

(I-27) 複合構造の鋼・コンクリート支圧挙動に関する研究

宇都宮大学 学生員 森藤早苗 宇都宮大学 正会員 中島章典
宇都宮大学 正会員 斉木 功 トピー工業 藤井政美

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いるが、その内部には各所に鋼とコンクリートの接触面である支圧面が存在しており、支圧面の近傍では単一の材料のみでは見られない、支圧特有の力学的挙動が起きていると考えられる。しかし、従来行われている支圧に関する研究では、支圧強度に着目した研究^{1),2)}が多く、支圧挙動の研究はそれほどなされていない。

そこで本研究では、鋼板と直方体のコンクリートブロックを組み合わせることにより、複合構造の鋼・コンクリートの支圧面周辺を簡易にモデル化した支圧要素試験体を用いて、支圧面に対して直角方向の荷重による載荷試験を行い、鋼板の厚さの違いが鋼・コンクリートの支圧挙動に及ぼす影響などについて比較、検討した。

2. 実験概要

試験体の形状と計測項目の概要を図-1に示す。試験体は鋼板の無いものと、鋼板の厚さ t を $t=2.3, 4.5, 9.0, 19.0\text{mm}$ 、 ∞ としたものの計6種類製作し、それぞれ試験体名を T00, T23A, T45A, T90A, T190A, TinfA とした。ただし、 $t=0$ 以外は付着を期待して支圧面を $W/C=30\%$ のセメントペーストによってキャッピングを行った。各試験体は、2本の丸鋼棒による回転支点と可動支点上にスパン 200mm となるように設置し、コンクリート部分上面のスパン中央に取り付けた載荷板を介して鉛直方向に静的載荷を行った。ここで、TinfA は曲げが起こらないと仮定し、 $t=9.0\text{mm}$ の試験体と同様のものを支点を用いずに水平な台の上に設置し、載荷を行った。

計測項目は、支圧面上の支圧面から高さ 60mm の地点に取り付けた高感度変位計により計測されるコンクリートと支圧面の相対変位と、支圧面から高さ 10 から 70mm の間のコンクリートの側面に貼付したひずみゲージによるコンクリートの鉛直方向ひずみ、および鋼板底面に貼付したひずみゲージによる鋼板底面の水平方向のひずみの3項目とした。

また試験体のコンクリートは、圧縮強度 44.2N/mm^2 、弾性係数 28.8kN/mm^2 のものを使用した。

3. 実験結果および考察

(1) 破壊性状

各試験体コンクリート部分の破壊時のひび割れ性状と最大荷重を図-2に示す。TinfA 以外の試験体のコンクリート部分は、初めに曲げによる縦ひび割れがスパン中央付近の支圧面から鉛直方向に発生し、T00 はこのひび割れの発生と同時に破壊した。T23A, T45A, T90A は縦ひび割れ発生後、載荷板片端から支点付近へ向かってせん断による斜めひび割れが発生し、T23A は縦ひび割れと斜めひび割れがほぼ同時に進行していき破壊した。

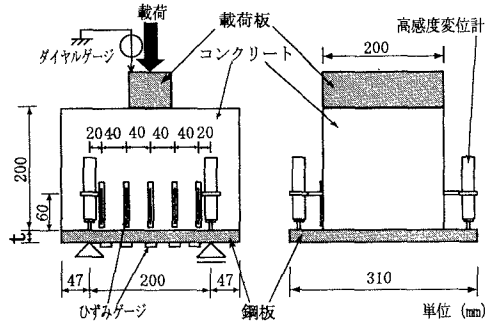


図-1 試験体形状および計測項目

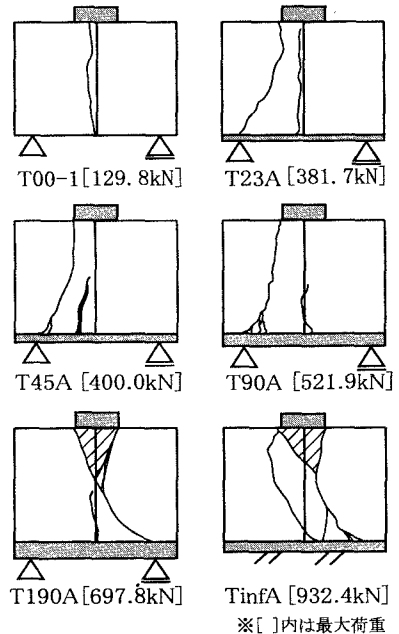


図-2 破壊時のひび割れ性状

T45A と T90A は、いずれも縦ひび割れの進行は試験体の高さの2分の1程度に留まり、斜めひび割れが支圧面付近に至ったことで破壊が起こった。なお、T45A については、約 300kN 載荷時には縦ひび割れのひび割れ幅が離れた場所からでも目視できるほど大きく開いていたが破壊には至らず、 400kN 載荷時に斜めひび割れにより破壊した。

以上の試験体では 200kN 程度載荷するまでにひび割れが発生していたが、T190A と TinfA では、それぞれ 400kN と 420kN までひび割れが確認できなく、斜めひび割れが支圧面に至っても破壊せず、T190A は図-2の斜線部のようなくさび形のひび割れにより、また TinfA は斜線部

Key Words: 支圧, 複合構造, 実験

〒321-8585 宇都宮市陽東 7-1-2 宇都宮大学工学部建設学科 Tel.028-689-6208 Fax.028-689-6230

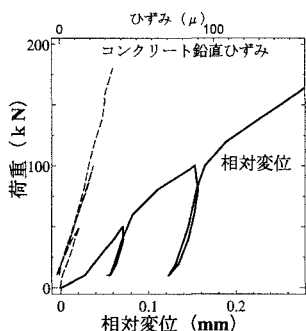


図-3 荷重-コンクリート支圧面間相対変位関係 (T23A)

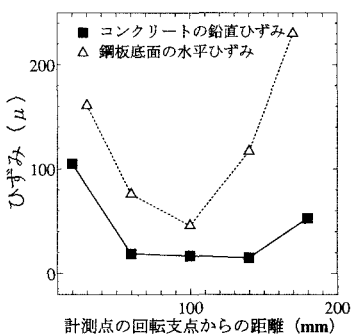


図-4 T23A ひずみ分布

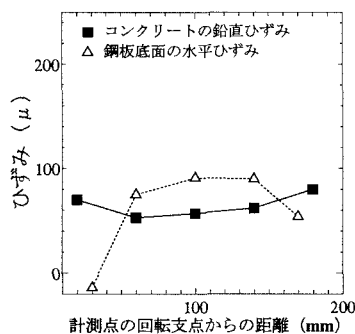


図-5 T190A ひずみ分布

が圧壊することにより破壊した。

また、T190A、TinfA 以外の各試験体の鋼板は全て、斜めひび割れと支圧面の交点付近で破壊時に変形が起こった。

(2) コンクリート、支圧面間の相対変位

荷重と高感度変位計により計測したコンクリートと支圧面間の相対変位の関係では、全ての試験体を通してその初期勾配が比較的小さく得られるが、載荷荷重が 20kN 程度を超えると勾配が大きくなるという傾向が見られた。T23A において、コンクリートと支圧面間の相対変位と、コンクリートの鉛直ひずみ（可動支点から 20mm の位置）の、荷重との関係（共に 200kN 載荷まで）を図-3 に示す。

荷重とコンクリートのひずみの関係は図-3 に見られるように、ひび割れなどの影響が及ばない限り線形に近い形状になっている。コンクリートのひずみを計測したひずみゲージは支圧面の挙動を直接計測していないことから、荷重とコンクリート支圧面間の相対変位の関係に見られた勾配の変化は、支圧面における局所的な変位によるものだと考えることができる。

コンクリートと鋼の間で支圧面に垂直な方向に伝達される応力を支圧応力とすると、本研究では、支圧面においてコンクリートと鋼板をキャッピングしたため、載荷によりコンクリートと鋼板間で支圧応力が作用する際に、コンクリートよりも強度が弱いと考えられるキャッピング部分がつぶれることにより、はじめは比較的小さな荷重でも相対変位が大きく計測され、勾配の変化が見られたと考えることができる。

(3) コンクリートおよび鋼板底面のひずみ分布

ひび割れ発生前の 100kN 載荷時における、コンクリート部分の鉛直ひずみと鋼板底面の水平ひずみのスパン方向の分布を T23A および T190A について図-4、図-5 に示す。

T00、T23A、T45A、T90A のコンクリートの鉛直ひずみは、図-4 のように両支点から 20mm 地点、つまり 5 箇所の計測点のうち最も支圧面に近い計測点のひずみの値が他の計測値よりも大きく、スパン中央では小さい値が計測された。一方、T190A、TinfA では図-5 に示すように、5 つの計測点のひずみの大きさが同程度の値となっていることがわかった。以上のコンクリートの鉛直ひずみ分布の様子から、鋼板の比較的薄い T23A、T45A では、支圧応力が支圧反力の影響を受けやすく、支圧付近において大きな支

圧応力が、スパン中央では支圧付近と比べて小さな支圧応力が作用し、また、鋼板が厚くなると支圧応力は支圧反力の影響を受けにくくなり、スパンに渡り比較的一様な応力分布になっていると推測することができる。

以上のことから、載荷板付近では載荷により鉛直方向の応力が比較的大きくなっていると仮定すると、T23A、T45A のコンクリート部分では支圧付近の支圧応力と載荷点付近の鉛直方向の応力によりせん断応力が大きくなり、斜めひび割れから破壊が起き、T190A、TinfA は載荷板の下の方で一軸圧縮状態になるため局所破壊をしたと説明することができる。

鋼板底面における水平ひずみの分布は、T00、T23A、T45A では、コンクリートの鉛直ひずみの分布同様、支圧付近で大きくスパン中央では小さい値を示す様子が見られた。しかし、T90A および T190A では、T00、T23A、T45A とは逆で、図-5 に示すように支圧付近よりもスパン中央の方がひずみが大きいといった結果になった。試験体の形状から、鋼板の薄い試験体（T23A、T45A）の方が厚い試験体（T90A、T190A）よりも曲げ剛性は小さく曲げを受けやすいように考えられる。梁理論によれば、試験体に曲げが作用すると鋼板底面の水平ひずみはスパン中央で大きくなるが、実験結果にはそのような傾向が見られない。今回の試験体の鋼板は、曲げによるものの他には水平方向の軸力は受けていないとすると、実験から得た水平ひずみの分布の傾向は、T90A、T190A については曲げの影響によるものであると考えられるが、T23A、T45A は、曲げだけでは説明できないため、今後解析的検討も踏まえて考察していくことにする。

4. おわりに

今回は、実験結果から鋼板の厚さの違いによる支圧挙動および破壊性状への影響について考察を行った。今後は支圧面に作用する支圧力を推測し、また実験結果を FEM による 2 次元の弾性解析の結果と比較して、試験体の支圧挙動を明らかにしていきたいと考えている。

参考文献

- 1) 藤井 学：たわみ性支圧板載荷によるコンクリート支圧強度の理論的研究，土木学会論文報告集 vol.193, pp.89-98, 1971.9.
- 2) William Shelson: Bearing capacity of concrete, Journal of the American Concrete Institute, pp.405-414, 1957.11.