高靭性セメント複合材料の曲げひび割れ部における物質浸透性の評価

金沢工業大学大学院　学生会員　　○本間貴光　平石陽一
株式会社高見澤（元金沢工業大学）　　箱山宗幸
金沢工業大学　正会員　　宮里心一

1. はじめに

コンクリートは一般に脆性的な挙動を示す。そのため、破壊が急激に進展し、構造体として極めて危険な状態となる。この脆性的な性質を克服するため、高靭性セメント複合材料が開発された。この材料は、普通セメント材料と比較して、曲げ、引張および圧縮破壊時の靭性が大幅に向上することが確認されている[1)]。このため、力学性能の向上が図られ、今後補修材料などとして使用されることが期待されている。一方、実用化に際しては、塩害あるいは中性化に対する耐久性を評価する必要がある。しかしながら、耐久性に関する研究は極めて少ないのが現状である。以上の背景を踏まえ本研究では、ひび割れ部における塩化物イオン浸透性および中性化進行性を、高靭性セメント複合材料と普通セメント材料において比較し、高靭性セメント複合材料の物質浸透性を評価した。

2. 実験概要

2.1 供試体概要

実験で使用した供試体を図 1 および図 2 に示す。供試体の寸法は、100×100×400mm とし、かぶりが 20mm となるように鉄筋（φ9mm）を埋設した。供試体は 28 日間水中において初期養生させ、その後 3 点曲げ載荷によりひび割れを導入した。このとき、高靭性セメント複合材料では、その特徴の一つである複数の微細なひび割れが生じた。ひび割れが導入された供試体を、塩害促進環境（NaCl 濃度 3%の塩水に 2 日間の浸漬＋乾燥気中に 5 日間の暴露を繰返す環境）および中性化促進環境（CO_2 濃度 5%の乾燥気中に 4 日間の暴露＋湿潤気中に 10 日間の暴露を繰返す環境）に、28 日間および 91 日間暴露させた。なお、実験ケースは表 1 に示すとおり、全 48 ケースである。

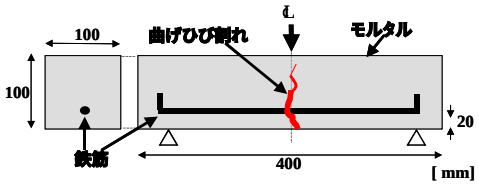

図 1　普通セメント材料の供試体概要

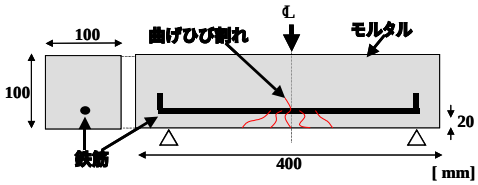

図 2　高靭性セメント複合材料の供試体概要

表 1　実験ケース

材料	劣化因子	W/C	ひび割れ幅	暴露期間
普通	塩害	0.3	0.1mm以下	28日間
		0.45		
高靭性	中性化	0.6	0.2～0.4mm*	91日間

＊高靭性セメントの場合、複数生じるひび割れの中で最大の幅を示す。

2.2 測定概要

暴露期間が 28 日目および 91 日目において、供試体を長軸方向に割裂し、鉄筋を取り除いた。その後、塩害促進暴露された供試体に対しては、割裂面に 0.1N の硝酸銀水溶液を噴霧し、褐色に変色した部分をノギスで測定し、塩化物イオン浸透深さとした。一方、中性化促進暴露された供試体に対しては、割裂面に 1.0%のフェノールフタレインエタノール溶液を噴霧し、赤紫色に変色しなかった部分をノギスで測定し、中性化進行深さとした。なお測定箇所は図 3 に示すように、「鉄筋下面」、「健全部」および「ひび割れ面」の 3 箇所とした。このとき、高靭性セメント複合材料における鉄筋下面を対象とした測定の場合、複数の浸透箇所においてそれぞれ測定し、その平均値を求めた。一方、ひび割れ面を対象とした測定の場合、最大幅を有するひび割れにおいてのみ測定し、それを代表値とした。

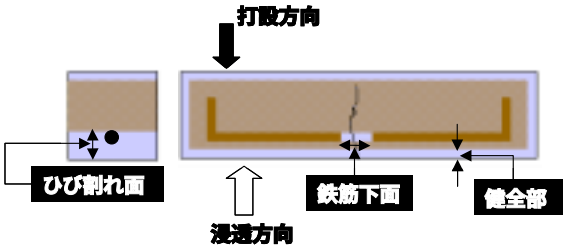

図 3　測定箇所

キーワード・・・耐久性、高靭性セメント複合材料、塩化物イオン浸透深さ、中性化進行深さ
連絡先・・・〒921－8501　石川県石川郡野々市町扇が丘 7－1　TEL：076－248－1305　FAX：076－294－6713

3. 実験結果および考察

3.1 観察結果の例

写真 1 および写真 2 に観察結果の例を示す。これは、暴露期間が 28 日目におけるフェノールフタレインエタノール溶液を噴霧した直後のひび割れ近傍の結果である。これによれば、普通セメント材料では、1 箇所のみにおいて中性化が進行していることが確認された。これは、図 1 に示すとおり、ひび割れが 1 箇所のみにおいて生じているためと考えられる。一方、高靭性セメント複合材料では、複数箇所において中性化が進行していることが確認された。これは、図 2 に示すとおり、ひび割れが複数生じているためと考えられる。

写真 1　普通セメント材料の中性化進行状態

写真 2　高靭性セメント複合材料の中性化進行状態

3.2 実験結果の例

図 4、図 5 および図 6 に実験結果の例を示す。これは、暴露期間が 28 日目における中性化進行深さの結果である。これによれば、鉄筋下面およびひび割れ面において、高靭性セメント複合材料は、普通セメント材料と比較して、中性化進行深さが浅いことが認められる。これは、図 1 に示すとおり、普通セメント材料のひび割れ深さは深く、一方図 2 に示すとおり、高靭性セメント複合材料のひび割れ深さは浅いことが関連すると考えられる。すなわち、高靭性セメント複合材料は、普通セメント材料と比較して、ひび割れの開口幅は同じであっても、深さは浅くかつ内部における幅は狭いひび割れが生じていたため、二酸化炭素の浸入が困難であったからと考えられる。一方、健全部において、高靭性セメント複合材料は、普通セメント材料と比較して、中性化進行深さが深いことが認められる。これは、高靭性セメント複合材料は、普通セメント材料と比較して、空気量が多いため、二酸化炭素の浸入が容易であったからと考えられる。ただし、高靭性セメント複合材料においても、その値は 6mm 程度と小さい。

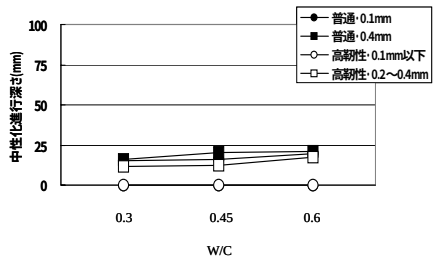

図 4　鉄筋下面の中性化進行深さ

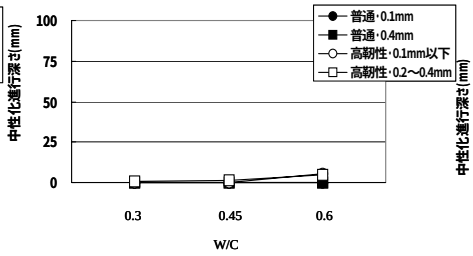

図 5　健全部の中性化進行深さ

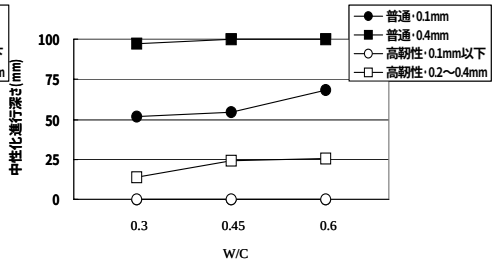

図 6　ひび割れ面の中性化進行深さ

3.3 実験結果のまとめ

3.2 に示す判定を全ての実験ケースについて行った結果をまとめ、表 2 に示す。

表 2　実験結果のまとめ

	普通	高靭性
鉄筋下面 ひび割れ面	深い	浅い
健全部	浅い	深い＊

＊値は小さい。

4. 結論

本研究により明らかになったことを以下に示す。

（1）普通セメント材料では、ひび割れが 1 箇所のみで生じているため、腐食要因物質の浸透も 1 箇所のみで生じていた。一方、高靭性セメント複合材料では、ひび割れが複数箇所で生じているため、腐食要因物質の浸透も複数箇所で生じていた。

（2）高靭性セメント複合材料は、普通セメント材料と比較して、ひび割れ部における腐食要因物質の浸透は浅かった。

謝辞：岐阜大学工学部助教授鎌田敏郎先生ならびに助手国枝稔先生には、数々の御指導をしていただき厚く御礼申し上げます。

【参考文献】1)日本コンクリート工学協会：高靭性セメント複合材料を知る・作る・使う、pp.1-7（2002）