

## 加速度計を用いた振動抑制対策効果検証実験

宮崎県施工管理技士会

旭建設株式会社

技術部長

河野 義博<sup>○</sup> 柳田 圭介

### 1. はじめに

#### 工事概要

- (1) 工事名：宮崎10号南横市地区改良（その5）工事
- (2) 発注者：九州地方整備局宮崎河川国道事務所
- (3) 工事場所：宮崎県都城市南横市町
- (4) 工期：平成29年3月30日～平成30年3月30日

#### 主な工種

- ・掘削工  $V=69,300\text{m}^3$ ・運搬工  $V=69,300\text{m}^3$
- ・法面整形工  $A=7,310\text{m}^2$ ・植生工1式
- ・排水工1式 ほか

### 2. 現場における問題点と課題

本工事は、宮崎県都城市と鹿児島県志布志市を結ぶ都城志布志道路建設工事である。当現場は、掘削・運搬を主たる工事とする道路改良工事で、



図-1

掘削工事中に使用するバックホウ稼働時と大型ダンプ走行時に発生する振動が閑静な住宅地に住む周辺住民へ与える影響が大きいと考えられた。

都城市南横市地区（現場）の地層は、比較的堅固なシラス層上面に5m～6mの比較的緩い脆弱層（粘土層・黒色の表土層・ボラ層）が交互層を形成している状況を確認（図-2）。振動がリフレクション伝達されやすい地層と考えた。

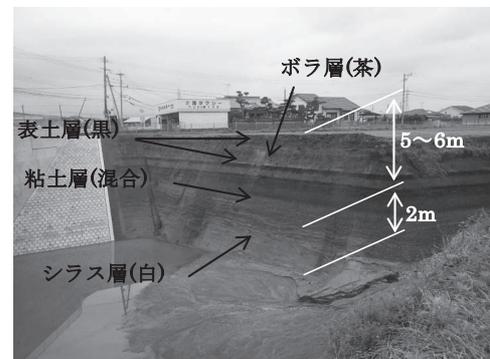


図-2

そこで掘削工法の工夫として、感覚的、経験的に以下の事項が有効と考えこれを実施した。

- ①バックホウ出力の抑制（100%→80%）  
エンジン出力制限カバー（eco-8）を導入  
NETIS:CG-100005-VE
- ②脆弱な層上でのバックホウ掘削作業を避け、堅牢なシラス層上（図-3）での作業とした。
- ③施工箇所にもっとも近い民家前にてポータブル振動計による振動測定を行いながら掘削作業を実施。  
この結果は、都城市基準の75dB以下に対し



図-3

全体平均50dB の計測結果を得る事ができ、周辺住民からの振動苦情も無かった。

以上、一定の効果は確認する事ができたが、この結果が振動対策として行った上記対策の効果であるかは漠然としている。また、複雑な脆弱互層を形成している事から、工事工程配慮の最適機械掘削能力の設定(80%)に対する妥当性未検証。

(バックホウ機関出力100%→80%→60%)

バックホウ設置位置地盤が数値的に有効か未検証といった課題が提起され、これら解決を図るため数値的、物理的に検証することが有効かつ効果的であると判断し振動実験による結論付けが重要と考えた。

### 3. 工夫・改善点と適用結果

掘削工事にて建設機械稼働時発生振動について、周辺住居環境への影響を抑制するため計測線延長型加速度振幅計(以下:加速度計)を用いた現地実証実験を立案し機械稼働時振動と地盤固有振動との因果を調査・数値解析し低振動施工状態を如何にすべきか検証する事とした。

なお、本調査実証試験及び施工改善の可能性に当たっては宮崎大学名誉教授:中澤隆雄博士、宮崎県建設技術センター:矢野秀樹教授の指導を仰ぎ、当社が重機特性や地盤振動特性を把握した上で、現地に適する施工工法の有効性を導く事とした。

#### (1) 最適機械出力と振動伝達の課題

バックホウ機関出力を可能な限り最大発揮させ

ることは、施工速度の効率的運用には必要な事項であるが、静寂住居環境への振動伝達を増大させるため、施工効率と環境保全がトレードオフする。

#### (2) 重機設置地盤と振動伝達の課題

バックホウ設置箇所は堅牢地盤(シラス層)が有効と考えられたが、初期微動波(p波:primary wave)や主要動(s波:secondary wave)を直接的かつ敏感に伝達する可能性があるため見極めが重要であった。

#### (3) 検証実験では以下を確認

①掘削時最大出力と抑制出力を発現させ、掘削能力を導き、工事期間内最適掘削能力(最低必要な掘削能力)と住居側発生伝達振動を計測。

②堅牢地盤(シラス)、脆弱地盤上(表土層上面)における振動伝達を検証。

#### (4) 検証実験要領

脆弱地盤上、堅牢地盤上に以下の要領で加速度計を発生源と伝達域に設定。

※線延長型振動計であり減衰過程も観測可能

加速度計配置は発生源 X O Y O を原点とし、施工延長方向を Y 軸、横断方向を X 軸として設定し、図-4、図-5に従い加速度計を設置した。

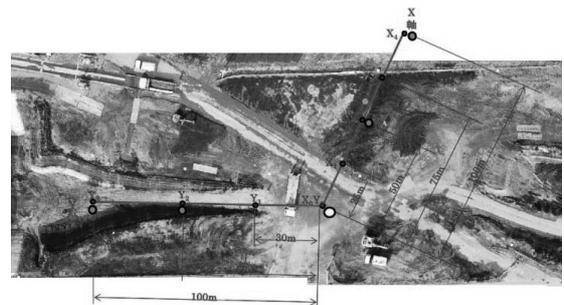


図-4

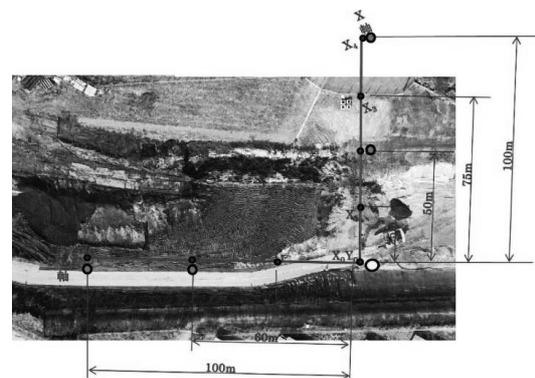


図-5



図-6

図-6は堅牢地盤(シラス層)での掘削作業状況  
(5) 実験パターン

観測エリアは実験自体の振動伝達による周辺住民への影響を考え、周辺に民家が無いエリアの脆弱地盤層(地盤表面)上と堅牢地盤層(シラス層)に掘削機械を設置し最大出力(100%)及び抑制出力(80%、60%)の発生振動と伝達振動を観測した。その後、ダンプトラックを併走させ、掘削(100%、80%、60%)と運搬車の同時観測を試みた。

①掘削機械のみによる脆弱地盤上の振動伝達の変化観測。掘削機械は最大出力(100%)及び抑制出力(80%、60%)を設定(図-7)

①バックホウのみ掘削

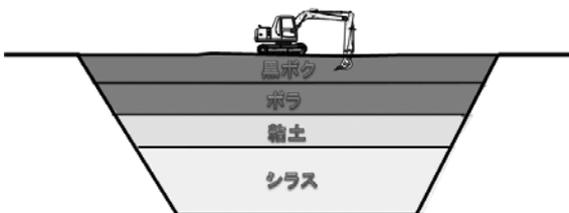


図-7

②掘削機械と運搬車併走による脆弱地盤上の振動伝達変化観測。掘削機械は最大出力(100%)及び抑制出力(80%、60%)を設定しダンプ走行速度は10km/h程度(図-8)。

②バックホウ+ダンプ地山走行

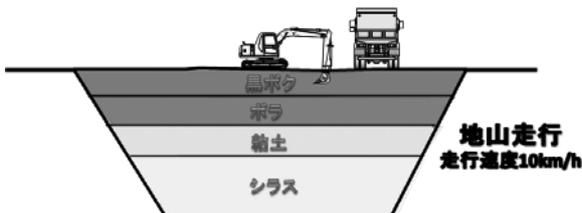


図-8

③掘削機械のみによる堅牢地盤上の振動伝達の変化観測。掘削機械は最大出力(100%)及び抑制出力(80%、60%)を設定(図-9)

①バックホウのみ掘削

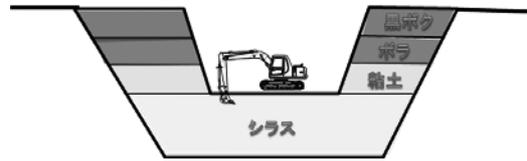


図-9

④掘削機械と運搬車併走による堅牢地盤上の振動伝達の変化観測。掘削機械は最大出力(100%)及び抑制出力(80%、60%)を設定しダンプ走行速度は10km/h程度(図-10)

②バックホウ+ダンプ地山走行



図-10

(6) 機関出力変化に伴う掘削能力の試算  
最大出力(100%)及び抑制出力(80%、60%)に関する掘削能力及び工期等に及ぼす影響を試算。

表-1  
バックホウ出力別掘削能率表

共用日数 = 274日  
 実稼働日数 = 185日  
 バックホウ1m3当たり共用日数 = 0.0033日/m3  
 掘削総量V = 48,500m3

	BH出力100%	BH出力80%	BH出力60%
【標準】	48,500m3 ÷ 0.0033日/m3	48,500m3 × 0.0033日/m3 × 0.8	48,500m3 × 0.0033日/m3
	146.05	200.0625	266.75
	OK	OUT	OUT
【ICT】	48,500m3 × 0.0030日/m3	48,300m3 × 0.0030日/m3 × 0.8	48,500m3 × 0.0030日/m3
(標準1.09) 歩掛6.5h	145.5	181.875	242.5
	OK	OK	OUT

今回の掘削工事は、ICTバックホウによる掘削作業のため、表-1に示すように、機関出力80%での施工が、工程面でギリギリとなる試算結果となった。このため、試験結果においては機関出力100%及び80%時の振動結果を注視していくが、実験結果により機関出力60%での掘削が最も適する場合は検討の必要があると考えられる。

今回の加速度計を使った振動実験は、振動の大きさの尺度として最も人の感覚との対応が良いとされる加速度を測定しdBに変換を行い評価した。

また、振動周波数は、人が感じられる振動加速度の周波数の範囲が0.1Hz~500Hzと言われており、鉛直振動では、4Hz~12.5Hzの振動が最も感じやすいようである。よって、振動の大きさを表す場合、周波数ごとの人の感覚を考慮する必要があるため、感覚補正を行い評価した。

なお、測定データは(5)に示した実験パターンそれぞれの項目毎に測定した数値を平均し評価した。

(7) 振動対策検証実験調査解析の結果

☆脆弱地盤と堅牢地盤の振動伝達の差異が認められ結果は以下のとおり。

表-2

振動方向	脆弱地盤	堅牢地盤	低減値
x 0 (発生源)	86.9	62.0	-6.9
x 1	54.8	42.2	-12.6
x 2	49.2	38.3	-11.0
x 3	42.1	42.1	0.0
x 4	46.0	38.0	-8.0

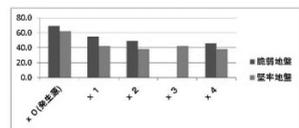
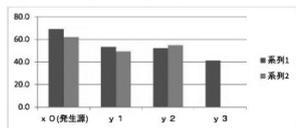


表-3

振動方向	脆弱地盤	堅牢地盤	低減値
y 0 (発生源)	66.9	62.0	-6.9
y 1	53.2	49.3	-4.0
y 2	52.1	54.7	2.6
y 3	41.0	41.0	0.0



①バックホウのみ(機関出力100%)(表-2、表-3)

機関最大出力(100%)における脆弱地盤と堅牢地盤での振動伝達は、横断方向(住宅方向)であるX軸では低減値-12.6dB~-6.9dB。縦断方向であるY軸方向でも-6.9dB~-4.0dBと振動低減効果が確認できたが、y2地点においては、逆に堅牢地盤の方が大きくなる現象が確認された。

②バックホウのみ(機関出力80%)(表-4、表-5)

機関出力(80%)における振動伝達は、(7)-①と類似した傾向を示したが、上記(7)-①に示す100%出力とこの80%出力の差異を比較すると、若干ではあるが振動低減効果が確認された。(1dB~2dB)

③バックホウ(80%)+ダンプ地山走行(10km/h)(表-6、表-7)

実際の施工と同一条件である機関出力80%+ダンプトラック走行(10km/h)では、前述のバックホウのみと同様の傾向がみられるが、ここでも横断方向では-7dB~-2.5dBの低減効果を確認できた。また、周辺住宅に最も近いX2地点での低減効果が-4.7dBと一定の効果を確認することができた。

表-4

振動方向	脆弱地盤	堅牢地盤	低減値
x 0	66.7	59.7	-6.9
x 1	51.6	41.9	-9.6
x 2	45.1	40.3	-4.8
x 3	45.3	45.3	0.0
x 4	39.3	40.0	0.6

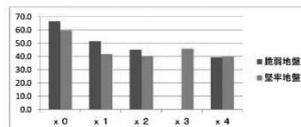


表-5

振動方向	脆弱地盤	堅牢地盤	低減値
y 0	66.7	59.7	-6.9
y 1	47.5	43.3	-4.3
y 2	51.3	54.4	3.1
y 3	37.8	37.8	0.0

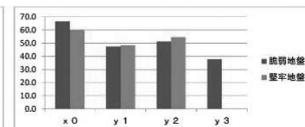


表-6

振動方向	脆弱地盤	堅牢地盤	低減値
x 0	64.1	61.6	-2.5
x 1	51.7	44.7	-7.0
x 2	44.1	39.4	-4.7
x 3	44.3	44.3	0.0
x 4	39.1	39.3	0.2

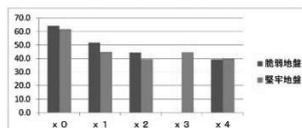
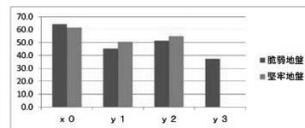


表-7

振動方向	脆弱地盤	堅牢地盤	低減値
y 0	64.1	61.6	-2.5
y 1	45.3	50.5	5.2
y 2	51.4	54.9	3.5
y 3	37.4	37.4	0.0



以上の結果により、脆弱層上でのバックホウ掘削作業に対し、今回施工を行った堅牢地盤層(シラス層)での作業は、周辺民家に対し数値的に振動低減効果を確認・立証する事ができた。ただし、堅牢地盤(シラス)層同士では、振動周波数の影響により、振動発生源より離れた場所の振動レベルが高く出る傾向を確認する事ができた。

4. おわりに

今回の振動抑制効果検証実験をとおして、これまで感覚的・経験的に行ってきた事が数値的な効果として確認する事ができたのは、非常に有意義な事だと感じた。効果を【見える化】する事が土木技術者として技術力を高め、磨いていくには必要な事だと改めて実感する事ができた。

実験に際し、快く協力して頂いた方々に深く感謝したい。



図-11