

② 圧縮・引張繰返し载荷における定式化

FEM 解析結果を分析した結果、図2に示す Ecd , σd , σf , σ_5 , σ_{10} の FEM 解析値をプロットし、最小二乗法により近似して式(4)のように定めた。履歴挙動は下記のようにルール化される。

a→b: 単調载荷と同様に決定する。

b→c: 最大応力 (b点) に達すると、式(4)に示す σ_5 , σ_{10} 式によって求められる線図に従い、除荷された時のひずみ εc に対応する応力まで減少する。

c→d: 勾配 Ecd に従い、 σd まで引張応力は増加する。

d→e': d 点に達した後はひずみ $-\varepsilon c$ の点で σy に達する。

e'→e: 再除荷されるひずみ εe まで σy を保つ。

e→f: その後一律 $Eef (= \sigma y / \varepsilon y)$ の勾配に従い応力 σf まで変化する。

f→g: 繰返しにおいて順次更新されていく圧縮応力の最大点 (g 点) は c 点と同様に求められる線図に従い、順次更新される。

③ ねじりによるせん断応力 τ の影響の考慮

本来 τ - γ の履歴挙動の定式化が必要であるが、ここではせん断応力度の影響は強度に対してのみ考慮し、 τ - γ 関係は弾性挙動とし、 σ - ε 関係だけで履歴挙動を近似できるものと考えて定式化する。そこでまず圧縮とねじりの組み合わせ力を作用させた部材の FEM 解析結果より図3のように局部座屈を考慮した強度相関曲線式 (5)を求めた。

$$\begin{aligned} \tau_o = \tau_u / \tau_y &= 1.0 \quad (R_t \leq 0.52) \\ &= -0.89R_t^2 + 0.79R_t + 0.83 \quad (0.52 < R_t \leq 0.87) \\ &= 0.40R_t^2 - 1.32R_t + 1.68 \quad (R_t > 0.87) \end{aligned}$$

..... (5) R_t はせん断に対するパラメータ

次に図3に示すように、ねじりによるあるせん断応力度 τ_o が作用している時の強度低下率を示す σ_o / σ_o を求め、図4の第1象限に示すようにこの値を純圧縮の場合に定式化した平均応力-ひずみ関係の降伏以後の部分に乗じて応力値を低減し、圧縮側の応力-ひずみ関係を得る。引張側では図3に示すように von Mises の降伏条件による降伏強度の低下率 σ' を求め、図4の第3象限に示すように応力-ひずみ関係の降伏以後の部分に乗じる。以上のような応力-ひずみ関係を導入する事により局部座屈とねじりの影響を考慮した定式化が可能となる。 $R=0.7$, $\beta=0.6$ の場合を例にとり、図5に単調载荷の場合、図6に繰返し载荷の場合の平均直応力-平均軸ひずみ関係を FEM 解析と比較して示す。

単調及び繰返し载荷に対する提案式は、FEM 解析結果を精度良く評価している。したがって、ここで定式化した関係をファイバー要素を用いた骨組解析に導入することにより pushover 解析や動的解析を行う事が可能になる。アーチ部材の解析例については講演当日発表する。

【参考文献】 1) MARC Users Manual Vol.A-E 日本マーク

2) 崎元 達郎他: 局部座屈を考慮した鋼箱..... 土木学会論文集 No.647/I-51, pp.343-355, 2000.4

$$\begin{aligned} Ecd &= 0.2 E_o \quad (0 < \sigma c / \sigma y \leq 0.36) \\ &= (1.3 \sigma c / \sigma y - 0.26) E_o \quad (\sigma c / \sigma y > 0.36) \\ \sigma d / \sigma y &= 1.45 \sigma c / \sigma y + 0.46 \\ \sigma f / \sigma y &= 0.585 \sigma c / \sigma y + 0.361 \\ \sigma_5 / \sigma y &= 1.0 \quad (0 < R \leq 0.41) \\ &= 2.01R^2 - 3.85R + 2.244 \quad (0.41 < R \leq 0.955) \\ &= 0.40 \quad (R > 0.955) \\ \sigma_{10} / \sigma y &= 0.438R^2 - 1.02R + 0.883 \quad \dots (4) \end{aligned}$$

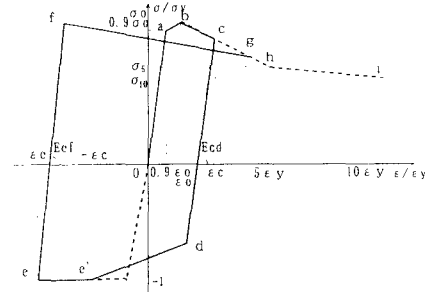


図2 応力-ひずみ関係の近似値 (繰返し载荷)

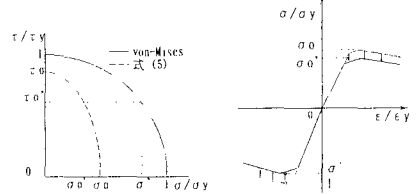


図3 相関曲線

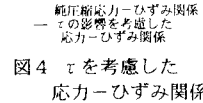


図4 τ を考慮した
応力-ひずみ関係

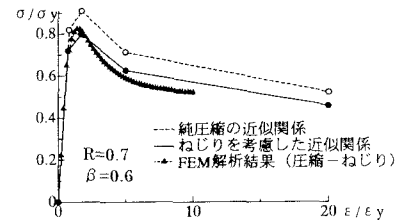


図5 単調载荷平均応力-ひずみ曲線

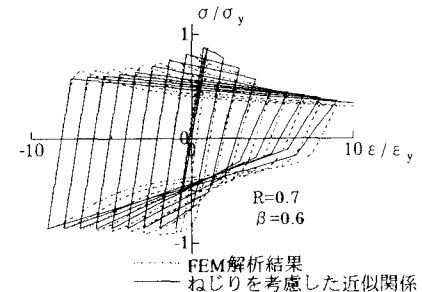


図6 繰返し载荷平均応力-ひずみ曲線