

付着モデルを考慮した拘束型重ね継手の FEM 解析

前橋工科大学 学生会員 ○深澤 佑輔

前橋工科大学 フェロー会員 岡野 素之

1. はじめに

プレキャスト鉄筋コンクリート部材を接合する際に鉄筋の継手が必要となるが、現行の機械式継手ではコスト・施工性等に問題点がある。これらを解決することを目的として拘束型重ね継手¹⁾(図 1)を提案した。

既往の研究²⁾では、3つの破壊形態(主鉄筋破断型:Yb型, 主鉄筋降伏後抜け出し型:Yc型, 主鉄筋降伏前抜け出し型:C型)のうちC型破壊を起こす試験体のP- δ 関係(図 2)は、実験値と解析値が整合していない。そこで本研究では、まず主鉄筋とモルタル間に付着特性を考慮することでC型破壊に至る継手の挙動を3次元FEM解析で再現することを目的とし、加えてYc型,C型破壊発生時の指標について検討した。

2. 解析の概要

本研究ではC型破壊を起こす重ね長さ5 Φ , スパイラル筋ピッチ20mm, 添え筋2本の05202試験体を対象とした。なお、モルタルの圧縮強度を47.1N/mm², ヤング係数を23009N/mm²としている。また、主鉄筋(D25SD390), スパイラル筋(D10SD295), 添え筋(D19SD390), の降伏点をそれぞれ414.4N/mm², 292.3N/mm², 437.3N/mm²とし、各鉄筋のヤング係数を200000N/mm²とすることで3次元FEM解析ソフトFINAL³⁾で解析をした。05202試験体の解析モデルを5 Φ モデルと呼ぶ。解析モデルは継手の対称性から水平断面の1/4, 鉛直断面の1/2を解析する1/8モデルとした(図 3)。モルタルと全ての鉄筋は六面体要素を用いた。また、主鉄筋とモルタル間に付着特性を考慮するためFILM要素を設けた。なお、スパイラル筋はモデル化が困難なため矩形断面の帯筋として表現した。付着モデルは、既往の実験²⁾結果を用いて作成した(図 4)。なお、最大付着応力到達後の挙動は、長沼モデル³⁾を用いている。実験で用いたスパイラル筋の端部は開放しているため、端部付近でスパイラル筋による拘束剛性が中央部より低いと考えられ、これを表現するために定着長の観点からヤング係数を図 5 のように低減させた。主鉄筋とモルタル間の摩擦係数は、応力の主鉄筋に伝達する角度より1.0とした(図 6)。

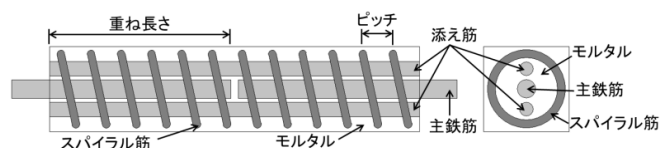


図 1 拘束型重ね継手概要図

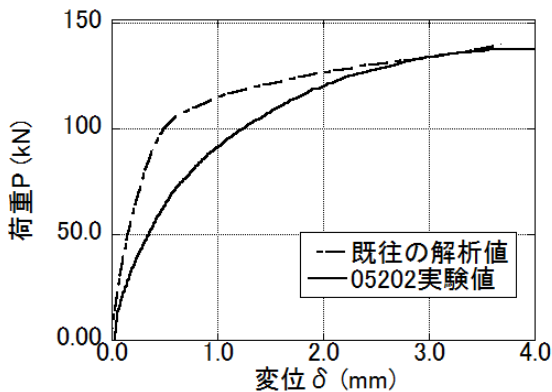
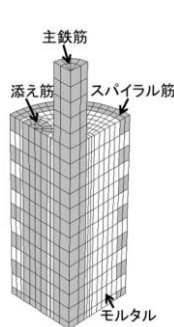
図 2 既往の研究¹⁾における解析結果

図 3 解析モデル

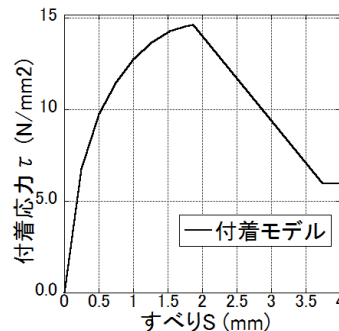


図 4 作成した付着モデル

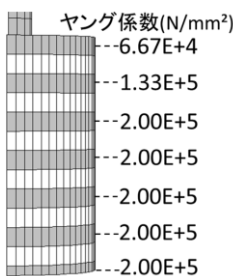


図 5 スパイラル筋のヤング係数

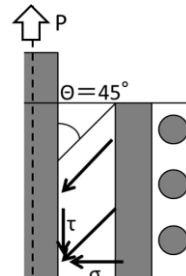


図 6 応力伝達図

キーワード プレキャストコンクリート, 重ね継手, 継手, 3次元FEM解析, 付着モデル

連絡先 〒371-0816 群馬県前橋市上佐鳥町 460-1 TEL 027-265-0111 FAX 027-265-3878

3. 解析結果と考察

解析の結果、スパイラル筋端部の開放を考慮しない場合、実験値と整合しなかった(図7)．そこで、拘束力に影響を与えるスパイラル筋(帯筋)のヤング係数を端部より 1Ring, 3Ring, 5Ring と低減させ(表1)、どの程度低減させた時に実験値と整合するのかをパラメトリックスタディにより求めた．その結果、本研究の解析条件では、スパイラル筋のヤング係数を 5Ring 低減させる時、実験値と整合できることが分かった(図8, 9)．また、検討したパラメータの妥当性を示すため、重ね長さ 10Φ の継手解析モデル(10Φ モデル)を 5Φ モデルと同様の要素寸法、材料構成則で解析をし、10202 試験体の P-δ 関係との比較を行った．図10に示した解析結果は、初期剛性はやや低い既往の解析結果より実験値と整合できていることがわかる．

拘束力の低減方法をパラメトリックスタディにより模索した結果、スパイラル筋のヤング係数を 5Ring 低減することにより実験値と整合出来たが、5Φ モデルの解析で用いたパラメータにより、10Φ モデルの場合においてもほぼ整合したので、これらの条件で評価可能であると考ええる．

4. 継手破壊形態の指標

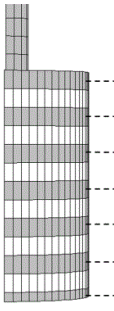
図11は主鉄筋と接するモルタル要素における Softening の進展状況を示したものである．図中、白色を示すものは Softening の発生した要素を示す．モルタル要素の右側(添え筋側)に着目すると、Softening を起こした要素が一直線に連なる時(図中長円)の荷重は実験時最大荷重(05202:138.9kN 10202:252.7kN)に近い値となっている．よって、添え筋側の主鉄筋と接するモルタル要素において Softening を起こした要素が一直線に連なる時、主鉄筋が抜け出す現象を表現できる可能性がある．

5. まとめ

付着モデルを用いた解析により、以下の結果を得た．

- (1) 付着モデルを用いて、スパイラル筋のヤング係数を 5ring 分低減させたモデル用いて、実験での荷重変位関係を再現できる．
- (2) モルタルの Softening の進展状況が、継手が抜け出し破壊を起こす指標となる可能性がある．

表1 ヤング係数低減方法

	ヤング係数 (N/mm ²)		
	①1Ring低減	②3Ring低減	③5Ring低減
	6.25E+3	6.25E+3	6.25E+3
	2.00E+5	2.50E+4	1.25E+4
	2.00E+5	1.00E+5	2.50E+4
	2.00E+5	2.00E+5	5.00E+4
	2.00E+5	2.00E+5	1.00E+5
	2.00E+5	2.00E+5	2.00E+5

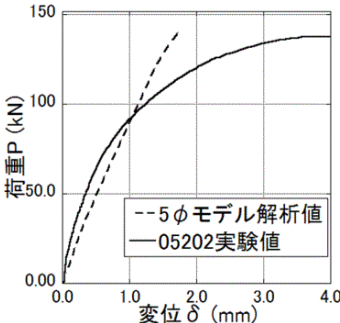


図7 5Φモデル解析結果

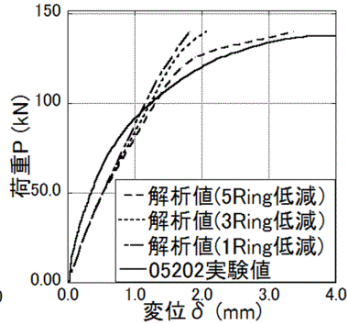


図8 パラメトリックスタディ

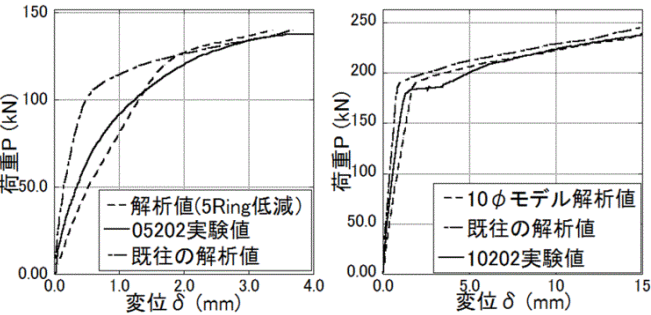


図9 5Φモデル最終解析結果

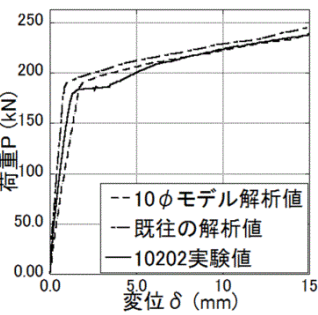


図10 10Φモデル最終解析結果

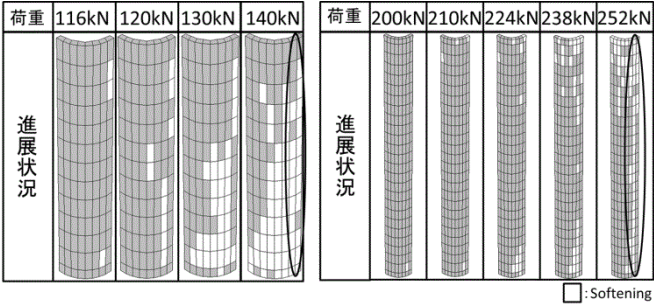


図11 Softening 進展状況 (左: 5Φモデル 右: 10Φモデル)

参考文献

1) 鈴木達也：拘束型重ね継手の破壊形態に関する解析, 前橋工科大学 H27 年度卒業研究論文, 2016.
2) 趙帥：拘束型重ね継手の引張性能に関する実験的研究, 前橋工科大学大学院 H27 年度修士論文, 2016.
3) FINALHP : <http://www.engineering-eye.com/> (2017.11.19)