

IT 土工による造成地盤の性能評価

川崎 廣貴・長澤 正明

最先端の IT 製品が次々と社会に拡がっており、それを活用した造成地盤の土工事、いわゆる IT 土工が一般化しつつある。将来的には、IT 土工による施工情報を土木インフラの整備から維持更新段階まで活用できるように、造成地盤の変形強度特性という施工中の性能評価結果も IT 土工に取り込み、そのデータを供用時管理に引き継ぐことが重要と考えられる。この観点で IT 土工をより発展させるため、衝撃荷重を地盤に載荷して地盤剛性を計測する高精度の全自動地盤剛性評価システム SFWD を新たに開発し、その実工事への展開を図っている。

ここでは、初めに、近年ではほぼ確立している IT 土工の総合化システムを概説し、次に、新開発の全自動地盤剛性評価システム SFWD の概要と適用事例について紹介する。

キーワード：造成地盤、盛土、締固め、性能評価、IT、ICT、FWD、SFWD、変形係数、地盤剛性

1. はじめに

20 年前のスーパーコンピュータの計算速度は、現在のパソコン用の最先端 CPU であるクアッド型 CPU で発揮できるものとなっている。パソコンをはじめとする IT 製品は、日々より小型化・大容量化し、しかも高速化して安価となり、これに伴って社会に急速に普及した。企業や個人レベルにおいてはインターネットでの情報化がすっかり定着し、時間と距離に制約されないコミュニケーションが可能になっている。建設分野においても例外ではない。ICT を活用した情報交換速度が速くなることによって、生産形態の変化のテンポも速くなっている。

一方、「土工」という分野では、従前において施工を人力と土工機械のみに頼ってきたローテク最前線といえるものであったが、変化の速い ICT 化の潮流によりその流れを大きく変えてきた。建設プロジェクトの大型化によって、広範囲な面積で大土量・高盛土の施工を行う大規模造成工事が出現し、これに伴い戦略的でチャレンジングな ICT を活用した総合的な土工システムが開発され、実用化に至っている^{1) 2)}。

この総合的な ICT 技術の活用は、施工情報のリアルタイム処理とコンカレント化による情報の加工と共有をもたらしており、施工の高度化と効率化、および施工管理の確実性が可能になっている。

しかし、土木インフラ整備の基本を考えた場合、よ

り長期的な視点を持ったメンテナンスを見据えた ICT 化の実現も同時に求められている。すなわち、施工段階に把握した造成地盤の変形強度特性という土構造物の性能情報を、ICT でデジタル化して可視化し、それを供用後の管理・維持・更新に提供できるようにする。これにより、道路の舗装や設備などの更新時期との関係が把握できるようになり、メンテナンス時期の目安が立てやすいというメリットが出てくる。また、耐震性向上がより高いレベルで必要になった場合でも新たな詳細地盤調査の必要がなく、過去の施工時の性能情報に基づいた効率的な対応ができる可能性がある。

こうした観点から、設計・施工・維持更新を網羅した土工の ICT 化を目指すことが重要であり、この分野で今後ともさらなる進展が期待される。

ここでは、これまでに開発・実用化された ICT 技術と土工を総合的に組合せた IT 土工システムについて、現状を紹介するとともに、最先端の精密 ICT 技術を駆使して造成地盤の性能評価を行う SFWD について、その概要と適用事例を述べることとする。

2. 土工技術の課題

土工は、道路・空港や宅地などを造成するために行うもので、地山を切土掘削し、土を運搬して盛土する工事である。施工は、自然環境条件と地域性を強く受ける一品生産という形態であり、建設機械の大型化

による施工の効率化は従来からなし得たものの、ICTとの関係という点ではどちらかといえば遅れていた感があった。

この工事の特徴は、単純作業の繰り返しであるが施工量が著しく大量で、他工種に比べて建設機械の役割が大きく、さらに、気象条件の影響を受けやすいということである。また、土と岩石を材料として盛土を築造することになるため、コンクリート構造物に比べて施工の程度による変形強度特性という性能品質でバラツキが大きくなりやすいという問題がある。

大規模造成工事においては、発生土を有効利用しながら大土量を高速施工し、作業手間の軽減と安全性の確保を結び付ける必要があり、同時に品質向上とコスト削減を図ることが重要な課題となっている。このためには、盛土材料のゾーニングを考慮した運土計画、盛土材の撒出し層厚管理と転圧回数管理、土工の出来形管理などにおける大量施工データの分析処理という一連のワークフローにおいてスムーズ性とスピーディ性が求められる。

一方、道路や堤防などの盛土の締固め管理は、従来から乾燥密度や空気間隙率による施工管理で一般的に行われている。しかし、これらの管理手法は、粘性土・砂質土・礫質土などの盛土材料に起因する土構造物の変形強度に関する性能特性が把握できないものである。巨大地震に対する耐震性や豪雨などの自然災害に強いという性能特性を直接的に施工管理できるようにするというのも課題である。これには、施工中に土構造物全体の変形強度という性能品質をより高い精度で明示できる技術の開発が必要と考える。

これらの課題を解決する手段として、単一の技術の採用に留まらず、ICT技術を総合的に駆使したものがIT土工であり、以下にその内容を報告する。

3. IT 土工の総合化システム

IT 土工の総合化システムは、図一1に示すように土砂搬入システム・敷均しシステム・転圧システム・性能評価システム（SFWDシステム）・3次元CADシステム・情報コムシステムからなるものである。これらの概要は、次のとおりである。

①土砂搬入システム

多種類の搬入土砂を対象に土砂運搬用ダンプトラックを渋滞させることなく、盛土ヤードに適正に誘導する。入場管理にはIDタグが用いられる。

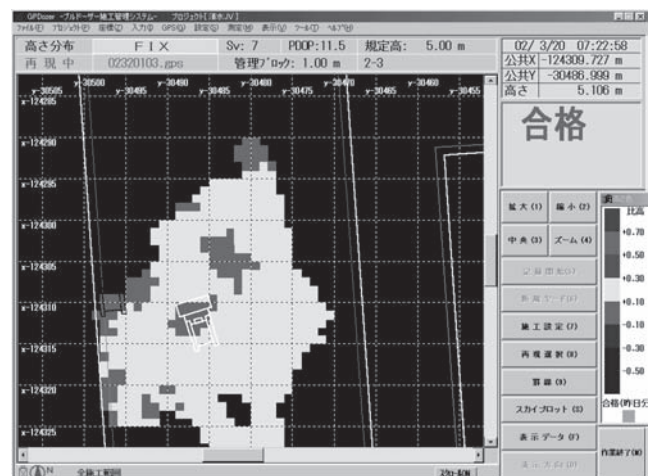
②敷均しシステム

ブルドーザにGPSを搭載して、施工エリアの敷均



図一1 IT 土工の総合化システム

し層厚を面的に管理する。ブルドーザキャビン内のモニタでは、図一2に示すように規定値に対する施工層厚のズレ量を平面表示で1m管理メッシュ毎に色別表示する。また、施工ナビゲーション機能により施工範囲を地図情報として表示して、施工エリアへの誘導を簡便化している。



図一2 敷均し管理モニタリング

③転圧システム

写真一1に示すように、振動ローラにGPSを搭載して走行軌跡を解析し、盛土ヤードの転圧回数と施工層厚を管理する。転圧回数は、50 cm四方の管理メッシュ毎に判定し、振動ローラのキャビン内モニタには、転圧回数に応じた色別状況がリアルタイムに表示され、オペレータはモニタを確認しながら所定の転圧回数になるまで転圧を繰り返す。転圧状況は無線LANで事務所にも転送され、事務所では転圧状況をリアルタイムに監視できる。



写真1 GPS搭載振動ローラ

④性能評価システム（SFWDシステム）

重錘落下により衝撃荷重を地盤に作用させて、その瞬間的な応答挙動から地盤剛性を評価する。計測は、パソコン制御の全自動で実施する。迅速な計測により、多点計測が可能で造成地盤の剛性が面的に評価可能となり、土構造物の性能品質が明示できる。この内容については、次章で詳述する。

⑤3次元CADシステム

出来形図面・土量計算・品質管理帳票の作成を自動化したものであり、土質別の切土数量やゾーニングを考慮した盛土数量、出来形図の作成等を容易に行う。3次元の地形モデルからは、任意断面における図面や鳥瞰図の作成、切盛土量の算出を行う。図-3は、施工中の出来形を3次元CG化したものであり、現地状況が3次元の視覚情報としてビジュアルに確認できる。

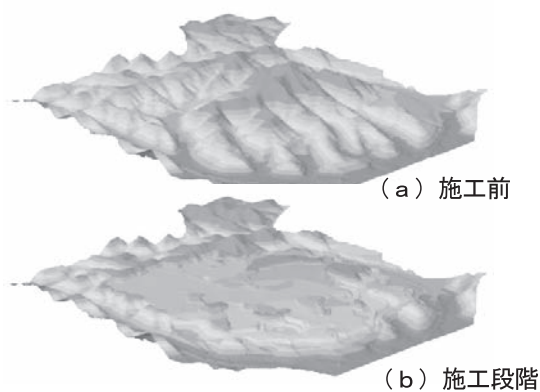


図-3 3次元鳥瞰図による施工状況把握

⑥情報コムシステム

最新の情報通信技術により、建設現場で取得した各種の施工情報などのデータを受発進する。土砂搬入ゲート、施工ヤードおよび現場事務所内は、無線LANによる高速データ通信を用いてネットワーク化

し、この通信網を利用することによって、ブルドーザや振動ローラの走行軌跡データなどの品質管理や土量管理データ、およびダンプトラックによる土砂搬入管理データなどの各種施工情報をリアルタイムに共有化できるようになる。施工者と事業者は、インターネットを経由して各種の施工情報をシームレスに共有することで、ペーパーレス化が図られる。

これらの土砂搬入から情報コムまでの各サブシステムは、相互に有機的な関連性を持たせることによって、施工情報のリアルタイム性とシームレス性が確保でき、これにより、施工の高度化と効率化をより加速できる。データベース構築においては、施工結果から得られる管理データの帳票化を進め、適切な状態でデータを集合化して、ボトルネックが生じないように施工情報の一次処理を行うとともに、これが想定される箇所においては情報の滞りを解消できる対策を講じておくことが重要である。

IT土工の総合化においては、サブシステム間の関係によって高いメリットが得られるものを関連付け、全体的な作業の流れを作る必要があり、これにより効率化が高められる。さらに、建設現場での作業効率を考えた場合、設計・現場施工・工事管理・データ整理・報告書・承認というプロセスを考慮したワークフローのコンカレント化を進め、業務のスピーディ性を図ることも重要と考える。

4. 造成地盤の性能評価システム「SFWD」

道路舗装や建物基礎などの設計・施工においては、支持力確保や残留沈下防止をより確実なものにすることが求められている。この観点から路体や路床などの造成地盤の性能評価が重要となっている。また、性能設計への移行の流れを踏まえて、構造物を合理的に最適化できる信頼性設計の考えを同時に取り入れて行く必要がある。これに対応するためには、施工現場において地盤の変形強度特性という性能品質をより直接的に多数かつ精度良く調査できる計測手法が求められる。この手法を実用化することにより、大量の施工データの取得と同時に統計処理が可能となり、安全係数への反映が可能になる。さらに、設計検証や維持更新での重点箇所の設定などに活用できるため、設計・施工から維持更新段階において土構造物の総合的な合理性がより高められると考える。

筆者らは、舗装診断用のFWD計測機における簡便な計測原理に着目し、独自に自動化や省力化などの考案を行い、高精度に地盤剛性が得られる全自動地

盤剛性評価システム「SFWD (Super Falling Weight Deflectometer) システム」を新たに開発し、これを建設工事に適用している。本システムは、平板載荷試験と等価な地盤剛性を得ることができるとともに、計測作業の迅速・簡便化により適正な施工状態の検証を効率良く行うものである。本システムでは、計測の全自動化により、一日あたり50～100点程度を測定でき、さらに、計測データを即時解析するため、オンサイトで面的な地盤剛性の評価が実現できる。この高精度の評価を現場に適用し、リアルタイムに状況を把握しながら施工できるので品質確保も容易に行うことができる。本システムは、地盤の衝撃荷重応答のデータを1/10,000秒単位で高精度に高速サンプリングし、それを瞬時に解析評価してGPSと連動させている。まさに、最先端の精密ICT技術の結集となるIT土工のサブシステムとなっており、しかも面的評価で迅速に地盤性能を可視化できるものとして今後の発展が期待される。

ここでは、初めに、地盤技術の評価技術の全般を概説し、次に、SFWDのシステム概要と適用事例について述べる。

(1) 地盤剛性の評価技術

地盤剛性を評価できる技術としては、表一1に示すように変位を直接的に評価して剛性を求める方法(平板載荷試験・現場CBR試験・FWD・小型FWD・SFWD)と、加速度指標値の換算から間接的に剛性を評価する方法(簡易支持力測定器・ローラ加速度法)がある。載荷板径は調査地盤の土質の最大粒径の3倍以上に設定する必要があること、および得られた計測値は原地盤の計測面から載荷板径の2倍以内の深度までの地盤状態を反映したものと評価することである。

平板載荷試験は、表一1に示すようにもっとも一般的な試験法であるが、本試験では大きな反力装置が必要であり、しかも1点あたりの計測に数時間を要するため、手間と時間が掛かるという問題がある。一方、

加速度指標値を用いる間接法は、簡便ではあるが適用地盤範囲と精度的な面に難点がある。例えば、ローラ加速度法は、あくまでも振動ローラの振動輪加速度を利用したものであり、転圧中の振動輪接地面積が同一にならないという計測境界条件のバラツキの問題があるため、地盤剛性の大きな目安値を調査する場合に適用されている。

FWDと小型FWDでは、重錘を同一高さから6回程度落下させて地盤剛性を求めることが標準的に行われている。この1回目載荷は端面誤差解消用の予備載荷となっており、これにより地盤には荷重履歴が加えられたことになる。このため、2回目以降の剛性は再負荷による繰返し載荷の剛性となり、平板載荷試験のK値として求められている単調載荷時の荷重変位挙動とは、本質的に異なったものになっている。

SFWDシステムは、FWDの原理を利用したものであるが、載荷方法はこれと異なるものである。すなわち、漸増荷重の連続的な多段階載荷を実施し、この荷重変位関係の増加勾配を地盤剛性と定義している。このため、平板載荷試験の単調載荷の結果から求めるK値と等価なものが得られやすく、地盤剛性の良否をオンサイトで瞬時に判断しやすいという特長を有している。また、計測可能な最大変位は30mmに設定しており、既存FWDの最大変位が2～5mmであるのに比べて、変位計測レンジが大きく、地盤の荷重変位挙動の取得範囲がより広いものとなっている。

(2) システム概要

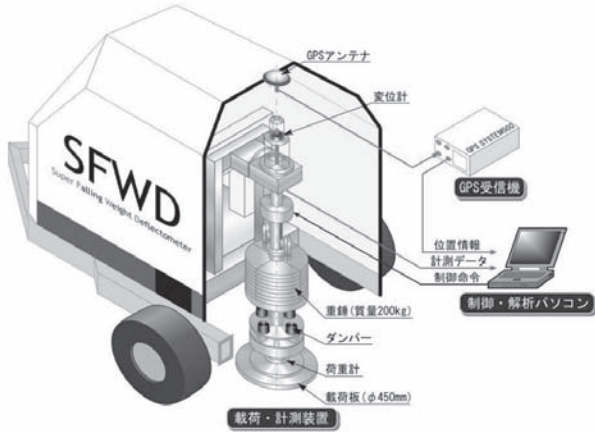
(a) システム仕様

本システムは、重錘落下による急速載荷法により地盤面に最大90kNの衝撃荷重を作用させ、そこから得られる荷重と地盤の変位量から地盤剛性を面的に解析・評価するものである。この特長は、地盤剛性を迅速・簡便・高精度に評価するオンサイト型全自動計測システムになっていることであり、これにより、地盤剛性の計測作業を大幅に合理化でき、効率的な施工と性能品質確保の簡便性を実現することができる。

表一1 地盤剛性の評価技術一覧

剛性評価法		項目	計測項目	変位精度	載荷板径 (mm)	予備載荷履歴	K値算定法	K値との相関性
直接法	平板載荷試験	変位荷重	高	φ 300～φ 750	なし	—	—	—
	現場CBR	変位荷重	高	φ 50	なし	換算式	礫質土で低	
	FWD	変位荷重	高	φ 300～φ 450	あり	繰返し域を利用	中	
	小型FWD	加速度荷重	低	φ 100～φ 300	あり	繰返し域を利用	やや低	
	SFWD	変位荷重	高	φ 300～φ 450	なし	平板試験と等価	高	
間接法	簡易支持力測定器	加速度	—	φ 50	あり	換算	極低	
	ローラ加速度法	加速度	—	ローラ幅	なし	換算	低	

このシステムは、**図—4**に示すように载荷機能と荷重および地盤の変位量を計測する機能を一体化した**载荷・計測装置**、GPS受信機、それら装置をコントロールし計測結果を解析して地盤剛性を評価する**制御・解析パソコン**にて構成している。**表—2**にシステム仕様を示す。



図—4 SFWDシステムの計測装置概念

表—2 システム仕様

項目	仕様
重錘質量	200 kg
最大落下高	300 mm
最大衝撃荷重	90 kN
载荷板直径	φ 450, φ 300
衝撃荷重計測	ロードセル
変位計測	磁歪& LVDT センサ
変位測定レンジ	0 ~ 30 mm
計測時間	5 ~ 10 分 / 点

(b) 地盤剛性の計測法

本システムにおける計測状況を**写真—2**に示す。地盤剛性の計測は、一般に次に示す手順で行われている。

①所定の計測位置にSFWDシステムを誘導する。



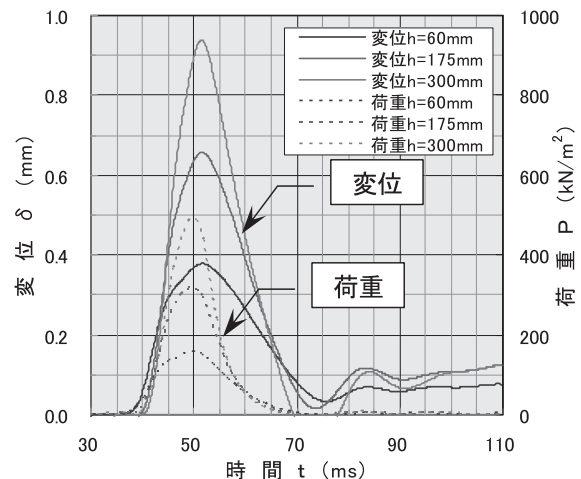
写真—2 SFWDの計測状況

- ②制御・解析パソコンには载荷条件を設定しておき、所定の計測位置で計測開始ボタンをクリックする。
- ③载荷・計測装置はパソコンからの指令を受けて、設定された载荷パターンに基づき質量 200 kg の重錘を任意の高さからダンパーに連続的に落下する。なお、最大落下高は 300 mm である。
- ④衝撃荷重はダンパーを介して地面に接した载荷板に作用し、この時の衝撃荷重は载荷板上部の荷重計で、地盤の変位は载荷板に直結した装置上部の 2 種類の**変位計**で計測する。
- ⑤計測した連続多段階载荷による荷重と変位の関係から、地盤剛性解析に必要な変形係数を算出し、これらにGPS計測の位置データを合成して、データを記録し、**载荷・計測装置**を収納する。③~⑤の計測は全自動で行われる。
- ⑥計測点のデータが蓄積された段階で、面的な地盤剛性の評価を独自に開発した地球統計学による空間推定法(クリギング)を用いて造成地盤の剛性分布などを把握する。

(c) データ処理法

SFWD 計測では、質量 200 kg の重錘を落下高の漸増によって衝撃荷重を多段階で連続的に大きくしながら地盤に作用させ、その連続変位を取得することで地盤剛性を評価する。最大落下高 300 mm 時の最大荷重は約 90 kN となり、これを衝撃的に地盤に負荷することができる。

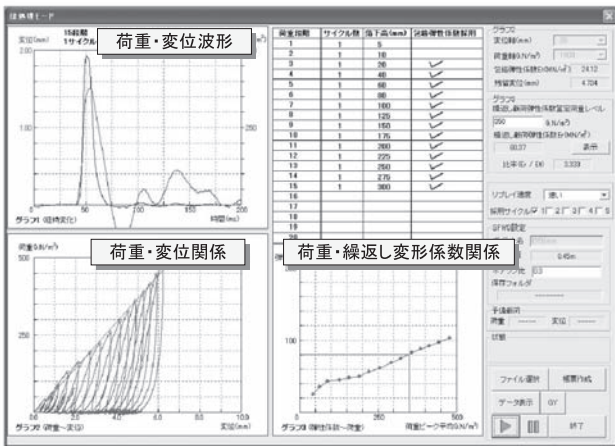
図—5には、落下高さを $h = 60, 175, 300 \text{ mm}$ として $\phi 450$ 载荷板を用いた場合の衝撃荷重と地盤変位の経時波形を示す。同図に見られるように衝撃荷重の载荷は、起点からピーク点までが約 0.01 秒であり、凸状で極めて衝撃的に作用する。荷重の減衰は载荷時に比べてやや長くなり、ピーク点から約 0.02 秒で



図—5 SFWDの変位と荷重の経時波形

零となる。一方、地盤変位は荷重ピーク点に対してやや遅れてピーク点が現れ、減衰後の荷重終点以降はやや揺れながら残留変位状態に収束する。落下高 $h = 300 \text{ mm}$ の荷重終点付近では変位が負値となっている箇所があるが、これは平板がわずかに跳ね上がる現象を示している。

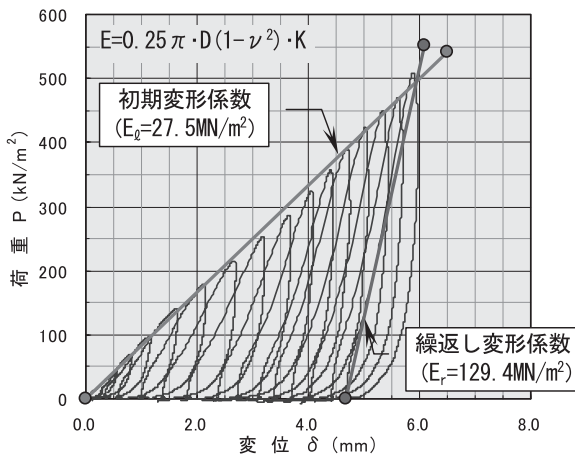
図一六は、SFWD のパソコンの計測結果解析画面を示している。同図に示すように荷重・変位波形、荷重・変位関係、荷重・繰返し変形係数関係が計測と同時にリアルタイムに表示され、地盤剛性を瞬時に把握できるようになっている。



図一六 SFWD の計測画面

図一七には、室内において同一締固め程度の礫質土地盤を作製し、これに対して落下高を連続的に漸増させる多段階荷重試験を実施した結果を示す。同図において各荷重段階のピーク点を結んだ線を初期剛性、各荷重段階の起点からピーク点を結んだ線を繰返し剛性と定義し、これから求められる変形係数をそれぞれ初期変形係数と繰返し変形係数と定義している。

同図より、多段階荷重による各段階の荷重ピーク点



図一七 SFWD 計測による多段階荷重挙動

を結ぶライン（初期変形係数）は、通常の平板荷重試験から得られる単調荷重時の荷重変位曲線に類似している。これと平板荷重試験の支持力係数 K 値から求まる変形係数との相関を採ることにより、SFWD 計測点において平板荷重試験とほぼ等価な支持力係数や変形係数という計測値を得ることができる。

なお、変形係数 E は、地盤の平板荷重条件による支持力係数 K 値との関係式 (1) から算定している。

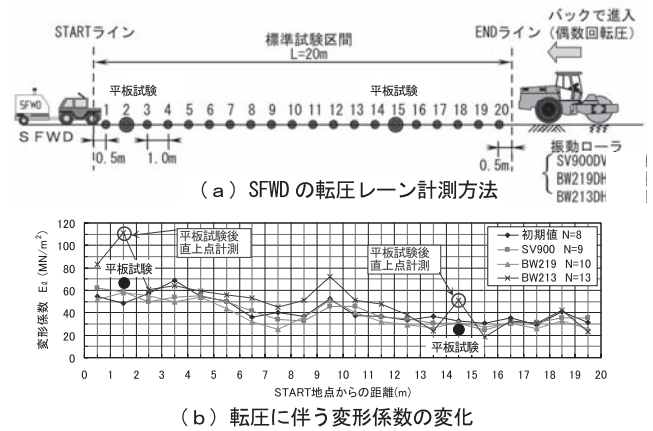
$$E = 0.25 \pi (1 - \nu^2) D \times K \dots\dots (1)$$

ここに、 ν ：ポアソン比

D ：荷重板径

(3) 平板荷重試験との関係

図一八には、最大粒径 $D_{max} = 300 \text{ mm}$ の礫質盛土の土工事現場において、振動ローラによる所要転圧後の 1 転圧レーンを対象にして、SFWD 計測による地盤剛性の分布調査を実施したものである。締固め仕様は、施工層厚 60 cm 、転圧回数 8 回であり、所要転圧後の RI 計測結果の平均値は、乾燥密度 $\rho_d = 2.18 \text{ g/cm}^3$ 、含水比 $w = 4.6\%$ であり、締固め度 $D_c = 95.5\%$ である。



図一八 SFWD と平板試験の転圧レーン比較

転圧レーンにおける SFWD の変形係数の分布傾向は、所要の 8 回転圧後の初期値と振動ローラによる転圧回数増加後の値がほぼ同様の傾向であり、平板荷重試験による変形係数と比較的良好な相関性が見られ、かつ転圧回数増加による SFWD 計測の再現性も高い。

図一九には、平板荷重試験との荷重挙動を示すが、両者は極めて類似した曲線を描くことが明らかである。

図一十には、平板荷重試験と SFWD との相関度合いを示すが、相関係数 r は $r = 0.870$ であり、両者には極めて高い相関性があることが明らかである。

図一十一には、SFWD による計測結果を平板荷重試

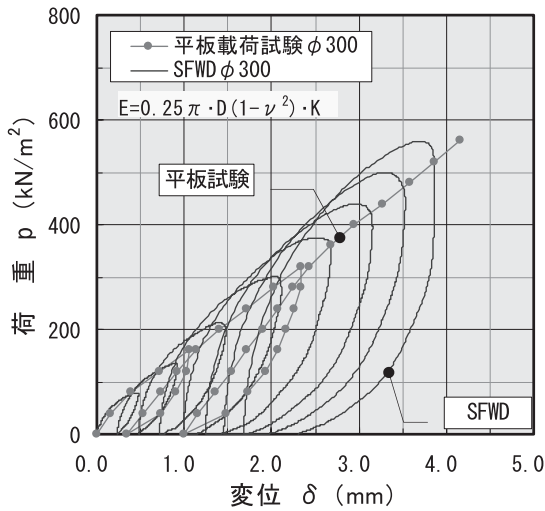


図-9 SFWDと平板試験の载荷挙動

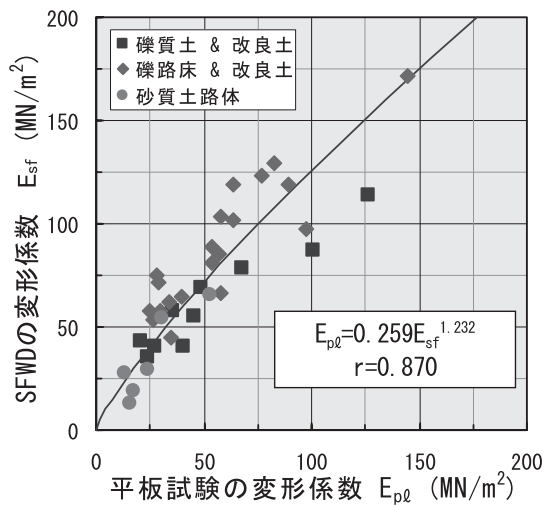


図-10 平板とSFWDの変形係数の関係

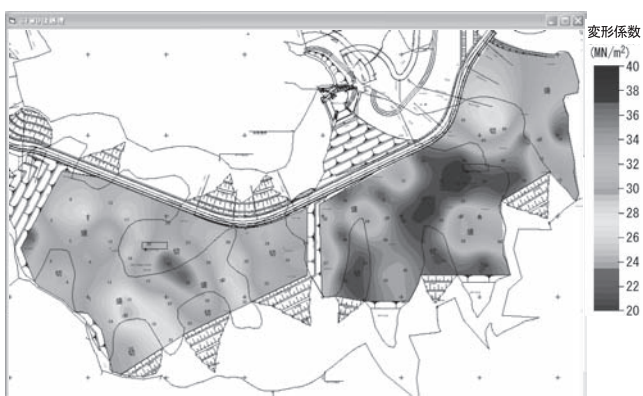


図-11 面的地盤剛性の評価例

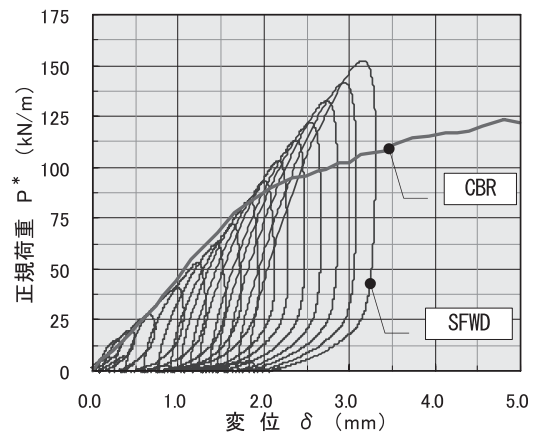
験のK値に換算し、造成地盤の面的な変形係数を評価したものである。このように、ICT技術を単に施工の确实性や効率化に適用するのみではなく、性能品質把握にも適用できる段階に来ており、IT土工のさらなる発展が期待できる状況となっている。

(4) 現場 CBR 試験との関係

建設現場の礫質土路床などにおいて現場 CBR 試験を行い、SFWD との相関を調査すると、CBR 試験の载荷ロッド径 $\phi 50 \text{ mm}$ の影響で現場 CBR 値にバラツキが生じて両者の相関性が低くなる。このため、室内の大型土槽を用いた実験により材料の影響による CBR 値のバラツキを小さくして SFWD と比較することとし、碎石と硅砂を用いて締固めた状態の地盤条件で、現場 CBR 試験と SFWD の計測を行った。なお、CBR 値の広いデータ幅で相関傾向を把握するため、締固めエネルギーは $0.5E_c \sim 4.5E_c$ で調整した。

図-12には、現場 CBR 試験値と SFWD の载荷挙動関係を同時に示す。同図より、変位 2.0 mm 以下で両者は極めて類似した曲線を描き、SFWD 結果から CBR 値が十分推定可能であることが分かる。

図-13には、現場 CBR 試験の CBR 値と SFWD の変形係数 E_{sf} との相関度合いを示す。同図より、CBR 値と SFWD の変形係数は累乗近似状態で表すこ



注) 正規化荷重 $P^* = P \times 0.25 \pi \cdot D(1 - \nu^2)$

図-12 SFWDとCBR試験の载荷挙動

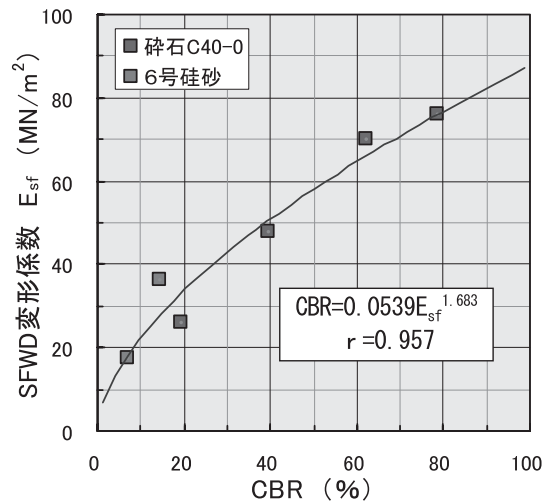


図-13 CBRとSFWD変形係数 E_{sf} の関係

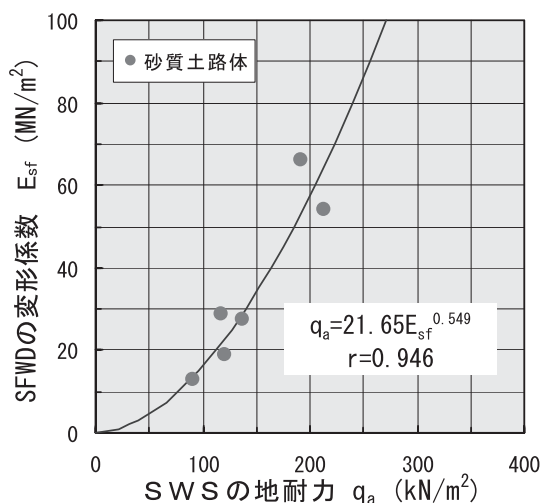
とができ、その相関係数 r は $r = 0.957$ であり、両者には極めて高い相関性があることが明らかとなった。

したがって、SFWD の変形係数を用いて精度良く CBR を推定することができるものと考えられる。

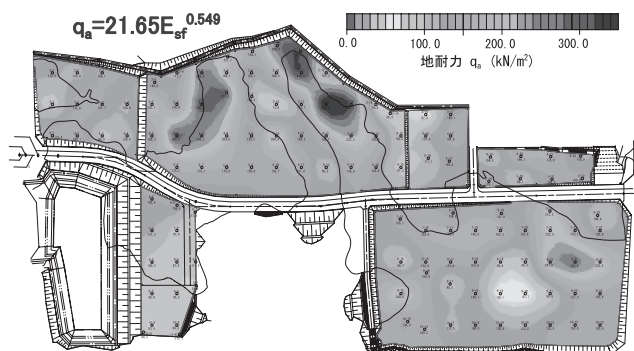
(5) SWS 地耐力との関係

産業団地造成工事における造成仕上げ盤において、SFWD 計測とスウェーデンサウンディング試験 (SWS 試験) を実施し、両者の結果を比較した。この工事での SFWD 計測は載荷板 ϕ 300 mm で実施している。計測対象とした造成地盤は、まさ土材料による盛土仕上げ盤とまさ土地山の切土仕上げ盤の 2 種類である。SWS 地耐力 q_a は、SWS 試験の結果を基に国交省告示第 1113 号の式 $q_a = 30 + 0.6 N_{sw}$ を用いて深度別に平均地耐力 q_a を求めたものである。

図一 14 は、SFWD 変形係数 E_{sf} と SWS 地耐力 q_a の相関度合いを示している。同図の SWS 地耐力は、深度 $z = 0.75$ m までのものであり、載荷板径の 2.5D までは SWS 地耐力との相関性が良いという結果が得られている。同図中に示す $q_a = 21.65E_{sf}^{0.549}$ の相関式により、SFWD を用いて精度良く地耐力を評価する



図一 14 SFWD と SWS 地耐力の関係



図一 15 面的地耐力の評価例

ことができると考えられる。

図一 15 は、SFWD による計測結果を SWS 地耐力 q_a 値に換算し、造成地盤の面的な地耐力を評価したものである。これにより、SFWD が広範囲の施工領域の地盤剛性と地耐力を高精度に評価する手法として効果的であることが明らかである。

5. おわりに

ICT は時間と空間的距離を克服するものであるため、建設現場において既存業務の枠組みをブレークスルーし、そのあり方を変える手段として好適なものである。一方、土構造物においては、巨大地震に対する耐震性や豪雨などの自然災害に強いという安全・安心な土木インフラ造りが求められている。これには施工における高い性能品質の確保はもちろんのこと、過去に遡った際にはトレーサビリティによる施工履歴と性能品質の可視化ができ、後から設計検証を可能にする技術が重要になる。

こうしたニーズに効率良く応えるには、建設現場の ICT 化がもっとも近道と考える。この方法論としては、現場の最適性を考慮してシステムに柔軟性を持たせ、かつ、現場作業員の情報化対応能力を向上させながら、従前手法からの脱皮を図り、建設技術の高度化を目指していくことが求められる。

さらに、SFWD のように土構造物の性能評価を建設現場で迅速・簡便に行い、適正な性能品質の検証を効率良く行い、地盤剛性という施設構造に直接影響する変形強度特性の良否を判定し、早期の施工フィードバックを実施することで造成地盤への品質保証がより明確化できると考える。

SFWD の計測時間は、計測移動距離と SFWD の荷重段階にもよるが約 5 ~ 10 分 / 点程度であり、平板載荷試験や現場 CBR 試験の計測で数時間を費やしているのに比べて著しく短い。この点で言えば、地盤剛性の調査には時間とコストが掛かるという、既成概念に変革をもたらすのに十分なものとする。将来的には、造成地盤の性能品質が保証できるように、地盤剛性と密度の併用管理が土構造物の施工管理におけるあるべき姿であるとする。

IT 土工システムは、最新 ICT 技術の活用と土工に求められるべきニーズを意識して、ブラッシュアップを加え最先端の高度化システムとして今後も進化させていく考えである。建設現場というフィールドで ICT 化を図るためには、建設現場で実際に利用する立場からの意見とより広い分野の知識までを集約し、これを

システムに総合的に反映させ、課題を解決して行く視点が必要であり、知恵と戦略および努力を傾注することが求められる。

本システムは、造成地盤の要求性能に対して確実な施工を工事管理面で保証でき、デジタル化で可視化された施工情報を供用後の管理・維持・更新に役立てることができるものを目指しているが、これに限らず、建設技術とICT技術をマッチングさせた情報化施工が、今後ともさらに発展することを期待するものである。

最後に、本報告が土工現場や供用時メンテナンスの際のICT活用において、何らかの参考になれば幸いである。

JCMIA

《参考文献》

- 1) 小林・片寄・板垣・竹野・川崎：IT土工システム DREAM -第二東名における大規模土工の合理化施工法-，土木施工，42 [1] (2001.1)
- 2) 板垣・川崎：大規模高盛土の合理化施工に挑戦 -盛土460万m³の高速施工と管理精度の飛躍的向上を実現 IT土工システム「DREAM」-，土木学会誌 (2002.1)
- 3) 土木学会：FWDおよび小型FWD運用の手引き，舗装工学ライブラリ2 (2002.12)
- 4) 川崎・皿海・龍岡・平川：地盤剛性全自動評価システムにおける地盤剛性計測法，土木学会第59回年次学術講演概要集 (2004.9)
- 5) 皿海・川崎・龍岡・平川：地盤剛性全自動評価システムの室内試験による精度評価，土木学会第59回年次学術講演概要集 (2004.9)
- 6) 川崎・皿海・長澤・龍岡：地盤剛性全自動評価システム (SFWD) による礫質盛土の地盤剛性評価，第41回地盤工学研究発表会講演集

(2006.7)

- 7) 川崎・土屋・長澤・龍岡：地盤剛性全自動評価システム (SFWD) による改良土地盤の地盤剛性評価，第41回地盤工学研究発表会講演集 (2006.7)
- 8) 堀田・長澤・川崎・龍岡：全自動地盤剛性評価システム (SFWD) による空港造成地盤の剛性評価，土木学会第62回年次学術講演概要集 (2007.9)
- 9) 川崎・長澤・龍岡・平川：全自動地盤剛性評価システム (SFWD) と現場CBR試験との相関性，土木学会第62回年次学術講演概要集 (2007.9)
- 10) 杉本・長澤・川崎・村松：全自動地盤剛性評価システム (SFWD) による空港造成泥岩地盤の剛性評価，第43回地盤工学研究発表会講演集 (2008.7)
- 11) 岩村・川崎・長澤・杉本・田崎：全自動地盤剛性評価システム (SFWD) による産業団地造成地盤の剛性と地耐力評価，第43回地盤工学研究発表会講演集 (2008.7)

【筆者紹介】

川崎 廣貴 (かわさき ひろたか)
清水建設㈱
土木技術本部先端技術部
担当部長



長澤 正明 (ながさわ まさあき)
清水建設㈱
土木技術本部先端技術部
課長代理

