

防衛大学校 学生員 ○高橋芳彦
 防衛大学校 正 員 大野友則
 防衛大学校 正 員 石川信隆

1 まえがき

近年、落石によるロックシェッドへの衝撃や航空機による原子炉への衝突事故問題などに対処することの重要性から、鉄筋コンクリート（以下、RC）構造物の衝撃応答に関する研究が盛んに行われている。しかしながら、衝撃荷重に対するRCの材料学的特性あるいは衝撃荷重の大きさを適切に評価する方法が未だ明らかにされておらず、RC構造物の衝撃応答解析法を確立するためには解決すべき多くの問題が残されている。本研究は、RC構造物の耐衝撃設計法を開発するための基礎的段階として、R. K. Wen¹⁾によって提案された離散化モデル（以下、Wen モデルという）を用いたRCはりの衝撃応答解析を行ったものである。解析によって得られた結果を、先に著者らが行った衝撃実験結果²⁾と比較し、衝撃応答解析に対するWen モデルの適用性について調べたものである。

2 解析モデルと衝撃応答解析の基本式

実際のはりは、連続した質量とたわみ性を有するが、本解析に用いたWen モデルは、図-1(a)に示す連

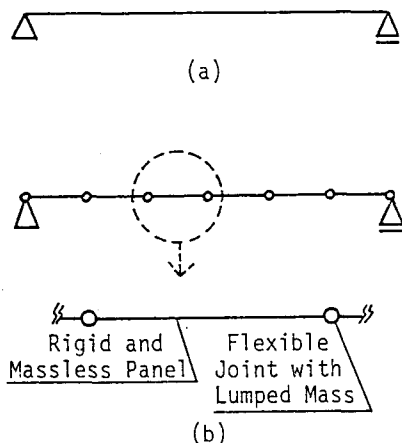


図-1 解析モデル

続体としてのはりを、まず図-1(b)に示すように任意長の剛体で質量を持たないパネルに分割し、はりが持つ質量とたわみ性を、隣接するパネル長の1/2 ずつ分割点に集中させたものとした。Wen モデルにおいて、作用する外力はすべて分割点に働くものとし、はりの変形はたわみ性を有する分割点の挙動によって表わされるものとする。また、RCはりのモーメント～曲率関係は図-2 に示すように、単鉄筋はりの静的曲げ解析によって得られた結果（図中の実線）を完全弾塑性型に近似したもの（図中の破線）を用いている。この関係で、正側の終局モーメント M_u^+ および降伏時の曲率 ϕ_y は ACI 規準に基づいて求め、負側の終局モーメント M_u^- はコンクリートにひび割れが発生する時点のモーメントとした。なお、本研究では、衝撃を与える物体がはりに付着したまま運動を行うものと仮定し、はりの衝撃点に初速度を与える方法を用いた。

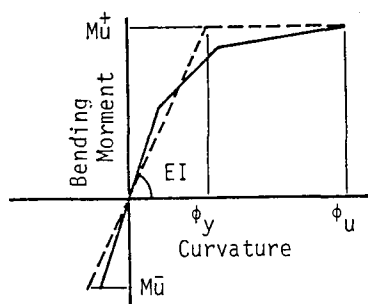


図-2 モーメント～曲率関係

Wen モデルを用いたはりの衝撃応答解析の基本式は、分割点 i について以下のように表わされる。

$$M_i \ddot{y}_i = 1/l_{i+1} \cdot (M_{i+1} - M_i) - 1/l_i \cdot (M_i - M_{i-1}) + P_i - C_i \dot{y}_i \quad (1)$$

$$\theta_i = -1/l_i \cdot y_{i-1} + (1/l_i + 1/l_{i+1}) \cdot y_i - 1/l_{i+1} \cdot y_{i+1} \quad (2)$$

$$M_i = -2EI / (l_i + l_{i+1}) \cdot \theta_i \quad (3)$$

ここに、 m_i, y_i, θ_i, M_i はそれぞれ分割点 i の質量、変位、回転角および曲げモーメント、 l_i, l_{i+1} は分割点 i の隣接パネ

ル長、 P_i は作用外力、 C_i は減衰係数である。また、 EI は図-2の $M\ddot{u}$ および ϕ_y の値より $EI=M\ddot{u}/\phi_y$ として求めた。数値解析にあたっては、パネル分割数 $N=38$ としてニューマークの β 法を用いた数値計算を行った。

3 解析結果と実験値との比較および検討

(1) 変位の時刻歴応答 図-3(a)～(d)は、はり中央点における変位の時刻歴応答を鉄筋量の異なる供試体毎に示したものである。図中、実験結果を実線で表わし、解析結果を破線で表わしている。時刻の経過にともなって、いずれも解析結果の方が大きめの値を示している。この傾向は、鉄筋量が小さくなるにつれて著しくなる。しかしながら、時刻の初期段階や鉄筋量が大きければ、解析結果は実験値と良い一致を示すことが認められる。

(2) 最大変位量 図-4は衝撃応答における最大変位について、解析結果と実験値を比較したものである。図中、●印が実験値を表わしている。鉄筋量が大きい（主鉄筋径 D13以上）場合には、両者は比較的良く一致しているが、鉄筋量が小さく（主鉄筋径 D10）なると、両者には大きな差異が生じている。

4 あとがき 本研究は、衝撃荷重が作用するときのRCはりの応答を、単純な離散化モデル（Wen モデル）を用いたこととはりの衝撃点に初速度を与える方法により、近似的に解析が可能であることを示した。しかしながら、解析と実験との差異は、減衰およびコンクリートのひび割れの影響などに起因していると考えられ、今後はこれらの影響を考慮した解析法について検討する必要がある。

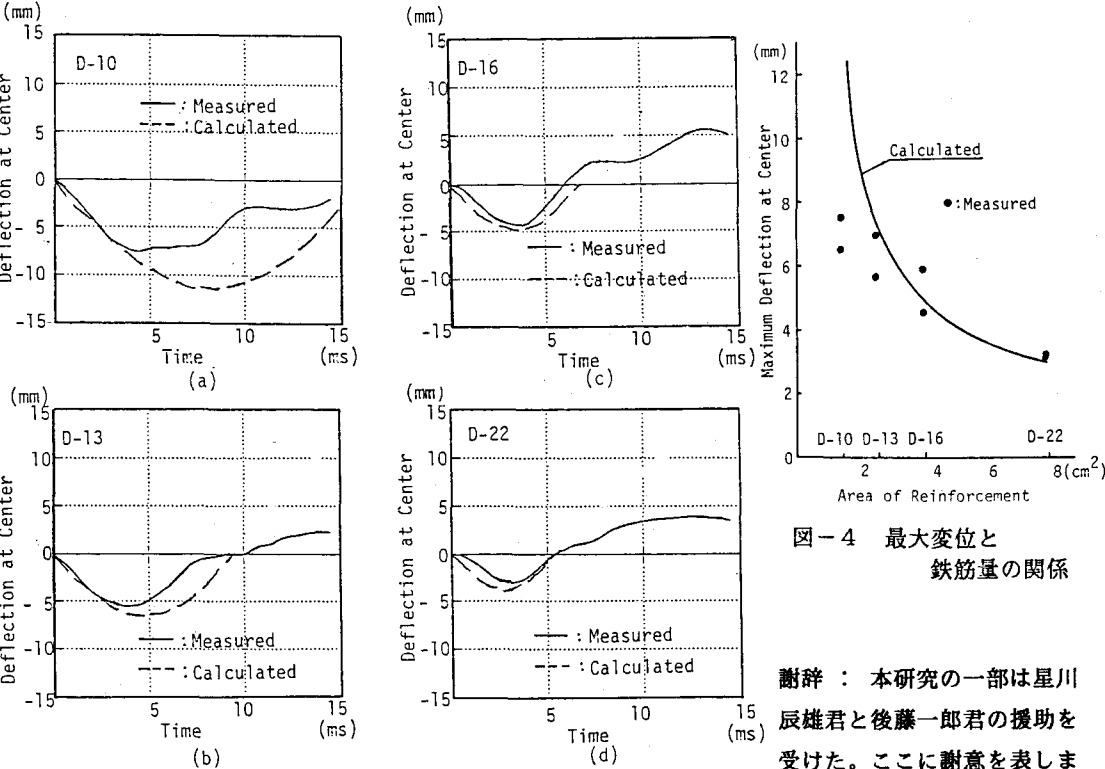


図-3 はり中央における変位の時刻歴応答

図-4 最大変位と鉄筋量の関係

謝辞： 本研究の一部は星川辰雄君と後藤一郎君の援助を受けた。ここに謝意を表します。

- 1) Robert K. Wen, Teokistos T.: Discrete Dynamic Models for Elasto-Inelastic Beams, Proc. of ASCE, Vol. 90, No. EM5, pp. 71~102, 1964.
- 2) 高橋・南・石川：衝撃荷重を受ける鉄筋コンクリートはりの変形状に関する実験的考察、第12回土木学会関東支部技術研究発表会講演概要集、pp. 189~190、昭. 60. 3.