

(a) 固定円弧アーチ

(b) 解析モデル

図-1 衝突現象のモデル化

$$\begin{matrix} N_i \\ \rightarrow \\ M_i \end{matrix} \left(\begin{matrix} V_{i,R} & V_{i+1,L} \\ | & \text{---} & | \end{matrix} \right) \begin{matrix} N_{i+1} \\ \rightarrow \\ M_{i+1} \end{matrix}$$

(a) 部材のつり合い

Diagram (a) shows a particle labeled 'i' with forces and velocities acting on it. The forces are P_y (vertical), P_x (horizontal), N_i (normal), and N_{i-1} (normal). The velocities are $V_{i,L}$ (left), $V_{i,R}$ (right), and V_i (down). The masses m_i and m_{i-1} are indicated.

(b) 節点のつり合い
図-2 つり合い条件

圖-3 降伏曲線

(3) ひずみ速度効果：ひずみ速度効果とは、衝撃速度の増大に伴い被衝

突材料が見かけ上強度を増加するもので、ここではひずみ速度効果による鋼材の降伏点応力の上昇として、次式³⁾によって考慮することとした。

$$\sigma_y / \sigma_{ys} = 10^{0.152 \log \dot{\epsilon} - 0.425 + 0.935} \quad (5)$$

ただし、 $\dot{\epsilon}$ =ひずみ速度、 σ_y =動的降伏点応力、 σ_{ys} =静的降伏点応力。一方、応答ひずみ速度 $\dot{\epsilon}$ は以下のように算定される。まずある断面で中立軸から距離 z だけ離れた点のひずみ ϵ は、平面保持の仮定から次のように表される。

$$\epsilon = \phi \cdot z ; d\epsilon = z \cdot d\phi \quad (6)$$

ただし、 ϕ =断面の曲率。よって、任意断面でのひずみ速度 $\dot{\epsilon}$ は次式で与えられる。

$$\dot{\epsilon} = d\epsilon / dt = z \cdot d\phi / dt \quad (7)$$

ここで、式(7)で $z=D/2$ (D =鋼管径)とおき、これを式(5)に代入して応力を算定し、さらにこれを降伏条件の中で $M_p = \sigma_y Z$ 、 $N_p = \sigma_y A$ として用いた。ここで、鋼管の曲げ→軸力の降伏関数は静的降伏条件式をそのまま用いたが、実際はひずみ速度効果により断面内部で応力変化が起こり、降伏条件式そのものも変化すると考えられるが、ここではその影響は無視した。

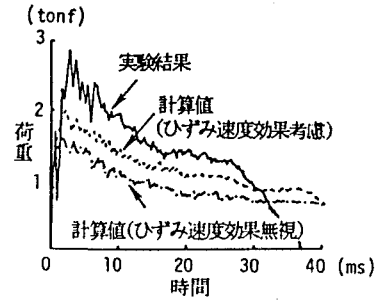
3. 計算結果と考察 図-4は、重量100kgfの重錘を衝突速度4 m/sで衝突させた際の荷重～時間曲線および変位～時間曲線を実験結果と計算結果とを比較して図示したものである。図より、ひずみ速度効果を考慮することにより実験結果との差が小さくなり、概ね計算結果は実験結果をシミュレートしていることが認められる。また図-5は荷重～変位曲線を図示したもので、この図からもひずみ速度効果考慮の方が実験結果に近い。また終局限界である○印までの面積を限界吸収エネルギーと定義した。

4. 衝撃限界吸収エネルギー 著者ら³⁾の行った実験結果より、アーチの終局限界を5点塑性ヒンジ型の破壊形態に対応するものとして、固定端のアーチの角度が上向きから下向きに変化するという変曲点であることが分かった。よって、アーチの終局限界の判定条件として固定端Aのアーチの角度 θ_a が $\theta_a \leq 0$ となったときを採用した。重錘重量 $W=100\text{kgf}$ および 200kgf の場合の各衝突速度における限界吸収エネルギーを算定し、その結果を図-6に示す。図より計算結果は実験結果より若干小さな値を示すことが認められるが、比較的良好にシミュレートしていると思われる。

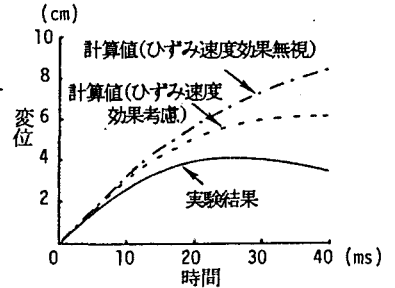
参考文献 1) 星川, 袖山, 石川, 飯田: 鋼管円弧アーチの衝撃実験に関する一考察, 土木学会第16回関東支部技術研究発表会講演概要集, pp.30~31, 平成元年3月 2) 高橋, 塩冶, 大野, 石川

内田: ひずみ速度効果を考慮した鉄筋コンクリートはりの衝撃曲げ応答解析, 構造工学論文集, Vol.32A, pp.669~682, 1986年3月

3) 松浦, 星川, 石川, 飯田: 衝撃荷重を受ける鋼管円弧アーチの終局限界に関する実験について, 土木学会第17回関東支部技術研究発表会, 平成2年3月



(a) 荷重～時間曲線



(b) 変位～時間曲線

図-4 重錘重量100kgf, 衝突速度4 m/sの場合

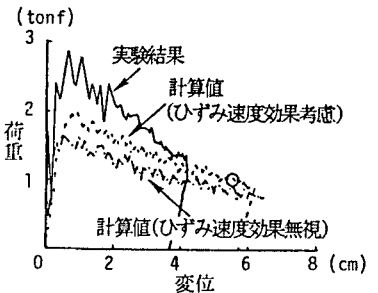


図-5 荷重～変位関係

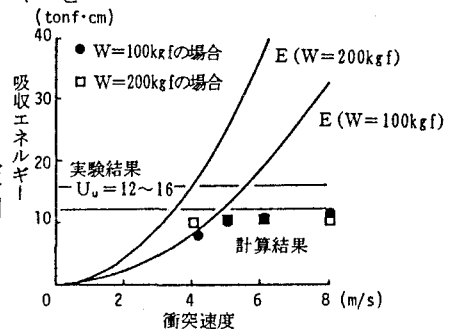


図-6 限界吸収エネルギー～衝突速度関係