

第 I 部門 薄層モルタルを有するグループ配列押抜き試験体のスタッドせん断力低下メカニズムに関する解析的検討

大阪公立大学大学院 学生会員 ○榎崎 音弥

大阪公立大学大学院 正会員 山口 隆司
西日本高速道路株式会社 正会員 浅野 貴弘

1. 研究背景および目的

PCaPC 床版と鋼桁とのずれ止めに頭付きスタッド (スタッド) を用いる際にグループ配列を用いることがある。既往研究 1) では、高さ調整材の薄層モルタルを考慮しグループ配列とした押抜き試験が実施されている。実験結果から、スタッド 1 本あたりに作用するせん断力 (スタッドせん断力) は単列配列のそれより低下したがその詳細なメカニズムは未解明である。ここで、既往研究 2) では、薄層モルタルを考慮しておらず、境界条件が異なるためにメカニズムに相違があると考えられる。

本研究では、薄層モルタルを考慮しグループ配列とした押抜き試験体の 3 次元 FE 解析を実施し、そのスタッドせん断力が低下するメカニズムをスタッドの荷重分担率から考察する。

2. 解析モデルと解析ケース

解析モデルは、図-1 に示すスタッドを 2 行 2 列配置としたグループ配列の押抜き試験体であり、構造対称性を考慮して 1/4 モデルとした。使用要素は、主に 8 節点ソリッド要素を用い、H 形鋼ウェブについては 4 節点シェル要素を用いた。コンクリートブロック、箱抜き部の無収縮モルタルおよび薄層モルタルに、図-2 に示す破壊エネルギー基準とした回転ひび割れモデルを用いた。スタッド及び H 形鋼の材料構成則には、文献 1) の実験における鋼材検査証明書に示されている降伏強度と引張強度を用いたバイリニアモデルとした。表-1 に各要素間の相互作用を示す。Dorr の付着・すべりモデルの最大付着力、最大ずれ量は、文献 2) を参考に $0.5\text{N}/\text{mm}^2$ 、 0.06mm とした。解析には DIANA10.9 を用いて弾塑性有限要素解析を実施した。H 形鋼フランジ上面に鉛直下向きの強制変位を与え、コンクリートブロック底面を完全固定とすることで実験の荷重状況を模擬した。

解析ケースを表-2 に示す。文献 1) で薄層モルタルを考慮しスタッドをグループ配列としたケースの再現解析として 2 ケース行った。表-3 に材料特性値を示す。

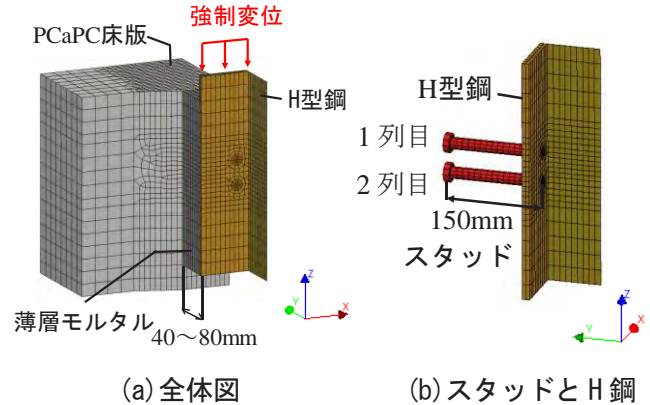


図-1 解析モデル

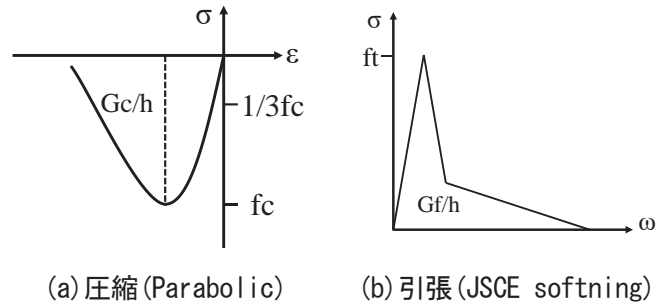


図-2 コンクリート・モルタルの材料構成則

表-1 各要素間の相互作用

要素間	相互作用
H形鋼-スタッド	節点共有 (完全剛結)
薄層モルタル-箱抜き部モルタル	節点共有 (完全剛結)
スタッド-無収縮モルタル (薄層モルタル・箱抜き部)	Dorrの付着すべりモデル
H形鋼-薄層モルタル	Dorrの付着すべりモデル
薄層モルタル-コンクリートブロック	付着・すべり摩擦を0
箱抜き部モルタル-コンクリートブロック	付着・すべり摩擦を0

表-2 解析ケース

ケース	薄層モルタル厚さ (mm)	スタッドの配列および強度						
		本数	高さ (mm)	軸径 (mm)	中心間隔 (mm)	配列	降伏強度 (MPa)	引張強度 (MPa)
M40_G	40	4	150	19	50	2行2列	360	470.3
M80_G	80	4	150	19	50	2行2列	392.3	441.3

表-3 材料特性値

ケース	コンクリートブロック				無収縮モルタル			
	静弾性係数 (MPa)	ポアソン比	圧縮強度 (MPa)	引張強度 (MPa)	静弾性係数 (MPa)	ポアソン比	圧縮強度 (MPa)	引張強度 (MPa)
M40_G	31200	0.17	56.5	4.3	42400	0.18	39	3
M80_G	30700	0.17	60.9	4.3	28800	0.24	75	5.2

3. 解析結果および考察

3.1 荷重-相対ずれ変位関係

図-3 に荷重-相対ずれ変位関係を示す。図-3(a), (b)では複合構造標準示方書に示されるスタッドの使用限界である相対ずれ変位 0.4mm までを、図-3(c), (d)では相対ずれ変位 5mm までをそれぞれ示す。

図-3(a), (b)より、両ケースにおいて、文献1)の実験結果での初期剛性および図中に赤丸で示す1次せん断力時の荷重低下後のずれ剛性の変化をおおよそ再現できている。図-3(c), (d)より、相対ずれ変位 1mm 程度まではずれ剛性を保ったままスタッドせん断力が増加した。また、その後はスタッドせん断力を保ったまま相対ずれ変位が増加した。これは、文献1)の実験結果と同様の傾向であった。

3.2 スタッドのせん断力分担

載荷側スタッド (1 列目スタッド) のせん断力の荷重分担率と相対ずれ変位との関係を図-4 に示す。

図-4 より、両ケースともに 1 列目スタッドの荷重分担率が大きくなった。これは、文献3)で示されたように、載荷に伴って薄層モルタルを貫通するひび割れが図-5 のように 2 列目スタッド下側で発生することで、2 列目スタッドが薄層モルタルから受ける支圧力を失うことによるものと考えられる。その結果、1 列目スタッドが先に降伏に達し、単列配列よりもスタッドせん断力は低下したと考えられる。相対ずれ変位 0.1mm (使用限界状態) 時点において M40_G で 59.30%, M80_G で 69.91% と薄層モルタル厚が厚いほど、1 列目スタッドの荷重分担率が大きくなる。これは、前述の支圧力を失う範囲が大きくなるためと考えられる。また、実験結果と同様に、相対ずれ変位が大きい場合の損傷状況は、単列配列のそれよりも過大であった。

3.3 単列配列に対するスタッドせん断力の比率

文献1)と同様にスタッドせん断力を無次元化し、文献3)での単列配列の場合と比較した。使用限界状態で、M40 は単列配列に対して 75.42%, M80 は 51.16%, 終局限界状態で、M40 は 85.5%, M80 は 83.41% の比率となった。

4. 結論

1) 薄層モルタルを貫通するひび割れにより 2 列目スタッドがモルタルから受ける支圧力が小さくなり、1 列目スタッドの荷重分担率が大きくなった結果、単列配列の場合よりも 2 列配列のスタッドせん断力は低下する。

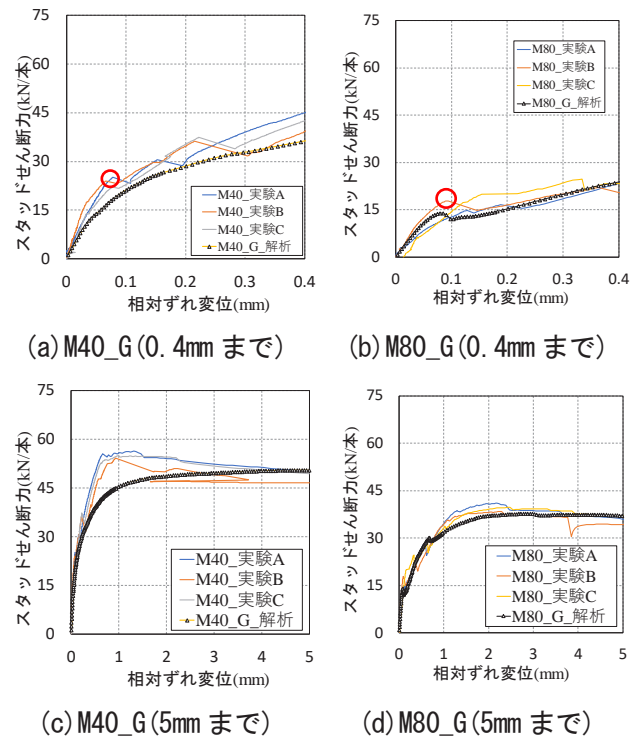


図-3 荷重-相対ずれ変位関係

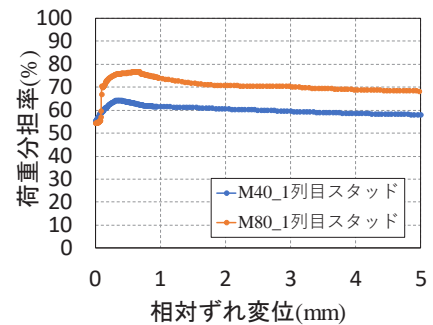


図-4 スタッドせん断力の分担率

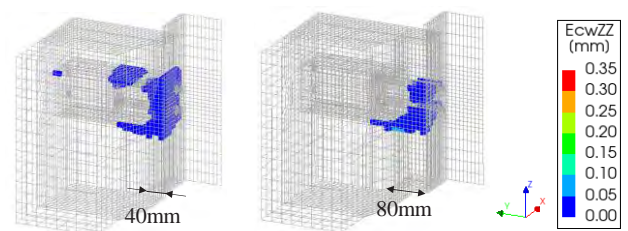


図-5 薄層モルタルのひび割れ (相対ずれ変位 0.1mm 時点)

2) 薄層モルタル厚が厚いほど、1 列目スタッドの荷重分担率は高くなり、単列配列に対するグループ配列のスタッドせん断力の低下率はより大きくなった。

<参考文献>

- 1) 浅野ら：薄層モルタルおよび頭付きスタッドの配列が頭付きスタッドのせん断耐力に与える影響に関する実験的研究，鋼構造論文集 第30巻 120号，pp.47-62，2024。
- 2) 岡田ら：グループ配置したスタッドのせん断耐荷性能に関する検討，土木学会論文集，No.766/I-68，pp.81-95，2004。
- 3) 檜崎ら：薄層モルタル厚さを考慮した押抜き試験のスタッドせん断力の推定に関する解析的検討，土木学会全国大会第80回年次学術講演会