

小型FWD試験を併用した土構造物基礎の品質管理への試み

日本工営株式会社 正会員 ○林 良樹
株式会社シムラ 正会員 志村 智之
日本工営株式会社 佐藤 友哉

1. はじめに

近年の降雨規模は、日雨量・時間雨量とともに増加しており、平年を大きく上回る大雨・豪雨による自然災害（土砂災害や洪水）が頻発し、土木構造物を取り巻く環境が変化している。土構造物の性能の評価、その向上については、道路土工構造物技術基準・同解説（公益社団法人日本道路協会平成29年3月）で示され、具体的な運用が進められているところである。ここで、盛土など土構造物は、施工が終わってしまってからでは修正が困難であるため、盛土の締固め管理法を合理化してより良い締固めを効率的に行い、それが施工中に反映される必要がある。一般的な密度管理だけでは、含水比試験作業が別途必要となるため、なるべく早期に品質を判断する手段としては、直接的に評価できる現地試験を併用することが考えられる。本研究では、構造物基礎地盤の支持力評価について一般に適用される平板載荷試験の代替試験として小型FWD試験を適用し、現地試験で確認した関係を用いて、効率化を考慮した上で品質向上を実現する管理手法の案を示すものである。

2. 小型FWD試験適用の課題

小型FWD試験は、平板載荷試験とは異なり、載荷板上に重錘を自由落下させることにより衝撃荷重を加え、これにより生じた変位量を積分計算し、支持力特性を調査するものである。したがって、小型FWD試験を適用する場合は、平板載荷試験と小型FWD試験それぞれによる荷重と変位の関係について、事前に確認する必要がある。ここで、参考文献1)で平板載荷試験と小型FWD試験の支持力特性について表-1に示す5種類の土質を図-1のように比較整理し、地盤の剛性が高くなるほど小型FWD試験と平板載荷試験の地盤反力係数の比が大きくなることが確認された。また、その比の大きさによって、図-2に示す3タイプの荷重-変位の関係に分類される。タイプ①は、地盤剛性が高く、平板載荷試験での地盤反力係数（以下「 K_{30} 」）に対して、小型FWD試験での地盤反力係数（以下「 K_{PFW} 」）の値が2倍以上大きい。累計沈下量は少なく、折曲点の判断が難しい場合が多いと考えられる。タイプ②は、地盤剛性が高く、平板載荷試験での K_{30} に対して、小型FWD試験での K_{PFW} の値が大きい。累計沈下量は発生するものの平板載荷試験の載荷板径の10%の変位にいたらず、降伏荷重の目安となる折曲点の判断が難しい場合が多いと考えられる。タイプ③は、地盤剛性が比較的小さく、平板載荷試験での K_{30} に対して、小型FWD試験での K_{PFW} の値が小さい。累計沈下量は平板載荷試験の載荷板径の10%変位を超えて明瞭な折曲点が見られ、降伏荷重が確認できると考えられる。ここで、平板載荷試験と小型FWD試験のキャリブレーションを行って、

表-1 調査対象地盤の地盤反力係数

土質No.	土質区分	K_{30}	K_{PFW}
土質1	風化岩	162.8	430.6
土質2	細粒分質砂質礫	41.6	14.1
土質3	礫混じり粘土	157.8	311.2
土質4	砂礫質土	98.8	68.8
土質5	碎石置換	186.7	355.8

単位: (MN/m³)

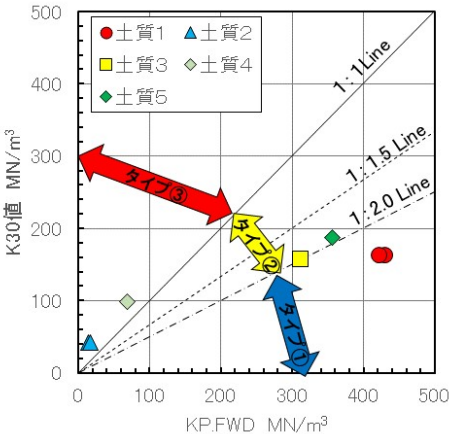


図-1 K_{PFW} 値と K_{30} 値の関係

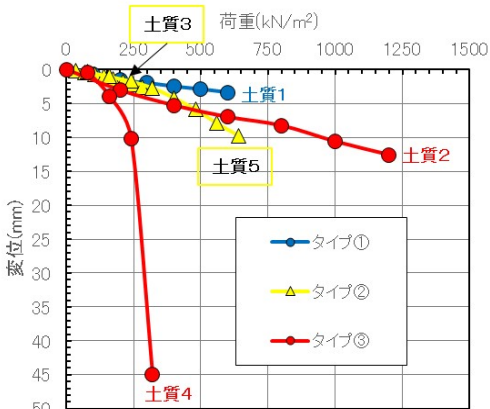


図-2 載荷荷重と変位の関係 (平板載荷試験)

キーワード 小型FWD試験、地盤反力係数、品質管理

連絡先 〒530-0047 大阪市北区西天満 1-2-5 大阪 JA ビル 6F, TEL06-7177-9505

タイプ①～③を確認しておくことで、小型 FWD 試験のみで支持力調査を迅速に行うことが考えられる。小型 FWD 試験による品質管理案について図-3 に示す。

3. 盛土品質管理への適用

土構造物の例として、宅地地盤（盛土地盤）として要求される品質は、①目的物を安全に支持しうる十分な指示力が確保されていること、②有害な変形(沈下)を生じないことが示されている。荷重支持と沈下低減としての地耐力評価は、スウェーデン式サウンディング試験が基本とされるが、平板載荷試験やその他のサウンディング試験を用いてもよいとされている。ここで、支持力特性について、直接的に評価できる平板載荷試験を適用する場合、同じ載荷板径の小型 FWD 試験を用いることで、作業効率化と多点での試験によるバラツキ（盛土の均質性）を確認することができる。平板載荷試験に対する小型 FWD 試験の作業性については、表-2 に示すように、地盤の平板載荷試験（単サイクル）を 1 回実施する間に 9 回実施でき、道路の平板載荷試験を 1 回実施する間に 3 回実施できる計算となる（平板載荷試験の作業時間は全国標準積算資料(土質調査・地質調査)一般社団法人全国地質調査業協会連合会より参照した）。したがって、各平板載荷試験の作業時間内で小型 FWD 試験を 3～9 箇所実施できるため、剛性のバラツキを考慮した地耐力の評価と対応について迅速に行うことが可能となり、効率化を考慮した上で品質向上を実現できる。ここで、鉄道土構造物では、施工品質管理として、剛性の確保については地盤反力係数による管理、沈下の減少については密度管理の両者による管理も実施するとしている。これは、必要な剛性が確保されていても、密度（締固め度）が不足していると、供用中の交通振動により沈下が発生する可能性があるからである。したがって、土構造物基礎及び盛土の管理としては、当然のことながら密度管理が必要となるが、現場密度や乾燥密度については、参考文献 2) の研究で、小型 FWD 試験による道路路盤の K_{PFW} 値と現場密度 ρ_t や乾燥密度 ρ_d とに高い相関性が確認されている。このことから、従来の密度管理についても、現場密度や乾燥密度と小型 FWD 試験による K_{PFW} 値とのキャリブレーションを行うことにより、土構造物の地盤剛性と密度についての品質確認と評価を小型 FWD 試験で簡易に、迅速に行うことができると考えられる。

4. まとめ

土構造物の性能の評価、その向上については、品質管理方法に工夫が必要であり、実際の施工では、なるべく余分な作業を発生させることなく、品質管理を行うことが求められる。一般の密度管理では、乾燥密度算出のため含水比試験を要するが、含水比試験で施工を止めることは避けたい。そこで、現地試験で即時に剛性を確認することで、判定指標である「密度」以外に補足として「剛性：地盤反力係数」を品質管理の可否判定に適用し、連続した施工を実現することが望まれる。本研究では、品質管理に小型 FWD 試験を併用することで、地盤剛性と密度の両面から品質管理を効率的にかつ多点、リアルタイムに評価できる道筋を見出すことができた。今後は、土質種別による密度（締固め度）と小型 FWD 試験の地盤反力係数の関係についてもデータを蓄積整理し、キャリブレーションが前提ではあるが、使い勝手のよい品質管理手法の提案を行う所存である。

【参考文献】

1) 林ら：平板載荷試験補助試験としての小型 FWD 試験の支持力調査への試み，第 55 回地盤工学研究発表会，2020. 7（投稿中）
2) 木幡ら：小型 FWD 試験による道路路盤の K 値と現場密度の関係，地盤工学会北海道支部技術報告集第 55 号，平成 27 年 1 月

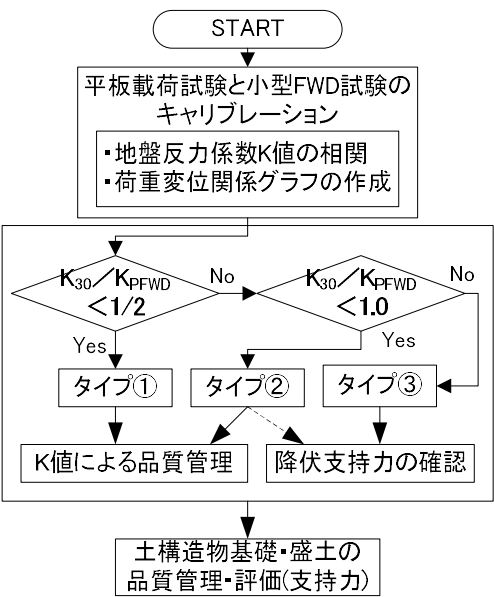


図-3 小型 FWD 試験による品質管理案

表-2 各載荷試験の作業時間比較

■地盤の平板載荷試験作業時間比較（分）		
項目	単サイクル	小型FWD試験
試験工	210	33
準備撤去	90	
合計	300	33
平板載荷試験/小型FWD試験		9

■道路の平板載荷試験作業時間比較（分）		
項目	単サイクル	小型FWD試験
試験工	56	24
準備撤去	24	
合計	80	24
平板載荷試験/小型FWD試験		3