

## 福島県沿岸部における小型 FWD を用いた簡易な路面下空洞評価方法の検討 A Simple Cavity Evaluation Method under Road with Portable FWD in Fukushima Coastal Area

○竹内 康<sup>1</sup>, 城本政一<sup>2</sup>, 林 寛親<sup>1</sup>, 岡澤 宏<sup>1</sup>, 緑川兼広<sup>3</sup>

Y. Takeuchi, M. Jomoto, M. Hayashi, H. Okazawa and K. Midorikawa

### はじめに

東北太平洋沖地震では、中越地震のときと同様に舗装下に埋設された上下水管の埋め戻し砂の小規模な液状化等によって、路面陥没やマンホールの隆起などが生じた。ところが、路盤下に空洞が生じていたり、表・基層が厚かったりする場合には、早期に路面陥没等の損傷が生じないことがある。このような箇所は被災地の広範囲にわたって分布していることが予想され、後々重大な事故を引き起こす道路の陥没の原因となり得るものであり、早期の発見が望まれる。このようなことから、本研究では福島県南相馬市の集落排水管が埋設されている軽交通道路の路面陥没等の変状が確認されていない箇所でも小型 FWD 試験および地中レーダ探査を実施し、これらを併用した路面下空洞評価方法について検討した。

### 調査対象地および調査概要

調査対象は、南相馬市鹿島区の南屋形・西原地区を通り、国道 6 号線と県道 266 号線を結ぶ 2 車線の軽交通道路である。調査地は図-1 に示す通りで、国道 6 号線に向かって左車線側に集落排水管が埋設され

ており、右側車線には埋設管等の存在を示すものは無く、陥没等の異常は見られなかった。本研究では、2011 年 11 月 25 日に下水管理設側の車線と対向車線で路面下の状況を電磁波レーダで検査するとともに小型 FWD 調査を実施した。なお、小型 FWD の載荷半径は 5cm、載荷重は平均で 9000N であった。

### 空洞評価法

地中レーダを用いた路面下空洞探査では、地中埋設物等の異物による反射信号を空洞と誤認するなど、測定精度に問題が生じる場合がある。一方、FWD では、空洞によって測定たわみが大きくなるため、支持力低下を誤認することは極めて少ないが、舗装内部の構造的損傷を特定することは難しい。そこで本研究では、これらの測定法の弱点を補うために地中レーダの反射波に異常が認められた場合に FWD を用いて異常領域およびその周辺領域の舗装の支持力を測定し、異常領域でのたわみが周辺領域に比べて大きい場合に舗装構造内部に空洞が存在するものと判定することとした。なお、判定基準値は Burnister 理論によって求めることとした。

### たわみ判定規準値の算出法

井上ら(1991)によると、同一構造で層厚や材料定数のバラツキ、測定誤差によって測定たわみから逆解析される層弾性係数の変動係数 C.V. は、アスファルト混合物層で 24~45%、路盤層で 12~17%、路床で 1.5~3% としている。この結果を用いると、測定たわみの平均値  $f_m$  と標準偏差  $\sigma$  が既知であれば、信頼度  $R$  に応じた係数  $k$  を用いて式(1)により信頼度を考慮したたわみの上・下限値  $f_k$  を求めることができる。

$$f_k = f_m \pm k \cdot \sigma \quad (1)$$

同一路線の陥没箇所での目視観察より舗装構造は表層厚 8cm、クラッシュラン路盤厚 25cm、調査時の路面温度は 6°C であった。路面温度より舗装設計便

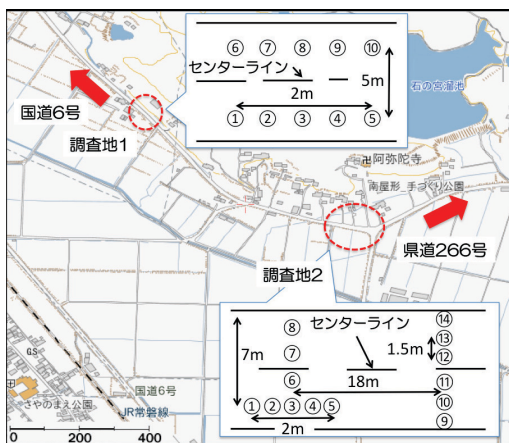


図-1 調査地概要 (日本地理学会電子地図を引用)

1 東京農業大学 Tokyo University of Agriculture, 2 大成ロテック(株) Taisei Rotec Corporation, 3 福島県 Fukushima Prefecture

Key Words: 震災復興, 路面下空洞, 小型 FWD, 地中レーダ探査

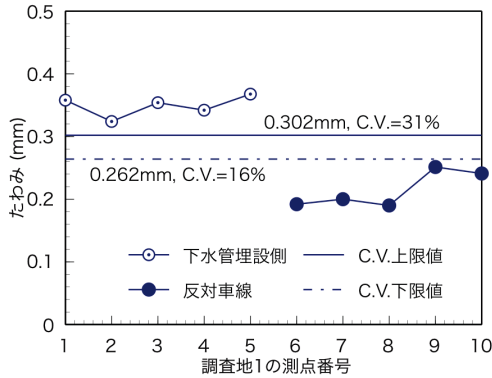


図-2 調査地1での測定結果と解析結果

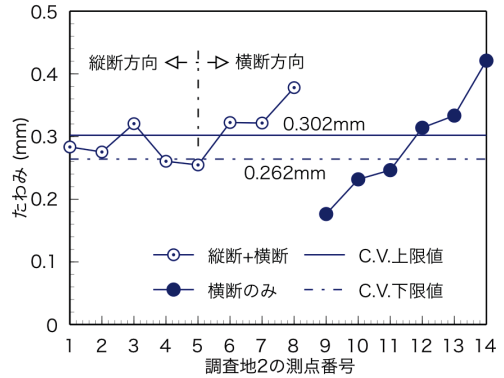


図-3 調査地2での測定結果と解析結果

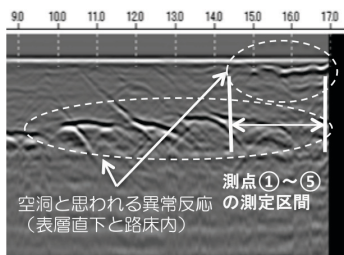


図-4 地中画像 (調査地1)

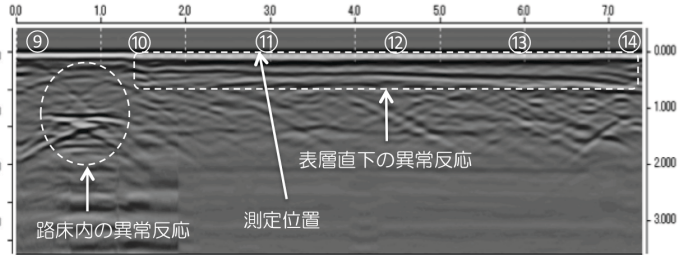


図-5 地中画像 (調査地2の横断方向)

覧 (日本道路協会, 2006) にしたがひアスファルト混合物層の弾性係数を求めると 11400MPa, 路盤層の弾性係数は舗装設計便覧の標準値 200MPa, 路床弾性係数は健全部での測定たわみ (0.217mm) と解析たわみが概ね一致する 80MPa とし, これらを平均値  $f_m$  とした. また, たわみの判定基準値 (上限値) は, アスファルト舗装設計の信頼度の上限値を参考に  $R=90\%$  ( $k=1.28$ ) として式(1)から各層の弾性係数の下限値を算出し, これらを用いて *Burnister* 理論から算出されるたわみを上限値とした.

#### 調査・解析結果

小型 FWD による調査・解析結果を図-3, 4 に, 地中レーダによる調査結果を図-4, 5 に示す. 図-3, 4 の C.V.上・下限値は, 井上らが求めた各層の弾性係数の変動係数の上限値と下限値を用いて求めた結果であり, 測定たわみの平均値 0.217mm に対する C.V. はそれぞれ 31%, 16% であった. なお, 調査地 2 では下水管理設路線以外でも広範囲にわたって支持力低下が認められ, 健全部を判定し難かったことから, 健全部のたわみは調査地 1 での測点⑥～⑩での平均値とした.

これらの結果より調査地 1 では下水管理設側の測

点①～⑤でのたわみは C.V.=31%の上限値を上回っていることがわかる. この結果と図-4 の地中画像を見比べると, 測定部の表層直下に空洞らしき異常反応があることがわかる. また, この調査箇所に関しては, 目視によって空洞を確認できた. 次に, 調査地 2 の地中画像を見ると広範囲にわたって表層下に異常反応が確認できるが, 図-3 と比較すると地中画像の異常反応箇所の全てが支持力低下箇所ではないことがわかる.

以上の結果より, 地中レーダのみを用いた場合には更に詳細な画像データを収集しなければならないが, FWD 調査を組み合わせることで異常箇所を容易に把握できることがわかった. しかし, 調査地 2 では直接的に空洞を確認していないこと, 日程的制約から異常箇所検出に主眼を置いた調査であったため, 健全箇所のデータが少なく, 測定たわみの変動係数を十分に検討できなかったことから, 今後も調査を続けて支持力低下と路面下空洞との関係を明らかにし, 被災地復興に役立てていきたい.

**参考文献** 井上武美・松井邦人・三瓶辰之 (1991) : 舗装の逆解析において層弾性係数の推定に影響を及ぼす因子とその影響度の検討, 土木学会論文集, No.433/V-15, pp.177-185, 日本道路協会 (2006) : 舗装設計便覧平成 18 年版