

FWDによる鉄道盛土の 締固め管理に関する研究

関根悦夫¹・村田 修²・阿部長門³・丸山暉彦⁴

¹正会員 工博 (財)鉄道総合技術研究所 構造物技術開発事業部 (〒185 東京都国分寺市光町2-8-38)

²正会員 工博 (財)鉄道総合技術研究所 企画室 (〒185 東京都国分寺市光町2-8-38)

³正会員 工博 東亜道路工業(株)技術研究所 (〒232 神奈川県横浜市南区中村町5-318)

⁴正会員 工博 長岡技術科学大学教授 建設系 (〒940-21 新潟県長岡市上富岡町1603-1)

鉄道盛土の締固め管理は、道路の平板載荷試験による K_{30} 値で行っている。しかし、道路の平板載荷試験には、試験に時間がかかる、大きな反力装置を必要とする等の問題点があり、簡便かつ迅速な盛土の締固め管理方法を提案する必要がある。

そこで、本論文では、道路の平板載荷試験に代わる簡便な方法として、道路のアスファルト舗装の剛性評価に用いられているFWDを盛土の締固め管理に適用するための検討を行ない、FWDから得られる K 値は締固め程度を表す諸数値(締固め密度比、空気間隙率、 K_{30} 値)と相関があり、盛土の締固め管理に十分適用可能であるとの結論を得た。

Key Words : embankment, compaction, compaction control, gravel, FWD, K -value

1. はじめに

鉄道における盛土は、図-1に示すように、上部3mの上部盛土とその下の下部盛土から構成される。上部盛土については、列車荷重の影響を受けやすいために、使用する材料は、細粒分含有率が15%以下の礫や砂等良質な材料に制限され、締固め程度については、施工中の管理は、締固め密度比や空気間隙率等の方法で行っているものの、最終的な締固め程度の管理は、盛土上面において、直径30cmの載荷板を用いた道路の平板載荷試験(JIS A 1215)から得られる K_{30} 値(沈下量1.25mmの時の荷重強さを1.25mmで除した値)により行っている¹⁾。その管理値は、列車の繰返し荷重による盛土の沈下や軌道が必要とする適度な弾性を考慮し、 K_{30} 値 $\geq 68.7\text{MPa/m}$ としている。

しかし、道路の平板載荷試験には、1日に試験可能な個数が少なく、大きな反力装置を必要とする等の問題点がある。これらのことも考慮し、平板載荷試験による締固め程度の管理箇所は、盛土延長100m程度毎としている。しかし、盛土の締固め程度の適切な評価は、平板載荷試験のように時間のかかる試験を代表地点で数個行うより、比較的精度が良く、簡便かつ迅速な方法で多数行う必要がある。

土の締固め程度を簡便に測定する方法は、RI法による密度測定が一般的であるが、衝撃荷重を用いた方法とし

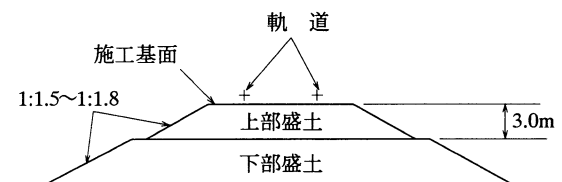


図-1 鉄道盛土の断面の概略

て、浅井²⁾が、測定面に設置した載荷板と直結した導杆をガイドとして重錘を落下させたときの衝撃荷重による載荷板の振動を三脚上の簡便な振動計により測定し、その値を基に衝撃支持力係数(I 値)を求め、 I 値と K_{30} 値とは良い相関関係にあると報告している。同じように、衝撃荷重によって土の締固め程度を判定する方法として、田村等³⁾は、先端に加速度計と荷重計を取付けた重錘(インピーダンスヘッド)を落下させたときの衝撃加速度と衝撃力から得られる土と重錘とのインピーダンスにより土の乾燥単位体積重量を精度良く算定できるとしている。能登等³⁾は、加速度計を取付けたランマーを落下させたときの衝撃加速度から土の乾燥密度を推定することが可能であるとしている。田中等⁴⁾は、重錘を落下させたときの重錘の振動加速度の周波数分析を行い、パワースペクトルの最大値の2分の1のスペクトル値に対応する周波数から K_{30} 値を推定できるとしている。締固め機械を用いた方法としては、阿部等⁵⁾が、振動ローラーに取付けた加速度計にて測定した転圧時の加速度か

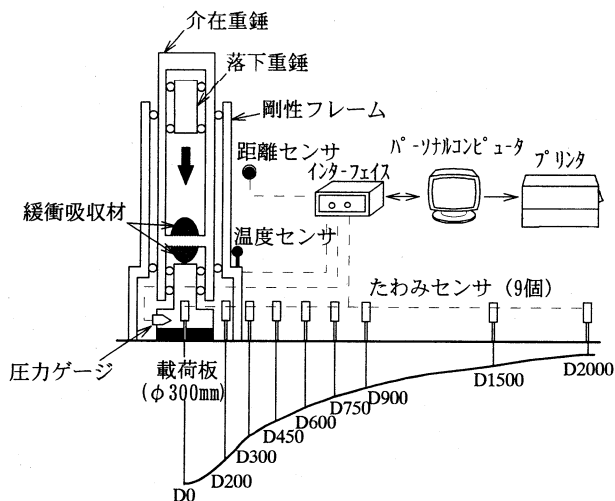


図-2 FWD の概要

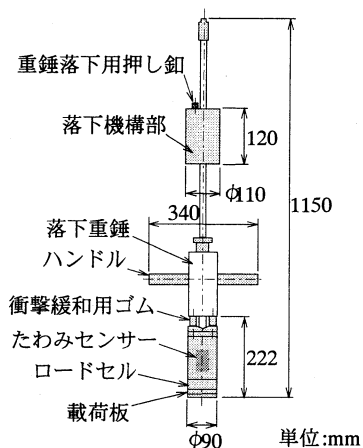


図-3 HFWD の概要

表-1 FWD, HFWD の諸元

	FWD	HFWD
荷荷板の直径	30cm	9cm
落下質量	100～400kg	10kg
落下高さ	5～45cm	5～35cm
最大荷重	147.2kN	4.9kN
たわみセンサー数	9	2

ら K_{30} 値の推定が可能であるとしている。

これまでに検討されている土の締固め程度の簡便な測定方法のうち K_{30} 値を求める方法は、いずれも理論的根拠はあるものの、間接的に K_{30} 値を求めるものである。

そこで、本論文では、道路の平板荷重試験に代わる簡易な方法として、落下重錘式のたわみ測定装置で、荷重による荷重と沈下が直接測定可能な Falling Weight Deflectometer (図-2 参照、以下、FWD と称す) を鉄道盛土の締固め管理に適用するために、礫材を用いた盛土の転圧試験により、締固め程度を表す諸数値 (締固め密度比、空気間隙率、 K_{30} 値等) と FWD から得られる数値との関係を検討するものである^{8)～12)}。また、併せて図-

表-1 転圧試験材料の物理特性

粒度特性	礫 分 (%)	14.5
	砂 分 (%)	20.0
	細 粒 分 (%)	8.5
	60% 粒径 (mm)	9.4
	30% 粒径 (mm)	2.6
	10% 粒径 (mm)	0.11
	均 等 係 数	85.5
	曲 率 係 数	6.54
	土粒子の密度 (g/cm^3)	2.710
	日 本 統 一 土 質 分 類	G-F
	最大乾燥密度 (g/cm^3)	2.312 (E 法による)
	最適含水比 (%)	5.3 (E 法による)

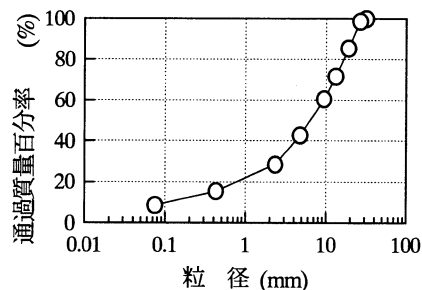


図-4 材料の粒度分布

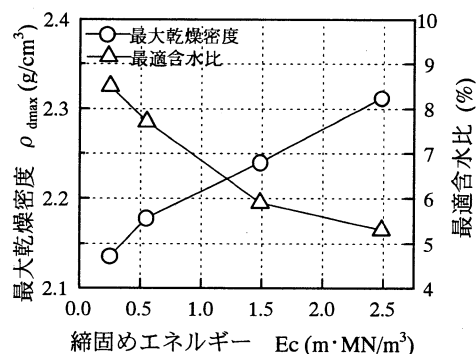


図-5 締固めエネルギーと最大乾燥密度

3 に示す Handy タイプの FWD⁹⁾ (以下、HFWD と称す) についての検討も行っている^{11) 13)}。表-1 に検討に用いた FWD, HFWD の諸元を示す。

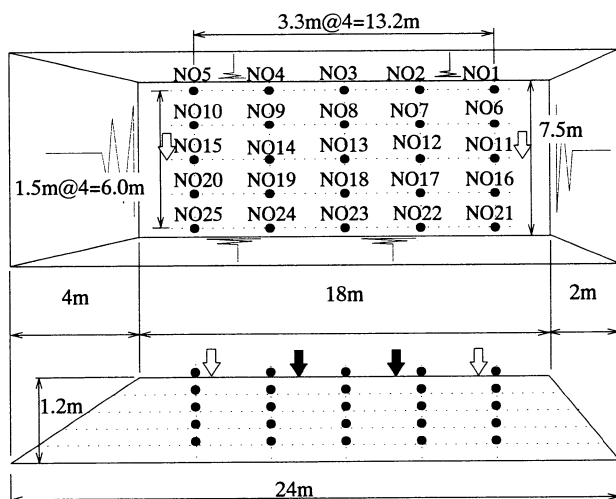
2. 盛土の転圧試験概要

(1) 盛土材料

盛土の転圧試験に用いた材料は、細粒分混じり礫 (G-F) に分類される粒度調整碎石 (M-30) であり、その物理・締固め特性を表-2 に示し、図-4 に粒径加積曲線を示す。また、締固めエネルギーの変化による締固め特性の変化を把握するために、種々のエネルギーにより締固め試験を行った結果を図-5 に示す。締固めエネルギーは Proctor の締固め仕事量の式により算出したものであり、

表-3 転圧試験の条件

試験ケース	敷均し厚さ	転圧回数
ケース A	20cm	無振動 2 往復+振動 18 往復
ケース B	25cm	無振動 2 往復+振動 6 往復
ケース C	25cm	無振動 2 往復+振動 2 往復



↓:動的コーン貫入試験位置
⇓:弾性波探査加振位置

図-6 試験盛土の概略

表-4 測定・試験項目と位置

項 目	測定・試験位置
湿潤密度,含水比(RI 法)	転圧各層の NO1～NO25
道路の平板載荷試験 (単調載荷, 載荷板直径 30cm)	NO7～9,12～14,17～19
地盤の平板載荷試験 (繰返し載荷, 載荷板直径 30cm)	NO12～14
FWD (載荷板直径 30cm)	NO7～9,12～14,17～19
HFWD (載荷板直径 9cm)	NO1～NO25
動的コーン貫入試験	図-6 に示す位置
弾性波速度検層 (板たたき法)	盛土長手方向中心線上

※ 平板載荷試験, FWD, HFWF による試験は, 盛土上面のみである。

締固めエネルギー $2.481\text{m}\cdot\text{MN}/\text{m}^3$ は、締固め試験のC、D、E法に対応するエネルギーである⁷⁾。使用した材料は、締固めエネルギーの増加とともに、最大乾燥密度が増加し、最適含水比が低下することがわかる。

(2) 転圧試験

転圧試験は、3種の締固め程度の異なる盛土を構築することにより行った。締固め程度は、締固めエネルギーに応じて最大乾燥密度が変化することから、転圧回数を変化させて設定することとした。転圧試験の条件は事前転圧試験の結果を踏まえ、表-3に示す条件とした。なお、敷均し厚さについては、敷均し厚さが厚い場合には、転圧層上層に比べ下層の密度が小さくなり、敷均し厚さが

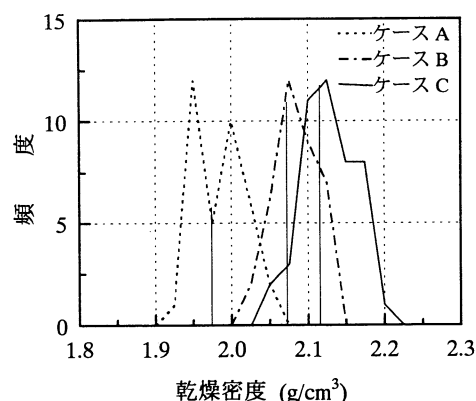


図-7 乾燥密度の頻度分布

表-5 試験盛土の物理的性状

		ケース A	ケース B	ケース C
乾燥	平均値 (g/cm ³)	2.114	2.071	1.972
密度	標準偏差	0.034	0.029	0.032
ρ_d	変動係数 (%)	1.6	1.4	1.6
締固め	平均値 (%)	91.4	89.6	85.3
密度比	標準偏差	1.488	1.232	1.369
D 値	変動係数 (%)	1.6	1.4	1.6
空気	平均値 (%)	15.1	17.9	21.3
間隙率	標準偏差	1.886	0.942	1.403
v_a	変動係数 (%)	12.5	5.3	6.6

薄くなると、少ない転圧回数で密度が大きくなることから、表-3 に示す値とした。なお、敷均しは、自重 29.4kN のブルドーザ、転圧は、自重 39.2kN の振動ローラにより行った。

盛土は、図-6 に示す形状であり、盛土上面の幅は鉄道の単線幅に対応する幅とした。試験における測定・試験項目と位置を図-6、表-4 に示す。

3. 盛土の締固め程度

締固め程度の異なる 3 種の盛土について行った密度測定, 平板載荷試験等の結果および K 値と密度に基づく諸数値との関係について検討した結果を以下に述べる.

(1) 物理的性状

各ケースの盛土の転圧各層における乾燥密度の頻度分布を図-7 に示す。ただし、盛土肩部では盛土中心部より密度が低くなるため、同図の頻度は、測点 NO7～9, NO12～14, NO17～19 での値である。同図より、各ケースとも頻度分布は正規分布に近い形状を示し、転圧エネルギーに応じた乾燥密度となっていることがわかる。

各ケースの乾燥密度、締固め密度比、空気間隙率の平均値、標準偏差、変動係数を表-5に示す。なお、盛土材料の含水比は各ケースとも3%前後であった。同表より、

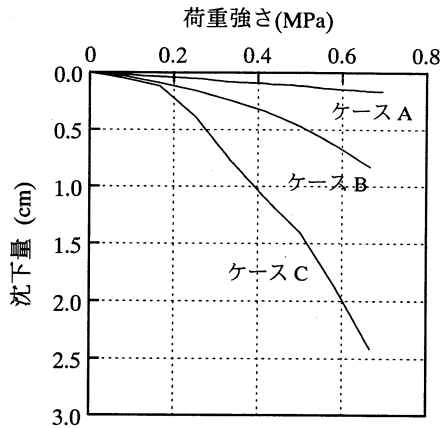


図-8 道路の平板載荷試験結果の例 (測点 NO13)

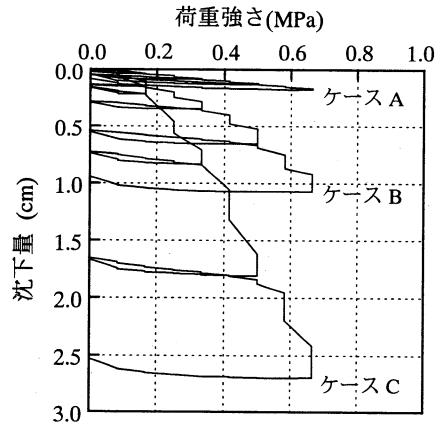


図-9 地盤の平板載荷試験結果の例 (測点 NO13)

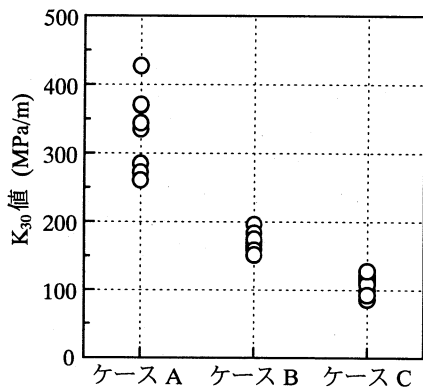


図-10 各ケースの K_{30} 値

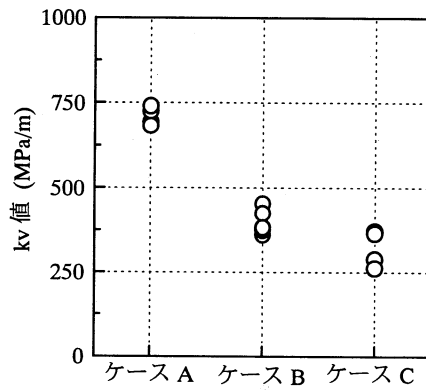


図-11 各ケースの k_v 値

表-6 試験盛土の K 値総括

		ケース A	ケース B	ケース C
K_{30} 値	平均値 (MPa/m)	325.7	198.7	109.9
	標準偏差	55.4	13.8	13.0
	変動係数 (%)	17.0	8.2	11.9
k_v 値	平均値 (MPa/m)	723.8	405.0	313.5
	標準偏差	9.4	32.0	40.4
	変動係数 (%)	1.3	7.9	12.9

締固め密度比のばらつきを示す変動係数は、1.4～1.6%と小さい値を示し、平面的にも、深度方向にもばらつきが小さく、 K_{30} 値等の比較のために均一な 3 種の盛土が構築されたと考える。

しかし、空気間隙率の変動係数は締固め密度比よりかなり大きく、これは、含水比の変動係数 (13%程度) による影響と考えられる。また、ケース A の空気間隙率の変動係数がケース B、C より大きいのは、間隙比のばらつきがケース B、C より大きいことによる影響である。

(2) 力学的性状

盛土構築後に盛土上面で行った平板載荷試験の結果の例を図-8、9 に示す。 K_{30} 値は図-8 に示す道路の平板載荷試験による沈下量～荷重強さ曲線の沈下量 1.25mm に

おける割線勾配であり、図-9 に示す地盤の平板載荷試験による繰返し載荷曲線の部分の接線勾配を k_v 値とした。各ケースで得られた K_{30} 値、 k_v 値を図-10、11 に示し、表-5 に総括を示す。 K_{30} 値、 k_v 値とも締固め程度に応じて大きくなっており、 k_v 値は K_{30} 値の約 2 倍の値を示している。 K_{30} 値、 k_v 値の変動係数は、密度から得られる諸数値の変動係数に比較し大きな値である。また、 K_{30} 値は k_v 値より変動幅が大きい傾向を示しており、これは、 k_v 値が比較的弾性的な変位による値であるのに対し、 K_{30} 値はその値に塑性変位と弾性変位の両者が含まれるためであると考えられる。

図-12 に動的コーン貫入試験の結果の例を示す。同図より、 N_d 値は、盛土表層でばらつきはあるものの、ケース A で 30～35 程度、ケース B で 20～25 程度、ケース C で 10 程度と、盛土の締固め程度に応じた値を示していることがわかり、明確に強度の異なる 3 種の盛土が構築できたことを示している。また、図-13 に弾性波速度検層から得られた弾性波速度と乾燥密度との関係を示す。盛土の平均的な強度の指標となる弾性波速度も K 値、 N_d 値と同様に締固めの程度に応じた値を示した。なお、弾性波速度から変形係数を求めると、ケース A、B、C それぞれ 655.0、382.5、157.9MPa であり、ポアソン比は、0.229、0.237、0.357 である。

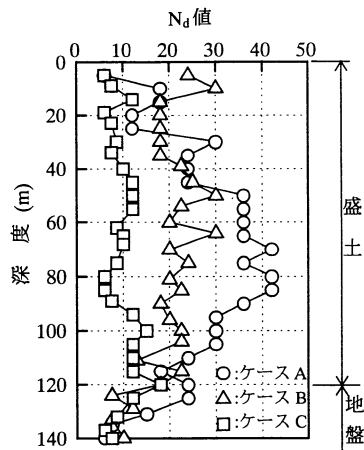


図-12 動的コーン貫入試験結果

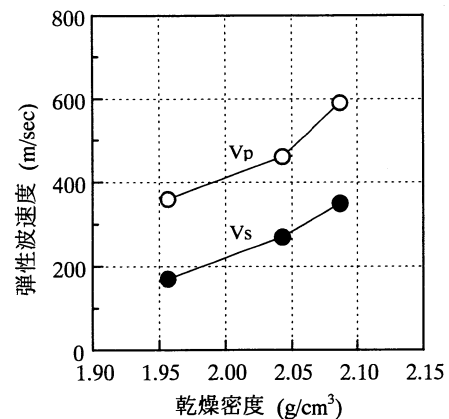


図-13 乾燥密度と弾性波速度

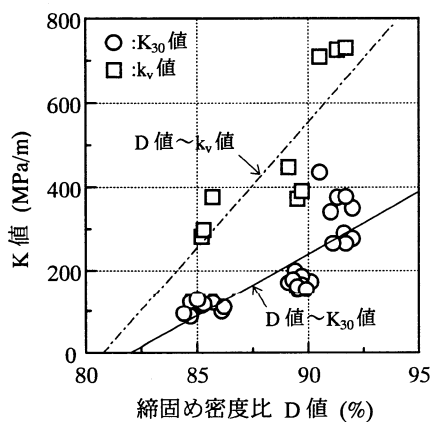


図-14 締固め密度比と K 値

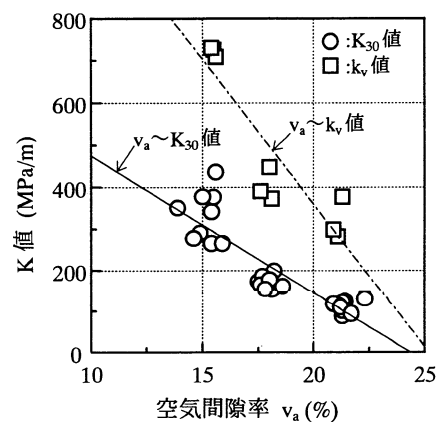


図-15 空気間隙率と K 値

(3) 平板載荷試験による K 値と物理的性状

盛土の密度から得られる数値と力学的性質の一つである平板載荷試験から得られる K 値との関係を把握するため、締固め密度比、空気間隙率と K 値 (K₃₀ 値, k_v 値) との関係を整理した結果を図-14, 15 に示す。なお、締固め密度比、空気間隙率は、K 値を測定した地点の深度方向の平均値である。

同図は、K₃₀ 値, k_v 値と締固め密度比、空気間隙率とはある程度の相関を示し、締固め密度が大きくなるに従い、空気間隙率が小さくなるに従い、K 値は大きくなる傾向を示している。しかし、K 値が大きくなると、特に、K₃₀ 値では締固め密度比との相関が悪くなる傾向にある。また、同図から、空気間隙率、締固め密度比と K 値との相関は空気間隙率のほうが良いことがわかる。

4. FWD と締固めの程度

FWD による測定結果から求めた K 値と他の締固め管理方法による値との比較を行うことにより、FWD を平板載荷試験に代わる盛土の締固め管理方法として適用するための検討を行った。

(1) FWD による K 値

FWD による K 値の算出は、平板載荷試験と同様に、測定した荷重強さを沈下量で除することにより求めた。用いた沈下量は、平板載荷試験に用いた載荷板の大きさと FWD の載荷板の大きさが同じ直径 30cm であるため、4 種の重錘の落下高さについて測定したもののうち、K₃₀ 値の算出に用いる 1.25mm に近い値とした。

HFWD での沈下量については、載荷板の大きさが FWD と異なる直径 9cm であることから、直径 30cm の載荷板下に生ずるひずみと同程度のひずみレベルとなる沈下量を用いることとし、3 種の重錘の落下高さについて測定したもののうち、載荷板の直径比率を乗じた 0.375mm に近い値とした。また、K 値は載荷板の直径に逆比例するため、式(1)により、この補正も行った。

$$K_9 = P_{0.375} / \delta_{0.375}$$

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

ここに、K₉：沈下量 0.375mm 時の K 値

P_{0.375}：沈下量 0.375mm 時の荷重強さ

δ_{0.375}：沈下量 0.375mm

K_{HFWD}：HFWD による K 値

D₉, D₃₀：HFWD, FWD の載荷板直径

以下、FWD, HFWD から得られた K 値をそれぞれ

表-6 各ケースの K_{FWD} , K_{HFW} 値

		ケースA	ケースB	ケースC
K_{FWD} 値	平均 (MPa/m)	643.5	459.1	256.0
	標準偏差	46.6	37.2	46.6
	変動係数 (%)	7.22	8.12	17.80
K_{HFW} 値	平均 (MPa/m)	615.1	441.5	300.2
	標準偏差	67.5	38.7	34.3
	変動係数 (%)	10.99	8.78	11.45

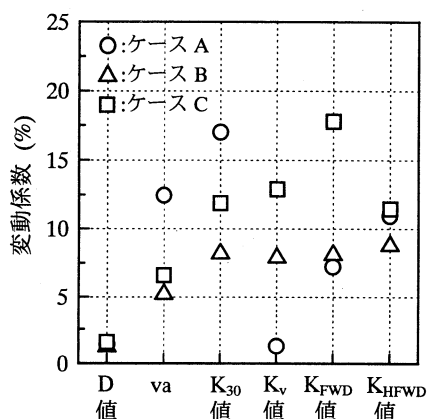


図-16 締固め程度を表す諸数値のばらつき

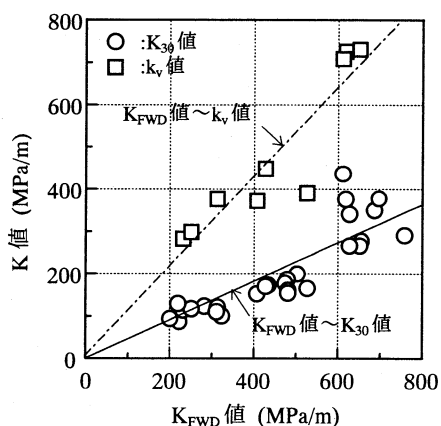


図-17 K_{FWD} 値と K 値

K_{FWD} 値, K_{HFW} 値とする。

FWD, HFW から得られた各ケースの K 値を表-6 に示す。同表には平均値, 変動係数も併せて示した。変動係数は, 締固め程度の小さいケース C での値が大きく, K_{30} 値とは逆の傾向となった。

(2) FWD による K 値と他の締固め管理指標のばらつき

FWD から得られた K 値のばらつきと他の締固め管理手法による値のばらつきを比較するため, 諸数値のばらつき (変動係数) を整理した。その結果を図-16 に示す。

同図は, 締固め密度比の変動係数は 1.4~1.6%程度で小さい値であるのに対し, K 値は大きな値となっていることを示している。また, K 値の中でも, 変動係数は, kv 値, K_{HFW} 値, K_{FWD} 値, K_{30} 値の順に大きくなるこ

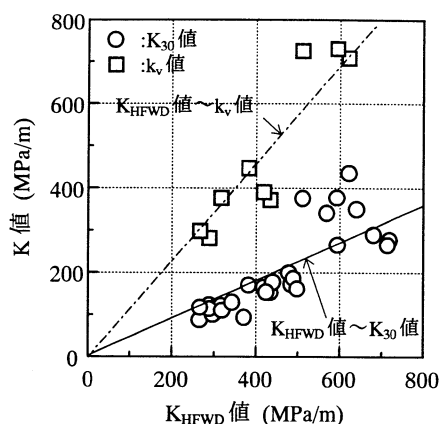


図-18 K_{HFW} 値と K 値

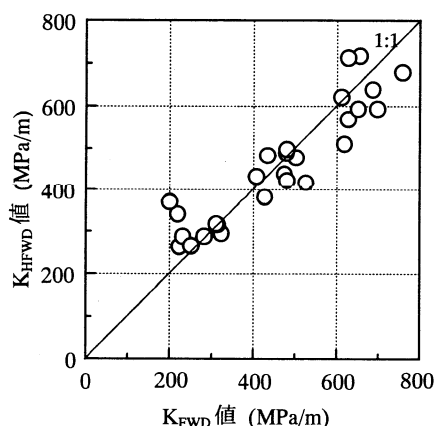


図-19 K_{FWD} 値と K_{HFW} 値

とから, FWD による K 値は, 道路の平板載荷試験による K 値よりばらつきが小さいといえる。

(3) 平板載荷試験による K 値と FWD による K 値

平板載荷試験による K 値と FWD による K 値との関係を把握するために, 同一地点で測定した K_{30} 値, kv 値と K_{FWD} 値, K_{HFW} 値との関係を整理した結果を図-17, 18 に示す。

同図から, 静的荷重による載荷である平板載荷試験と衝撃荷重による載荷である FWD とは荷重の載荷方法が異なるものの, K_{FWD} 値, K_{HFW} 値は K_{30} 値, kv 値と相関があり, kv 値との相関が高いことがわかる。また, 同図は, K_{FWD} 値, K_{HFW} 値は, K_{30} 値と 2:1, kv 値と 1:1 の関係にあることも示している。

FWD による K 値が kv 値と相関が良く, ほぼ同じ値がえられるのは, K_{30} 値が盛土の弾性変位と塑性変位の両者を含んだ値であるのに対し, FWD による K 値は, kv 値と同様に, 弾性変位部分の値であるからと考えられる。

K_{FWD} 値と K_{HFW} 値との関係を図-19 に示す。なお, K_{FWD} 値, K_{HFW} 値とも同じ地点の値である。同図は, K_{FWD} 値と K_{HFW} 値との関係はほぼ 1:1 であることを示しており, 載荷板の大きさが異なっても, 通常の平板載荷試験と同様に, 載荷板の大きさの補正をすることに

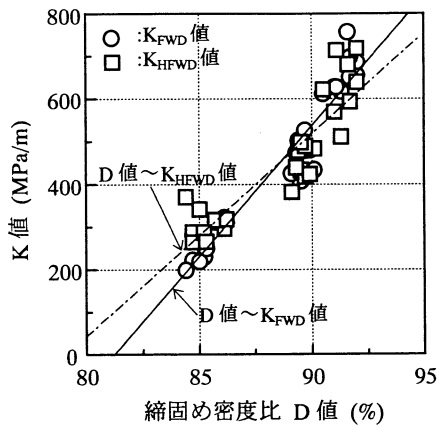


図-20 締固め密度比と FWD による K 値

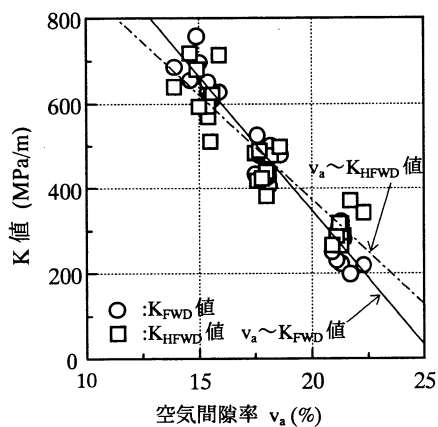


図-21 空気間隙率と FWD による K 値

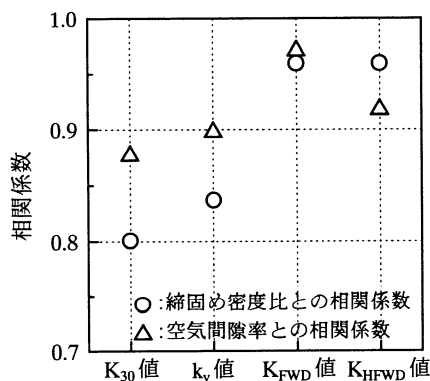


図-22 K 値と締固め密度比，空気間隙率との相関

よりほぼ同じ K 値が得られることがわかる。

(4) FWD による K 値と物理的性状

FWD による K 値と盛土の物理的性状である締固め密度比，空気間隙率との関係を整理した結果を図-20，21 に示す。同図より， K_{FWD} 値， K_{HFWD} 値は，締固め密度比，空気間隙率との相関があることがわかる。

平板载荷試験による K 値および FWD による K 値の締固め密度比，空気間隙率との相関性を比較するために，図-14，15，20，21 の一次回帰での相関係数を整理した結果を図-22 に示す。同図から，平板载荷試験による K

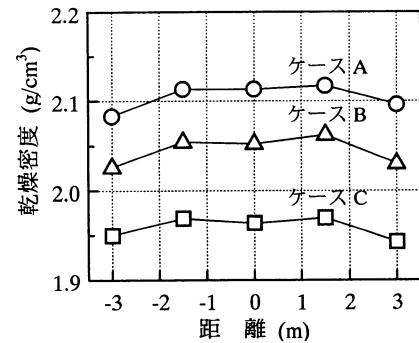


図-23 盛土横断方向の乾燥密度の分布

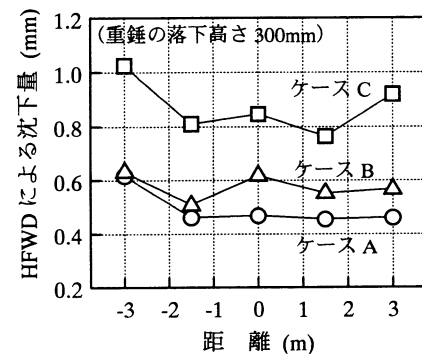


図-24 盛土横断方向の HFWD による沈下の分布

値の場合， K_{30} 値より k_v 値のほうが締固め密度比，空気間隙率との相関性が高く，FWD による K 値は，平板载荷試験による K 値より相関性が高いことがわかる。

(5) FWD による沈下と盛土の密度

これまで，FWD の重錘の落下による盛土の沈下量，つまり，ひずみ一定での検討をしてきたが，ここでは，重錘の落下高さを一定（エネルギー一定）としたときの盛土の沈下と盛土の乾燥密度との関係についての検討を行うものである。

図-23 に盛土横断方向の乾燥密度の分布を示し，図-24 に HFWD により測定した盛土横断方向の沈下の分布を示す。図中の沈下量は HFWD の重錘の落下高さが 300mm 時の値であり，ロードセルにて測定された荷重は，ケース A で 6.5kN 程度，ケース B，C で 5.7kN 程度である。図から，ケース A，B，C の順に盛土の密度は小さく，HFWD による沈下量は大きくなり，各ケースとも盛土肩での密度が中心部に比べ小さく，沈下量も盛土肩では中心部より大きくなるように，HFWD による盛土の沈下は，盛土の密度に対応した値を示していることがわかる。

5. 結論

盛土の転圧試験を基に検討した結果は以下のようにまとめられる。

- (1) FWD, HFWD から得られる K 値は、締固め密度比よりばらつきは大きい、道路の平板載荷試験から得られる K_{30} 値よりばらつきは小さい。
- (2) FWD, HFWD から得られる K 値は、 K_{30} 値、 k_v 値に比べ、締固め密度比、空気間隙率との相関が高い。
- (3) FWD による K 値は、 K_{30} 値と 2:1、 k_v 値と 1:1 の関係にあり、特に k_v 値との相関が高い。
- (4) FWD による K 値と k_v 値との相関が高いのは、どちらも盛土の弾性変位に基づく値であるからと考える。
- (5) FWD による K 値は、載荷板の直径が異なっても、直径の補正により、同じ値が得られる。
- (6) FWD の重錘の落下高さを一定としたときの盛土の沈下は、盛土の密度に対応した値を示しており、RI 法等の代替として、密度管理にも適用可能である。

以上のように、FWD が道路の平板載荷試験に変わる方法として盛土の締固め管理に十分適用可能であるとの結論を得た。

6. おわりに

FWD の実際の適用に当たっては、FWD と HFWD の特徴を考慮し、連続的な測定を行う場合には FWD、施工延長の短い箇所や狭い箇所での測定には HFWD を用いることを前提としたい。また、FWD による荷重の影響範囲は、明確ではないが、荷重を静的荷重に置き換えると道路の平板載荷試験と同じように載荷板直径の 3 倍程度となり、その影響範囲はあまり大きくはないため、従来の管理方法である道路の平板載荷試験と同様に日々の密度管理は不可欠である。

参考文献

- 1) 鉄道総合技術研究所編：鉄道構造物等設計標準・同解説 土構造物，丸善，pp.41，1992.11.
- 2) 浅井新一郎：衝撃による地盤支持力の測定について，土木学会誌，Vol.42，No.5，pp.17～22，1957.5.
- 3) 田村徹，境友昭：土の締固め管理のための非破壊試験法（その8），第23回土質工学研究発表会概要集，pp.2027～2028，1988.6.
- 4) 能登繁幸，後藤彰，佐藤厚子：衝撃加速度を用いた土の締固め管理について，第24回土質工学研究発表会概要集，pp.1831～1832，1989.6.
- 5) 阿部裕，鬼木剛一，北本幸義：盛土の振動締固め管理手法に関する考察，第22回土質工学研究発表会概要集，pp.1669～1670，1987.6.
- 6) 笠原篤，古川真男，伊藤保彦：ハンディーなフォーリング・ウェイト・デフレクトメータの開発，第19回日本道路会議論文集，pp.314～315，1991.10.
- 7) 地盤工学会編：土質試験の方法と解説，pp.201～205，1990.3.
- 8) 関根悦夫，村田修，木幡行宏，矢崎澄雄，阿部長門，丸山暉彦：礫材を用いた鉄道盛土の転圧試験（1）－全体計画－，第31回地盤工学研究発表会概要集，pp.2339～2340，1996.7.
- 9) 関根悦夫，村田修，木幡行宏，矢崎澄雄，品田昌義，丸山暉彦：礫材を用いた鉄道盛土の転圧試験（2）－盛土の締固め程度－，第31回地盤工学研究発表会概要集，pp.2341～2342，1996.7.
- 10) 関根悦夫，村田修，木幡行宏，矢崎澄雄，菅野宏，広津栄三郎：礫材を用いた鉄道盛土の転圧試験（3）－締固め程度の違いによる盛土の強度－，第31回地盤工学研究発表会概要集，pp.2343～2344，1996.7.
- 11) 関根悦夫，村田修，木幡行宏，矢崎澄雄，菅野宏，広津栄三郎：礫材を用いた鉄道盛土の転圧試験（4）－締固め程度とK値－，第31回地盤工学研究発表会概要集，pp.2345～2346，1996.7.
- 12) 関根悦夫，村田修，木幡行宏，矢崎澄雄，阿部長門，雑賀義夫，丸山暉彦：礫材を用いた鉄道盛土の転圧試験（5）－FWDの締固め程度への適用について－，第31回地盤工学研究発表会概要集，pp.2347～2348，1996.7.
- 13) 阿部長門，丸山暉彦，村田修，関根悦夫：FWDによる鉄道盛土の締固め管理への適用について，土木学会第51回年次学術講演会概要集第5部，pp.40～41，1996.9.
- 14) 菅野宏，弘津栄三郎，村田修，関根悦夫，丸山暉彦：HFWDによる鉄道盛土の締固め管理への適用について，土木学会第51回年次学術講演会概要集第5部，pp.42～43，1996.9.

A STUDY ON COMPACTION CONTROL BY FWD IN RAILWAY EMBANKMENT WORK

Etsuo SEKINE, Osamu MURATA, Nagato ABE, Teruhiko MARUYAMA

The intensity of compaction in railway embankment is controlled by K_{30} -value in the plate loading test for road. However, the plate loading test takes much time and needs a large reaction equipment. Thus, it is necessary to work out a simple and easy method for compaction control in railway embankment work. The present paper gives an outline of the rolling compaction test to applying FWD to compaction control in railway embankment work. The result from rolling compaction test shows that K-value by FWD correlates with several values indicating the compaction level (degree of compaction, air void ratio, K_{30} -value), leading to the conclusion that it is possible to apply FWD to compaction control in railway embankment work.