

V-20

FWDによる鉄道盛土の締固め管理への適用について

東亜道路工業(株)技術研究所 正会員○阿部 長門
 長岡技術科学大学 建設系 正会員 丸山 暉彦
 (財)鉄道総合技術研究所 正会員 村田 修
 (財)鉄道総合技術研究所 正会員 関根 悦夫

1. はじめに

鉄道盛土の締固めの程度の管理は、平板載荷試験による K_{30} 値で行っている。しかし、平板載荷試験は1日に測定できる試験個数や反力装置を必要とする等の問題がある。そこで、落下重錘式のたわみ測定装置であるFalling Weight Deflectometer(FWDと略す)を用いて盛土の締固め程度の管理ができるか検討を行った。本稿では、FWDとハンディなFWD(HFWDと略す)と平板載荷試験や材料の物理性状の関係についてまとめたものである。

2. 試験方法

FWDやHFWDは重錘の落下高さや落下質量を変化させ、衝撃荷重を変化させることができる。本試験では、FWDで落下質量130kgで落下高さを50、100、200、400mmの4段階とし、HFWDでは落下質量10kgで落下高さ50、150、300mmの3段階として比較試験を行った。試験盛土の概略を図-1に示す。FWDの測定は試験盛土の中央部の9点のみとし、HFWDの測定は25点である。

試験盛土は締固め度91%のケースA、締固め度88%のケースB、締固め度85%のケースCの3種類である¹⁾。

3. 試験結果

各載荷条件の時のたわみと荷重から各々の条件の地盤のK値を算定した。FWDの載荷板の直径は平板載荷試験と同じであるが、HFWDの載荷板は小さいため直径の比で補正を行った。

$$K_{HFWD}' = K_9(D_9/D_{30}) = K_9(9/30) = K_9 \times 0.3 \quad (1)$$

ここに、 K_{HFWD}' : 直径に基づく補正後のK値 (kgf/cm³)

K_9 : HFWDから推定したK値 (kgf/cm³)

D_9 : HFWDの載荷板の直径 (9cm)

D_{30} : FWDの載荷板の直径 (30cm)

各落下高さのFWDのたわみと接地圧Pの関係を図-2に示す。高さ一定は、FWDの落下高さ100mm、HFWDで150mmの結果で、ひずみ一定は道路の平板載荷試験の沈下量1.25mmを基準とし、FWDで沈下量1.25mm、HFWDで沈下量0.375mmの時の関係から算定したものである。両者のK値の比較を表-1に示す。図-2と

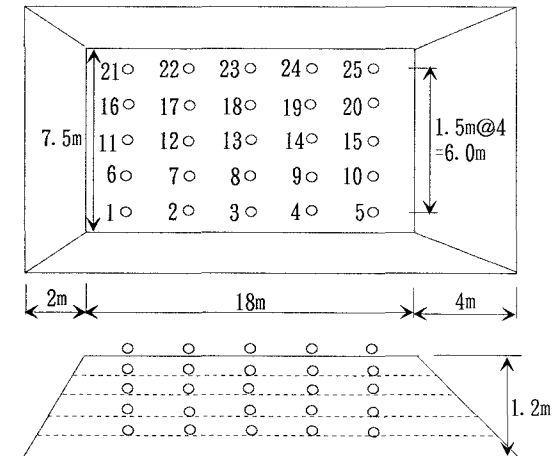


図-1 試験盛土の概略

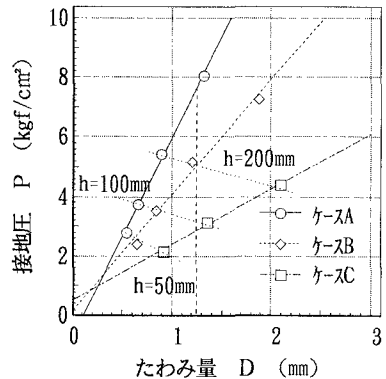


図-2 FWDのたわみと接地圧の関係

表-1 各条件のFWDとHFWDのK値の比較

K値の統計値 (kgf/cm ³)		高さ一定			ひずみ一定		
		ケースA	ケースB	ケースC	ケースA	ケースB	ケースC
FWD	Ave	57.9	45.0	26.1	66.3	45.2	24.8
	Std	2.89	2.42	4.39	5.49	4.26	5.59
	COV	5.0	5.4	16.8	8.3	9.4	22.5
HFWD	Ave	62.7	45.0	33.0	66.7	46.8	30.2
	Std	6.49	3.72	3.11	4.64	4.67	4.45
	COV	10.4	8.3	9.4	7.0	10.0	14.7

表-1の結果より、K値の算定法の違いにより、K値の算定結果に差異が生じている。ひずみ一定の方が締固め程度を小さい場合にバラツキが大きくなるが、以降では K_{30} 値の算定方法と同一な条件であるひずみ一定("を付ける)を用いた。

2種類の条件のときのFWDとHFWDから推定したK値の比較を図-3に示す。高さ一定の場合のK値に対して、ひずみ一定のK値の方がK値の算定結果の幅が広がっており、締固め程度の違いを表しやすいことがわかる。両者の関係は、どの算定方法でもほぼ1に近い関係を示しており、ひずみ一定の算定方法で検討しても問題がない。

4. 物理性状との関係

締固めの程度を表すもの指標として乾燥密度 ρ_d や空気間隙率 V_a があるが、参考文献2)によると空気間隙率 V_a のほうがバラツキが少なく K_{30} 値との相関が高いことが解っている。

そこで、空気間隙率 V_a と K_{30} ・ K_{FWD} ・ K_{HFWD} の関係を図-4に示す。空気間隙率 V_a に対して道路の平板荷重試験の K_{30} は、締固め程度が高い（K値が大きく場合）と V_a に対してバラツキが大きくなるが、FWDやHFWDは締固め程度が高い場合でも V_a との相関が高い。本結果や参考文献2)の結果より、締固めの程度を表すものとしては空気間隙率 V_a やFWDやHFWDがよいと判断できる。

弾性波探査から求めたせん断剛性率 G や弾性係数 $E^{3)}$ とFWDの2層解析の結果から得られた盛土の弾性係数 E の比較を図-5に示す。

FWDから推定した弾性係数と弾性波探査から求めた G や E は相関が高いが、 G とは約1:2で E とは約1:4の関係である。これは、FWDのひずみレベルが $10^{-3} \sim 10^{-4}$ であるが、弾性波探査はFWDのひずみレベルより1~2オーダー小さいからである。

5. まとめ

以上の結果から、試験値のバラツキや試験の効率を考慮すると、盛土施工中の締固め管理はR1による乾燥密度 ρ_d 、空気間隙率 V_a で管理し、構築後の締固め程度の管理にはFWDやHFWDのたわみや算定したK値を用いることが可能であると考えられる。

〔参考文献〕 1) 関根悦夫他、礫材を用いた鉄道盛土の転圧試験(1)、第31回地盤工学研究発表会、1996.7. 2) 村田修他、礫材を用いた鉄道盛土の転圧試験(4)、第31回地盤工学研究発表会、1996.7. 3) 木幡行宏他、礫材を用いた鉄道盛土の転圧試験(6)、第31回地盤工学研究発表会、1996.7.

	回帰直線		相関係数
	a	b	
高さ一定	1.039	-4.318	0.92
ひずみ一定	1.133	-7.756	0.91

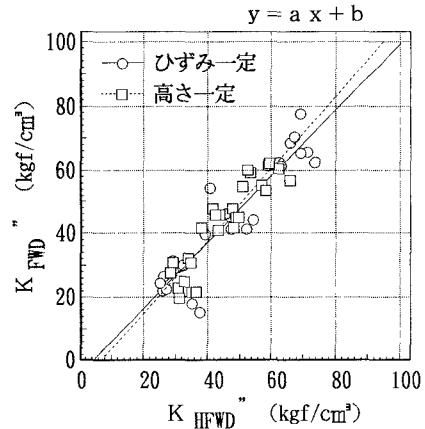


図-3 K_{HFWD} と K_{FWD} の比較

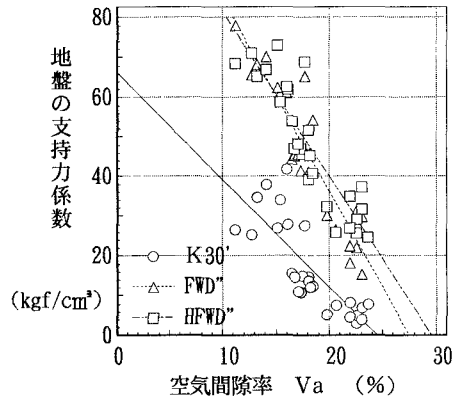


図-4 空気間隙率 V_a と3種類のK値の比較

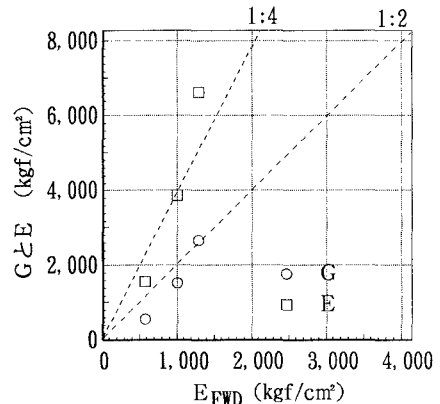


図-5 2層解析で推定した E_{FWD} と弾性波探査から推定した G と E の比較