

実橋より切り出した ASR 劣化床版の弾性挙動に関する基礎的検討

金沢大学 学生会員 市原 鴻 金沢大学 正会員 久保 善司
国土開発センター 正会員 横山 広 金沢大学 正会員 榎谷 浩

1. はじめに

道路橋のコンクリート床版の劣化は輪荷重の繰返しによる疲労が主な原因とされてきた。近年ではアルカリシリカ反応（ASR）など材料劣化による床版の劣化も報告されている。他方，材料劣化と疲労が複合した場合の床版の力学的性能は明らかにされていないのが現状である。本研究では，ASR による劣化が認められる実橋から切り出した床版供試体の静的載荷試験を実施した。載荷試験から得られた荷重-たわみ関係に対して，実橋から採取したコンクリートコアの強度試験結果に基づき，有限要素法による弾性解析を実施し，弾性範囲内の力学挙動における劣化の影響について検討した。

2. 検討概要

(1) 載荷試験

ASR により劣化した床版の打替え時に，橋梁から切り出したものを床版供試体とした。現地で行った重錘落下による衝撃荷重載荷試験¹⁾で得られたたわみの大小から，劣化が大きいと推定される位置と，劣化が比較的緩やかと推定された位置から計 2 体を切り出した（2m×2m）。床版 2 枚のうち ASR 劣化の大きいものを供試体 A，劣化の小さいものを B とした。表面はそれぞれ凹凸が見られるが，平均厚さは供試体 A が 192mm，B は 173mm であった。

四辺単純支持，支間 1.80m の条件下で床版中央 0.20×0.20m の正方形範囲に載荷し，床版中央，支点等の変位を測定した。床版を切り出す際にその周囲からコンクリートコアの採取も行った。

(2) ひび割れ幅，超音波伝播速度，圧縮強度試験

採取コアの ASR によるひび割れ進展程度を把握するため，採取コアのひび割れ幅をクラックゲージによって同定し，コアの円周を 5 分割する中心角 72° ごとに 5 箇所のひび割れ幅の総計を求めた

（図-1 参照）。コアの長さにはばらつきがあるため，5 箇所分のひび割れ幅の総計(mm)を平均し，コア長さ(mm)で除した単位長さあたりのひび割れ幅を求めた。また，コアの上面および下面に超音波端子を

設置し，超音波伝播速度を測定した。

床版の材料劣化を把握するため，採取コアの圧縮強度試験を行い，圧縮強度，静弾性係数，およびポアソン比を求めた。この試料から得られるヤング係数，ポアソン比に基づき，解析の際の材料パラメータを決定した。

(3) 有限要素法による弾性解析

汎用有限要素解析ソフト DIANA を用い，床版の鉄筋の影響を無視した連続な等方弾性体のコンクリート板として解析を行った。実際の床版供試体には ASR による微小ひび割れや表面の剥離が確認されるため，厳密には弾性体とは見なし得ない。しかし，弾性範囲内の挙動においては巨視的に弾性体とみなし，床版部材の剛性，すなわち，弾性係数を検討することが可能であるとして，上記の解析を適用した。

3. 実験結果および考察

(1) コアの外觀観察および超音波伝播速度

供試体 A および B 付近から採取したコア（コア A および B と略す）のひび割れ観察結果から，コア A の方がひび割れの長さ，幅ともに大きなものが多数確認された。単位長さあたりのひび割れ幅はコア A が 0.46%，コア B は 0.13% となった。ASR による劣化が進行していると推定されたコア A の方が，単位長さあたりのひび割れ幅は大きかった。超音波伝播速度は，コア A では 1840m/s，コア B では 2650m/s となり，劣化の進行が大きいコア A の方がコア B より小さかった。健全なコンクリートの超音波速度は，4000m/s 程度もしくはそれを上回る程度であり，いずれのコアも，これより大きく低下していた。ひび

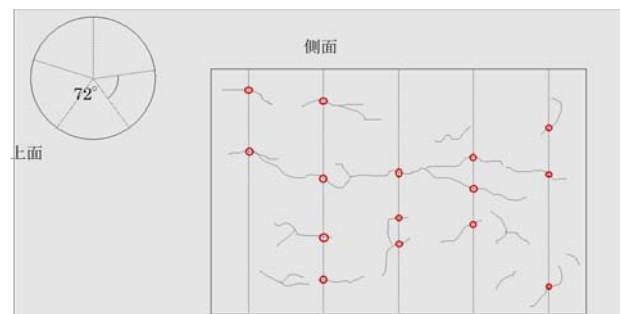


図-1 ひび割れ幅測定概要

割れ状況および超音波速度から、衝撃荷重試験結果と同様、コア A 付近の劣化進行程度が大きいことが確認された。

(2) 圧縮強度試験

圧縮強度と静弾性係数の関係を図-2 示す。図中には、健全なコンクリートの圧縮強度と静弾性係数の関係²⁾も併記した(実線)。いずれも健全なコンクリートを示す曲線から大きく乖離しており、ASR 劣化進行が大きいものと判断される。コア A の圧縮強度はコア B より小さく、静弾性係数はコア A の方が若干小さかった。圧縮試験から求めたポアソン比はコア A が 0.25、コア B は 0.17 であり、コア A のほうが大きくなった。ASR によって劣化したコンクリートは膨張量に伴って内部組織が弛緩しポアソン比が増加するとの報告もあるが³⁾、ばらつきなどを考えるとポアソン比の顕著な違いは認められなかった。

一連の結果からコア A、B はいずれも劣化進行が大きく、コア A の劣化はコア B より大きいものと考えられる。なお、コア採取位置の劣化進行の大小の関係は、現地での衝撃試験の結果と対応していた。

(3) 供試体載荷試験結果

劣化程度の大きいと推測された供試体 A の荷重-中央たわみ曲線を図-3 に示す。実験値とともに、解析結果も示した。実験値は、80kN までは概ね荷重とたわみの関係には線形関係が認められた。

図中の青線は採取コアの静弾性係数の下限値である 4.2kN/mm^2 を用い解析した結果であり、実験値はこれよりも剛性は小さく、コアの静弾性係数の下限値よりも小さい弾性係数に相当するたわみを生じていた。採取コアにおいては、概ね版厚程度の長さで抜き取られたものを強度試験に用いた。採取箇所によっては、ボーリング途中で分断が生じるものもあり、そのような箇所ではさらに小さい弾性係数を持つと考えられる。ただし、コア採取の際には鉄筋等による拘束応力が解放されるため、床版の内部にある状態と比べ強度低下が生じると考えられる。両者を考え合わせると、採取コアの下限値よりも大幅に小さくはならないと考えられ、解析に用いる弾性係数として採取コアの下限値程度、あるいはそれよりも若干低い程度が妥当であると判断した。

そこで、ASR による影響が顕著な部分では、断面

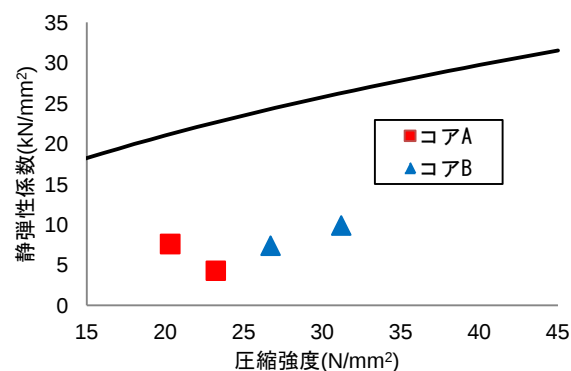


図-2 一軸圧縮試験結果

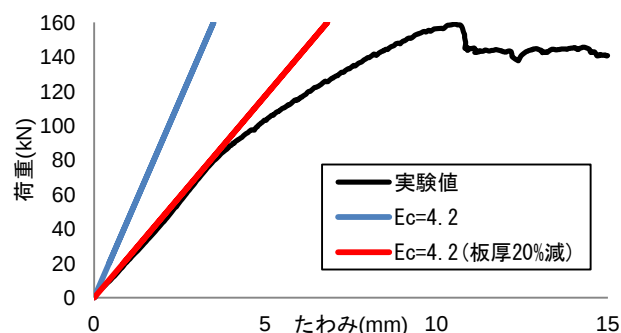


図-3 供試体載荷試験結果

力を負担できない箇所があると想定し、実験値と同程度の剛性となるよう解析モデルの板厚を 20%減じた結果が図中の赤線である。弾性的な挙動を示す範囲で、供試体 A の実験値と同程度のたわみを生じる弾性板の静弾性係数は 4.2kN/mm^2 、板厚は 20%減となる。したがって、劣化程度の大きい供試体 A では、ASR 劣化により大きな剛性の低下が生じているものと考えられる。

4. まとめ

コアの外観観察、圧縮強度試験等の材料試験の結果から切出し位置による劣化進行の相違が確認された。圧縮強度試験から求めた材料パラメータを用いて弾性解析によって評価した剛性よりも、載荷試験による実際の剛性はさらに小さかった。床版のような拘束条件においては、ASR 膨張が部材挙動に顕著な影響を与える可能性が示唆された。今後は、ASR 劣化が与える影響の詳細を明らかにする必要がある。

参考文献

- 1)横山広ほか：ASR により劣化した道路橋床版の重錘落下载荷試験による健全度評価，土木学会第 68 回年次学術講演会，2013. 9
- 2)土木学会：コンクリート標準示方書[設計編]，2012
- 3)中田正文，久保善司：骨材種類が ASR 劣化コンクリートの力学的性能および変形特性に与える影響，コンクリート工学年次論文集，Vol.33，pp.1055-1060，2011