

路面の動的たわみ計測への OCM の適用について

舗装 現地調査 載荷試験 空洞調査 OCM
FWD

(一財) 建設工学研究所
大阪大学
東亜道路工業(株)
地球観測(株)
神戸大学

正 ○中西 典明
国 小泉 圭吾
正 塚本 真也
福田 芳雄
国 澁谷 啓

1. はじめに

近年、各所において路面陥没事故が発生しており、これらを防止するため道路管理者はレーダー探査による空洞調査を実施している。調査で空洞が確認された箇所については、スコープによる詳細調査および補修作業が実施されているが、レーダー探査によって発見される空洞箇所は膨大であることから、より簡易に補修作業の優先度を評価する手法が求められている。現状の空洞の陥没危険度は、形状と空洞の土被りでランク付けされているが、空洞上部路面の輪荷重に対する耐力を力学的に評価したものではない。これに対し、FWDを用いて空洞上部に重錘を落下させた際の路面の変位量と空洞部の路面耐力の関係性から、路面の健全度を評価する手法が提案されている¹⁾。この手法を用いれば対象路面の健全度を精緻に評価することが可能である一方、計測時に道路を占用する必要がある、全ての路面下空洞の健全度を当手法のみで評価するには限界がある。

そこで本研究では安価なCCDカメラを用いて変位を高精度に検出可能なOCM(Orientation Code Matching)に着目し、OCMによる路面のたわみ計測手法について検討を行った²⁾。筆者らは道路端部、或いは歩道にカメラを設置し、走行中のトラック等の輪荷重から路面変位を検出することを最終目的とし、本研究ではOCMでの計測結果から推定したたわみ曲線をFWDによる結果と比較することでその有用性を検証した。

2. OCM による路面変位計測の精度確認

2.1 実験概要

FWDで発生させた舗装のたわみに対し、FWDの計測結果を基にOCMの計測精度を評価する。図-1はFWDを用いたたわみ曲線の計測概要を示している。この装置は重錘を落下させることで発生する舗装表面のたわみ量を複数点で同時に計測することでたわみ曲線を求めることができる。図-2に計測概要、表-1に評価項目を示す。カメラは3m、4mの位置に設置し、載荷板から300、450、600mm地点を計測対象とした。衝撃荷重はFWDで一般的に用いられている5tf、7.5tf、10tfとし、各条件で3回計測を行った。OCMの解析から得られる3点のたわみ量を基にたわみ曲線を推定し、FWDで計測された載荷板直下のたわみ量と比較することで精度評価を行った。

2.2 結果

図-3、図-4はカメラ位置を変化させた際の衝撃荷重5tfで得られたOCMとFWDのたわみ量およびたわみ曲線の一例を示している。図-3より、カメラ位置が3mのケースでは300、450、600mm地点の解析結果はいずれもFWDとよく一致している。載荷板直下のたわみ量についてもOCMが1214 μ m、FWDが1267 μ mと精度よく推定できている。衝撃荷重

7.5tf、10tfについても同様の結果が得られた。次に図-4より、カメラ位置が4mのケースでは300、450、600mm地点の解析結果はいずれもFWDと概ね一致している。載荷板直下のたわみ量についてもOCMが1271 μ m、FWDが1309 μ mと精度よく推定できていることがわかる。衝撃荷重7.5tf、10tfについても同様の結果が得られた。図-5はカメラ位置が3mおよび4mにて計測したFWDに対するOCMの解析結果を示したグラフである。FWDの計測結果を真値とすると、カメラ位置4mに比べて3m

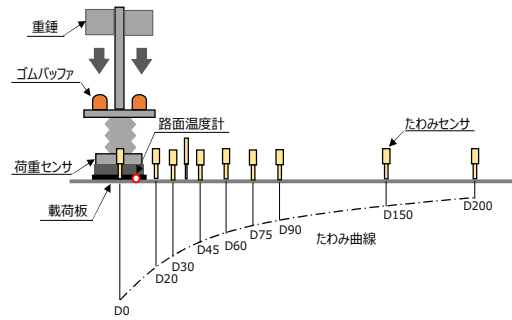


図-1 FWD によるたわみ計測

表-1 計測諸元

計測諸元	
1. 距離(m)	3,4
2. 衝撃荷重(tf)	5,7.5,10
3. 測定回数(回)	3

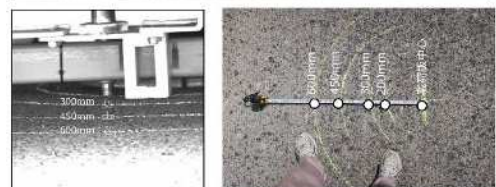


図-2 計測概要

Application of OCM(Orientation Code Matching) for
Dynamic Pavement Surface Deflection

Nakanishi N, (Construction Engineering Research Institute), Koizumi K., (OSKA Univ.), Tsukamoto S (Toa Road Corporation.), Fukuda Y.(EARTH WATCH Co.Ltd.), Shibuya S.(Kobe Univ)

の方が正確度および精度とも高い結果となった。ただしFWDのたわみ量に対してカメラ位置3mで最大12%、4mで最大27%程度の誤差を含むことが確認された。

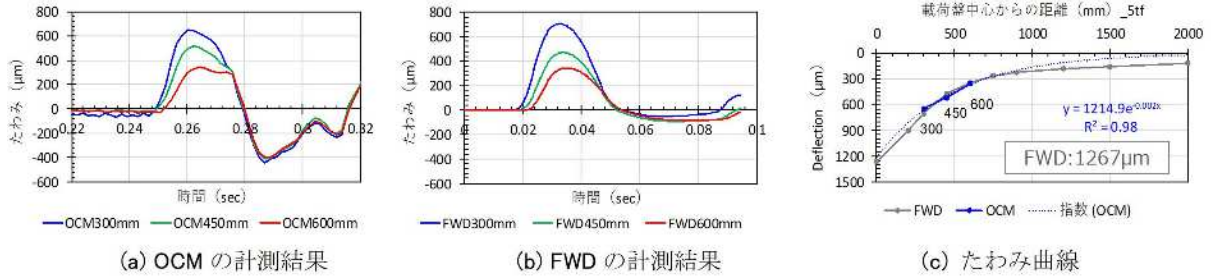


図-3 3m地点におけるOCM, FWDから得られたたわみ量およびたわみ曲線

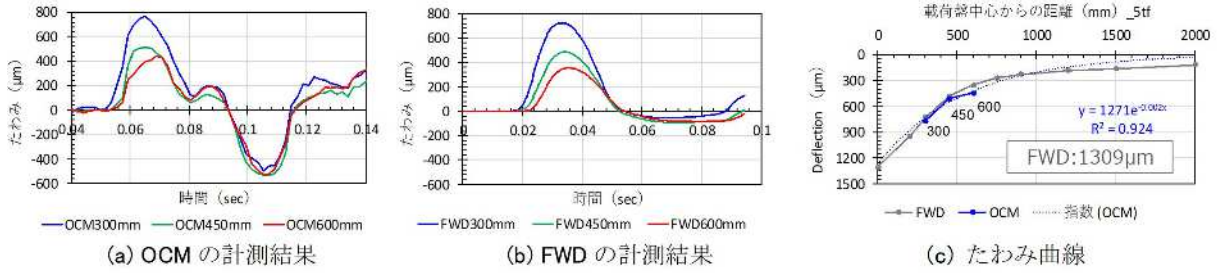


図-4 4m地点におけるOCM, FWDから得られたたわみ量およびたわみ曲線

3. OCMを用いた輪荷重による路面変位計測

神戸市において、レーダー探査車によって確認された路面下空洞上を車両が通行する際の路面変位をOCMで試験的に計測した。計測は空洞上の計測点から約4mの位置にカメラを設置し、車両が計測点近傍を通過する際の路面変位量を計測した。図-6に計測状況、図-7に計測対象車両(例)、図-8に計測画像を示す。

計測期間に通過した比較的大型の車両4台を計測し、1台の路面変位を計測することができた。図-9に計測結果を示す。輪荷重による約80 μmの変位を計測し、通行車両の輪荷重による路面の動的変位をOCMで計測可能であることを確認した。

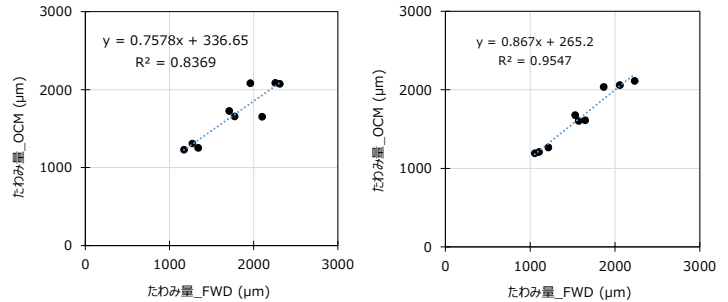


図-5 FWDに対するOCMのたわみ量推定結果



図-6 計測状況



図-7 計測対象車両(例)

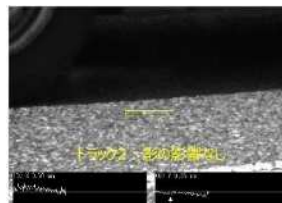


図-8 カメラ画像

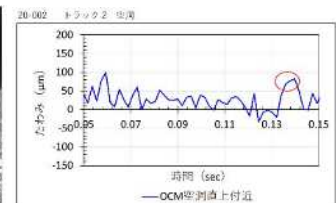


図-9 OCMによる計測結果

4. まとめ

OCMの計測精度を評価した結果、カメラ位置3mおよび4mのケースにおいてFWDで得られるたわみ曲線およびたわみ量を概ね推定出来ており、特に3mの条件下における推定精度が高いことが確認された。この要因として、カメラ解像度やカメラと対象との角度の影響などが考えられるが、詳細については今後の課題である。また、今回の推定には指数近似を用いたが、必ずしも最適でないケースもみられたため、今後どの程度の誤差を許容するかという議論も併せて検討する必要がある。今回のOCMでの車両荷重による路面変位計測では、対象車両の重量が小さかったため、路面変位を明確にとらえることが困難であった。今後、大型車両を荷重載荷用に準備することも検討することが必要である。

参考文献: 1) 塚本 真也, 澁谷 啓, 梅田 隼, 白 濟民: 道路表面のたわみ測定による陥没危険度評価方法の開発. 基礎工, pp. 40-42, 2019. 12.

2) 小泉圭吾, 中西典明, 福田芳雄, 梅田 隼, 澁谷啓: OCMによる路面のたわみ計測手法に関する検討, 土木学会第76回 年次学術講演会, 2021. (予定)

謝辞: 本研究の一部は(公財)昭瀝記念財団の研究助成によって行われた。また、輪荷重を対象としたOCMによる路面変位計測では、神戸市の助力を頂いた。ここに記して深甚の謝意を表す。