

V-190

引張力を受けるスタッドアンカーについて

大阪大学工学部 正員 大谷 恭弘

大阪大学大学院 学生員○馬場 真吾

大阪大学工学部 正員 福本 嘯士

大阪大学大学院 学生員 福島 眞司

1. まえがき

鋼およびコンクリートからなる複合構造物あるいは合成構造物における接合部での、せん断力に加えて軸力を伝達する機構を明らかにすることによって、より経済的でかつ新しい構造形式を設計に取り入れることが可能となる。接合材料としては、従来からせん断に対するずれ止めとして頭付きスタッド・アンカーが広く用いられており、近年、せん断および引張の組合せ荷重下においてもこのスタッドが用いられつつある。しかしながら、スタッド・アンカーに組合せ荷重が作用する場合はもとより、引張力のみが作用する場合の耐荷力に関する研究はわが国では少なく、また、PCI¹⁾（合衆国）、西ドイツ²⁾における既往の耐荷力算定式は、破壊機構を明らかにしたものではない。そこで本研究では、スタッド・アンカーに引張力が作用する場合の実験を行うことにより、耐荷力の測定、破壊性状の観察を行った。さらに、内部での破壊の進展および破壊機構を明らかにするためクラックを考慮した材料モデルを用い非線形有限要素解析を行った。

2. 実験方法および結果

供試体の概略を図-1に示す。供試体はT形鋼製治具にスタッドを溶接し、このまわりに50cm×50cm×20cmのコンクリートを打設することにより作製したものである。治具にPC鋼棒を連結し、これをセンターホールジャッキで引き上げることにより、スタッドに引張力を作用させた。

実験は、スタッドの寸法および本数を変化させ、計24体の供試体について行った。表-1は、各供試体におけるスタッドの寸法、本数、コンクリートの28日圧縮強度、引抜き実験結果および既往の算定式による引張耐荷力を示す。供試体NO.19~22には、スタッドを中心間隔10cmで2本配置し、NO.23,24は、10cm間隔で4本正方形に配置した。

実験値と既往の両算定値を比較すると、1本配置の場合は、両算定式はほぼ等しく実験値とも概ね良い一致を示している。2本、4本配置の場合は、実験値は両算定値の間にあるが、合衆国の算定式は耐荷力を過大に評価していることがわかる。

供試体NO.15~18の破壊は、スタッドの破断によって起こり、他の供試体の破壊は円錐台状のコンクリート塊がコンクリートブロックよりスタッドと共に引き抜かれるという形で起こった。

供試体NO.14,22においてスタッド引抜き後に測定された供試体中央断面におけるコンクリート破壊形状を図-2に示す。本実験においては1本配置の場合、この図にみられるように破壊面

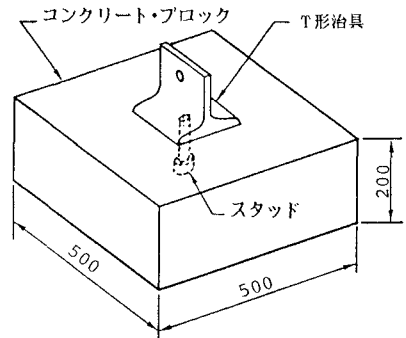


図-1 供試体形状および寸法

表-1 スタッド・アンカー寸法および実験結果

供試体	スタッド寸法(mm)		スタッド 配置本数 (本)	最大 引張力 (tonf)	引張り算定値(tonf)		円柱供試体 圧縮強度 (kgf/cm ²)
	軸部直径	全 高			合 衆 国	西ドイツ	
NO.1	19	80	1	5.8	5.7	5.5	316
NO.2	19	80	1	5.6	5.7	5.5	316
NO.3	19	100	1	8.0	8.8	7.5	316
NO.4	19	100	1	8.2	6.0	5.8	316
NO.5	19	100	1	8.5	9.4	8.0	354
NO.6	19	100	1	8.5	9.4	8.0	354
NO.7	13	60	1	3.3	3.0	3.4	316
NO.8	13	60	1	3.3	3.0	3.4	316
NO.9	13	60	1	3.4	3.2	3.6	354
NO.10	13	60	1	2.9	3.2	3.6	354
NO.11	13	80	1	6.1	5.4	5.1	316
NO.12	13	80	1	5.9	5.4	5.1	316
NO.13	13	80	1	5.6	5.7	5.4	354
NO.14	13	80	1	5.4	5.7	5.4	354
NO.15	13	100	1	6.1	—	—	316
NO.16	13	100	1	6.0	—	—	316
NO.17	13	100	1	6.1	—	—	354
NO.18	13	100	1	6.3	—	—	354
NO.19	13	80	2	6.9	12.9	7.1	316
NO.20	13	80	2	7.4	12.9	7.1	316
NO.21	13	80	2	8.6	13.7	7.5	354
NO.22	13	80	2	7.7	13.7	7.5	354
NO.23	13	80	4	12.2	15.7	11.4	354
NO.24	13	80	4	12.0	15.7	11.4	354

注) NO.15~18における破壊はスタッド破断のため引張り算定値は示していない。

の形状は、スタッド近傍ではほぼ45°の傾斜角をもち、スタッドから離れた位置で、より緩い角度に折れ曲がる傾向にあった。破壊面の傾斜角は、短いスタッドほどより緩くなった。また、上記の破壊面に加えスタッド頭部横より水平方向に進展する破壊面が観察された。スタッド2, 4本配置の場合の破壊形状は、ほぼ四角錐台の形となった。

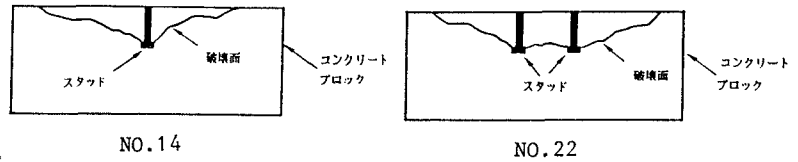


図-2 コンクリート破壊形状

3. 有限要素解析

スタッド・アンカーに引張荷重を作用させた場合のコンクリート内部での破壊の進展および破壊機構を調べるため、有限要素解析を行った。本解析ではコンクリートの材料モデルとして、圧縮応力領域に対し、最大強度以後の軟化性を考慮した弾塑性理論に基づくモデルを用いた。引張応力領域においては、最大強度以前は線形弾性、最大強度以後はクラック形成過程における軟化性を考慮したスミアードクラックモデルを用いた。ただし、引張応力領域においてクラックをこの様な疑似連続体としてモデル化する際に、要素のサイズによる影響を考慮した。ここでは破壊後の軟化曲線を線形と仮定し、その傾きを要素のサイズに対して変化させて、クラック形成による解放エネルギーを一定に保った。コンクリートの破壊基準として、William-Warnerの5パラメータモデルを用いた。材料定数は、材料試験の結果に基づき決定した。軸対称問題と仮定し、スタッド基部に鉛直方向の強制変位を与えることにより解析を行った。図-3は、供試体No.13,14（スタッド軸部直径13mm,全高80mm）に対する場合の解析結果を示す。この図は破壊の進展状況を示すものである。まず、スタッド頭部横より水平方向にクラックが発生する（A）。その後、頭部より傾斜角約45°のクラックが発生し（B）、このクラックがより緩い角度に折れ曲りながら発達し（C）、崩壊に至る（D）。

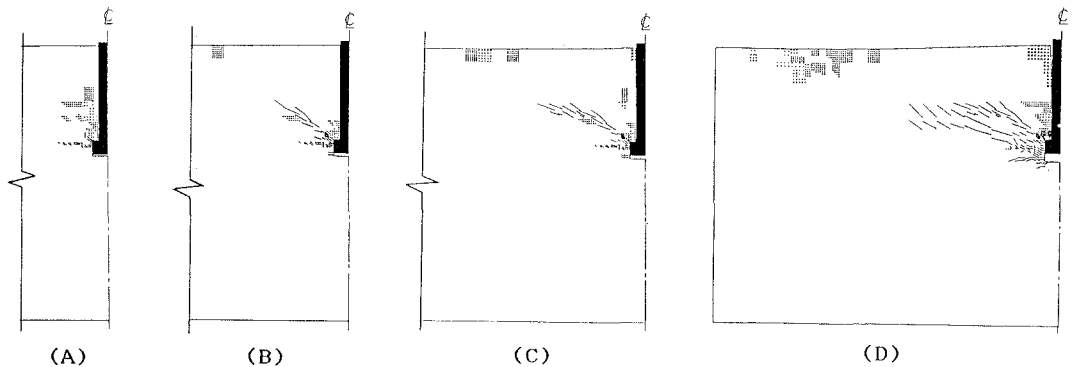


図-3 破壊領域の進展

(図中の変形は10倍)

4. まとめ

スタッド・アンカーの引張実験を行い、耐力の測定および破壊形状の観察を行った。スタッドを1本配置した場合の実験値は、合衆国および西ドイツの耐力算定式とよい一致がみられた。複数配置した場合には、西ドイツの算定式と比較的よい一致がみられたが、合衆国の算定式は耐力を過大に評価していることがわかった。実験において観察されたスタッド頭部より水平方向あるいは、斜め上方にのびる破壊面の形成過程を、本研究での材料モデルを用いた有限要素解析によりとらえることができた。

参考文献

- 1) Prestressed Concrete Institute Design Handbook, Second Edition.
- 2) Bode, H. and Roick, K.: Headed Studs-Embedded in Concrete and Loaded in Tension, Paper Presented at the PCI Annual Convention, LOS Angeles, 1983.