

阪神高速道路公団

正会員 ○ 前 原 博

吉 川 実

(株) 奥村組

吉 川 正 昭

1. まえがき

都市内の高速道路を走行する車両によって発生する振動について、これまでいろんな測定がなされたり、また防振対策工がなされたりしている。しかし高架道路周辺での交通振動については、走行車両—高架構造物—地盤—受振家屋といった全体系連成振動の現象としてとらえる必要があるといわれており、また振動特性が十分把握されたとはいえない現状である。また最近の測定結果によると、鉛直振動のみならず水平振動も同程度発生しているという結果が指摘されている。そこで、これらの複雑な全体系の振動を橋脚と地盤に着目し、単純化して模型実験を行うことを計画した。実験用に作成する模型体は1体として、振動の基本的な振替特性や発生機構について調べることで、防振対策工の効果を調べることで、また基礎と地盤の相互作用的な問題を検討することを目的として実験を実施した。本文はこの実験の概要と代表的な例について述べる。

2. 対象橋脚と相似則

対象橋脚としては大阪地盤における標準的なT型PC単柱橋脚を選んだ。上部工はスパン25m、幅員17.6mの単純合成工桁である。模型と実物の相似則は表-1に示すように振動現象を支配している物理法則から求めた。実橋脚および模型の目標諸元を表-2に示す。地盤についても代表的な振動速度を設定してモデル化を行った。表尺は沖積層を、支持層は深層層を想定したものである。

3. 模型橋脚と模型地盤

実橋脚の脚柱、フーチングと杭の弾性定数とそれぞれ、 3.0×10^6 、 2.7×10^5 (kg/cm²)、ボアソン比を $\frac{1}{2}$ として、単一系としての固有振動数と計算で求めた。模型体は四フッ化エチレン樹脂で作成し、振動台により単一系としての振動数を含むように、断面を少し修正して作成した。なお杭は実橋では8本だが模型では4本とし、上部工は重量のみ考慮して模型を単純化した。

模型地盤はせん断波速度が目標値に合うように、アクリルアミド系グラウト剤(日東SS-30)、バントナイト、硅藻土および砂を用いて予備的配合試験を行い使用配合を定めた。表-3は使用した配合表である。模型地盤の大きさは反射波の影響を少なくするため、長さ2.5m、幅3m、高さ62.5cmとした。周辺部は厚さ10cm、底面下厚さ20cmは砂で置換した。

図-1は模型地盤および橋脚の断面と主要計器の配置図である。測定器は超小型圧電型の加速度計(IMV社製IM-4132、振動数領域1~500Hz、寸

量	相似比
長さ・変位	1/100
密度 地盤	1/13
密度 橋脚	1/13
時間・周期	1/10
振動数	10
速度	1/10
弾性 地盤	1/13
弾性 橋脚	1/13
重量	1/1300
かさみ	1
ボアソン比	1
減衰定数	1
加速度	1

	実物想定値	模型目標値
橋		
脚柱	1.5 ^m 15 ^m 8 ^m	1.5 ^m 15 ^m 8 ^m
フーチング	7 ^m 7 ^m 2 ^m	7 ^m 7 ^m 2 ^m
杭		
長さ	20 ^m	20 ^m
径	φ1.0 ^m	φ1.0 ^m
密度	2.5 ^{g/cm³}	2.2 ^{g/cm³}
弾性	22.5 ^{kg/cm²}	22.5 ^{kg/cm²}
表		
密度	1.7 ^{g/cm³}	1.5 ^{g/cm³}
弾性	300 ^{kg/cm²}	30 ^{kg/cm²}
地盤		
ボアソン比	(1/200)	(1/20)
ボアソン比	(0.45)	(0.45)
固有振動数	2Hz	20Hz
支持層		
長さ	40 ^m	40 ^m
弾性	500 ^{kg/cm²}	50 ^{kg/cm²}
ボアソン比	(2/200)	(2/20)
ボアソン比	(0.40)	(0.40)

表-1. 相似比

表-2. 実物想定値と模型目標値

材	料	配合表	配合表	配合表	配合表	配合表	配合表	配合表	配合表
表層	0.04H ₂ O	1.5 ^g	10 ^g	1.0 ^g	1.0 ^g	10.5 ^g	40 ^g	50 ^g	4 ^g
支持層	0.016H ₂ O	2.1 ^g	10 ^g	1.2 ^g	1.2 ^g	16.0 ^g	40 ^g	50 ^g	4 ^g
	重量比	6.3	91.7	3.2	3.2	38.8	-	-	-
	重量比	6.7	32.9	3.8	3.8	53.7	-	-	-

表-3. 模型地盤の配合

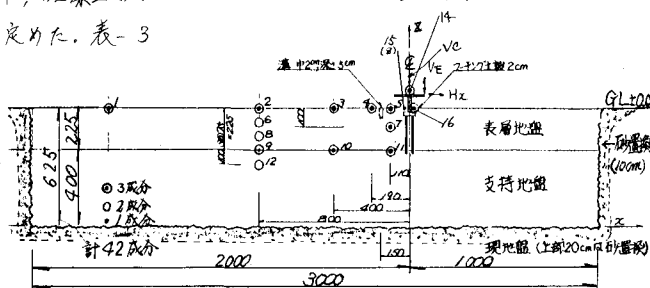


図-1. 連成系模型振動実験(断面図)

法 $5 \times 5 \times 11.5 \text{ mm}$ ，重 18 g 個)を使用し，設置に当ってはバルサ材を用いて密度と地盤の密度に近似させた。

4. 加振方法

模型橋脚に対する加振方法は，強制加振として衝撃型加振と定常型加振を行った。加振方向は橋脚頂部で，水平2方向(H_x, H_y)と鉛直方向については橋脚中心(TC)と張出端部(VE)の2ケース行つた。衝撃型加振は鋼球(直径 14 mm)を軽く衝突させた。定常型加振は小型電磁式加振機(Vic社製， $1 \sim 2000 \text{ Hz}$ ，出力 5 kg)を別に設けた反力梁に取付治具を用いて固定し，模型の梁上にアルミニウムで作ったコネクションボックスを設けて，ゼアノ線(2ϕ)で加振機と結合し振動を与えた。定常加振では応答加速度を制御して行っていたが，途中から加振機の加振力と制御する方法に切替えて行つた。強制加振の他に模型を引，張糸を切断して自由振動実験も行つた。

5. 実験の種類と結果

実験は単一系模型と連成系模型にわかれていた。単一系模型は振動系の構成要素別の固有振動数と固有モードを求めるもので，5ケース行つた。表-4はその実験ケースと固有振動数，測定結果である。なお模型橋脚の天端には上部

工重量(404 g)と梁自重(129 g)の重量に相似する荷重(PUミボックス 202 g ，T型梁 18 g ，付加荷重 60 g)の他に固有周期調整用付加荷重(60 g)を取りつけた。

連成系模型の実験では模型橋脚を図-1のように設置した場合を基本系(C-1)とし，それ以外に防振対策工として盛土(C-3；高さ 2 cm ，長さ幅各 16 cm ， $\gamma = 2.0 \text{ g/cm}^3$ の上載

荷重をのせたもの)，側面土除去(C-2；深さ 4 cm の7-リング下面まで，長さ幅各 16 cm 分の土を除去)，根固め(C-4；側面土除去部分に $\gamma = 2.0 \text{ g/cm}^3$ の材料を埋めたもの)，および防振溝(C-5；中心より 15 cm の所に幅 2 cm ，深さ 5 cm の空溝を切削したもの)の4ケースについて実験を行い結果を比較することとした。表-5は水平自由振動の結果をまとめたものである。表-6は水平定常加振時の橋脚上端の固有振動数をまとめたものである。表-5と6を比べると固有振動数に差が生じており，自由振動の場合は定常加振の場合より変化が大きかったものと思われる。各防振対策工は現実の施工性を配慮し，その極端な場合を想定して模型に対策を講じたものである。基本系の結果に比べて少し固有振動数が変わっているが，実橋換算としてみると振動数の変化はわずかなものになっている。振動しやすいT型単柱橋脚に対しその固有周期を変える対策としては効果的ではないと推定される。

図-2と表-7は基本系(C-1)での地表面上の測点5，4，3での定常加振時の結果の1例である。各測点は橋脚中心より11，19，40 cm離れた点である。図-2は水平加振時の水平方向振動成分の共振曲線である。表-7は水平および偏心鉛直加振時の結果である。水平加振時の結果には固有振動数は異なっているが，鉛直振動のみかなり大きく生じている。逆の場合の偏心鉛直加振時の水平振動はあまり生じていない。

本文では実験結果の一部を述べたが，他の機会にデータの整理結果も実験における観測値との比較なども含めて報告したい。

本実験の遂行にあたり，京都大学防災研究所の土岐教授をはじめ関係の方々の御助言と御協力を得ることができましたことと，実験および解析の実施を担当された土木研究所技術研究所の関係の方々に深く感謝の意を表します。

単一系模型(水平)	固有振動数
A-1 鋼球+衝撃重	23 Hz
A-2 7-リング+杭	8 "
A-3 杭+防振溝+津波	4 "
B-1 支持片	30 "
B-2 2石系地盤	15 "

表-4. 単一系模型固有振動数

水平方向の自由振動	C-1 基本系		C-2 側面土除去		C-3 盛土		C-4 根固め		C-5 防振溝	
	f (Hz)	ξ (%)	f (Hz)	ξ (%)	f (Hz)	ξ (%)	f (Hz)	ξ (%)	f (Hz)	ξ (%)
橋脚上	14	2.2	2.0	1.9	2.4	2.1	7.0	2.5	3.0	2.2
7-リング	16	2.2	3.2	1.8	5.8	—	—	2.5	2.2	2.2
地盤	5	2.2	2.0	—	—	—	—	2.5	2.3	2.1
	4	2.2	3.1	—	—	2.0	3.9	2.5	3.7	—
	3	2.2	4.4	—	—	2.1	5.2	2.5	2.5	—

表-5. 振動特性の比較

連成系模型(水平)	振動数
C-1 基本系(地盤両側)	35 Hz
C-2 側面土除去	25 "
C-3 盛土	35 "
C-4 根固め	40 "
C-5 防振溝	35 "

表-6. 共振振動数の比較

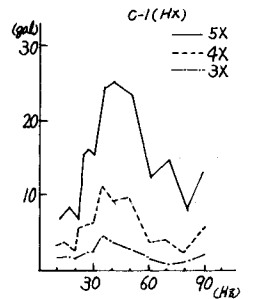


図-2. 地盤の共振曲線

地盤上測点	水平加振(H_x)		偏心鉛直加振(VE)	
	加振重(g)	固有振動数(Hz)	加振重(g)	固有振動数(Hz)
水	5X	27.2	3.3	35
	4X	11.7	1.2	
	3X	4.7	0.6	
鉛直	5X	15.0	7.8	60
	4X	8.4	4.9	
	3X	4.4	2.9	

表-7. 加振法による比較