

小型 FWD による狭小箇所での上部路床の検査手法について

(株)ネクスコ東日本エンジニアリング 正会員 ○田中 雄一郎

(株)ネクスコ東日本エンジニアリング 安井 敏洋

(株)ネクスコ東日本エンジニアリング 荻原 和也

東 日 本 高 速 道 路 (株) フェロー 横田 聖哉

東 日 本 高 速 道 路 (株) 鈴木 義章

1. はじめに

NEXCO では、ベンケルマンビームによるたわみ量測定・走行試験を上部路床の強度確認の方法として実施している¹⁾。しかし、これらの試験の実施には大型車両(タンデム車・後輪 2 軸の 3 軸車両)が必要となるため、狭小部等においては走行が困難となり強度の確認が実施できない事例が発生している。今後、都市部での既設路線の拡幅やスマートインターチェンジの新設において、同様の事例が発生することが予想されるため、何らかの対策が必要である。そこで、狭小部でも運用しやすく、鉄道の盛土の管理等に実績があり、汎用性の高い試験機である小型の Falling Weight Deflectmeter(以下、小型 FWD)による試験を用いた検査が、上部路床の品質管理に適用可能か、高速道路の実現場で得られた計測結果を基に新たな検査手法を提案するものである。

2. 小型 FWD 計測による $K_{P.FWD}$ 値とたわみ量の関係

平成 30 年～令和 4 年の高速道路工事のモデル施工 20 箇所です小型 FWD 計測を試行した。地盤の強度は既往文献²⁾に準拠し、荷重と変位等の値を基に $K_{P.FWD}$ 値を求めて評価した。試行では $K_{P.FWD}$ 値を取得した同一の場所でベンケルマンビームによるたわみ量測定を行い、結果を比較した。表-1 に試行で測定した小型 FWD 計測とたわみ量測定の結果を示す。路体や下部路床で使用されることの多い細粒土等(安定処理を含む)は、 $K_{P.FWD}$ 値で 50MN/m^3 以下程度の数値となり、たわみ量は 5mm 以上を示した。主に上部路床に使用される礫質土で十分に転圧された地盤は、 $K_{P.FWD}$ 値で 100MN/m^3 以上の数値となり、たわみ量はおおむね 2mm 程度以下を示した。 $K_{P.FWD}$ 値とたわみ量の関係を図-1 に示す。赤色点線は NEXCO の上部路床におけるたわみ量の規定値 5mm を表している。礫質土で十分に転圧された上部路床ではほとんどのケースで緑色の範囲に収まり、規定値を満足した。 100MN/m^3 以下となった箇所では表面を観察すると、粒径が偏る、あるいは転圧不十分など施工が不良なものであった。以上から $K_{P.FWD}$ 値とたわみ量はピンクの点線で示す曲線関係にあると推測され、 $K_{P.FWD}$ 値が 100MN/m^3 以上の地盤は、たわみ量が上部路床の規定値 5mm を満足する関係となる事が確認された。

表-1 小型 FWD とたわみ量の測定結果一覧

No.	土質	$K_{P.FWD}$ 値 (MN/m^3)	たわみ量 (mm)	備考
1	礫質土(安定処理)	282	1.20	路盤
2	細粒土(安定処理)	46	5.27	上部路体
3	細粒土(安定処理)	43	6.43	下部路体
4	礫質土	158	2.20	上部路床
5	礫質土	174	0.73	上部路床
6	礫質土	101	2.14	上部路床
7	礫質土	116	1.80	上部路床
8	礫質土	103	1.90	上部路床
9	礫質土	165	0.95	上部路床
10	礫質土	126	0.40	上部路床
11	礫質土	144	1.48	上部路床
12	礫質土	58	6.44	上部路床
13	礫質土	143	0.91	上部路床
14	礫質土	71	4.94	上部路床
15	礫質土	98	1.58	上部路床
16	礫質土	173	1.87	上部路床
17	礫質土	86	11.00	上部路床
18	礫質土	118	0.46	上部路床
19	礫質土	62	3.38	上部路床
20	礫質土	167	0.76	上部路床

3. 計測事例

試行の結果から、 100MN/m^3 を地盤強度の品質管理のしきい値として、令和 4 年 4～6 月に NEXCO 東日本管内の

キーワード 小型 FWD, ベンケルマンビーム, たわみ量, 路床,

連絡先 〒339-0056 埼玉県さいたま市岩槻区加倉 260 NEXCO 東日本総合技術センター内

(株)ネクスコ東日本エンジニアリング TEL048-720-8031

土工工事にて試験運用を行った。現場は首都圏の高速道路で渋滞対策として実施されている拡幅工事現場である。都市部で用地が確保できないなど大型機械が進入できない狭小区間があった。材料は礫質土(クラッシャーラン C100)である。あらかじめモデル施工時点で走行試験・たわみ量試験・小型 FWD 計測を並行して行った。計測は以下のように実施した。

- ① 延長方向は 20m ピッチ，横断方向は横断勾配の上流側車輪通過位置を測点とする
- ② 可能な箇所ではブルーフローリング・たわみ試験も実施する
- ③ 技術者の目視も併用し，不良が疑われる箇所では測点を追加する



写真-1 狭小箇所での小型 FWD 計測状況

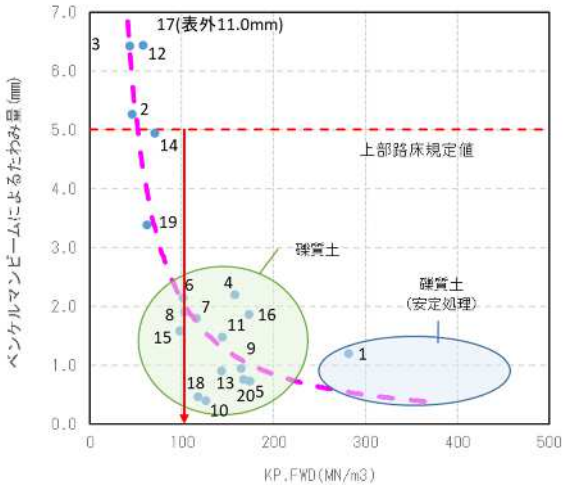


図-1 $K_{p,FWD}$ 値とたわみ量の関係

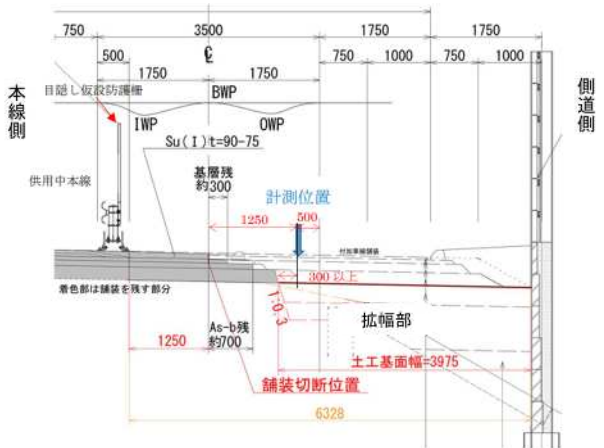


図-2 小型 FWD 計測横断位置

4. 計測結果

実施可能な箇所で行ったブルーフローリング・たわみ量試験で検出された不具合箇所と比較すると、表-2 の着色部で示すとおり小型 FWD でも同等に検出できる事が確認された。事前に取得したモデル施工時の平均 $K_{p,FWD}$ 値は 116MN/m^3 だったが、全体で見ても適切に施工された箇所はほとんどが 116MN/m^3 を上回る値を示した。 100MN/m^3 を下回る箇所については補修を行い、補修後に再計測すると平均値 116MN/m^3 を大きく上回る良好な値を示した(表-3)。

表-2 小型 FWD 計測結果表

計測位置	落下高さ	荷重	変位 D_0	地盤反力係数	載荷応力	土質区分	土質区分	ベンケルマン・ピークによるたわみ量	備考
	m	N	mm	(MN/m^2)	(kN/m^2)	$K_{p,FWD}$	$K_{p,FWD}$	mm	
STA179 +80	50	12,959	0.340	539.2	183.4	767	613	307	付加車線右側車輪上 ○116MN/m ³ 以上 ○目視で問題なし
	30	7,548	0.224	477.0	106.8				
STA179 +80	50	12,521	0.564	314.6	177.2	390	312	156	付加車線右側車輪上 ○116MN/m ³ 以上 ○目視で問題なし
	30	10,074	0.446	319.8	142.6				
STA174 +25	50	11,353	2.083	77.8	160.7	107	86	43	付加車線右側車輪上 ブルーフローリング実施範囲 ○100MN/m ³ 以下 ×先行試験でわからぬ箇所 たわみ量8.7mm 手直し必要
	30	9,502	1.481	90.8	134.5				
STA174 +50.5	50	12,402	0.853	206.8	175.5	249	199	99	付加車線左側車輪上 ブルーフローリング実施範囲 ○116MN/m ³ 以上 ×先行試験でわからぬ箇所 たわみ量3.18mm 手直し必要
	30	9,837	0.660	212.4	139.2				

表-3 小型 FWD 計測結果表(補修後)

計測位置	落下高さ	荷重	変位 D_0	地盤反力係数	載荷応力	土質区分	土質区分	ベンケルマン・ピークによるたわみ量	備考
	m	N	mm	(MN/m^2)	(kN/m^2)	$K_{p,FWD}$	$K_{p,FWD}$	mm	
STA174 +25	50	13,370	0.395	483	189.2	577	461	231	付加車線右側車輪上 前面ブルーフローリング実施範囲 ○116MN/m ³ 以上 ○目視で問題なし 前面たわみ量8.7mm
	30	7,914	0.227	493	112.0				
STA174 +50.5	50	13,213	0.385	488	187.0	572	458	229	付加車線左側車輪上 前面ブルーフローリング実施範囲 ○116MN/m ³ 以上 ○目視で問題なし 前面たわみ量3.18mm
	30	10,167	0.280	514	143.9				

5. まとめ

あらかじめ良質な材料を選定しておき、モデル施工時に性状を確認しておくことで、小型 FWD を上部路床の検査に使用することが可能と確認できた。たわみ量試験結果と整合する良否のしきい値は $K_{p,FWD}$ 値 100MN/m^3 付近であると考えられる。今後はさらにデータを蓄積し、密度比等他の試験との整合を確認しながら、しきい値を検証し、狭小箇所でのより適切な検査手法を確立し運用していきたい。

参考文献 1) NEXCO 東日本：施工管理要領(土工編)，令和 2 年 2) 土木学会：舗装工学ライブラリー2 FWD および小型 FWD 運用の手引き，平成 16 年