

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

本報では、本研究で提案している背合わせタイプの補強方法¹⁾について、有限要素法を用いた数値解析により補強効果を検討する。

2. 提案する乾式補強方法

本研究で提案する2種類の補強法と各部の名称の定義及び補強概念を図1に示す。図1に示す背合わせタイプは、文献2)を援用し、既存材の背面にスペーサーを介して補強材を取り付けて2面摩擦とする。背面から補強材に応力を伝達することで既存材の応力負担を低減して耐力上昇を図る。背合わせタイプの補強方法はA方式とB方式の2種類が考えられ、どちらも補強材を介して応力を伝達している。A方式は既存材と補強材の応力を既存ボルトと補強ボルトに分散してガセットプレートに伝達し、ガセットプレートの応力集中を避ける。B方式は既存材に伝達した応力と連結ボルトを通じて補強材に伝達した応力が、再び既存ボルトに流れるため、既存材と補強材の応力を既存ボルトだけでガセットプレートに伝達する。またB方式は既存ボルトを取り外して補強を行うのに対して、A方式は既存ボルトを取り外さなくても補強可能である。ただし、B方式はガセットプレート後方に補強ボルトを追加するためその分材長が長くなる。またA方式の補強材は、面外偏心のないL形鋼と平板を対象としている。

3. 数値解析概要

図2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。すべり発生時の耐力を実験との再現性を高めるため、山形鋼とガセットプレートとの摩擦面はすべり係数を0.45とした。表1に解析で使用した材料データを示す。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。

4. 数値解析結果

図3に解析結果の一例として、載荷実験結果と解析結果のである。図中の点線は載荷実験結果を示し、実線は解

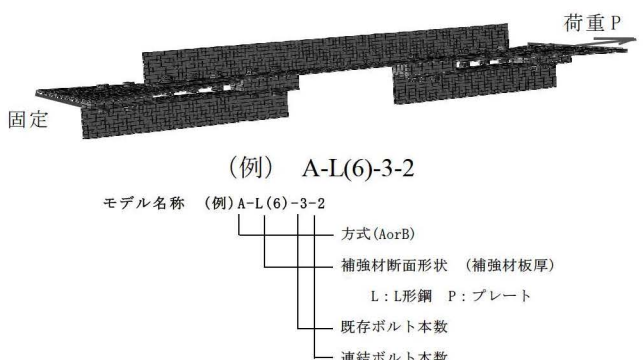
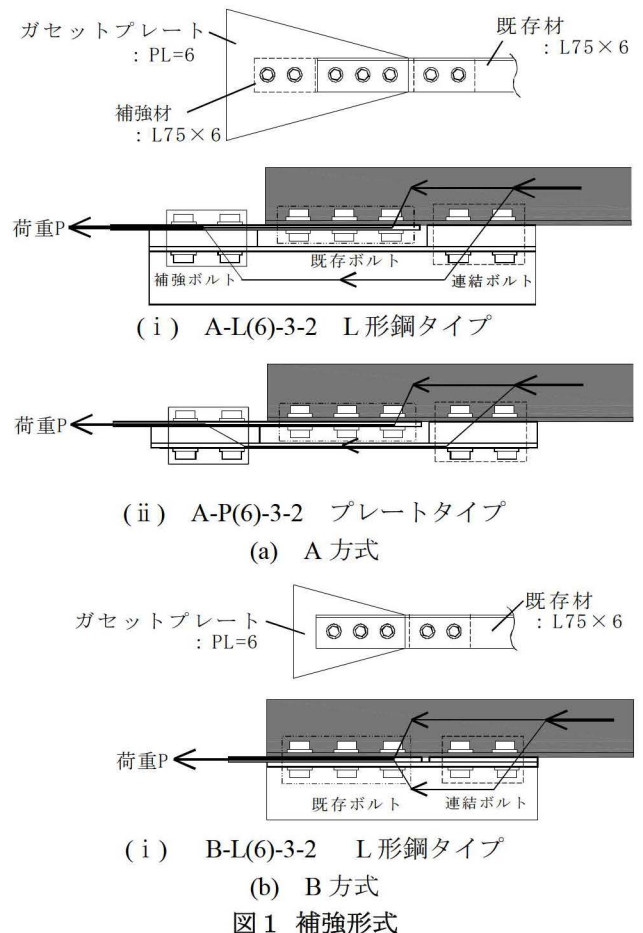


図2 解析モデル

表1 解析で使用した材料データ

	降伏比 [N/mm ²]	引張強さ [N/mm ²]	降伏比 [%]	破断伸び [%]
L75×6	316	440	72	36
PL-6	276	407	68	40

との対応を示す。載荷実験結果は、文献 3) で実施したも析結果を示している。破断箇所は、解析で用いた材料の引張強さに達した箇所をモデルの破断位置とし、その値を破断耐力とした。解析結果と実験結果の荷重変位関係は、良い対応を示している。

表 2 に解析結果と載荷実験を整理したものを示す。山形鋼の突出脚有効比率は、前報その 3(5)式により算出した。第一連結ボルトで破断した解析モデルは有効比率を十分に満たす結果となった。補強することにより、いずれも保有耐力接合を満たす結果となった。B-L(6)-2-3 は、ガセットプレートのはしめけ破断に至り、その最大耐力は既存ボルトの本数分のはしめけ破断耐力と同程度であった。

図 4 に破断耐力時における全ボルトがガセットプレートに与える支圧力（以降：支圧力）と山形鋼がガセットプレート及びスペーサーに生じる摩擦力の分担率を示す。解析では、B-L(6)-3-2 が摩擦力の分担率が若干高いものの、ほぼ各モデルとも支圧力が 80%前後であった。次に各モデルの全ボルトの支圧力を観察する。

図 5 に N-5, A-L(6)-3-2, B-L(6)-3-2 の各ボルトの支圧力の負担率を示す。N-5 では各ボルトの支圧力がほぼ均一で、A-L(6)-3-2 は連結ボルトに比べて既存ボルトの負担率が多く、B-L(6)-3-2 は A-L(6)-3-2 の既存ボルトの負担率を上回る結果となった。B-L(6)-3-2 は、既存材に伝達した応力と連結ボルトを通じて補強材に伝達した応力が再び既存ボルトに加わり、既存ボルト 3 本に集中するため、既存ボルトの支圧力が非常に大きくなる。

図 6 に A 方式で補強材が L 形鋼の板厚が異なる A-L(6)-3-2 と A-L(12)-3-2 の各ボルトの支圧力の負担率を示す。補強材の板厚を増した A-L(12)-3-2 は、A-L(6)-3-2 に比べて、既存材のボルト 3 本の支圧力が低減している。

図 7 に A 方式で補強材の断面形状が異なる A-L(12)-3-2 と A-P(12)-3-2 の各ボルトの支圧力の負担率を示す。A-P(12)-3-2 は、A-L(12)-3-2 よりも既存材のボルト 3 本の支圧力が増加しており、既存材のボルトの支圧力を低くするためには、平板の板厚を増す必要がある。

5. おわりに

本報では、山形鋼筋かいの背面付加による乾式補強方法の補強効果を数値解析により確認した。

参考文献

- 1) 梶間夏美ほか：山形鋼筋かい端接合部に対する乾式補強に関する実験，日本建築学会大会学術講演梗概集，pp.1155-1156，2017.8
- 2) 石井大吾ほか：引張ブレース接合部の火無し耐震補強工法の提案，日本建築学会大会学術講演梗概集，pp.743-744，2016.8
- 3) 梶間夏美ほか：山形鋼筋かい端接合部の背面付加材による乾式補強，日本地震工学会大会論文集，2017.11

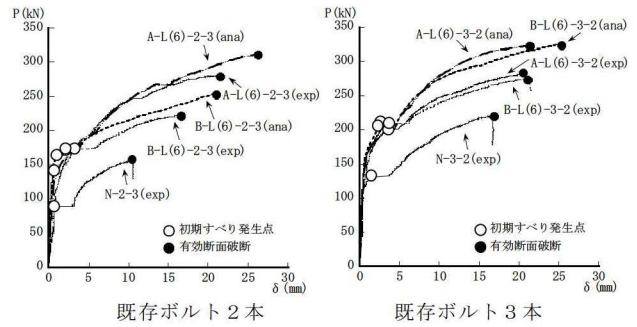


図 3 荷重変位関係

表 2 実験・解析結果

試験体	expPu (kN)	anaPu (kN)	exp γ (-)	ana γ (-)	破断位置
N-2-3	157	222	0.11	0.43	ボルト破壊
A-L(6)-2-3	280	312	0.73	0.90	第一連結ボルト
B-L(6)-2-3	221	255	0.44	0.61	ガセットプレート
N-3-2	225	285	0.41	0.74	第一既存ボルト
A-L(6)-3-2	284	323	0.75	0.95	第一連結ボルト
B-L(6)-3-2	275	326	0.71	0.97	第一連結ボルト
A-P(6)-2-3	—	310	—	0.89	第一連結ボルト
A-P(12)-2-3	—	314	—	0.91	第一連結ボルト
A-P(6)-3-2	—	321	—	0.94	第一連結ボルト
A-P(12)-3-2	—	322	—	0.95	第一連結ボルト
N-5	—	324	—	0.96	第一既存ボルト

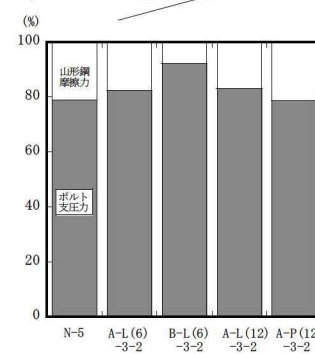
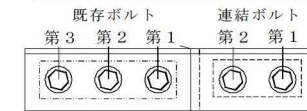


図 4 荷重負担率

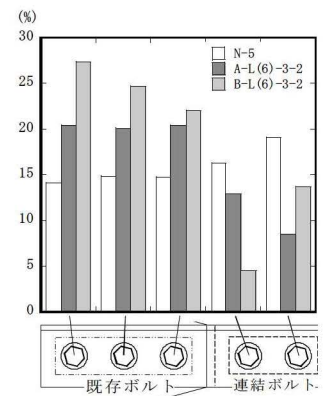


図 5 ボルト支圧力の負担率 (補強形式の違い)

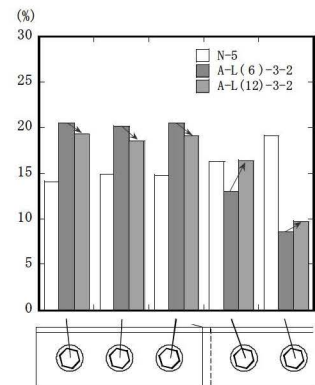


図 6 ボルト支圧力の負担率 (補強材板厚の違い)

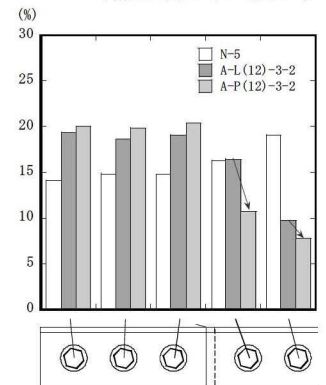


図 7 ボルト支圧力の負担率 (補強部材の違い)

*1 愛知工業大学 大学院生

*2 東京工業大学 准教授・博士 (工学)

*3 愛知工業大学 教授・博士 (工学)

*1 Aichi Institute of Technology

*2 Associate Professor, Tokyo Institute of Technology, Dr.Eng

*3 Professor, Aichi Institute of Technology, Dr.Eng