

鋼・コンクリート界面の付着・摩擦特性評価のための要素試験

東北大学大学院工学研究科	学生員	○戸塚 祐
東北大学大学院工学研究科	正 員	齊木 功
東北大学大学院工学研究科	正 員	山田 真幸
東北大学大学院工学研究科	正 員	岩熊 哲夫

1. まえがき

現在、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。鋼・コンクリート界面には付着が存在し、これを介した力の伝達が行われているが、設計においては付着を考慮していない。しかし、例えば非合成桁であっても実際には付着が存在し合成挙動を示す¹⁾。また、例えば連続桁では負の曲げモーメントが発生するため、付着を考えない設計が必ずしも安全側であると言えない等の欠点がある。以上を踏まえ本研究では、界面の付着特性を明らかにするために要素試験を行った。

2. 実験概要

(1) 試験体の設定

本実験に用いる試験体を図-1～3に示す。Aの押し抜き試験体は、文献²⁾で提案されたものであり、その実験結果から付着応力は 0.53N/mm^2 、摩擦係数は0.32という値が報告されている。しかし、この試験体では反力板付近にせん断応力が集中し、反力板付近から剥離が徐々に発生するため、付着力が小さく算出されると考えられる。そこで、Bの押し抜き試験体は、両端に鋼板の脚を設けることにより反力板をなくし、界面端部の応力集中を少なくするように、Cの圧縮試験体は、コンクリート中に鋼板を斜めに固定することにより界面のせん断応力分布が一様になるようにそれぞれ工夫した。それにより、B、CともAより付着力が大きくなることが予測される。Bは、支圧位置を中央と下方の2種類、Cは、鋼板の角度を 45° と 60° の2種類準備した。また、荷重前に剥離するのを防ぐために、図-4のように全ての試験体の鋼板両面に直径12mm、深さ4mmの穴を設けた。

(単位は mm)

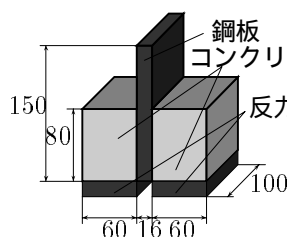


図-1 A: 押し抜き

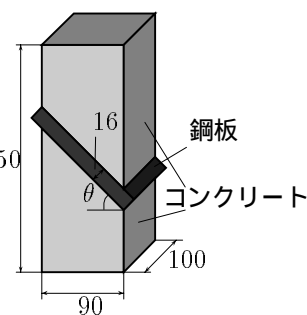


図-3 C: 圧縮

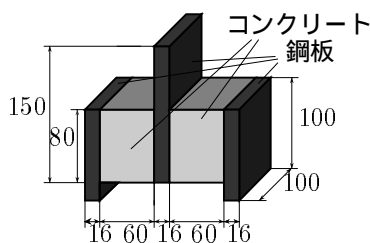


図-2 B: 押し抜き（改良）



図-4 鋼板の穴

(2) 実験方法

写真-1に示すように、油圧試験機を用いて変位制御で荷重を行い、一定の時間間隔ごとに荷重および変位を測定した。ずれ変位は、予め試験体に取り付けた治具にクリップ型変位計を設置して測定した。AおよびBタイプでは、試験体を二枚の鋼板で挟みボルトにより 1N/mm^2 支圧力を与えたが、Cタイプの試験体では、荷重の法線方向が支圧力となるため支圧は与えなかった。



写真-1 試験状況

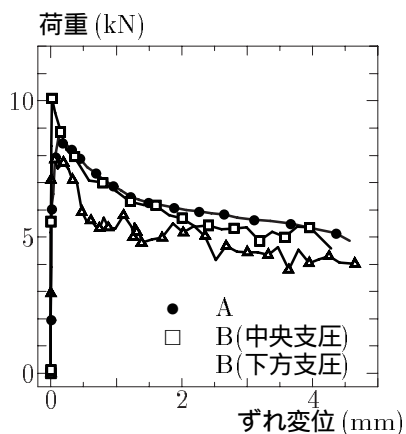


図-5 荷重—ずれ変位関係

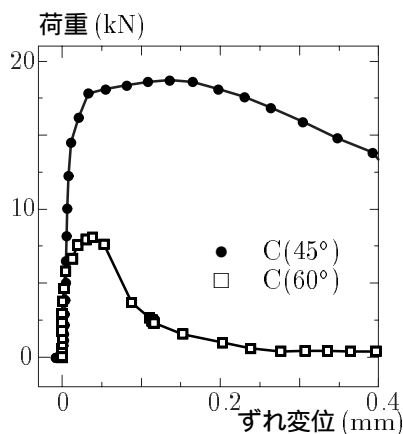


図-6 荷重—ずれ変位関係

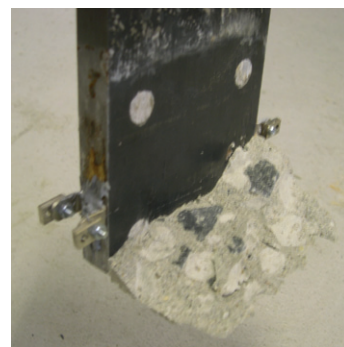


写真-2 意図しない形態で破壊が生じた試験体 (B タイプ)

(3) 付着と摩擦の計算

A および B タイプ試験体では、付着力は剥離と同時にゼロになり、摩擦は支圧の分布によらないと考え、付着と摩擦を次のように算出する。

$$\text{付着力} = \frac{\text{最大荷重} - \text{残留荷重} - \text{穴のせん断抵抗}}{\text{接触面積}}, \quad \text{摩擦係数} = \frac{\text{残留荷重}}{\text{支圧力} \times 2(\text{面})}$$

ここで、穴のせん断抵抗はコンクリートのせん断強度と穴部分のコンクリートの断面積との積であると考え、コンクリートのせん断強度は文献により異なり、圧縮強度の $\frac{1}{4} \sim \frac{1}{6}$ あるいは $\frac{1}{10}$ と報告されている。C タイプについては、 45° と 60° の最大荷重時における界面接線方向の力の釣合いから、付着力および摩擦係数を算出する。

3. 実験結果および考察

試験体のタイプ毎に代表的な荷重変位関係を図-5, 6 に示した。

C (45°) タイプのみ最大荷重に大きなばらつきが見られたが、極端に大きくなっているものについては、実験後の観察により粗骨材や穴において何らかの引っかかりが生じたものと考えられるため、付着力を算定する際には除外した。実験結果から求めたタイプごとの付着力および摩擦係数を表-1 に示した。この付着力は、コンクリートのせん断強度が圧縮強度の $\frac{1}{10}$ であるとした場合の値である。先に述べたように、付着力は穴の抵抗力の定義に依存する。さらに、写真-2 に見られるように、意図しない形態で破壊し、その分の誤差が含まれることも改善すべきことである。いずれにしても、B と C タイプの付着力が常に A タイプより大きくなった。また、B タイプの支圧位置について、下方を支圧したタイプは、最大荷重時に発生する曲げモーメントを打ち消すことを意図したが、載荷前の状態で応力集中 (あるいは部分的な剥離) が発生し、その結果中央を支圧したタイプより付着力が小さくなったと考えられる。

4. まとめ

3 種類の試験体について、それぞれの付着力および摩擦係数を求めた。結果から、B タイプ、C タイプ共に相対的に A タイプより応力集中が緩和された。なお、付着力の絶対量が既往の研究に比べてとても小さいこと、また A、B タイプと C タイプで摩擦係数が大きく異なったことについては、今後の検討課題とする。

参考文献

- 1) 山田真幸, サトーン ペンボン, 三木千尋, 市川篤志, 入部孝夫: RC 床版と鋼フランジ間の付着とスラブアンカーによるせん断抵抗の評価, 構造工学論文集, Vol.47A, pp.1161-1168, 2001.3
- 2) 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

表-1 付着力および摩擦係数

	支圧位置	付着力 (N/mm ²)	摩擦係数
A	中央	0.095	0.35
B	中央	0.181	0.30
B	下方	0.143	0.26
C	-	0.187	0.72