

支圧力作用下における鋼・コンクリート接触面の静的・疲労付着特性

Static and fatigue bonding behavior between steel and concrete under bearing force

猪股勇希*・中島章典**・斉木功***・大江浩一****

Yuuki INOMATA, Akinori NAKAJIMA, Isao SAIKI, and Hirokazu OOE

*学生会員 宇都宮大学大学院 工学研究科情報制御システム科学専攻 (〒321-8585 宇都宮市陽東 7-1-2)

**正会員 工博 宇都宮大学大学院教授 工学研究科情報制御システム科学専攻 (〒321-8585 宇都宮市陽東 7-1-2)

***正会員 博(工) 東北大学大学院助手 工学研究科土木工学専攻 (〒980-8579 仙台市青葉区荒巻字青葉 6-6-06)

****トビー工業株式会社 技術統括部 (〒102-8448 東京都千代田区四番町 5-9)

It is important to clarify the stress transfer mechanism through the contact surface between steel and concrete in steel-concrete hybrid structures. The bearing-friction test of the contact surface under the uniformly distributed bearing stress is usually employed to clarify the mechanism. However, the contact surface between steel and concrete in the actual steel-concrete hybrid structure does not always subjected to the uniformly distributed bearing stress. In this research, the bonding behavior of the contact surface between steel and concrete under the non-uniformly distributed bearing stress is investigated by conducting the static bearing-friction test. Furthermore, the fatigue bonding behavior of the contact surface between steel and concrete under uniformly distributed bearing stress is also investigated by conducting the fatigue bearing-friction test.

Key Words : steel-concrete hybrid structure, bearing, bonding, friction, fatigue

キーワード：鋼・コンクリート複合構造，支圧，付着，摩擦，疲労

1. はじめに

近年，様々な構造物に鋼・コンクリート複合構造が用いられており，その内部には各所に鋼とコンクリートの接触面が存在する．鋼・コンクリート複合構造の力学特性を正確に把握するためには，まず，その接触面での応力伝達特性を明らかにすることが重要である．

鋼とコンクリートの接触面の付着特性に関する既往の研究には，佐藤ら¹⁾，園田ら²⁾の先駆的研究があり，鋼とコンクリートの接触面の摩擦係数として，0.75あるいは0.60という値が示されている．最近，複合構造の鋼とコンクリートの接触面の付着特性を明らかにする必要性が再認識されてきており，種々の観点から鋼とコンクリートの接触面の付着特性に関する研究も行われ始めている^{4)~7)}．

一方，山田ら³⁾は，非合成桁橋を対象として，鋼フランジとコンクリート床版間のせん断伝達に及ぼす接触面の付着作用に着目した検討を行った．また，その接触面が繰返しせん断力を受ける疲労試験も実施し，鋼とコンクリートの接触面の付着はある程度の疲労強度を有すると述べている．

著者ら^{8),9)}も，複合構造内の鋼とコンクリートとの接触面を模擬し，その接触面にほぼ一様に分布した支圧応力を受ける要素試験体を対象として，鋼とコンクリートの接触面にせん断力を作用させる支圧摩擦試験を行い，支圧力を受ける鋼とコンクリートの接触面の付着特性を

検討している．

しかし，実構造物においては，支圧応力が必ずしも一様に分布しないと考えられ，一様分布の場合と付着特性が異なる可能性がある．また，支圧力を受ける鋼とコンクリートの接触面が繰返しせん断力を受ける場合の疲労強度特性はあまり明らかにされていない．

そこで本研究では，支圧応力が一様に分布しない場合における鋼・コンクリート接触面の付着特性を明らかにするため，鋼とコンクリートの接触面に一様に分布した支圧応力を与えた場合と一様でない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疲労付着特性を調べるため，一様な分布の支圧力作用下の繰返しせん断力载荷による疲労試験を行った．

2. 実験概要

2.1 支圧摩擦試験

(1) 試験体

支圧摩擦試験を行うため，図-1に示すような，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製作した．鋼板は試験体型枠にあらかじめ設置し，コンクリートを打設することで両者間には，自然付着が発生するようにした．なお，すべての鋼板の表面には無機シンクリッチプライマーが施されている．鋼板に高感度変

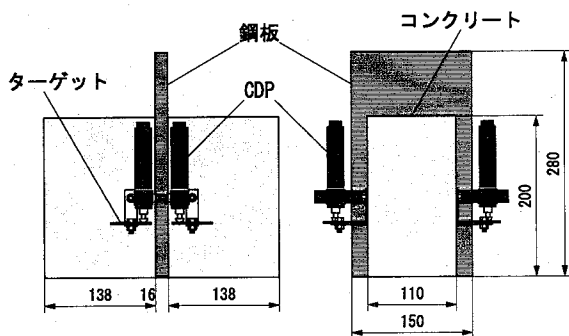


図-1 試験体

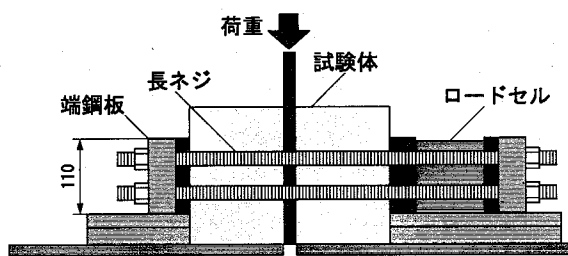


図-2 シリーズ N(支圧応力の勾配なし)

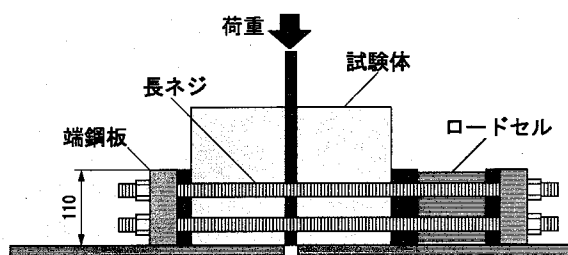


図-3 シリーズ E(支圧応力の勾配あり)

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, 鋼板とコンクリート間のずれ変位を計測できるようにした。支圧力を与えるために, 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た。支圧力はロードセルで測定し, それを中央鋼板とコンクリートの接触面の面積で割ったものを支圧応力とする。支圧力を与える位置は以下の 2 種類とした。

1) シリーズ N(支圧応力の勾配なし)

鋼板とコンクリートの接触面に作用する支圧力分布をできるだけ一様にするため, 図-2 に示すように, 端鋼板の中心がコンクリートブロックの中央高さに一致するように設置した。

2) シリーズ E(支圧応力の勾配あり)

鋼板とコンクリートの接触面の支圧力分布に高さ方向の勾配をもたせるため, 図-3 に示すように, コンクリートブロック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

表-1 支圧摩擦試験体の種類

試験体 名称	支圧応力 (N/mm^2)	応力 勾配	载荷試験機
N04a,b	0.4	無	オートグラフ
N10a,b	1.0	無	オートグラフ
N20a,b	2.0	無	アムスラー
E04a,b	0.4	有	オートグラフ
E10a,b	1.0	有	オートグラフ
E20a,b	2.0	有	アムスラー

した支圧応力は単純計算上, 接触面の上端と下端でそれぞれ $-0.35, 2.35\text{N/mm}^2$ となる。

(2) 支圧応力および試験体数

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, 試験体数は支圧応力ごとに 2 体で, 合計 12 体の試験体を用いた。 1m^3 の立方体のコンクリートの自重による支圧応力は 0.024N/mm^2 程度であることを考慮すると, ここで対象としている支圧応力はかなり大きい, 著者らが既往の研究^{8),9)}で用いた支圧応力を参考にしてこのような支圧応力とした。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。なお, 試験時のコンクリートの平均圧縮強度は 37.1N/mm^2 である。これらの試験体の種類, 条件などを表-1 にまとめる。

(3) 試験方法

試験を行うにあたり, 支圧応力が $0.4, 1.0\text{N/mm}^2$ の場合はオートグラフ材料試験機を使用し, 2.0N/mm^2 の場合は, オートグラフ材料試験機の限界荷重である 100kN を超えてしまう可能性があったためアムスラー型万能試験機を使用した。試験手順は, どちらの試験機を使用した場合にも, 図-2, 図-3 のように, まず, 2 枚の鋼板を 20mm の隙間を開けて固定し, その上に試験体を設置した。そして, 先に述べたように試験体に所定の支圧応力を与え, 載荷板を介して中央鋼板上部より下方に荷重を載荷し, 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を計測し, また, 中央鋼板とコンクリートのずれ変位を CDP により試験体前後面で, 計 4ヶ所計測した。

2.2 支圧力分布試験

鋼とコンクリートの接触面における支圧力分布を調べるために, 感圧紙を用いて支圧力分布試験を行った。その試験にも図-1 に示すような支圧摩擦試験で用いたものと同様の試験体を使用した。シリーズ N, シリーズ E とも, 支圧応力は $0.4, 1.0, 2.0\text{N/mm}^2$ の 3 種類とし

表-2 疲労試験体の種類

試験体 名称	支圧応力 (N/mm ²)	上限荷重 の種類	付着の 有無
F04A	0.4	A	有
F10A	1.0	A	有
F20A	2.0	A	有
F04B	0.4	B	有
F10B	1.0	B	有
F20B	2.0	B	有
F04Ca,b	0.4	C	無
F10Ca,b	1.0	C	無
F20Ca,b	2.0	C	無

た。試験方法は、まず、鋼板とコンクリートをあらかじめ剥離させ、その間に感圧紙を設置し、その後、支圧摩擦試験と同様の方法で支圧力を与えるというものである。試験は、測定範囲が異なる感圧紙を用いて数回行った。

2.3 疲労試験

鋼・コンクリート接触面の疲労付着特性を調べるため、支圧力作用下における繰返しせん断力载荷による疲労試験を行った。試験体は、図-1に示すような支圧摩擦試験で用いたものと同様のものを用いた。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ような分布の支圧方法とした。試験方法は、支圧力を与えた後、中央鋼板上部より載荷板を介して繰返し荷重を載荷するというものである。載荷速度は3Hz、下限荷重は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、支圧摩擦試験から得られた最大荷重と残留荷重を考慮して、以下の3種類とした。

- A：最大荷重と上限荷重Bの平均値
- B：最大荷重と残留荷重の平均値
- C：残留荷重

少ない試験体数の中で、できるだけ疲労寿命が広範囲となるように、これらの上限荷重と下限荷重の組み合わせを設定した。上限荷重Cの試験体では、鋼とコンクリートを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。以下の図-6に示すように支圧摩擦試験の結果より、荷重は最大に達した後、ずれ変位の増加とともに減少し、ある一定の値に収束する傾向がある。残留荷重とは、ほぼ一定の値に収束したと思われるずれ変位7.5mmのときの荷重であり、7.5mmに達していない試験体では最も変位が大きい時の荷重である。なお、上記の最大荷重および残留荷重は、各支圧応力下の試験体a, bで得られた値の平均値である。支圧応力は0.4, 1.0, 2.0N/mm²の3種類とし、試験体

は上限荷重A, Bについては各支圧応力で1体ずつ、上限荷重Cについては2体ずつの計12体用いた。試験体名については、支圧応力が1.0N/mm²で上限荷重Bの試験体をF10Bと表記する。これらの試験体の種類、条件などを表-2にまとめる。疲労試験中も、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。試験機は、ずれ変位が5mm程度までに急激に大きくなると自動的に止まるように設定し、止まった時点で試験体が破壊したとする。

3. 結果および考察

3.1 支圧力分布試験

支圧力分布試験で得られた感圧紙の画像解析結果を図-4に示す。また、画像解析結果に基づき、接触面を高さ方向に10分割し、縦軸に分割面の高さ、横軸に分割部分の平均支圧応力とした支圧力分布を支圧応力ごとに図-5に示す。感圧紙の画像解析結果を数値化して得られる支圧力は、実際にロードセルで測定した支圧力よりもかなり小さい値で示されてしまい、同じ支圧応力を与えた試験体の結果でもばらつきが大きい。そのため、シリーズNとシリーズEにおいて支圧応力の積分値がほぼ等しくなるものを選び、相対的に支圧応力分布の様子を比較している。

図-4では、色が濃いほど支圧応力は大きい値を示すが、シリーズE(図-4-b, 図-4-d, 図-4-f)では、下へ行くほど支圧応力が大きくなっている様子がよくわかる。図-5に示すシリーズEに着目すると、支圧応力が最も高い部分は平均の2倍以上となっており、最も低い部分ではほぼ0N/mm²となった。今回の偏心量では、平均支圧応力が1.0N/mm²のとき、偏心を考慮した支圧応力は単純計算上、接触面の上端と下端でそれぞれ-0.35, 2.35N/mm²となる。そのため、大体予想していた勾配になったと言える。シリーズNに着目すると、支圧力分布は均一にはならず、ロードセルを配置した中央部分が少し大きくなっている。しかし、シリーズNとシリーズEを比較すると、支圧応力が最も高い部分では、すべての試験体でシリーズEはシリーズNの1.6倍以上ある。よって、勾配の大きい支圧応力と勾配の小さい支圧応力を受けている状態であると言えるため、支圧応力の勾配が鋼とコンクリートの接触面に及ぼす影響を確認することについては問題ないと考えられる。

3.2 支圧摩擦試験

シリーズN, シリーズEの支圧摩擦試験において得られた荷重とずれ変位の関係を、いずれも最大荷重付近の拡大図とともに図-6に示す。縦軸に荷重、横軸に鋼板とコンクリートのずれ変位を表している。ここでのずれ変位は4つのCDPから得られた値を平均したものである。

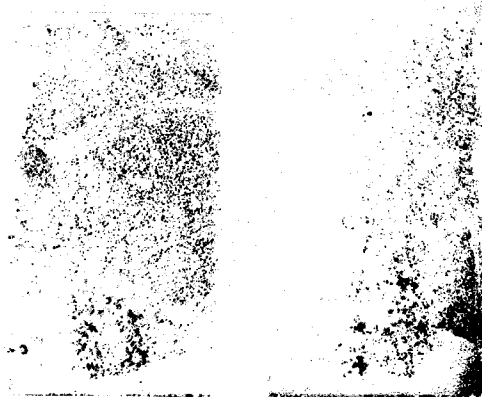


図-4-a N04

図-4-b E04

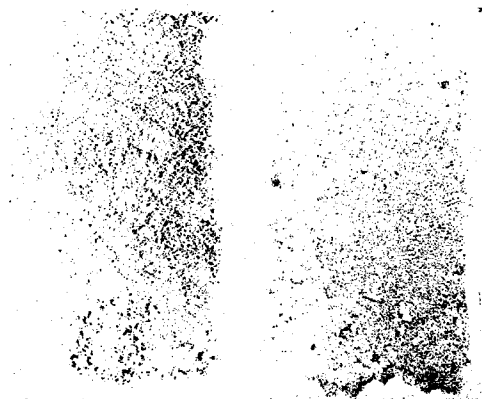


図-4-c N10

図-4-d E10

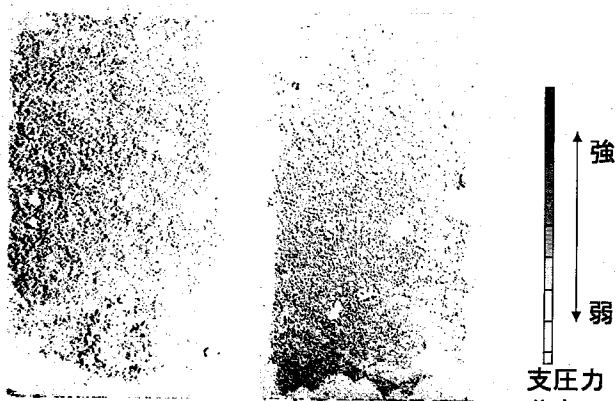


図-4-e N20

図-4-f E20

図-4 支圧力分布試験結果

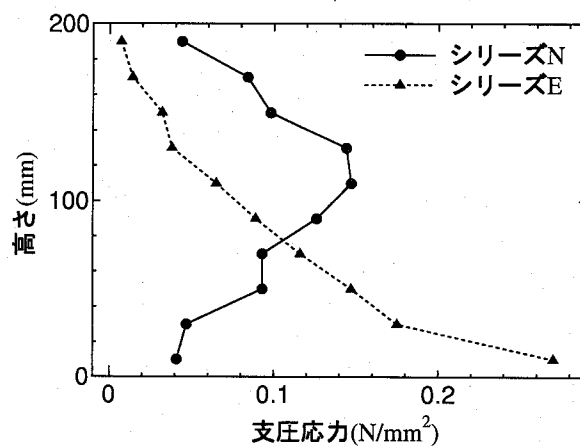


図-5-a 0.4N/mm²

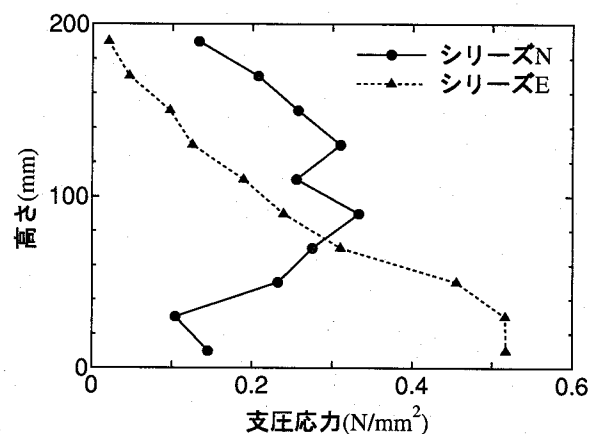


図-5-b 1.0N/mm²

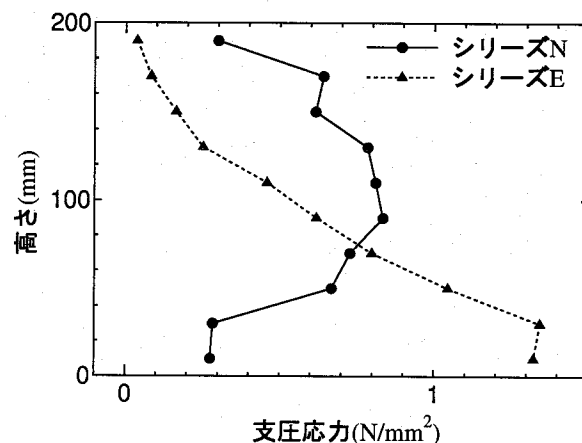


図-5-c 2.0N/mm²

図-5 支圧力分布

これらの図から、シリーズN、シリーズEともに、ずれ変位が0.1～0.2mm付近で荷重は最大に達し、その後、ずれ変位の増加とともに荷重が減少し、ある一定の値に近づいて行くことがわかる。ここで、ずれ変位が7.5mmに達したときの荷重を残留荷重と定義し、7.5mmに達していない試験体では、最も変位が大きい時の荷重を残留荷重と定義した。オートグラフ材料試験機を使った支圧応力0.4、1.0N/mm²の試験体の結果と、アムスラー型万能試験機を使った支圧応力2.0N/mm²の試験体の結果を比較すると、荷重と変位の関係の傾向

に大きな違いはなく、どちらも先に述べたように、荷重が最大に達した後、ずれ変位の増加とともに荷重が減少し、ある一定の値に近づくといった挙動を示している。よって、載荷試験機の違いによる大きな影響はないと考えられる。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ことがわかる。

図-6-b、図-6-dを見ると、すべての試験体で最大荷重に達する前に傾きが変化している。これは左右どちらかのCDPの値が増加したため、中央鋼板と片方のコンクリート間の付着が取れたからである⁹⁾。また、

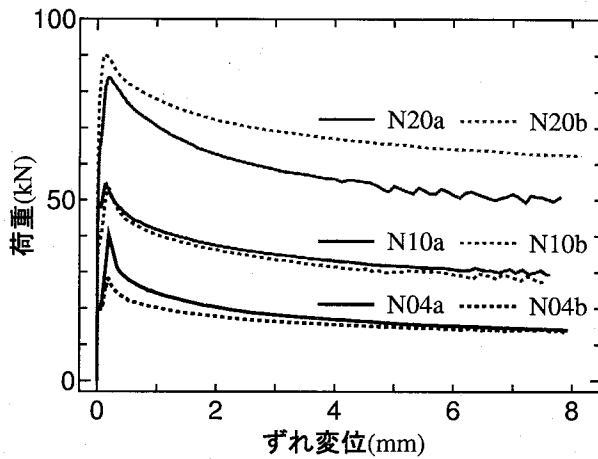


図-6-a シリーズ N

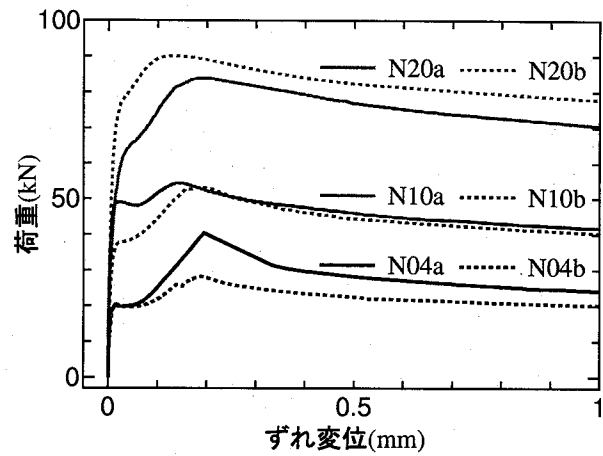


図-6-b シリーズ N(拡大図)

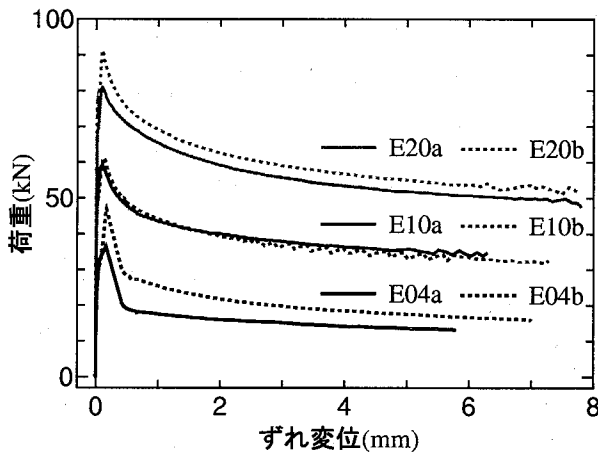


図-6-c シリーズ E

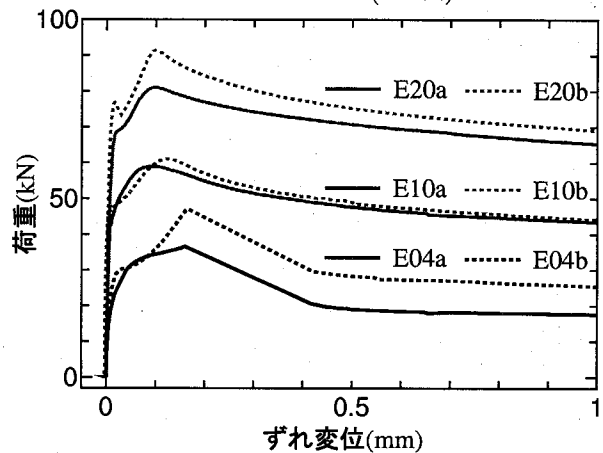


図-6-d シリーズ E(拡大図)

図-6 各試験体の荷重とずれ変位の関係

N04aとN04bのように条件が同じ試験体でも最大荷重に10kN以上の差がある場合もある。これらの要因としては、中央鋼板とコンクリートの付着の程度、支圧応力分布、中央鋼板のわずかな傾斜といったような試験体の状態が複雑に影響しているためと考えられる。

図-6-a、図-6-cより、支圧応力 0.4N/mm^2 の試験体にはあまり見られないが、支圧応力 1.0 、 2.0N/mm^2 の高い支圧力を受ける試験体では荷重が減少していく途中で荷重が上下する傾向が見られる。これは、いわゆるスティック-スリップ(付着すべり)と呼ばれる現象である¹⁰⁾。これは摩擦係数の速度特性が関係する一種の自励運動で、例えば静止摩擦から運動摩擦に移行する際のように、摩擦係数が速度とともに減少する領域で発生すると言われている。この現象は速度が速くなると発生しにくくなるのに対して、今回の実験では載荷速度が毎分約1mmと非常に遅かったために起こったと考えられる。図-6-a、図-6-cより、荷重が最大となった後、ずれ変位の増加とともに荷重が減少し、残留荷重に近づいていくという挙動を示すのは、最大荷重後に付着がとれはじめ、残留荷重時には付着はほとんどなくなり、鋼とコンクリートの界面には摩擦のみが作用しているため、それ以上荷重が下がらない状態で付着すべりが起こる。

よって、N20bはN20aより最も変位が大きい時の荷重が10kN以上大きい値となったが、スティック-スリップ現象は見られないことから、残留荷重には達してはならず、今後荷重はさらに減少していくと予想される。

以上の荷重とずれ変位の関係に基づいて得られる最大荷重、最大せん断応力、最大荷重時のずれ変位、残留荷重、残留せん断応力および残留荷重算定時のずれ変位を表-3にまとめる。この表から、残留せん断応力を最大せん断応力で割ることで残留せん断応力と最大せん断応力の比を求めると、支圧応力が 0.4N/mm^2 で0.38、 1.0N/mm^2 で0.54、 2.0N/mm^2 で0.61となり、支圧応力が小さくなるほど残留せん断応力と最大せん断応力の比は小さくなる傾向がある。

最大せん断応力と支圧応力の関係を図-7に示す。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て算定している。図中の直線はシリーズごとの最小二乗近似線である。支圧応力は、最大荷重までは増加し、その後、減少していくという傾向が見られる。支圧応力 1.0N/mm^2 の試験体の場合、最大荷重時には支圧応力は 1.15N/mm^2 程度まで増加する。そのため、図-7の支圧応力は最大荷重時に測定された値を用いる。この図から、支圧応力がほぼ一様に分布してい

表-3 支圧摩擦試験結果

試験体 名称	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)
応力勾配なし						
N04a	40.37	0.918	0.195	14.30	0.325	7.544
N04b	28.15	0.640	0.190	14.24	0.324	7.564
N10a	54.35	1.235	0.151	29.33	0.667	7.574
N10b	53.17	1.208	0.193	27.17	0.618	7.513
N20a	83.87	1.906	0.191	50.20	1.141	7.590
N20b	90.05	2.047	0.136	62.64	1.424	7.573
応力勾配あり						
E04a	36.58	0.831	0.161	13.06	0.297	5.788
E04b	47.10	1.070	0.166	15.67	0.356	6.992
E10a	58.92	1.339	0.093	34.82	0.791	6.298
E10b	61.14	1.390	0.126	32.59	0.741	7.276
E20a	80.97	1.840	0.098	49.87	1.134	7.549
E20b	91.33	2.076	0.100	51.58	1.172	7.486

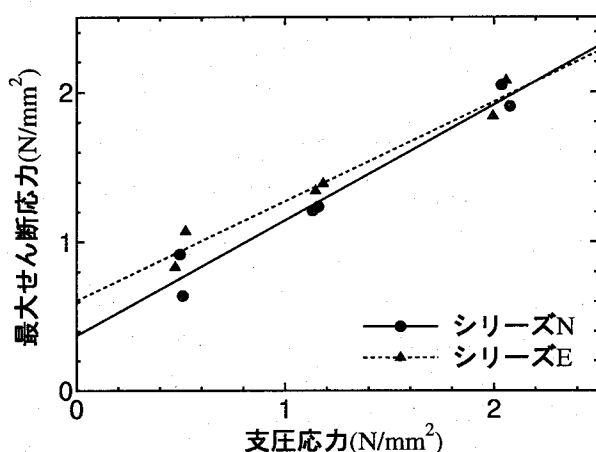


図-7 最大せん断応力と支圧応力の関係

るシリーズ N はもちろん、支圧力分布に勾配があるシリーズ E においても、最大せん断応力と支圧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より、最大せん断応力と支圧応力の関係の傾きを算出すると、シリーズ N、シリーズ E に対して、それぞれ 0.772、0.664 となり、14 % 程度の差異が生じた。これは各試験体で、最大荷重にばらつきがあることが影響していると考えられる。支圧応力が 0.4、1.0 N/mm² では、最大せん断応力は平均するとシリーズ E の方が大きい、0.4 N/mm² では、個々の試験体で比べると、シリーズ N の方が大きいものもある。また、2.0 N/mm² では、最大せん断応力がほぼ等しい値になったことから、シリーズ N とシリーズ E では最大せん断応力と支

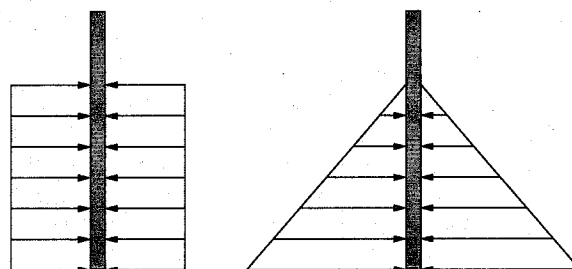


図-8-a シリーズ N

図-8-b シリーズ E

図-8 支圧力分布

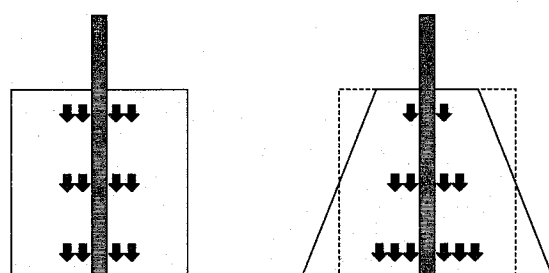


図-9-a シリーズ N

図-9-b シリーズ E

図-9 最大荷重時のせん断力分布

圧応力の関係に大きな差はないと言える。

この理由は、以下のように考えられる。つまり、表-3 より、最大荷重時のずれ変位は支圧応力に関わらずほぼ一定であり、最大せん断応力と支圧応力は線形関係にある。そこで、図-8 のように支圧応力が理想的に分布しているとすると、最大荷重時のせん断応力は図-9 のように支圧応力に比例して分布し、平均せん断応力はシ

表-4 疲労試験結果

試験体 名称	下限 荷重 (kN)	上限 荷重 (kN)	下限応力 (N/mm ²)	上限応力 (N/mm ²)	応力範囲 (N/mm ²)	破壊時の 繰返し回数 (回)	破壊の 有無
F04A	3.4	29.3	0.078	0.665	0.587	300	有
F04B	3.4	24.3	0.078	0.551	0.473	93424	有
F04Ca	3.4	14.3	0.078	0.324	0.246	3094177	無
F04Cb	3.4	14.3	0.078	0.324	0.246	1339927	有
F10A	5.4	47.4	0.122	1.077	0.955	700	有
F10B	5.4	41.0	0.122	0.932	0.810	1945457	有
F10Ca	5.4	28.3	0.122	0.642	0.520	2843827	無
F10Cb	5.4	28.3	0.122	0.642	0.520	3594424	無
F20A	8.7	79.3	0.197	1.803	1.605	500	有
F20B	8.7	71.7	0.197	1.629	1.432	3799627	有
F20Ca	8.7	56.4	0.197	1.282	1.085	3101221	無
F20Cb	8.7	56.4	0.197	1.282	1.085	3385624	無

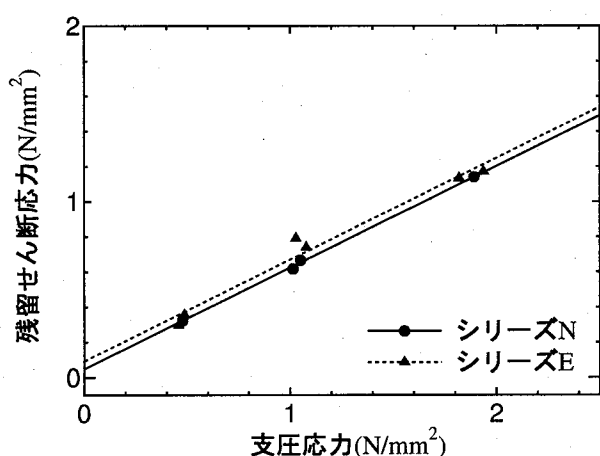


図-10 残留せん断応力と支圧応力の関係

リーズNとシリーズEで等しくなるためである。

残留せん断応力と支圧応力の関係を図-10に示す。残留せん断応力とは、残留荷重を中央鋼板とコンクリートの接触面積で除して算定している。図中の直線はシリーズごとの最小二乗近似線であり、図-7と同様に、支圧応力は残留荷重時に測定された値を用いる。図-6-aより、N20bは、N20aよりも残留荷重が10kN以上大きい値となっており、残留荷重に達していないと思われるため図-10を描く際には除いている。図-10から、シリーズNはもちろん、シリーズEにおいても、残留せん断応力と支圧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より、残留せん断応力と支圧応力の関係の傾きを算出すると、シリーズN、シリーズEに対して、それぞれ0.578、0.579とほぼ一致した。また、最小二乗近似線の切片はシリーズN、シ

リーズEでそれぞれ0.047、0.092N/mm²と0N/mm²に近い値となった。支圧応力が0N/mm²の場合におけるせん断応力は鋼とコンクリートの付着の程度を表すが、図-7に示すように、支圧応力が0N/mm²のとき最大せん断応力は0N/mm²になっていないためまだ付着していると考えられるが、残留荷重時にはほぼ付着がとれていると言える。

3.3 疲労試験

各試験体の下限荷重、上限荷重、下限応力、上限応力、応力範囲、破壊時の繰返し回数、および破壊の有無を表-4にまとめる。応力範囲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。また、疲労試験における応力範囲と破壊時の繰返し回数の関係を図-11に示すが、縦軸に応力範囲、横軸に破壊時の繰返し回数を表している。なお、矢印を付したものは、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の試験体では、すべての支圧応力で破壊までの繰返し回数が1000回以下と非常に少ない回数で破壊した。上限荷重Bでは、破壊までの繰返し回数がF04Bでは93424回、F10Bでは1945457回、F20Bでは3799627回と、支圧応力が大きくなるほど破壊までの繰返し回数も大きくなった。上限荷重Cの試験体では、F04Cbは繰返し回数が1339927回で破壊したが、他の試験体では、200万回以上載荷してもほとんど変位がなかった。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あったにもかかわらず破壊には至らなかったことから、鋼とコンクリートの接触面に支圧応力が確

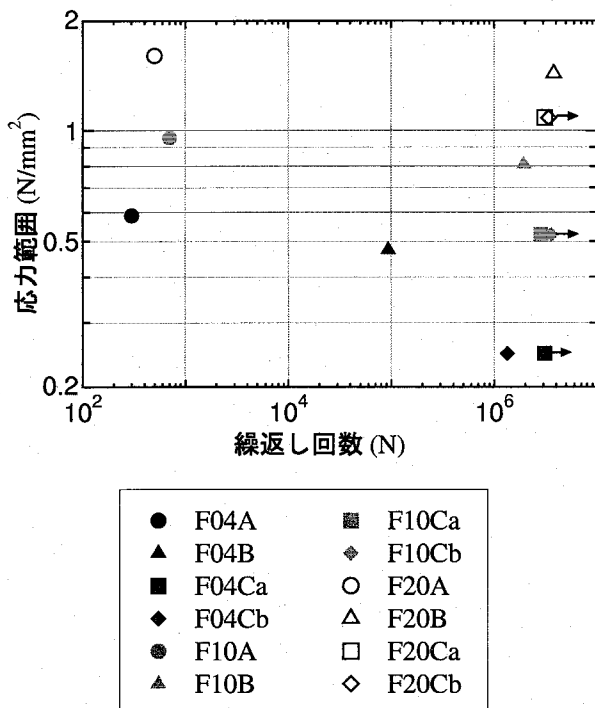


図-11 応力振幅と破壊時の繰返し回数の関係

保されていれば、残留せん断応力以下の繰返し荷重では疲労破壊が起こりにくいと言える。

4. まとめ

本研究では、複合構造の鋼とコンクリートの接触面を模擬した要素試験体を用いて、接触面に勾配がなくほぼ一様に分布する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、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特性を調べるため、支圧力作用下における繰返しせん断力载荷による疲労試験を行った。

本研究によって得られた主な知見を以下にまとめる。

・静的試験について

1. 勾配のある支圧応力を与えた場合においても、最大せん断応力と支圧応力および残留せん断応力と支圧応力の関係には、ほぼ線形関係が成り立つ。
2. 载荷荷重とずれ変位の関係、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に大きな違いはないということから、今回の試験条件では、支圧力の勾配が鋼とコンクリートの接触面の付

着特性に及ぼす影響は小さい。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説明できる。

・疲労試験について

1. 応力範囲が静的荷重载荷による支圧摩擦試験で得られる残留せん断応力以下の場合、支圧力作用下の鋼とコンクリート接触面の疲労破壊までの繰返し回数はほぼ 200 万回以上である。

参考文献

- 1) 佐藤政勝, 石渡正夫: 平鋼および突起付鋼材とコンクリートの付着特性, コンクリート工学年次講演会論文集, Vol.2, pp.365-368, 1980
- 2) 園田恵一郎, 鬼頭宏明, 中島一男: 突起付き鋼板の付着特性に関する実験的研究, 第3回合成構造の活用に関するシンポジウム講演論文集, pp.155-160, 1995.11.
- 3) 山田真幸, サトーン ペンポン, 三木千壽, 市川篤司, 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.
- 4) 河村祐作, 深沢協三, 立花正彦: 防錆塗装鉄骨を用いたSRC部材の力学的性状に関する実験的研究, 第5回複合構造の活用に関するシンポジウム講演論文集, pp.197-204, 2003.11.
- 5) 坂本香, 村山陽, 中田謙司, 柳澤則文, 山岸武志: 防錆処理を施した鋼板とコンクリートとの付着特性, 第5回複合構造の活用に関するシンポジウム講演論文集, pp.205-210, 2003.11.
- 6) 大垣賀津雄, 済藤英明, 矢野裕也, 宮本裕久: 鋼・コンクリート合成構造界面の付着および防食性能向上に関する研究, 第5回複合構造の活用に関するシンポジウム講演論文集, pp.211-216, 2003.11.
- 7) 山田岳史, 沼田克, 岡本安弘, 窪田晃, 松井繁之: 縞鋼板の付着特性を活用した合成床版, 第5回複合構造の活用に関するシンポジウム講演論文集, pp.223-230, 2003.11.
- 8) 中島章典, 本田絃美, 藤澤知樹, 斉木功, 大江浩一: 鋼・コンクリート接触面の支圧・摩擦に関する基礎的検討, 第5回複合構造の活用に関するシンポジウム講演論文集, pp.217-222, 2003.11.
- 9) 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.
- 10) 岡本純三, 中山景次, 佐藤昌夫: トライボロジー入門-摩擦・摩耗・潤滑の基礎-, 幸書房, 1990.2.

(2005年9月10日受付)