

五洋建設(株) 正会員 野口 哲史 宮本 健児  
 五洋建設(株) 正会員 ○平尾 秀男  
 立命館大学理工学部 正会員 建山 和由

**1. 実験目的**

海上空港などの建設は大量に埋立材を使用するため、場合によっては、転石混じりの粗粒材を用いなければならない。大量土工工事は高速道路建設に代表されるように、締固めに適した発生材を、工法規定で（締固め方法と回数を規定して）一定の品質を確保するという考えが主流である。ところが粗粒材の場合は、締固めによる粒子破壊や噛み合わせの崩れなどにより施工途中の品質の変化があるため、品質規定の確立が望まれるところである。本報告では欧州で発達した加速度計を用いた動的剛性把握システムを粗粒材地盤に適用する際の施工管理手法としての課題を探るため、現地フィールドで締固め実験を行った結果を報告するものである。

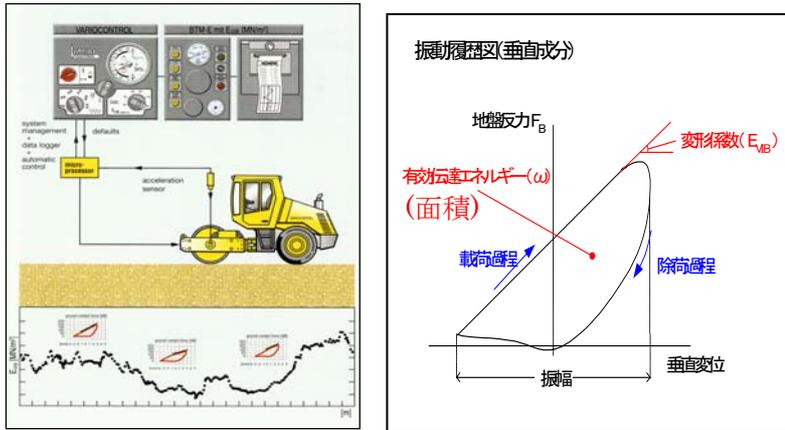


図-1 振動ローラーによる動的剛性計測システム

**2. 実験概要**

実験は既存土取り場に縦横 20m×30m、厚さ 60cm×2層の模擬マウンドを造成し、ブル敷き均しの後、起振力 30 t の振動締固めローラーで 8～16 回の転圧を掛けながら、各種の土質データを採取した。表面型 R I（ラジオイトープ）、2孔式 R I、地表面沈下、水置換比重試験、平板載荷試験等を実施し、動的剛性計測に関しては全面積で全回数実施した。マウンドを築造した土砂はハンマーで叩くと壊れるような比較的崩れ易い頁岩と、叩いても

ほとんど壊れない砂岩を 50% ずつブレンドし、転圧の繰り返しによる粒子破壊を生じ易いモデル地盤を形成した。今回使用した動的剛性計測装置は図-1 に示すように転圧ローラーに装備した加速度計により、加速度の積分からローラーの縦方向変位量を、加速度とドラム質量の積から地盤の反発力を捉えるものである。変位と反発力により描かれるヒステリシスカーブの面積は地盤に伝達される振動エネルギーであり、地盤条件が一定の場合は地盤剛性と強い相関を示す。これを利用して最大値を 1000 とする無次元の剛性値（ $\omega$  値）に換算し、これを 10 cm ピッチで測定した。

**3. 実験 3-1 動的剛性値の変化** 振動締固めによる動的剛性値の出現頻度の変化を図-2 に示す。締固

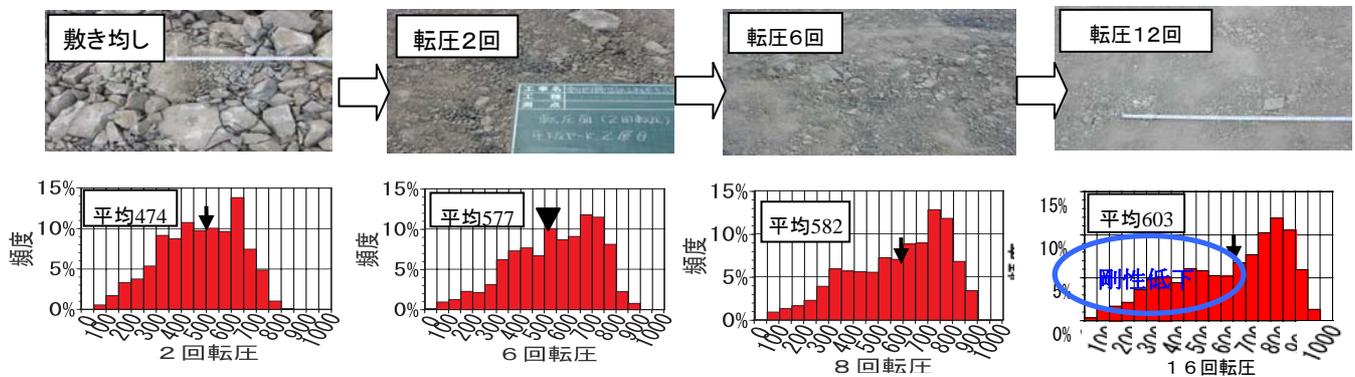


図-2 転圧に伴う地表面の変化と剛性値( $\omega$ 値)の分布

め回数の増加に伴い、 $\omega$  値の平均は 474→603 に上昇、このとき乾燥密度も 2～4 回での締固めでほぼ締固め度 90% ( $0.9 \rho_{dmax}$ ) に上昇した。なお、最大乾燥密度 ( $\rho_{dmax}$ ) は室内試験より求めた。転圧回数 6 回以上では既に  $\omega$  値、 $\rho_d$  ともほぼ上限値になっており、それ以降の転圧ではむしろ剛性が低下する部分も出

キーワード 粗粒土、締固め、粒子破碎、動的剛性、施工管理

連絡先 〒112-8576 東京都文京区後楽 2-2-8 五洋建設(株) 本社土木設計部 TEL 03-3817-7804

現した。剛性低下の出現は写真に示すように表層部の粒子破壊の進行とともに顕著になり、 $\omega$  値の分布が一山形から双山形に変化した。

**3-2 剛性上昇部分と剛性低下部分の土性比較** 図-3(左)は8回転圧終了時の $\omega$  値の平面分布図である。 $\omega$  値の高い場所の深さ方向密度勾配と $\omega$  値の経時変化の一例を図-3(中)に、 $\omega$  値の低い場所の結果を図-3(右)に示す。 $\omega$  値が高くなるようなところは深さ方向60cmに渡り均一に密度が上昇したが、低くなるようなところは深部の密度上昇が小さく、 $\omega$  値も上昇後急激に低下する傾向が観察された。

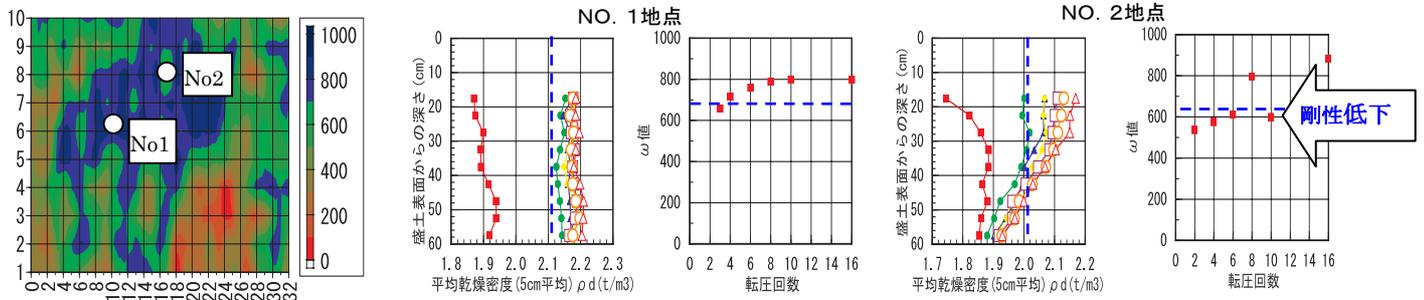


図-3 剛性値( $\omega$ )の平面分布と深度方向密度分布

#### 4. 考察

粗粒材地盤では転圧回数の増加に伴う剛性のばらつきが非常に大きくなる原因の1つとして、粒子破壊の進行および粒子かみ合わせの崩れによる部分的な剛性低下が影響していると考えられる。今回はその両方、もしくは地表面近くでの粒子破壊の進行が影響したと見られる。図-4は転圧回数とともにサンプリングした土砂の粒径加積曲線を描いたものであるが、転圧回数の増加とともに明らかに粒子構造に変化があったことが判る。すなわち、転圧に伴い頁岩の多くの部分が粒子破壊を起こしたと判断できる。

このような土砂でも図-3(左)のように、リアルタイムに面的に剛性を表示できることは施工管理上非常に有効である。剛性低下部分が土砂化しているケースにおいては、密実な地盤形成という意味では歓迎されるものの、以下2点で注意を必要とする。①降雨により泥濁化し易く、現場施工をストップさせる危険性がある。②一旦剛性低下すると相当数の転圧を繰り返さないと剛性は上昇せず(今回の例では16回程度)、舗装地盤としての路床剛性がばらついたままになる原因となり易い。また、上部層の締固めにも悪影響を及ぼす危険がある。

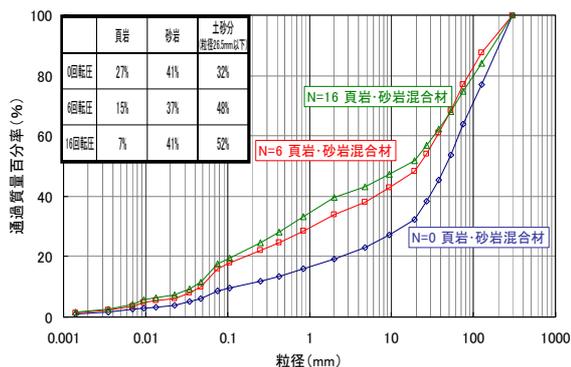


図-4 振動転圧による粒度分布曲線の変化

#### 5. 今後の課題

(1) 加速度計を利用した面的な剛性の把握は、これまでのR Iや平板載荷試験等の点指標に比べ、地盤脆弱部を見つける手法として圧倒的に効率的であり、しかも無駄な過転圧を未然に防ぐことにも利用できると考えられる。現場で実際に施工管理に用いるためにはGPSを活用した位置計測システムとの連動が必要であり、今後の開発が望まれるところである。

(2) また今回用いた $\omega$  値は動的締固めのヒステリシスカーブで囲まれた面積を示すものであり、土性状態が一定ならば $\omega$  値は同じ剛性を示す。ところが実際の地盤は含水比が様々であり、含水比の状態によっては $\omega = E$  (剛性)とは限らない。今後は $\omega$ とE(図-1: E vib)を同時に計測し、含水比の状態が地盤の剛性にどのような影響を与えるかを検証する必要がある。

#### 参考文献

1) 「粗粒材料の現場締固め」地盤工学会 P65-70 2) 建山和由・藤山哲雄・西谷誠之「締固め施工における振動ローラーの挙動に関する考察」土木学会論文集 No544、Ⅲ-37、P231-237、1996