

[213] 東京湾沿岸のあるコンクリート構造物の塩害と その補修について

市川 廣 (東京ガス工務部)
 正会員 田 淵 博 (東亜建設工業技術研究所)
 正会員 ○浅 沼 丈 夫 (東亜建設工業技術研究所)

1. はじめに

最近、海洋環境下あるいは海岸地域などで塩害によりコンクリート中の鋼材腐食が進行し、鉄筋コンクリート構造物の耐久性を著しく低下させているという報告が相次いでいる。この塩害による劣化は、放置しておけば時間とともに進行していくものであるから、日常の点検等で発見されしだい早急に対処しなくてはならない。しかしながら、現時点では、この劣化のチェック方法や対処方法等が確立されているとは言い難いため、その対応も遅れがちである。

このような状況下において、今回、東京湾沿岸に位置する車道橋のコンクリートスラブの劣化調査を行った。この調査から、劣化は塩害による鋼材腐食であり早急に補修が必要であると考えられたので、この劣化したスラブに適した補修方法を選択するため各種の検討を進めた。本報告は、この調査結果と補修方法検討のために行なった実験に関して述べるものである。

2. 対象とした構造物

今回の調査及び補修の対象となった構造物は、東京湾内に位置する海上に400m程突出した車道橋の床版であり、建設後約15年経過している。その標準断面は、図-1に示すようなかぶり厚が3cmの複鉄筋断面であり、上部にアスファルト舗装が施されている。使用されたコンクリートは、w/c=50%、単位水量=151kg/m³のAEコンクリートであり、混和剤としてはAE剤を使用している。

この地域は、有義波高で平均0.5m、最大3m程度の波浪環境にあるため、図-1の標準断面から考え、この床版は常時多量の飛来塩分におおわれていると考えられる。従って、塩害に関してはかなり厳しい環境であると言える。



図-1 標準断面

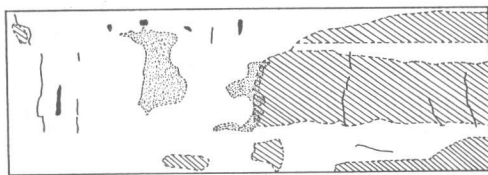
3. 劣化調査

劣化調査は、昭和59年度と昭和60年度に車道橋全体にわたって行なったが、今回はその中でも特に劣化の激しかった部分に注目して述べることにする。

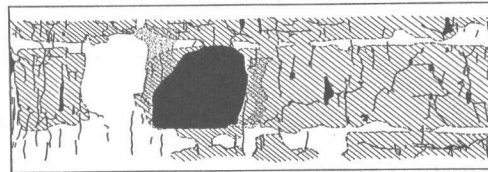
3-1. ひびわれ、うき、はく離及び鋼材の腐食状況

図-2に昭和59年度と昭和60年度の調査から得られた床版のひびわれ、うき及びはく離の状態を示す。うきは、たたき点検により調べた。

図-2をみると、約一年間でひびわれ、うき及びはく離が大幅に増加しており、劣化の進行が急激であったことをうかがわせる。特に、ジャンカ部分での劣化が激しいように感じられる。しかし、うきがジャンカ部分だけではなく床版全体に生じていることから考えると、単なる施工不良がこの床版全体の劣化を引き起こしたとは言えない。



昭和59年度調査時



昭和60年度調査時

凡 例	
記号	
—	ひびわれ
▨	うき
■	はく離
●	ジャンカ

図-2 床版のひびわれ、うき及びはく離状況

また、うき部分の主鉄筋方向以外のひびわれは、大部分が劣化進行以前からのひびわれではなく、ういた後に発生したものであると考えられる。

次に、鉄筋の腐食状況はブラスト処理により腐食部分を除去したのち、図-3に示すとおりに簡易的に鉄筋の腐食パターンを2種類に分け測定し、残存している鉄筋の断面積を算出することにより評価した。残存している主鉄筋の断面積を、図-4に分布図として示す。

図-4に示すように、部分的には腐食により断面が50%程度まで欠落した鉄筋も観察された。また、配力筋は主鉄筋と交差している位置での腐食が特徴的にみられた。これは、まず鋼材腐食によるひびわれが主鉄筋方向に発生したため、配力筋に対してはこの主鉄筋との交差位置で塩素イオンが侵入しやすくなり、それによりこの位置での配力筋の腐食が促進されたのではないかと考える。

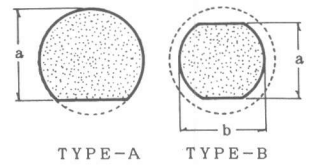


図-3 測定に際し仮定した腐食パターン

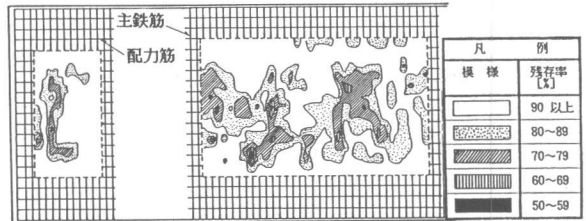


図-4 鉄筋断面の残存率

3-2. コンクリートの中性化深さ及び塩分濃度

床版の各所においてコアサンプリングを行ない、中性化試験及びコンクリート中の塩分量試験（電位差滴定法による）を実施した。その結果、中性化深さは、1.0~2.4mmであり中性化域は主鉄筋までは達していなかった。

また、塩分量（全塩分量）は、図-5に示すように上部の主鉄筋位置で0.02%、下部で0.10%であり、塩分による鋼材の腐食を示唆するものであった。

4. 補修方法の検討

補修方法の検討を行なうのに際し、補修方法を施工方法と補修材の二面からとらえて、補修材の強度特性、補修対象部材との付着性、長期安定性、施工性及び経済性等から考え、表-1に示すような合計6つの補修方法のケースを設定した。このうち特に無収縮モルタル・特殊モルタルでは、補修材と補修対象との境界面での空気溜まりを減少させることを目的として減圧注入を採用した。

表-1 補修方法検討対象

Case	施工方法	補修材名	備考
A-1	減圧注入	無収縮モルタル	
A-2	フラインクット(注入)	エポキシ樹脂注入によるフラインクットコンクリート (E.P.C.)	
A-3		ポリマーモメントモルタル注入によるフラインクットコンクリート (P.P.C.)	エポキシ系イメージ使用
A-4	減圧注入	特殊モルタル (セロース系混和剤添加)	フリースリットなし 膨張率 1%
B-1	吹き付け	モルタル(打継ぎ目に接着剤使用せず)	
B-2		モルタル(打継ぎ目に接着剤使用)	

4-1. 試験概要

それぞれの補修方法によって補修された部材が載荷時にどのような挙動を示すか、また補修材はコンクリート及び鉄筋とどのような付着状態にあるのか等を調べるために、図-6に示すような補修断面を持つ梁の供試体を製作し、載荷試験を行なった。実験ケースは、修復効果の比較対照用として、表-1に示した6つのケース以外に断面欠損部のないものと断面欠損部を補修していないケースを追加し計8ケースとした。

供試体の補修は、全て、補修材が逆打ちに打設されるようにして行なった。減圧注入では、減圧度300 mmHg, 注入圧力 0.15 kgf/cm²として注入を行な

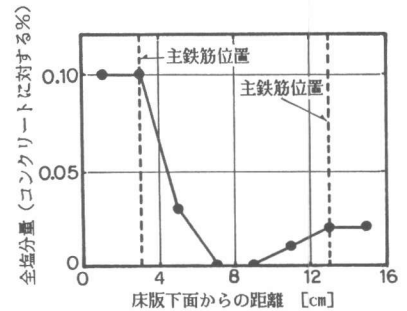


図-5 床版の塩分(全塩分量)分布

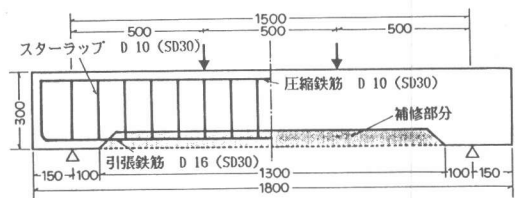


図-6 供試体

った。載荷は二点載荷で行ない、鉄筋およびコンクリートのひずみ、変位及びひびわれ等を測定した。

4-2. 試験結果

表-2に、供試体のコンクリート及び各補修材の材料試験結果を示す。これにあるように、無収縮モルタル、E.P.C.及びP.P.C.の3種の補修材は、引張り強度や鉄筋との付着に優れている。

また、図-7に各ケースの荷重～変位曲線を示す。この図に示されているように、各補修方法とも、終局強度は断面欠損部のない供試体と比べ、同等あるいはそれ以上であり、剛性的にも同様であった。

これは、今回の実験では、表-2にあるように補修材の引張り強度は最大のE.P.C.でも77kgf/cm²程度で、補修部分も引張縁から主鉄筋の上部付近までであるため、補修材の引張強度は部材の耐力にあまり寄与しないことや、部材耐力が主鉄筋の降伏によって決ってくること等により、補修材によって断面が保持さえされているのであれば（断面内で鉄筋の位置が保持されているのであれば）、荷重～変位曲線はどの実験ケースでもそれほど差はないということによるものであると考えられる。

以上から、今回選択した補修材は、静的載荷における断面の保持と言う観点からは十分な性能をもった材料であると考えられる。

次に、補修材とコンクリート及び鉄筋との付着について、供試体中央部のひずみ分布から考える。図-8に、各実験ケースのはり中央部のひずみ分布とひびわれ発生荷重を示す。

これらのひずみ分布をみると、無収縮モルタル、E.P.C.及びP.P.C.が曲げひびわれ発生時まで比較的連続したひずみ分布を示しており、補修対象のコンクリートや鉄筋とひびわれ発生時までには良好な付着状態にあると考えられる。

表-2 供試体のコンクリート及び各補修材の材料試験結果

No.	補修材名	圧縮強度 [kgf/cm ²]	引張り強度 [kgf/cm ²]	鉄筋との* 付着強度 [kgf/cm ²]	ヤング率 ×10 ⁵ ** [kgf/cm ²]
0	供試体のコンクリート	210	18	64	2.67
A-1	無収縮モルタル	554	26	200	2.19
A-2	エポキシ樹脂注入による プレキャストコンクリート (E.P.C.)	679	77	163	1.90
A-3	ポリマーセメントモルタル注入による プレキャストコンクリート (P.P.C.)	304	33	158	2.24
A-4	特殊モルタル (シリカ系混和剤添加)	259	17	95	2.01
B	吹き付けモルタル	550	21	60	2.56

*) 鉄筋との付着強度は、JIS原案に準じて試験を行ない求めた。強度は、水平筋のすべり量0.002Dにおけるもの。

**) ヤング率は、JIS原案に従い試験を行ない求めた。

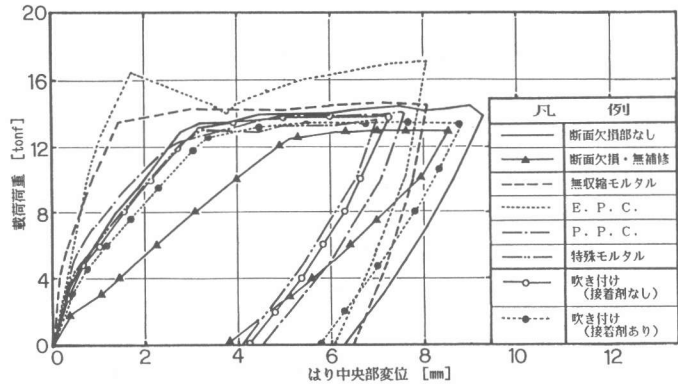


図-7 荷重～変位曲線

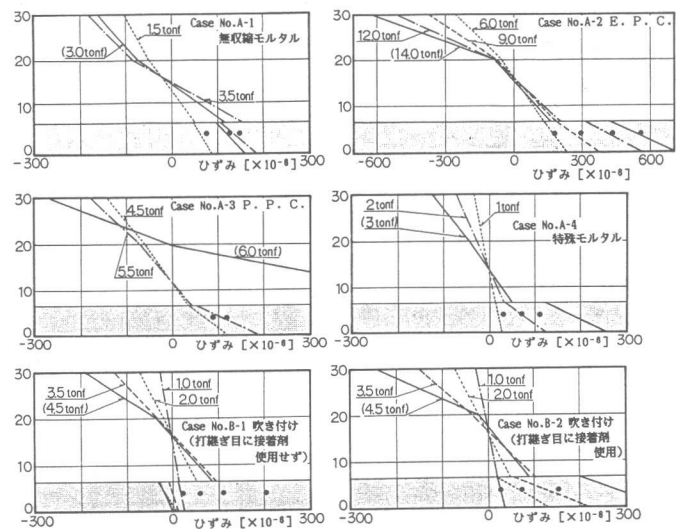


図-8 供試体中央部のひずみ分布 (カッコ内はひびわれ発生荷重、●は引張鉄筋のひずみ)

