

車両荷重による路面の動的たわみの計測について

舗装 現地調査 載荷試験 空洞調査 OCM
FWD アセットマネジメント

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

正 ○中西 典明
国 小泉 圭吾
正 塚本 真也
正 梅田 隼
国 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。

神戸市では、令和2年度に延長129km、令和3年度に延長102kmの路面下空洞調査を行い、令和2年度に275箇所、令和3年度に375箇所の異常箇所を検出している(図-1)。図-1に示す異常箇所のうち緊急度の高いAランク空洞は各調査年度中に補修されたが、Bランク、Cランク空洞は、スコープ調査で空洞形状を詳細に調査し、グラウト充填等の対策を次年度以降に実施することとしている。

筆者らは、大量のB、Cランク空洞の補修を単年度で実施することは困難であり、合理的な指標に基づき優先順位を決めて戦略的に補修を進める方法として、空洞上に載荷した際の路面のたわみ量を用いて空洞補修の優先度決定する手法を提案している¹⁾²⁾³⁾。既往研究では、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空洞の力学的な耐力差の評価が可能であることを確認した。また、より簡易な路面たわみ量計測手法として、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い、²⁾路面のたわみ量をOCMで計測可能であることを確認している。

本研究では、経済的で簡易な計測手法として輪荷重を載荷荷重とし、OCMを用いて路面たわみ量を計測する手法について検討した。

2. OCMによる路面変位計測の精度確認

2.1 実験概要

表-1に示す3箇所の異常箇所に対し、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-2に計測概要を示す。FWD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。OCMでは、載荷板から200, 300, 450, 600mm離れた地点のFWDで発生した路面たわみを計測した。カメラで直接観測できない、載荷点直下の路面たわみ量D0は、OCMで得られる4点の計測値から外挿して推定し、FWDでの計測値と比較して精度評価を行った。異常箇所26-14にFWDで75kNの載荷を行った際のFWD計測結果(図-3)、OCMでの計測結果(図-4)、FWDとOCM計測値によるたわみ形状(図-5)を示す。

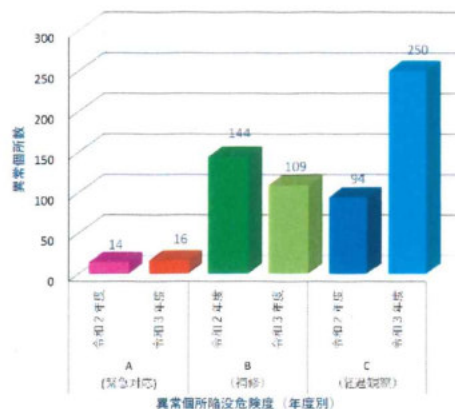


図-1 神戸市における空洞調査結果



写真-1 OCMによるたわみ計測状況

表-1 計測対象異常箇所

路線No.-異常箇所	車線	空洞規模				陥没危険度(一次)
		縦断方向(m)	横断方向(m)	発生深度(m)	空洞厚(m)	
26-014	1車線	1.8	1.1	0.8	-	C
26-015	1車線	1.2	1.6	0.2	-	A
26-016	1車線	1.30	0.90	0.35	0.04	B

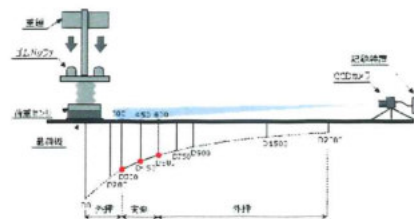


図-2 計測概要

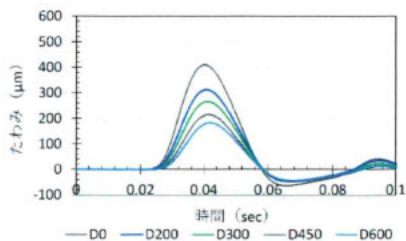


図-3 FWD計測結果

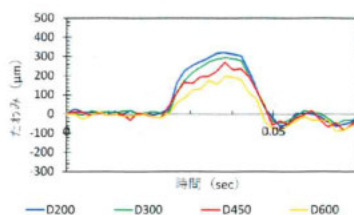


図-4 OCM計測結果

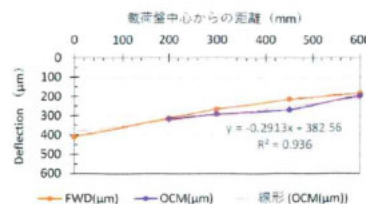


図-5 たわみ形状

Application of OCM (Orientation Code Matching) to Measure Dynamic Pavement Surface Deflection due to Traffic Loading

Nakanishi N, (Construction Engineering Research Institute), Koizumi K., (OSAKA Univ.), Tsukamoto M., Umeda J (Toa Road Corporation.), Fukuda Y. (EARTH WATCH Co.Ltd.), Shibuya S.(C.E.R.I)

2.2 OCMの計測精度

今回、計測対象とした3箇所の異常箇所において、FWDでの計測結果に対するOCMでの計測結果の荷重中心からの距離毎の精度を比較した。図-6、図-7に26-14の計測結果を示す。荷重は空洞中心と中心から2m離れた健全部で実施し、表-2に結果を整理した。OCMで直接計測したD200~D600の範囲では、標準偏差から、荷重点直近のD200の精度が最も高く、荷重点から遠くなるほど精度が低下する傾向にあることがわかる。一方、推定値であるD0は、荷重点から遠い点の計測精度の低さが影響し、若干精度が悪い。これは、OCMでのたわみ量計測精度が、たわみ量の小さい範囲で低下することに起因すると推定するが実用上は問題ないと言えよう。

表-2 OCMによる各計測点での路面たわみ量計測精度

箇所	空洞部/健全部	荷重	FWD D0(μm)	誤差				
				D0	D200	D300	D450	D600
26-14	空洞部	50kN	410.1	7%	-2%	-10%	-26%	-7%
	空洞部	75kN	514.8	10%	-3%	-16%	-11%	-30%
	健全部	50kN	177.7	-29%	-33%	-36%	-64%	-42%
	健全部	75kN	234.5	21%	5%	-10%	-20%	-44%
26-15	空洞部	50kN	344.2	-33%	-7%	18%	10%	11%
	空洞部	75kN	454.0	-7%	5%	12%	4%	4%
	健全部	50kN	95.6	-65%	-	0%	6%	67%
	健全部	100kN	197.7	-21%	-21%	-48%	-49%	-69%
26-16	空洞部	75kN	433.9	10%	3%	0%	-	-16%
平均(%)				-12%	-7%	-10%	-19%	-14%
誤差の標準偏差				26	13	20	25	37

3. OCMを用いた輪荷重による路面たわみ計測

表-1の異常箇所26-14に対し、路面下空洞上とその近傍の健全部で輪荷重による路面変位をOCMで計測した(写真-2)。使用車両は4tダンプトラックで、土砂を満載して総重量8tとした。その際の軸重は、表-3の通りで、後輪1輪当たりの輪荷重は25kNである。

空洞部および健全部の輪荷重による路面たわみ量計測結果を図-8、図-9、最大たわみ量を表-4に示す。OCMでのたわみ量増加率が、FWDでの値よりもやや大きい。空洞部と健全部の違いが明確に表れている。

表-4 FWD荷重とダンプトラック荷重による路面たわみ量比較

計測方法	荷重種別	載荷荷重	最大たわみ量(μm)		たわみ量増加率 D _h /D _o
			空洞部(D _h)	健全部(D _o)	
FWD	FWD(50kN)	50kN	410.1	177.7	231%
	FWD(75kN)	75kN	514.8	234.5	220%
OCM	ダンプトラック	25kN	222	80	278%

4. まとめ

空洞部のたわみ量を健全部のたわみ量を比較するため、各異常箇所の空洞部の路面たわみ量を空洞周辺の健全部路面たわみ量で割った値である「路面たわみ量増加率」を計算した。この路面たわみ量増加率が大きいほど空洞部の強度低下が大きいと考えられる。表-5に示すとおり、陥没危険度ランクと路面たわみ量増加率の大小に相関が見られ、「たわみ量増加率」の陥没危険度評価指標としての適用性が期待される。

今回、健全部と空洞部での路面たわみ量をOCMで計測できたことから、走行車両の輪荷重を載荷荷重として路面のたわみ量を計測する手法の陥没危険度評価への適用性が認められたと考える。

載荷重 (kN)	計測箇所	陥没 危険度	載荷中心からの距離 (mm)				
			0	200	300	450	600
50	26-14	C	2.31	1.95	1.80	1.61	1.49
	26-15	A	3.60	3.57	3.53	3.31	3.14
75	26-14	C	2.20	1.85	1.71	1.52	1.41
	26-16	B	-	-	-	-	-

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回年次学術講演会講演集, 2021. 9

3) 中西 典明, 小泉 圭吾, 塚本 真也, 福田 芳雄, 澁谷 啓:路面の動的たわみ計測へのOCMの適用について, 第56回地盤工学研究発表会発表講演集, 2021. 7

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、路面たわみ量計測では、神戸市の助力を頂いた。ここに記して深甚の謝意を表す。

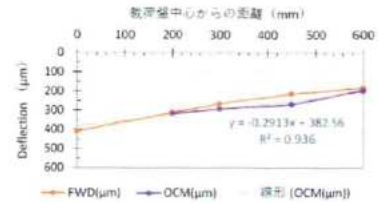


図-6 たわみ形状(空洞部 50kN)

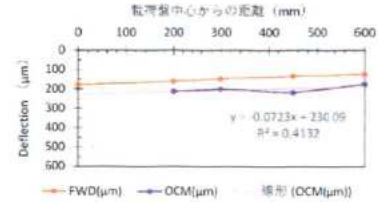


図-7 たわみ形状(健全部 50kN)



写真-2 輪荷重によるたわみ計測状況

表-3 輪荷重

前輪軸重 (kg)	後輪軸重 (kg)	車両総重量 (kg)
2,900	5,120	8,000

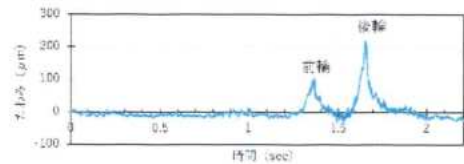


図-8 輪荷重による路面たわみ量(空洞部)

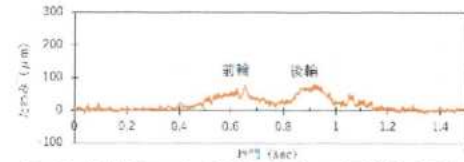


図-9 輪荷重による路面たわみ量(健全部)