

付属資料 4 ポリエステル繊維製補強材およびポリウレタン系接着剤の耐久性

1. はじめに

構造物は、長期に渡って供用されるので、補強材料の長期耐久性と補強効果の長期継続性が要求される。このような観点からベルト状補強材の耐久性について既往の実験結果をとりまとめた。

ポリエステル繊維が各種ベルトなどの産業用途に活発に使われ始めてから既に、30 年以上が経過している。ポリエステル繊維は、既に高架橋の耐震補強材として多く用いられているアラミド繊維に比べて、耐磨耗性、耐屈曲疲労性、耐候性に関して優れる材料であるとされている¹⁾。さらに、本工法では、ベルト状補強材を、有効歪 1 % 以下で設計しており、破断歪に対する安全率は 10 以上ある。経年劣化等による強度低下に対する安全率は、破断歪の 40% 程度を設計歪としているアラミド繊維に比べ 4 倍以上あると言える。以上の考察から、ベルト状補強材を構造物の耐震補強に用いても、アラミド繊維と同様に被覆を行えば、耐久性の観点から問題ないと言える。

2. 耐候性

ポリエステル繊維は、産業用繊維の中で、耐熱性および耐薬品性には若干問題があるものの、耐疲労性、耐候性には優れる材料であると既に評価されている。付属表 4.2.1 に、産業用汎用繊維の相対物性を掲げた²⁾。

付属表 4.2.1 産業用汎用繊維の相対物性

	レーヨン	ナイロン	ポリエステル	ビニロン	アラミド
耐熱性					
耐疲労性					
耐薬品性					
耐候性					

ポリエステルの劣化要因は、紫外線、熱、及び pH 14 以上の強アルカリである。従って、長期耐久性を確保する為には、アラミド繊維工法と同様に、補強材の表面を耐候性に優れた塗料やモルタルなどにより被覆し、上記の劣化要因から遮蔽する等の対策が必要である。所定の被覆が施され且つ適正に保全されていれば、劣化が進行することはないと考えられ、長期に渡り機能を維持できると考えられる。アラミド繊維は、被覆をした場合には、少なくとも 50 年以上の期間強度を維持できると考えられており³⁾、同様に、ポリエステル繊維に関しても 50 年以上の耐久性があると考えられる。

被覆を施工した場合の補強材の耐用年数を判断する根拠として、1970年万国博覧会のイベントの一つである「タイムカプセル EXPO70」を用いる。これは、タイムカプセルに、各種工業製品を貯蔵し、30年後の2000年に開封し、点検、検査を行ったものであるが、項目番号22番 合成繊維として貯蔵されていたポリエステルは、引張強度、表面、断面形態、熱測定などの点において、30年経過後も経年変化は認められなかったことが報告されている⁴⁾。

2.1 暴露試験と促進劣化試験

ベルト状補強材は、高強度ポリエステル繊維を織成した材料である。類似の産業用材料としては、港湾工事や土工事に用いられている土木シートがある。これは、材質、寸法の安定性と耐久性に優れた材料としてすでに定着している。ポリエステル繊維は、軟化温度260度、融点約270度であり、耐火性はない。また、紫外線劣化するので、屋外環境で暴露状態で使用すると強度等が低下する¹⁾。これは、連続繊維補強で用いられているアラミド繊維ならびにエポキシ樹脂とほぼ同等の性質である。

付属表4.2.2には、無被覆のベルト状補強材について、屋外自然暴露試験ならびに促進暴露試験を実施した結果である。3年から8年で強度は50%程度に低下することが分かる。この結果からも屋外で使用する場合には、エステル結合に対する劣化要因である紫外線を遮断する被覆を行う必要があると言える。しかし、SRF工法の設計歪は1%以下であり、破断強度の10分の1程度であるので、40%に強度低下した時点でもさらに安全率は約「4」あると言える。

付属表 4.2.2 無被覆のベルト状補強材の耐候性試験結果

試験名	試験概要	経過時間	強度保持率	設計強度に対する安全率
耐候性試験 自然暴露試験	屋外暴露期間3年	3年	引張強度59%	5.9
促進暴露試験	JIS A 1415 に準拠 照度 100mw/cm ³	64時間 (約8年間相当)	引張強度43%	4.3

注) 表中の強度保持率は、(耐久試験後に測定した強度/耐久試験前に測定した強度)を百分率で表示したものである。

3. 耐アルカリ性

ベルト状補強材の耐アルカリ性を把握するために、シート状のポリエステル繊維シート(幅30mm長さ150mm暑さ0.9mm)をアルカリ溶液中に浸漬し引張強度試験を実施した試験方法と結果を付属表

4.3.1 に示す。ポリエステル繊維は極強アルカリに溶解する性質があるが、pH13 までのアルカリであれば、問題ないと言える。モルタルは硬化までにアルカリ性となるが、pH13 以下であり、モルタルを直接塗布する仕上げを行ってよいと言える。

付属表 4.3.1 無被覆のベルト状補強材の耐アルカリ性等試験結果

試験名	試験概要	経過時間	強度保持率	設計強度に対する安全率
アルカリ浸漬試験	水酸化ナトリウム溶液 (pH12) に 30 日間浸漬	30 日	引張強度 97%	9.7
アルカリ浸漬試験	水酸化ナトリウム溶液 (pH13) に 30 日間浸漬	30 日	引張強度 97%	9.7

注) 表中の強度保持率は、(耐久試験後に測定した強度 / 耐久試験前に測定した強度) を百分率で表示したものである。

4. 耐水性

ベルト状補強材の耐水性および耐酸性を把握するために、シート状のポリエステル繊維シート (幅 30mm 長さ 150mm 厚さ 0.9mm) を温水ならびに強酸溶液中に浸漬し引張強度試験を実施した試験方法と結果を付属表 4.4.1 に示す。耐水性と耐酸性は、問題ないと言える。ただし、長期に渡り温水や強酸に接しないように屋外環境では被覆と防水が必要であると言える。

付属表 4.4.1 無被覆のベルト状補強材の耐水性、耐酸性試験結果

試験名	試験概要	経過時間	強度保持率	設計強度に対する安全率
耐水性試験 温水浸漬試験	80 の温水に 30 日間浸漬	30 日	引張強度 95%	9.5
耐薬品性試験 酸浸漬試験	硫酸水溶液 (pH2) に 30 日間浸漬	30 日	引張強度 87%	8.7

注) 表中の強度保持率は、(耐久試験後に測定した強度 / 耐久試験前に測定した強度) を百分率で表示したものである。

5 . ポリウレタン系接着剤の耐久性

ポリエステル繊維を用いた SRF 工法に用いる接着剤 (SRF20) は、一液性ウレタン系接着剤で溶剤を用いないタイプである。同種類の溶剤タイプ接着剤 (以下接着剤 A と呼ぶ) は、フリーアクセス (OA フロア) 支持脚接着用の構造用接着剤として既に 20 年以上の使用実績がある。付属表 4.5.1 に、接着剤 A の、室温 25℃、湿度 60% での 10 年間の接着強度の経年劣化試験結果を掲げた。これによると 10 年間で経年劣化はないと言える。付属表 4.5.2 に示した SRF20 について実施した耐水生、耐薬品性等の試験結果からも、接着強度の低下は認められていない。屋外暴露 10 年に相当するメタリングウェザーメーター照射試験で、70% の強度に低下するとの結果があるが、仕上げ、被覆を行って紫外線を遮断すれば、劣化を防止できると考えられる。また、付属表 4.5.2 で耐アルカリ性が確認されており、モルタル被覆も可能である。以上より、被覆を行った場合には、経年劣化は問題ないと考えられる。

付属表 4.5.1 接着剤 A の接着強度の経年変化

経過時間	強度保持率 (%)	経過時間	強度保持率 (%)
4 週間	100.0	5 年	99.5
半年	99.0	6 年	99.3
1 年	100.0	7 年	99.7
2 年	96.1	8 年	99.2
3 年	100.3	9 年	99.3
4 年	99.2	10 年	99.2

注) 強度保持率は、4 週間強度を 100% として、4 週間強度に対する百分率で表示した。接着強さは JIS K-6850 に準拠し、A 社製類似接着剤にて下記の被着体を接着し、接着強度の経年変化を測定。

被着体 石綿スレート板 (厚さ 8mm)

鋼板 (SS 400, 厚さ 1.6mm)

養生条件: 室温 25℃、湿度 60%

付属表 4.5.2 接着剤の耐候性、耐水生、耐薬品性試験結果

試験名	試験概要	試験体 総数	経過時間	強度保持率
*シートとシートの接着				
耐候性試験	メタリングウェザーメ ーターM6T	12	200h (10年相当)	接着強度 90%
耐水性試験 温水浸漬試験	70℃の温水に 30日間浸漬	21	30日	接着強度 109%
耐薬品性試験 酸浸漬試験	硫酸水溶液(pH2)に 30日間浸漬	21	30日	接着強度 111%
アルカリ浸漬試験	水酸化ナトリウム溶液 (pH12)に30日間浸漬	21	30日	接着強度 133%
*シートとスレート板				
耐候性試験	メタリングウェザーメ ーターM6T	12	200h (10年相当)	接着強度 70%
耐薬品性試験 アルカリ浸漬試験	水酸化ナトリウム溶液 (pH12)に30日間浸漬	21	30日	接着強度 121%

注) 表中の強度保持率は、(耐久試験後に測定した強度 / 耐久試験前に測定した強度) を百分率で表示したものである。

文献

- 1) (社) 繊維学会：産業用繊維材料ハンドブック、pp128、1994年
- 2) 1)に同じ pp49
- 3) (財) 鉄道総合技術研究所：アラミド繊維シートによる鉄道高架橋柱の耐震補強工法設計・施工指針、pp81.、平成8年11月
- 4) 松下電器産業(株)、毎日新聞社：「タイムカプセル EXPO70」の開封・点検・再埋設について(最終報告)、2000年11月15日(文部省の委託により実施)