

頭付きスタッドのすべり評価に用いるFEM解析の検討

株式会社新来島どっく ○岡本 裕希

(研究当時高知工科大学 学生会員)

高知工科大学 フェロー 藤澤 伸光

1. はじめに

現在、合成桁の設計は両構造材間にすべりが発生しないという仮定の基で設計されているが、実際にはすべりが発生する。このすべりを許容する設計が可能となれば、より合理的な設計が可能となり、コスト縮減につながると考えられる。この設計法の提案には実験およびせん断力-ずれ関係の定式化だけでなく、非線形有限要素解析によるデータの補完が必要である。本研究では、妥当な非線形有限要素解析を行うために解析モデルが具備すべき条件の検討を行う。

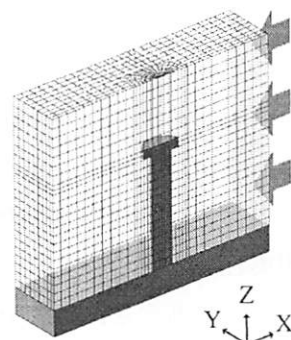


図-1 モデル概要図

2. 対象構造物

解析の対象は島らが実験した試験体No.2である¹⁾。効率化のため対称性を利用して試験体の1/4だけを解析対象とし、対称面(XZ面)においてY方向の変位を拘束している(図-1)。コンクリートと鋼材は六面体要素でモデル化したが、スタッド軸周辺だけは三角柱要素を使用した。スタッド-コンクリート間、およびフランジ-コンクリート間に関しては、各要素間に厚さ0のFILM要素を挿入した。なお、便宜上スタッド-コンクリート間のFILM要素をstud film element、フランジ-コンクリート間のFILM要素をflange film elementと呼ぶ。解析には非線形FEM解析プログラムFINALを使用した。モデル寸法は、コンクリート躯体が200×50×180mm、フランジが200×50×30mm、スタッドが軸径19mm、高さ120mm、頭部径32mm、頭部厚10mmである。スタッドの降伏は、実験から得られた応力-ひずみ曲線を多角節点により定義した。テンションスティフニング特性は、ひび割れ後の応力が0となるモデルとした。コンクリートの圧縮応力-ひずみ曲線および圧縮軟化域特性は、三軸応力下におけるパラメータを設定した。ひび割れ面ではコンクリートのせん断剛性が保持されるモデルを適用した。

3. スタッドとコンクリートの付着

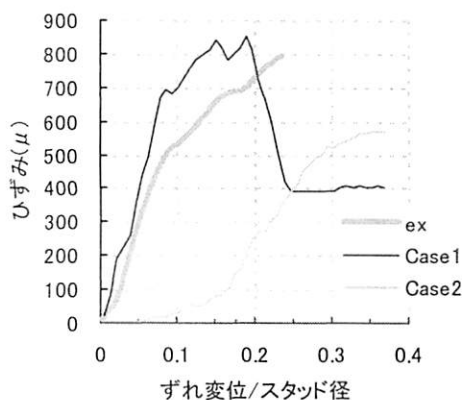


図-2 スタッドの引張ひずみ

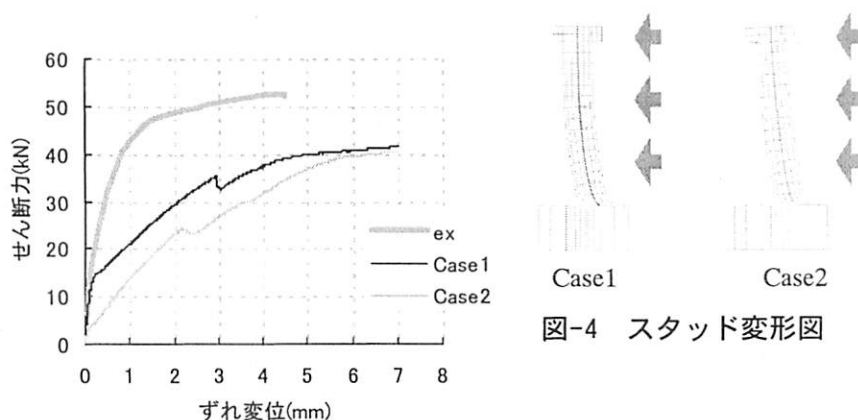


図-3 せん断力-ずれ関係

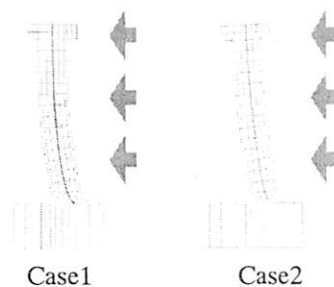


図-4 スタッド変形図

スタッドとコンクリートの付着応力の影響について述べる。stud film elementの付着応力が高いCase1と、付着応力が低いCase2の解析結果を図-2、図-3に示す。これらを見る限り、Case1が実験値に近い傾向を示している。また、ひずみを詳しく見た結果、Case1にCase2よりも強い曲げが生じていることが分かった。これは変形図(図-4)からも明らかである。Case2は曲げが小さい状態でせん断力による変形を受けているが、Case1は強い曲げを受けながらせん断力による変形を受けている。これらより、スタッド-コンクリート間の付着応力がスタッドの変形に及ぼす影響が大きいことが分かる。スタッドの荷重面側の斜め前方部分では、圧縮応力も大きいので、この付近の付着が強い影響を与えているものと推測される。

今回の解析ではCase1の付着応力を強めの値としているが、この値に必ずしも合理的な根拠があるとは言えないため、今後は摩擦やコンクリートとスタッドの付着などを考慮した詳細な解析と検討が必要である。

4. コンクリートとフランジの剥離と付着

まず、コンクリートとフランジの剥離の有無が解析に与える影響について述べる。flange film elementの剥離がないCase1と、剥離のあるCase3の解析結果を図-5、図-6に示す。図によれば、Case1とCase3の結果に大差はない。したがって、剥離の有無が解析に及ぼす影響は小さいといえる。

次に、コンクリートとフランジの付着応力の影響について述べる。Case1の解析結果を元にコンクリート下面の応力分布に従って、接触面を4つの領域に分割し、作用圧縮応力の0.5倍を摩擦による付着応力としたものがCase4である（ただし、引張となる部分の付着応力は0とする）。Case4をもとに、引張となった部分にも付着応力を定義したものをCase5とした。これらの解析結果を図-5、図-6に示す。

Case4はせん断力-ずれ関係においてはあまり変化が見られないが、図-5の引張ひずみにおいて変化が見られる。せん断力-ずれ関係への影響が少なかった原因は、大きい圧縮応力の発生範囲が局所的であったことによると考えられる。しかしながら、ひずみに影響を与えている以上、付着の影響を無視するのは適当でない。今後、より詳細な検討が必要と考えられる。

Case5では、スタッドの引張ひずみおよび、せん断力-ずれ関係に大きな変化があることが分かる。接触面全体に付着応力を定義したため、影響が顕著に表れたものと考えられる。せん断力-ずれ関係（図-6）においては実験値に近づいたが、引張ひずみ（図-5）では実験値との間に大きな隔たりが見られる。換言すれば、付着応力の大きさはせん断力-ずれ関係と、スタッドのひずみに実験値との近似度という点で逆の影響を与えており、コンクリートとフランジの付着応力による影響は複雑であると言える。今回の解析ではこの現象の詳細を解明するには至らなかった。今後、付着についてより詳細な検討が必要である。

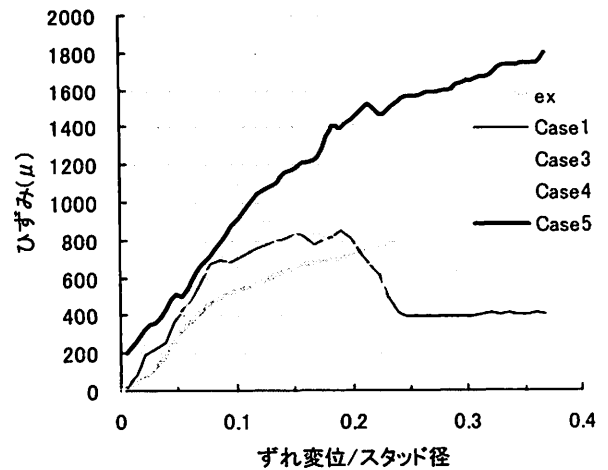


図-5 スタッドの引張ひずみ

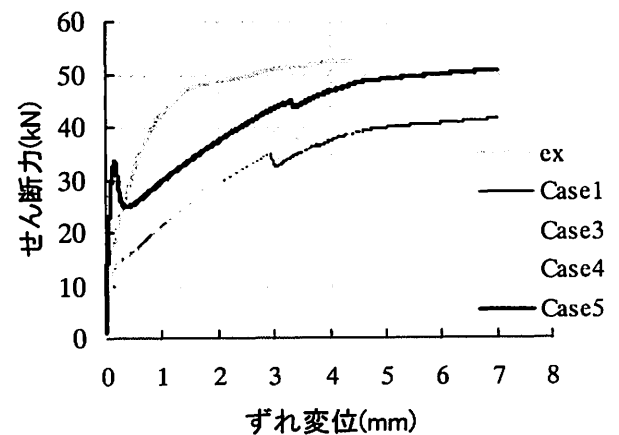


図-6 せん断力-ずれ関係

5. 三軸応力下のコンクリートの圧縮破壊条件

スタッド周辺部のコンクリートが圧壊しても周囲の健全なコンクリートによって側圧がかかり三軸応力下になることが予測されるため、一軸圧縮強度保持のモデルと長沼らのモデル²⁾から複数の3軸応力下のモデルを選び比較検討を行った。結果は、一軸圧縮強度保持のモデルと長沼らのモデル群の違いは小さく、また長沼らのモデル群それぞれの違いもほとんど出なかった。従って、コンクリートの圧縮破壊条件を表すモデルの違いが結果に与える影響は小さいと結論できる。これは、周囲の健全なコンクリートから受ける側圧が低かったために、三軸応力下モデル群での差がほとんど現れなかったものと考えられる。

6. 結論

- ①スタッドとコンクリートの境界における圧縮側の付着応力がスタッドの変形に大きな影響を与える。
- ②フランジとコンクリートの剥離が解析に与える影響はほとんどない。
- ③フランジとコンクリート間の付着は解析結果に複雑な影響を与える。
- ④コンクリートにおける圧縮破壊条件モデルの違いによる影響は小さい。

参考文献

- 1) 島弘, 渡部誠二: 頭付きスタッドのせん断力-ずれ関係の定式化, 土木学会論文集A Vol.64 No.4, 2008年11月
- 2) 長沼一洋: 三軸圧縮下のコンクリートの応力~ひずみ関係, 日本建築学会構造系論文集, 第474号, 1995年8月