

腐食を起こさない配慮がなされている。

⑤図6に、すり減り試験の結果を示す。EIENは、溶脱抵抗性が高いこと、また、表面が緻密化することにより圧縮強度30N/mm²の普通コンクリートに比べて4倍以上耐摩耗性が高くなる特徴を有する。

⑥EIENは、もともと炭酸化反応させていることに加えて、水硬性をもたない γ -C₂Sを余分に内在させることにより、中性化抑制対策として利用することができる¹⁰⁾。

4. EIENの長寿命化メカニズム

上記のようなEIENの高い性能を得るためのメカニズムについて紹介する。

図7に酸化カルシウムの水和と炭酸化反応を模式化して示す。通常のセメントは、水和反応により水酸化カルシウムを生成し、炭酸化した場合には右回りの反

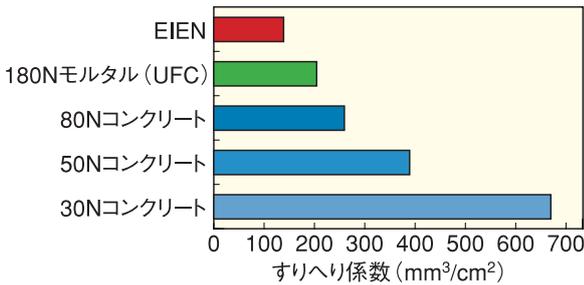


図6 すり減り試験結果

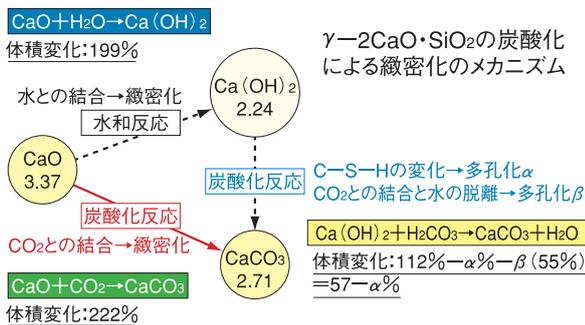


図7 γ -C₂Sの炭酸化による緻密化のメカニズム

応を起こし、数十%の体積収縮を引き起こす。一方、強制的に γ -C₂Sを炭酸化させた場合、水酸化カルシウムをほとんど生成しないため、体積は若干膨張すると考えられる。また、生成される炭酸カルシウムは通常の炭酸化で生成するカルサイト ($\rho = 2.72$) よりも密度の低いバテライト ($\rho = 2.65$) となる。これらの反応の結果、空隙が充填されるとともにケミカルプレストレスが発生し、高い耐久性や高い強度が得られるものと考えられる。空気中の二酸化炭素と接した場合の中性化とEIENの強制炭酸化養生した場合の結晶構造を模式化して図8に示す。EIENは、炭酸化反応によるC-S-Hの分解が起きにくく、空隙を充填することで緻密な硬化体を形成しているものと考えられる。

5. EIENの適用事例

(1) 対象栈橋の劣化状況

本栈橋は約40年の供用期間を経ており、床版を対象にこれまでに2回の補修を行っている。写真1に示すように劣化過程は「劣化期」¹¹⁾に相当しており、早

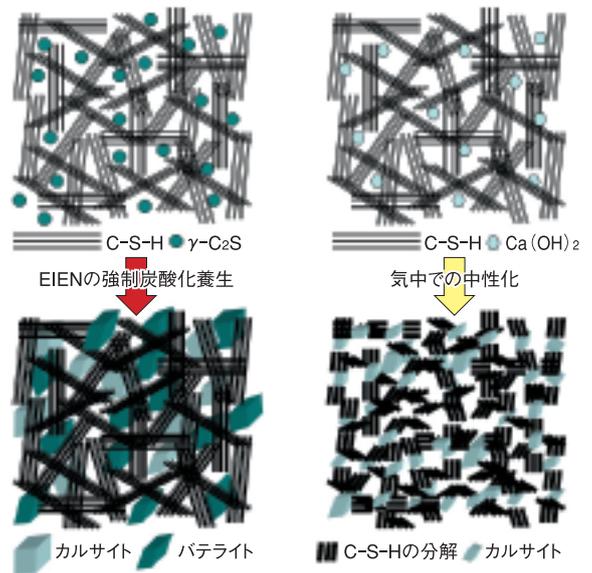


図8 中性化とEIENの強制炭酸化の模式図

急な対策が必要と考えられた。

(2) 補修方法

対象栈橋の補修を行うにあたっては、供用方法、環境条件などからの制約条件があった。

本栈橋においては、床版厚 250mm の全体において腐食発生限界塩化物イオン濃度 1.2kg/m^3 を超える塩分が浸透しており、目視調査からも鉄筋の腐食、ひび割れ発生が確認できた。このため、断面修復や表面被覆などではなく、床版のコンクリート全体を更新する必要があった。また本栈橋は石油の荷卸しや積込みを行う栈橋であるため、電気防食、床版厚の増加などができなかった。そのため、塩分供給量の多い床版下面側に埋設型枠を用い、鉄筋を全て更新し、新たにコンクリートを打設し、床版上面には浸透性吸水防止材を用いることで塩分浸透を抑制することとした。補修完了状況を写真8に示す。本部材の耐久性は、従来工法では30年程度未満であるのに対し、74年以上の耐久性が見込めるとの試算結果が得られている¹²⁾。現在のところ、補修後4年を経過しているが不具合はまったく生じていない。



写真8 栈橋補修完了状況

(3) LCC 試算結果

埋設型枠を用いた補修工法について、従来補修工法との比較を行うために、簡易的なLCC試算を行った結果を図9に示す。なお、今回行った補修工法における初期補修費用を「1」とし、補修後 n 年までに要する積算補修費用の比をライフサイクルコストポイント(LCCpt)と定義し、図中に示した。図中の「断修」は、断面修復材で補修する工法、「打換」は新規にコンクリートを施工する工法、「断修+電防」は、断面修復に加えて電気防食を行う工法、「新工法」とは、今回行ったEIENによる補修工法を示す。「断修」および「打換」は、1回/20年、「電防」および「新工法」は1回/40年にて補修を実施することとした。なお、「断修」および「打換」については表面被覆を併せて行うこととした。さらに、「新工法」については、下面は74年の耐用年数を有することから、40年後の補修は上面のみを断面修復することと仮定した。

今回行った補修工法は、「打換」に加えて埋設型枠を設置する作業が増えるため、初期補修費用はやや大きくなるが、経年的な補修が不要であり、20年以上供用する場合、LCCを最も低減できると考えられた。

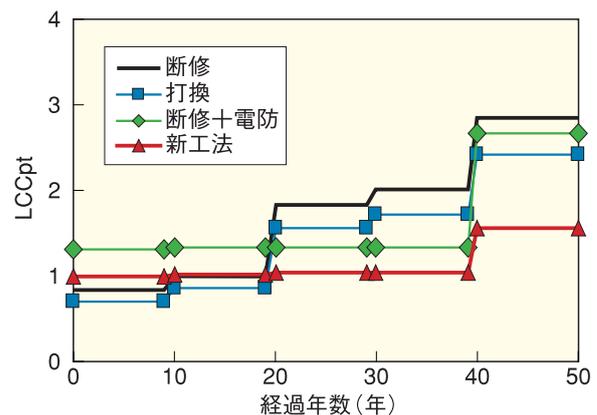


図9 補修におけるLCC試算結果