

## I-159

## 引張力を受けるスタッド・アンカーの破壊性状について

大阪大学工学部 正員○大谷 恭弘    大阪大学工学部 学生員 馬場 真吾  
 大阪大学工学部 正員 福本 晴士    大阪大学工学部 学生員 福島 眞司

## 1. 緒言

鋼およびコンクリートからなる複合構造は、それぞれの材料の利点を生かし、より経済的な設計を可能にすることから、今日、構造形式として注目されてきている。しかし、それらの挙動特性の解明や、合成効果をより有利にするためには、異種材料間の接合部における力の伝達機構や力学挙動あるいは破壊形式を把握することが重要と思われる。

合成接合材料として広く利用されている頭付きスタッド・アンカーは、従来からせん断に対するずれ止めとして用いられているが、施工の迅速さと相まって、近年、組合せ応力下の接合部においても用いられるようになってきている。引張力あるいは引張力とせん断力が同時に作用するスタッド・アンカーの耐荷力に関する研究は、アメリカおよび西ドイツにおいてなされており、設計のための耐力算定式が提案されている。しかしながら、我国では引張あるいは組合せ荷重を受ける場合の耐力算定式は、いまだ確立されておらず、また、それらに関するデータも不足しているのが現状である。

そこで、本研究では頭付きスタッド・アンカーの引抜き実験を行い、その耐力性状の観察および既存の耐力算定式との比較を行った。

また、スタッド周辺のコンクリートの破壊性状を把握するため、コンクリート材料の非線形特性を考慮し、FEM 解析を行った。

## 2. スタッド・アンカーの引抜き実験

供試体および荷重方法の概略を図-1

に示す。供試体は鋼板を集成してT形に作製したジグにスタッドを溶接し、スタッド周りに50cm x 50cm x 20cmのコンクリートを打設し作成した。φ19mm頭付きスタッドを用い、本試験ではコンクリートによる破壊を生じさせるため埋込長を8cm および10cmとし、各2体ずつ計4体に対して実験を行った。荷重は供試体を

鋼フレームにより4辺支持し、油圧ジャッキでジグに引張力を作用させることによって行った。実験はコンクリートの材齢56日を前後して行った。供試体4体に対して得られたスタッド引抜き耐荷力を表-1に示す。また、供試体と同時に打設し同じ状態で養生した円

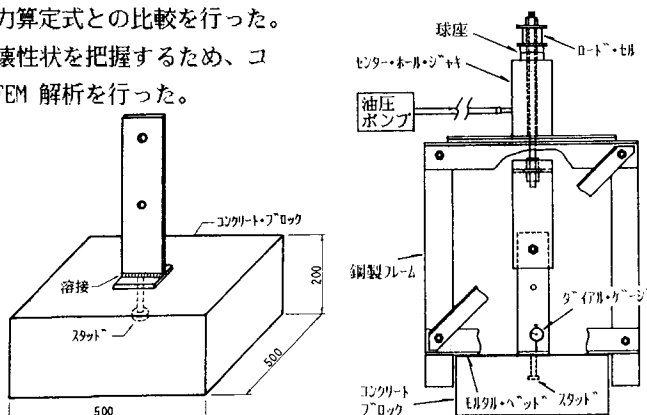


図-1 供試体および荷重方法

表-1 引抜き試験結果

| 供試体  | 最大引張力   |
|------|---------|
| 8-A  | 6.0 ton |
| 8-B  | 6.2 ton |
| 10-A | 9.5 ton |
| 10-B | 8.5 ton |

表-2 コンクリートの強度および弾性定数  
(材齢56日)

|        |                           |
|--------|---------------------------|
| 一軸圧縮強度 | 36.6 Kg/cm <sup>2</sup>   |
| 割裂引張強度 | 32.9 Kg/cm <sup>2</sup>   |
| ヤング係数  | 235000 Kg/cm <sup>2</sup> |
| ポアソン比  | 0.2                       |

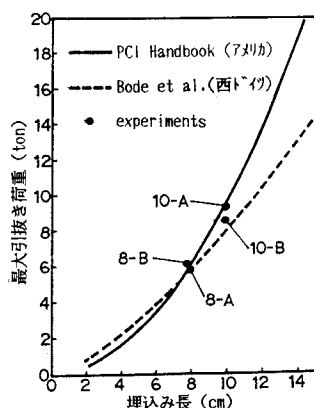


図-2 実験値と既存の算定式との比較

柱試験体(30cm × 15cm)より得られた材齢56日におけるコンクリートの強度および弾性定数は、表-2に示す通りである。図-2に本実験値とPCI（アメリカ）<sup>1)</sup>および西ドイツ<sup>2)</sup>における既存の引抜き耐荷力算定式との比較を示す。両算定式は埋込み長が大きくなるに従いその差が顕著になるが、本実験で用いた埋込み長 8cmおよび10cmに対しては両者はほぼ等しく、実験値はそれらと比較的よい一致を示している。破壊形状は、4供試体のいずれもほぼ同様であった。供試体 8-Bの破壊時におけるひびわれおよび破壊形状を図-3に示す。最大荷重に達した頃よりコンクリート上面に中心から放射線に沿うひびわれが観察された。図に示す破壊形状は、スタッド引抜き後のものである。破壊面は、スタッド近傍ではスタッド軸に対し約45°の傾斜角で観察されたが、スタッドから離れるに従い軸に対する傾きは大きくなり、ほぼ水平方向に近づいており、縁端部に向かっていった。

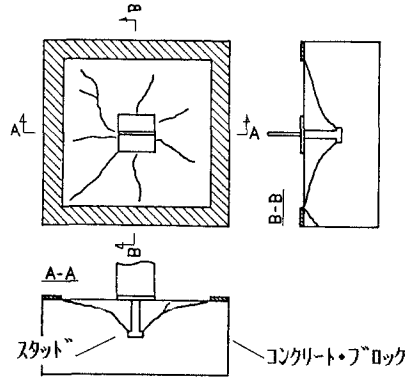


図-3 ひびわれ、破壊形状（8-B）

### 3. FEM解析

スタッド引抜き試験においては、引抜き後のコンクリートの破壊形状を知ることが可能である。しかしながら、最大荷重に至る破壊機構はその破壊形状より予測されるのみであり、正確な破壊機構を知ることが困難である。そこで破壊の進展状況を把握するため有限要素解析を行った。本解析では簡便のため、コンクリート材料を完全弾塑性と仮定し、材料の破壊後の軟化性については考慮しないものとした。

コンクリートの破壊基準として、William-Warnke の3パラメータ・モデルを仮定した（図-4）。材料定数としては、表-2で示した材齢56日において得られた値を用いた。ただし、破壊基準を定義するための第3番目の強度パラメータとして、等二軸圧縮強度を一軸圧縮強度の1.16倍と仮定した。解析は軸対称問題とし、スタッド頭部上面のコンクリートに上向き強制変位を与えて行った。図-5に長さ10cmのスタッドを 50cm × 50cm × 20cm のコンクリート・ブロックから引抜く場合に対する解析結果を示す。図は、破壊進展中の状態を示すもので、スタッド頭部から引張り応力領域における破壊が約45°の角度で進展してゆく状態をとらえている。しかし、完全弾塑性の仮定ゆえに、破壊が大きく進展した場合の挙動については信頼性が低いと思われる。

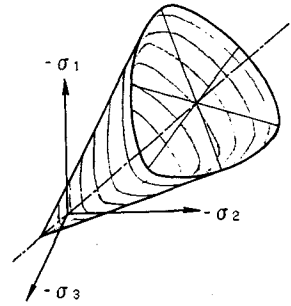


図-4 William-Warnke 3パラメータ 破壊基準

### 4. 結言

スタッド・アンカーの引抜き試験を行い、最大引張耐荷力の測定および破壊性状の観察を行った。その結果、最大引張耐力は既存の算定式による値とよい一致がみられた。しかし、本実験での4体という供試体数は不十分であり、破壊モードおよび耐荷力に対して正確な判断を下すためには、より多くのデータを必要とすると考えられる。

FEM解析で用いた材料モデルは、破壊の初期の進展状況をとらえるには十分であるが、破壊が進行するに従い、破壊の局所化を適切に考慮してゆく必要があると考えられる。

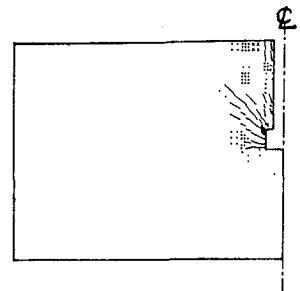


図-5 コンクリート・ブロック内の破壊の進展

参考文献：1) Prestressed Concrete Institute Design Handbook, 2nd Ed.

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.