

京都大学大学院 学生員○田中博一 京都大学 正員 宮川豊章
京都大学 正員 藤井学 ショーボンド建設 正員 栗原慎介

1.はじめに

アルカリ骨材反応による膨張および塩化物による鉄筋腐食等のコンクリート構造物の劣化の原因と考えられるものの一つに水分が挙げられる。それらの劣化が生じたコンクリート構造物の補修方法としてあるいは劣化を防止するため、コンクリート中の水分を逸散させる目的で、シランを代表とする発水剤による表面処理仕様が用いられる。しかし、シランの分子構造等が発水性に与える影響においては不明な点が多いのが現状である。本研究では、シランの発水性に影響を与える様々な要因を取り上げ検討し、コンクリート含水率によりシランの発水効果範囲を把握し、シラン処理によるアルカリ骨材膨張抑制効果および鉄筋腐食抑制効果に対する評価を行うことを目的とする。

表-1 要因

シランの種類	OTMS(234), DTMS(262), ODTMS(374), ODTES(416)
コンクリートの種類	非反応性骨材を用い塩化物(NaCl)を多量に含むもの 非反応性骨材を用い塩化物をほとんど含まないもの 反応性骨材を用い塩化物を多量に含むもの 反応性骨材を用い塩化物をほとんど含まないもの
環境条件	乾湿繰り返し、屋外、半水中

2.実験概要

1)シラン処理によるアルカリ骨材膨張および鉄筋腐食抑制効果の検討：供試体は、角柱供試体(100×100×400mm)とし、鉄筋腐食を想定したものには、約30cmの鉄筋(D10)を3本、かぶり2cmとしてコンクリート中に埋設した。1mol溶液のシランを含浸量300g/m²を目安に、はけを用いて含浸させた後、供試体をそれぞれの環境下に静置した。測定項目は、ひずみおよび自然電位である。表-1に要因を示す。

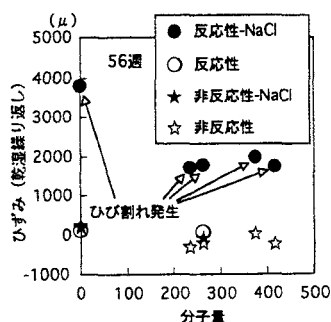
2)シラン処理による発水層の耐久性の検討：シランは、デシルトリメトキシシラン(略称:DTMS,分子量:262)を用い、供試体は、角柱供試体(100×100×400mm)とし、設定した含水率において、1)と同様にシランを含浸させた後、それぞれの環境下に静置した。測定項目は、重量変化率である。表-2に要因を示す。

コンクリートの含水率	85%、70%、55%
シランの濃度	10%、20%、40%
環境条件	室内、水中、乾湿、屋外

3)大型コンクリート供試体中の相対湿度の測定：供試体は、実構造物でのシラン処理による発水効果を把握するために大型供試体(1×1×0.15m)とし、DTMSを含浸させたものと無処理のものとの2種類を用意した。供試体の上下面は防水工を施し、水分の移動は側面のみで行われるものとした。1mol溶液のシランを1)と同様に含浸させた後、屋外に静置した。コンクリート表面から所定の深さに埋設されている塩化ビニールパイプ内の相対湿度を経時的に測定し、コンクリート中の水分分布を検討した。

3.シラン処理によるアルカリ骨材膨張抑制効果および鉄筋腐食抑制効果に対する評価

1)シラン処理によるアルカリ骨材膨張抑制効果に対する評価：乾湿繰り返し環境下でひずみがほぼ一定になる56週における分子量とひずみの関係を図-1に示す。反応性骨材を用い塩化物を多量に含んでいるものは、アルカリ骨材膨張がみられるが、発水効果によりシラン処理したもののひずみが無処理と比べ大きく抑制されている。しかし、シランで処理したものでも他のコンクリートと比べひび割れが発生し顕著に膨張しており、シランで処理することにより過度の膨張を完璧に抑制することは困難であると考えられる。



2)シラン処理による鉄筋腐食抑制効果の対する評価：半水中環境下における68週の自然電位と分子量の関係をASTMによる判定区分とともに図-2に

Hirokazu TANAKA, Tyoaki MIYAGAWA, Manabu HUIJI, Sinsuke KURIHARA

示す。塩化物をほとんど含んでいないものについては、シラン処理により水溶性である塩化物イオンの浸透が抑えられたため、鉄筋腐食抑制効果がみられる。しかし、塩化物が多量に含まれているものについては、シランで処理したものが無処理のものと同程度かむしろ卑になっているものもある。塩化物が多量に含まれている場合は、半水中環境下では、ある程度水分が抑制されるシランで処理したものの方が、コンクリート中がほぼ飽水状態である無処理と比べむしろ鉄筋が酸素に触れやすく腐食しやすい環境にあり、コンクリート中に多量のCl⁻が存在する場合には、シラン処理によって長期的に過度の鉄筋腐食を抑制することは困難である可能性が高いと考えられる。

4. シラン処理による発水効果の耐久性の検討

屋外環境下における60日頃の重量変化率とシラン濃度の関係を図-3に示す。コンクリートの含水率については、含水率85%では濃度による差がみられるが、含水率70%および55%では、それほど差がみられない。シランを含浸する場合、含水率が85%程度であれば、外部からの水分の浸入を防ぎ内部の水分を逸散させることが可能であるが、含水率が70%程度以下になると、コンクリート内部の水分を逸散させることは困難であると考えられる。シラン溶液の濃度については、図-3によると含水率85%では、濃度が大きいほど重量減少が大きくなり、発水効果が大きいと考えられる。濃度が大きくなるほどコンクリートと結合するシランの分子数が大きくなり、疎水基による網目構造がより緻密になり水分遮断性が高まるため、本研究における範囲(10~40%)では、シランの濃度が大きいほどシラン処理による発水効果が大きくなると考えられる。

5. 含水率分布によるシランの発水効果範囲の検討

非線形拡散方程式を用いた計算から得られたコンクリート中の含水率(計算値)と大型供試体で測定した相対湿度を含水率に換算したものの(実験値)とを比較検討した。60および180日頃における深さと含水率の関係を図-4に示す。計算値と実験値は、含水率の値は大きく異なるが、シラン処理の含水率が発水効果により無処理より小さくなる傾向は同様にみられる。60日頃では、発水効果は、計算値で深さ20cm程度、実験値で深さ7.5cm程度みられる。180日頃では、発水効果は計算値で30cm程度、実験値で深さ20cm程度みられる。今後、さらに気象条件などを考慮していく必要がある。

6. 結論

アルカリ骨材反応膨張については、シランで処理することにより、無処理と比較して長期的にある程度抑制することは可能である。鉄筋腐食については、半水中環境下では、無処理のものは、コンクリート中がほぼ飽水状態にあるのに対し、シランで処理したものは、発水効果で吸水がある程度抑制され、鉄筋が酸素に触れやすいため無処理よりもむしろ腐食しやすい環境であると考えられる。本研究においては、コンクリートの含水率が85%で、シラン濃度が40%である場合に、シランで処理による発水効果が最も発揮された。シラン処理による発水効果は、60日頃では深さ10cm程度、180日頃では深さ20cm程度までみられると考えられる。

参考文献 阪田憲次：硬化コンクリート中の水分の移動、コンクリート工学、Vol.32, No.9, pp.16~19, 1994.9

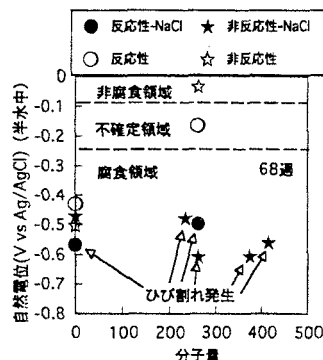


図-2 68週における自然電位と分子量の関係

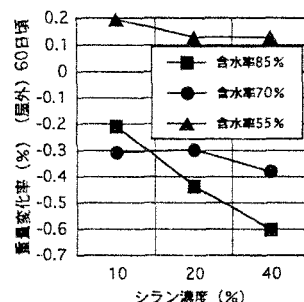


図-3 重量変化率とシラン濃度の関係

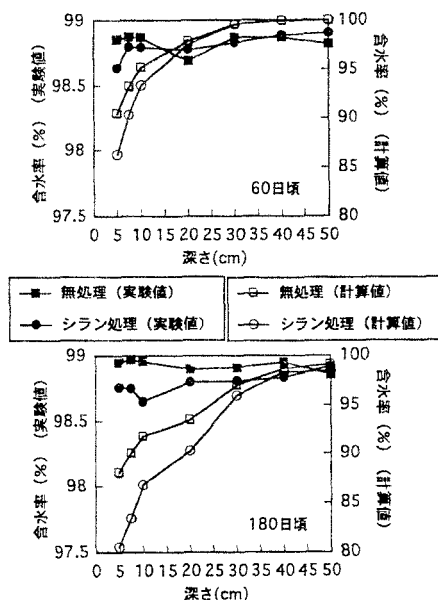


図5.17 深さと含水率(実験値と計算値の比較)

本研究においては、コンクリートの含水率が85%で、シラン濃度が40%である場合に、シランで処理による発水効果が最も発揮された。シラン処理による発水効果は、60日頃では深さ10cm程度、180日頃では深さ20cm程度までみられると考えられる。