

吹き付け補修した SHCC の曲げひび割れ発生時の鉄筋防食性能

破壊診断工学研究室 服部祐介

1. 研究背景と目的

近年、複数微細ひび割れ型繊維補強セメント複合材料（以下 SHCC）は、鉄筋腐食が生じたコンクリート構造物の補修材として適用され始めている。SHCC とは、引張あるいは曲げ応力下において、初期ひび割れ発生後、ひずみの増加に伴い応力が増加する疑似ひずみ硬化特性と、複数の微細なひび割れが分散して発生するという特性を示す材料である。本研究では、繊維種類を 2 種類、W/C の異なるものを 2 種類、吹き付け施工方法の違いで 2 種類と計 8 種類の積層型の梁供試体を対象に乾湿繰り返しを行い、塩分浸透抵抗性と鉄筋防食性能を評価し、SHCC の補修材としての性能を明らかにすることを本研究の目的とする。

2. 実験概要

2.1 供試体概要

供試体形状、寸法を図-1 に、SHCC の配合表を表-1 に示す。普通コンクリートを 70mm 打設し、遅延剤により打設表面の硬化を防いだ後、SHCC を 30mm 吹き付け施工にて打設した。この際、D10 鉄筋のかぶりが 15mm となるように配筋した。SHCC の打設面を地面に対して垂直の鉛直面吹付けと地面に対して水平の水平面吹付けとすることで施工方法の違いとした。前述した 8 種類の供試体について、劣化期間をそれぞれ 3 期間とするために 24 体の供試体を作製したのに加えて、曲げ載荷試験用に各配合 1 体ずつの合計 28 体の供試体を作製し、吹き付け施工翌日に脱型、20℃の養生室で湿布養生を行った。

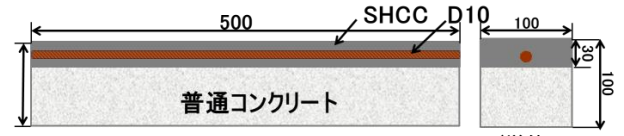


図-1 供試体概要、寸法 (単位：mm)

2.2 実験手順

供試体養生後、載荷スパン 400mm の一点集中曲げ載荷にて変位が 1mm に達するまで載荷し、ひび割れ導入を行った。除荷後、コアドリルで削孔を行い、削孔穴にボルトを通し I 型鋼に設置し、ナットを締めることにより、供試体中央部に再度 1mm の変位を与えた。その後、マイクروسコープでひび割れ性状を確認した。その後、供試体上に貯水槽を設置し、20℃の恒温室で貯水槽の中に濃度 3% の NaCl 溶液を 3 日間溜め、溶液を抜いて 4 日間乾燥させる乾湿繰り返しを行った（写真-1）。この工程を一定期間繰り返した供試体を 150+200+150mm にコンクリートカッターで切断し、鉄筋に平行に割裂した。塩分浸透抵抗性の評価として、硝酸銀水溶液噴霧による塩分浸透深さを、ドリルにて採取した削孔粉の塩分量を測定した。鉄筋防食性能の評価として、鉄筋の腐食面積率と質量減少率を算出した。



写真-1 乾湿繰り返し供試体

表-1 SHCC 配合

名称	W/C	単位質量 (kg/m ³)									
		水	セメント	石灰石微粉末	6号珪砂	7号珪砂	増粘剤	減水剤 ホリカルボン酸系	減水剤 リグニルスルホン酸系	PE繊維	PVA繊維
PE-0	0.30	378	1260	0	208	208	0.25	1.26	2.10	12.1	0
PE-25	0.40	378	945	315	189	189	0.25	0.99	2.05	12.1	0
PVA-0	0.30	378	1260	0	208	208	0.25	1.00	2.10	0.0	26
PVA-25	0.40	378	945	315	189	189	0.25	0.66	2.05	0.0	26

3. 塩分浸透抵抗性

すべての供試体で塩分は曲げひび割れを通じて供試体最下部まで到達していた。図-2より、浸漬期間2ヶ月の時点で塩分が最も深くまで浸透した位置ではPE繊維を用いた配合の方がPVA繊維を用いた配合より塩分量が少なくなるという結果となった。また、塩分量とひび割れ性状の関係については、図-3に示すようにひび割れ本数が塩分量に与える影響が最も大きいという結果を得た。SHCCの特徴である複数微細ひび割れが発生したことにより、ひび割れが分散され、複数ヶ所から塩分が浸透したことで、特定の位置に塩分量が集中することがなかったためと考えられる。さらに、本研究では1点集中曲げ载荷によりひび割れ導入を行ったため、ひび割れが斜めに発生しており、供試体内部でひび割れが分岐、集中するなどしている。塩分量には内部のひび割れ性状が密接に関係していると考えられる。

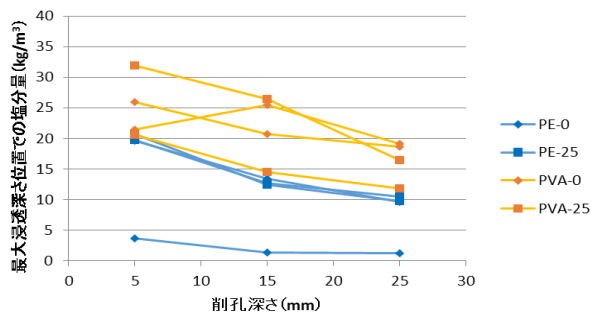


図-2 浸漬期間2ヶ月における塩分量

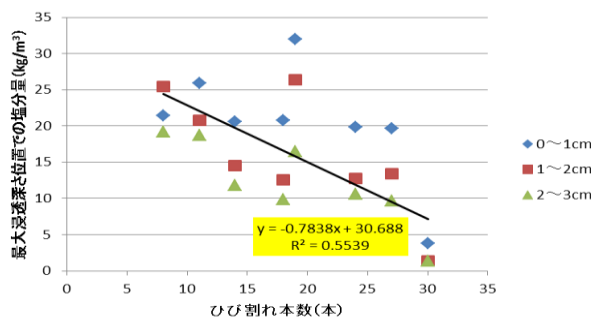


図-3 浸漬期間2ヶ月のひび割れ性状との関係

4. 鉄筋防食性能

表-2に、鉄筋腐食面積率の結果を示す。浸漬期間4ヶ月では、水平面吹付けの供試体の腐食面積率が大きくなった。これは鉛直面吹付けでは地面に対して打設面が垂直なので繊維がひび割れに対して直角に配向された可能性があると考えられる。また、施工の際、鉛直面吹付けでは空気を

巻き込みにくく、より密な構造になったのではないかと考えられる。表-3には鉄筋腐食による質量減少率の結果を示す。多少ではあるが水平面吹付けの方が大きな値を示している。水平面吹付けでは浸漬期間が長くなると腐食面積率が増加しているにも関わらず、質量減少率には明確な差は見られない。これは、浸漬期間が長くなることによって鉄筋表面が薄く腐食が進んだと考えられる。

表-2 腐食面積率結果

2ヶ月	腐食面積 (cm ²)	腐食面積率 (%)	4ヶ月	腐食面積 (cm ²)	腐食面積率 (%)
PE-0.V	4.7	7.54	PE-0.V	4.4	7.42
PE-0.H	2.3	3.76	PE-0.H	6	10.25
PE-25.V	4.2	6.92	PE-25.V	5.8	10.06
PE-25.H	3.6	5.90	PE-25.H	9.2	15.65
PVA-0.V	4.4	7.29	PVA-0.V	5.9	10.08
PVA-0.H	3.7	5.92	PVA-0.H	18.3	31.15
PVA-25.V	2.6	4.23	PVA-25.V	6.9	11.77
PVA-25.H	5.3	8.50	PVA-25.H	10.6	18.09

表-3 質量減少率結果

2ヶ月	減少量 (g)	質量減少率 (%)	補正後	4ヶ月	減少量 (g)	質量減少率 (%)	補正後
PE-0.V	1.80	1.65	1.13	PE-0.V	1.99	1.88	1.37
PE-0.H	2.10	1.88	1.37	PE-0.H	2.12	2.03	1.52
PE-25.V	1.91	1.76	1.25	PE-25.V	2.02	1.96	1.45
PE-25.H	1.80	1.66	1.15	PE-25.H	2.15	2.04	1.53
PVA-0.V	1.98	1.77	1.26	PVA-0.V	1.73	1.66	1.14
PVA-0.H	1.73	1.60	1.09	PVA-0.H	2.25	2.14	1.63
PVA-25.V	1.82	1.64	1.13	PVA-25.V	2.92	2.79	2.28
PVA-25.H	2.26	2.06	1.54	PVA-25.H	2.90	2.77	2.26
D10.1	0.44	0.42					
D10.2	0.64	0.60					

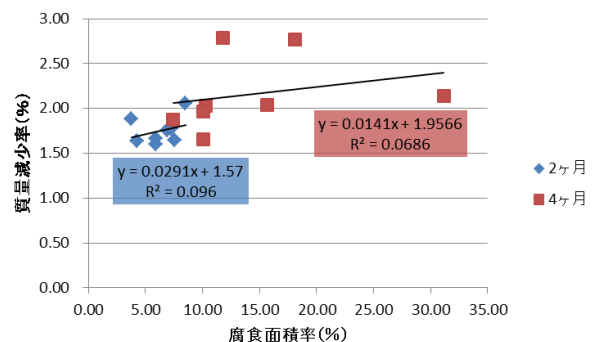


図-4 腐食面積率と質量減少率の関係

5. まとめ

- (1) 塩分量に関係する因子はひび割れ本数であり、ひび割れ本数が多くなるPE繊維を用いた配合では塩分量が少なくなる傾向を示した。
- (2) 鉛直面吹付けが腐食面積率、質量減少率ともに小さな値を示した。
- (3) 浸漬期間4ヶ月では、繊維種類や石灰石微粉末置換量の違いによる特性に沿った結果が得られた。