

3次元地盤モデル解析による建設重機走行時の加振力推定

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 佐藤 和熙
 埼玉大学大学院 正会員 松本 泰尚

1. はじめに

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いため、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。筆者らは数値解析に供することを目的として、既報¹⁾ではバックホウ 0.45m³級と 0.8m³級の作業状態（アイドリング、バケット作業、ブームあおり、）での加振力推定例を報告した。本報ではバックホウやブルドーザ走行時の加振力推定例を報告する。

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である。そこで、地表面加速度の実測値、および加速度を計測した地盤の3次元モデルによる伝達関数(振動源位置から受振点間)の解析値を用い、以下に示す手順で加振力を推定した。

①地表面加速度の計測

計測対象の振動源は表-1 に示したバックホウ 0.45m³級(以下, 0.45m³)、0.8m³級(以下, 0.8m³)、およびブルドーザ 16ton 級であり、走行速度を Low と High の 2 段階として 50m の直線区間で走行させた。図-1 に示した振動源中心から 6m と 12m の位置で振動加速度 (X,Y,Z の 3 方向成分) を計測した。

表-1 振動源の諸元

	バックホウ		ブルドーザ
	0.45m ³ 級	0.8m ³ 級	
機体重量 (kg)	13,500	20,300	15,990
シュー枚数 (枚)	43	44	49
履帯の回転数 (回/min)	Low	3.8	2.2
	High	10.9	10.1
走行速度 (m/s)	Low	0.5	0.4
	High	1.4	1.7

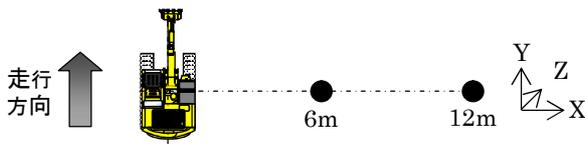


図-1 加速度の計測位置

②加振力の逆算

加振力は薄層要素法による SuperFLUSH/3DS を用いて求めた。ただし、同プログラムは点加振問題を扱うため、重機の移動線を分割した代表点に加振点を与えた応答解析を行い、最終的に全応答を足し合わせることで走行する振動源の応答と見なした。

図-2 に加振力逆算の概念を示す。ここで、解析用 地盤モデルの層厚と物性は既報¹⁾と同じとした。

以下に加振力推定の手順を示す。

- 1) 6m 点での加速度データから、十分な応答が得られる範囲として、重機が測線に到達する前 7 秒間、通過後 9 秒間の合計 16 秒間の範囲を抽出 (A_{16s,6m}) する。
- 2) 16 秒間の走行距離を 8 等分し、2 秒間の走行位置に対応した代表点 (P₁: 0~2s, P₂: 2~4s, ... P₈: 14~16s) をモデル上に設定する。
- 3) 伝達関数 H_i を解析する。伝達関数は振動源位置に上限 64Hz で 0.0625Hz ごとに調和加振力を与え、X,Y,Z 方向について算出した。
- 4) A_{16s,6m} と H_i から各代表点における逆算加振力 (F_{P1}, F_{P2}, ... F_{P8}) を求める。ただし、各代表点で分割した時間範囲に相当する逆算加振力を抜出して使用した。

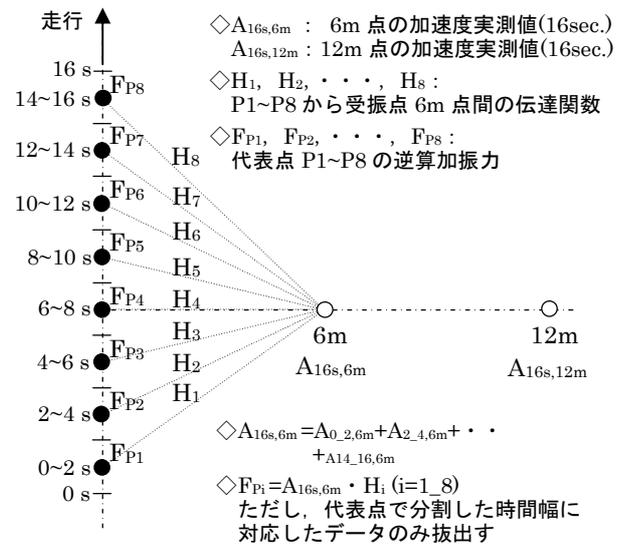


図-2 走行する振動源の加振力逆算の概念

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周波数特性の比較

図-3に加振力の1/3オクターブバンド周波数分析結果を重機のLow, Highの別に示す。

全ての重機についてLow, Highの加振力レベルを比較するとHigh走行時のレベルが相対的に大きく、特定の周波数でピークになることが判る。シュープレートが地面に接することで入力が発生していると仮定すれば、シュープレートの接触によるHigh走行時の入力周波数は、表-1に示した履帯の回転数とシュー枚数から、0.45m³では7.8Hz(=10.9×43/60)となる。同様に0.8m³で7.4Hz,ブルドーザで11.8Hzである。0.45m³の加振力をみると8Hz帯域と倍の16Hz帯域にピークがあり、ブルドーザでは12.5Hz帯域にピークがあることから、シュープレートの接触が加振力に寄与していることが示唆される。

0.8m³については7.4Hzより低い4Hz~5Hz帯域にピークが生じている。原因は明らかではないが、低域側で卓越していることから、ブルドーザや0.45m³に比べ機体重量が4~6ton重いことや、より大型なバケットやブームが走行時に振動していた可能性があることなどが影響として考えられる。

High走行について振動方向で比較するとY方向の加振力が大きくなる傾向がある。Y方向は走行方向と一致しているためと考えられるので、重機の走行時には水平方向の振動にも注意する必要がある。

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、ここでは加振力が良好に得られた0.45m³のHigh走行を例示する。6mと12mともに加振力の周波数特性に対応した応答が得られている。また、主要なピークで実測値と解析値の応答がほぼ一致していることから、加振力は正常に得られていることが判る。ただし、12mのZ方向では周波数特性は再現しているが解析値が大きくなっている。地盤モデルの精度による差異と考えられ検討の余地がある。

4. まとめ

数値解析に供することを目的に建設重機走行時の加振力を推定した。今後、発生源や地盤構成など様々な条件での加振力を蓄積する予定である。

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。

参考文献

1)小林,他:3次元地盤モデルを用いた解析による建

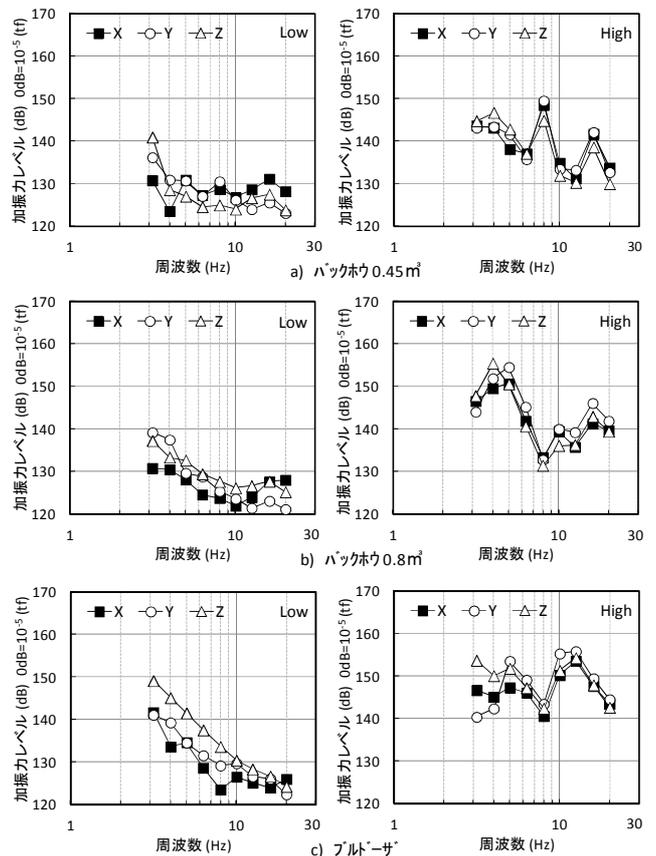


図-3 加振力レベルの推定結果

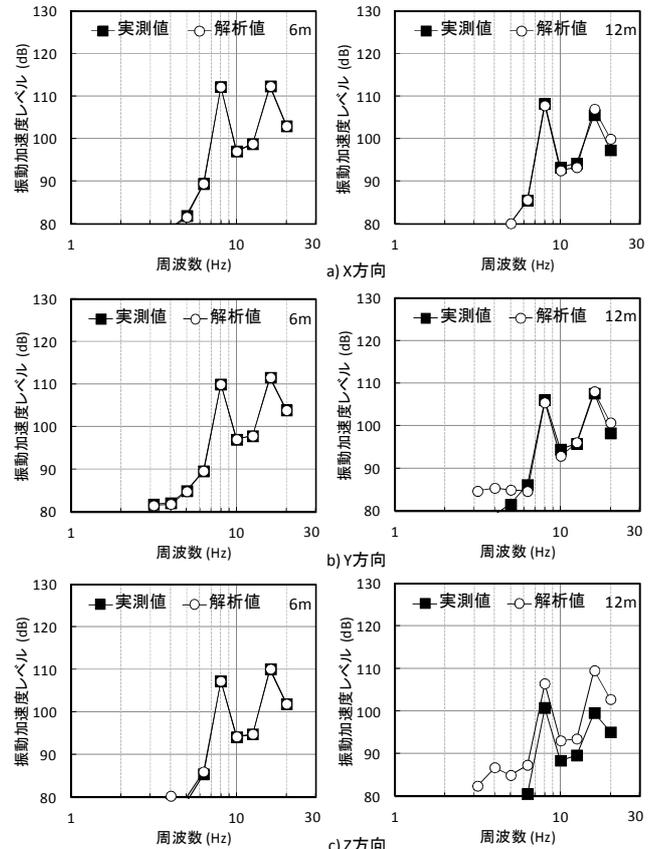


図-4 推定加振力による加速度解析値と実測値の比較 (0.45m³ High 走行)

設重機加振力の推定, 土木学会第71回年講演文集, pp.283_284, 2016.9.