

## [122] 塩害を受けている老朽 RC 橋桁の疲労試験

正会員 大城 武 (琉球大学工学部)  
 正会員 浜田純夫 (関東学院大学工学部)  
 正会員 有住康則 (琉球大学工学部)  
 正会員 成底弘敏 (オモト建設コンサルタント)

### 1. まえがき

沖縄県の橋梁は、地形上海岸に隣接して架橋されている場合が多く、海塩粒子を常時受けている。さらに、高温多湿の気象条件、施工技术および材料等の問題が加わり、コンクリート中の鉄筋に発錆が生じ、外観上著しい老朽化をもたらしている。これらのRC橋については、外観調査、実橋耐力試験および主桁破壊試験等<sup>1)</sup>がかなり行われてきたが、主桁疲労試験<sup>2)</sup>についての発表は少ない。

本研究は、塩害で損傷を受けているRC橋から切り出した主桁について、写真-1に示されている様に、繰返し載荷による曲げ試験を行い、疲労性状についての解明を行っている。特に注目しているのは、鉄筋ひずみ、たわみ、ひびわれ幅および鉄筋の付着の有効性の問題等である。なを、実験供試体から採取したコアの含塩量の調査を行ない、外部からの塩分浸透状況を把握し、老朽化の原因の解明を行っている。

### 2. 実験概要

#### 2.1 実験供試体

沖縄県恩納村塩屋に昭和15年頃(推定)架設された塩屋橋から、その架け換え時に3本の主桁を切りとり実験供試体としている。海岸に隣接した位置にあり、かなりのかぶりコンクリートが剥落して主鉄筋が露出していた。本橋はスパン7.9mのT桁橋で、断面諸元を図-1に示す、フランジ部を除いて、図中の斜線で示した断面とし、上部幅50cm、下部幅35cm、高さ70cmの寸法となる。これら3本の供試体をA、B、Cとする。供試体Cは桁下面および側面の劣化したコンクリートを除去し(写真-2)、エポキシプレパクトコンクリートで欠損断面を修復し、エポキシ樹脂塗料またはポリブタジエン樹脂を2側面に分けて塗っている。

試験後、供試体Bから5本のコア(径10cm)を抜きとり、圧縮試験、含塩量およびPH値測定を行っている。

#### 2.2 疲労試験方法

実験は琉球大学工学部構造実験室で行われ、実験

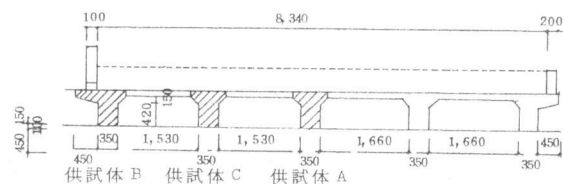


図-1. 塩屋橋断面図

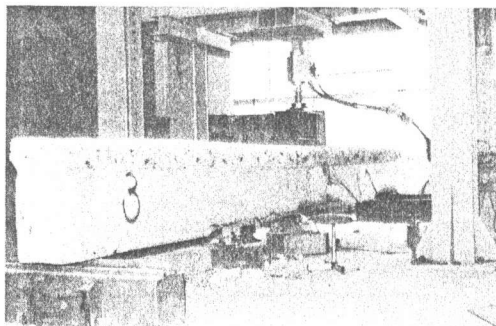


写真-1 実験供試体セット状況(供試体A)

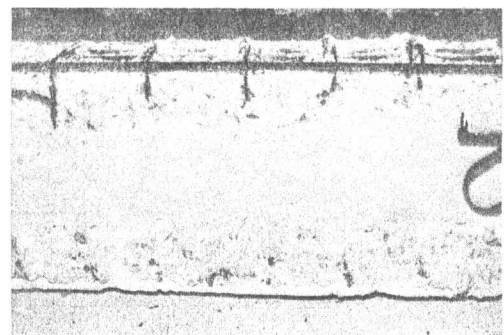


写真-2 劣化コンクリートの除去状況(供試体C下面)

状況を写真-1に示す、油圧サーボ式疲労試験機で、油圧ジャッキ20tを用いて1点集中荷重した。供試体Aには上限荷重10tを200万回かけ、その後14tに増加して200万回を、さらに、18tに増加して200万回繰返し、合計600万回の繰返し荷重を行つている。供試体Bには10tの上限荷重を200万回、供試体Cには10tを100万回繰返ししている。下限荷重は試験機の性能からいずれも上限荷重の約40%としている。繰返し速度は上限荷重10tに際して3~4Hz、18tでは1~2Hzとしている。

最初の荷重および20~25万回毎に荷重を漸次増加して、ダイヤルゲージでたわみを、ワイヤーストレインゲージでひずみを、コンタクトゲージでひびわれ幅の測定を行つている。

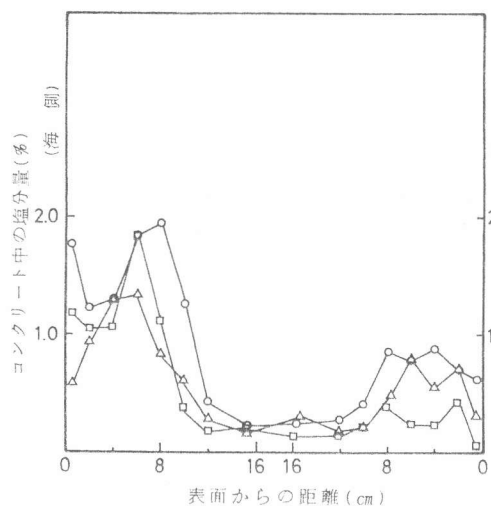


図-2. 塩分量分布図

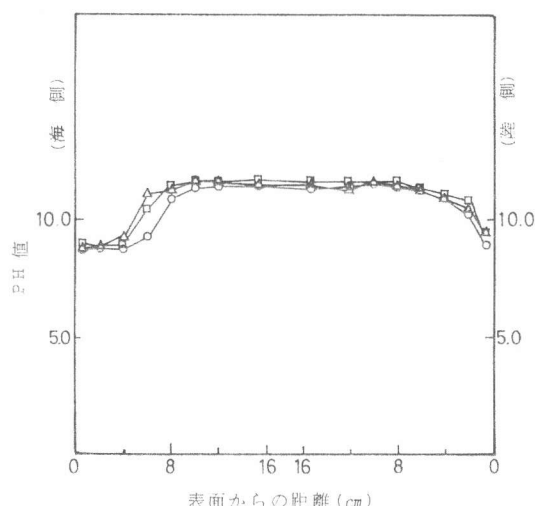


図-3. PH値

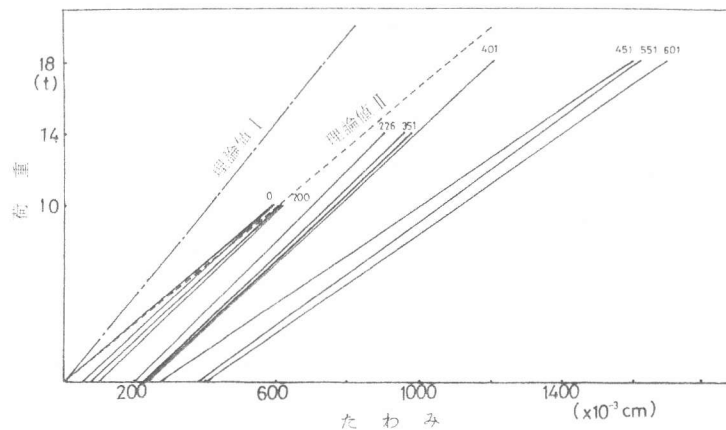


図-4. 荷重-たわみ関係 (供試体A)

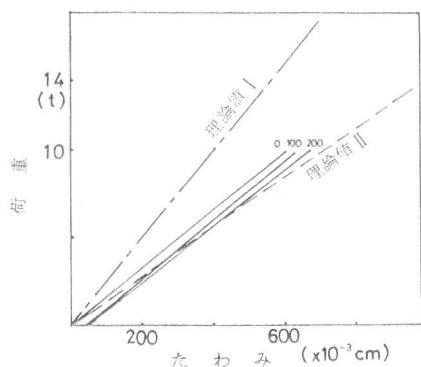


図-5. 荷重-たわみ関係 (供試体B)

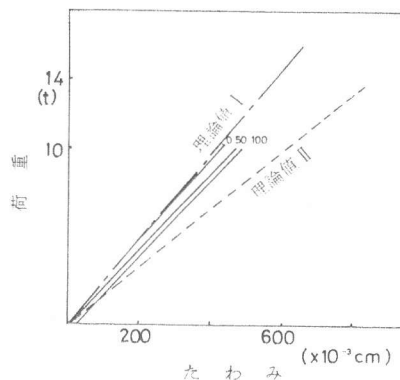


図-6. 荷重-たわみ関係 (供試体C)

### 3. 実験結果および考察

#### 3.1 含塩量およびPH値

コア-3本についての含塩量を図-2に示す。海側および陸側側面から主桁幅方向深さの位置における試料のコンクリートに対するNaCl量の重量百分率である。含塩量を海砂に対する重量百分率で表示することが多いが、架設時のコンクリートの配合が明確でないため、試料として取り出したコンクリートの百分率として求めた。図に示されている様に、海に面した表面近くで最高2%の含塩量を示して漸次減少し、深さ12cmの位置で一定値0.2%になつている。陸側の表面近くでも同様に高い値を示しているが、海側面ほどには高くない。このことは、海塩粒子の付着の度合の差異を示している。内部での一定値は施工時に導入されたものであろう。

同一の試料についてPH値の測定を行い、その結果を図-3に示す。海側表面近くは陸側に比して中性化が進行しているが、PH値の減少は著しくない。フェノールフタレン1%アルコール溶液で測定した中性化深さ試験では、海側面から最大6.5cm、最小4.2cmを示している。この値は陸側面からの深さより大きくなつている。

採取したコア-5本の圧縮強度の平均値は18.9kg/cm<sup>2</sup>であり、架設年代を考慮すれば特に低いことはない。

#### 3.2 たわみ特性

荷重とスパン中央点のたわみの関係を図-4~6に示す。荷重-たわみ関係はいずれの場合も直線となつている。供試体Aで、荷重10t、14t載荷時の勾配は同一となるが、18t時にひびわれに伴う剛性低下から、たわみが増加している。残留たわみは荷重を増加した各段階で表われ、また、繰返し回数の増加に伴つて増えている。供試体BはAと同様な傾向を示している。補修している供試体Cは、さきの2本とは異つた勾配を示し、補修による剛性の復元を示している。

鉄筋コンクリートの慣用計算法により、全断面有効の場合（理論値Ⅰ）と引張コンクリート無視の場合（理論値Ⅱ）を図中に示している。供試体A、Bとも、理論値Ⅱの勾配に近いが、供試体Cは理論値Ⅰに近い性状を示している。

#### 3.3 ひずみ性状

曲げモーメントとスパン中央点の鉄筋ひずみの関係を図-7~9に示す。下段主鉄筋ひずみのうち、付着が十分有効なものを選んで平均している。これらの関係は直線で表わされる。供試体Aの勾配は理論値Ⅰに一致して

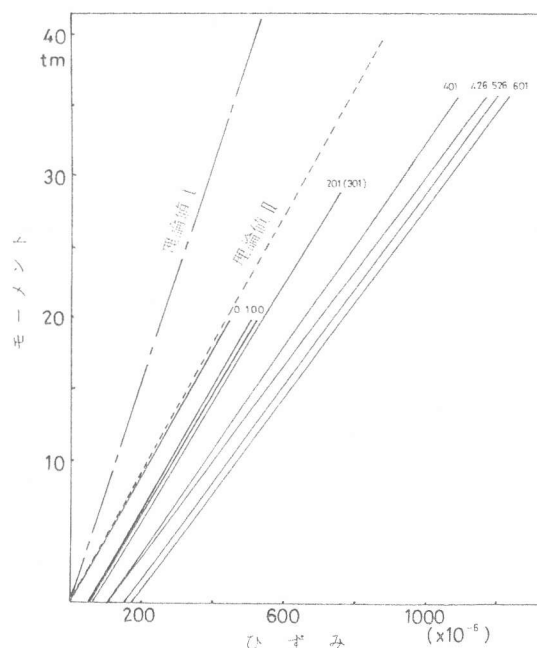


図-7. モーメント-ひずみ関係(供試体A)

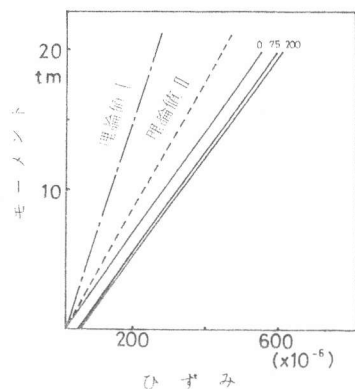


図-8. モーメント-ひずみ関係(供試体B)

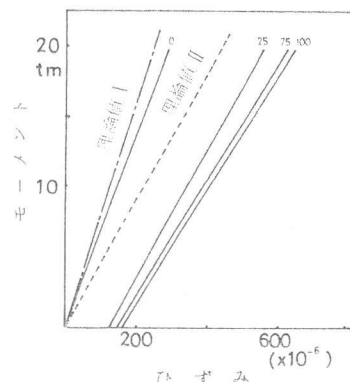


図-9. モーメント-ひずみ関係(供試体C)

いるが、荷重18t時にはひずみが増加している。供試体Bのひずみは初期の段階から理論値Ⅱよりも大きくなっている。供試体Cは補修により全断面が有効に働き、理論値Ⅰに一致しているが、荷重10tを25万回繰返している間にひびわれが発生し、残留ひずみが増加している。その後の勾配は理論値Ⅱに一致している。

### 3.3 ひびわれ性状

供試体Aに荷重18tを200万回繰返した後は、写真-3の様に上部ハンチに達する曲げひびわれが発生している。さらに、試験前に存在していた鉄筋周辺のひびわれは拡大し、かぶりの剥落をもたらしている。供試体Bは、荷重10tの200万回繰返し後にも著しいひびわれの発生はなかつた(写真-4)、供試体Cは、荷重10tを25万回繰返した間にひびわれの発生があつた。これはエポキシ樹脂塗料面に目視で観察されたが(写真-5)、他側面のポリブタジエン樹脂塗料面には表われていない。この様に保護ライニングによるひびわれの追従性の差異は、補修工法の選定の際の資料となる。

### 4. まとめ

本実験に用いた供試体は外観的に著しく老朽化しており、その耐荷力を解明する上で繰返し荷重による疲労試験を必要としていた。これらの実験から次の結論が得られた。

- (1) 繰返し回数および荷重を増加しても、たわみおよび鉄筋ひずみが増加することはない。このことから、RC橋の供用時の荷重レベルでは、発錆した鉄筋の附着低下およびひびわれによる剛性低下は著しいものではない。
- (2) エポキシプレキャストコンクリートで補修を行うと剛性の復元が表われ、100万回の繰返し荷重後においても補修の効果は表われている。また、保護ライニングとしてのポリブタジエン塗料は、ひびわれ追従性が良好である。

本実験は今後も継続して行われるものであり、また、試験後に補修供試体を屋外に暴露し、保護ライニングを観察する予定でいる。

謝辞：本実験に用いた供試体は、沖縄県土木建築部道路課の協力で提供されたものである。また、供試体の補修はショーボンド建設(株)の協力のもとで施工された。実験は琉球大学工学部土木工学科橋梁班および建設工学科構造班の昭和58年3月卒業研究生により行われた。本研究費は、昭和57年度文部省科学研究費補助金を受けて行われたものである。各位に深く謝意を表します。

### 参考文献

- (1) 大城、浜田、上間：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 Aug. 1981
- (2) S. Hamada, et al: Fatigue Behavior of a Deteriorated RC Bridges. Trans. of JCI, Vol. 3, 1981
- (3) 浜田、成底、大城、具志：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講演論文集

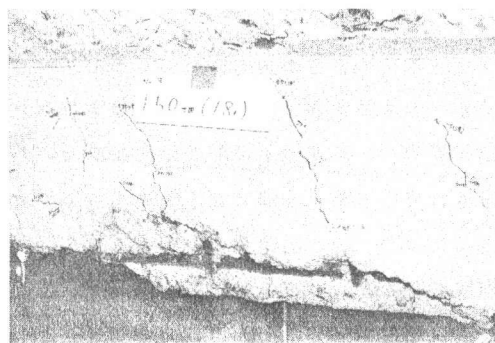


写真-3. ひびわれ状況 (供試体A)

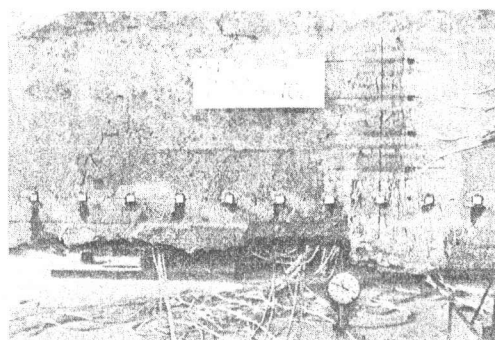


写真-4. ひびわれ状況 (供試体B)

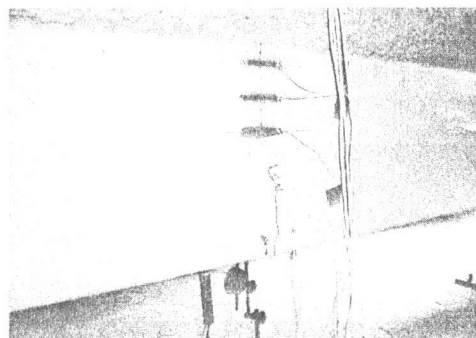


写真-5. ひびわれ状況 (供試体C)