

# 鋼・コンクリート構造界面の付着と摩擦特性に関する要素試験の提案

A proposal on an element test of characteristics of interface bond and friction between steel and concrete

赤松 篤\*

Atushi AKAMATSU

\*構造強度研究室 (指導教員: 岩熊哲夫 教授)

鋼とコンクリートによって構成される複合構造物は、異種材料の一体化により個々の材料の性能よりも優れた性能を発揮する。また、鋼とコンクリートの付着性状は複合構造の挙動に大きく影響し、合理的な設計を行うためには界面の挙動を明確に評価する必要がある。本研究では、従来の押し抜き試験とは異なるせん断要素試験を提案した。このせん断要素試験体は、接触解析から試験体の界面に一律な応力が作用することがわかった。そこで本研究ではせん断要素試験と従来の押し抜き試験とを行い、既存の結果を踏まえて摩擦係数や付着応力を検討した。

**Key Words :** steel and concrete hybrid structure, interface, friction, bonding, bearing

## 1. まえがき

異種材料を組み合わせると単一の材料では得ることの出来ない望ましい力学特性を作り出すことができ、鋼とコンクリートを組み合わせて鉄筋コンクリートという複合材料とすることによって、両者の短所を補い力学的にも経済的にも優れた部材を作り出すことが可能である。鋼とコンクリートを組み合わせた複合構造では、異種材料間が一体となって外力に対抗することが必要であり、一体化のための構造を理解することが重要となる。

中島ら<sup>1)</sup>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、日本鋼構造協会「頭付きスタッドの押し抜き試験方法(案)」に準ずる押し抜き試験を行っている。本研究では、この押し抜き試験とは異なるせん断試験を提案し、界面の摩擦と付着性状を試みる。以下、このせん断試験を、せん断要素試験と呼ぶ。本研究では、従来型の押し抜き試験もを行い、両者を比較検討し鋼とコンクリートの摩擦、付着性状の把握を試みる。

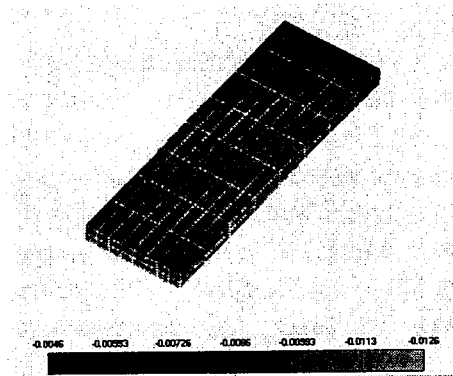


図-2 界面の応力分布

## 2. せん断要素試験による検討

せん断要素試験体の試験概要を図-1に示す。ここで、界面の接線方向荷重を  $F_T(N)$ 、法線方向荷重を  $F_N(N)$ 、摩擦係数を  $\mu$ 、単位面積あたりの付着力を  $\sigma_b(N/mm^2)$ 、界面面積を  $B(mm^2)$  とし、試験体の界面での接線方向荷重が最大となる時の力の釣合いを考えると、

$$F_{Tmax} = \mu \times F_{Nmax} + \sigma_b \times B \quad (1)$$

を得る。ここで、界面の接線方向と法線方向の最大荷重を  $F_{Tmax}$ 、 $F_{Nmax}$  とした。これより摩擦係数  $\mu$  が求めれば  $\sigma_b$  が求まる。式(1)と実験装置の荷重制限から試験体の大きさと鋼板の角度を決めた。この実験で鋼板の傾き  $\theta$  が  $36^\circ$ 、 $45^\circ$ 、 $60^\circ$  の試験体を  $3 \times 3$  の計9個作成した。また、骨材による影響を考慮してコンクリートの代わりにモルタルを用いることにした。モルタルの材齢21日圧縮強度は、 $31.9N/mm^2$ であった。鋼板の表面は、片側が摩擦に抵抗するために凹凸を設け、もう一方の表面を摩擦と付着の試験対象とした。鋼板の表面の黒皮は、きれいに剥がされていた。実験の準備段階で

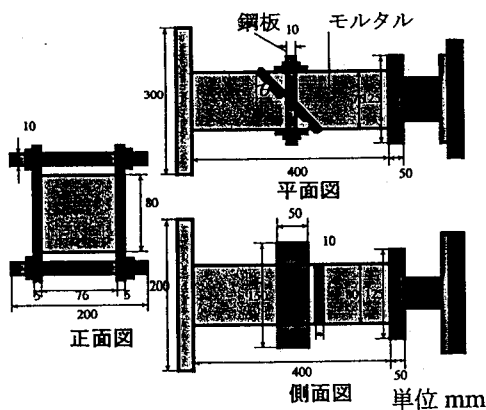


図-1 せん断要素試験概要

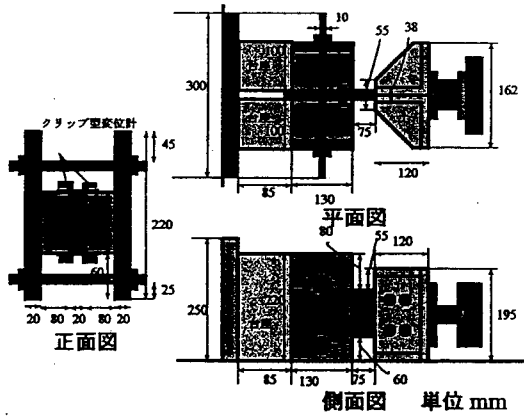


図-3 押し抜き実験概要

表-1 押し抜き試験結果

	最大荷重 (kN)	最大荷重時 ずれ変位 (mm)	残留荷重 (kN)	残留荷重時 ずれ変位 (mm)
試験1	25.5	0.44	14.9	3.56
試験2	24.7	0.13	16.6	4.04
試験3	33.2	0.10	18.9	3.96

鋼板とコンクリートとの界面で試験体が壊れ安いため軽い支圧力をかけることによって作業中に界面で試験体が壊れないようにした。また、鋼とコンクリートとの界面の力学的特性を把握する際に、その界面にはできるだけ一様なせん断応力が作用することが好ましい。そこで、この試験体を有限要素モデルとする3次元接触解析を行った結果、図-2のように界面に一様な応力が働いていることがわかった。従って、このせん断要素試験体は界面の摩擦、付着性状を検討することに適している試験体であるといえる。しかし、傾きが60°である試験体の結果を一つしか得ることがなかったため、摩擦係数は後述する押し抜き試験の結果を採用した。

### 3. 押し抜き試験による検討

せん断要素試験の結果から今回は従来型の押し抜き試験で得られる摩擦係数が必要である。この押し抜き試験の実験概要を図-3に記す。左右のモルタルブロックと鋼板とのずれ変位は、4箇所を設置したクリップ型変位計を用いて計測した。また鋼板の表面は黒皮の状態で使用した。支圧力は、長ネジの中央に貼付したひずみゲージから測定し、中島ら<sup>1)</sup>の研究を参考に2MPaとした。荷重の載荷は変位制御により行った。クリップ型変位計で測定された平均のずれ変位と荷重の関係を図-4に示す。3回の押し抜き試験により得られた最大荷重、最大荷重時ずれ変位、残留荷重、残留荷重時ずれ変位をまとめ、表-1に記す。ここで、残留荷重と支圧力の比の1/2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考えた。平均をとって摩擦係数、付着力の値を求めると摩擦係数が0.43、付着力が0.58N/mm<sup>2</sup>となった。

残留荷重と残留荷重時のずれ変位を特定するのは難

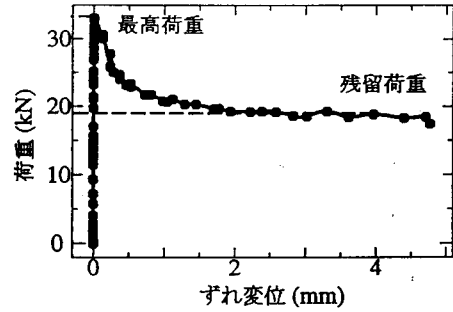


図-4 荷重ずれ変位関係

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/mm<sup>2</sup>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ばらつき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。

### 4. せん断要素試験の評価

せん断要素試験に関して、押し抜き試験から得られた結果の摩擦係数 $\mu = 0.43$ を用いると、式(1)より付着力が0.24N/mm<sup>2</sup>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は、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ことや、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ことなどが考えられる。中島らの実験結果では3つの試験体のデータがありその平均を基準にとり、ばらつきを考察する。摩擦係数のばらつきが-4~10%、付着力のばらつきが-10~11%であった。それに対し、本実験では摩擦係数のばらつきが-10~11%、付着力のばらつきが-25.8~29.3%であり、摩擦係数に比べ付着力には試験体により大きなばらつきが存在することがわかった。

### 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を把握するため、中島ら<sup>1)</sup>が行った押し抜き試験の結果を確かめた。さらに、せん断要素試験を行い押し抜き試験から求められた摩擦係数を用いて付着力を求め、押し抜き試験と比較した。また、せん断要素試験の界面には一様なせん断応力が働いていることが解析で示せた。

#### 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荷重方法の影響, 鋼構造論文集, Vol.12, No.45, pp.185-192, 2005.3

(2006年2月14日提出)