

支圧力を受ける鋼・コンクリート接触面の静的・疲労付着性状

宇都宮大学大学院 ○学生員 猪股勇希，正会員 中島章典
東北大学大学院 正会員 齊木功，トピー工業 大江浩一

1. はじめに

鋼・コンクリート複合構造の力学性状をより厳密に把握するためには、まず、その接触面での応力伝達性状を明らかにすることが重要である。既往の研究¹⁾では、鋼とコンクリートの接触面に支圧応力を一様に分布した場合で、せん断力を作用させる支圧摩擦試験が行われてきた。しかし、実構造物において、支圧応力は一様にならない場合がある。そこで本研究では、鋼とコンクリートの接触面を模擬した要素試験体を製作し、勾配のない支圧応力を与えた場合と勾配のある支圧応力を与えた場合における支圧摩擦試験を行った。また、その際の接触面での支圧力分布を把握するために支圧力分布試験を行った。さらに、鋼・コンクリート接触面の付着に関する疲労性状を調べるために疲労試験を行った。

2. 実験概要

(1) 支圧摩擦試験

支圧摩擦試験を行うため、図-1のような、2個のコンクリートブロックで鋼板を挟む要素試験体を用いた。鋼板に高感度変位計（分解能0.001mm、以下CDPと略記する）、左右のコンクリートブロックにターゲットを取り付け、ずれ変位を計測できるようにした。支圧力载荷方法は試験体を4つの穴の開いた鋼板（端鋼板、高さ110mm）2枚で挟み、その穴に長ネジを通し、極力等しいトルクでネジを締め付けることにより支圧力を与えた。支圧力を与える位置は以下の2種類とした。

a) シリーズN(勾配なし)

鋼板とコンクリートの接触面で支圧力分布をできるだけ均等にするため、図-2のように、端鋼板の中心をコンクリートの中央高さに位置するように設置した。

b) シリーズE(勾配あり)

鋼板とコンクリートの接触面で支圧力分布に勾配をもたせるため、図-3のように、コンクリートの下端と端鋼板の下端を一致させて設置した。平均支圧応力が 1.0N/mm^2 のとき、偏心を考慮した支圧応力は単純計算上、上端と下端で $-0.35, 2.35\text{N/mm}^2$ となる。

シリーズN、シリーズEともに支圧応力は $0.4, 1.0, 2.0\text{N/mm}^2$ の3種類とし、試験体数は各支圧応力ごとに2体で、合計12体の試験体を用いた。試験体名については、例えば、シリーズN(勾配なし)で、支圧応力が 0.4N/mm^2 の試験体をN04と表記し、同じ条件での試験体はaとbを用いて区別するものとする。

試験手順は、中央鋼板上部より载荷板を介して荷重を載荷し、中央鋼板とコンクリートの接触面にせん断力を作用させた。載荷中は、中央鋼板への載荷荷重および中央鋼板とコンクリートのずれ変位をCDPにより試験体前面で、計4ヶ所計測した。

また、接触面における支圧力分布を調べるために、中央鋼板とコンクリートの間に感圧紙を設置し、試験体に

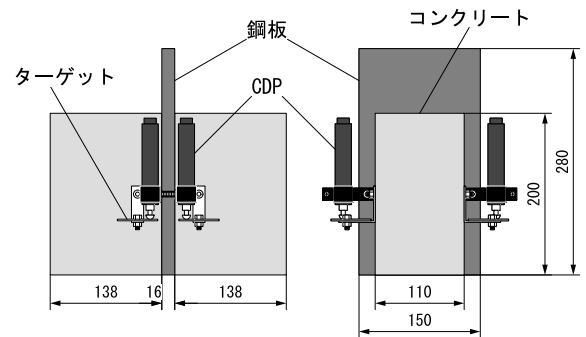


図-1 支圧摩擦試験体 (単位:mm)

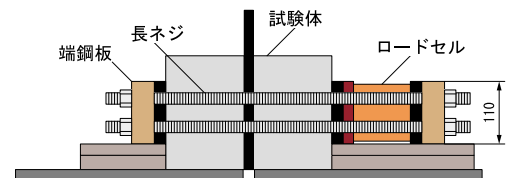


図-2 シリーズN(勾配なし)

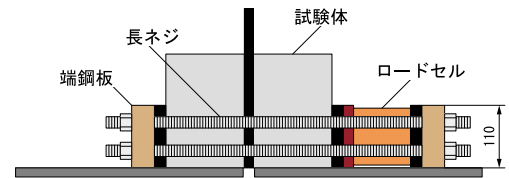


図-3 シリーズE(勾配あり)

支圧力を与える支圧力分布試験を行った。

(2) 疲労試験

疲労試験体は支圧摩擦試験と同様に、図-1に示す試験体を用いた。支圧方法はすべての試験体で図-2に示すように支圧応力に勾配を与えない場合とした。試験は中央鋼板上部より载荷板を介して繰返し荷重を載荷した。載荷速度は3Hzとし、下限荷重はすべての試験体で支圧摩擦試験で得られた最大荷重の10%の荷重とした。上限荷重は以下の3種類である。

- A：最大荷重と上限荷重Bの中間の荷重
- B：最大荷重と残留荷重の中間の荷重
- C：残留荷重（鋼とコンクリート間の付着なし）

なお、残留荷重とは支圧摩擦試験で最大荷重到達後に荷重が減少しながら一定の値に収束した時の荷重である。上限荷重Cではあらかじめ剥離させ、鋼とコンクリート間に付着がない状態で試験を行った。支圧応力は $0.4, 1.0, 2.0\text{N/mm}^2$ の3種類とし、支圧応力が 1.0N/mm^2 で上限荷重が上限荷重Bの試験体をF10Bと表記する。載荷中は、支圧摩擦試験と同様に中央鋼板とコンクリートのずれ変位を4つのCDPにより計測した。

Key Words: 支圧, 付着, 摩擦, 勾配, 疲労

〒321-8585 栃木県宇都宮市陽東7-1-2 宇都宮大学大学院情報制御システム科学専攻 Tel.028-689-6210 Fax.028-689-6210

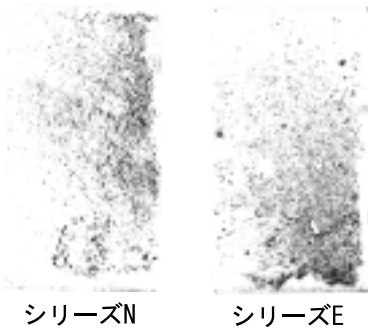


図-4 支圧力分布試験結果

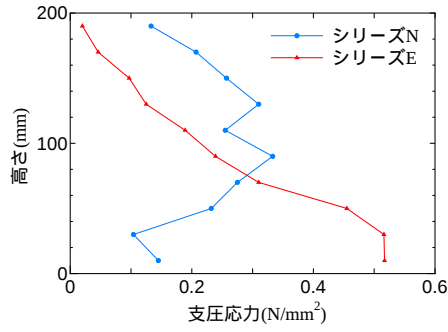


図-5 支圧力分布

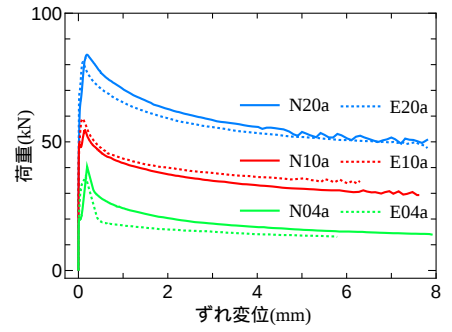


図-6 荷重 - ずれ変位関係

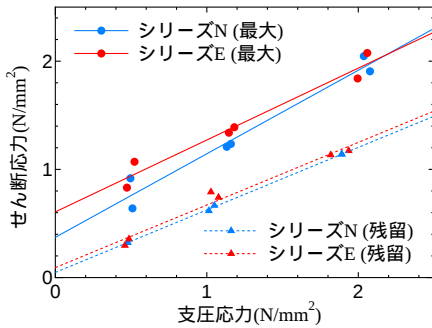


図-7 せん断応力 - 支圧応力関係

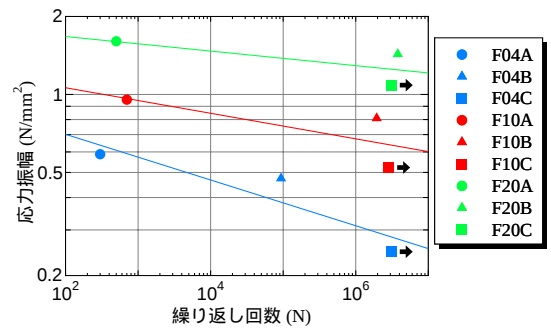


図-8 疲労試験結果

3. 結果および考察

支圧応力が 1.0N/mm^2 となるように支圧した場合の支圧力分布試験の画像解析結果を図-4に示す．この図では色が濃いほど支圧応力は大きい値を示すため，シリーズEは，下へ行くほど支圧応力が大きくなるのがよくわかる．接触面を高さ方向に10分割し，縦軸に分割面の高さ，横軸にその平均支圧応力とした支圧力分布を図-5に示す．この図から支圧力分布は，シリーズNでも均一にはならず，載荷部分が少し大きくなっている．しかし，シリーズEでは支圧応力が最も高い位置でシリーズNの1.5倍以上となり，低い位置ではほぼ 0N/mm^2 となったことから大体予想していた勾配になったと言える．

支圧摩擦試験におけるシリーズN，シリーズEの荷重とずれ変位の関係を図-6に示す．ずれ変位は4つのCDPから得られた値を平均したものである．これらの図から，両シリーズとも，ずれ変位が $0.1 \sim 0.2\text{mm}$ 付近で荷重は最大に達して，その後減少し，ある一定の値に近づくことがわかる．そのときの荷重を残留荷重とする．また，両シリーズとも支圧応力の増加に伴い，最大荷重および残留荷重が大きくなる．

せん断応力と支圧応力の関係を図-7に示す．●で示すものが最大せん断応力で，▲で示すものが残留せん断応力である．最大せん断応力とは，最大荷重を中央鋼板とコンクリートの接触面積で除した値で，残留せん断応力とは，残留荷重を接触面積で除した値である．また，図中の直線は各シリーズごとの最小二乗近似線である．この図をから，既往の研究で示されているシリーズNはもちろん，シリーズEにおいても，最大せん断応力と支圧応力，残留せん断応力と支圧応力の間にほぼ線形関係が成り立つことがわかる．最小二乗近似線の傾きを求めると，前者ではシリーズN，シリーズEでそれぞれ 0.772 ， 0.664 となり，14%程度の差異が生じたが，これは弱い支圧力下でのばらつきが影響してい

るためだと考えられ，強い支圧力下ではほぼ等しかったことから，両シリーズで最大せん断応力と支圧応力の関係に大きな差はないと言える．後者の傾きはそれぞれ 0.578 ， 0.579 とほぼ一致した．

疲労試験における応力振幅と破壊時の繰返し回数の関係を異なる支圧力ごとに最小二乗近似線とともに図-8に示す．応力振幅とは上限応力と下限応力の差であり，上限応力，下限応力とは上限荷重，下限荷重を中央鋼板とコンクリートの接触面積で除した値である．矢印がついているものは，まだ破壊していないが試験を終了したものである．上限荷重Aではすべての支圧応力で破壊までの繰返し回数が1000回以下と非常に小さく，上限荷重Bでは支圧応力が小さくなるほど繰返し回数も小さくなるという結果となった．上限荷重Cの試験体より，鋼とコンクリート間の付着がなかったにも関わらず200万回以上載荷しても変化がなかったため，残留荷重以下の繰返し荷重では疲労破壊を起こすことはないと言える．

4. まとめ

本研究では，勾配のない支圧応力を与えた場合と勾配のある支圧応力を与えた場合での支圧摩擦試験を行った．その結果，最大せん断応力と支圧応力の関係，残留せん断応力と支圧応力の関係が両者でほぼ等しくなった．つまり，今回の試験条件では，勾配のある支圧応力が鋼とコンクリートの接触面の付着性状に及ぼす影響は小さいということを確認した．これは，最大荷重時のずれ変位は支圧応力に関わらず一定であり，最大せん断応力と支圧応力は線形関係にあることから，平均せん断応力は両者で等しくなるためであると考えられる．また，繰返し載荷による疲労試験より，上限荷重が残留荷重以下では疲労破壊を起こさないということを確認した．

参考文献

- 1) 中島章典他：鋼・コンクリート接触面の付着性状に及ぼす支圧負荷法の影響，鋼構造論文集，2005.3.