

I-B 155 高速変形を受けるP Cはりの弾塑性応答解析

防衛大学校	正会員	圓林栄喜
日本サミコン(株)	正会員	小林一隆
防衛大学校	正会員	香月 智
同上	フェロー	石川信隆

1. 緒言

落石覆工に使用されるP Cはり部材は、衝撃荷重に対してのねばり、すなわち、じん性が要求される。この観点から著者ら^{1)・2)}は、実験的に衝撃荷重を受ける高じん性P Cはりの基礎的技術に関する研究を行ってきた。しかし、設計や実物構造への適用を図るためには、解析法の検討も行う必要がある。そこで本研究は、予め行ったP Cはりの高速載荷実験を剛体ばねモデル³⁾を用いてシミュレーション解析する手法について検討したものである。

2. P Cはりの高速載荷実験

本研究の対象とする実験は、図-1に示す高速変形負荷装置を用いて行った。実験に用いたP Cはりは、図-2に示すように、15×25 cmの断面内にSWPR7A(φ=9.3mm)のP C鋼線を4本使用して、初期プレストレス132 kgf/mm²で緊張したものである。この供試体をスパン2 mで中央点を4 m/sで載荷した。

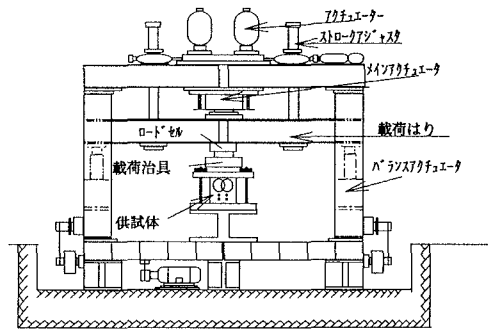


図-1 高速変形負荷装置

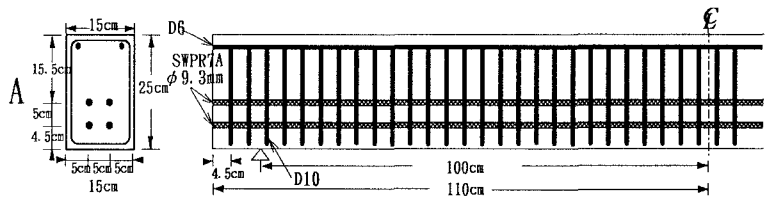


図-2 P Cはり断面

3. 解析手法

解析は、はり部材を図-3(a)に示すように8分割したうえで、要素間の曲げ変形と曲げ変形速度に対して、図-3(b)に示すばねおよびダッシュポットにより抵抗するモデルとした。このばねの力と変形の関係は、図-4に示すように断面分割法を開いて予め曲げモーメント～曲率関係を求め、それを簡略化した2段階の線形の弾塑性応答モデルとした。すなわち、構造全体の運動方程式は、次式によって与えられる。

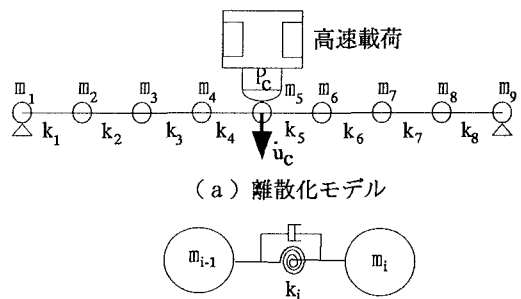
$$\mathbf{m} \ddot{\mathbf{u}} + \mathbf{D} \dot{\mathbf{u}} + \mathbf{K} \mathbf{u} = \mathbf{P} \quad (1)$$

ここで、 $\mathbf{m}$: 質量マトリクス、 $\mathbf{D}$: 減衰マトリクス、

$\mathbf{K}$: 剛性マトリクス、 $\ddot{\mathbf{u}}$: 加速度ベクトル、 $\dot{\mathbf{u}}$: 速度ベクトル、 $\mathbf{u}$: 変位ベクトル、 $\mathbf{P}$: 荷重ベクトル
ただし、 $\mathbf{D} = \gamma \cdot \mathbf{K}$ (2)

ダッシュポットについては、Reiligh減衰式によって、その減衰係数を与えた。

$$\gamma = \frac{2 \cdot h}{\omega} \quad (3)$$



(a) 離散化モデル

(b) 剛体ばね要素

図-3 解析モデル

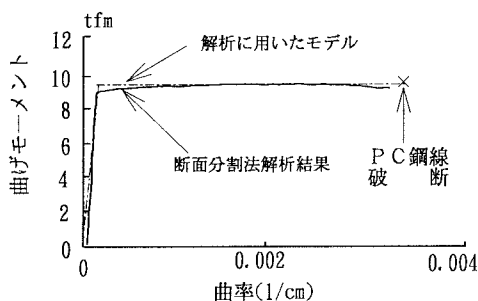


図-4 P Cはり断面の曲げモーメント～曲率関係

なお、本解析では $h=0.05$, $\omega=19.8(\text{rad/s})$ として解析した。

式(1)の解法は、Newmark β 法により $\beta=1/6$ として解析を行った⁴⁾。その際、外力条件として図-5に示すように載荷点の変位速度～時間関係を与えた。そのうえで、右辺の P べクトルの中で載荷点の P を未知数として求めた。

5. 解析結果および考察

図-6には、高速載荷の実験結果と解析による荷重～時間関係を示す。□で示した実験は、7msecで荷重は最大の15tonfとなりその後は15tonfの荷重を持続する。20msecにおいてはり断面内のP C鋼線が破断し、荷重が急激に失われている。これに対して■で示す解析結果は5msecまでに、15tonfとなり、その後、20msecまで15tonfの荷重は維持され実験と同様にP C鋼線が破断している。

図-7には、高速載荷時の実験結果と解析による変位～時間関係を示す。□で示した実験結果に比して約20%程度大きくになっているが、ほぼ一致している。

図-8には、図-7と図-6の時間軸を同調させて得られる荷重～変位関係を示す。□で示した実験結果と■で示す解析結果は約0.9cmで弾性限界に達することや、その後の塑性荷重が15tonfであることおよび約5cmでP C鋼線の破断を生じることなど、はりのじん性評価において良く一致していることがわかる。

参考文献

- 1) 圓林栄喜, 小野満, 石川信隆, 小林一隆: 円形スパイラル筋を含んだP Cはりの高速載荷実験, 土木学会第22回関東支部技術研究発表会講演概要集, pp. 68-69, 1995年3月
- 2) 圓林栄喜, 香月智, 石川信隆: 低速載荷時の円形スパイラル筋で補強したP Cはりの準静的弾塑性解析, 第19回構造工学における数値解析法シンポジウム論文集, pp. 171-176, 1995年7月
- 3) 川井忠彦: 離散化極限解析法概論, 倍風館, 1991年
- 4) 戸川隼人: 有限要素法による振動解析, pp. 23-27, サイエンス社, 1982年

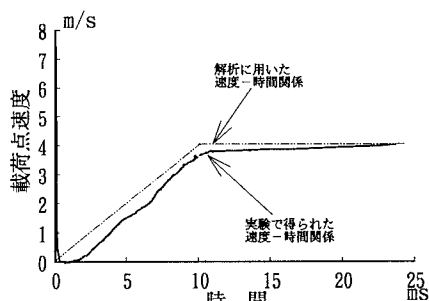


図-5 載荷点速度～時間関係

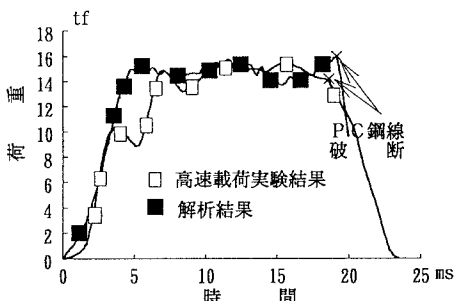


図-6 荷重～時間関係

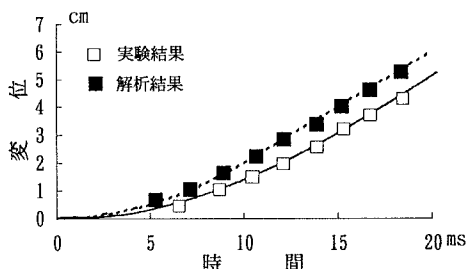


図-7 変位～時間関係

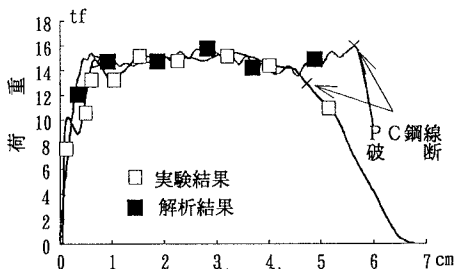


図-8 荷重～変位関係