

分類別の小型 FWD 試験活用方法一覧表

分類	種類	現状の管理			小型 FWD 試験との関係	出展	説明	
		試験	基準	管理値				
盛土・切土	一般	道路の平板載荷試験	地盤反力係数 $K_{30}$ (MN/m <sup>2</sup> )	地盤材料・用途によりことなる 例：コンクリート舗装路盤 $N_1 \sim N_4$ $K_{30}$ 150MN/m <sup>2</sup> コンクリート舗装路盤 $N_5 \sim N_7$ $K_{30}$ 200MN/m <sup>2</sup>	$K_{30} = K_{F, FWD} /$ = (粘性土：1, 砂質土：1.5, 礫質土：2)	1	JIS, JGS, JHS で規格化されている。土木学会舗装工学委員会編「FWD および小型 FWD 運用の手引き」に準じて関係式に従い換算する。小型 FWD 試験の典型的な運用方法である。	
		現場 CBR 試験	現場 CBR (%)	地盤材料・用途により異なる 例：高速道路路床 現場 CBR 5～10% 概ね 現場 CBR = 3～30%	現場 CBR = $E_{F, FWD} / 10$ 現場 CBR = $4(K_{75} / 9.8 - 1)$ $K_{75} = K_{30} / 2.2, K_{30} = K_{F, FWD} /$ = (粘性土：1, 砂質土：1.5, 礫質土：2)	2 3 4 1	JIS, JGS, JHS で規格化され、道路の路床の設計 CBR を基に舗装を構成する。旧道路構造令では路盤 = K 値、路床 = CBR 値による規定があり、この関係を議論を呼んだ。一般的には地盤弾性係数 $E_{F, FWD}$ を関係式に従って現場 CBR に換算する。道路は CBR 値、軌道は K 値で管理されているが、前者はパラツキが大きく管理値として使用するのには疑問視されている。	
		ベンケルマンビームによるたわみ量試験	たわみ量 d (mm)	地盤材料・用途により異なる 例：道路の路床・路盤 d 3～5mm 富士スピードウェイ路床 d 5mm	$d = 780 / K_{30}, K_{30} = K_{F, FWD} /$ = (粘性土：1, 砂質土：1.5, 礫質土：2)	2 1	静的載荷試験の1つであり、JHS のみで規格化されている。地盤工学会編「地盤調査の方法と解説」にその他の載荷試験方法として紹介され、関係式も示されている。一般的な盛土工事での適用事例は少なく、高速道路やレース用コースの路床に適用されている。	
		現場密度試験(砂置換、RI)	締固め密度比 D (%)	地盤材料・用途により異なる 例：標準的に概ね D 90%	各研究機関にて検討段階	-	砂置換は JIS, JGS, JHS, RI は JGS, JHS で規格化されている。古くから地盤の力学的性質は締固め密度で管理し、現在も一般的に行われている。載荷試験とセットで行われる場合が多い。	
		その他(サウンディングなど)	N 値など	地盤材料・用途により異なる	$N = E_{F, FWD} / 2.5$	4	標準貫入試験は JIS で規格化されている。関係式は鉄道総合研究所編「鉄道構造物等 設計標準・同解説 - 土構造物」に示されており、N 値と $K_{30}$ の関係を示したグラフもある。	
		軌道(路床・路盤)	道路の平板載荷試験	地盤反力係数 $K_{30}$ (MN/m <sup>2</sup> )	$K_{30}$ 110MN/m <sup>2</sup> (または $K_{30}$ 150MN/m <sup>2</sup> )	$K_{75} = K_{30} / 2.2, K_{30} = K_{F, FWD} /$ = (粘性土：1, 砂質土：1.5, 礫質土：2)	1	規格は「盛土・切土一般」の各試験と同様。鉄道総合研究所編「鉄道構造物等 設計標準・同解説 - 土構造物」では、この2つの試験で管理することを基本とし、参考資料に関係式が示されている。軌道では、CBR について一切の記述がない。つまり、現場 CBR はパラツキが大きいため、管理値としての適用性に疑問があると考えられている。
		現場密度試験(砂置換、RI)	締固め密度比 D (%)	D 95% (または D 90%)	各研究機関にて検討段階	-		
		空港(高剛性)	道路の平板載荷試験	地盤反力係数 $K_{75}$ (MN/m <sup>2</sup> )	$K_{75} = K_{30} / 2.2, K_{30} = K_{F, FWD} /$ = (粘性土：1, 砂質土：1.5, 礫質土：2)	4 1	空港盛土は、剛性が高く、最大粒径も大きいので、平板載荷試験の載荷板は 750 が使用される。小型 FWD 試験では、載荷板 300、延長口ツド、特注重錘(25～30kg)を使用し対応する。	
			現場密度試験(砂置換、RI)	締固め密度比 D (%)	D 90%	各研究機関にて検討段階	-	規格は「盛土・切土一般」と同様。近年、RI による方法が開発され、試験範囲が広かつ均一な地盤であれば試験時間が短縮でき経済的である。
	アスファルト舗装	普通道路全層	FWD 試験	たわみ量分布 各層の弾性係数 健全度診断	FWD 運用マニュアル(案)より、 載荷直下のたわみ量 $D_0$ 。交通区分により 0.3～0.9mm 設計 $T_d$ に対する残存 $T_d$ によって補修区分を選定	重交通舗装は適用範囲外 (荷重エネルギー不足のため)	-	財団法人 道路保全技術センター編「活用しよう！FWD」に準じて健全度診断を行うか、多層弾性理論を用いた逆解析法により各層の弾性係数を推定する。
		小型道路全層	小型 FWD 試験	たわみ量分布 各層の弾性係数 健全度診断	路床の現場 CBR を算出し、設計 CBR と比較 載荷直下のたわみ量 $D_0$ 。交通区分により 0.3～0.9mm 設計 $T_d$ に対する残存 $T_d$ によって補修区分を選定など	試験方法は、「活用しよう！FWD」に準ずるが、補修工法選定フローのパラメータを小型道路用に変更することが必要	5	現状は、財団法人 道路保全技術センター編「活用しよう！FWD」に準じて健全度診断を行うか、多層弾性理論を用いた逆解析法により各層の弾性係数を推定する。現在、茨城県牛久市にて試験を行い、管理基準値(パラメータ)を検討している。
		As 層	ベンケルマンビームによるたわみ量試験	たわみ量 d (mm)	所要のオーバーレイ厚の設計に使用される d 交通区分により 0.6～2.0mm 以上	d と $D_0$ の関係を把握する必要がある。また、 $D_0$ の正確な温度補正が必要	-	この試験については測定精度や舗装と路床を別々に検討できないなどの問題点が挙げられており、これに変わる方法として、ダイナフレクト、FWD が開発された。
密度試験(室内：コア、現場：RI)			締固め密度比 D (%)	D 96.5%	不明	-	不明	
路盤・路床		室内 CBR 試験	修正 CBR (%) 室内 CBR (%)	路盤材：粒度調整砕石 修正 CBR 80% 路盤材：クラッシュラン 修正 CBR 20% 概ね 修正 CBR = 8～80 以上	室内 CBR = $(0.6 \sim 1.5) \times$ 現場 CBR 現場 CBR = $E_{F, FWD} / 10$	6 2	修正 CBR は路盤材の品質試験に使用し、室内 CBR は現場 CBR とともに路床の設計に使用される。	
		現場 CBR 試験	現場 CBR (%)	路床材料・用途により異なる 例：設計 CBR 3～20%	現場 CBR = $E_{F, FWD} / 10$	2	「盛土・切土一般」と同様。	
	現場密度試験(砂置換、RI)	締固め密度比 D (%)	下層路盤 D 97%、上層路盤 D 96.5% 路床 D 93.5%	なし	-	規格は「盛土・切土一般」と同様。近年、RI による方法が開発され、試験時間が短縮した。		
コンクリート舗装	コンクリート	曲げ試験	曲げ強度 $\sigma_b$ (MPa)	連続鉄筋コンクリート $\sigma_b$ 4.4MPa 転圧コンクリート $\sigma_b$ 4.9MPa	なし	-	土木学会舗装工学委員会編「FWD および小型 FWD 運用の手引き」に、 $D_0$ を相対的に比較することで、ひび割れ箇所の荷重伝達の種類や版下部の状態を把握した事例が示されている。	
	路盤	道路の平板載荷試験	地盤反力係数 $K_{30}$ (MN/m <sup>2</sup> )	路盤 $N_1 \sim N_4$ $K_{30}$ 150MN/m <sup>2</sup> , $N_5 \sim N_7$ $K_{30}$ 200MN/m <sup>2</sup>	$K_{30} = K_{F, FWD} /$ = (粘性土：1, 砂質土：1.5, 礫質土：2)	1	「盛土・切土一般」と同様。	
	路床	道路の平板載荷試験	地盤反力係数 $K_{30}$ (MN/m <sup>2</sup> )	設計地盤反力係数を求める(用途により異なる)	設計 CBR を求める(用途により異なる)	現場 CBR = $E_{F, FWD} / 10$	2	「盛土・切土一般」と同様。
		現場 CBR 試験	現場 CBR (%)	現場 CBR (%)	現場 CBR (%)	現場 CBR = $E_{F, FWD} / 10$	2	「盛土・切土一般」と同様。
I.L.ブロック舗装	ブロック	載荷試験	曲げ強度	材料・用途により異なる(3.0MPa 以上)	なし	-	インターロッキングブロック舗装技術協会編「インターロッキングブロック舗装設計施工要領」に、インターロッキングブロック舗装の路盤・路床の支持力と舗装体の評価方法が示されている。	
	路盤	支持力試験	ベンケルマンビーム法、FWD、小型 FWD	検査基準 A とし、小型 FWD による弾性係数が 730MN/m <sup>2</sup> 以上	$E = 1.5p \cdot r / d$	7		
	路床	CBR 試験	設計 CBR (%)	路床材料・用途により異なる	CBR = 0.1E			
埋設管理戻し土	全層	密度試験(室内：コア、現場：RI)	締固め密度比 D (%)	「アスファルト舗装」と同様	「アスファルト舗装」と同様	6 2	ほとんどの埋設管の埋戻し工事が道で行われているため、アスファルト舗装の管理方法とほぼ同様である。しかし、施工範囲が小さいこともあって、一般的に、簡易舗装(生活道路)などでは、各種室内試験にて良好と判断された規格材料を使用し、転圧回数などの施工管理を的確に行うことで品質が保たれるという考え方がある。	
	路盤	室内 CBR 試験	修正 CBR (%) 室内 CBR (%)					
	路床	現場 CBR 試験	現場 CBR (%)					
		簡易動的コーン貫入試験	$N_s$ 値	$N_s$ 値 12/10cm	$N_s = N / (1 \sim 3), N = E_{F, FWD} / 2.5$	4		
コンクリート	コンクリート床版	載荷試験	圧縮、引張、曲げ強度	材料・用途により異なる	各研究機関にて検討段階	-	「コンクリート舗装」と同様。現在、都土研/関口 幹夫、東亜道路工業/阿部 長門を中心に小型 FWD を用いた供用後の健全度調査方法が研究されている。	
木まくら木	目視を主体					-	土木学会舗装工学委員会編「FWD および小型 FWD 運用の手引き」の参考資料に、木まくら木の良・不良判定法が示されている。	

小型 FWD 試験より直接求める値  $K_{F, FWD}$ : 地盤反力係数,  $E_{F, FWD}$ : 地盤弾性係数,  $D_0$ : 載荷直下の変位量,  $D_x$ : 載荷直下より Xmm 離れた位置の変位量

JIS: 日本工業規格, JGS: 地盤工学会規格, JHS: 高速道路3会社の技術基準

出展 1. 土木学会舗装工学委員会編「FWD および小型 FWD 運用の手引き」 出展 2. 土質工学会編「土工学ハンドブック」 出展 3. 地盤工学会編「地盤調査の方法と解説」 出展 4. 鉄道総合技術研究所編「鉄道構造物等設計標準・同解説 - 土構造物編」

出展 5. 財団法人道路保全技術センター編「活用しよう！FWD」 出展 6. 地盤工学会編「土質試験の方法と解説」 出展 7. インターロッキングブロック舗装技術協会編「インターロッキングブロック舗装設計施工要領」