

RC骨組の一弾塑性解析

岡山県 正員 ○ 光畑 一良
 徳島大学工学部 正員 平尾 潔
 徳島大学工学部 正員 児嶋 弘行

1. まえがき

許容応力度設計法から限界状態設計法への移行に伴い、RC骨組の終局荷重およびそれに至るまでの過程を精度よく算定し得る弾塑性解析法の確立が急務となりつつある。そこで、本研究ではRC骨組の弾塑性精算解析法を確立するための基礎的研究として非線形なM- ϕ 関係を用い、部材軸方向への塑性域の拡がりを考慮した一弾塑性増分解析法について研究し、その精度について若干の比較検討を行なった。

2. 解析方法

本解析で用いたM- ϕ 関係は、漸増荷重に対してはFig. 1のようであり、Mの値に応じて ϕ は以下のように表せる。

$$* 0 \leq |M| \leq M_c$$

$$\phi = M / EI, \quad EI = Mc / \phi_c \quad (1)$$

$$* M_c \leq |M| \leq M_y$$

$$\phi = \beta M / EI, \quad \beta = EI \phi_y / M_y \quad (2)$$

$$* M_y \leq |M| \leq M_p$$

$$\phi = (\alpha' + \beta' M) / EI$$

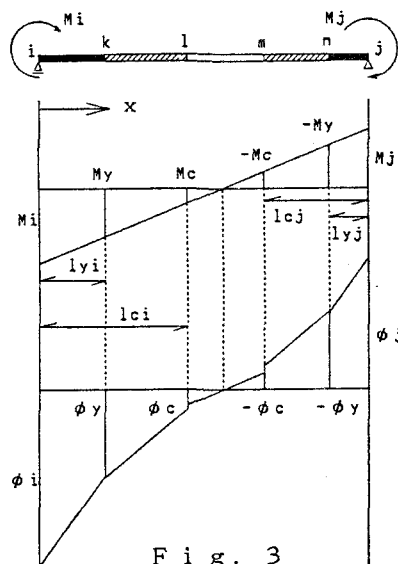
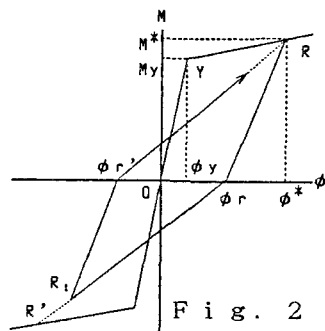
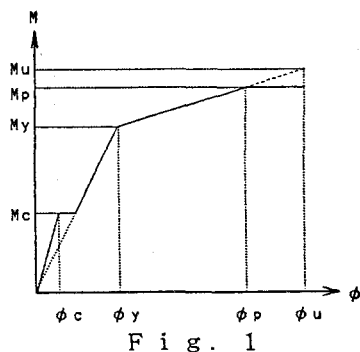
$$\alpha' = EI (M_u \phi_y - M_y \phi_u) / (M_u - M_y)$$

$$\beta' = EI (\phi_u - \phi_y) / (M_u - M_y) \quad (3)$$

ここで、 M_c, M_y, M_u は、ひび割れモーメント、降伏モーメント、塑性モーメントであり、 ϕ_c, ϕ_y, ϕ_u はそれぞれ、これらのモーメントに対応する曲率である。

また、繰返し荷重に対する復元力特性としてはFig. 2に示すQ-hystモデル¹⁾を用いた。ここで、図中の M^* 、 ϕ^* は反転時の材端モーメントと曲率であり、また R' はRと点対称な点である。このモデルの特徴は経験最大曲率に依存する除荷過程での剛性低下と、逆載荷過程に入ってから経験最大曲率を指向することである。

次に、Fig. 3に示すような両端塑性部材に対する材端モーメントMと接線回転角 τ との関係、すなわち、M- τ （履歴）関係は対応する区間について上式のM- ϕ （履歴）関係を積分し、i, k, l, m, n, j点での境界条件より積分定数を求めることにより誘導され、このM- τ 関係を材端モーメントで偏微分することにより増分、 $\Delta M - \Delta \tau$ 関係が得られる。ここで、図中の $l_{ci}, l_{cj}, l_{yi}, l_{yj}$ は、i端およびj端のひび割れ発生領域の長さ、ならびに降伏領域の長さである。



そして、得られた $\Delta M - \Delta \epsilon$ 関係に、せん断力・軸力の項を追加して、周知のような部材座標系に対する増分材端力-増分材端変位関係が得られ、これらを座標変換し、各節点で力の釣り合いと変形の連続条件より重ね合わせることににより、骨組全体の増分釣り合い方程式が次式のように得られる。

$$[\Delta P] = \{K_T\} [\Delta D] \quad (8)$$

ここで、 $\{K_T\}$ は接線剛性マトリックス、 $[\Delta P]$ 、 $[\Delta D]$ はそれぞれ増分節点荷重ベクトル、増分節点変位ベクトルである。

3. 解析結果

Fig. 4は、図示する片持ち梁を対象として、荷重増分が解析結果に及ぼす影響について比較したものであり、図中に示すように荷重増分を4通りに変化した場合のP- δ 曲線を示している。

Fig. 5は、図示する単純梁を対象として実験値 (EXP) と解析値 (ANA) とを比較したものである。解析値のうち、ANA. 1は解析に必要な M_y , ϕ_y , M_u , ϕ_u に実験値を用いたものであり、ANA. 2は計算値を用いたものである。

Fig. 6は、図示する不静定な門型ラーメンを対象として繰り返し荷重下におけるP- δ 履歴曲線を示したものである。

なお、これらの解析結果の詳細については講演会当日、OHP等で説明する。

4. まとめ

(1) 本解析法では、荷重増分 ΔP を小さくするほど解析結果の精度は上がるが、その決定にあたっては、要求される精度と演算時間の両面を考慮する必要がある。

(2) M_y , ϕ_y , M_u , ϕ_u に実験値を用いた場合、本解析結果は変位を幾分小さく算定するものの、比較的、実験値に近い結果となる。なお、計算値を用いた場合は、変位および耐荷力をかなり過小に算定する。

(3) 本解析のように、 $M - \phi$ 履歴関係として $Q - hyst$ モデルを用いた場合、静定骨組では、絶対値の等しい繰り返し荷重に対して点対称なP- δ 履歴曲線を描くが、不静定骨組では残留モーメントの影響により点対称とはならず、荷重の大きさによっては漸増塑性崩壊の様相を呈することがある。

〔参考文献〕

- 1) Mehdi Saidi and Mete A. Sozen: "Simple and Complex Models for Nonlinear Seismic Response of Reinforced Concrete Structures", Civil Engineering Studies, Structural Research Series No. 465, University of Illinois at Urbana-Champaign, August 1979

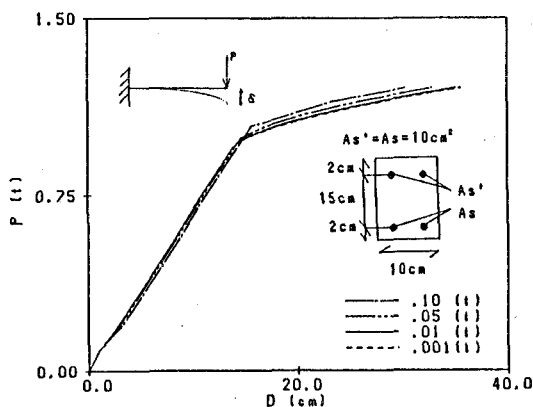


Fig. 4

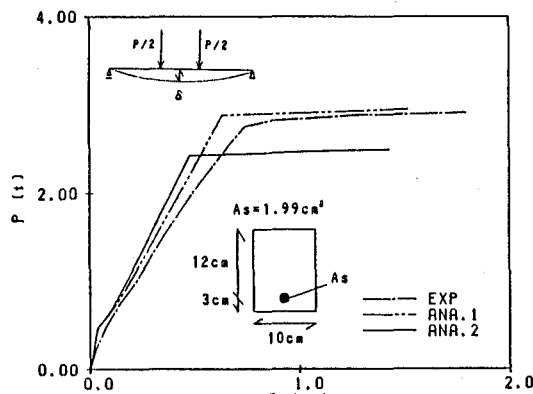


Fig. 5

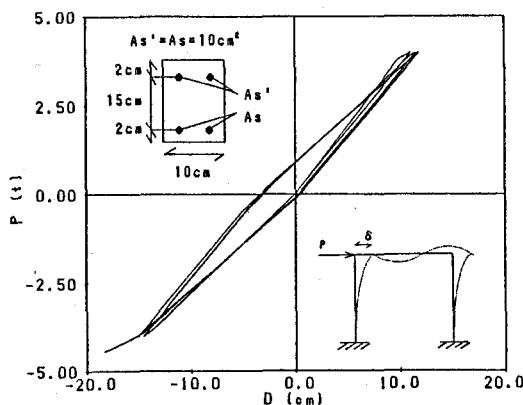


Fig. 6