

シラン・シロキサン系表面含浸材を適用したコンクリートの CO₂ 固定効果に関する考察

鹿島建設(株) 正会員 ○林 大介 取違 剛 小林 聖

1. はじめに

我が国では、2050年までに温室効果ガス排出量の80%を削減するための取組みを推進している。この実現を目指し、エネルギー供給や運輸、産業、農林水産業などの様々な分野において温室効果ガスの排出削減に繋がる革新的な技術開発が進められている。産業分野では、セメント製造に伴うCO₂排出量が課題の一つとして挙げられており、セメント製造工程におけるCO₂の分離回収・固定化技術や、CO₂吸収型コンクリートの実用化に向けた研究開発が開始された状況である。こうした背景を鑑み、今後は、ますますコンクリート構造物のライフサイクルにおけるCO₂排出量や固定化について積極的に議論していくことが必要と考えられる。海外に目を向けると、コンクリート構造物のライフサイクルにおけるCO₂固定量の計算方法について検討された例があり、供用中における中性化深さの予測から、中性化した範囲のコンクリートにおけるCO₂固定量が評価されている¹⁾。こうした例のように、そもそもコンクリート構造物は、中性化によってCO₂を固定化する性質を有しているが、温度や相対湿度などの環境条件によって進行速度が大きく異なり、CO₂固定量にも違いが生じる。CO₂固定化の視点からは、環境条件によらず、コンクリートの中性化が進行する方が有利となる。

一方、筆者らは、シラン系表面含浸材の中でも、シリコーン分子のモノマーであるシランと、ポリマーであるシロキサンが調整されているシラン・シロキサン系と称される材料の研究開発を行っている。この研究開発の一環として沿岸域における15年間の暴露試験を継続した結果、シラン・シロキサン系表面含浸材を適用することによって、相対湿度が高い環境条件であるにもかかわらず、コンクリート内部が乾燥状態になって中性化が進行することを明らかにした²⁾。そこで、この性質を利用することでコンクリート構造物のライフサイクルにおけるCO₂固定量がどのように変化するかを試算した。

2. シラン・シロキサン系表面含浸材による中性化の進行

2.1 沿岸域における暴露試験の概要

2002年11月に、北海道の日本海側に位置する石狩市浜益区の沿岸部に、シラン・シロキサン系表面含浸材を塗布しない供試体と塗布した供試体を設置し、暴露を開始した。供試体の設置箇所は、急勾配の小規模河川の河口で、汀線より数メートルの距離にあり、海からの強風による風雨および風雪を受ける。供試体については、普通ポルトランドセメントを用いた水セメント比42.6%のコンクリートを適用し、径125mmおよび高さ250mmの寸法とした。このコンクリートの単位セメント量は371 kg/m³である。コンクリートの打込みから28日間の湿潤養生を行った後、表面水分率が5.0%以下になってから全面に200g/m²のシラン・シロキサン系表面含浸材を塗布した。

2.2 暴露試験における中性化深さ測定結果

中性化深さ測定の結果を図-1に示す。同図には、中性化深さが、経過年数の0.5乗に比例するものとして回帰した式を示した。同図に示すように、シラン・シロキサン系表面含浸材を適用することによって中性化の進行が約3.1倍となり、CO₂を固定化するポテンシャルをより発揮できることが分かる。この理由として、シラン・シロキサン系表面含浸材を塗布することによってコンクリート中の含水量が低下することが考察されており²⁾、こ

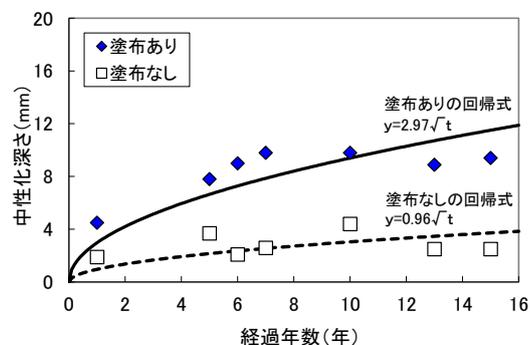


図-1 中性化深さ測定結果

キーワード：コンクリート、シラン・シロキサン系表面含浸材、中性化、CO₂固定量

連絡先 〒182-0036 東京都調布市飛田給 2-19-1 鹿島建設(株)技術研究所 TEL 042-489-8007

のため、この傾向は、沿岸域の相対湿度が高い環境や、雨掛かりを受ける環境において顕著となる。なお、コンクリート構造物における中性化の進行は耐久性上の課題とされてきたが、2017年制定の土木学会コンクリート標準示方書【設計編】以降、水と酸素の供給によって腐食が進行するという考え方が導入されており、コンクリートの含水量が低下することで鉄筋腐食が生じないため問題にならないことを付記する。

3. CO₂固定効果に関する試算

既往の検討結果¹⁾を参照して、コンクリート構造物の供用中のCO₂固定量を試算した。この試算では、暴露試験結果の中性化速度係数を用いたコンクリートの中性化深さ予測値、単位セメント量(前述のとおり371 kg/m³)、セメント中のクリンカ割合(普通ポルトランドセメントであるため1.00)、クリンカ中のCaO割合(ここでは0.65)、総CaOの炭酸化割合(ここでは75%)およびCO₂/CaOモル質量比を乗じて、単位表面積あたりの値を算出した。

まず、環境条件として暴露試験の沿岸域を仮定し、コンクリート構造物の供用期間を100年間とすると、シラン・シロキサン系表面含浸材を塗布しない場合と塗布する場合の中性化深さは、それぞれ9.6mmおよび29.7mmとなり、この中性化深さをもとにCO₂固定量を算出すると、それぞれ1.4kg/m²および4.2kg/m²となる。次に、単位面積あたりの数値では影響度を理解しにくいいため、図-2に示す簡略化された柱状および壁状の2通りの構造物を仮定して評価を行った。柱状の構造物については、断面を3m×3m、高さを20mとして、4側面が中性化することを仮定したところ、体積180m³に対して、シラン・シロキサン系表面含浸材を塗布しない場合と塗布する場合のCO₂固定量は、それぞれ0.3tおよび1.0tとなり、塗布による増加分は0.7tであった。同様に、壁状構造物については、幅0.5m×高さ1.0m、延長1kmの高欄を想定し、2側面と上面の3面が中性化することを仮定したところ、体積500m³に対して、シラン・シロキサン系表面含浸材を塗布しない場合と塗布する場合のCO₂固定量は、それぞれ3.4tおよび10.6tとなり、塗布による増加分は7.2tであった。これらの値とセメント製造に伴うCO₂排出量を比較するために、各構造物の体積および単位セメント量からセメント量を算出し、普通ポルトランドセメント製造におけるCO₂の原単位である746.6g/kgを乗じると、柱状および壁状構造物について、それぞれ49.9tおよび138.5tのCO₂排出量になる。この値に対して、シラン・シロキサン系表面含浸材の塗布による増加分は、柱状および壁状構造物で、それぞれ1.2%および5.2%となり、構造物の形状によって違いがあるものの、CO₂排出量の議論において考慮すべき割合になることが示唆される。

4. おわりに

現在のところ、我が国において、コンクリート構造物の中性化によるCO₂固定量は積極的にカウントされていない状況にあると思われるが、例えばインフラ施設全体のCO₂固定量が適切に評価されることにより、CO₂削減の効果が見直される可能性もある。ただし、これは評価の見直しであって、実際のCO₂排出量を削減するものではないことに留意する必要がある。その一方で、シラン・シロキサン系表面含浸材の適用は、CO₂固定化を促進する手段として有効となる可能性もあり、主たる目的であるコンクリート構造物の耐久性向上の効果に加えて、CO₂排出量の削減効果にも目を向けた議論を進めていきたいと考えている。

参考文献

- 1) 土木学会：コンクリート構造物の補修・解体・再利用におけるCO₂削減を目指して、2012.5.
- 2) 林大介, 坂田昇, 田口史雄, 遠藤裕丈：浸透性吸水防止材を用いたコンクリートの塩害および凍害環境下における耐久性に関する考察, コンクリート工学年次論文集, Vol.30, No.2, pp.649-654, 2008.7.

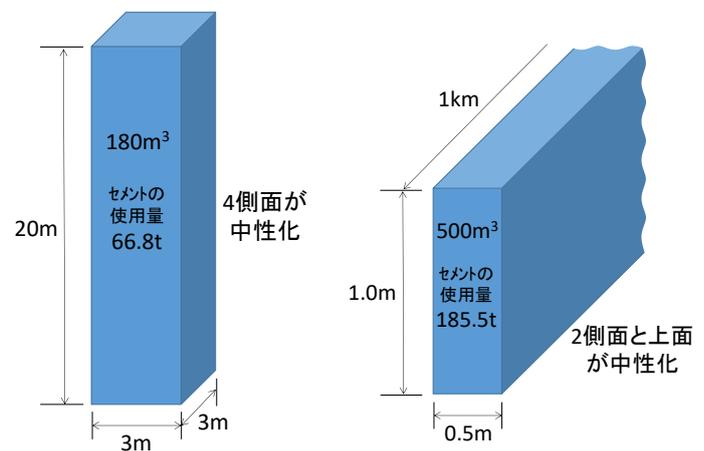


図-2 試算対象の構造物(左:柱状, 右:壁状)