

ASRにより劣化した道路橋床版からの切出し供試体による静載荷試験

国土開発センター 正会員 ○亀田 浩昭 大阪工業大学名誉教授 正会員 堀川都志雄
 大日本コンサルタント 正会員 原田 政彦 福井宇部生コンクリート 正会員 石川 裕夏
 金沢工業大学 正会員 宮里 心一 金沢大学 正会員 久保善司 正会員 榎谷 浩

1. 目的

道路橋床版の劣化現象は輪荷重走行の繰り返しによる疲労損傷の他にも、近年ではアルカリシリカ反応（以下、ASR と称す）による材料劣化に着目した研究も進められている。当初、ASR は下部構造等のマッシブな構造物で研究されていたが、変動応力の大きい床版構造で ASR 劣化の存在が確認され始めたのは最近のことであり、劣化が耐荷性に及ぼす影響も明らかにされていないが現状である。本研究では、実橋の ASR 劣化床版から供試体を切り出し、静的載荷試験を行うことでその耐荷性状を確認することとした。試験結果は弾性解と比較することでその劣化の程度を把握した。

2. 試験供試体と試験方法

試験供試体は ASR で床版が劣化し、打替えが実施された橋梁から切り出されたもので、現地で行った重錘落下による衝撃荷重載荷試験で得られたたわみの大きさから、損傷が進行していると判定された位置と劣化進行が比較的緩やかと判定された位置からそれぞれ 1 体、計 2 体を切り出した（前者を供試体 A、後者を供試体 B と称す）。切出し形状は 2.00×2.00m の正方形で、アスファルト舗装は除去している。本橋の床版には鋼板接着工法が施工されており、補強鋼板は現地ではく離させてから搬入した。はく離後の床版厚さは平均で供試体 A が 192mm で B が 173mm である。なお、切出し床版の切断面の鉄筋端部は、載荷試験の変形によるずれを防止するために丸ワッシャを溶接固定した。写真-1 は供試体 A を示したもので、床版上面のコンクリートはく離が顕著であり、部分的に鉄筋も露出し、切断面には水平ひび割れが多数認められる状況であった。



写真-1 試験供試体

押抜き試験の支持条件は丸鋼による回転可能な支間 1.80m の四辺単純支持とし、丸鋼上部の支点鋼板と供試体床版との接地部分にはセメントモルタルを敷設して、一様な荷重伝達が可能になるよう配慮した。試験は金沢大学が所有する(株)島津製作所製サーボパルサー4830型疲労試験機で行った(写真-2)。計測項目は変位計による床版下面のたわみと支点部の沈下である。載荷部の設置形状は 0.20×0.20m の正方形とした。



写真-2 試験装置

3. 弾性解によるたわみの計算

試験結果の評価として、3次元弾性論から誘導される厚板理論を用いて載荷時のたわみ変形を計算している。式(1)に基礎微分方程式を示す。

$$\Delta\Delta f_3 = 0, \quad \Delta\phi_3 = 0 \quad (1)$$

キーワード ASR, 劣化床版, 静的載荷試験, 3次元弾性論, 健全性

連絡先 〒924-0838 石川県白山市八東穂3丁目7番地 (株)国土開発センター TEL076-274-8816

ここに、 $\Delta = \partial^2 / \partial x^2 + \partial^2 / \partial y^2 + \partial^2 / \partial z^2$

変位関数 u, v, w と変位関数 f_3, ϕ_3 の関係は以下のように示される。

$$2\mu u = -\partial^2 f_3 / \partial x \partial z + \partial \phi_3 / \partial y$$

$$2\mu v = -\partial^2 f_3 / \partial y \partial z - \partial \phi_3 / \partial x$$

$$2\mu w = \frac{\mu}{\lambda + \mu} \left[\partial^2 / \partial z^2 + \frac{\lambda + 2\mu}{\mu} (\partial^2 / \partial x^2 + \partial^2 / \partial y^2) \right] f_3$$

ここに、 λ, μ : Lamé の定数

実際の計算ではフーリエ級数展開により解を得ている。ASR 劣化床版では内部に微細ひび割れが生じ、水平ひび割れも発生するため、荷重応答に関しては弾性体とは言えないものの、現実問題として終局まで供用されることが無いため、通行車両の荷重を考慮する範囲では本手法が適用できると考えて計算を実施した。

4. 静的荷重試験の結果

試験を実施した2体の供試体の静的荷重試験の結果を図-1、及び図-2に示す。劣化が進行していると現地で判定された供試体 A の終局時の荷重は 159.2kN で、比較的劣化が進展していない供試体 B のそれは 191.3kN であった。供試体 B の方が床版厚さは小さいものの、終局時の荷重は大きくなっており、その原因として ASR の劣化の程度が影響しているものと考えられる。ただし、両供試体ともに極端に小さな荷重で終局に至っており、ASR コンクリート劣化が耐荷性に及ぼす影響は無視できないものと考えられる。また、両供試体の特徴として破壊後の荷重の低下が顕著ではなく、荷重が低下しながら変位が増加した。

試験結果の評価のための計算に用いたヤング係数は引張り無視の状態とされる $E_c=14.0\text{kN/mm}^2$ と、実橋床版から得られた採取コアによる圧縮強度試験の試験結果から得られた $E_c=5.2\text{kN/mm}^2$ である。 $E_c=5.2\text{kN/mm}^2$ では床版天端から総厚の 1/3 の高さに水平ひび割れが発生して二層化した状態を想定した計算も実施した。図-1の供試体 A では荷重初期の 80kN までは二層化した状態に近似しており、ASR によるヤング係数の低下に加えてひび割れ進展が影響していることが確認できたものと考えられる。供試体 B では荷重荷重 70kN までは $E_c=5.2\text{kN/mm}^2$ の計算結果に近似しており、その後は緩やかに変位が増大する傾向となった。

5. まとめ

本研究では、ASR により劣化した床版からの切り出し供試体を用いて静的荷重試験を実施して、その耐荷性状を確認した。試験の結果からは、終局時の荷重が ASR 劣化により小さな荷重であったことと、終局後の荷重の低下が小さいことが確認された。さらに、弾性解析の結果との比較では、水平ひび割れによって二層化した状態に近似する結果となっている。ASR 劣化床版の耐荷性に関しては不明な点が多いという現状であったが、本試験の結果から耐荷性の低下を考慮する必要があることが示唆された。今後、さらに試験結果の詳細な検討を行い、ASR 劣化床版の耐荷性状を明らかにする予定である。

本研究は土木学会中部支部に設置された「ASR と輪荷重との複合作用による床版劣化の実態調査委員会」の活動成果であることを付記する。なお、研究の遂行に当たっては久富産業株式会社と川淵貴人氏（研究時金沢大学学生）からの多大なる協力があつた。ここに謝意を表す。

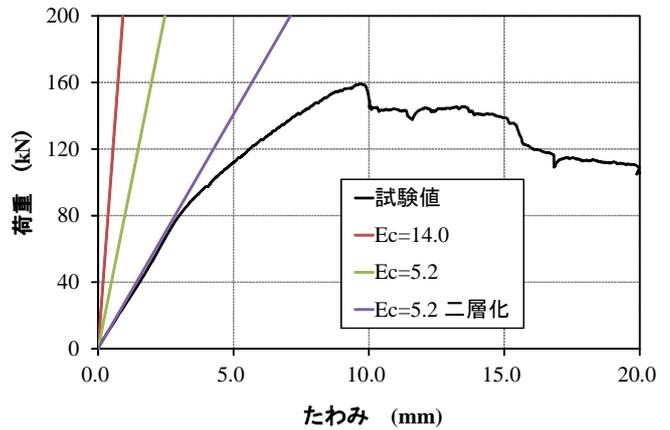


図-1 供試体 A の荷重-変位関係

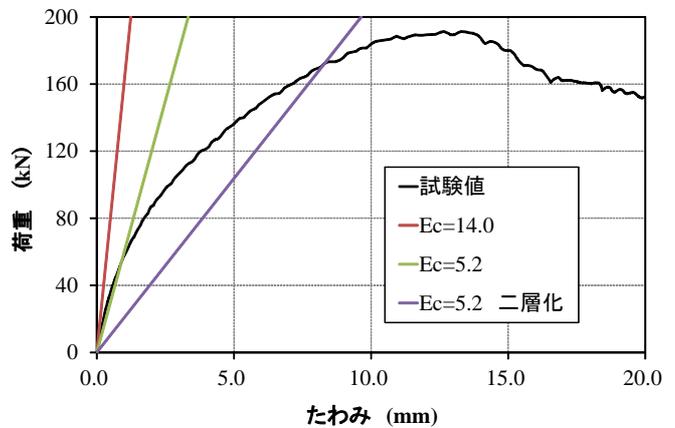


図-2 供試体 B の荷重-変位関係