

山形鋼筋かい端接合部に対する乾式補強法
その4 有限要素法による検討

正会員 ○石崎 紳悟*1 同 梶間 夏美*4
同 鈴木 壮*2 同 薩川 恵一*5
同 吉敷 祥一*3

山形鋼 保有耐力接合 筋かい
突出脚 高力ボルト摩擦接合

1.はじめに

本報（その4）では、有限要素法を用いた数値解析を行い、前報の載荷実験で実施していない実験変数を補完するとともに、提案する評価式の検証を行う。

2.数値解析概要

図1に解析モデルとモデル名称を示す。解析コードは、ABAQUS6.14を用いる。解析で使用した要素はソリッド要素として、各部材間の相互作用は接触を考慮し、初期導入ボルト張力として標準ボルト張力導入して、Pre-tension 機能で入力している。載荷方法は、一軸方向の単調載荷として強制変位を与えている。境界条件は下部ガセットの端部を固定し、上部ガセットは強制変形方向以外の方向を拘束している。主のパラメータは、第一既存ボルト芯位置から第一連結ボルト芯位置の長さ X とする。なお、載荷実験で実施していない解析モデルは、既存ボルトを固定したまま連結ボルトを移動させて長さ X を与えている。

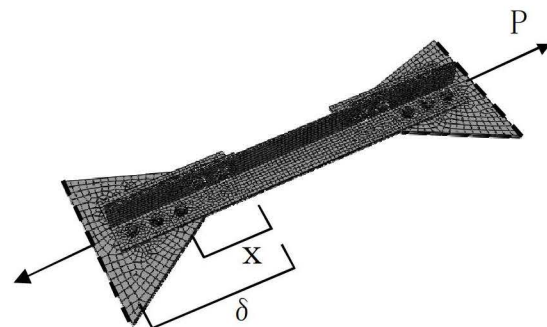
解析で使用したすべり係数を表1に示す。II期、III期の載荷実験結果との適応により、山形鋼とガセットに接する面のすべり係数を対応させている。摩擦はクーロン摩擦として、接触する面どうしにすべり係数を入力する。

図2に解析で使用した山形鋼の真応力度対数ひずみ度関係を示す。解析で使用する材料は、載荷実験で使用した部材の材料試験結果を真応力-対数ひずみの置換し、多直線近似したものをを用いている。塑性域における構成則は、von Mises の降伏条件、等方硬化則に基づく。

3.数値解析結果

図4に解析結果の一例として、補強なしと補強ありの載荷実験結果と解析結果との対応を示す。図*に点線は載荷実験結果を示し、実線は解析結果を示している。解析結果は、実験結果よりも同一変位において、荷重が低いものの、良い対応を示している。

図4にミゼス応力の進展状況を示す。右縦軸は荷重を示し、左横軸はミゼス応力度を示している。3つの図は、左から右へ長さ X を長くしている。図中の“A”は、連結ボルト近傍のL形鋼端辺の要素Aのミゼス応力を示し、“B”は、既存ボルト近傍のL形鋼端辺の要素Bのミゼス応力を示している。また▼印は、連結ボルトのすべり発



モデル名称 II 75-3-120
 ↳ ロット
 ↳ 突出脚の長さ
 ↳ 既存ボルトの本数
 ↳ 長さ(X), 補強なし(N)

図1 解析モデル

表1 すべり係数の設定

	II期	III期
すべり係数	0.33	0.22

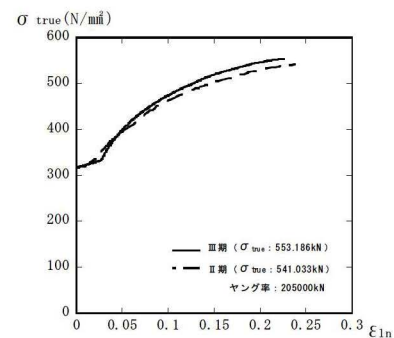


図2 真応力度対数ひずみ度関係

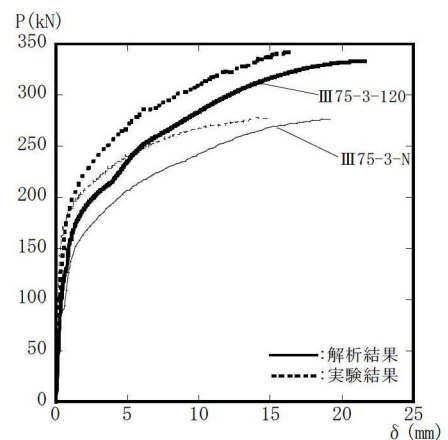


図3 荷重変位関係

生点を示している。II 75-3-30 は、第一既存ボルトのすべり発生直後より、要素Bの応力が大きく上昇しており、引張強さに相当する応力度（以降：最大応力度）に達しているのがわかる。つまり突出脚側面の応力負担が少ないことを示している。II 75-3-90 は、II 75-3-30 に比して要素Bの応力度上昇度合いが少ないものの、連結ボルトのすべり発生直後に要素Aの応力度が上昇している。要素A、要素Bがほぼ同時に最大応力度に到達することから、L形鋼の全断面で引張軸力を負担していることがわかる。III 75-3-120 は、要素Aが先に最大応力度に到達しており、連結ボルト付近による要素Bの応力度の進展が緩やかであることから、第一既存ボルトよりも前方に破断位置があることを示している。

4. 有効破断耐力式の検証

表3に解析結果と実験結果の破断パターンの対応を示す。解析での破断パターンは、要素Aと要素Bのいずれか一方が最大応力度に到達した時点で決定しており、その荷重を破断耐力としている。載荷実験において、ボルト破断で決定したモデルを除き、破断パターン・破断耐力ともに良い対応を示している。

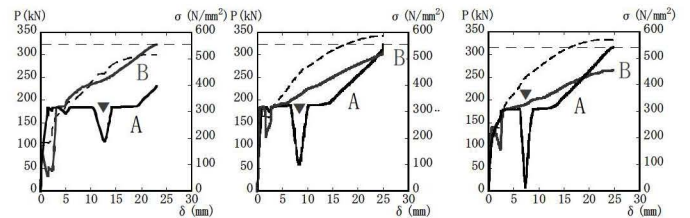
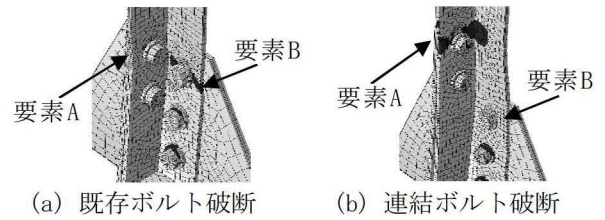
図5は、(5)式で提案している評価式の有効性を解析結果より検証したものを示す。図左は山形鋼L75を示し、図右は山形鋼L65を示している。両図とも解析結果は黒印、実験結果は白印で示している。解析結果は、(5)式中の ΔP_u 、 $B P_u$ に良い対応を示しており、有効断面破断の評価方法として有効である。

5. まとめ

本報では、有限要素法を用いた数値解析を行い、本研究で提案している山形鋼筋かいに対する乾式の補強方法に関する評価式の有効性を確認した。その結果、解析結果は、評価式と良い対応を示していることがわかった。

参考文献

その3に記す。



▼：連結ボルトのすべり発生

(i) II 75-3-30 (ii) II 75-3-90 (iii) III 75-3-120

図4 ミゼス応力の進展状況

表2 解析結果

解析モデル	X (mm)	$\sigma_{exp} P_u^{*2}$ (kN)	$\sigma_{ana} P_u$ (kN)	$\sigma_{c} P_u$ (kN)	$\sigma_{exp} \gamma^{*2}$	$\sigma_{ana} \gamma$	破断パターン*2 (実験)	破断パターン (解析)
II 75-3-N	-	220	286	290	0.41	0.74	(a)	(a)
II 75-3L-(-30)	-30	268	313	297	0.65	0.88		
II 75-3L-30	30	-	314	297	-	0.88		
II 75-3-90	90	293	342	338	0.78	1.02	(b)	(b)
II 75-2-N	-	157	223	290	0.10	0.43	ボルト破断	(a)
II 75-2-30	30	255	300	297	0.59	0.81	(a)	
II 75-2L-30	30	260	295	297	0.61	0.79	(a)	
II 75-2-90	90	299	340	338	0.81	1.01	(b)	(b)
III 75-2-N	-	221	216	281	0.39	0.43	ボルト破断	(a)
III 75-3-N	-	279	275	281	0.67	0.73	(a)	
III 75-3-60	60	332	324	308	0.93	0.98*1	(a)	
III 75-3-120	120	345	333	328	0.99	1.03	(b)	(b)
III 75-3-150	150	342	331	328	0.98	1.01	(b)	(b)
III 65-3-N	-	243	229	222	0.67	0.77	(a)	(a)
III 65-3-(-30)	-30	-	240	230	-	0.83		
III 65-3-30	30	255	241	230	0.73	0.84		
III 65-3-60	60	-	257	252	-	0.94*1	(a)	(a)
III 65-3-90	90	-	262	267	-	0.97	(b)	(b)
III 65-3-120	120	282	264	267	0.88	0.98	(b)	(b)

*1 既存ボルトと連結ボルトの破断はほぼ同時

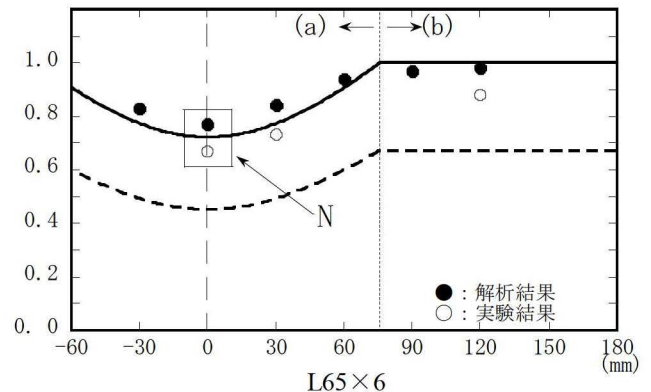
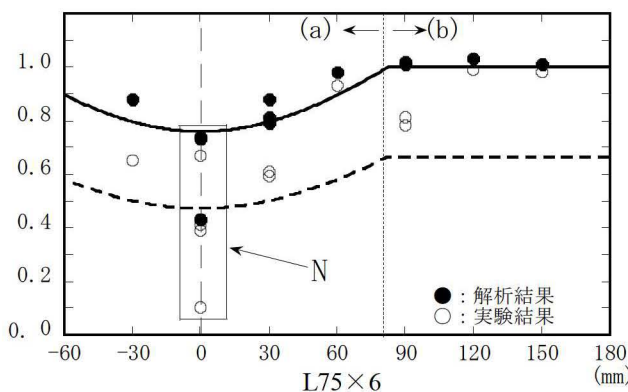


図5 突出脚有効率

*1 元愛知工業大学 学生(現：鴻池組)

*2 愛知工業大学 大学院生

*3 東京工業大学 准教授

*4 元東京工業大学大学院

*5 愛知工業大学 教授

*1 Aichi Institute of Technology(Konoike Construction)

*2 Aichi Institute of Technology

*3 Associate Professor, Tokyo Institute of Technology

*4 Former Graduate Student, Tokyo Institute of Technology

*5 Professor, Aichi Institute of Technology