 コンクリートの剛性のみを変化させた場合

次に，鋼材の構成則は健全時のままコンクリートの剛性のみを $E_c/2$ 倍→ $E_c/3$ 倍と変化させ解析を行った．図-5に得られた荷重～変位関係を示す．図よりコンクリートの剛性を低下させても最大荷重は無損傷とほぼ変わらないものの，終局変位は伸びる結果となっている．これは先に著者らが行った実験結果(損傷に応じて変形性能は低下)¹⁾とは逆の傾向であり，コンクリートの剛性低下は実験と異なる結果となった．

3.3 実験値のシミュレーション

コンクリートの剛性は変えると実験と異なり終局変位が伸びることが明らかになったため，ここでは鋼材の局部座屈応力を低下させ，実験のシミュレーションを行った．対象とした実験は，質量420kgの重錘を落下高さ $H=1.5\text{m}$ および 2.5m の高さから落下させた後，静的曲げ実験により荷

重～変位関係を計測したものである．局部座屈応力をパラメトリックに変化させて解析を行った結果，図-6，7に示すとおり落下高さ1.5mの時は $0.9\sigma_{cr}$ で2.5mの時は $0.7\sigma_{cr}$ で最大荷重，終局変位がよくシミュレートできることがわかった．初期剛性の違いについては今後の検討課題であるが，コンクリートの拘束効果を考慮し，局部座屈応力を損傷のパラメータとすれば簡易な方法でもCFTの荷重～変位関係を概ねシミュレートできるといえる．

4. 結論

本研究は損傷を受けたCFTの曲げじん性を推定する目的から，簡易算定法を用いて損傷を受けたCFTの荷重～変位関係をシミュレートしたものである．以下に本研究で得られた成果を示す．

- (1)充填されたコンクリートの圧縮強度の増加率を考慮した黒木らの式²⁾を用いれば，無損傷時および損傷時のCFTの曲げじん性をほぼよくシミュレートできることがわかった．
- (2)損傷に応じて鋼材の構成則における局部座屈応力を低下させることにより，損傷を受けたCFT鋼管の荷重～変位関係を概ねシミュレートすることができた．

参考文献

- 1)梶田幸秀，水野泰晴，白石博文，石川信隆：礫損傷による損傷を受けたコンクリート充填鋼管に対する静的曲げ実験，第29回土木学会関東支部技術研究発表会講演概要集，I-26，pp48-49，2002
- 2)黒木勇人，太田貞次，香月智，石川信隆：鋼管内に充填されたコンクリートの高速圧縮強度実験，コンクリート工学年次論文報告集，vol.21，No.2，pp.589-594，1999.