

東洋技研株式会社 正員 島田 功 摂南大学工学部 正員 平城弘一
 摂南大学工学部 学生員 ○ 木村隆幸 摂南大学工学部 学生員 尾崎守宏

1. まえがき スタッドは鋼・コンクリート合成構造のずれ止め、あるいはアンカー材として広く用いられている。従来のスタッドに関する研究はほとんどが実験的な研究であり、スタッドの耐荷力、ずれ性状および疲労強度などのような強度・挙動特性を巨視的な形で把握するに過ぎないものであった。しかしながら、近年ではコンピュータの進歩により解析手法が発達し、これまで説明が不可能とされていた事柄までも微視的な観点に立って明らかにされようとしている。そこで、本研究では、コンクリートに埋込まれたスタッドにせん断力が作用した場合について、新規にFEMプログラムを開発し、スタッド近傍の三次元応力を解析しようとするものである。既往のスタッドに関するFEM解析には、二次元問題¹⁾と三次元問題²⁾として応力解析を試みたものがあるが、前者の二次元的な取り扱いではスタッド近傍の応力状態を説明するには極めて不十分である。一方、後者の三次元解析は主として組合せ応力（スタッドにせん断・鋼板に引張）に主眼がおかれたものである。スタッドにせん断力のみが作用した場合のスタッド周辺の三次元応力状態は、いまだ説明されていない部分が多いようである。なお、本解析プログラムは手近で解析が可能でEWSに近い機能をもつパソコン上で実行することを前提にしている。

2. 解析方法 図-1は、今回用いた解析用モデルの要素分割を示したものである。このモデルは鋼板に溶接されたスタッドがコンクリートに埋め込まれている状態を想定したもので、その形状寸法は過去の押抜き供試体に近似させている。なお、スタッドおよびコンクリートの断面・高さ方向の分割数は、種々変化させた解析を行い、解の収束性から判断して決定したものである。解析は鋼板の一端に強制変位を与えて行い、コンクリート側の拘束条件は押抜き試験に近いものとした。本解析ではスタッドとその周囲のコンクリートに剥離とすべりが考慮できるようになっている。この材料間の剥離・すべりは、図-2のような降伏モデルを用いた。図中の τ_0 は付着強さを示し、その値は既往の研究³⁾で得られたものを使用した。表-1に物理定数および材料定数を示す。なお、鋼およびコンクリートのポアソン比は、それぞれ0.3、0.167とし、今回、スタッドの軸径が及ぼす三次元応力への影響を調べるため、スタッド直径13mm（高さ:65mm）と19mm（高さ:100mm）の2種類について解析を行った。なお、直径13mmと19mmの両解析モデルの形状は、直接比較できることを考えて相似形とした。

3. 解析結果

荷重とずれの関係に関する解析結果を図-3示す。同図には押抜き試験結果も直接比較するために併記されてい

表-1 材料定数

ヤング率(E_s)	$2.1 \times 10^6 \text{ kgf/cm}^2$
ヤング率(E_c)	$2.7 \times 10^5 \text{ kgf/cm}^2$
付着強度 τ_0	20 kgf/cm ²
内部摩擦角 ϕ	30°

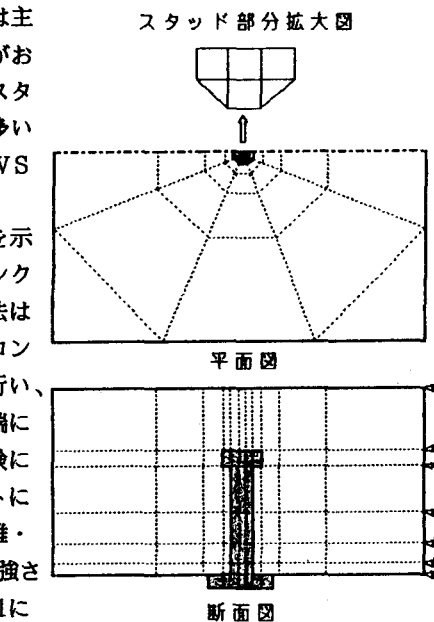


図-1 解析モデル

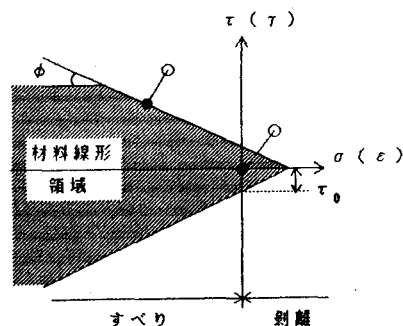


図-2 材料線形、非線形領域

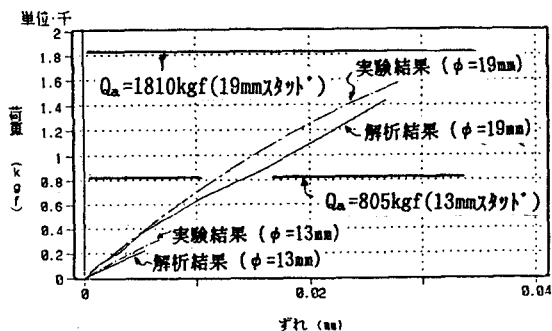


図-3 荷重-ずれ曲線 (実験値・解析値)

る。また参考のために、道示の許容せん断力 (Q_a) も記されている。この図より明らかなように、本解析値は直径19mmスタッドについては、ほぼ Q_a レベルまで、13mmスタッドについては、 Q_a のほぼ1/2レベルまで、実測値⁴⁾とよく一致したずれ性状を示すことがわかった。

図-4は13mmと19mmのスタッドが剥離とすべりを起こしながら、変形していくようすを示したものである。ここで、ずれ量は解析で与えた強制変位を示している。この図より明らかなように、13mm, 19mmスタッドとも、まず剥離がスタッド根元部支圧面の背面に起こり、その後、すべりが同じくその側面に生じ、それから以後、背面の剥離と側面のすべりとが交互に繰り返して、スタッド高さ方向に進展していくことがわかる。

図-5は、スタッドとコンクリートの支圧側接触面における応力分布を示したものである。なお、応力は200~250kgf/cm²程度のを着目した。この図から明らかなように、13mm, 19mmスタッドとも、スタッドが比較的短い ($H/D < 5.5$) にも拘らず、低い载荷レベルにおいて応力はスタッド根元部に集中していることがわかる。

図-6は、13mm, 19mmスタッド周辺部における次の3つの応力を示したものである：①支圧側コンクリートのX軸方向に関する応力分布 (σ_x)、②同じくY軸方向の応力分布 (σ_y)、③支圧側面にあるコンクリートのX軸方向に関する応力分布 (σ_x)。これらの図から明らかなように、支圧側面にはスタッド周辺で大きな引張応力が生じていて、また支圧側ではスタッド周辺に圧縮応力が集中していることがわかる。

4. あとがき

今後、材料非線形も考慮したプログラムに改良して、もっと高い荷重レベルについても解析を行いたい。

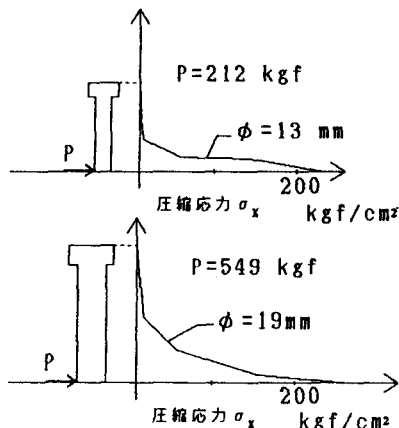
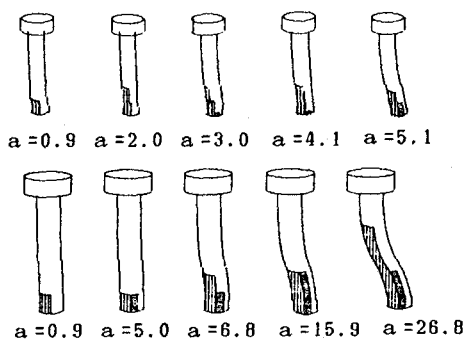


図-5 スタッド支圧側前面の応力分布 (σ_x)



上段: $\phi = 13\text{mm}$ 剥離 すべり
下段: $\phi = 19\text{mm}$ a: ずれ量 (10^{-3}mm)

図-4 剥離・すべりとずれ変形の進展図

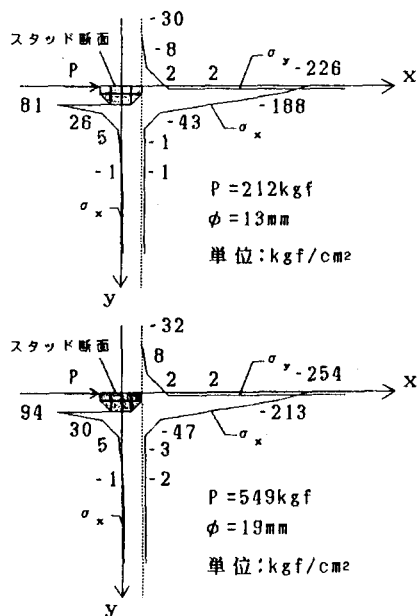


図-6 スタッド根元部周辺におけるコンクリートの応力分布 (σ_x, σ_y)

参考文献 1) Oehlers, D. J.: Univ. of Warwick, CE2, 1978. 2) 梶川・前田: 土木学会論文集, No. 362/I-4, 1985. 3) 川崎製鉄研究資料: 突起物圧延鋼材を用いた..., 1981. 4) 平城弘一: 大阪大学学位請求論文, 1990.