

3 次元地盤モデルを用いた解析による建設重機加振力の推定

飛島建設技術研究所 正会員 ○小林 真人
 飛島建設技術研究所 正会員 岩根 康之
 埼玉大学工学部 若林 幹太
 埼玉大学工学部 正会員 松本 泰尚

1. 目的

振動規制法施行状況調査(平成25年度)によれば、建設作業による苦情は全体の67%(2,244件)を占めている。そのため低振動な建設機械や施工技術の開発が行われるとともに、建設工事現場の周辺地盤へ伝搬する振動の予測も盛んに行われている。

振動の予測法として、地盤の幾何学的な広がりによる減衰と地盤の粘性などによる内部減衰が考慮された経験式があるが、地盤の成層性や振動の波動性を考慮できなため、地盤振動対策の詳細な検討には有限要素法や薄層要素法などの数値解析手法が用いられている。本報では、数値解析に供することを目的として、建設工事で広く用いられているバックホウを対象とした加振力の推定例を示す。

2. 加振力の推定方法

建設重機の加振力を直接的に求めることは困難なため、地盤表面での加速度と振動源位置から受振点間の伝達関数を用いて加振力を逆算する。

①地盤表面での加速度の計測

伝達関数の解析に薄層要素法を用いることから、建設重機の稼働による地盤表面での加速度の計測は、水平成層地盤に近いと見なせる条件の建設工事現場で行った。振動源はバックホウ(0.45m³級、0.8m³級)のアイドリング、ブーム煽り、バケット煽り、バケットによる地面の叩きとして、図-1に示すように振動源位置から6mと12mの地表面でのX,Y,Z方向の加速度を計測した。ただし、バケットによる地面の叩きではバケットの落下点が振動源位置となるように配置し、それ以外の動作では片側のキャタピラの中心が振動源位置になるように配置した。

②加振力の逆算

加振力は薄層要素法による複素応答解析手法SuperFLUSH/3DSを用いて、図-2に示した概念に基づき以下の手順で求めた。

1) 加速度の計測を行った地盤を三次元薄層要素で成層地盤として表-1に示した物性によりモデル化した。G.L.-19.8mまでは表層として現地のボーリングデータに基づき層厚を設定した。G.L.-19.8m以

深は層厚210mの支持層とし、下端は半無限性を仮定するため粘性境界とした。ここで、層厚、単位体積重量はボーリングデータに基づき設定した。せん断弾性係数はN値からS波速度Vsを推定しVs²と土質密度の積から求めた。ポアソン比は0.45、減衰は1.0と仮定した。

2) 振動源位置を点加振源とした点加振解析を実施し受振点のX,Y,Z方向の伝達関数を取得した。加振信号を調和加振力として1~50Hzの範囲に0.25Hzごとに与えた。

3) 受振点の伝達関数と入力規定点における加速度実測波形を用い、振動源位置におけるX,Y,Z方向の加振力を逆算した。

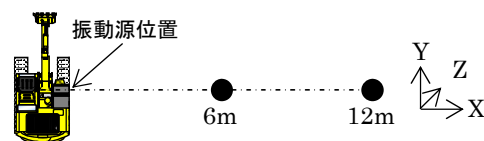


図-1 加速度の計測位置

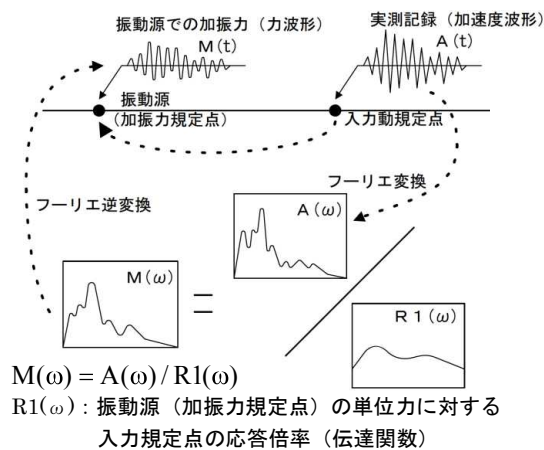


図-2 加振力逆算の概念図

表-1 地盤モデルの物性値

深度 G.L. (m)	ポアソン比 ν	単位体積重量 γ (tf/m ³)	せん断弾性係数 (tf/m ²)	減衰定数 h (%)
0.0~6.8	0.45	1.68	4007.76	1.00
6.8~10.3	0.45	1.81	4056.07	1.00
10.3~15.5	0.45	1.19	3253.93	1.00
15.5~17.8	0.45	1.79	3862.44	1.00
17.8~18.8	0.45	1.97	8253.89	1.00
18.8~19.8	0.45	1.97	11223.08	1.00
19.8~229.8	0.45	1.97	28060.51	1.00

キーワード：建設工事振動、建設重機、加振力、逆解析

連絡先：飛島建設(株)技術研究所 (〒270-0222 千葉県野田市木間が瀬 5472・TEL 04-7198-7553・FAX 04-7198-7586)

3. 加振力の推定結果

①加振力特性の比較

図-3 に前述の手順で求めた加振力波形の 1/3 オクターブバンド周波数分析結果を示す。ここでは、後述の問題があるので 10Hz 以上の結果に着目する。バックホウの動作で加振力特性を比較するとバケットによる地面の叩きとバケットの煽りが大きく、ブームの煽りはそれほど大きくないことが判る。地面へ力を直接加える叩きの加振力が最も大きくなることは容易に予想されるものであり、バケットを煽る動作もバケットがブームの先端に接続されベースマシンから離れたところで動くことから加振力が大きくなることが予想できる。

バケットの容量で比較するとバケットによる地面の叩きでは 0.45m^3 と 0.8m^3 の加振力特性に大きな違いは無いようである。アイトリングにおいてもエンジンの回転数に起因すると思われる卓越周波数に差異があるものの、 0.8m^3 の Y 方向が 0.45m^3 に比べて 20dB ほど小さくなっていることを除けばほぼ同等のレベルとなっている。バケットとブームの煽りについては全ての方向で 0.8m^3 の加振力特性が 0.45m^3 に比べて小さくなっていることが判る。これは、キャタピラの地面への設置長さが 0.8m^3 で 3.3m、 0.45m^3 が 2.8m であること、重量が 20ton と 13ton であるため、 0.8m^3 ではブームの動きに応じたベースマシンの動きが小さくなり、地面へ入力される力が 0.45m^3 に比べて小さくなっているためと考える。

②加速度の比較

図-4 に推定した加振力から求めた加速度と加速度実測値の 1/3 オクターブバンド周波数分析結果を示す。なお、ここでは加振力が最も大きくなった 0.8m^3 のバケットによる地面の叩きを例示する。叩きで生じる主要なピーク (16Hz~25Hz 帯域) が 6m 地点と 12m 地点でほぼ一致していることから、図-3 に示した加振力はおおむね正常に求められていることが判る。ただし、10Hz 以下などの差異は計算精度の問題があり検討の余地がある。

4. まとめ

数値解析に供することを目的にバックホウの加振力を推定した。今後、振動源が移動する際の加振力も推定して報告する予定である。

謝辞

本研究の実施にあたり理工学総研(株) 西村忠典氏から助言を受けた。本研究は JSPS 科研費 15K06281 の助成を受けたものである。

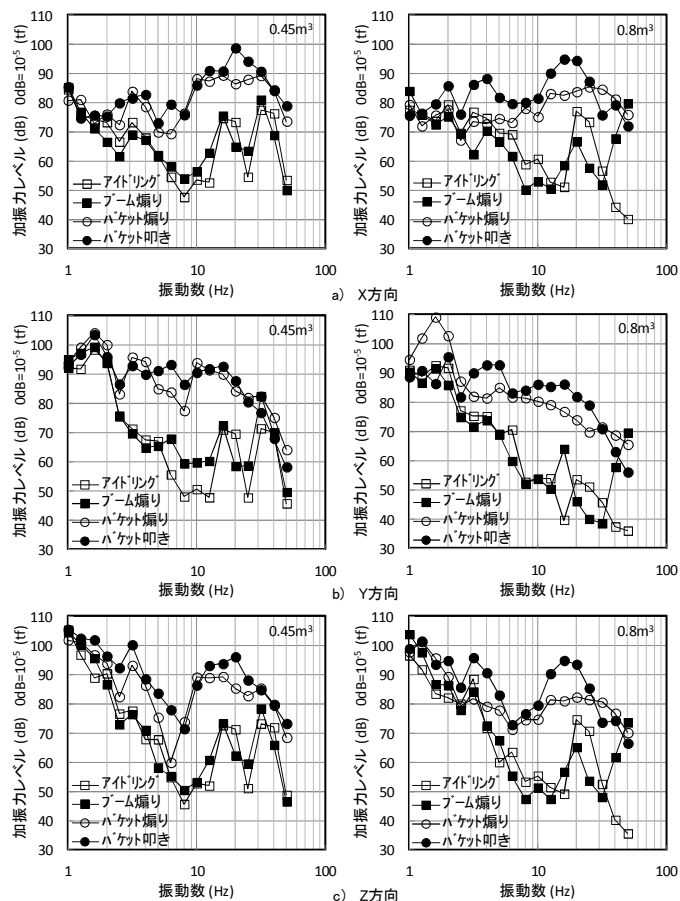


図-3 加振力レベルの推定結果

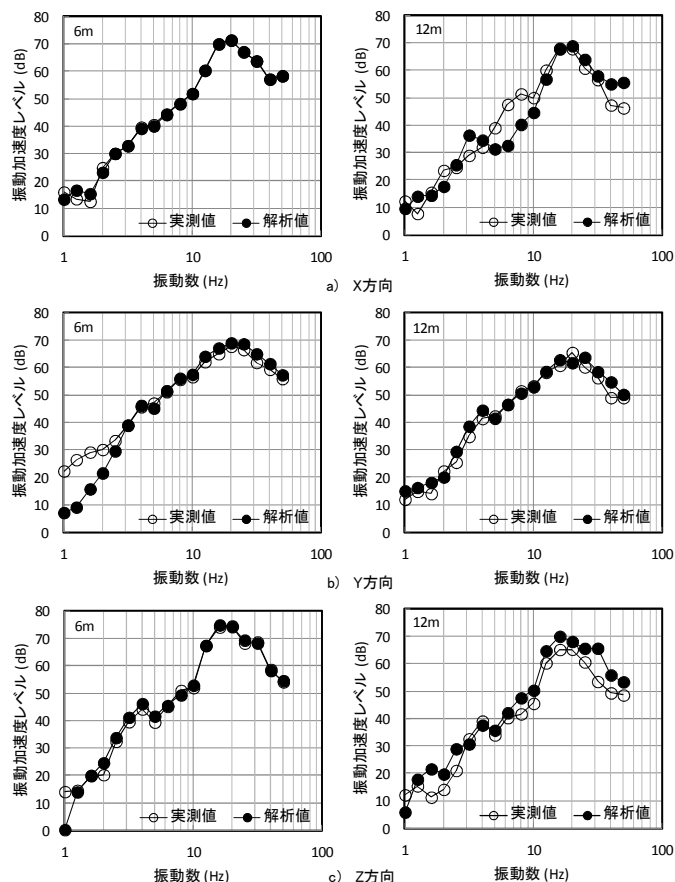


図-4 加振力推定値による加速度解析値と加速度実測値の比較 (0.8m^3 , 叩き)