

ボルト接着継手による RC 桁鋼板接着補強継手部の改善方法に関する検討

(独) 土木研究所 正会員 飯塚 拓英

正会員 村越 潤

正会員 田中 良樹

1. はじめに

鋼板接着補強された RC 桁(撤去部材)の曲げ載荷試験において、損傷の差によらず、同程度の荷重で主桁下面の補強鋼板の接着継手部で剥離が発生し、曲げ耐力の補強効果を失うことが確認された¹⁾。図-1 に、その継手部の模式図を示す。継手部の改善方法として、片側施工の可能な高力ワンサイドボルト(以下、ワンサイドボルト)を使用し、接着性能を向上させる方法が考えられる。

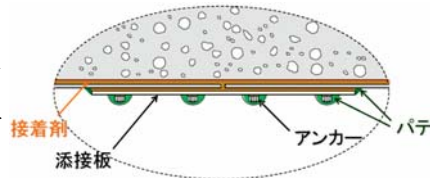


図-1 接着鋼板継手部の模式図

摩擦接合継手におけるワンサイドボルトに関しては、既に、高力ボルトと同等以上の疲労耐久性や繰返し荷重による強度低下がないことが報告されている²⁾が、接着剤と併用した場合における継手の性能は必ずしも明確ではない。そこで、本検討では、接合面にエポキシ樹脂を塗布したボルト継手(ボルト接着継手)の引張試験を行い、補強鋼板継手部にワンサイドボルトを付加したボルト接着継手の適用可能性について検討を行った。

2. 試験方法

(1) 供試体

表-1 に供試体の一覧、図-2 に供試体の形状寸法と使用した鋼材を示す。ボルト種別、エポキシ樹脂系接着剤(以下、樹脂)の有無をパラメータとし、5 種類各 3 体で計 15 体の

表-1 供試体一覧

供試体 No.	ボルト種別	目標樹脂厚
AN1~3	ボルトなし	2mm
AO1~3	ワンサイドボルト	2mm
AH1~3	高力ボルト	2mm
UO1~3	ワンサイドボルト	樹脂なし
UH1~3	高力ボルト	樹脂なし

供試体を用意した。供試体の形状寸法は、前述した曲げ載荷試験の RC 桁鋼板接着補強継手部の形状を基に決定し、片面接合継手で、母材、添接板とも腐食していない平滑材とした。母材及び添接板の降伏点は、それぞれ 430MPa、420MPa であった。樹脂は、パテにも用いられるもので、引張せん断接着強度(JIS K6850)は 17.0MPa (20℃, 7 日養生, 規格値 11.0MPa 以上) であった。母材と添接板の間に、部材幅 225mm のうち両側から 2mm の範囲に目標樹脂厚と同じ厚さ 2mm のアルミ板を挟むことにより、所要の樹脂厚を確保した。1 日養生後(推奨養生時間は 5℃で 24 時間)、アルミ板を取り外し、高力

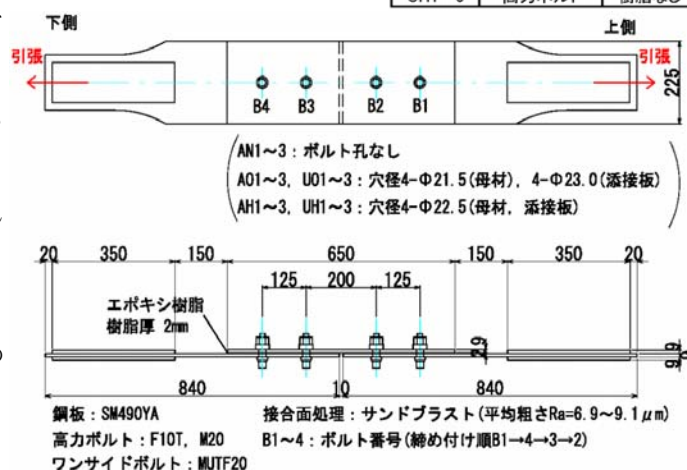


図-2 供試体の形状寸法と載荷方法

ボルトはレンチ、ワンサイドボルトは専用のシャーレンチを用いてボルト軸力を導入した。高力ボルトは、設計軸力 165kN を目標導入軸力とした。ワンサイドボルトの導入軸力は、ピンテールの切断によって決まるため、特に定めなかった。(設計軸力はカタログ値で 131kN, F8T 相当)。軸力導入後から引張試験実施までの約 7 日間、ボルト軸力の経時変化を測定した。ボルト軸力の実測値について、高力ボルトは、個々のボルトにおける事前に校正した軸力とボルト頭部の実測ひずみの比例関係から、ワンサイドボルトは、試験で使用しない予備ボルト 12 本を用いて、軸力計への締め付け時の軸力とボルト頭部を形成する軸端部の実測ひずみの比例関係から算定した。なお、一旦締め付け後は再締め付けを行わなかった。

(2) 引張試験

静的引張試験の載荷方法は、図-2 に示した。ボルト軸力の経時変化の測定後、油圧式引張・圧縮試験機(能力 2000kN)により、継手の接着破壊またはすべりを確認するまで単調載荷した。供試体 AN, AO 及び AH は、接着剤キーワード 鋼板接着補強, ボルト接着継手, ワンサイドボルト, エポキシ樹脂, 引張試験

連絡先 〒305-8516 茨城県つくば市南原 1-6 (独) 土木研究所 構造物メンテナンス研究センター
T E L 029-879-6773 F A X 029-879-6739

の破壊音、母材と当て板の剥離、供試体側面の罫書き線のずれにより、供試体 UO, UH は、すべり音、供試体側面の罫書き線のずれにより確認した。

3. 試験結果

(1) ボルトの軸力低下

表-2 に、ボルト軸力の経時変化を示す。表-2 に示すボルト軸力は、同種類の供試体 3 体、計 12 本のボルト軸力実測値の平均値とした。接合面に樹脂を塗布した供試体 AO, AH は、1 日目までの軸力低下が著しく、その後の低下は軽微であった。供試体 AH の高力ボルトの軸力低下は、ワンサイドボルトより大きくなる傾向となった。これは、導入軸力の違いにより、樹脂のクリープ変形量の差が生じたことによると考えられる。なお、樹脂のない供試体 UO, UH は、ともにボルト軸力の低下がほとんど見られなかった。

(2) 破壊形態と最大荷重

接合面に樹脂を塗布した供試体 AU, AO, AH は、いずれも樹脂が部分的にひび割れた後に、全面剥離が発生した。表-3 に、各供試体の剥離破壊荷重またはすべりによる最大荷重を示す。供試体 AN では、母材と添接板の全面剥離時の荷重を、供試体 AO, AH, UO 及び UH では、ボルト支圧による負担分を除く最大荷重を示した。表中の樹脂厚は、引張試験直前の実測値(ノギスによる)を示した。供試体 AN の最大荷重は、100kN 程度であったが、ボルトを併用することで、供試体 AO, AH とも約 3 倍の 300kN 程度まで耐力が向上した。これは、ボルトの締付けにより接着剤のせん断強度が高められたことが考えられる。なお、供試体 UO, UH の最大荷重の平均値は、それぞれ 205kN、約 296kN であった。

(3) せん断強度と支圧応力度の関係

図-3 に、各供試体のせん断強度 $v_u(=P_u/A_c, A_c$: 接合面積) と試験前ボルト軸力による接合面の支圧応力度 σ_n の関係を示す。図中の実線は、応力集中の影響を考慮して添接板のボルト孔周りで降伏が始まる荷重から算出したせん断強度(4.0MPa)を示す。樹脂のみの供試体 AN のせん断強度は 1.4~1.5MPa に対して、ボルトを併用した供試体 AO, AH は両方とも、ボルト軸力の大小に関係なく、平均せん断強度が 4.3MPa となった。その理由としては、鋼材

の降伏が接着剤のせん断破壊に影響した可能性がある³⁾。

図中の破線は、供試体 UO, UH における回帰式を示す。それぞれのすべり係数 $\mu(=P_u/\Sigma N_i, \Sigma N_i$: 破壊側試験前ボルト軸力の合計)の平均値が 0.86, 0.87 でほぼ等しいことから、軸端部のひずみ計測によるワンサイドボルトの軸力測定は概ね妥当であったと考えられる。

また、前述した RC 桁曲げ載荷試験による補強鋼板継手部のせん断強度は 2.5~3.2MPa¹⁾で、同じ接着継手の供試体 AN のせん断強度を上回っていた。これらの差は、接着剤の強度差による影響のほか、AN の引張試験に比べてコンクリートの拘束により偏心が抑えられたことによる影響があった可能性が考えられる。

4. まとめ

樹脂のみの供試体の最大荷重は 100kN 程度であったが、ボルトを併用することで約 3 倍の 300kN 程度まで耐力が向上した。鋼板接着補強継手部にワンサイドボルトを適切に付加することによって、その継手強度を向上させることができると考えられる。

【参考文献】1) 吉田, 村越, 木村, 田中: 劣化した鋼板接着補強 RC 桁の耐荷力試験, 土木学会第 66 回年次学術講演会, 2011.9. 2) 鈴木, 川辺, 藤永, 中島: 高力ワンサイドボルト摩擦接合継手の基礎的特性, 鋼構造年次論文報告集第 15 巻, pp401-408, 2007.11. 3) Albrecht, P. and Sahli, A.H., Static strength of bolted and adhesively bonded joints for steel structures, Adhesively Bonded Joints-Testing, Analysis and Design-, ASTM STP981, pp229-251, 1988.

表-2 ボルト軸力の経時変化

供試体 No.	導入軸力 ^{※1} (kN)	経過時間		
		1時間後	1日後	7日後
AO	117	110	109	109
AH	170	152	147	146
UO	122	122	121	121 ^{※2}
UH	172	172	171	171

※1: 4本目のボルトを締め付けた直後に測定。 ※2: 6日後

表-3 最大荷重

供試体 No.	実測樹脂厚 (mm)	試験前軸力 (kN)	最大荷重 ^{※1} Pu (kN)	平均最大荷重 ^{※2} Pu (kN)
AN1	2.2	—	108	104
AN2	2.2	—	96 ^{※3}	
AN3	2.4	—	109	
AO1	2.3	103	295	302
AO2	2.4	111	320	
AO3	2.6	127	290 ^{※4}	
AH1	2.5	150	284	303
AH2	2.5	138	294	
AH3	2.3	145	331	
UO1	—	121	215	205
UO2	—	112	211	
UO3	—	125	190	
UH1	—	170	300	296
UH2	—	170	295	
UH3	—	170	294	

※1 破壊側平均ボルト軸力
※2 最大荷重は、ボルトの支圧による負担分を除く。
※3 試験機セット中に母材片側と添接板が完全に分離したため、再接着した。
※4 接着剤塗布約1日後に母材片側と添接板が完全に分離したため、再接着した。

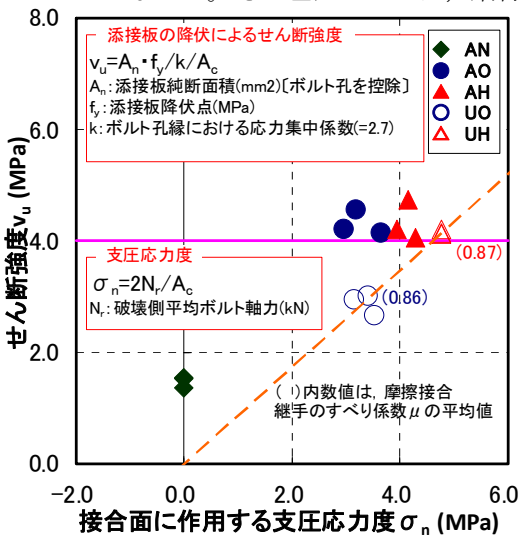


図-3 継手のせん断強度 v_u とボルトの締付けによる支圧応力度 σ_n の関係