

ASRにより劣化したコンクリート構造物に対するFRPシートによる剥落防止対策について

金沢大学 学生会員 竹山 佳雅 学生会員 山梨 竜揮 金沢大学 正会員 久保 善司
 金沢大学 正会員 鳥居 和之（財）日本塗料検査協会 正会員 山田 卓司

1. はじめに

アルカリシリカ反応（以下、ASRと略す）により劣化したコンクリート構造物に対する補修・補強を含めた維持管理手法の確立が極めて重要となっている。一方、第三者影響が大きいコンクリート構造物に対する剥落防止対策の確立は急務とされている。そこで、ASRにより劣化した構造物の剥離・剥落防止対策としてFRPシート貼付けの適用性について検討することとした。

2. 実験概要

反応性骨材を用いたコンクリート角柱供試体（4 × 4 × 16cm）を用意し、上下面にFRPシートを貼付けた。FRPシートの機械的性質は、剥離・剥落防止効果に影響を与えるものと予想されるため、機械的性質の異なる6種類のFRPシートを用意した（使用繊維：炭素、アミド、ポリイソ、およびポリアラフェレン・ポビスチレン繊維（PBO））。FRPシートの機械的性質を表1に示す。打設・養生終了後、シート貼付けを行い、40・100%R.H.の促進環境下に暴露し、暴露後の膨張挙動の測定を行った。さらに、劣化初期（膨張量500～1000μ程度）、および比較のため養生直後において、見かけの剥離強さ試験（日本塗料検査協会（案））¹⁾および蛍光顕微鏡による界面観察を行った。

3. 結果および考察

(1) 膨張抑制効果 最大の暴露期間（暴露162日後）までのFRPシートが膨張抑制効果に与える影響を図1に示す。弾性係数の大きい炭素繊維およびアミド繊維のものは、暴露36日以降、膨張がほぼ停止した。これに対して、弾性係数の小さいポリイソ繊維のものは膨張が継続した。弾性係数の小さいポリイソ繊維のものは、膨張に対する追従性をもつものと考えられる。一方、PBO繊維のものは弾性係数が大きいにもかかわらず、膨張が継続した。ASR膨張に伴って界面性状が変化し、付着が低下した可能性が考えられる。しかし、最終的な膨張量は炭素繊維およびアミド繊維のものと同程度であった。単位幅当りのFRPシートの引張剛性（弾性係数に厚さを乗じたもの）が膨張抑制効果に与える影響を図2に示す。高弾性タイプの炭素繊維のものを除いて、引張剛性が大きいものほど、膨張は小さくなった。弾性係数および引張剛性の大きい高弾性タイプの炭素繊維シートのものには大きな膨張抑制効果が

表1 FRPシートの機械的性質

FRPシート	炭素繊維		アラミド繊維	ポリエチレン繊維		PBO繊維
	高強度	高弾性		一方向	二方向	
引張強度 ^{*1}	4201	2819	3140	1850	1750	4410
弾性係数(kN/mm ²)	250	445	178	70.0	25.0	265
破断伸度(%)	1.5	0.7	1.8	2.7	6.5	2.0
設計厚さ(mm)	0.167	0.163	0.193	0.258	0.195	0.128
目付け量(g/m ²)	300	300	280	250	189	200
引張剛性(kN/mm) ^{*2}	41.8	72.5	34.4	18.1	4.9	33.9

*1試験値，*2弾性係数に設計厚さを乗じたもの

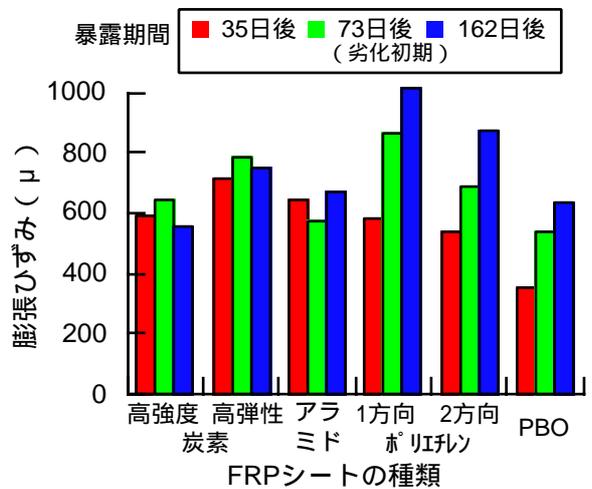


図1 FRPシートが膨張抑制効果に与える影響

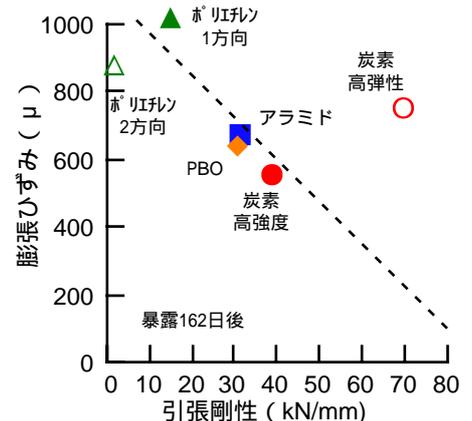


図2 FRPシートの引張剛性が膨張抑制効果に与える影響

期待されたものの、アラミドおよびPBO繊維のものと同程度の膨張量となった。高弾性タイプの炭素繊維シートは引張剛性が大きいものの、シート界面におけるひび割れ追従性が十分でないため、界面の付着が低下したものと考えられる。

(2) 剥離強さ 見かけの剥離強さ試験により剥離強さを求めた。剥離強さは、供試体からシートを引き剥がす時の仕事量とされている¹⁾ ASR膨張による界面の性状の変化を把握するため、養生直後の剥離強さから劣化初期の剥離強さを引いたものを剥離強さ減少量として求めた。養生直後および劣化初期のもの剥離強さを図3に示す。炭素繊維のものは、試験実施の際の折り曲げによって、つかみ部のシートが破断した。そのため、試験実施が可能であったものを考察の対象とした。すべての繊維において劣化初期の剥離強さは、養生直後より小さくなった。アラミド繊維のものの剥離強さの減少はほとんどなく、界面の付着性能の低下は顕著でないものと考えられる。

ASR膨張が剥離強さに与える影響を図4に示す。シートの種類にかかわらず、膨張量が大きいものほど、剥離強さ減少量は大きくなった。ASR膨張に伴い界面における付着性能が低下したものと考えられる。膨張量が同程度のアラミド、ポリエステル(2方向)およびPBO繊維においては、PBO繊維のものは剥離強さ減少量が大きくなった。他のものより付着性能の低下が大きいものと推察される。これに対して、アラミド繊維のものは、剥離強さ減少量がきわめて小さい。アラミド繊維のものはASR膨張に対する追従性を有し、界面の付着性状が良好に保たれたものと考えられる。

(3) 界面観察 劣化初期においては、ポリエステル繊維のものを除き、FRP層とコンクリートの界面に沿ってひび割れが観察された。弾性係数および引張剛性の小さいポリエステル繊維のものは、膨張に対する拘束力が小さくなるものの、界面に発生する付着応力も小さくなり、界面に沿った顕著なひび割れは生じなかったものと考えられる。これに対して、弾性係数あるいは引張剛性の大きなPBO繊維および高弾性タイプの炭素繊維のものでは、界面に沿ったひび割れが明瞭に認められた(写真1)。引張剛性が同程度であるアラミドとPBO繊維シートにおいて、剥離強さ減少量に違いが現れた原因は、界面のひび割れ性状にあるものと考えられる。PBO繊維のものは膨張による界面の付着性能の低下がアラミド繊維のものよりも顕著であるものと考えられる。

4. まとめ

最大の膨張量は1000 μ 程度であったものの、FRPシートの機械的性質が界面性状に与える影響は顕著であることが明らかとなった。さらに、大きな膨張量での検討が必要であるものの、ASR膨張に対する剥離・剥落防止対策にFRPシートを用いる場合には、大きな引張剛性ととも、界面の付着確保が必要となるものと考えられる。そのためには、繊維あるいはFRP層の剛性に応じて、界面での付着を確保できる樹脂を選択する必要があるものと考えられる。

参考文献

- 1) 縦山好幸ら：コンクリート構造物の塗装系防食材の性能評価手法の提案，コンクリート構造物の補修・補強，アップグレードシンポジウム論文報告集，Vol. 2，pp. 353-360（2002）

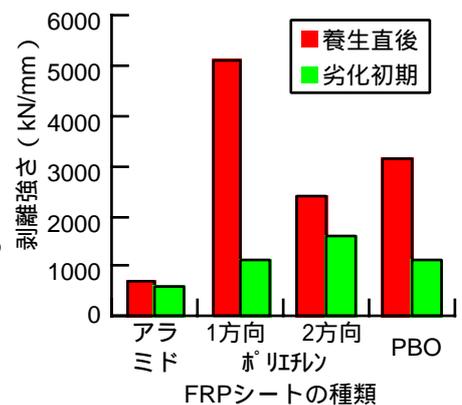


図3 剥離強さ（養生直後，劣化初期）

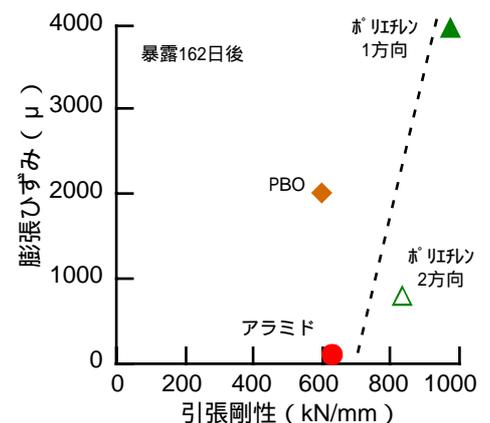


図4 ASR膨張がFRPシートの剥離強さに与える影響

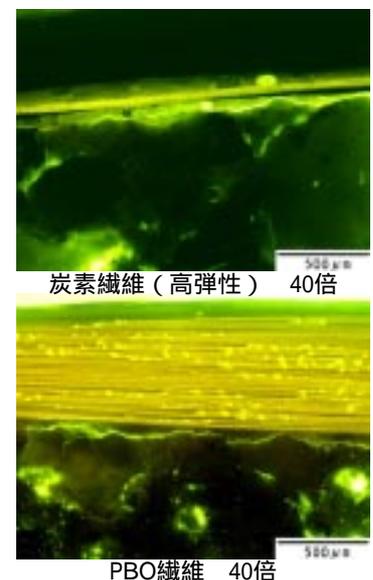


写真1 界面のひび割れ性状