FWDによる普通コンクリート舗装の健全性評価

国立研究開発法人土木研究所　正会員　○松本　健一　若林　由弥　渡邉　一弘　藪　雅行
石川工業高等専門学校　正会員　西澤　辰男

１．はじめに

コンクリート舗装の構造評価には FWD たわみの逆解析により弾性係数を求める手法が提案されているが、逆解析結果が不安定となる場合がある。本研究では、普通コンクリート舗装の版中央部と横断ひび割れ部で測定した FWD のたわみデータを用いて、普通コンクリート舗装の健全性を評価する手法を検討した。

２．検討工区

本研究では、検討対象工区として、直轄国道の普通コンクリート舗装工区を選定した（以下、直轄国道 A と称す）。表 1 にコンクリート舗装工区の概要を示す。直轄国道 A の普通コンクリート工区は全長 2,040m であり、平成 11 年から供用されている。このうち 2～4 工区を経年調査対象工区とし、路面調査や FWD による構造調査を平成 11 年、20 年、および 27 年に実施した。その結果、車両の走行安全性の面で支障となる損傷は発生していないものの、複数の個所で版中央部に横断ひび割れが発生していた。

表１　コンクリート舗装工区の概要

施工延長	1 工区：約 220m、2 工区：約 257 m、3 工区：約 655 m、4 工区：約 406m
横収縮目地間隔	10 m
幅員	上り：3.75m、下り：4.5m
縦目地	突合せ目地
舗装種別	普通ｺﾝｸﾘｰﾄ舗装
舗装構成	ｺﾝｸﾘｰﾄ版：30 cm、ｱｽﾌｧﾙﾄ中間層：4 cm 下層路盤：15 cm、路床：CBR 12 以上
設計交通量	N_7　(D 交通)
交通量 （平成 22 年度交通ｾﾝｻｽ）	15,794 台（24 時間　上下線） 大型車：4,977 台
盛土施工時期	昭和 62～63 年
施工・供用開始時期	平成 11 年

３．FWD によるたわみの測定

図 1 に FWD 測定における載荷位置とたわみ測定位置を示す。載荷荷重は 98kN とした。たわみの測定は載荷点および載荷点から 30～200cm 離れた位置で実施した。横断ひび割れ部の載荷においてはひび割れ部を跨いでたわみを測定した。

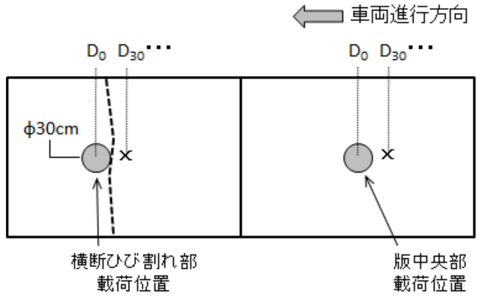

図１　FWD の測定位置

４．コンクリート版の評価

４．１　横断ひび割れ部の評価

図 2 に平成 27 年の測定データを用いて算出した横断ひび割れ部の載荷点たわみ D_0（49kN 換算）を示す。なお、図中の横軸は各工区の 1 枚毎の版を区別するために便宜的に定めた番号である。横断ひび割れ部の 49kN 換算 D_0 は最大で 0.18mm であった。横断ひび割れ部の版下の空洞存在の判定となる 0.4mm[1)]よりも小さいことから、空洞発生の可能性は低いと判定される。また、目視観察では横断ひび割れ付近にポンピング痕は存在していなかったことから、アスファルト中間層以下の層は健全な状態にあると考えられる。これらのことより、横断ひび割れはコンクリート版の疲労により発生したと推察される。

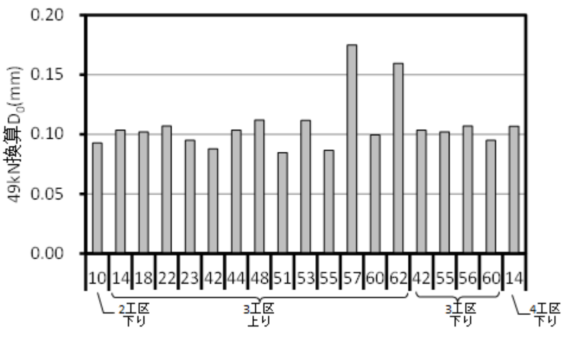

図２　横断ひび割れ部の 49kN 換算 D_0

４．２　限界たわみによる版の健全性評価

横断ひび割れの無い版の健全性評価は、中央部載荷点たわみと限界たわみの比較によって実施した。図 3 に評価

キーワード　コンクリート舗装、FWD、横断ひび割れ、限界たわみ
連絡先　〒305-8516　茨城県つくば市南原 1 番地 6　（国研）土木研究所　道路技術研究 G　TEL029-879-6789

フローを示す。供用開始時の各層の弾性係数をパラメータとし、JCA Pave3D を用いた FEM 解析による計算値と平成11年の2工区下りの版中央載荷時のたわみを比較して舗装の各層の弾性係数を推定した。両者が概ね一致する時の各層の弾性係数は、コンクリート版、アスファルト中間層、下層路盤、路床の順に 30000MN/m^2、5000MN/m^2、300MN/m^2、180MN/m^2 であった。図 4 に FEM 解析のたわみの計算値と実測値を示す。

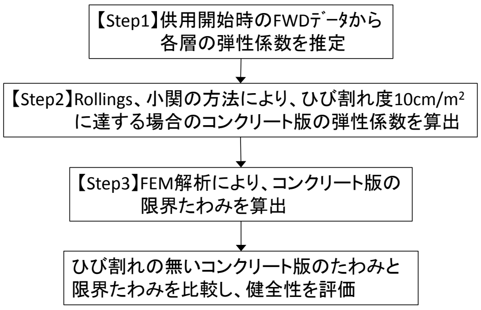

図 3　版中央部の健全性評価フロー

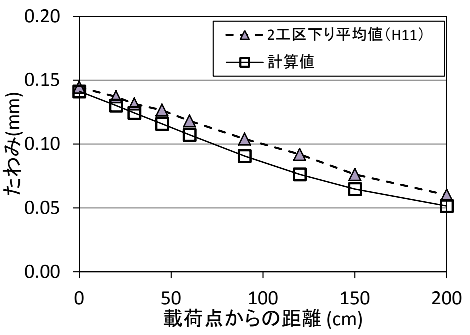

図 4　FEM による計算値と実測値（98kN 載荷時）

次に、Rollings[2), 3)]や小関 [4)]による考え方を参考に、版中央部の限界たわみを算出した。疲労に伴いコンクリート版の弾性係数が低下してひび割れ度が 10cm/m^2 に達する時点のたわみが限界たわみに相当すると考えた。これは当該工区のコンクリート版に横断ひび割れが 1 本発生する状況に概ね相当する。Rollings は種々の疲労試験を実施し、版の損傷状態により定めた指標である SCI(Structual Condition Index)を用いた式 1）で疲労によるコンクリート版の弾性係数の変化を表現できるとしている。ひび割れ度 10cm/m^2 の場合は SCI が 75 となることから、限界たわみに達する時のコンクリート版の弾性係数を 20000MN/m^2 に設定した。

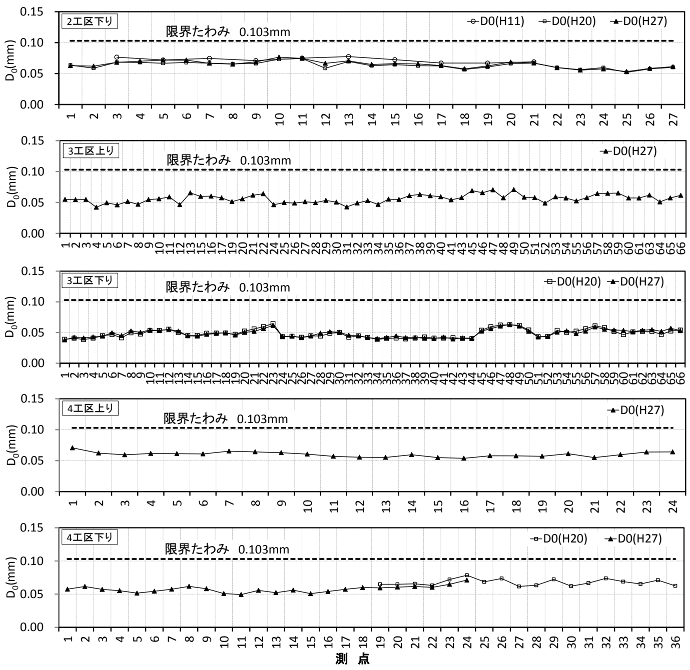

図 5　版中央部の 49kN 換算 D_0

$E_r = 0.02+0.0064 \times SCI+(0.0058 \times SCI)^2$　　式 1）

$E_r=E_{cr}/E_{in}$　ここに、　E_{cr}：ひび割れを生じた版の弾性係数　　E_{in}：ひび割れの無い版の弾性係数

FEM 解析を行ってコンクリート版の限界たわみを算出し、横断ひび割れの無いコンクリート版の版中央部のたわみと比較した。FEM 解析によって算出した限界たわみは 0.103mm であった。図 5 に各工区のひび割れの無い版中央部の 49kN 換算 D_0 を示す。49kN 換算 D_0 はいずれも限界たわみよりも小さく、健全な状態であると考えられる。また、図 2 の横断ひび割れ部の 49kN 換算 D_0 の平均値は 0.107mm であり、限界たわみと概ね一致した。このことは、本手法がコンクリート版の健全性の評価手法として有効であることを示唆している。

５．まとめ

供用開始時や経年調査時の FWD 測定データより算出した限界たわみによってコンクリート舗装の健全性評価を実道で試行した結果、版疲労時のコンクリート舗装の健全性を評価する手法として活用できる可能性を見出した。

【参考文献】

1)　日本道路協会：舗装の維持修繕ｶﾞｲﾄﾞﾌﾞｯｸ 2013、pp.49-50

2)　R.S.Rollings,and M.W.Witczak：Structural Deterioration Model for Rigid Airfield Pavements, Journal of Transportation Engineering, ASCE,Vol.116,No.4,pp.479-491,1990.

3)　R.S.Rollings,and M.W.Witczak：Design of Rigid Overlays for Airfields, Journal of Transportation Engineering, ASCE, Vol.116,No.4, pp.492-506,1990.

4)　小関他：FWD たわみに基づくｺﾝｸﾘｰﾄ舗装の構造評価に関する一検討、土木学会舗装工学論文集、第 3 巻、pp.85-92、(1998)