

CS-77

頭付きスタッドアンカーの相対ずれ剛性への影響因子

神戸大学工学部 正会員 大谷 恭弘
積水ハウス(株) 辻 雅光

1. はじめに

今日、鋼コンクリート複合構造物における材料間接合部には、ずれ止め材やアンカー材として頭付きスタッドが広くが使用されている。このような接合部、あるいは構造物全体の挙動を明らかにするためには、接合部界面部のずれ性状や力学性状を明らかにすることが必要である。しかし、頭付きスタッドをずれ止めやアンカーとして用いた場合(以下、「スタッドアンカー」と呼ぶ)の力学性状については、いまだ十分に明らかにされていない。特に、一般的な組合せ荷重を受けた場合の相対ずれに対する剛性評価については実験的研究も行われているが¹⁾、コンクリート材料の不均質性や実験におけるばらつき等により十分に解明されていないのが現状である。

そこで、組合せ荷重を受けるスタッドアンカーについて、その本質的な性状について検討することを目的とし、有限要素解析プログラム(MARC)を用いて3次元弾性接触問題として解析を行った。特に、荷重—相対ずれ関係における初期剛性を支配すると考えられるパラメータを変化させて解析を行い、それらの影響について検討した。

2. パラメトリック解析

解析モデル 解析モデルの概要を図1に示す。均質な理想弾性体と仮定したコンクリートに倒立方向で埋め込まれた頭付きスタッドが、その基部(溶接部)に組合せ荷重を受ける場合を考えた。なお、解析は対称性から1/2構造に対して行った。解析では十分大きなコンクリートブロックに埋め込まれたスタッドアンカーの挙動を対象としている。解析で用いたコンクリートブロックは、その周囲の影響が無視できる程度に大きいと考え、各面に対し次のような境界条件を与えた。すなわち、面AEHD 面BFGC 面EFGH 面DHGCでは X方向、Y方向、Z方向の変位を拘束し、面AEFBではY方向の変位を拘束し、面ABCDでは拘束なしとした。

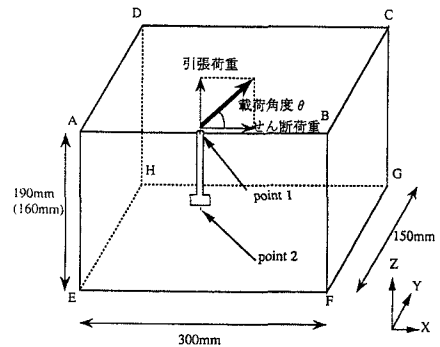


図1 解析モデルの概要

パラメータ 解析ではスタッドの形状寸法、組合せ載荷角度、コンクリートのヤング係数、余盛部の形状寸法をパラメータとした。スタッド形状としては、軸径19mm全高100mmスタッドと軸径13mm全高80mmスタッドを解析対象とした。載荷角度は、せん断方向からせん断力と引張力の合力への仰角をもって定義し(図1)、これを0度(せん断力のみ)から90度(引張力のみ)の間で数種類変化させた。コンクリートのヤング係数 E_c は現実的な値として100~500(tf/cm²)の範囲で変化させた。溶接余盛部(フラッシュ)については溶接施工等により形状や大きさがばらつくことが予想されるが、ここではその形状をスタッドの基部周辺を均一な高さで囲む円筒形としてモデル化した。そして、その形状寸法を軸径19mmスタッドに対して高さ×幅(cm)で0.5×0.32、0.25×0.32、0.5×0.16、0.25×0.16の4種類で変化させた(図2)。なお、スタッドと溶接余盛部のヤング係数は2100(tf/cm²)、ポアソン比は0.3で一定とした。

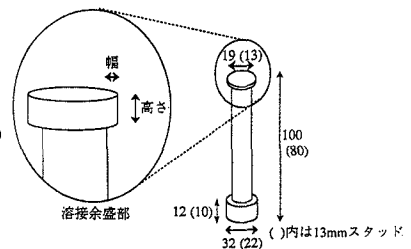


図2 スタッド及び余盛部の形状

解析方法 スタッドは実際には鋼材に溶接されるので基部の拘束条件として回転を完全拘束した。荷重制御でスタッド基部中心に組合せ荷重を与え解析を行った。スタッドとコンクリートとの接触判定を行い解析を進め、そのしきい値として0.001mmを指定し、スタッドとコンクリートとの摩擦係数は0とした。相対水平変位はスタッド基部中心点(図1のpoint 1)の水平変位とスタッド頭部中心点真下のコンクリート(図1のpoint 2)の水平変位との差とし、相対鉛直変位は

スタッド基部中心点(図1のpoint 1)の鉛直変位として算定した。

3. 解析結果と考察

載荷角度の影響 載荷角度によるせん断剛性、引張剛性の変化を図3に示す。せん断剛性は純せん断力載荷の場合の剛性で無次元化し、引張剛性は純引張力載荷の場合の剛性で無次元化した値である。いずれの剛性も他方向の荷重の影響により剛性が低下することが判る。これは、せん断力と引張力の組合せ荷重によるスタッド・アンカーの挙動において重ね合せの原理が弾性域においても成立しないことを示唆している。

コンクリートのヤング係数の影響 図4に軸径19mmと13mmのスタッドそれぞれについて、せん断力のみを載荷した場合のせん断剛性とコンクリートのヤング係数の関係を示す。縦軸にはせん断剛性 K (tf/cm)をスタッドの軸径 D (cm)でわったものを、横軸にはコンクリートのヤング係数 E_c (tf/cm²)を取っている。図からせん断剛性は軸径の異なるスタッドに対してもひとつの関数で評価が可能であることがわかる。コンクリートのヤング係数が100から500(tf/cm²)の範囲において線形回帰すると次式が得られる。

$$K = D (0.6 E_c + 73)$$

図4には平城らの押し抜き試験結果²⁾から得られた初期せん断剛性を併せて示している。押し抜き試験の結果のばらつきを考慮したとしても、本解析結果は剛性を高く評価している。この理由として、解析ではスタッドとコンクリートを均質な理想弾性体として扱っていること、両者が隙間なく完全に接触しているとしていること、スタッド基部で完全に回転を拘束していること、あるいはスタッド基部近傍のコンクリートの局所的なひずみの集中が十分に評価されていないことなどが考えられる。理想弾性体を仮定した本解析結果と実験結果との差の具体的要因については今後の検討課題である。

溶接余盛部の影響 表1には解析により得られたせん断ずれ剛性の、余盛部のない場合の剛性に対する比を示す。余盛部の存在による剛性上昇の原因として、スタッド基部の支圧面積の増加、スタッド基部における曲げ剛性の上昇、余盛部でのコンクリートのひっかかりによるスタッド軸方向のすべりの拘束などが考えられる。軸径19mmスタッドについては実際の溶接余盛部の寸法が0.5×0.35(cm)程度と考えられるが、本結果はせん断ずれ剛性への余盛部の影響が最大で20%程度に及ぶことを示唆しており、余盛部の形状寸法が施工上ばらつくものであると考えると、剛性のばらつきの大きな要因となることが予想される。

4. まとめ

均質な理想弾性体にモデル化されたコンクリートに埋め込まれたスタッド・アンカーの初期相対ずれ剛性に影響を与える因子について検討した。得られた知見は以下の通りである。

- ・ 組合せ荷重を受けるスタッド・アンカーの弾性挙動には重ね合せの原理が成り立たない。
- ・ 相対せん断ずれ剛性はスタッドの軸径に比例し、コンクリートのヤング係数の線形式で妥当に評価することができる。
- ・ 余盛部形状寸法は相対せん断ずれ剛性のばらつきに大きく影響すると考えられる。

参考文献

- 1) 大谷、吉本、福本：組合せ荷重を受けるスタッド・アンカーの強度評価と力学性状、混合構造の力学的挙動と設計・施工に関するシンポジウム論文集、1991年
- 2) 摂南大学工学部土木工学科構造工学研究室：押し抜き試験のための調査研究結果（中間報告）1994年

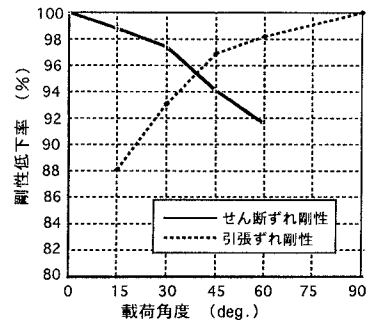


図3 載荷角度とずれ剛性の関係

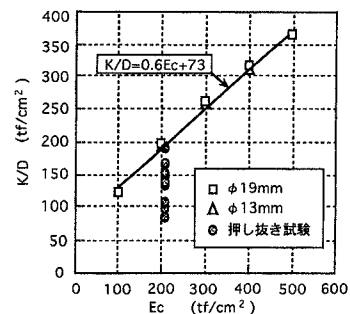


図4 コンクリートのヤング係数とせん断ずれ剛性の関係

表1 余盛部の形状とせん断ずれ剛性

余盛部の形状 (cm)	増加投影面積 (cm ²)	せん断剛性 (tf/cm)	剛性比 (%)
0.5×0.32	0.32	588.9	118.9
0.25×0.32	0.16	558.7	112.8
0.5×0.16	0.16	550.3	111.1
0.25×0.16	0.08	536.4	108.3
余盛部なし	0	495.2	100