

橋梁支承損傷に関する一考察

大阪大学工学部 正員○松井繁之 大阪大学工学部 原井規成
大阪大学工学部 正員 福本湧士

1. まえがき 橋梁の損傷は多岐にわたるが、支承の損傷はそれ自身の機能の喪失にとどまらず、床版・伸縮継手の二次破損をもたらし、自動車走行性の低下と、騒音の二次災害も併発させ、この損傷防止は重要な課題である。支承損傷は次の3つに大分類できる。①支承金属の腐食による支承機能（回転、移動）の喪失、②支承下部の充填モルタルの破壊による荷重支持能力の喪失、③支承機能の低下、支承部の施工不良に伴う、ソールプレート溶接部から主桁に進展する疲労亀裂の発生。

本研究は上記②の損傷機構の解明を試みたものである。支承下部の充填モルタルの破損状態の中には、床版と同様な骨材化現象が見られ、支承の沈下損傷は水が影響したモルタルの疲労破壊現象と判断した。支承モデルで片振り圧縮疲労実験を行い、破壊機構を見だし、S-N結果を得た。一方、近年の交通量増加、自動車の大型化のため、支承は過酷な荷重環境下にある。そこで、2つの標準橋梁について、支承反力のシミュレーション解析を行い、上記のS-N結果と合わせて疲労寿命の考察を行った。

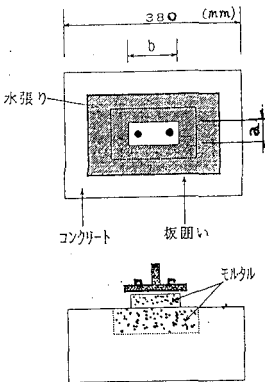


図1 供試体形状

2. 水環境下での支承モルタルの圧縮疲労実験

これまで、コンクリートの中における疲労実験結果は多数報告されているが、モルタルの疲労実験報告はほとんど無く、水環境下での疲労強度を求める実験を行った。図1のような供試体を作成した。支承部を箱抜きにした橋台モデルを鉄筋コンクリートで製作し、十分な期間で硬化させた後、アンカーボルト用鉄筋を立てて、2cm突出した充填モルタルを再現した。モルタルの硬化後、厚さ20mmの鋼板製支承を乗せて疲労試験を実施した。ただし、モルタルと鋼支承との間には、厚さ5mmのペニヤ板を挿入し荷重の等分布化を計った。

供試体の数量は全部で9体である。モルタルの表面積を変化させてS-Nデータを収集することにした。各供試体のモルタル表面形状、圧縮強度と載荷荷重（支圧応力）は表1のとおりである。充填モルタルの配合はW/C=40%と27%の2種とした。Aグループ(40%)は通常の充填用モルタルに使われる配合であり、Bグループ(27%)は橋梁設計便覧に示されている支承専用の配合である。

3. 実験結果と考察 実験結果を表2にまとめた。A1,A2,A3を除く全ての供試体で、載荷開始後10万回ほどで、水がセメント色に変色した。モルタル中のセメント分が流れ出したからで、その濁りは載荷回数が増すに従って濃くなり、水張り底面にセメント分、砂が

表1 供試体の種類と試験条件

W/C と圧縮強度	供試体	支承面積 (cm)	条件	支圧応力 (kg/cm ²)
40% 470kg/cm ²	A1	7.5×15.0		55.9~38.2
	A2	7.5×15.0		55.9~1.86 74.5~1.3
	A3	7.5×15.0	スリット	74.5~1.3
	A4	5.0×12.0	スリット	169~3.6
	A5	4.0×12.0		200~5.0
27% 580kg/cm ²	B1	4.0×12.0		200~4.2
	B2	4.3×12.0		200~3.2
	B3	4.5×12.0		185~3.3
	B4	3.5×12.0		210~5.4

表2 実験結果

供試体	実験結果
A1	200万回経過しても異常はなく、実験終了
A2	230万回で異常がなかったため、途中から荷重増加しさらに220万回載荷したが損傷なし
A3	幅0.5mm以下のスリットを入れたが、200万回破壊せず。ただし、スリットにそって局所的な角落ちが発生していた
A4	2本のスリットを入れて実験、200万回で破壊
A5	314万回まで異常なし。スリットを入れ、480万回まで載荷。スリットに沿う局所的角落ち発生
B1	85.8万回で完全骨材化破壊
B2	83.9万回で完全骨材化破壊
B3	200万回異常なし
B4	82.1万回で片側半分が破壊

沈澱した。

A供試体では、モルタル表面にひびわれを想定したスリットを入れたA3、A4、A5に図2に示すような部分的な骨材化現象が発生した。ただし、Aグループではコンクリート強度が高いため、損傷発生、破壊までの寿命は非常に大きかった。貧配合のB供試体のうち、B1、B2 供試体は、それぞれ85.8万回、83.9万回で完全に骨材化し破壊した。

これらの破壊の前兆である欠けや、ひびわれの発生位置はほぼ一定しており、アンカーボルト周辺部とひびわれ部である。よって、骨材化が起こったのは、ボルトとモルタルの接触面での付着切れがとひびわれが原因していると思われる。ひびわれに水が浸入すると、繰り返し荷重によって、モルタルに繰り返しの水圧が加わり、徐々に崩れていったものと推定できる。

変位の推移を表した図3からも分かるように、変位の低下の度合いは、一部の損傷が発生すると加速的に速まり、破壊につながっている。このことから、やはり、ひびわれ発生あるいは初期欠陥に水が浸入して、水環境下の疲労破壊が起こるものと思われる。

A供試体とB供試体を比較すると、相対的にA供試体の方が、B供試体よりも疲労強度は高い。これは、B供試体が圧縮強度が高い反面、水セメント比 27%という固練りのモルタルであったため、充填度が悪く、初期欠陥が存在し、そこに水がしみ込み易く、モルタル内部からの破壊が早まったと思われる。

破壊を起こした供試体につき、図4のS-N線図にプロットした。それに、比較のため、水環境

下で行われた既往のコンクリートの疲労実験結果^{1) 2)}を併記した。今回の実験結果はわずか4点で、かつ、ほぼ同じ点に集中したため、これらの結果のみからS-N曲線は求められなかった。しかし、松下および尾崎のコンクリートの結果の中間に位置し、S-Nデータは妥当なものである。傾きは、本結果をさむ2つの曲線の平均値を採用することにし、4点の平均値を通るS-N曲線を推定した。

実橋梁において、支承の水平力はアンカーボルトと下査突起部で受け持つように設計されているが、これらの金属が腐食し、支承に水平力が作用すると、これらの部位にひびわれの発生が容易に起こるであろう。さらに、施工不良等で接地面積が十分確保されていない場合、鉛直力によってモルタルには大きな支圧応力が発生する。さらに、支承の設置が不良の場合には過大な反力と水平力が発生し、損傷を早めるものと思われる。建設省制定土木構造物標準設計の橋梁をモデルにして、著者らが収集した自動車荷重特性を用いて支承反力のシミュレーション解析を行ったが、若干の充填不足があれば設計寿命中に疲労破壊することが認められた。このシミュレーション結果は紙面の都合上割愛した。

参考文献 1) 松下: 水中におけるコンクリートの圧縮疲労強度に関する研究、土木学会論文集第296号。

2) 尾崎ら: 水中におけるコンクリートの圧縮疲労強度、第6回コンクリート工学協会年次講演会論文集。

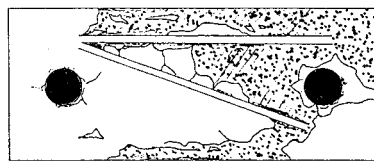


図2 表面の破損状況(A4)

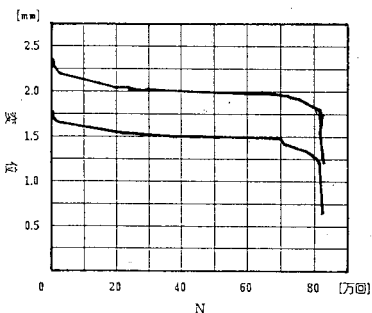


図3 変位の変化状況

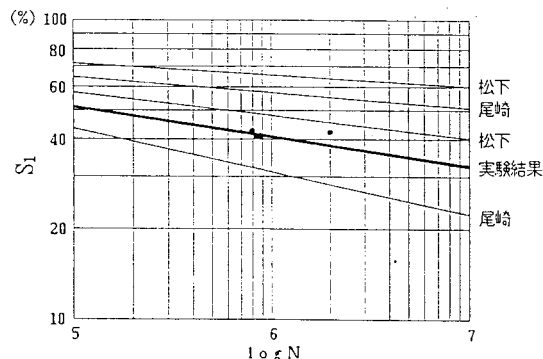


図4 S-N結果