

[42] 鉄筋コンクリート橋の塩害について

正会員 ○大城 武 (琉球大学工学部)

伊芸誠一 (沖縄総合事務局)

上津 敏 (沖縄総合事務局)

1. まえがき

沖縄県内の鉄筋コンクリート橋は、海岸に隣接して架設されている場合が多く、高温多湿の気象条件下で海塩粒子の影響を常時受けている。さらに、海砂をコンクリート細骨材として使用する際、それに伴って塩分の混入がなされている例も多い。これらの影響により、鉄筋コンクリート橋の老朽化は他府県に比較して著しい。^{1), 2), 3)}

本調査研究は、昭和38年に沖縄県国頭郡の一般国道58号に架設され、延長308m、幅員8mのRCT桁橋とランガー橋の混合橋である塩屋大橋を対象にしている(図-1)。本橋は湾口に位置して海水飛沫を受けているため、コンクリート部のひびわれ、剝離が著しく、昭和49及び50年にかけて鋼板接着および樹脂注入による補修を行っている。その後、補修部周辺に新たなひびわれが発生し、その塩害対策を迫られている状態である。

本論文では、外観調査、コアの圧縮強度試験及び塩分含有量試験の結果と考察を論述している。特に注目しているのは、外観調査に基いた損傷度の定量的な評価方法である。この様な評価が損傷を発生させる主要因の解明を行う際の資料となる。

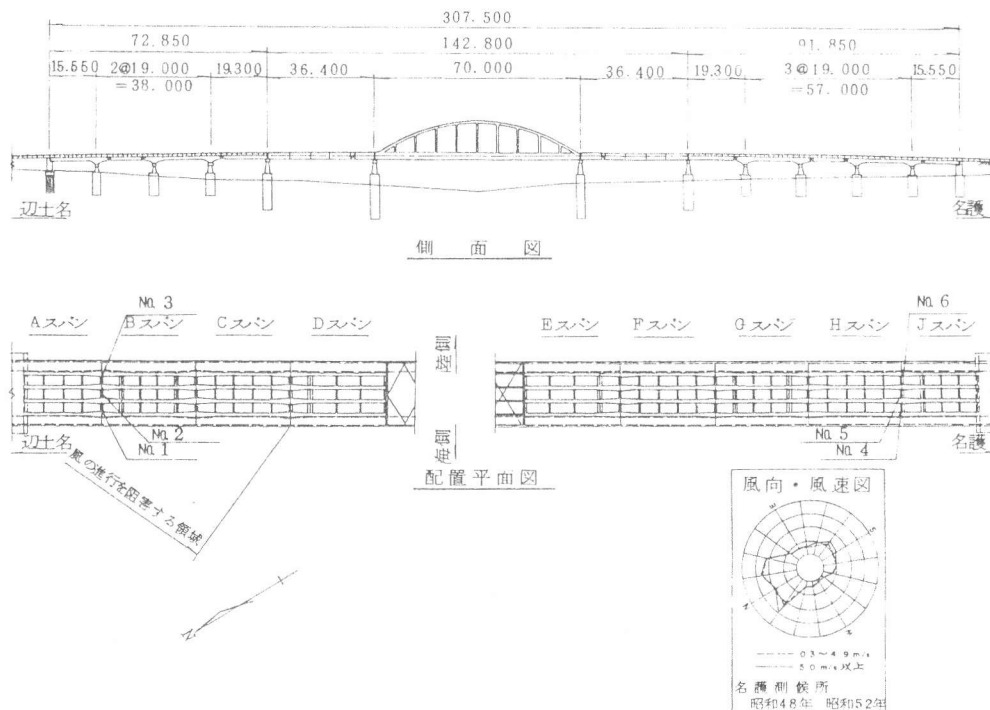


図-1 一般図及び主桁配置図

2. 外観調査

本調査では、主桁、横桁および床板について、ひびわれ発生位置、ひびわれ幅、ひびわれ長さ等の状況を詳細に調査を行っている。コンクリート中で鉄筋の腐食生成物の体積膨張が種々のパターンのひびわれを発生させている。本対象の橋梁の様に、鋼板接着により主桁底面を拘束した場合はさらに複雑となる。主桁側面に表われているひびわれ発生状況を分類すると図-2に示すパターンになる。

パターン1が最も発生しやすいパターンで、隅角部の補修部上部に発生している主鉄筋に沿った水平ひびわれである。前述の場合よりも腐食が急激に発生した場合がパターン2である。ひびわれ先端部が側方に浮き出して、45度の傾斜で下方へ伸長し下段鉄筋に達している。パターン3はパターン1の進行した状態で、広域な剥離状のひびわれが発生している。断面の復元を行った補修部が広域に剥離して側方に浮上りしているのがパターン4である。パターン5は腹部の局部に表われたかぶりの剥離である。これ等の損傷は、補修時に内部塩分の除去が困難であったこと、補修部以外の箇所新たに塩分が浸透したことによるものと思われる。

各主桁側面のひびわれ性状を前述の様に定性的に分類しているが、本橋72側面の損傷を定量的に評価し、風向、桁位置等と損傷の相関を解明する必要がある。その評価方法を次の様に行っている。

ひびわれ幅に対して、表-1に示されている様な評価点を与える。これらの評価点とひびわれ長さの積をひびわれ度と定義している。算出されたひびわれ度について、表-2に示すランクを総合的な判断のもとで決定している。各ランクに対応するひびわれの性状を記述すると下記の通りである。
ランクⅠ：随所に微小なひびわれが存在し、ひびわれ長さはほぼ1m以下である。

幅はほとんどが0.5mm以下であるが、1mm程度を含むこともある。

ランクⅡ：ランクⅠよりひびわれ長さが大きくなり2~3mの場合である。

幅は0.5mm前後のものが多いが、長さの短い2mm程度を含むこともある。

支点近くで一部大きなひびわれと狭域の浮上りがある。

ランクⅢ：支点付近で浮上りが大きくなっている。ひびわれはほぼ連続してスパン長に伸長している。その幅は1mm以上のひびわれがかなり多くなる。

ランクⅣ：ほとんどひびわれが1mm以上となる。浮上りの箇所も2,3ヶ所存在する。

ランクⅤ：ひびわれは連続して伸長している。支点付近及びその他の場所にも浮上り部分がかなり多くなる。

ランクⅥ：上記Ⅴより損傷が大きく、ひびわれ幅および浮上り面積も大きくなっている。

ランクⅦ：浮上り面積がスパンの半分にも及んでいる。

この様にして損傷の程度にランクをつけ、各主桁側面毎にまとめると図-3のようになる。この図には冬季の季節風の影響を直接受ける領域と、北部の陸地により北風の進行が阻害され、回折した風の影響を受ける領域を示している。

損傷の著しいランクⅥおよびⅦが南側スパンJの海側面に表われていることは、南側橋台で碎波した海

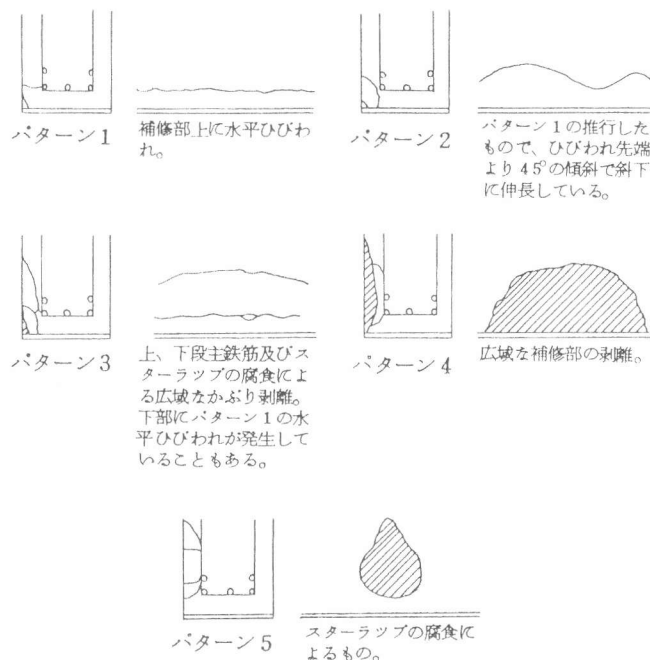


図-2 ひびわれパターン

表-1 ひびわれ幅と評価点

ひびわれ幅	評価点
0.5mm未満	1
0.5 ~ 1.0	2
1.0 ~ 1.5	3
1.5 ~ 2.0	4
2.0mm以上	7
" 浮上り	8

表-2 判定基準

ひびわれ度	ランク	桁面数
5 以下	I	9
5 ~ 30	II	27
30 ~ 50	III	10
50 ~ 70	IV	8
70 ~ 90	V	7
90 ~ 110	VI	9
110 以上	VII	2

水飛沫が桁側面に多量に付着していることを示している。陸側第4主桁の海側面に、ランクⅣ～Ⅶが分布していることは、碎波の飛沫の吹き上げの影響を最も受け易い位置関係を示している。さらに、第1主桁の海側面を除いた内側に位置する海側面27中、17側面がランクⅣ～Ⅶの損傷を受けていることは、干満時の汀線での碎波の影響を強く示している。

第1主桁の海側面及び第4主桁の陸側面の様に、常時風雨にさらされた位置では塩分付着が少なく、付着しても乾燥が早いいため桁内部への浸透が少なく、ランクⅠ～Ⅱの損傷の程度である。しかし、第1主桁陸側面では損傷が大きくなっていることに注意すべきである。スパンEの損傷が少ないことは、この位置において水深が深く、碎波が少なくなっていることに関係している。

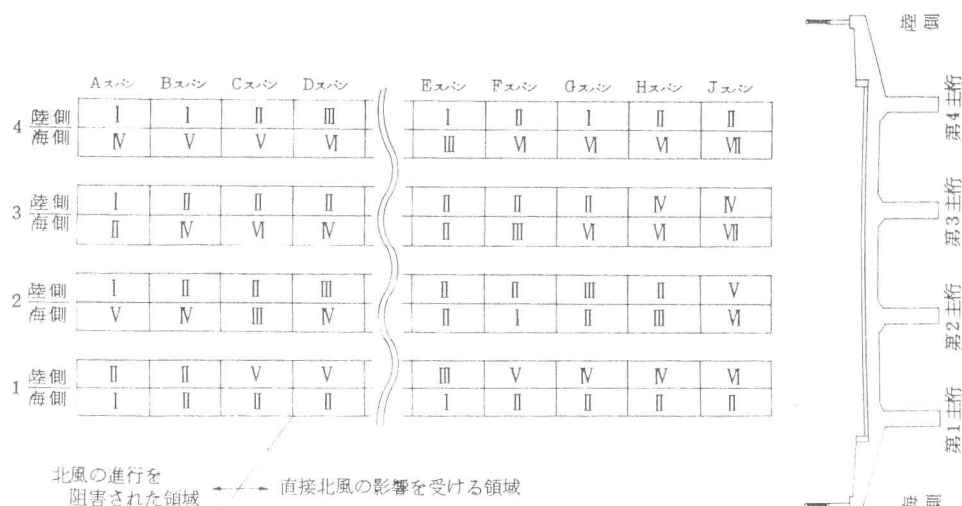


図-3 損傷分布図

前述の様に橋台及び汀線での碎波及び風向による影響を強く受ける位置において、損傷が著しく表われていることは、外部から損傷を発生させる要因が強く作用していることを示している。

3. 圧縮強度試験および塩分量試験結果および考察

図-1に示している様に、北側のAスパンおよび南側のJスパンの横桁から径10cmのコアを6本抜き取っている。これらのコアを図-4に示す様に切断し、圧縮強度試験および塩分量試験を行っている。

圧縮強度試験結果を表-3に示す。強度の平均値は397Kg/cm²で、各コアの強度の変動は少なく施工状態は良好に思われるが、主桁底部にはジャンカ部が多く分布している。

塩分量測定のために切断された試料を高速度微粉砕機にかけ、粉碎粒径を0.15mm以下にする。その試料を絶乾状態にした後、10gをとり出し、100℃の蒸留水を加える。100℃で15分沸騰させた後に常温まで放置し、煮沸前重量になるまで蒸留水を加える。上記試料をろ過した後、卓上デジタル塩素イオン計でイオン濃度を測定しNaCl量を算出している。塩分量分布を図-5、6に示している。これらの図で、分布勾配が北側と南側で大きく異なっていることが注目される。

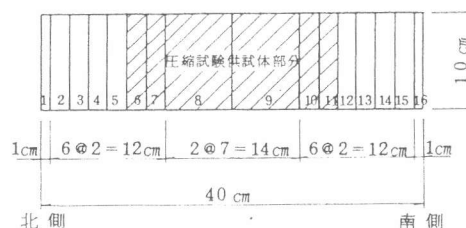


図-4 コア切断方法

表-3 圧縮強度試験結果

No.	直径 (cm)	高さ (cm)	破壊荷重 (t)	圧縮強度 (kg/cm ²)	弾性係数 (10 ⁴ kg/cm ²)
1	10.0	21.1	37.2	477	36.8
2	10.0	21.1	28.6	366	33.8
3	10.0	21.0	35.9	458	33.8
4	10.0	21.2	33.3	426	30.8
5	10.0	21.5	24.0	308	25.4
6	10.0	21.2	27.2	347	30.4
平均				397	31.8

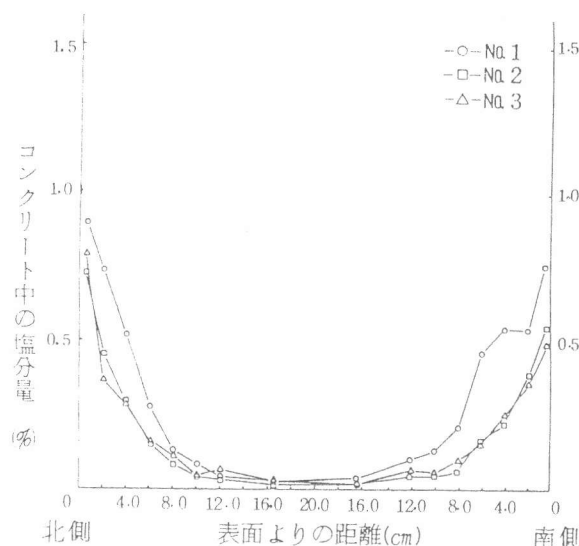


図-5 塩分量分布図(北側コア)

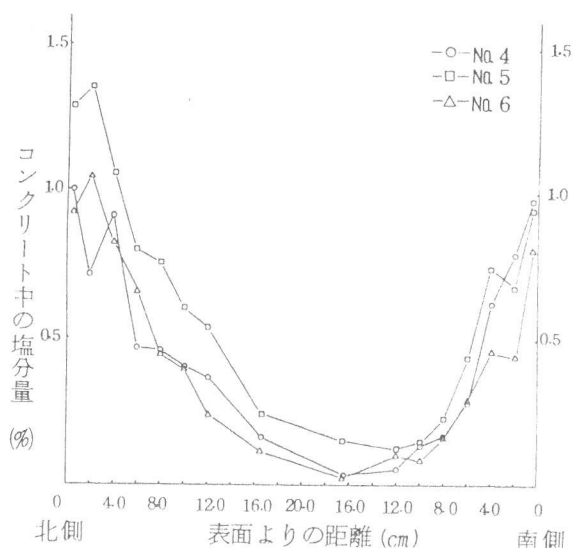


図-6 塩分量分布図(南側コア)

このことは、南側が北風の影響を強く受け、さらに、南側横桁(図-6)について、碎波を強く受ける北側に塩分量が多くなっている。この傾向は図-5の北側横桁についても同様である。

塩分量は図-6の南側横桁が著しく、北側面で $0.93 \sim 1.36\%$ の値を示している。南側面でも、 $0.80 \sim 0.97\%$ の値である。この様に塩分量と同時に浸透深さも大きく、北側面で 16 cm にも達している。これらの図から施工時に混入された量は比較的低く、近似的に $0.02 \sim 0.04\%$ 程度と推定される。

4. まとめ

本橋の損傷は、コンクリート中の鉄筋の腐食によるひびわれの発生、コンクリートの剝離、剝落等であり、外観上の老朽化が著しい。本調査研究により、次の様な結論を導くことが出来る。

- (1) 外観調査結果をランクⅠ～Ⅶに分類して図に示してみると、損傷の程度と桁の位置との相関性が明瞭になっている。即ち、橋台での碎波による飛塩の桁面への付着が最も大きい場所で著しい損傷をもたらしている。次に汀線での波の碎波が風により吹き上げられ、桁側面に塩分が付着したことによる損傷であり、外側に面していない内側面で水分を伴って付着したことによるものである。又、外側に面した面では損傷が少ない。
- (2) 塩分量の分布図は、北風と橋台碎波の影響を明らかに示している。北側面に多くの分布量を示し、さらにその浸透深さも大きい。
- (3) これらの調査から、本橋の損傷は外的要因である塩分の浸透によって発生したものであり、環境条件が最も重要な要因であることがわかる。従って、この様な位置に架設される橋梁については、鉄筋の防食について特別な配慮が必要となる。さらに、浸透含塩量の多い場合の補修工法についての検討を早急に必要としている。

5. 参考文献

- 1) 大城 武、浜田純夫、上間源蔵；老朽鉄筋コンクリート橋の耐力に関する実験：コンクリート工学 Vol.19, No.8 1981年 8月
- 2) 浜田純夫、成底弘敏、大城 武、具志幸昌；老朽橋の含塩量と有効鉄筋断面積について：第4回コンクリート工学会年次講演会講演論文集 1982年
- 3) 伊芸誠一、上津 敏；鉄筋コンクリート橋の塩害について：第37回建設省技術研究会講演概要 1983年