

グループ配列したスタッドのFEM解析

JFE技研(株) 正会員 岡田 淳
早稲田大学 フェロー 依田照彦

1. まえがき

スタッドのグループ配列は，施工方法の簡略化，新しい構造形式への対応などを目的として，合成桁のずれ止め等に用いられる頭付きスタッド複数本をひとまとまりとして多行多列に並べたものである．各スタッドが十分な間隔を有している通常の配列（以下，標準配列と称す）と比較し，グループ内における各スタッドの間隔は小さく，各グループ間の間隔は大きいという特徴をもつ．

一般にスタッドの耐荷力は，標準的な押し抜きせん断試験によって求められるが，グループ配列の場合には，グループ内のスタッドを介してコンクリート部に応力集中が起こる可能性があり，これによってスタッド1本あたりの耐荷力が標準配列の場合よりも低下することが懸念される．しかしながら，グループ配列による耐荷力の低下は，スタッドの間隔，コンクリート強度，スタッドの強度など，様々な要因によるものと考えられ，これらを実験のみに頼って検証していくには多大なる労力とコストを必要とする．そこで本研究では，グループ配列したスタッドの耐荷力と挙動を解析的に評価できるかどうかの可能性について検討したので，その概要について報告を行う．

2. 解析モデル

解析対象としたグループ配列供試体¹⁾²⁾を図1に示す．図1(a)のSP3は，各床版につき9本，計18本のスタッドをグループ配列した供試体であり，橋軸方向（高さ方向）スタッド間隔は，Eurocode 4³⁾に規定されている最小値 $5d$ （ d :スタッド軸径），橋軸直角方向（幅方向）スタッド間隔は，施工性を考慮し，スイスの実橋で用いられた $3.6d$ としている．図1(b)のSP4も，SP3と同様にグループ配列した供試体であるが，鉄筋をグループスタッド内に配置していない点において違いがある．それ以外のパラメータについては，共通となっている．

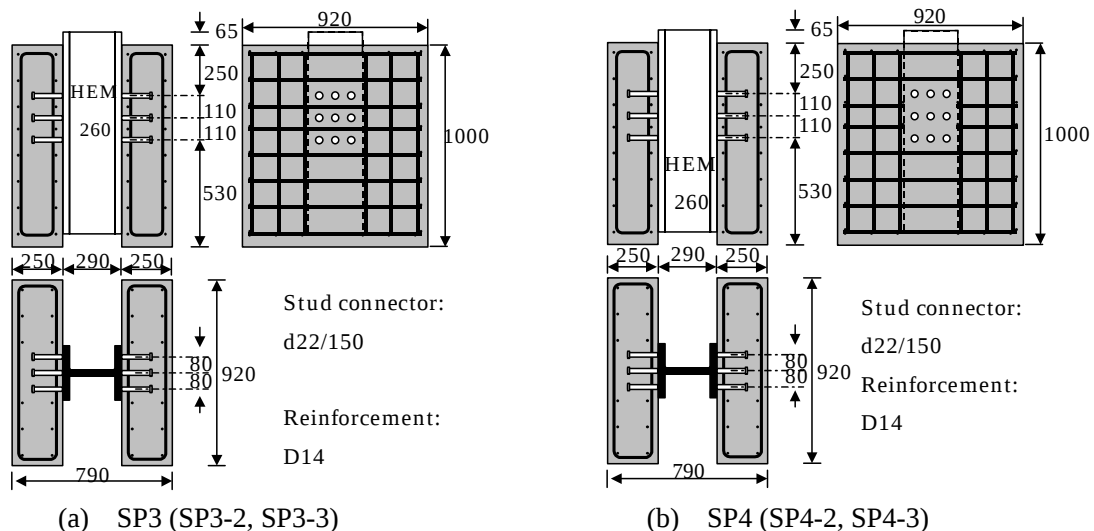


図1 解析対象

解析モデルを図2に，また，解析に用いた材料定数を表1に示す．解析モデルは対称性を考慮した1/4モデルとし，コンクリート床版およびスタッドはソリッド要素，鋼桁はシェル要素，鉄筋はコンクリートと一体として挙動する鉄筋要素とした．また，ずれを考慮するために，鋼桁 - コンクリート床版間，スタッド

キーワード：FEM解析，スタッド，グループ配列，押し抜きせん断試験，Eurocode 4

連絡先：〒210-0855 川崎市川崎区南渡田町1番1号，Tel.044-322-6054，Fax 044-322-6519

- コンクリート床版間にインターフェイス要素を用いた．コンクリートについては，圧縮側の構成則は，Eurocode 2⁴⁾に示された応力 - ひずみ関係をもとにモデル化した．引張側は応力が引張強度 f_t に達した後，終局ひずみ(便宜上鉄筋の降伏ひずみ(f_{ys}/E_s))とした)まで線形的に減少する，linear tension softening modelを用いた．スタッドについては，引張試験結果をもとにmulti-linear modelでモデル化した．鉄筋にはbi-linear modelを用い，鋼桁は弾性とした．また，ひび割れモデルとして，コンクリート一般部にはsmeared crack modelを，顕著なひび割れを生じるスタッドとコンクリートの境界面にはdiscrete crack modelを適用した．

3．解析結果と考察

図3に解析値と実験値の荷重 - 変位関係の比較を示す．解析値の基本モデルの荷重 - 変位関係は，約13%実験値より小さい値となっている．そこで，実験値と解析値との差を，鋼桁とコンクリート床版の付着，さらに付着が切れた後の滑り摩擦による影響と考え，図3のモデルを解析に考慮した．このモデルは，DörrのBond-slip model⁵⁾をベースとして作成したもので， $|\Delta u_t^0|$ で付着が切れた後も，滑り摩擦により一定のせん断応力が維持されると仮定している．図4より付着・滑り摩擦力を考慮した解析値の荷重 - 変位関係は，実験値とよく一致しており，本解析手法が有効であることが分かる．なお，解析上の終局変位は，解析において荷重の増加がほとんど認められなくなる7mmに設定した．実験値にばらつきがあるものの，概ね実験値の荷重が低下する点を捉えている．

4．あとがき

グループ配列したスタッドのせん断耐荷力と挙動を解析的に追従するための一評価手法について提案した．今後は付着・滑り摩擦力の設定方法，グループ配列したスタッドのせん断耐荷性能について更なる検討を行う予定である．

参考文献

1) Okada, J. Lebet, J.-P.: Strength and behavior of grouped stud connectors, Proceeding of 6th ASCCS Conference Vol. 1, Los Angeles, USA, pp. 321 - 328, 2000.
2) 岡田 淳, Lebet, J.-P.: グループスタッドの耐力と挙動, 土木学会第56回年次学術講演会, CS2-009, pp. 98-99, 2001.10.
3) Eurocode 4: Design of composite steel and concrete structures, European Committee for Standardization, 1994.
4) Eurocode 2: Design of concrete structures, European Committee for Standardization, 1992.
5) Dörr, K: Ein Beitrag zur Berechnung von Stahlbetonscheiben unter besonderer Berücksichtigung des Verbundverhaltens, University of Darmstadt, Germany, 1980.

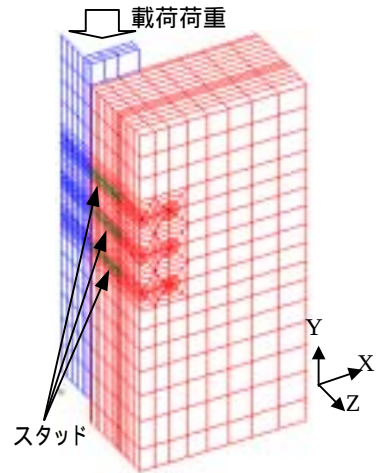


図2 解析モデル

表1 解析に用いた材料定数

解析対象 モデル名		SP3-2, SP4-2	SP3-3, SP4-3
コンクリート	f_c	44.3 N/mm ²	49.4 N/mm ²
	f_t	3.8 N/mm ²	4.1 N/mm ²
	E_{cm}	34400 N/mm ²	37900 N/mm ²
スタッド	f_{yst}	445 N/mm ²	
	f_{ust}	530 N/mm ²	
	E_{st}	200000 N/mm ²	
鉄筋	f_{ys}	460 N/mm ²	
	f_{us}	600 N/mm ²	
	E_s	200000 N/mm ²	
鋼桁	E_g	200000 N/mm ²	

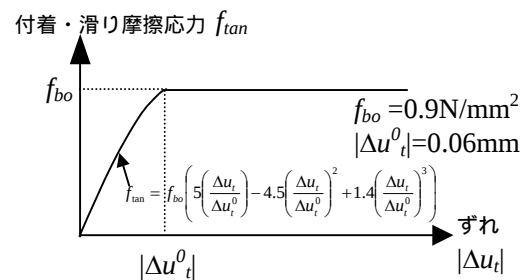


図3 付着・滑り摩擦モデル

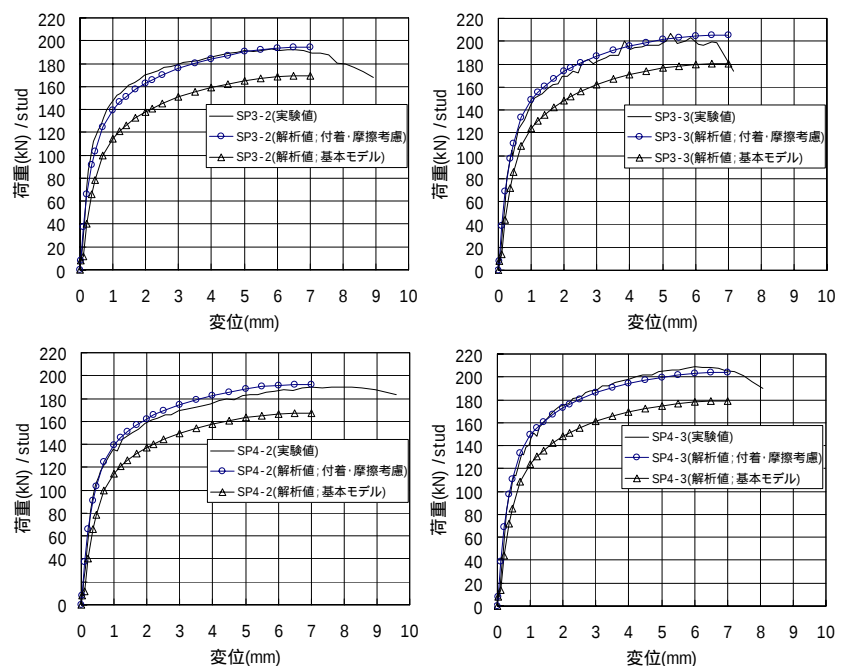


図4 実験値と解析値の荷重 - 変位関係