

V-31

粒状体路盤の強度評価方法に関する一考察

北海学園大学 学生会員○ 本間 貴士
 学生会員 大屋 和久
 学生会員 児玉健太郎
 正会員 上浦正樹

1. はじめに

道路や鉄道の路盤に多くで安価で安定した材料としてクッラシャランや碎石などの粒状体が用いられている。その構造体全体として考えると、その上部構造の厚さにかかる建設費や保守にかかる経費は、この粒状体の強度に大きく影響を受ける。路盤の強度を確保するためにその強度を推定するが、現場 CBR や平板載荷試験が行われている。最近、これらの方法に加えて非破壊検査方法である FWD (Falling Weight Deflectometer) や小型 FWD が導入されてきている。ここで路盤・路床強度の評価方法としては CBR 試験、平板載荷試験、貫入抵抗試験などが用いられている。これらのうち CBR 試験は一般的に最も普及している試験方法であるが、現場試料の採取、室内試験を行う必要があることから、手間がかかる一方、平板載荷試験は施工現場において測定し、 K_{30} 値として路床強度を評価する方法である。そこで FWD 試験はこれらの試験方法の測定結果と対応できるが望まれているが、本研究は、室内試験のなかでこれらの試験方法のうち静的載荷を行う平板載荷試験と動的載荷を行う小型 FWD を用いて、その違いや関係を検討するものである。

2. 試験装置

2. 1 平板載荷装置

平板載荷装置の緒元を表 1 に示す。載荷方法は載荷速度を 10kN/min とした。

表 1 平板載荷装置の緒元				
載荷板直径	300 mm	最大載荷荷重	100 kN	最小変位 0.01 mm

2. 2 小型 FWD

小型 FWD は、落下重錘式のたわみ測定装置である FWD を簡易にした装置である。この装置の測定原理は、8 kg の重錘を自由落下させることにより、300 ~ 500 kgf の衝撃荷重が発生し、このときの載荷点直下と載荷点から 60cm 以内の任意の位置のたわみ量（2 つのたわみ量）を測定するものである。

小型 FWD の概要を図 1 (HFWD)、図 2 (PRIMA) に示す。この図に示すように小型 FWD とは重錘を落下させて動的荷重を発生させるものである。この緒元を表 2 に示す。

表 2 小型 FWD の緒元				
衝撃荷重	3 ~ 5 kN	載荷板の直径	90 mm	落下質量 8 kg 最大測定たわみ 2 mm

An examination of the evaluation of granular subgrade

Takasi HONMA, Kazihisa OYA, Kentarou KODAMA, Masaki KAMIURA

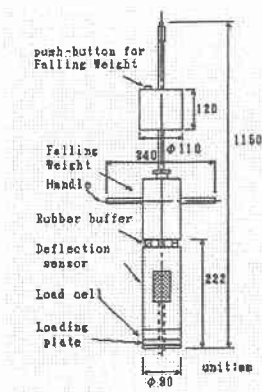


図1 HFWDの概要

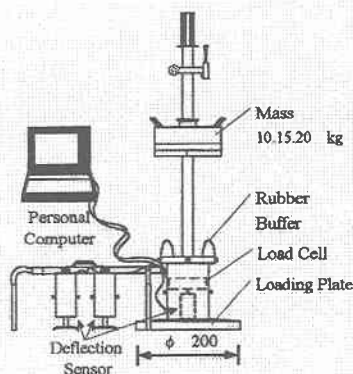


図2 HFWD測定接続図

本研究ではHFWDを用いて測定を行った。

3. 路盤強度の推定方法

3. 1 CBR試験

CBR試験は路盤の強度評価を行う上で最も一般的な方法である。しかし実際の試験では手間がかかり、頻繁に試験を行うことは困難である。そこで小型FWDを用いて推定する方法が提案されている。¹⁾ 図2にその例を示す。ここで路床を表面から1mと仮定して1層または2層で構成される場合における平均CBRと沈下量を載荷点直下と載荷点直下および載荷点から20cmの地点について求めた。この計算では、多層弾性計算に基づき2層のCBR値のうち上層が下層よりも小さいときには上層の値を用いることとし、上層路床および下層路床のCBR値を1.5、3、4、6、8、12、20、の組み合わせとした。層厚は、上層の厚さを0、20、40、60、80、100cmとし、これに合わせて下層の厚さを設定するものである。

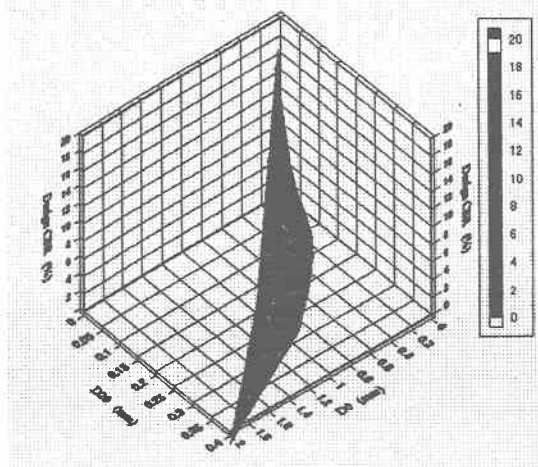


図3 HFWDによる設計CBR値の推定法

3. 2 平板載荷試験 (K 値)

路盤 K 値の推定方法は直径 30cm の載荷板に載荷し、0.125cm 沈下したときの載荷応力を沈下量で除するもので、(M P a / cm) の次元を有する。現場でこの載荷を行うためには、載荷の反力をとる必要があり、大がかりな現場試験となる。そこで最近導入の検討がされているものに F W D や小型 F W D を用いたものがある。この F W D などは重錘を落下させて荷重を発生させるために、反力をとるための大がかりな設備を必要としない。しかし、従来から用いてきた平板載荷方法による K 値と F W D 等で求まる K 値との関連を求める必要がある。

最近の研究では載荷板の Boussinesq の次式から沈下量 (S) が載荷板の半径 (r) に反比例することにより載荷による路盤のひずみ $\varepsilon = S / r$ としている。ここで 載荷荷重を Q, 弾性係数を E とする。

$$S = Q(1 - \mu^2) / (2rE) \quad (1)$$

以上から載荷時の路盤のひずみを一定にして沈下と載荷荷重を求めることができる。

平板載荷試験, FWD, HFWD の各試験方法で得られた路床の支持力の関係を求めた。この中で, HFWD から推定した K 値と繰返し平板載荷試験の除荷後の接線より求めた k_v 値とはかなり高い相関があり, 締固めの程度の高い場合ではその比がほぼ 1:1 となることを報告している。さらに, HFWD から推定した K 値と道路の平板載荷試験による K_{30} 値との関係も調べており, 両者の関係はほぼ 1:2 となることを報告している²⁾。

ここでは, HFWD の載荷板の直径が 9cm であることから載荷板の直径が 30cm に対しての K 値を得るために, 線形的な補正を用いている。

$$K_{HFWD} = K_9 \times (D_9 / D_{30}) = K_9 \times 0.3 \quad (2)$$

ここに, K_{HFWD} : 補正後の K 値 (kgf/cm²)

K_9 : HFWD による K (kgf/cm²)

D_9 : HFWD の載荷板の直径 9cm

D_{30} : 一般的な載荷板の直径 30 cm

ここで平板載荷による K 値 (K_{30} 値) と K_{HFWD} との比を N とすると, N と K_{HFWD} の関係が現場試験により求められている³⁾ (図 4)。

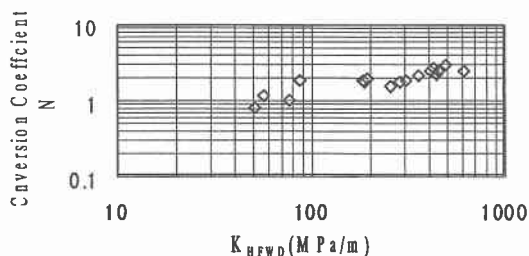


図 4 N と K_{HFWD} の関係

4. 実験室での N の検討

以上の成果から、小型 FWD を用いて K 値により路盤強度を推定することが可能となっ

たが、図 4 に示すように K_{HFWD} 値が大きくなるにつれて N の値が大きくなることを意味している。この原因を探究するためには、理論解析を行うことが必要である。そのための第一段階として以下のように取り扱うこととした。

4. 1 実験室での方法

試験モールド（鋼管）を表 3 に示す。平板載荷と HFWD 試験に使用する。

表 3 試験モールドの緒元
直径 30 cm 高さ 30 cm 厚さ 5 mm

動的載荷試験 (HFWD 試験)					静的載荷 (平板載荷試験)				
粗砂 100 目									
荷重 (kgf)	たわみ (mm)	たわみ (cm)	σ (kgf/cm ²)	K (kgf/cm ³)	荷重 (kgf)	たわみ (mm)	たわみ (cm)	σ (kgf/cm ²)	K (kgf/cm ³)
228	1.7030	0.1703	0.3226	1.8940	230	1	0.1	0.3254	3.2539
248	2.0070	0.2007	0.3508	1.7481	230	1	0.1	0.3254	3.2539
260	1.8130	0.1813	0.3678	2.0288	250	1	0.1	0.3537	3.5369
345	2.4490	0.2449	0.4881	1.9930	250	1	0.1	0.3537	3.5369
362	2.3910	0.2391	0.5121	2.1419	250	1	0.1	0.3537	3.5369
371	2.4480	0.2448	0.5249	2.1440	450	2	0.2	0.6366	3.1832
462	2.3580	0.2358	0.6536	2.7718	450	2	0.2	0.6366	3.1832
463	2.3470	0.2347	0.6550	2.7908	450	2	0.2	0.6366	3.1832
483	2.3350	0.2335	0.6833	2.9264	700	2	0.2	0.9903	4.9516
					700	2	0.2	0.9903	4.9516
					700	3	0.3	0.9903	3.3011
					850	3	0.3	1.2025	4.0085
					900	3	0.3	1.2733	4.2443
					1550	3	0.3	2.1929	7.3096
					1600	3	0.3	2.2636	7.5453
					1100	4	0.4	1.5562	3.8906
					1400	4	0.4	1.9807	4.9516
					1600	4	0.4	2.2636	5.6690
					1650	5	0.5	2.3343	4.6687
					2400	5	0.5	3.3954	6.7908
					2900	5	0.5	4.1028	8.2056

4. 3 考察

平板載荷試験と HFWD 試験の結果から、砂（粗砂）の静的・動的載荷条件におけるそれぞれの K 値が求められた。 K_H ($=1.8\sim2.9$)、 $K_{\text{平}}$ ($=3.3\sim8.2$) となることから、HFWD 試験においても従来の試験方法と同等の K 値が得られることが確認できた。

5. 結論

今回の試験結果より、今後 HFWD 試験と平板載荷試験を用いて、砂、砂利、粘土、レキなどにおいても比較対照していくものとする。

参考文献

- 1) 上浦 正樹：路床強度を確保する手法に関する検討、
第 1 回舗装工学講演会講演論文集、P273～278、1996
- 2) 関根 悦夫：FWD による鉄道盛土の締固め管理に関する研究
第 1 回舗装工学講演会講演論文集、P121～128、1996