盛土材料の振動締固め時エネルギー応答値を用いた材料管理手法

首都高速道路　佐藤公紀　芝浦工業大学　岡本敏郎

1.研究背景と目的

従来の締固め管理は現場密度による点管理が主流であったが、近年の締固め管理は情報通信技術の活用により面管理が可能となった。中でも振動ローラーについては、GPS を搭載して締固め回数や場所を把握することにより施工状況の管理を可能にした。しかし、締固め度合いの把握については不十分である。そこで、本研究では振動締固め時に発生する上下動から得た加速度を利用して、地盤の硬軟を評価するための室内基礎実験を行う。

図-1 使用器具

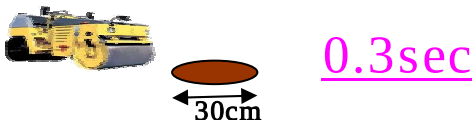

図-2 ローラー走行概念

2.実験概要

(1)装置および計測

直径 30cm、高さ 50cm の大モールド中に材料投入の後、突固めにより密度調整を行い、高さ約 13cm に仕上げた。その後、加速度計を取り付けた振動機をモールドに入れ、締固め度合いの異なる試料上で振動を行う。振動機は、振動数が 2850～3450(v.p.m)であり、1 秒間に 50～60 回振動する。また、図-1 のように 4 ヶ所に加速度計を取り付けた。加速度の詳細な値を得るために、サンプリング間隔を 1msec として加速度計を選定した。さらに、実施工では、振動ローラーの施工速度は人の歩行速度程度の 4km/h である。本研究のような室内試験では、モールドの直径が 30cm なので、30cm の長さを通過する時間は、0.3sec となる。よって、本研究では振動開始 0.3 秒を特に着目する。

(2)実験条件

実験には、表 1 のように礫 35%、砂 49%、細粒分 16%を含む粒度分布が良い混合試料と砂質系試料を用いた。初期密度の設定には、締固めエネルギー Ec を変化させることにしたが、具体的には、一層当たりの締固め回数のみを変化させた。

(3)データ整理法

振動機底盤に取り付けた加速度計は、振動機そのものの大きさと共に、地盤から反力として戻ってくる加速度をも計測している。すなわち、振動機からの振動入力エネルギーに加えて、地盤からの反発エネルギーが加わったものであり、本研究では以降これを計測応答エネルギーと呼び、以下の評価ではこれを使用する。(図-3 上)

このような加速度計測により、地盤の締固め管理法が既に提案されており、その場合スペクトル分析により乱れ率などの指標を用いている。しかし、乱れ率は大きくばらつくので、実務

表 1　実験に用いた試料と実施概要

試料	混合と砂質系試料の2種類
含水比	実験時の最適含水比 w_{opt}
相対密度	4種
使用加速度計個数	4種
サンプリング速度	1msec

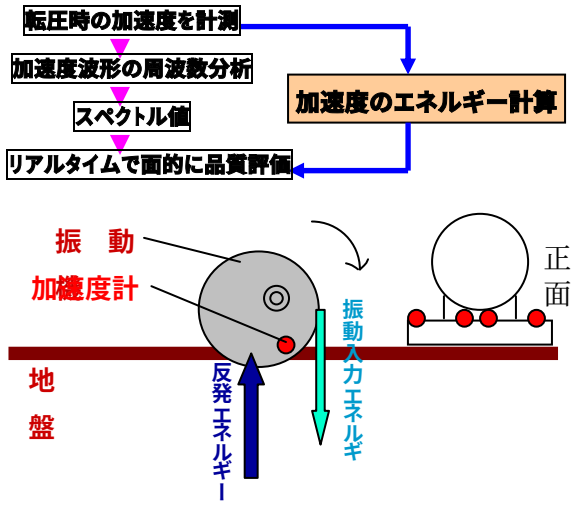

図-3 振動時のエネルギーと計算概要

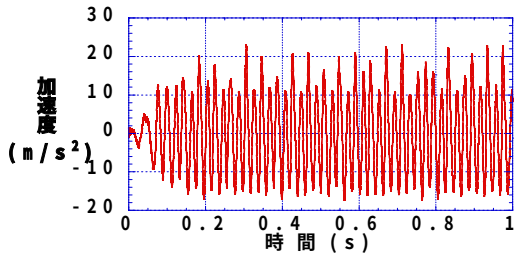

図-4 計測した加速度例

キーワード　振動締固め，エネルギー値，材料管理
連絡先　〒135-8548　東京都江東区豊洲 3-7-5　芝浦工業大学　TEL 03-5859-8360

に十分適用できていない。そこで、本研究ではスペクトル値を用いるのではなく、地盤からの応答をばらつきなく評価できるためにエネルギーを用いることにした。(図-3 下)

3.実験結果

図-4 には、実験で得た加速度波形を示す。
この加速度波形から速度を求め、エネルギーを算出した。

(1)土層厚さの影響

図-5 では供試体の厚さを 2 倍にした時の結果を示す。Dr=25%の場合は厚さの影響を受けるが、Dr=65.81.95%の場合はほとんど厚さによる影響を受けていない。よって、計測開始の初期段階では、相対密度が大きければ厚さによる影響は受けず、以降供試体の高さ約 13cm の結果を示す。

(2)締固め具合と計測応答エネルギーの相関

図-6.7 は、混合試料と砂質系試料について計測開始から 1 秒間の計測応答エネルギーを示す。開始 0.3 秒の時点で、4 種の相対密度の値に対応して計測応答エネルギーが変化している。この時点で地盤の硬軟は判断できると考える。実験では、モールド中に地盤材料ではなくスポンジを投入した場合と、何もせず鉄板上に振動機を載せた場合についても実験を行った。図-6.7 によると、鉄板とスポンジのエネルギー値は 2:1 の関係になることも確認できる。これは、図-8 に示すように鉄板の場合、振動入力エネルギーを受け取るとその反動で反発エネルギーを返す。しかし、スポンジの場合、振動入力エネルギーを受け取るが反発エネルギーは、ほぼ0に近い。

図-9 では、相対密度と計測応答エネルギーの関係を示した。振動開始 1 秒後では、混合・砂質系ともに右肩上がりになっているが、10 秒後や特に 20 秒後では、値にばらつきが出ている。この原因は、地盤の密度上昇によることや振動機が締固め中に傾いたことによると考えられる。本研究で用いた計測方法とデータ整理法を使用すれば、底盤が鉄板とスポンジの場合の関係についても明瞭に評価でき、4 種の地盤材料上で振動させたケースは鉄板とスポンジの間にあることがわかった。

4.まとめ

振動開始から 0.3 秒で地盤の硬軟を評価することは可能であり、計測応答エネルギーが地盤の密度により変化することを確認した。また、振動ローラーの施工中に面的な密度管理が可能であると考える。今後は、密度管理の実用化に向けて、実際のローラー転圧で計測を行っていく必要がある。

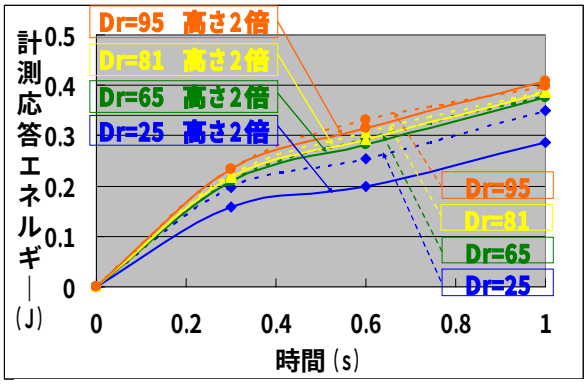

図-5 混合試料で厚さを変えた場合

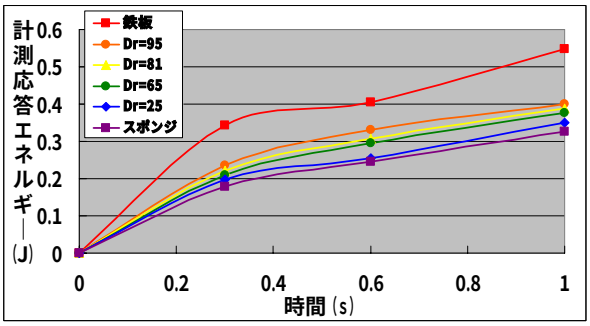

図-6 混合試料による計測応答エネルギー

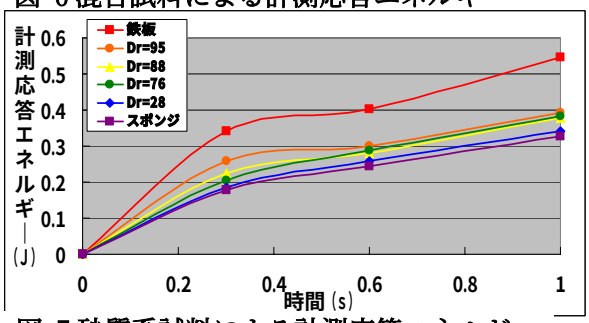

図-7 砂質系試料による計測応答エネルギー

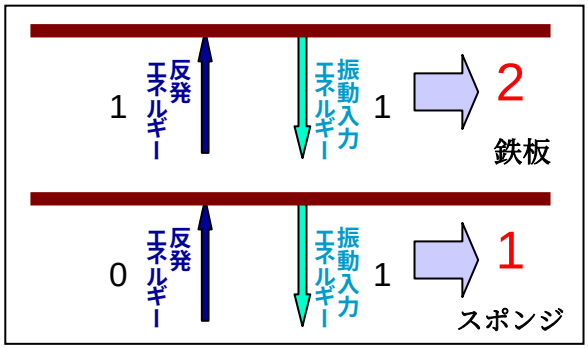

図-8 鉄板とスポンジ上の応答エネルギー概念

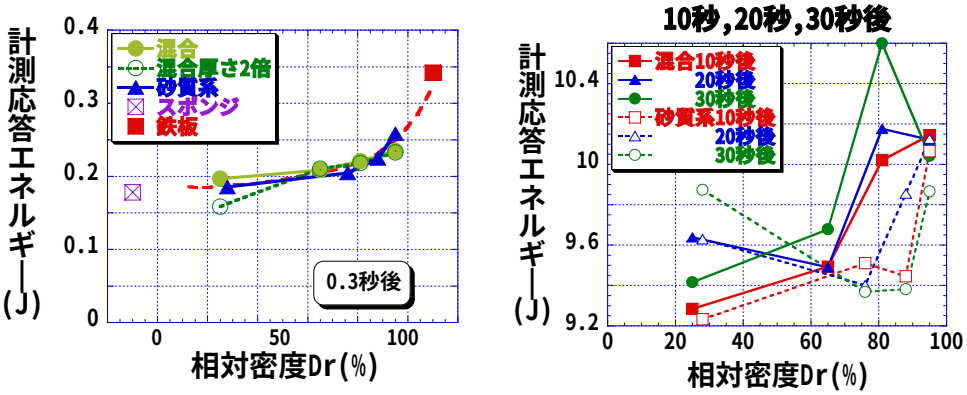

図-9 混合、砂質系試料の密度とエネルギー