

斜孔を有する厚板における応力集中部の定常クリープ解析

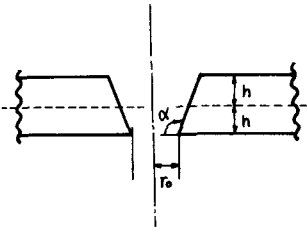
京都大学工学部 正員 小西一郎
 京都大学工学部 正員 白石成人
 日本鉄道建設公団 正員 ○高山博文

1. まえがき

穴面が、板面に対して、垂直な場合について、その孔周辺の応力状態の解析は、応力集中の問題として、種々の形状の穴を有する板に対して明らかにされている。

しかしながら、穴面が板面に対して傾斜している場合については、殆んど明らかにされていない⁽¹⁾。

本稿では、一つの試みとして、中央部に、テーパ状の孔を有する厚板(下図参照)が、その周上、あるいは、孔面において、それぞれ、等分布引張荷重、等分布圧縮荷重を受ける際の、孔周辺の応力状態に対して、板面と、孔面とのなす角度 α が、いかなる影響を及ぼすかについて明らかにするとともに、高温域における、クリープ挙動、特に、定常クリープ状態での応力分布について、解析を行なう。



2. 解析方法

クリープ挙動には、通常、時間が非線形パラメータとして含まれるから、この種の問題は、単に非線形のみならず、非定常の問題としても取り扱うことになる。

このような複雑な現象においては、解析的手段は限界があり、やはり、有限要素法を中心とした Systematic な計算手法が有利と思われる。

本稿では、有限要素として、三角形リンク要素を使用し、アイソハウメトリック要素として、定式化した。

いす、微小時間 Δt 間に生ずる全ひすみ増分 $\Delta \epsilon_{ij}$ が、

$$\Delta \epsilon_{ij} = \Delta \epsilon_{ij}^e + \Delta \epsilon_{ij}^c \quad (1)$$

ここに

$\Delta \epsilon_{ij}^e$: 弾性ひすみ増分, $\Delta \epsilon_{ij}^c$: クリープひすみ増分

と表わされるものとする。

また、応力増分 $\Delta \sigma_{ij}$ と $\Delta \epsilon_{ij}^e$ との間には、次の関係がある。

$$\Delta \sigma_{ij} = D_{ijkl} \Delta \epsilon_{kl}^e \quad (2)$$

ここに

D_{ijkl} : 弾性係数マトリックス,

また、クリープひずみ速度 $\dot{\epsilon}_{ij}^c$ が過去の履歴に無関係に表現されるものとする (Creep as a change-of-state process). $\Delta \epsilon_{ij}^c$ は、流動理論に従って、

$$\Delta \epsilon_{ij}^c = \lambda R_{ijkl} \bar{\sigma} \Delta t \quad (3)$$

ここに

λ : その時点における応力、温度などの関数、

$R_{ijkl} \bar{\sigma} = S_{ij}$, S_{ij} : 偏差応力

(1), (2), (3) 式より、

$$\Delta \bar{\sigma}_{ij}^{(n)} = D_{ijkl} (\Delta \epsilon_{kl}^{(n)} - \lambda^{(n-1)} R_{klmn} \bar{\sigma}_{mn}^{(n-1)} \Delta t) \quad (4)$$

ここに、 (n) は、時間に関するステップを、 $(n-1)$ は、 $n-1$ ステップをそれぞれ意味する。

つまり、増分クリープひずみは、1 ステップ前の応力から推定され、それを初期ひずみとして取り扱う。

(4) より、有限要素剛性方程式は 次のように表示される。 ²⁾

$$K_{ij} \Delta u_j = \Delta F_i^M + \Delta F_i^C + \Delta F_i^T + \Delta \epsilon_i \quad (5)$$

ここに、

K_{ij} : 弾性剛性マトリックス , Δu_j : 節点変位増分

ΔF_i^M : 機械的荷重増分ベクトル , ΔF_i^C : クリープ荷重増分ベクトル

$\Delta \epsilon_i$: 前ステップでの不釣り合力補正ベクトル

ヤング率などの変数を変えないものとし、微小変形理論に限れば (5) 式において、 K_{ij} は一定値となるので、逆行列演算は、一度で済むことになり、経済的である。

しかし Δt が大きくなると不安定となるので、本稿においては、時間の経過と共に、累積数的に増加するように正分し、 Δt がある値 Δt_{max} に達した後には、これを一定とした。

3. 解析結果

上記の方法によつて、 α および h/r_0 をパラメータとして、乳筒辺の応力状態を求めた結果、例えば、弾性状態において、 $h/r_0 = 1$, $\alpha = 150^\circ$ とする σ_{max} は、 $h/r_0 = 1$, $\alpha = 90^\circ$ の時のそれに対して約 2.3 倍の値を得た。解析結果の詳細については、当日報告する。

なお、本研究を進めるに当り、多大の協力を賜りました、橋梁工学研究室谷口健男助手をはじめとして、研究室の諸兄に感謝の意を表します。

参考文献 1) Ellgren, F., ほか, Proc. Amer. Soc. Civ. Engrs., 92-EM.

2) 矢川元基, 高温構造物の非線形挙動と有限要素法, 日本造船学会論文集, 第 544 号 (1974) pp. 369-376.