

## 5. 歩道における埋戻し評価方法の基礎的検討

### Fundamental Examination about Evaluation of a Backfill Method of Construction in the Sidewalk

技術調査課 小林一雄 大野正宏(現第二建設事務所)

#### 1. はじめに

道路掘削占用工事における埋戻し工法は、道路占用工事要綱で定められており、道路陥没の発生抑制や掘削発生土の再利用等を目的として、昭和63年に「道路掘削占用工事に伴う埋戻し工法検討委員会」を設置して、各種の検討を行い、道路占用工事要綱(以後要綱という)の改正を行ってきた。

平成3年4月1日告示第393号で良質土の品質及び品質管理基準が制定された。

しかし、即日復旧が前提の既設歩道上での小規模な占用工事では、掘削土の事前判断ができず、良質土の品質基準はあるが、実質的には使用されていないのが現状である。

そこで、埋戻し材購入費の削減によるコスト縮減や掘削土運搬の削減による排気ガス、振動、騒音等の環境負荷の低減及び工期短縮などを目的として、次の方針に基づき歩道上での占用工事の許可条件を検討した。

①沈下等の支障があって占用工事をする箇所は除いて、現状で支障のない箇所での掘削土については、品質管理基準を除外し、占用企業者の目視判断に任せる。

②工期短縮を考慮し、施工管理基準を除外して舗装面での性能確認が可能な許可条件とする。

検討するに当たり、占用企業者が歩道における掘削土による埋戻しの試験施工を平成17～19年度に年間50箇所程度行い、良質土としての土質試

験と現行の施工管理試験及び3年間の沈下量調査を行うことになった。

施工直後と3年後の沈下量で許可条件を検討することとなるが、沈下量は、交通荷重のない歩道では時間のかかる検証である。

そこで、掘削影響範囲外(埋設管上から歩道の横断方向へ掘削深さ分だけ離れた地点)と管上の舗装面で小型FWDによるたわみ量調査を行い、両者のたわみ量を比較することによって施工状態を評価する方法について検討を行ったので報告する。

#### 2. 調査箇所の概要

##### (1) 調査箇所

調査箇所は、占用企業者5企業で50箇所を予定していたが、今回の調査に間に合ったのは8箇所であり、調査箇所一覧表を表-1に示した。

表-1 調査箇所一覧

箇所No.	路線名	試行箇所	工事規模		測点数	
			口径(mm)	延長(m)	沈下量	小型FWD
1	新青梅街道	中野区鷺宮6-31	100	23	3	10
2	富士街道	西東京市富士町2-7	50	20	3	7
3	新青梅街道	東大和市蔵敷3-855	75	150	15	46
4	町田街道	町田市小川1599-1	75	105	3	35
5	足立川口線	足立区鹿浜5-31	200	35	3	10
6	瀬田貫井線	世田谷区赤堤3-3	50	58	3	21
7	井の頭通り	杉並区浜田山3-13-10	150	75	3	30
8	音羽池袋線	豊島区東池袋5-2	100	47	3	16
9	外苑東通り	新宿区信濃町9	-	-	0	40
合計			-	513	36	215

表-2 東京都における良質土の基準

試験項目	基準値	試験頻度
土質区分	砂又は砂質土	同一土質について 3個以上
75 $\mu$ mふるい通過質量百分率	25%以下	
CBR	3%以上	

表-3 各箇所の良質土の基準との比較結果

路線区分	良質土の基準値との比較結果			適否
	土質区分	75 $\mu$ mふるい通過質量百分率	CBR	
No.1 中野区鷺宮	粘土混じり砂	8.1 $\leq$ 25.0	13.7 $\geq$ 3	適
No.2 西東京市富士町	礫混じり砂質シルト	70.1 $\geq$ 25.0	2.2 $\leq$ 3	否
No.3 東大和市蔵敷	粘性土混じり砂質礫	9.6 $\leq$ 25.0	61.2 $\geq$ 3	適
No.4 町田市小川	砂礫質シルト	53.0 $\geq$ 25.0	1.9 $\leq$ 3	否
No.5 足立区鹿浜	細粒分混じり砂質礫	12.5 $\leq$ 25.0	20.0 $\geq$ 3	適
No.6 世田谷区赤堤	礫質混じり砂質シルト	63.7 $\geq$ 25.0	0.4 $\leq$ 3	否
No.7 杉並区浜田山	粘性土混じり砂質礫	14.8 $\leq$ 25.0	48.5 $\geq$ 3	適
No.8 豊島区東池袋	粘性土質礫質砂	28.3 $\geq$ 25.0	2.3 $\leq$ 3	否

表-4 各箇所の建設発生土の土質区分結果

路線区分	土質区分基準との比較結果			
	細区分	コーン指数	土質材料の工学的分類	含水比
		qc (kN/m <sup>2</sup> )	中分類	
No.1 中野区鷺宮	第1種	1859.6 $\geq$ 800	砂 [S]	10.0
No.2 西東京市富士町	第1種	3017.9 $\geq$ 800	シルト [M]	52.6
No.3 東大和市蔵敷	第1種	5230.6 $\geq$ 800	砂礫 [GS]	4.7
No.4 町田市小川	第1種	1859.6 $\geq$ 800	シルト [M]	39.0
No.5 足立区鹿浜	第1種	5982.4 $\geq$ 800	砂礫 [GS]	13.0
No.6 世田谷区赤堤	泥土b	179.3 < 200	シルト [M]	98.5 $\geq$ 80
No.7 杉並区浜田山	第1種	4595.4 $\geq$ 800	砂礫 [GS]	10.2
No.8 豊島区東池袋	第1種	1130.9 $\geq$ 800	砂 [S]	33.6

No.9 は小型 FWD によるたわみ量の事前調査箇所および占用工事のための掘削を行っていない新設歩道でのたわみ量調査箇所であり一緒に示した。

### (2) 歩道掘削土の品質

歩道掘削土の土質試験は、1箇所1試料とした。

表-2 に示す東京都における良質土の基準値に基づき、表-3 に調査箇所の掘削土の評価結果を示した。

No.2、4、6、8 の4箇所は良質土の基準を満たしていなかった(以後非良質土箇所という)。

表-4 は建設発生土の土質区分結果を示したものであり、表-3 に示した良質土の基準値に適合しているものは全て第1種に相当していた。

### (3) 埋戻し前後の貫入試験結果

各箇所の埋戻し前後での貫入試験は各箇所3点とし、土研式円錐貫入試験の打撃回数(以後 Nd という)とコーン指数(以後 qc という)を行った。

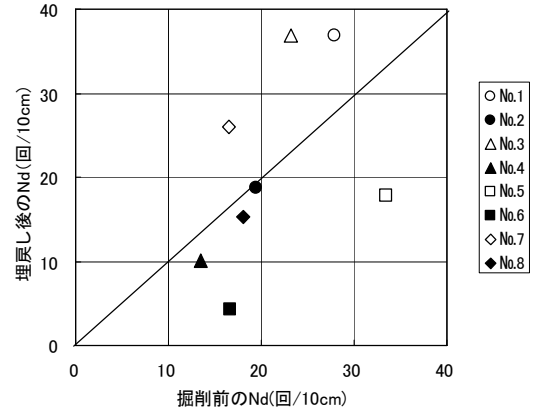


図-1 埋戻し前後の Nd の分布

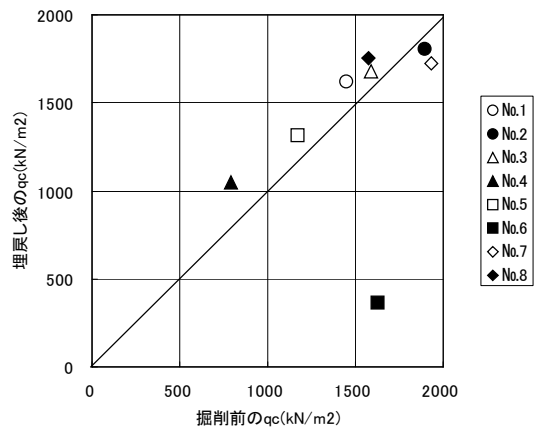


図-2 埋戻し前後の qc の分布

図-1 は、埋戻し前後の Nd の3点の深さ方向平均値の分布である。

埋戻し後の Nd が掘削前よりも小さい箇所は、非良質土箇所であったNo.2、4、6、8 および良質土箇所であったNo.5 の5箇所であった。

非良質土箇所の Nd は強度が小さく、埋戻し後の値が掘削前に比べて小さいことから、締固めにくいことが分かる。

図-2 は、埋戻し前後の qc の3点の深さ方向平均値の分布である。

埋戻し後の qc が掘削前よりも小さい箇所は、非良質土箇所であったNo.2、6 および良質土箇所であったNo.7 の3箇所であった。

qc は Nd と異なり、良質土の判断との関係は明確ではなかった。

Nd、qc は共に原位置で行う貫入試験であるが、

表-5 測定組合せ一覧

離れ(cm)	-30	-20	0	20	30	45	60	90	120	150
ケース1		○	○	○						
ケース2	○		○		○					
ケース3			○			○				○
ケース4			○				○			○
ケース5			○					○		○
ケース6			○						○	○

表-6 D<sub>0</sub>の測定結果

地点	舗装の形状 (mm)		たわみ量D <sub>0</sub> (mm)			CBR	備考 ※
	表層	路盤	単管上	掘削影響 範囲外	CCB上		
EC3	30	30	0.13	0.225	0.343	1.9	As
No.6	40	100	0.123	0.282	0.15	0.7	Ac
No.11	150	150	0.126	0.061	0.062	1.6	Co

As 歩道アスファルト CCB 電線共同溝  
Ac 乗入れアスファルト  
Co 乗入れコンクリート

異なる傾向を示した。これは、qc が値の小さいNo.4、6の埋戻し後を除けば、地盤が固く貫入不能となり、ほぼ地表付近の値になっており、Ndのように深度50~60cmまでの値ではないことによる。したがって、埋戻し深さ全体を示すNdは施工状態を反映していると考えられる。

### 3. 歩道上たわみ量調査の事前調査

#### (1) 事前調査概要

##### 1) 調査位置

事前調査は、No.9において、通常のアスファルト舗装であるEC3地点（以後歩道アスファルトという）、車乗入れ部分のアスファルト舗装であるNo.6地点（以後乗入れアスファルトという）およびコンクリート舗装であるNo.11地点（以後乗入れコンクリートという）の3箇所で行った。

各箇所の横断方向の位置は、単管上、CCB(電線共同溝)上および掘削影響範囲外としての単管上から80cm離れた位置とした。

##### 2) 調査結果

本調査は、測定センサの設置位置を決定するためのもので、地点ごとにセンサを3箇所設置し、表-5に示すように、載荷点(0cm)から-30cm、-20cm、20cm、30cm、45cm、60cm、90cm、120cm、150cm離れたたわみ量が網羅できるような組合せ

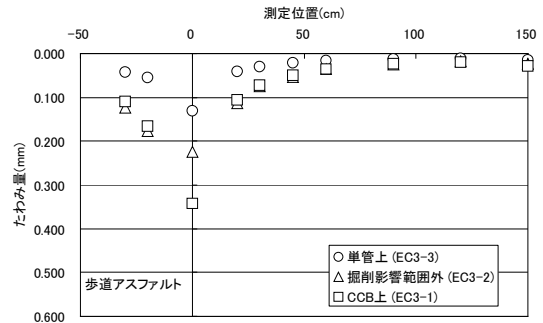


図-3 たわみ量の分布形状

で行った。

たわみ量D<sub>0</sub>(載荷点でのたわみ量、以後D<sub>0</sub>という)の測定結果は表-6に示した。

ここで使用したD<sub>0</sub>は各組合せで測定を5回行い、変動係数が10%以下になるように少なくとも3回の測定値の平均値である。

アスファルト舗装のEC3、No.6地点では、単管上のD<sub>0</sub>が最も小さく、掘削影響範囲外の1/2のたわみ量となっていた。ただし、No.11の乗入れコンクリートでは、逆の現象が生じていた。

#### (2) 試験方法の決定

##### 1) 載荷板・荷重・重錘落下高

所定の落下エネルギー(4.9kN)を確保するために必要な重錘落下高や荷重および載荷板の大きさを決定するための落下試験を行い、載荷板100mm、荷重10kg、落下高さは15cm~20cmを目安に現地での調整とした。

##### 2) 測定方向

図-3はEC3地点におけるたわみ量分布を示したものである。道路延長方向の進行方向を+、後退方向を-と表記した。

CCB上および掘削影響範囲外の20cm地点では+側のたわみ量0.1mm以下に対して、-側では0.18mm以下となり、-側が+側の約2倍となっている。この結果は他の2地点も同様であった。

今回は+側の8点のたわみ量で弾性計算するとともに載荷点でのD<sub>0</sub>を中心に検討した。

##### (3) たわみセンサの最適設置位置の決定

事前調査では3個のセンサを用いて8点のたわみ量を求めた。本調査では4個のセンサで行うた

表-7 各地点のたわみ量一覧表

地点	位置	D <sub>0</sub>	D <sub>20</sub>	D <sub>30</sub>	D <sub>45</sub>	D <sub>60</sub>	D <sub>90</sub>	D <sub>120</sub>	D <sub>150</sub>
		0cm	20cm	30cm	45cm	60cm	90cm	120cm	150cm
歩道 アスファルト As (EC3)	単管上	0.130	0.041	0.030	0.021	0.016	0.012	0.010	0.014
	掘削影響 範囲外	0.225	0.112	0.073	0.053	0.035	0.025	0.017	0.024
	CCB上	0.343	0.105	0.073	0.049	0.035	0.024	0.019	0.029
乗入れ アスファルト Ac (No.6)	単管上	0.124	0.038	0.026	0.018	0.013	0.009	0.006	0.007
	掘削影響 範囲外	0.282	0.102	0.073	0.045	0.032	0.023	0.016	0.022
	CCB上	0.190	0.067	0.049	0.035	0.027	0.020	0.015	0.020
乗入れ コンクリート Co (No.11)	単管上	0.126	0.034	0.030	0.026	0.022	0.015	0.012	0.017
	掘削影響 範囲外	0.061	0.014	0.013	0.012	0.010	0.008	0.006	0.015
	CCB上	0.062	0.013	0.013	0.012	0.011	0.010	0.009	0.013

め、8点のセンサを4点に絞る必要がある。

最適な位置を求める手法は、たわみ量から逆解析により各層（アスファルト、コンクリート、路盤、路床）の弾性係数を求め、8点のたわみ量から求めた弾性係数とほぼ同等の結果が得られる4点を求める方法によった。

### 1) 载荷重

たわみ量の測定結果は表-7に示すように、非常に小さい部分（網掛け部）があった。

たわみ量の最小値は乗入れアスファルト・乗入れコンクリートで0.006mm、歩道アスファルトで0.010mmと非常に小さくなっている。

弾性係数を計算する場合に必要とされているたわみ量は少なくとも0.025mm以上が望ましいとされている<sup>1)</sup>。

望ましいたわみ量を確保するための载荷重は、

乗入れ部：4.9kN×0.025/0.006≒20.5kN

歩道部：4.9kN×0.025/0.010≒12.3kN

となり、現在の载荷重の2.5~4倍程度が必要になるが、今回は4.9kNで行った。

### 2) 逆解析方法・条件

舗装構成層の弾性係数の逆解析は、静的逆解析プログラム“BALM'99”(Back Analysis for Layer Moduli'99)を用いて行う。

BALM'99は順解析部分に軸対称多層線形ソフトAAMESを用いており、Gauss・Newton法、または一般化逆行列法の理論より、未知パラメータを無次元化し、弾性係数を推定する。また、逆解析に潜在的に潜む不適切性を緩和させるため、連立方程式を解くのに適切化手法を導入している。

BALM'99の入力条件は下記のとおりとした。

① 層数：3層

② たわみ測点数：8点

測定は表-6に示すように、6ケース行っているためD<sub>0</sub>とD<sub>150</sub>は、それぞれ6回と4回求まる。

逆解析で用いるたわみ量は、変動係数が10%以上の値を除いた平均値とした。

③ 弾性係数初期値

1層：アスファルト混合物 (E=50,000kg/cm<sup>2</sup>)

コンクリート (E=300,000kg/cm<sup>2</sup>)

2層：路盤 (E=1,500kg/cm<sup>2</sup>)

3層：路床 (E=600kg/cm<sup>2</sup>)

④ ポアソン比：0.35 各層共通

⑤ 層厚：各箇所の舗装構成

⑥ 各地点の換算たわみ量 (4.9kN換算値)

⑦ 载荷半径：5.00cm

⑧ 舗装表面温度：計測温度

### 3) センサの最適設置位置

センサの最適設置位置は、逆解析結果を用いて、一致度および弾性係数（アスファルト、コンクリート、路盤、路床）を点数化した評価基準を用いて決定した。

#### ① 評価基準（点数化）

##### i 平均的一致度の変化が少ない：

センサ4点から求めた平均的一致度が8点での平均的一致度の±0.1以内の場合は1点とした。

平均的一致度は1に近いほど、信頼性の高い逆解析弾性係数が得られていることを示している。

##### ii 弾性係数の変化が少ない：

センサ4点から求めた弾性係数が8点での弾性係数の概ね±10%以内の場合は、各層について1点とした。

なお、乗入れコンクリートのNo.11に関しては、上記の条件iiのうち、路床については弾性係数の概ね±10%以内を満たさないため、8点解析に最も近い値を示す路床の弾性係数の組合せの場合に1点とした。

表-8は以上の方法で2点以上の評価を示した組合せを表記した。

#### ② アスファルト舗装

アスファルト舗装のセンサの設置地点は、表-8

表-8 センサの設置位置の評価

舗装	地点番号	解析地点	たわみセンサ設置箇所 (cm)					
			0	20	45	90	120	150
アスファルト	EC3	単管上	-	2	4	-	4	4
		掘削影響範囲外	2	4	4	3	4	2
		CCB上	-	4	4	3	3	3
	No.6	単管上	-	2	2	-	-	-
		掘削影響範囲外	-	3	3	-	2	2
		CCB上	2	3	4	2	4	3
合計点			4	18	21	8	17	14
コンクリート	No.11	掘削影響範囲外	2	-	-	-	-	-
		CCB上	3	2	-	-	2	2
		合計点	8	2	2	-	4	4

に示すように0、20、45、120cmが最も高得点で、全箇所でも平均的一致度と弾性係数の変化が少ない結果となり、これを採用した。

### ③ コンクリート舗装

コンクリート舗装では、一つのセンサを除いても、弾性係数にばらつきが大きく現れるので、最適解は見つからないが、8点の解析時の路床の弾性係数に最も近い値を示すセンサの組合せを採用することとする。

コンクリート舗装のセンサ設置地点は、表-8に示すように0、20、90、120cmが最も高得点で、全地点でも平均的一致度と弾性係数の変化が少ない結果となり、これを採用した。

## 4. 新設道路箇所でのたわみ量調査結果

たわみ量調査は管上と掘削影響範囲外に相当する管上から80cm離れた測線での道路延長方向に約2.5mピッチの地点で行った。この箇所は事前調査箇所とは反対側の歩道であり、車乗り入れ部分のない区間を選定した。

図-4は、No.9の占用工事のための掘削を行っていない新設歩道の歩道アスファルトにおける縦断方向のD<sub>0</sub>および9点の移動平均の分布である。

図中の実線と点線は管上と掘削影響範囲外の測定たわみ量の9点の移動平均を示している。

「FWD および小型 FWD 運用の手引き」では誤差論から測定点を1均質区間で最低16箇所としており<sup>2)</sup>、管上と掘削影響範囲外の2測線で測定しているので、8箇所以上ということで、9点の移動平均を採用した。

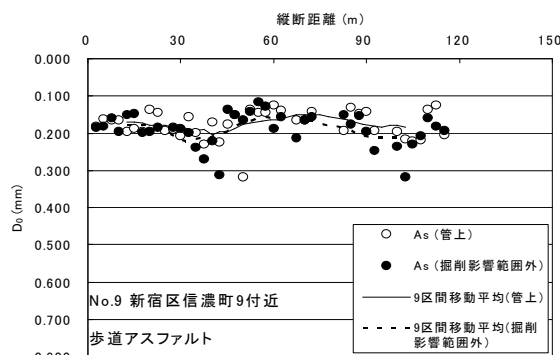


図-4 No.9におけるD<sub>0</sub>の9点の移動平均

表-9 掘削影響範囲外測線の掘削影響

路線名	管の大きさ	掘削深さ		掘削影響範囲外	
	(mm)	管上 (cm)	管下 (cm)	測定距離 (cm)	評価
No.1 中野区鷺宮	100	80	90	80	B
No.2 西東京市富士町	50	70	75	70	B
No.3 東大和市蔵敷	200	70	90	100	A
No.4 町田市小川	100	70	80	50	C
No.5 足立区鹿浜	200	70	90	150	A
No.6 世田谷区赤堤	50	60	65	80	A
No.7 杉並区浜田山	150	60	75	100	A
No.8 豊島区東池袋	100	80	90	80	B
No.9 新宿区信濃町	-	-	-	80	-

※評価 : A 管上、管下深さともに掘削影響範囲外  
 B 管上深さでは掘削影響範囲外、管下深さでは掘削影響範囲内  
 C 管上、管下深さともに掘削影響範囲内

9点の移動平均では、管上と掘削影響範囲外の2測線のD<sub>0</sub>の縦断方向の変化はほぼ同様となり、舗装構造は同一であることから、路床の延長方向の状況を反映していると考えられる。

事前調査は点のたわみ量であり、管上と掘削影響範囲外に差があったが、9点の移動平均ではほぼ同程度の値になっていた。

したがって、1箇所16点以上、すなわち、管上と掘削影響範囲外の2測線でそれぞれ8点以上の9点の移動平均はその箇所を代表していると考えられる。

## 5. 各箇所でのたわみ量調査結果

### (1) 掘削影響範囲外の測線の状況

各箇所における掘削影響範囲外とした測定位置と掘削深さから45度の掘削影響との関係を表-9に示した。管上までの掘削深さは60~80cm、管下までの掘削深さは65~90cmであった。

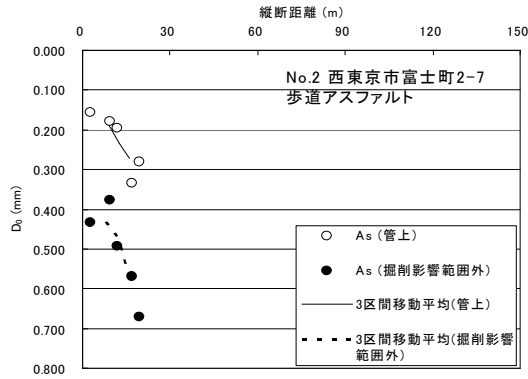


図-5 No.2におけるD<sub>0</sub>の3点の移動平均

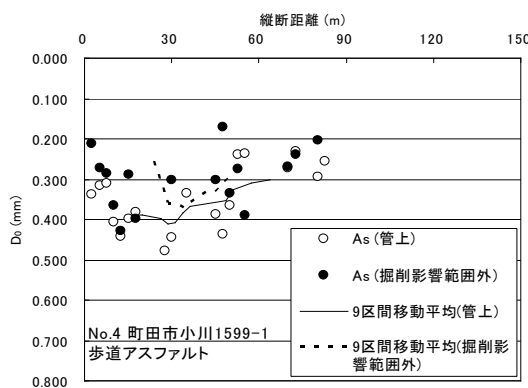


図-6 No.4におけるD<sub>0</sub>の9点の移動平均

掘削影響範囲外の測線は管上から歩道の横断方向に離れた距離になるが、各箇所では歩道幅が異なり、取れる距離が限られているので掘削影響範囲外の測線の距離は異なっている。

No.3、5、6、7については管上、管下深さともに掘削影響範囲外であった。

No.1、2、8については管上深さでは掘削影響範囲外であるが、管下深さでは掘削影響範囲内であり、掘削の影響をやや受ける可能性がある。

No.4については管上、管下深さともに掘削影響範囲内であり、掘削の影響を受ける可能性がある。

### (2) 管上と掘削影響範囲外でのたわみ分布

各箇所でのたわみ量調査は、約2.5mピッチで、マンホール部や乗入れ部の傾斜の急なところを除いて測定した。

各箇所の歩道アスファルトの舗装構造は表-10に示すとおりである。

歩道アスファルトのD<sub>0</sub>および9点の移動平均の

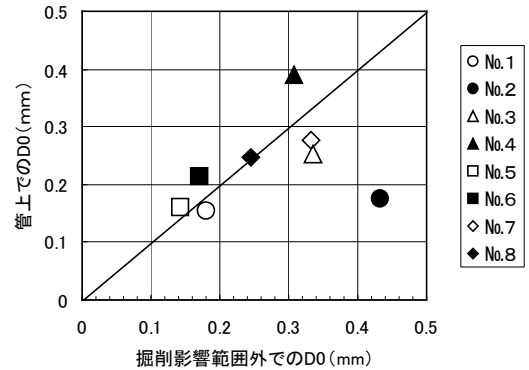


図-7 No.9におけるD<sub>0</sub>の9点の移動平均

表-10 各箇所の埋戻し後の舗装の構造

路線名	アスファルト混合物 (cm)		路盤 (cm)		しや断層用砂 (cm)	舗装厚 (cm)
	開粒度 (2号)	再生密粒度	再生粒度調整碎石	再生クラッシュヤラン		
No.1 中野区鷺宮	4	—	—	10	5	14
No.2 西東京市富士町	—	3	7	—	—	10
No.3 東大和市蔵敷	4	—	—	10	5	14
No.4 町田市小川	4	—	—	10	5	14
No.5 足立区鹿浜	4	—	—	10	5	14
No.6 世田谷区赤堤	4	—	—	10	5	14
No.7 杉並区浜田山	4	—	—	10	5	14
No.8 豊島区東池袋	—	3	7	—	—	10
No.9 新宿区信濃町	4	—	—	10	5	14

分布は、No.2、4以外の箇所では、管上と掘削影響範囲外の測線での値は異なるが延長方向の傾向は図-4に示したNo.9と同様であった。

なお、データ数が少ないNo.8では7区間で、No.1、2、5では3区間での移動平均を行った。

No.2、4の箇所での歩道アスファルトのD<sub>0</sub>および9点の移動平均の分布は、図-5、6に示した。

図-7は各箇所での管上と掘削影響範囲外の2測線の貫入試験付近での移動平均の分布である。

非良質土箇所であるNo.4、6、8と良質土箇所であるNo.5の管上のD<sub>0</sub>は掘削影響範囲外のD<sub>0</sub>より大きかった。

### (3) 歩道上における小型FWDの調査対象規模

アスファルト舗装のセンサ設置地点は、荷重点から最も遠い地点で120cmであった。また、管下までの掘削深さの最大は90cmであった。したがって、荷重点から90cmの範囲にある構造物はたわみ量に影響するものと考え、延長方向の測定間隔は最低でも210cmとなり、今回測定した2.5mピッチは妥当な測定間隔と考えられる。

図-8は、今回調査対象とした9箇所の歩道ア

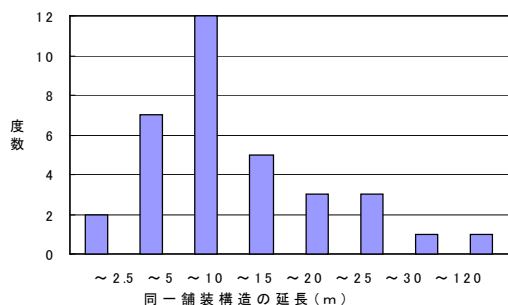


図-8 同一歩道舗装構造の道路延長分布

スファルトにおける同一な舗装構造の延長の度数分布を示したものである。

同一な舗装構造の延長は、歩道アスファルトで最小2.0m、最大115mであり、10m以下の延長の箇所が全体の6割あった。115mの箇所を除いた平均は10.2mとなった。

なお、乗入れ部は最小4.2m、最大9.2mであり、平均は6.2mであった。

これらの平均延長から小型FWDの調査対象規模を検討すると次のようになる。

①最低でも8箇所（管上と掘削影響範囲外の2測線測定するため）の測定箇所が必要である。

②今回の測定延長の平均から求めた測定区間距離は、1箇所の歩道部で4点の測定が可能であり、必要延長は32mとなる。

③乗入れ部は、歩道部と舗装構成等が異なり、アスファルトとコンクリートの場合がある。

平均延長が6mなので1箇所当たり2点の測定が可能であり、同一構造と仮定しても②と同様に考えると64mの延長が必要である。今回の工事延長は表-1に示したように64m以下が5箇所で全体の6割を占めている。また、乗入れ部は、路面勾配も大きいので、当面の検討としては、歩道部の調査を優先すべきと考える。

したがって、30m以上の道路占用工事の歩道部を調査対象とし、60m以上の道路占用工事の場合は、乗入れ部も測定するのが望ましい。

④歩道幅員については、管上と掘削影響範囲外の2測線と他の構造物の影響を除くために管下までの掘削深さの最大値90cmだけ離すこととすると、最低2.7m以上の幅員を確保したい。

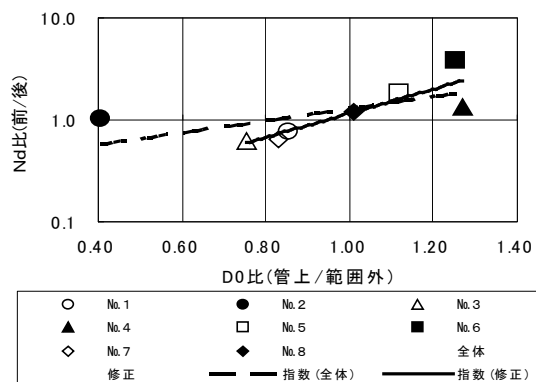


図-9 埋戻し前後のNd比と管上と掘削影響範囲外における9点の平均たわみ量比との関係



写真-1 No.2における小型FWD測定状況

## 6. 管上と掘削影響範囲外における貫入試験付近での9点平均たわみ量の関係

Ndは、施工状態が同一でも土質によって異なる値を示す。たわみ量は、舗装構造や施工状態が同一でも土質によって異なる値を示す。そこで、土質の影響を除くために、埋戻し前後の比で検討することにした。

図-9は、埋戻し前後のNdの比と貫入試験付近での歩道アスファルトの管上と掘削影響範囲外における9点平均たわみ量の比との関係を示した。

破線は8箇所全てのデータを用いた回帰式であり、実線は後述するようにNo.2を除く7箇所での回帰式を示した。

管上を埋戻し後、掘削影響範囲外を埋戻し前と仮定した場合にNdの埋戻し前後の傾向と一致するのは8箇所のうち、No.2を除く7箇所、指数関数的な傾向となっており、埋戻しの施工状態は、

舗装復旧後の管上と掘削影響範囲外における9点平均たわみ量の比から評価することが可能である。

なお、No.2については、Ndはほとんど変化がないにもかかわらず、 $D_0$ は小さくなっていた。これは、写真-1に示すように、埋戻し区間が短く歩道幅員が狭いことにより、掘削影響範囲外に当たる位置が植樹マスの直近になり、植樹マスの影響がでて掘削影響範囲外における $D_0$ が大きくなったと考えられる。ただし、植樹マスと植樹マスの間にある舗装面では影響が見られなかった。

## 7. 調査結果のまとめ

①掘削土で埋戻す今回の調査箇所は8箇所であったが、このうち都の「良質土の基準値」を満たすものが4箇所、満たさないものが4箇所と半々であった。

②良質土と非良質土の区分は土研式円錐貫入試験の打撃回数Ndの結果にも反映されている。

③掘削影響範囲外に当たる位置が植樹マス直近の場合は、植樹マスの影響があるので、測定対象から除くのが好ましい。ただし、植樹マスと植樹マスの間にある舗装面では影響が見られなかった。

④アスファルト舗装のセンサ設置位置は、平均的一致度と弾性係数の変化が少ない0、20、45、120cmとした。

⑤アスファルト舗装のセンサ設置位置は、載荷点から最も遠い地点で120cmであり、管下までの掘削深さの最大は90cmであった。したがって、載荷点から90cmの範囲はたわみ量に影響すると考えると、延長方向の測定間隔は最低でも210cmとなり、今回測定した2.5mピッチは妥当な測定間隔と考えられる。

⑥埋戻しの施工状態は、舗装復旧後の管上と掘削影響範囲外における9点の平均たわみ量の比から評価することが可能である。

## 8. 今後の課題

### (1) 測定方法

#### ①路面勾配の測定

路面勾配のある箇所ではデータにバラツキがあるので、今後は路面勾配を測定するとともに測定可能な最大勾配を確認する。

#### ②載荷重の増量

今回の載荷重4.9kNでは、弾性計算に必要な大きさのたわみ量が得られないこともあり、12kN以上のエネルギーが必要となり、道路構造令に示す小型道路に用いる設計荷重17kN<sup>3)</sup>(小型貨物自動車の最大輪荷重)を用いることも検討に値する。

#### ③掘削前後の測定

今回の測定は全て、掘削後のものであり、掘削前のたわみ量と掘削影響範囲外のたわみ量が同等であるかを確認する必要がある。

### (2) 調査対象箇所の選定

#### ①道路占用工事延長

小型FWDの調査は、延長が30m以上の道路占用工事の歩道部を調査対象とし、60m以上の場合は乗入れ部も測定するのが望ましい。

#### ②歩道幅員

歩道幅員は、管上と掘削影響範囲外の2測線と構造物の影響を除くために管下までの掘削深さの最大値90cmだけ離すこととすると、最低2.7m以上の箇所で測定するのが望ましい。

## 9. あとがき

掘削土を用いた埋戻し工法の歩道上における小型FWDによる評価に関する基礎的な検討を行った。

その結果、埋戻しの施工状態は舗装復旧後の管上と掘削影響範囲外における9点の平均たわみ量比から評価することが可能であることが分かった。

今後は、沈下量や弾性係数との関係を求めると共に、コスト縮減効果の有無等を検討したい。

## 参 考 文 献

- 1) 土木学会(2002): 舗装工学ライブラリー2、FWDおよび小型FWD運用の手引き、65-68
- 2) 土木学会(2002): 舗装工学ライブラリー2、FWDおよび小型FWD運用の手引き、14-18
- 3) 日本道路協会(2006): 舗装設計施工指針、27-32