

1021

大型振動ローラの締固め効果に関する考察

京都大学大学院 学生会員 ○石岡 卓也  
 京都大学大学院 正会員 建山 和由  
 酒井重工業(株) 内山 恵一

1.はじめに

近年、大規模な土木工事が増えるに従い、建設機械の大型化・高能力化がはかれるようになった。土の締固め施工においても、ローラなどの締固め機械の大型化が進み、これに伴い厚層締固めの可能性が問われるようになった。厚層締固めに対し機械の大型化により対処することを考える場合、機械が土に与える締固め効果について検討を行う必要がある。本研究では、大型振動ローラを用いた土の締固め実験によりローラが土に与える締固め効果の計測を行い、その結果について数値シミュレーションにより考察を行った。

2.実験概要

実験は図-1に示すようなコンクリート製の室内試験ピットで行った。ピット底には実験用土を十分に締固めて基盤としている。この基盤上に80cmの厚さに実験用土をまき出し、試験ヤードとした(各試験区間5m)。予備転圧を行った後、大型振動ローラ(前輪荷重10tf,最大起振力30tf)による16回の転圧を実施した。実験用土は砂質ロームであり、含水比は約7%,9%,11%の3種類である。本実験では、振動ローラの振動輪とそれを支えるフレームに取り付けた加速度計の出力より、振動輪と地表面との間に発生する力を計測し、これを振動ローラが地盤に与える締固め力とした。ただし、締固め力はローラの振動に同期して振動するため、そのピーク値をもって締固め力としている。

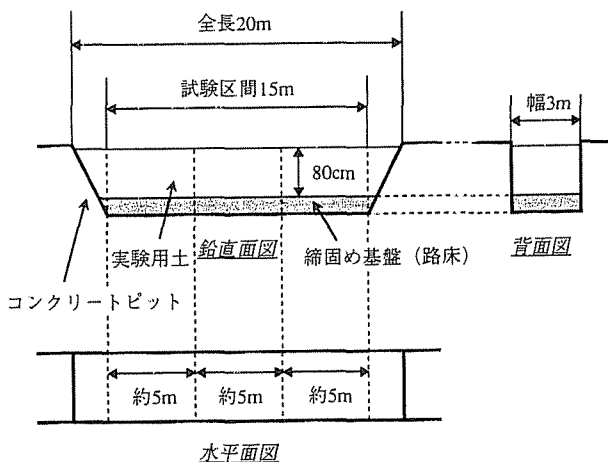


図-1 試験ピット概略図

3.実験結果

締固め力の計測結果を図-2に示す。この結果より以下のことが明らかになった。

- (1) 今回使用した大型振動ローラの転圧力(前輪荷重+起振力)の大きさが40tfであるにもかかわらず、締固め力の大きさは含水比や転圧回数により異なった値を示している。すなわち締固め力は機械の諸元だけで決まるのではなく、機械と地盤との相互作用により決まる。
- (2) 締固め力は転圧開始から急激に増加し、その後一定値に落ち着く傾向を示す。
- (3) 土の含水比により締固め力が異なる。含水比が6%の時には、振動ローラが発揮すべき転圧力を大きく上回った締固め力が発揮されているが、含水比11%の場合には締固め力は転圧力を大きく下回っている。

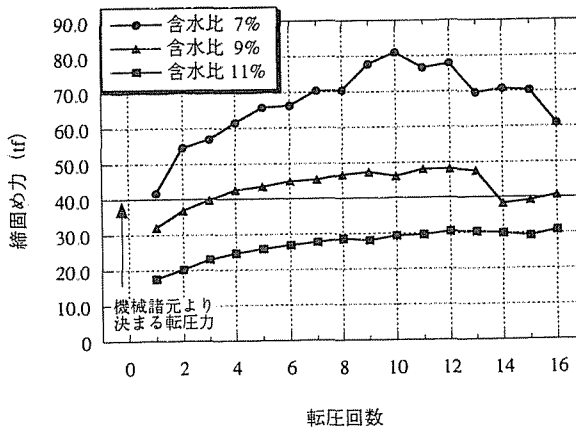


図-2 締固め力計測結果

4.考察

転圧回数の増加に伴い締固め力が増加する要因は、転圧の進行とともに地盤の剛性が高くなることに起因して振動ローラの振動挙動が変化し、これに伴い、振動輪と地盤との間の接触力に変化が生じたためと考えられる。この仮説を検証するために簡単な数値計算を行った。計算では、振動ローラ～地盤系を図-3のような2自由度系振動モデルに置き換え、差分法を用いて振動輪の挙動を計算することにより、振動輪と地盤との間で伝達される力を求めた。ただし、振動条件によって振動輪が地盤から飛び上がる現象を表現するため、計算過程において地盤が振動輪に与える力が負になった時には振動輪と地盤とは離れ、地盤反力は生じないものとして計算を行った。

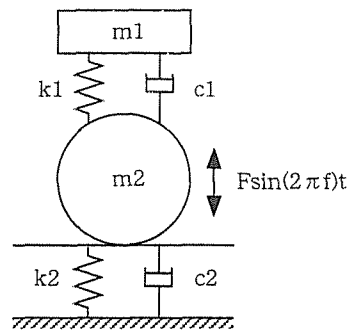
The consideration about the compaction effect of a large-sized vibratory roller  
 Takuya ISHIOKA, Kazuyoshi TATEYAMA (Kyoto University),  
 Keiichi UCHIYAMA (Sakai Heavy Industries, LTD)

モデルに与える振動ローラ側の各種パラメータには、今回の実験に使用した振動ローラの機械条件を、また地盤のばね係数  $k_2$  は実施工で得られた平板載荷試験等の結果を参考にし、緩い地盤から密な地盤までの値を表現し得るように設定した。地盤の粘性減衰係数は  $c_2 = 2D_2\sqrt{m_2k_2}$  により設定し、減衰比  $D_2$  は地盤上で振動する基礎の問題を参考に 0.4 を用いたり、図-4 に計算により求められた締固め力を示す。この結果、

- (1)地盤剛性を示す地盤ばね係数の増加に伴い、締固め力が増加している。
- (2)ばね係数  $k_2$  の  $6.89 \times 10^7 \text{N/m}$  を境として締固め力が振動ローラ固有の転圧力(40tf)に急激に近づくことがわかる。

これはばね係数が  $6.89 \times 10^7 \text{N/m}$  より大きくなると振動輪がその振動過程において地盤から跳ね上がり、再び地盤と衝突する際に大きな力を与えるためと考えられる。図-5 は 2 種類の剛性を持つ地盤上での振動輪の変位挙動に関する計算結果を示したものである。この図からも明らかのように、剛性の高い地盤では振動輪が地表面より跳ね上がっている様子が確認できる。なお地盤の剛性が小さい場合、振動輪は常に地盤と接触して振動している。このとき、振動輪と地盤との間に発生する最大接触力は 20tf となり、転圧力 40tf を大幅に下回ることがわかる。

これらの結果から、振動ローラを用いた実験結果について考察を行う。通常、転圧回数が増加すると地盤の締固めが進行するため地盤剛性は高くなり、また含水比が低いほど地盤剛性は高くなる。実験ではこれらの地盤剛性の増加に伴い振動輪の挙動が変化し、締固め力も増加したものと考えられる。



$m_1$ : フレーム重量  
 $c_1$ : 防振ゴムの粘性減衰係数  
 $k_1$ : 防振ゴムのバネ係数  
 $m_2$ : 振動輪重量  
 $c_2$ : 地盤の粘性減衰係数  
 $k_2$ : 地盤のバネ係数  
 $F$ : 最大起振力  
 $f$ : 振動数

図-3 2自由度系振動モデル

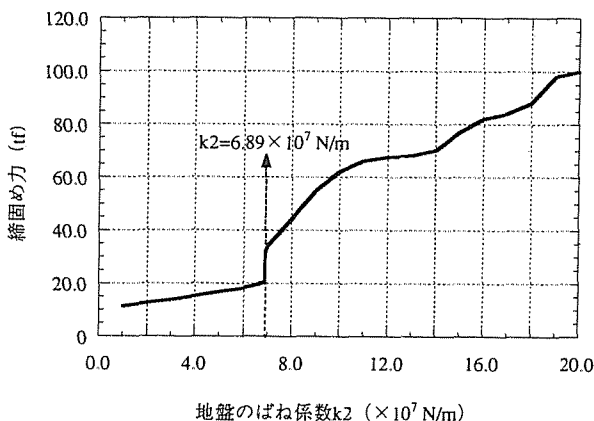


図-4 締固め力計算結果

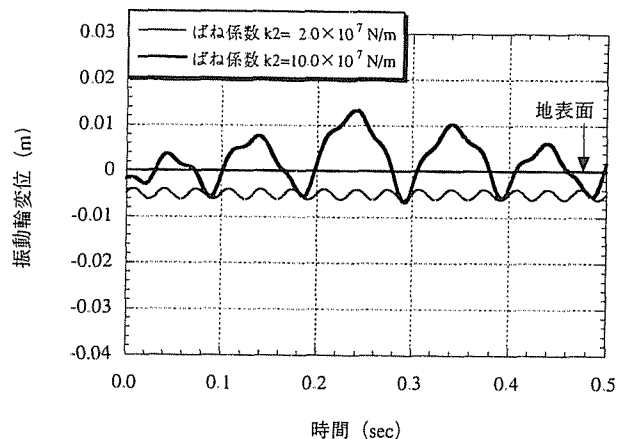


図-5 振動輪の変位挙動

### 5. おわりに

今回の実験に使用した実験用土は含水比が異なる以外、ほぼ同一条件であり、また振動ローラの機械条件も同じである。しかし、締固め機械から地盤に与えられる締固め力は機械諸元のみから決まるのではなく、機械と地盤との相互作用により決まることが明らかにされた。今回の考察では、地盤剛性や含水比に着目したが、地盤剛性に影響を与える要因としてはまき出し厚さも考えられ、今後これらの諸要因と締固め力との関係の定量的な把握に努めていく予定である。

### 参考文献

- 1) Richart, F.E., Jr, Hall, J.R., Jr, Woods, R.D. (岩崎敏男・嶋津晃臣共訳): 土と基礎の振動, 鹿島出版会, pp207~230, 1975年