

I-28

鋼・コンクリート界面の
せん断特性に関する実験的検討

東北大学工学部

東北大学大学院工学研究科

東北大学大学院工学研究科

東北大学大学院工学研究科

○学生員 赤松 篤

正員 斉木 功

正員 山田真幸

正員 岩熊哲夫

1. まえがき

鋼とコンクリートとを組み合わせた複合構造は様々な構造物に用いられているが、設計では鋼とコンクリートの結合にはスタッド等の機械的なずれ止めで力を伝達することが仮定されている。しかし、ずれ止め以外の界面に付着と摩擦が存在し、これを介して力の伝達が行われていることが指摘されており、複合構造物の挙動を正しく評価するためには鋼とコンクリート界面の力学性状を把握することは重要であると考えられる。

中島ら¹⁾は複合構造内の鋼とコンクリート界面の力学特性を把握するため、ずれ止めの押し抜きせん断試験に準じた方法で要素試験を行っている。本研究では、界面のせん断応力分布が一樣でかつ簡便な新しいせん断要素試験を提案した。従来の押し抜き要素試験を行い既存の実験結果と比較した上で、せん断要素試験の結果を検討し、鋼・コンクリート界面の力学的特性を把握することを試みた。

2. せん断要素試験の概要

図-1に試験体を示す。試験体が界面で滑り始める荷重を鋼とモルタルの界面接線方向の最大荷重として考えると、力の釣り合いから

$$F_{Tmax}(N) = \mu \times F_{Vmax}(N) + \sigma_b(N/mm^2) \times B(mm^2) \quad (1)$$

が成り立つ。ここで、摩擦係数を μ 、付着力を $\sigma_b(N/mm^2)$ 、接触面積を $B(mm^2)$ 、界面の接線方向と法線方向の最大荷重を F_{Tmax} 、 F_{Vmax} とした。これより摩擦係数 μ が求まれば付着力 σ_b が得られる。また、ここでは試験体の大きさに対する骨材の影響を考慮し、コンクリートの代わりにモルタルを用いた。モルタルの強度は、 $31.9N/mm^2$ (21日強度)であった。鋼とモルタルの接触面付近には穴のあいた鋼板で挟み、2種材料界面に不必要な応力や曲げが作用して試験体が壊れないように長ネジを通してナットで支圧力を加えた。支圧力は、ひずみゲージの値から読み取った。鋼板の表面のうち片方の面をを凹凸にすることによって、片側のみのすべりを考慮した。この試験では、界面の傾きの異なる試験体のデータが2個以上存在すれば式1より連立方程式が成り立ち、摩擦係数と付着力が2つとも求まることになる。ところが、今回製作した試験体の中で実際に結果として採用できたのは鋼とモルタルの界面の傾きが 60° となる試験体1つのみであった。

3. 押し抜き要素試験の方法と結果

(1) 押し抜き要素試験方法

今回はせん断試験体のデータが1つしかないので、式(1)中の摩擦

係数 μ が必要である。本研究では従来と同様な押し抜き要素試験から摩擦係数を求めかつここから得られる付着力を求めて、新しい要素試験の結果と比較する。押し抜き試験の実験概要を図-2に示す。押し抜き要素試験も新しい要素試験と同じ理由からモルタルを用いた。鋼板は試験体型枠にあらかじめ直角に設置し、その両側からモルタルを打設し、自然付着が発生するようにした。鋼板の表面は、黒皮のままとし、黒皮を削ってあるせん断要素

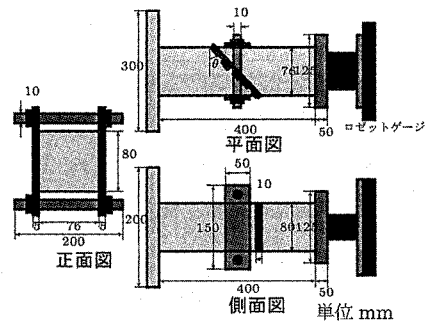


図-1 せん断要素試験 - 図面

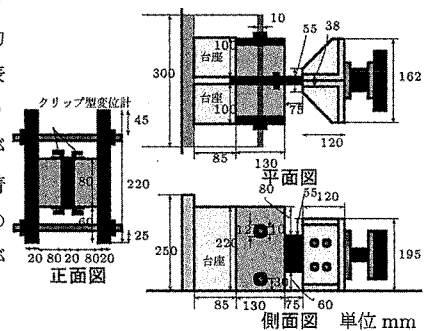


図-2 押し抜き要素試験 - 図面

表-1 押し抜き試験結果 (1)

	最大荷重 (kN)	最大せん断応力 (N/mm ²)	最大荷重時 ずれ変位 (mm)	残留荷重 (kN)	残留せん断応力 (N/mm ²)	残留荷重時 ずれ変位 (mm)	摩擦係数	付着力 (N/mm ²)
試験体 1	25.5	1.33	0.44	14.9	0.78	3.56	0.38	0.55
試験体 2	24.7	1.29	0.13	16.6	0.86	4.04	0.42	0.43
試験体 3	33.2	1.73	0.10	18.9	0.98	3.96	0.48	0.75

試験の鋼板の表面とは異なる。左右のモルタルブロックと鋼板とのずれ変位は、4箇所に設置したクリップ型変位計を用いて計測した。また、支圧力を与えるために試験体の両側を2つの穴のついた鋼板ではさみ、その穴に長ネジ(φ10mm)を通し、ナットで締めた。支圧力は、長ネジの中央に貼付けしたひずみゲージから測定調整し、2.0MPaとした。クリップ型変位計から測定されたずれ変位と平均荷重の関係を図-3に表す。

(2) 押し抜き要素試験の結果

3回の支圧摩擦試験により得られた最大荷重、最大せん断応力、最大荷重時ずれ変位、荷重がある一定値に収束したときの残留荷重、残留せん断応力、残留荷重時のずれ変位にまとめ、表-1に記す。ここで、残留荷重と支圧力の比を摩擦係数、最大せん断応力と残留せん断応力の差を付着力と定義した。支圧力は2.0(MPa)であることから、摩擦係数、付着力の値が求められ、その結果も表-1に記す。残留荷重と残留荷重時のずれ変位を特定するのは難しく、今回の実験では、ずれ変位が4.0mmに最も近い荷重を残留荷重とした。試験体1は、ずれ変位が3.56mm以上のデータがなく、そのずれ変位の荷重を残留荷重とした。中島らの実験結果によると支圧応力が2.0MPaで摩擦係数が約0.3、付着力が約0.8 N/mm²であり今回の実験結果と比較すると摩擦係数が約1.4倍、付着力が約0.75倍であった。自然付着には状態によってバラツキがあることがこの実験からもわかるため、今回の実験結果は既存の実験結果に近いと判断できる。

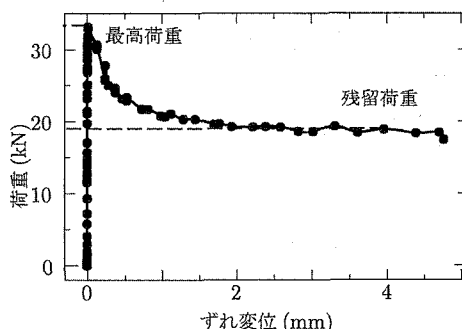


図-3 押し抜き試験：荷重－ずれ変位

4. 考察

せん断要素試験に関して、押し抜き試験から得た結果の平均摩擦係数 $\mu = 0.43$ を用いると、式(1)より付着力が 0.24 N/mm^2 と求まる。せん断要素試験と押し抜き試験とで付着力に2～3倍ほど差がある理由を、以下のよう考察したい。(1) 界面のずれ変位を計測していないため滑り始める荷重を算定するのにかなりの困難を要する。(2) 鋼板の表面の違いが付着力に影響を及ぼしている可能性がある。(3) 支圧力が荷重の増加と共に増加していき載荷荷重の評価が困難である。

5. あとがき

本研究では、鋼とコンクリート界面の力学的特性について調べるために中島らが行った押し抜き試験を行い結果を確かめた。さらに、せん断要素試験を行いその両者の結果を比較検討した。その2つの実験の結果からどちらの試験も界面の摩擦、付着特性を示すことができた。しかし、付着力には状態によってバラツキがあるため付着力を把握するには、より精度の高い実験をしなければならず、以下の改善点が挙げられる。(1) せん断要素試験、押し抜き試験の両者共に自然付着が取れないように保持する。(2) せん断要素試験で、ずれ変位の計測を行い、支圧力を一定に保つようにする。これからの課題として、今回の要素モデルを用いて3次元有限要素接触解析を行い実験結果と比較する必要がある。

参考文献

- 1) 中島章典, 西村美也子, 斉木功, 大江浩一: 鋼・コンクリート接触面の支圧摩擦性状に及ぼす支圧負荷方法の影響, 鋼構造論文集, Vol.12, No.45, pp.185-192, 2005.3