

数値解析による軸拘束力作用下での頭付きスタッドのせん断力-ずれ変位関係の検討

法政大学 学生会員 ○星名浩人

正会員 藤山知加子

1. 研究の目的

鋼コンクリート合成床版において、底鋼板とコンクリートを一体化させるためのずれ止めの1つとして、頭付きスタッド（以下、スタッド）が用いられている。現在のスタッドの設計せん断耐力式は、外部拘束力のない条件下で行われた押し抜き試験の結果に基づいたものであり、このような実験での研究は多く行われている。そこで本研究では、合成床版の一部を模擬した解析モデルを構築し、実構造物で想定される圧縮力、引張力の拘束力とせん断力を与える荷重条件下で、FEMによるスタッドのせん断力-ずれ変位関係に着目し、分析を行った。

2. 解析モデル

2.1 概要

本研究は、FEM解析ソフト「COM3D」を用いて、ロビンソン型合成床版の一部を再現した解析モデルを構築した(図-1)。解析モデルは、コンクリート、底鋼板、主鉄筋、配力鉄筋、スタッド(φ16×180mm)をソリッド要素でモデル化した。モデル寸法は、400mm×500mm×260mmとし、中央にスタッドを配置した。コンクリートとスタッド及び底鋼板の境界面には、境界面要素を設定した。境界要素特性値は、純粋なコンクリートと鋼材の付着力を用いた。なお、スタッドと底鋼板は、完全に一体化している。材料諸元を表-1に示す。

2.3 荷重条件及び拘束条件

本解析の荷重イメージ図を図-2に示す。せん断力は、床版に活荷重が作用した際、接合部に生じるせん断力を再現するため、水平方向に荷重を与えた。圧縮力に関しては、コンクリート上面に与えた。引張力に関しては、底鋼板上部のコンクリート要素に荷重を与えることで、引張力を再現した。拘束条件は、コンクリートと底鋼板にずれを生じさせるため、底鋼板の端部を全方向拘束と、底鋼板底面をZ軸方向拘束した。

2.4 解析ケース

解析ケースは、拘束力を与えないせん断力だけのケース(Case 0)と圧縮力を5パラメータ、引張力を4パラメータとした、合計9ケースとした(表-2)。圧縮力のパラメータは、コンクリートの圧縮強度に対する10%、30%、50%、60%、80%の荷重をパラメータとし、引張力のパラメータは、引張強度の10%、30%、50%、80%の荷重をパラメータとした。(以下、圧縮力10%のケース：C-10) なお、設計荷重は約3%相当である。図-3に、3.3で分析するコンター図の着目断面A-A'を示す。

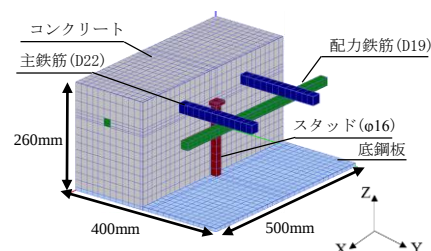


図-1 FEM 解析モデル

表-1 材料諸元

項目	強度特性 N/mm^2	弾性係数 N/mm^2	ポアソン比
コンクリート	圧縮強度 $f_c=30$	2.8×10^4	0.2
	引張強度 $f_t=26$	2.0×10^5	
鉄筋	降伏点 $f_y=345$	2.0×10^5	0.3
スタッド(φ16)	降伏点 $f_y=245$	2.0×10^5	0.3
底鋼板	降伏点 $f_y=245$	2.0×10^5	0.3

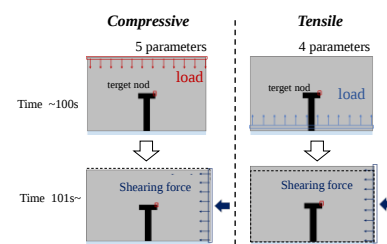


図-2 荷重イメージ図

表-2 軸方向拘束力パラメータ

Parameters		C force (kN)	Parameters	T force (kN)
10%	588		0%	0
30%	1764		10%	50.7
50%	2940		30%	152.1
60%	3528		50%	253.6
80%	4704		80%	405.8

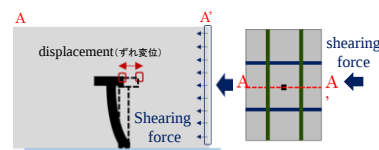


図-3 コンター着目断面図

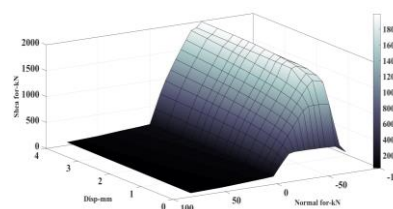


図-4 軸拘束力-ずれ変位-せん断力関係

キーワード 合成床版 頭付きスタッド ずれ止め せん断耐力 噛合い効果

連絡先 〒162-0843 東京都新宿区市谷田町 2-33 TEL 03-5228-1406

3. 解析結果と分析

3.1 軸拘束力-せん断力-ずれ変位関係

図-4にZ軸-せん断力, Y軸-ずれ変位, X軸-軸拘束力(-:圧縮力(%))の関係図を示す。圧縮力を与えたケースでは, C-50までは, 圧縮力の大きさに比例して, 剛性が高くなることが示された。しかし, C-60以降は剛性が低下した。引張力を与えたケースは, 引張力の上昇に伴い, 剛性が低下することが示された。

3.2 ずれ変位に着目したせん断力-耐力関係

各ずれ変位での耐力関係を示す。図-5, 6に変位0.1mm, 0.5mm時の縦軸-せん断力, 横軸-軸拘束力の関係図を示す。スタッドの降伏と共に分析を行うと, T-80, T-50, C-80のみが降伏していた変位0.1mmでは, 圧縮領域のグラフの傾きが平行であるが, T-10, 0, C-50を除いた全てケースが降伏した変位0.5mm時になると, C-50の剛性が顕著に高くなることを示された。従って, スタッドが降伏することで剛性が低下することが確認できた。

3.3 拘束力による変形状の影響

図-7, 8にCase0のせん断ひずみ分布及び変形図(a)とスタッド軸応力分布及び変形図(b), CaseC-30のせん断ひずみ分布及び変形図(a)とスタッド軸応力分布及び変形図(b)を示す。図-8より, 圧縮力を与えたことで, Case0で確認できたひび割れ発生時(図-7(a))とスタッド降伏時(図-7(b))の接合部の開きが抑制され再接触した。これにより耐力が上昇したと考えられる。

3.4 スタッドの応力分析

表-3に, ミーゼス応力によるスタッド降伏判定時の比較結果を示す。図-9にソリッド要素でモデル化したスタッドの要素番号を示す。ここで, 要素番号1163を接合部, 5813を中間部, 9719を頭部と定義し, スタッド降伏時に与えた水平力と降伏順序を比較した。Case0は, 接合部の降伏後, 中間部よりも先にスタッド頭部が降伏することが分かった。圧縮力を与えたケースでは, C-50までは, 圧縮力の上昇に伴い, 接合部降伏時の水平力が上昇した。また, 引張力が作用したケースでは, T-30以降, 引張力が上昇すると, 頭部を除くスタッド箇所降伏時に作用した水平力が減少した。

4. 結論

本研究では, 試験的に数値解析によるパラメトリックスタディを行った。以下に, 得られた結論を示す。

①圧縮力が作用することで, 鋼板とコンクリートの付着切れ後の接合部の開きが抑制された結果, 再接触することで摩擦力が生じ, ずれ剛性が上昇することが示された。②引張力が作用することで, 付着切れ後の接合部の開きが促進され, ずれ剛性が低下することが分かった。③軸拘束力作用下でも, 顕著なせん断剛性の低下要因は, スタッドの降伏であることを確認した。④軸方向拘束力の大きさにより, スタッドの損傷傾向が異なることが示された。

5. 謝辞

本研究の遂行にあたって, 日本橋梁建設協会松村氏, 和田氏, 熊野氏に助言を頂きました。厚くお礼申し上げます。

参考文献

1. 平陽兵, 渡辺忠朋, 斎藤成彦, 溝江慶久, 島弘, 中島章典: 制御されたせん断力と軸方向圧縮力を受ける頭付きスタッドのせん断耐力とせん断力-ずれ変位関係, 土木学会論文集A1, Vol70, No.5, II 69-II 80, 2014

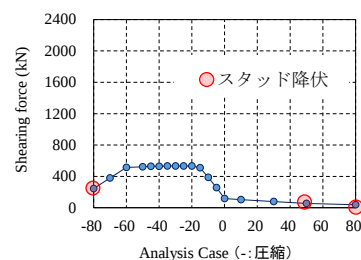


図-5 せん断力-ずれ変位関係 (変位 0.1mm)

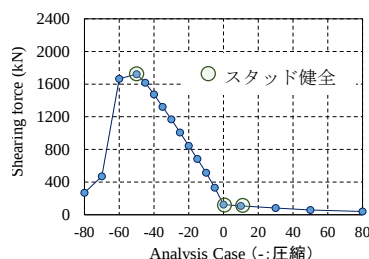


図-6 軸拘束力-せん断力関係 (変位 0.5mm)

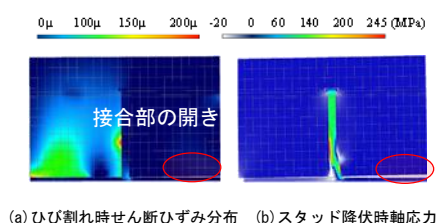


図-7 Case0 変形図 (Disp. × 20)

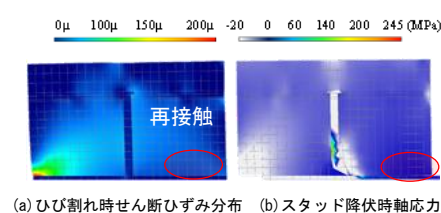


図-8 Case-30 変形図 (Disp. × 20)

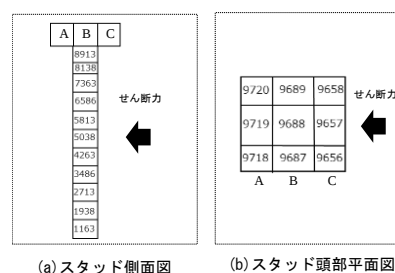


図-9 スタッドの要素番号

表-3 スタッド降伏時の水平力比較

着目箇所	Case						
	T-50	T-30	T-10	0	C-10	C-30	C-50
頭部	654	560	-	268	-	-	1857
中間部	300	324	240	410	1256	-	1849
接合部	57	179	188	133	493	1168	1827

■ No.1 ■ No.2 ■ No.3 - : 降伏しない