

東大生研 正員 田村聖四郎
東大生研 正員 加藤陽行
東大大学院 学員 O中村 聖

1. はじめに

近年、地下鉄路線の伸張に伴って、隣接建築物に関連した騒音、振動問題が発生するようになり、隣接建築物での騒音、振動を低減するために種々の対応策がとられている。対応策の一例について、効果を確かめるための振動測定を実施したので、結果の一部を報告する。

2. 測定場所、測定計器、分析方法

調査地点は、既存建物に隣接して地下鉄が走行している地帯で、既存建物での騒音、振動を低減するために特殊な軌道構築方式が採用されている。即ち、防振杭と称する杭の上に軌道を架け渡し、これと構築本体とを絶縁して、車輛走行によって軌道に生じた振動を構築を越えることなく直接、地盤へ伝える方式になっている。測定断面と測点及び地質柱状図を図-1に示す。矢印は振動測定方向をあらわしている。

計器は、圧電型加速度計、圧ゲージ型加速度計及びサボ型加速度計を使用した。振動は、3台のデータレコーダに記録し、同期信号を入れて、互いのデータの同時性を確保している。

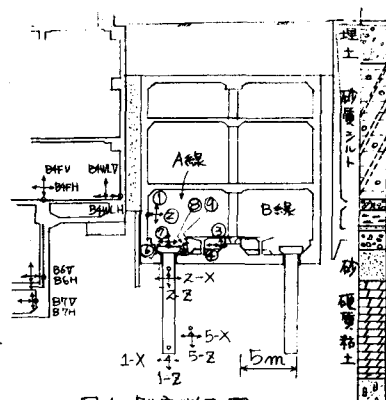


図-1 測定断面図

観測された加速度波形を視察した結果、列車の特性として先頭車輛と後部車輛にフラットが少なく、その他の中間車輛にはかなりのフラットがあることがわかった。この特性を利用して、振動の伝播、フラットの影響を調査した。

3. 振動の伝播

軌道には60kgレールを使用し、枕木は防振枕木である。加速度波形を検討した結果、フラットの無い車輛がレールの焼接継目部を通過する場合、継目部のわずかな凹凸によっても振動が発生することがわかった。(図-2)

上下振動の波形をみると、焼接継目部で発生した図-3に示すような波形状が、隣接建築物の側壁上の測点を除く全測点で観測された。この波形状の対応から振動の伝達時間を①道床を基準にして求めると、表-1のようである。振動が構築を経て伝わるするとレール継目と、⑦測点、②A線側下床との距離はほぼ等しいからレール継目で発生した振動は①、②の両測点に同時に到達する

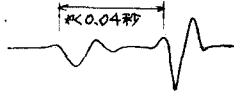


図-3 加速度波形

はずであるが表-1に示されるように⑧測点は⑦測点に比べて $\frac{25 \sim 30}{10000}$ 秒おくれて振動が到達している。また、

①A側壁に振動の到達する時間は⑦測点を基準とすると約 $\frac{7}{1000}$ 秒おくれることが認められている。これらのことは、杭と構築が一体となって挙動していないことを示していると考えられる。また振動がB7V, B6V, B4Vに到達する場合、それぞれ $\frac{265 \sim 275}{10000}$ 秒、 $\frac{270 \sim 276}{10000}$ 秒及び $\frac{281 \sim 286}{10000}$ 秒を要している。

これより振動はB7V, B6Vに38mと同時に到達し、次いでB4Vに達することがわかった。

表-1 上下振動の到達時間
(単位: 1000秒)

測点	到達時間
レール継目部	-(41~50)
⑦道床	0
Z-Z	Z~3
1-2	13~37
②A線側下床	25~30
5-2	49~115
B7V	265~275
B6V	270~276
B4V	281~286

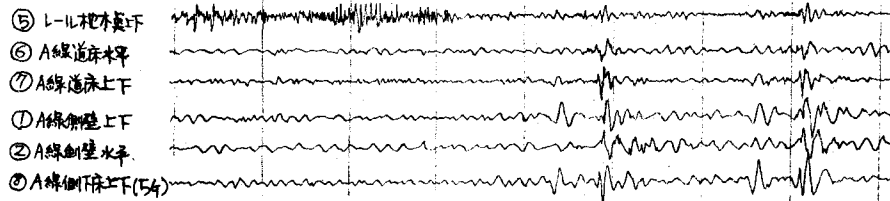


図-2 記録波形

そこで、波動が坑より円筒状波面を周囲に伝播すると仮定すると、坑とB6V、B7Vまでの距離は約10mであるから、この間の硬質粘土層(土丹層)中を伝わる波動の速度は、ほぼ400m/sになり、S波の伝播速度とみられる。

水平振動では、上下振動のように各測点で対応のつく波形はなく、振動加速度レベルも上下振動にくらべて一般に小さい。

4. フラットの有無による最大加速度の変化

フラットのない車輛がレールの踏接部を通過するときに発生する振動をフラットのない場合の振動といい、車輛のフラットによる振動をフラットのある場合の振動ということにする。

フラットのある場合とない場合の最大加速度(全振中)をそれぞれ

表-2 フラットのある場合の最大加速度(全振中、A線走行時)

速度 (km/h)	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦
41	20.0	18.1	23.6	18.9	1030	110	122
42	21.2	18.2	22.0	18.3	1086	110	100
44	20.8	19.6	22.6	18.9	1128	117	122
51	20.0	20.0	23.2	18.7	1178	117	133
55	20.2	20.4	23.3	19.9	1083	102	120

表-3 フラットのない場合の最大加速度(全振中、A線走行時)

速度 (km/h)	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦
41	7.47	4.15	10.6	9.75	217	36.0	36.3
42	7.05	5.75	12.8	8.82	229	37.7	37.4
44	6.45	4.53	11.4	9.09	220	37.2	43.3
51	6.69	6.85	19.0	13.3	271	54.6	55.0
55	12.0	5.76	19.3	10.6	286	61.9	60.8

表-2、表-3に示す。表より、測定した範囲の走行速度では、フラットのない場合は走行速度とともに最大加速度は大きくなるのに対して、フラットのある場合、最大加速度は走行速度によらず、ほぼ一定の値をもち、その値は、走行速度40km/hでのフラットのない場合の値の3~4倍である。

5. フラットの有無による構築振動の周波数特性の変化

列車がA線を40km/hで走行する場合の構築内各測点に

表-4 卓越順序に並べた振動数とその大きさ

測定点	フラットのない場合 上段: Hz, 下段: gal ²			フラットのある場合 上段: Hz, 下段: gal ²		
	1	2	3	1	2	3
① A線側上下	58 (0.250) ²	80 (0.214) ²	64 (0.202) ²	87.5 (0.461) ²	60 (0.380) ²	109 (0.303) ²
② A線側水平	60 (0.315) ²	81 (0.280) ²	24 (0.265) ²	121 (0.294) ²	95 (0.285) ²	146 (0.273) ²
③ A線側下床板上下	82 (1.03) ²	40 (0.581) ²	61 (0.544) ²	83 (0.885) ²	60 (0.461) ²	74 (0.143) ²
④ A線側下床板水平	60 (0.332) ²	42 (0.517) ²	68 (0.363) ²	60 (0.630) ²	36 (0.517) ²	70 (0.507) ²
⑤ 道床上下	82 (7.64) ²	95 (6.35) ²	61 (5.63) ²	120 (6.87) ²	83 (6.76) ²	94 (6.47) ²
⑥ A線側下床上下(54)	82 (3.22) ²	97 (1.19) ²	74 (1.63) ²	85 (3.26) ²	94 (2.95) ²	72 (2.08) ²
⑦ A線側下床上下(204)	82 (3.42) ²	63 (2.22) ²	90 (2.14) ²	84 (4.16) ²	94 (3.45) ²	60 (2.29) ²

おける振動の周波数分析(分析長1.0秒、サンプリング間隔1/2000秒)した結果を、その卓越する順序に従って表4

に示す。この表より、フラットのない場合には、80Hz、

60Hzの振動が卓越し、フラットのある場合には各測点で

それぞれ異なる振動数の振動が卓越していることがわ

かる。①道床の上下振動について、フラットのある場合

のスペクトル図と、フラットのない場合のスペクトル図を

重ねて図-4に示す。これよりフラットのある場合の振動は、フラ

ットのない場合の振動に100~300 Hzの振動が付け加えられたものである

事がわかる。各測点でフラットのない場合の振動レベルに対する

フラットのある場合の振動レベルの比を振動数に対してプロット

すると図-5のようになる。一般に100~300 Hzの振動が強調され

ていることがわかる。

6. まとめ

以上により①軌道と構築を絶縁した構築構造によって、地盤へ

伝わる振動と、構築の振動が分離されていること、②測定した範

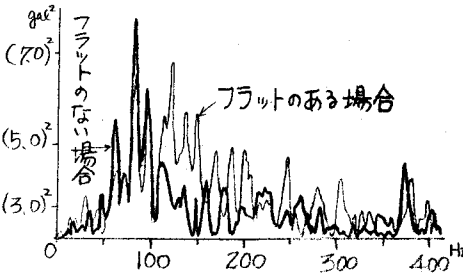
囲内の走行速度では、フラットの影響が大きくなり、フラット

の存在により100~300 Hzの振動が加わり、最大加速度が大きくな

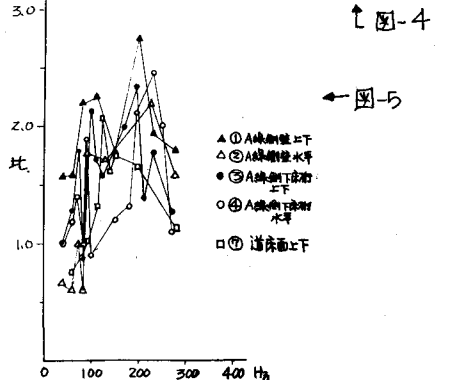
ることがわかった。

おわりに、本研究により、帝都高速度交通営団が測定した面と与

えられた協力に対し、謝意を表します。



↑ 図-4



← 図-5