

鋼構造物用エポキシ樹脂系接着剤の促進耐久性評価

コニシ(株) 正会員 ○浅野 博行
 コニシ(株) 正会員 堀井 久一
 関西大学 正会員 石川 敏之

1. はじめに

近年、経年による腐食損傷した鋼構造物が多数存在しており、補修・補強工事の需要が高まっている。補修・補強方法としては、一般的に溶接や高力ボルトにより腐食部に鋼板をあて板として接合する方法が挙げられる。しかし、鋼板を溶接する方法は、繰り返し応力がかかる場合に亀裂が起きる危険性がある。また、鋼板をボルト接合する方法は、削孔作業が必要であり、狭隘な作業空間の場合には施工が難しい場合がある。このような問題に対し、施工が簡便な方法として鋼板を接着剤で接着する方法（接着接合）が考えられる。この方法では現場で機械器具を要せず、寸法誤差に寛容であり、接着剤全体で応力を伝達するという長所がある。また、接着剤とボルトを併用した補強工法は強度を確保しつつ、ボルトの本数を減すことができる。

接着剤を用いた補修・補強工事は、最長のもので約 50 年経過しているものの、鋼構造物に対する接着ではそこまでの実績がないこと、接着耐久性に関する知見が不足していることなどが広く使用されない原因である。そこで、本研究では、接着剤として鋼構造物用エポキシ樹脂を選定し、10～100 年に相当する促進暴露試験を実施し、接着性の耐久性評価を行うことを目的とする。

2. 試験方法

2. 1 使用材料

試験には、鋼構造物用接着剤として二液型常温硬化のエポキシ樹脂（ガラス転移温度約 75℃）を使用した。

2. 2 試験方法

試験方法は表 1 に示す。

表 1. 接着性評価

試験項目	試験方法
引張せん断接着強さ	JIS K 6850 準拠 (鋼板SS400、鋼板幅25mm×接着長12.5mm、鋼板厚1.6mm)

2. 3 熱劣化促進暴露

試験は 10℃2 倍則をもとに行った。この法則は、プラスチックやゴムなどの有機材料が経年で劣化し、その劣化の進行具合を算出するための経験則である。試験体は 20℃50%RH に 7 日養生後、表 2 に示す 10～100 年に相当する各温度条件で暴露し、熱劣化促進暴露を行った。なお、接着性評価は促進暴露前後に行った。

表 2. 10℃2 倍則より算出される各温度での暴露時間

暴露温度	算定式	暴露時間											
		10年相当		20年相当		30年相当		40年相当		50年相当		100年相当	
60℃	$20^{\circ}\text{C} \times 2^4$	228.125	日	1.250	年	1.875	年	2.500	年	未実施	—	未実施	—
80℃	$20^{\circ}\text{C} \times 2^6$	57.031	日	114.063	日	171.094	日	228.125	日	285.156	日	1.563	年
100℃	$20^{\circ}\text{C} \times 2^8$	14.258	日	28.516	日	42.773	日	57.031	日	71.289	日	142.578	日
120℃	$20^{\circ}\text{C} \times 2^{10}$	3.564	日	7.129	日	10.693	日	14.258	日	17.822	日	35.645	日

2. 4 温水および湿熱劣化促進暴露

接着剤の耐久性能を確認するために水の影響による接着性評価を行った。試験体は 20℃50%RH に 7 日養生し、熱劣化、温水劣化、湿熱劣化促進暴露を実施した。また、湿熱劣化促進暴露は接着剤層厚を約 0.5～1.0mm(平均約 0.75mm)に変えることで、厚みと水の影響による接着性との相関について検証した。条件は表 3 に示す。

3. 試験結果

図 1 に各温度条件で暴露した熱劣化促進暴露の引張せん断接着強さを示す。60, 80℃ に暴露した試験体は強度がやや増加傾向にあり、100, 120℃ はやや減少傾向にあることが確認できた。ガラス転移温度は約 75℃

キーワード 鋼構造, 接着剤, エポキシ樹脂, 耐久性, 促進暴露

連絡先 〒338-0832 さいたま市桜区西堀 5-3-35 TEL : 048-838-6158 FAX : 048-838-6164

であるため、ガラス転移温度付近までは熱によって接着剤の硬化が促進されたことによって強度が上がったと考えられる。一方、100、120℃はガラス転移温度を大きく超えているため、内部の構造及び結合が軟らかくなる方向に変化し強度が下がったと考えられる。ただし、大きな強度の低下は見られなかった。したがって、10℃2倍則に則って試験を行うと、20℃で100年相当暴露した場合においても接着性が担保できる。

図2に温水および湿熱劣化促進暴露の引張せん断接着強さを示す。比較対象とする50℃熱劣化促進暴露は、図1と同様に強度の変化はほとんど見られなかった。一方、温水および湿熱劣化促進暴露を行った試験体は、どちらも強度が減少した。したがって、エポキシ樹脂系接着剤にとって水は劣化因子であると考えられる。また、液体である水よりも気体である水蒸気の方が接着剤内部まで浸透しやすく、劣化を進行させたと思われる。しかし、いずれも強度の減少幅は小さくなっていく傾向にあるため、対数関数によって評価できると考える。図2から、暴露2000日後であっても規格値を下回らないと推測でき、十分な接着性を維持していると考えられる。

図3に接着剤層厚を変えた試験体を湿熱劣化促進暴露した場合の引張せん断接着強さを示す。標準の接着剤層厚として約0.1mmの試験体(JIS K 6850に準拠)を比較対象とした。図3の結果より、接着剤層が厚いほど長期暴露された場合の強度の低下が大きいことが分かった。これは、接着剤層が厚いことによって水蒸気が内部に入りやすく、劣化を進行させたためであると考えられる。しかし、図2と同様に、対数関数で近似でき、平均値では製品規格値(15N/mm²)を下回らないため、十分な性能を有すると考えられる。なお、500時間暴露で1体が15N/mm²を下回っているが、この試験体は1.13mmと特に接着層が厚かったためであると考えられる。

4. まとめ

エポキシ樹脂の熱劣化促進暴露を行ったところ、20℃100年相当の暴露をさせた場合であっても接着性の低下はほとんど見られなかった。一方、温水および湿熱劣化促進暴露を行ったところ、接着性の低下が見られ、水の影響があることが確認できた。しかし、低下傾向にあるもののその傾向は小さく、大きな問題ではないと考えられ、本接着剤は十分な性能を維持していると思われる。

表3. 暴露条件

試験項目	暴露条件	試験体作製条件	暴露条件
熱劣化	50℃	JIS K 6850準拠	30日
温水劣化	50℃温水	JIS K 6850準拠	60日
			90日
湿熱劣化	50℃, 95%RH	JIS K 6850準拠	180日
		接着剤層厚0.5~1.0mm	500日

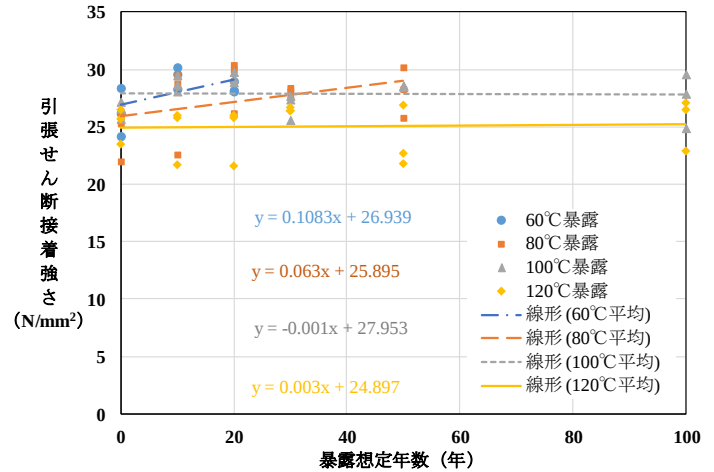


図1. 熱劣化試験(温度と接着性能の関係)

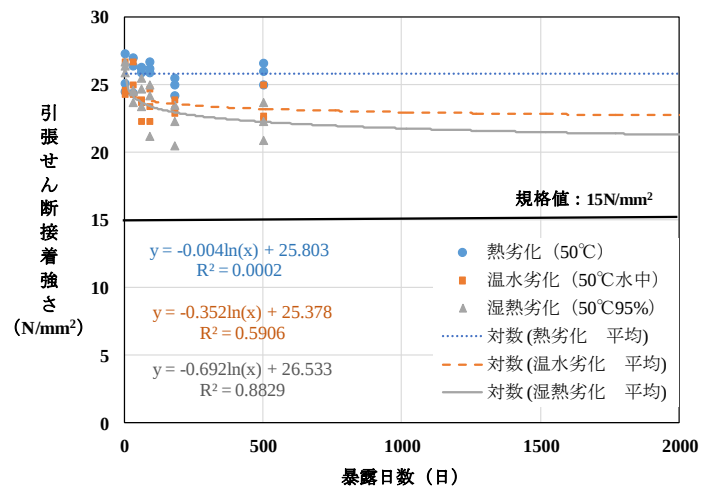


図2. 温水・湿熱劣化試験(水と接着性能の関係)

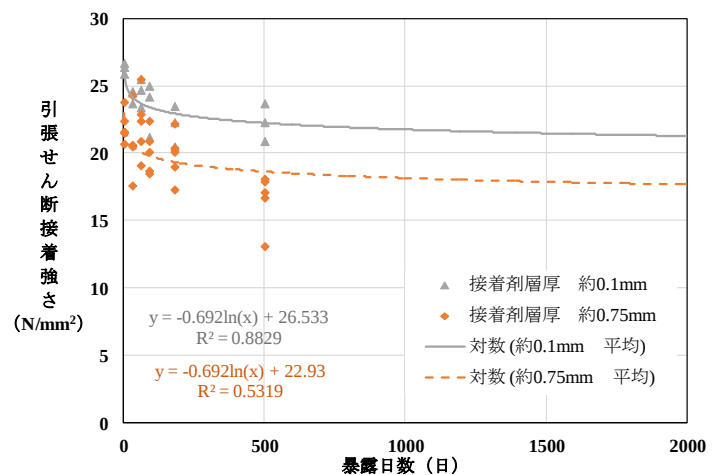


図3. 接着剤層厚の影響(水と接着性能の関係)