

ずれ止め近傍の3次元応力解析

大阪工業大学

正員

岡村宏一

東洋技研コンサルタント(株)正員 ○島田 功

1. まえがき： 異種構造部材を結合される複合構造の多くは、各々の材料が有する長所を有効に生し、合成構造として扱われる。合成構造では、結合面での付着特性が重要な問題となり、ボンドのみで接合できない場合、すれ止めを設けて一体化を図る必要がある。すれ止めは、主として構造部材間のせん断力を伝達させるものであるが、すれ止め位置で局所的に作用するため、その近傍での応力は3次元状態となる。本報告は、この3次元応力の解析手法と、若干の解析結果を示したものである。

2. 解析手法: 図-1は, 3次元体中にすくい止め(スタッド)を埋込み, 水平力を作用させた状態を示したものである。本問題は, スタッドの部分に剛度変化領域を有する三次元体として扱おうことができ, 円筒座標系で支配方程式を示すと次のようになる。

$$\left. \begin{aligned} \lambda_0 \frac{\partial \epsilon}{\partial r} + G_0 \left(\frac{\partial^2 \epsilon_r}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial \epsilon_r}{\partial r} + \frac{\partial^2 \epsilon_z}{\partial z^2} + \frac{\partial \epsilon_{\theta\theta}}{r} \right) &= -\frac{1}{k^2} \epsilon_r \frac{\partial n}{\partial r} \\ \lambda_0 \frac{\partial \epsilon}{\partial z} + G_0 \left(\frac{\partial^2 \epsilon_z}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial \epsilon_z}{\partial r} + \frac{\partial^2 \epsilon_z}{\partial z^2} + \frac{\partial \epsilon_{zz}}{r} \right) &= -\frac{1}{k^2} \epsilon_z \frac{\partial n}{\partial z} \end{aligned} \right\} \dots (1)$$

$$\frac{\lambda_0}{r} \frac{\partial \varphi}{\partial \vartheta} + G_0 \left\{ \frac{\partial \chi_{r0}}{\partial r} + \frac{2}{r} \frac{\partial \varphi_0}{\partial \vartheta} + \frac{\partial \chi_{\vartheta 0}}{\partial z} + \frac{2\chi_{r0}}{r} \right\} = -\frac{1}{\kappa^2 L_0} \frac{\partial n}{\partial r}$$

==に、 λ_0, G_0 は基準となる材料の弾性定数

n は材料の弾性定数比 である。

右辺の項を $T_r = \frac{1}{n} G_r \frac{\partial n}{\partial r}$, $T_z = \frac{1}{n} G_z \frac{\partial n}{\partial z}$, $T_\theta = \frac{1}{n} G_\theta \frac{\partial n}{\partial \theta}$ とおくと、これは、体積力と同等の物理量である。ここで、 λ_0 , G_0 を三次元体(母体)のものとするば、 T_r , T_z , T_θ はスタッドの周面にのみ作用し、その面力は、 λ になる。

$$t_r = -\sigma_n(1 - \frac{1}{n}), \quad t_2 = -\tau_{r2}(1 - \frac{1}{n}), \quad t_0 = -\tau_{r0}(1 - \frac{1}{n}) \dots (2)$$

すなわち、スタッドによる特性は、(2)式に示す仮想力を均質な3次元体に作用させることによって得られる(方法1)。

図-2は、スタッド周面の応力と、そこに作用させる仮想力を

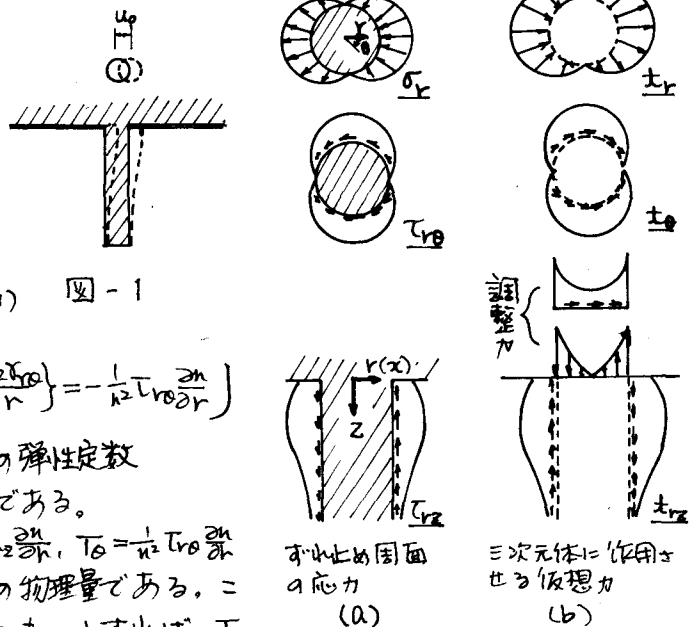


图-2 一方法 1—

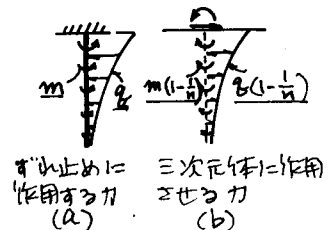


图-3 - 方法 2-

Hirokazu OKAMURA, Isao SHIMADA

示したものである。さらに、スタッドの挙動が棒の曲げ理論で近似されるものとすれば、スタッドに作用する力は図-2(a)の周面応力であり、それを周面で積分した力が作用する、棒としてスタッドが解析できる(図-3(a))。一方、スタッドが埋込まれた三次元体には、(2)式より、 $(1-\frac{1}{n})$ 倍した力が作用することになり(図-3(b))、上述のスタッドの変形と、三次元体中に埋込まれたスタッドの変形が、等しい条件によって近似的な解析ができる(方法2)。なお、方法1, 2とも、三次元体中に作用させる仮想力を未知量とし、選点法によって連立方程式が得られ、解くことができる。ここに、三次元体に作用させる力による解は、Mindlin 解を矩形積分したもので与える。

3. 計算例: 図-4に解析モデルを示した。なお、スタッドの頭部は剛体とし、水平変位(u_0)を与えた。図-5にスタッドの応力と変形を示した(破線は、 $n=1$ とした場合である)。図-6は、方法1, 2による結果を比較したものである。図-7は、スタッド近傍の応力を示したものである。

現在、スタッド背面のほく離の影響、スタッド相互間の干渉、および、スラブにおけるスタッドの挙動を検討中である。

図-6 方法1, 2による解析結果

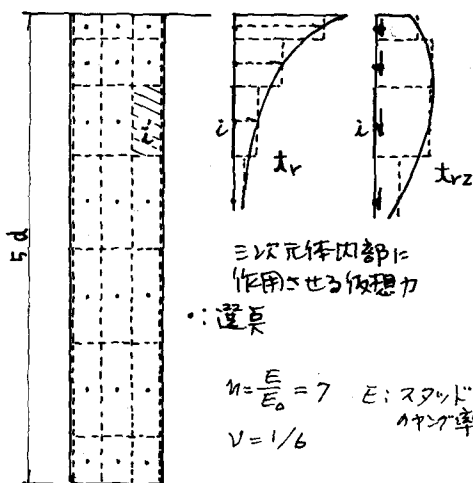


図-4 解析モデル

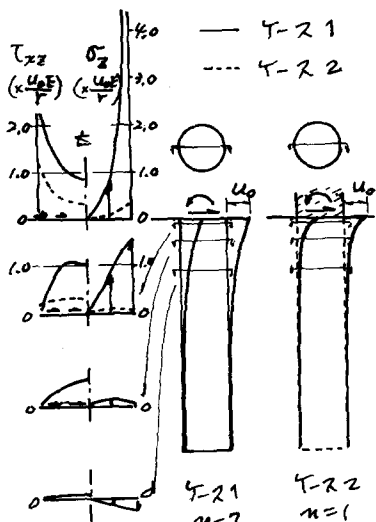


図-5 スタッドの応力と変形

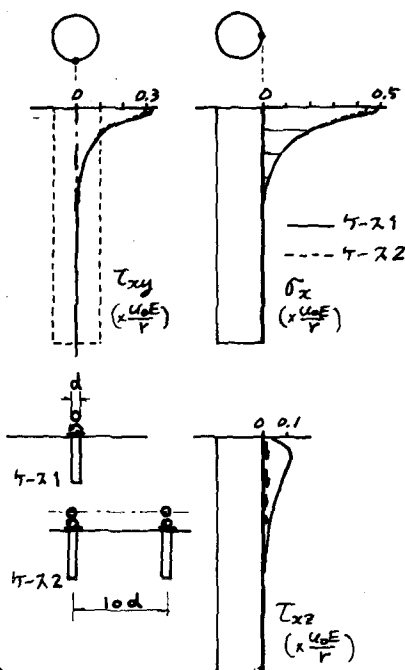


図-7 スタッド近傍の応力