低粘度型補修材のひび割れ浸透深さに関する検討

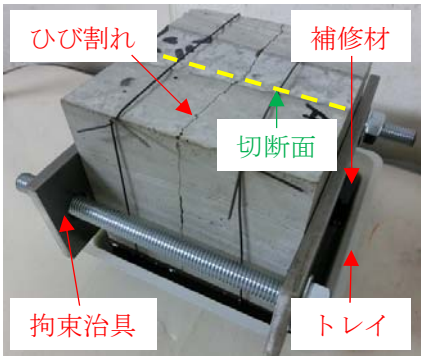
大成建設(株)　技術センター　都市基盤技術研究部　正会員　○河村　圭亮
大成建設(株)　技術センター　社会基盤技術研究部　フェロー会員　新藤　竹文
成和リニューアルワークス(株)　フェロー会員　松岡　康訓,　菅野　道昭

１．はじめに

コンクリート構造物に生じたひび割れは鉄筋腐食等による劣化が急激に進行する要因となるため，早期に補修を行い，劣化因子となる物質の侵入を防ぐことが予防保全の観点から重要である．樹脂系の補修材をひび割れ内部に深く浸透させることで，十分なひび割れ補修効果が期待でき，特に低粘度型補修材は毛細管力によりひび割れ内部への浸透が可能である．ここで，浸透深さは補修材の物性やひび割れ幅に依存すると考えられるため，本研究では，ひび割れを有するモルタル試験体を用いた測定より，補修材の粘度や可使時間と浸透深さの関係について検討した．さらに，ガラス管を用いた比較的簡易な試験で，補修材のひび割れ内部への浸透深さが推定可能な方法を提案した．

２．ひび割れを有するモルタル試験体を用いた補修材浸透深さの測定

10×10×40cm のモルタル角柱を 3 点曲げ載荷により 2 分割し，破壊面を挟んで 10×10×10cm に切出した．これを 20℃-80%RH の室内にて 1 日養生した後，破壊面の四隅に所定の厚さのシートを挟んで拘束治具により突き合わせることで任意の幅のひび割れを有する試験体とした．同じ室内で**写真－1** に示すようにトレイに補修材を流し込んだ直後に，ひび割れを有する面が補修材に接するように，トレイから数 mm 離して試験体を補修材が硬化するまで静置した．なお，試験時における試験体の含水率は 5.7%であった．その後，試験体を切断して毛細管力による表面からひび割れ内部への補修材浸透深さを測定した．**表－1** に示す粘度および可使時間の異なる 3 種類の低粘度型補修材を使用して，補修材 B はひび割れ幅 w=0.1，0.2，0.4，0.6mm の 4 ケース，補修材 A，C はそれぞれ w=0.2mm の 1 ケースで試験を実施した．



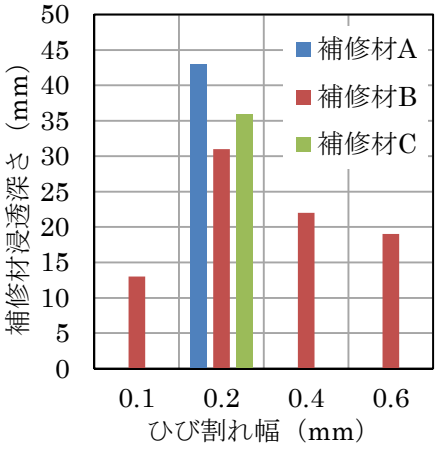
写真－1　浸透深さ試験状況

表－1　使用した補修材

材料	補修材A	補修材B	補修材C
種類	エポキシ樹脂	アクリル樹脂	エポキシ樹脂
粘度	100mPa･s (20℃)	221mPa･s (23℃)	580mPa･s (23℃)
可使時間	45分 (20℃)	30分 (20℃)	50分 (20℃)

＊粘度および可使時間はカタログ値

補修材浸透深さの測定結果を**図－1** に示すが，浸透深さ 13～43mm の結果が得られた．w=0.2mm の 3 ケースの結果では，粘度が低く可使時間が比較的長い補修材 A の浸透深さが最大となった．補修材 B の 4 ケースの結果では，w=0.1mm を除いてひび割れ幅が小さいほど毛細管力により補修材が深く浸透する傾向が確認できた．なお，w=0.1mm の浸透深さが小さくなった要因については後述する．



図－1　補修材浸透深さ

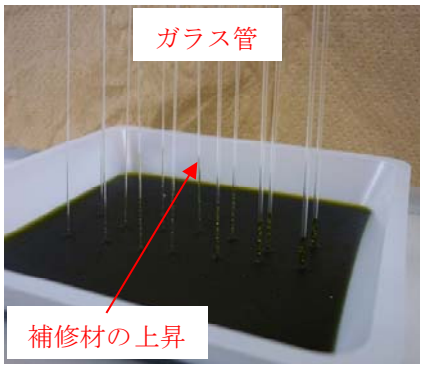
３．ガラス管を用いた補修材上昇高さの測定

20℃-80%RH の室内にて**写真－2** に示すようにトレイに補修材を流し込んだ直後に，ガラス管を端部が補修材に接するように立てて補修材が硬化するまで静置した．その後，ガラス管内への毛細管力による補修材上昇高さを測定した．**表－1** に示す粘度および可使時間の異なる 3 種類の低粘度型補修材を使用して，ひび割れ幅相当を想定した内径 φ=0.13，0.2，0.3，0.4，0.6，0.8，1.0mm の 7 ケースで試験を実施した．

補修材上昇高さの測定結果を**図－2** に示す．いずれも 2 本実施した平

キーワード　ひび割れ補修材，毛細管力，浸透深さ，ガラス管，エポキシ樹脂，アクリル樹脂
連絡先　〒245-0051　神奈川県横浜市戸塚区名瀬町 344-1　大成建設(株)技術センター　TEL 045-814-7232

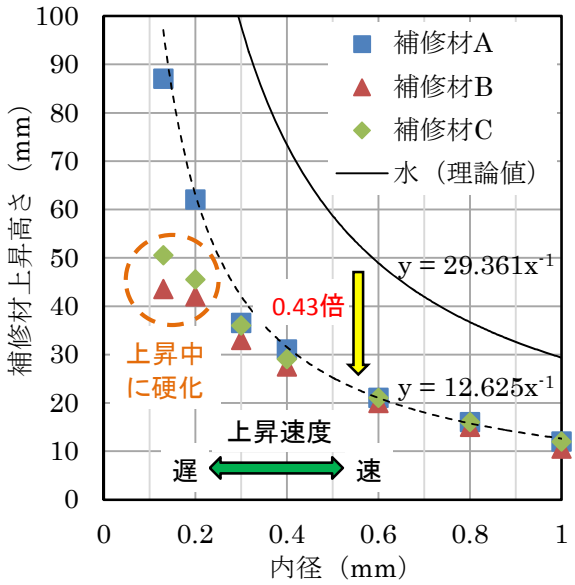
均値であり，図中には水を対象とした場合の上昇高さの理論値 [1]を併せて示す．粘度が 100mPa･s の補修材 A の上昇高さは，いずれの径でも水の理論値の約 0.43 倍の値となった．水との差は表面張力および接触角の違いによるものと考えられるが，両者には相関関係があることが確認できた．また，液体の毛細管中への上昇速度は粘度が高いほど，内径が小さいほど遅くなることが知られている [2]が，今回の実験でもこの傾向が確認できた．特に上昇速度が遅くなる φ=0.13，0.2mm の時の差が顕著であるが，補修材 A と比較すると，補修材 B は可使時間が短いため，補修材 C は粘度が高く上昇速度が遅くなるため，それぞれ上昇中に硬化して補修材 A よりも上昇高さが低くなったと推察される．モルタル試験体での測定で，w=0.1mm の浸透深さが最小になった要因も浸透中に硬化したためと考えられる．モルタル試験体およびガラス管での測定のいずれも，補修材 B より補修材 C の方が高いのは，粘度の差の影響よりも可使時間の差の影響の方が大きいためと思われる．φ=0.3mm 以上では補修材種類による上昇高さの差はほとんど見られなかった．これは補修材の上昇速度が速く，粘度や可使時間の影響を受けにくい領域であるためと考えられる．モルタル試験体およびガラス管での測定結果より，ひび割れ幅が大きくなると毛細管力による浸透深さが小さくなることが確認されたが，このような場合には低圧注入による方法 [3]が深く浸透させるためには適していると考えられる．



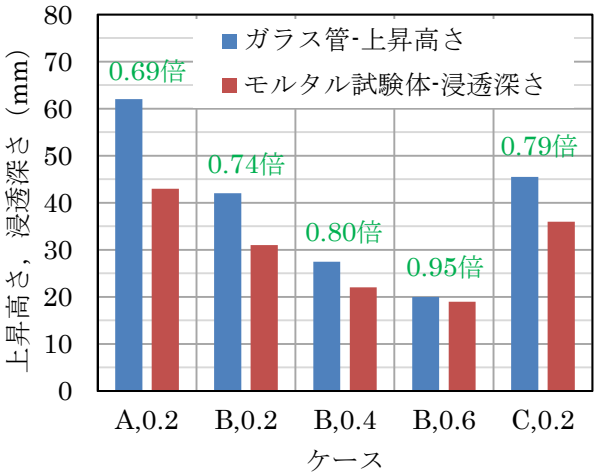
写真－2　ガラス管試験状況

4．ガラス管を用いた簡易な試験による浸透深さの推定

補修材のガラス管内への上昇高さとひび割れ面内への浸透深さについて，それぞれの内径とひび割れ幅が等しいケースの結果を併せて**図－3** に示す．ガラス管の中空部分とひび割れでは幾何学的形状や接触角が異なる条件であるが，ガラス管内への上昇高さに対するひび割れ面内への浸透深さの比率は，図中に記載の通りで 0.69～0.95 倍の範囲である．この比率は内径，ひび割れ幅が大きいほど，補修材の粘度が高いほど大きいという傾向が見られる．この関係性より，ガラス管を用いた比較的簡易な試験を行うことで，毛細管力による補修材浸透深さを概ね推定できることが明らかになった．



図－2　ガラス管内への補修材上昇高さ



＊ケースの記号は補修材種類，
数字は内径，ひび割れ幅を示す．

図－3　ガラス管上昇高さと浸透深さの比較

5．まとめ

本研究では，低粘度型ひび割れ補修材の毛細管力による内部への浸透深さについて，ひび割れを有するモルタル試験体を用いた測定により確認した．また，この浸透深さはガラス管を用いた比較的簡易な試験により，概ね推定できることを明らかにした．本提案によれば，ひび割れ幅に応じて，最適な粘度や可使時間のひび割れ補修材を選定することが可能になると考えられる．

参考文献　1) 椿東一郎：基礎土木工学全書 6 水理学 I，森北出版，p6，1973.　2) 横田勝ほか：毛細管中への液体の浸透機構に関する二，三の考察，日本金属学会誌，Vol.43，pp.804-809，1979.　3) 古田敦史ほか：低粘性樹脂補修材の粘度とひび割れ浸透深さの関係，土木学会年次学術講演会概要集，Vol.67，V-569，pp.1137-1138，2012.