コンクリート壁高欄における既設 FRP 補修の長期性能調査

首都高速道路公団　正会員　○友清　剛
同　上　正会員　岡田　昌澄
同　上　正会員　小島　宏
新構造技術（株）　正会員　松村　英樹

１．目的

首都高速道路公団では，コンクリート片剥落防止対策としてガラスクロスにエポキシ樹脂を含浸させてコンクリート表面に接着させる工法(FRP 補修,表-1)を実施している．この工法は現在，平成 3 年 10 月に制定された基準(以下基準と呼ぶ)に基づき実施されているが，基準の制定以前にも補修が行われ，古いものでは昭和 59 年(18 年前)に実施されているものも存在する．このような長期間経過した FRP 補修箇所について調査したものは少なく，今回，層間付着性試験，ガラス繊維引張試験及びコンクリートの中性化深さ測定を実施し，長期的な性能について評価した．その結果より，18 年経過した FRP は現段階で剥落防止性能を十分保持していると考えられる．

２．調査概要

（1）調査箇所

表-2 に調査箇所の一覧を示す．コンクリート壁高欄における FRP 補修後の経過年数が 5 年以上 10 年未満，10 年以上 15 年未満, 15 年以上の箇所で計 9 箇所(A～I)を選定し調査を行った. 調査箇所 B においては張出し床版下面, それ以外は壁高欄外側において調査した.

（2）FRP 補修仕様

基準でのガラスクロスの規格は表-3 のとおりであるが, 今回調査した箇所では 2 種類の繊維が使用されていた(表-4)．ここでは単位重量の違いによりそれぞれ 90 ﾀｲﾌﾟ，200 ﾀｲﾌﾟと呼ぶこととする．90 ﾀｲﾌﾟのガラス繊維は現在の基準に適合するタイプのものである.

３．調査方法

（1）外観調査

FRP 補修箇所において目視・叩き点検を行い，FRP の浮き，割れ，はがれ等の損傷状況を調査した.

（2）層間付着性試験

試験は連続繊維シートとコンクリートとの接着試験方法(案)(JSCE-E 545-2000)に準じて実施した．アセトンで清掃した FRP 補修面に 40×40㎜ の鋼製ジグをエポキシ樹脂で接着し，24 時間以上経過した後，鋼製ジグの周囲をコンクリート母材に達するまで切り込みを入れ, 建研式引張試験機(接着剥離試験機：T-A-002)を用いて鋼製ジグを引張り，3 体の試験結果の平均値をコンクリート面と FRP の付着強度とした.

（3）繊維引張試験

試験は 90 ﾀｲﾌﾟの繊維で行った．層間付着性試験において

表-1 FRP 補修仕様

工程	材料	使用量 (kg/ ㎡)	膜厚 (μ)
①	ｴﾎﾟｷｼ樹脂ﾌﾟﾗｲﾏｰ	0.10	－
②	ｴﾎﾟｷｼ樹脂ﾊﾟﾃ	0.40	－
③	ｴﾎﾟｷｼ樹脂系含浸接着剤	0.30	450 以上
④	ｶﾞﾗｽｸﾛｽ	0.10	
⑤	ｴﾎﾟｷｼ樹脂系含浸接着剤	0.20	
⑥	ﾎﾟﾘｳﾚﾀﾝ樹脂塗料中塗	0.12	60 以上
⑦	ﾎﾟﾘｳﾚﾀﾝ樹脂塗料上塗	0.12	

表-2　調査箇所一覧

調査地点	箇所数（補修経過年数）			繊維種類
	5 年以上 10 年未満	10 年以上 15 年未満	15 年以上	
①	－	A,B(10 年)	－	90 ﾀｲﾌﾟ
②	－	－	C(15 年)	
			D,E(18 年)	200 ﾀｲﾌﾟ
③	H,I(9 年)	－	F,G(17 年)	90 ﾀｲﾌﾟ
計	2 箇所	2 箇所	5 箇所	計 9 箇所

表-3 ガラスクロスの規格

厚さ (㎜)	幅 (㎜)	密度(本/25㎜)		引張強度(N/25㎜)		重量 (g/㎡)
		縦糸	横糸	縦糸	横糸	
0.20+0.02	1000+10	16×2+1	16+1	333 以上	588 以上	93+6

表-4　ガラス繊維の種類

繊維種類	重量(g/㎡)	織り方
90 ﾀｲﾌﾟ	90	絡み織り
200 ﾀｲﾌﾟ	200	平織り

キーワード　FRP，剥落防止，ガラス繊維，付着強度，引張強度
連絡先　〒100-8930　東京都千代田区霞ヶ関１－４－１　首都高速道路公団保全施設部保全技術課　ＴＥＬ03-3539-9487

採取した鋼製ジグに付着している FPR を溶剤(ﾃﾄﾗﾋﾄﾞﾛﾌﾗﾝ，THF)に浸し，エポキシ樹脂を一部溶解させ，ガラス繊維の横糸を取り出した．取出した１本(9mμの太さの単繊維を 200 本，収束材で束ねたもの)の繊維に対して，ガラス繊維一般試験方法(JIS R 3420)に準じて引張試験を実施した．ただし，採取試料の大きさの制約上，供試体は図-1 に示すとおりチャック間を 20mm とし，引張速度を 20mm/min とした．引張強度は５本の引張試験結果の平均値とした．また，比較のため新品の繊維を使用した FRP から採取した繊維でも同様に引張試験を行った．

（4）中性化深さ測定

調査箇所 D,E,H において，ドリル削孔粉を用いたコンクリート構造物の中性化試験方法(NDIS 3419)に準じて中性化深さの測定を行った．中性化深さは 1 調査箇所あたり 3 点の測定結果の平均値とした．また，補修箇所とほぼ同環境と考えられる近傍の未補修部においても測定した．

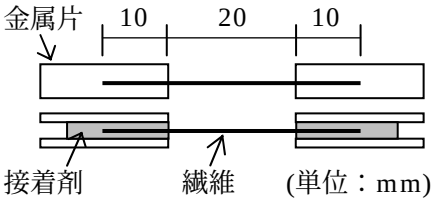

図-1　引張試験供試体

４．調査結果

（1）外観調査結果

FRP の浮き，塗膜の割れ，はがれが認められたが，耐久性が著しく低下していると考えられる箇所はなかった．

（2）層間付着性試験結果

基準では層間付着強度を 1.5N/mm^2 以上と規定している．今回調査した箇所はすべて基準値を満足していた(図-2)．また，経年変化による付着力の低下傾向も見られなかった．

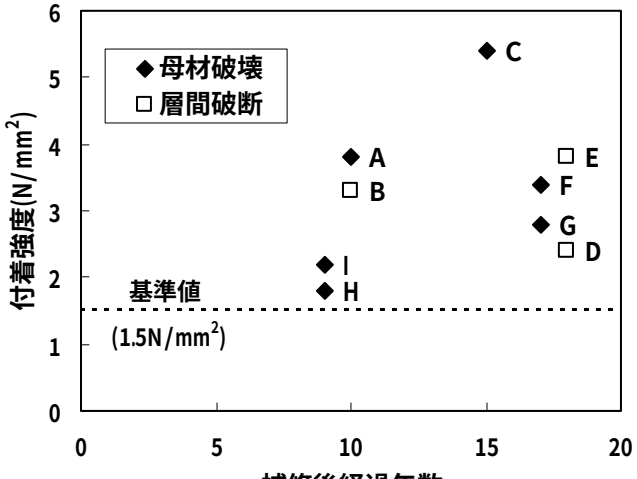

図-2 層間付着試験結果

（3）繊維引張試験結果

補修後の経過年が大きいほど，引張強度が小さい結果となった(図-3)．基準では繊維の引張強度を 588N/25mm 以上(16 本/25mm)と規定している．供試体の大きさの関係から 1 本当たりの強度(36.7N/本)と比較したが，15 年以上の繊維は基準を若干下回っていた．ただし，繊維に関する JIS R 3413 は平成 2 年に規格値が改正されており，規格値から算出した 1 本当りの引張強度は改正前後でそれぞれ 19.6N/本，26.3N/本である．したがって，15 年以上経過した繊維は改正前の規格で製作されており，低い引張強度を示しているものと考えられる．

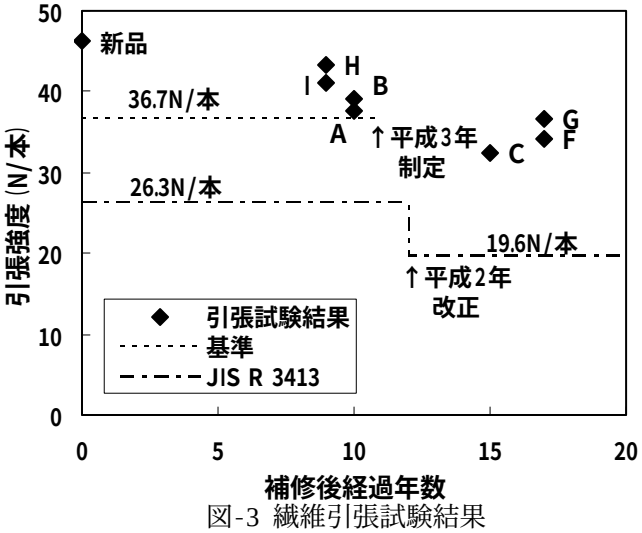

図-3 繊維引張試験結果

（4）中性化深さ測定結果

図-4 に中性化深さ測定結果と経過年(コンクリート施工から補修までの期間)を示した．FRP 補修部の中性化深さは未補修部よりも小さく，FRP 補修を施工することにより，中性化の進行を抑制されていると考えられる．

５．まとめ

本調査の結果，１）FRP 補修箇所に大きな変状はみられなかった．２）付着強度は基準を満足しており，経年的な低下は見られなかった．３）ガラス繊維自体には経年的な強度低下はほとんどなく，十分な強度を有している．４）FRP 補修により中性化の抑制効果がある，ことがわかった．

以上より，最大 18 年経過した FRP 補修は，現段階で剥落防止の性能を十分満足していると考えられる．

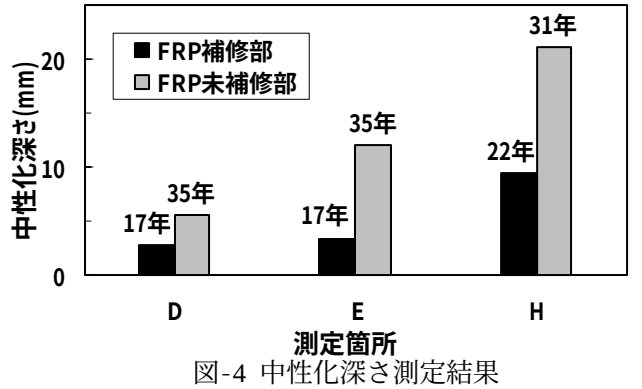

図-4 中性化深さ測定結果