

## 1. 目的

橋梁から発生する騒音は、交通騒音の中でもその騒音レベルが高く、また、人間の耳には聞こえないが人体に大きな影響を及ぼす『低周波騒音』の問題も含んでおり、公害問題として重要な問題の一つである。そのため、鋼鉄道橋を中心とする橋梁から発生する騒音については、数多くの研究が実施されており、騒音の発生機構などもかなり明らかにされている。しかし、橋梁の種類には材料、支間長、形状など様々なものがあり、どのような橋梁からどのような種類の音が発生しているかは、必ずしも明確にされていない。例えば、鋼橋とコンクリート橋では、その発生音に相違はあるのか、あるとすればその差はどれほどなのかといった定量的な結論は下されていない。この原因の一つとして、橋梁騒音の測定法、特に低周波音の測定法が統一されていないため、異なる測定法による騒音データを比較できないことがあげられる。このような観点から、本報告では、橋梁から発生する騒音の測定法を統一して、これに則った測定法によりデータを収録し、橋梁発生音を相互に定量的に比較できるようにすることを目的にした。これが実施されれば、顕著な騒音発生源と発生原因を考究することが可能となり、騒音制御、振動抑制の研究に貢献できるものと思われる。

その際、道路橋騒音としては、橋梁の種類の違いによるのではなく、通過車両の種類や交通量によって大きな影響を受けると考えられる道路橋より十数m離れた地点の騒音を対象とせず、橋梁の極めて近傍の騒音を対象とした。

## 2. 実橋を対象とする測定と分析

### (1) 測定対象橋梁の概要

騒音・振動の測定・分析は、栃木県足利市の渡良瀬川に架かる葉鹿橋と田中橋の2つの橋梁を対象として行った。

葉鹿橋は、単純H型鋼橋部と曲弦ワーレントラス橋部から成っている。単純H型鋼橋部の測定・分析結果は、前回の受託研究報告書で既に報告しているが、この単純H型鋼橋部に対してコンクリート床版路面に直接アスファルト舗装をオーバーレイする路面改修工事が実施されたので、再度測定・分析を行って、路面改修の騒音・振動低減効果を調べることにした。また、曲弦ワーレントラス橋部は、架設年次や幅員などが若干異なる2つの部分から成っているため、それぞれの部分に対して測定・分析を行った。

田中橋は、4径間連続鋼板桁橋部（張出部分を持つ）と単純鋼板桁橋部から成るが、4径間連続鋼板桁橋部を対象として測定・分析を行った。

以上のような測定対象を区別するため、次のように呼ぶことにする。

#### ① 葉鹿橋 A 2

路面改修後の単純H型鋼橋部。路面改修前については、「葉鹿橋 A 1」と呼ぶ。

また、路面改修前後を総称するときには、「葉鹿橋 A」と呼ぶ。

#### ② 葉鹿橋 B 1

昭和30年架設の曲弦ワーレントラス橋部。

#### ③ 葉鹿橋 B 2

昭和43年架設の曲弦ワーレントラス橋部。

#### ④ 田中橋

4径間連続鋼板桁橋部。

また、これら測定対象橋梁の概要を表-1に示す。

2つの測定対象を総称するときには、「葉鹿橋 B」と呼ぶ。

表-1 測定対象橋梁の概要

橋名	葉鹿橋			田中橋
架設位置	栃木県足利市葉鹿町			栃木県足利市田中町
路線名	一般県道毛里田坂西線			一般国道293号線
橋長	295.28 m			290.00 m
形式	単純H型鋼橋	曲弦ワーレントラス橋		4径間連続鋼板桁橋
架設年次	昭和43年	昭和30年	昭和43年	昭和43年
設計荷重 適用示方書	二等橋14t 昭和39年示方書	二等橋9t 昭和14年示方書	二等橋14t 昭和39年示方書	一等橋20t (TL-20) 昭和39年示方書
支間長	19.50 m	52.54 m	54.50 m	50.00 m
全幅員 幅員構成 (寸法:m)	6.80 m 6.00 m 路肩+車道+路肩 0.25+5.50+0.25	5.50 m 5.00 m 路肩+車道+路肩 0.25+4.50+0.25	6.80 m 6.00 m 路肩+車道+路肩 0.25+5.50+0.25	12.80 m 12.00 m 車道+歩道 9.00+3.00
備考	コンクリート床版路面に直接アスファルト舗装をオーバーレイする路面改修工事を実施。改修前との比較を行う。	同じ曲弦ワーレントラス橋形式の橋梁であるが、架設年次によって、支間長・幅員など若干異なる。そこで、2つの曲弦ワーレントラス橋の騒音・振動を測定・分析して、その比較検討を行う。		橋梁全体としては、4径間連続鋼板桁橋（張出部分を持つ）と単純鋼板桁橋から成るが、測定分析は4径間連続鋼板桁橋のみを対象とする。
参照図	図-1, 図-2	図-1, 図-3	図-1, 図-4	図-5

## (2) 測定方法

本研究では、次の2つの点を考慮して、橋梁の騒音・振動測定を行うことにした。

- ①橋梁床版から発生する音に的を絞る、床版直下における音を収録する。また、床版より発生する音とジョイント部から発生する音を区別するため、支承部での音を収録する。なお、地上部における測定は条件が橋梁毎に著しく異なるので実施しない。
  - ②橋梁の振動（振動のモードや固有振動数など）と騒音の関係を知るため、加速度計を橋梁のスパン中央で橋梁断面中央に少なくとも1つ設置する。また、橋梁のねじれ振動などの複雑な振動モードが予測される場合には、加速度計を前記の場所以外に適宜設置する。
- 以上のような考え方にに基づき、次の①～⑧に示すような測定を行った。
- ①橋梁から発生する騒音と加速度は、出来るだけ同時測定する。
  - ②通過交通の影響を考慮するため、測定時間は、連続した15分間とする。
  - ③低周波空気振動を含む橋梁から発生する音を測定するため、低周波音レベル計をスパン中央で断面中央の橋梁下面約1mに設置する。（以後、この測点での騒音を“床版直下騒音”と呼ぶ。）
  - ④ジョイント部から発生する音を測定するため、普通騒音計を少なくとも1つの橋台上に設置する。（以後、この測点での騒音を“支承部騒音”と呼ぶ。）
  - ⑤加速度計を橋梁のスパン中央で断面中央に少なくとも1つ設置する。
  - ⑥低周波音レベル計と普通騒音計の周波数特性としては、A特性などの聴感補正フィルタを介することなく、フラットな特性（SPL および FLAT）を用いる。
  - ⑦車両の通過と騒音・振動の対応を取るため、光電スイッチを橋梁のスパン中央の車道両端に設置する。
  - ⑧橋梁を通過する車両の通行状態・車種・進行方向・速度を調べるため、橋梁側方より8mmビデオカメラで撮影し録画する。

各測定対象橋梁の測点は、図-2, 3, 4, 5に示す。

## (3) 分析方法

本研究では、以下に示すような3つの分析を行った。

### ① 8mmビデオ解析による通過交通分析

測定対象橋梁の側方より8mmビデオカメラで撮影し録画したものを再生し、通過する車両の通行状態・車種・進行方向・速度を分析し、これらの情報をパソコンに入力する。

車種は、大型車（4 ton以上）・普通車（4 ton未満）・その他（二輪車など）の3つに分類する。

また、速度は、橋梁通過所要時間をストップウォッチで2度以上計り、平均所要時間で支間長を除することによって求める。なお、葉鹿橋A1では、8mmビデオ撮影を行わなかったため、速度は算定していない。

### ② 騒音・振動加速度レベルの1/3オクターブ周波数分析

騒音と振動加速度のデータは、まず、1/3オクターブ分析器を介して、光電スイッチによる車両通過時刻データと共に高速度グラフィックレコーダに速い動特性（FAST）でレベル出力し、車両通過時刻毎にそのレベル値を目視により読み取る。

次に、これらのレベルデータをパソコンに入力し、①の分析から得られた通過車両の通行状態・車種・進行方向・速度のデータを用いて分類しながら、プロッタに周波数スペクトルを出力することによって1/3オクターブ周波数分析する。

### ③ FFTアナライザによる振動加速度の分析

振動加速度は、②の1/3オクターブ周波数分析によるレベル解析だけでは、詳細な卓越周波数を得ることや振動の位相差のため振動モードでを知ることができない。そこで、FFTアナライザを用いて、光電スイッチをトリガーとして同時刻の振動の生波形・FFT分析など詳細な分析を行う。

なお、図-6, 7に測定系と分析系のブロックダイアグラムを示し、表-2に使用・分析機器の仕様一覧を示す。

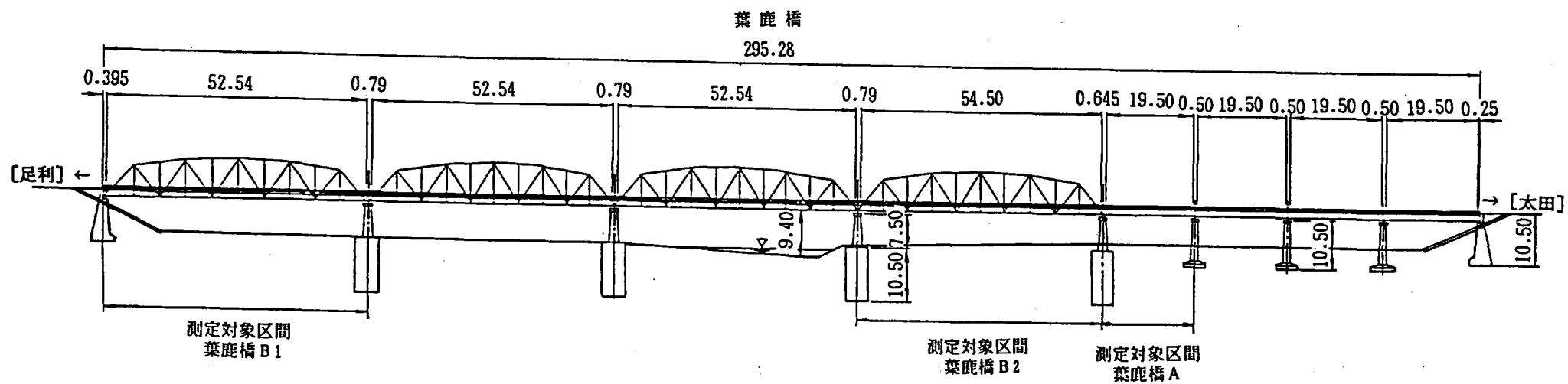
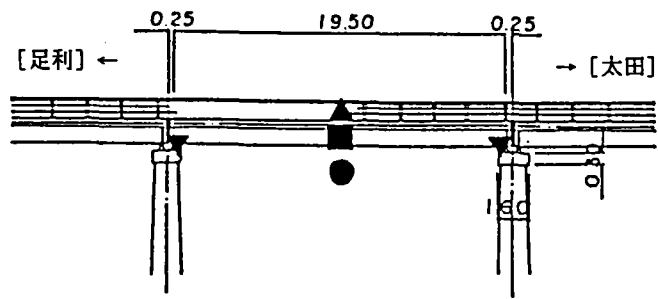


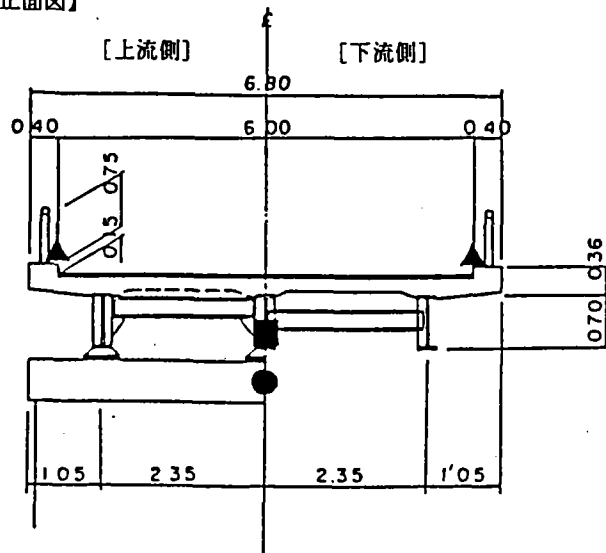
図-1 葉鹿橋の一般側面図

【側面図】



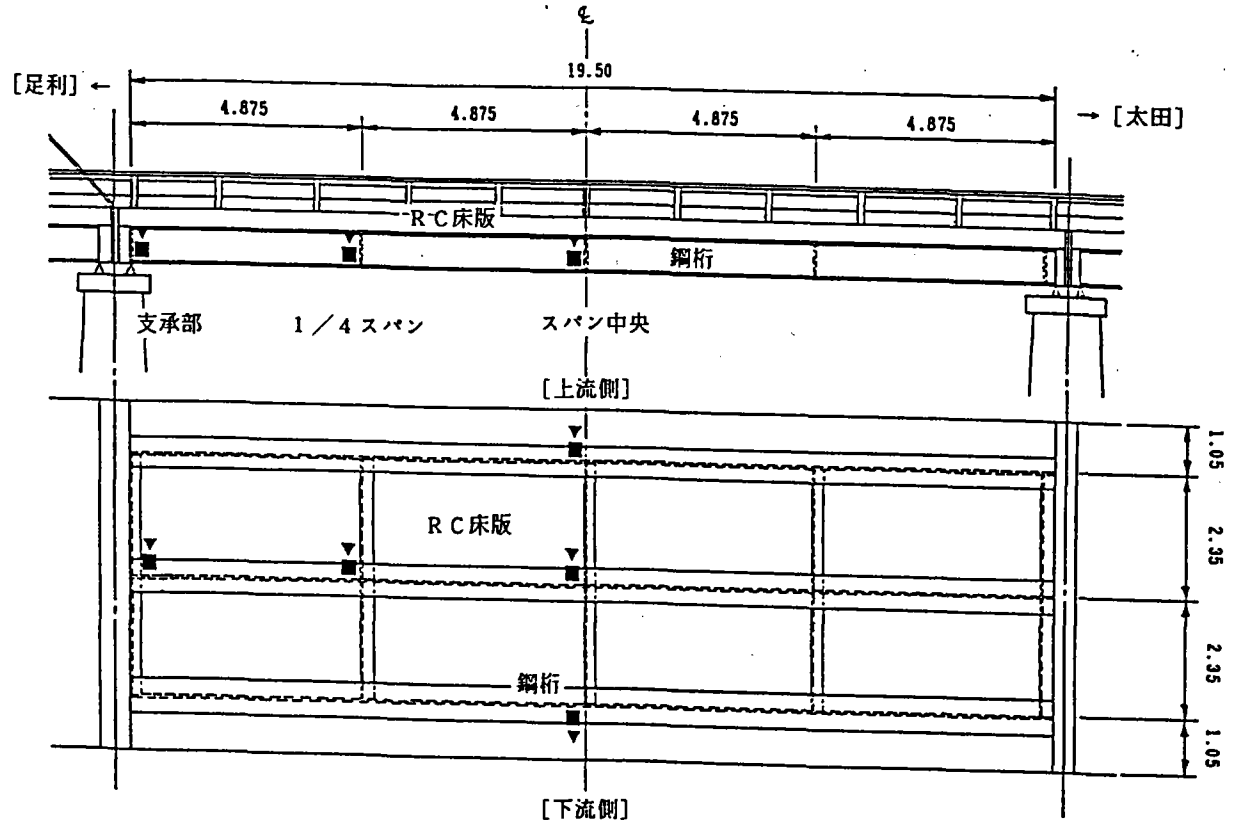
- 低周波音レベル計
- ▼ 普通騒音計
- 加速度ピックアップ
- ▲ 光電スイッチ

【正面図】



【一般測定】

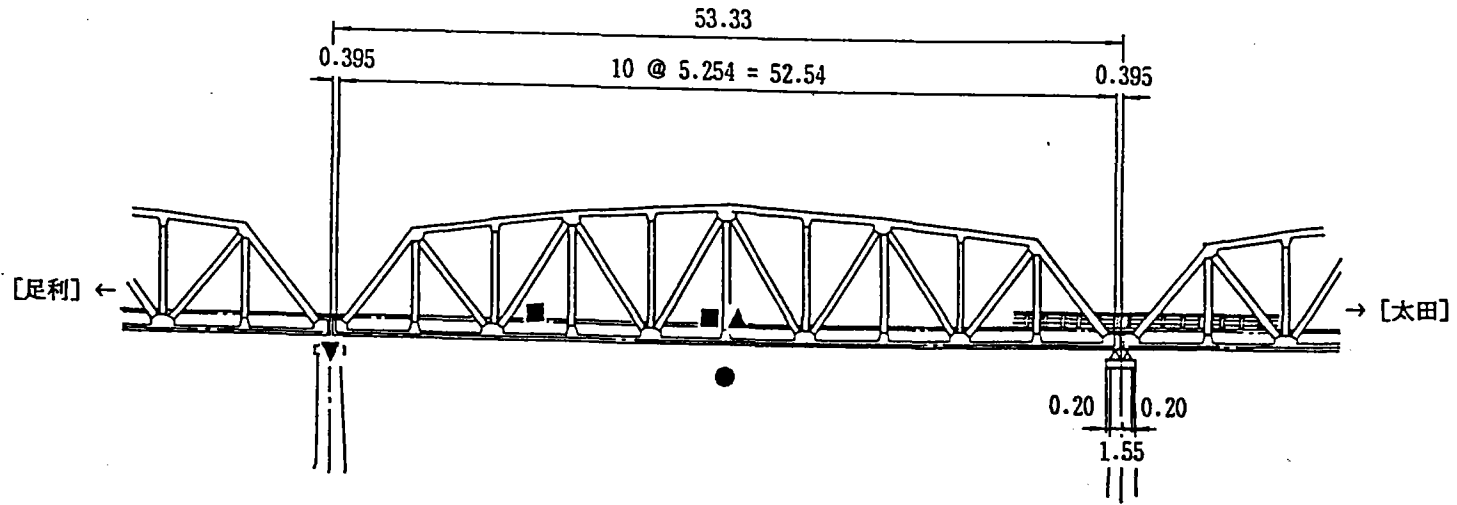
- 加速度ピックアップ (鋼桁下フランジ部取付)
- ▼ 加速度ピックアップ (RC床版取付)



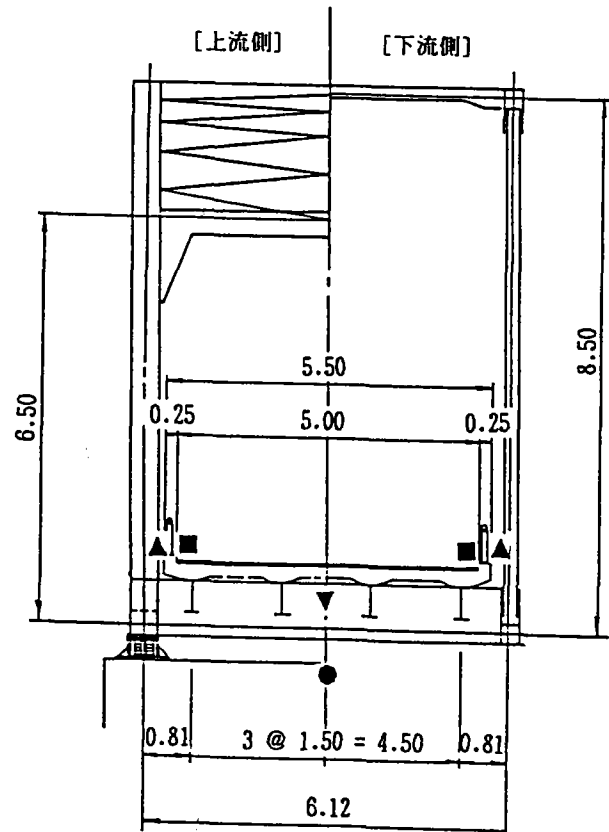
【振動詳細測定】

図-2 葉鹿橋Aの概要と測点

【側面図】



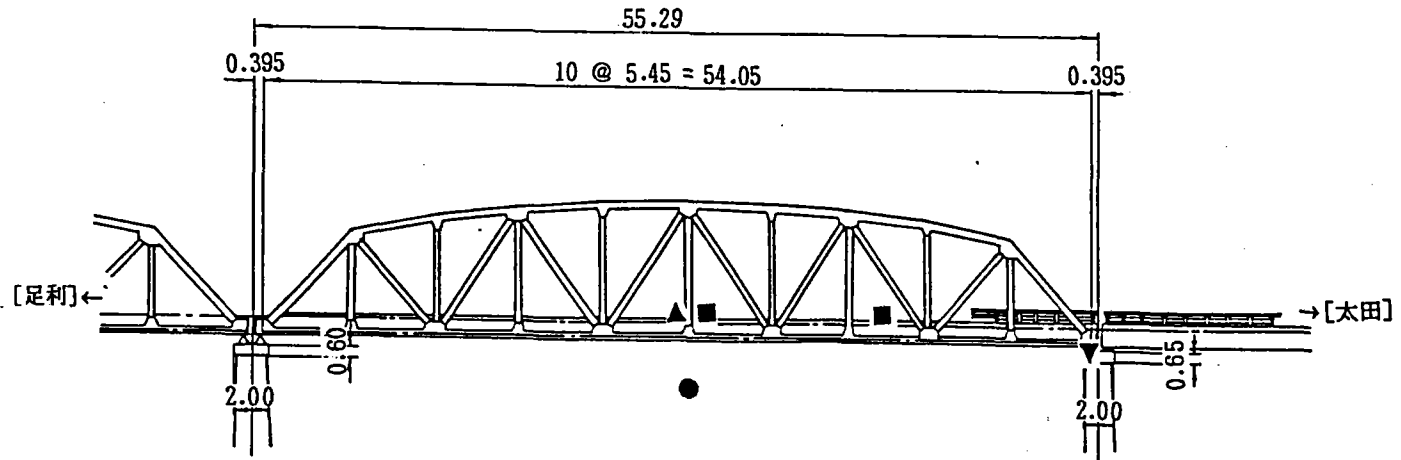
【正面図】



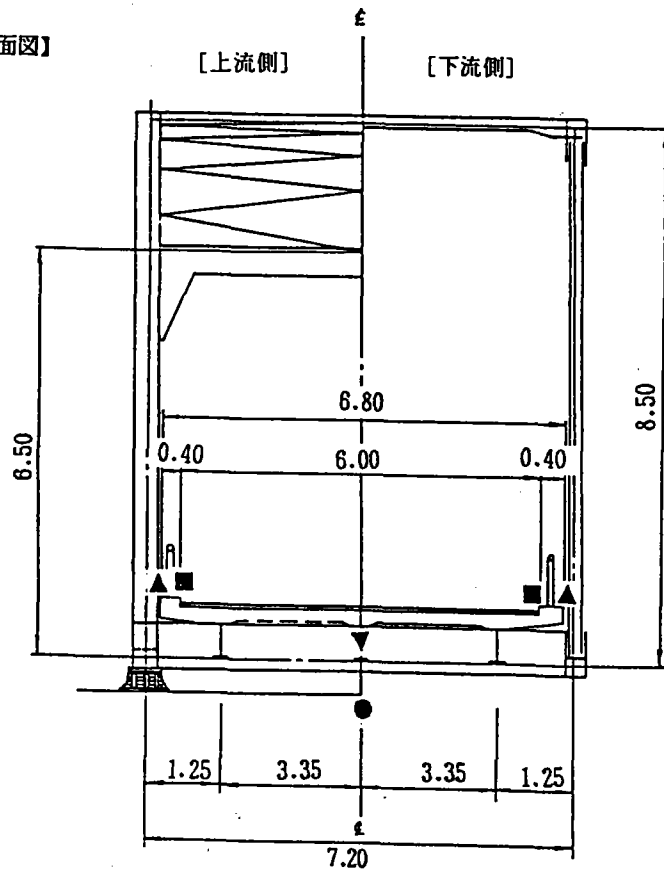
- 低周波音レベル計
- ▼ 普通騒音計
- 加速度ピックアップ (足利側支承部・下流側高欄地覆)
- " (1/4スパン・下流側高欄地覆)
- " (1/2スパン・下流側高欄地覆)
- " (1/2スパン・上流側高欄地覆)
- ▲ 光電スイッチ

図-3 葉鹿橋B1の概要と測点

【側面図】



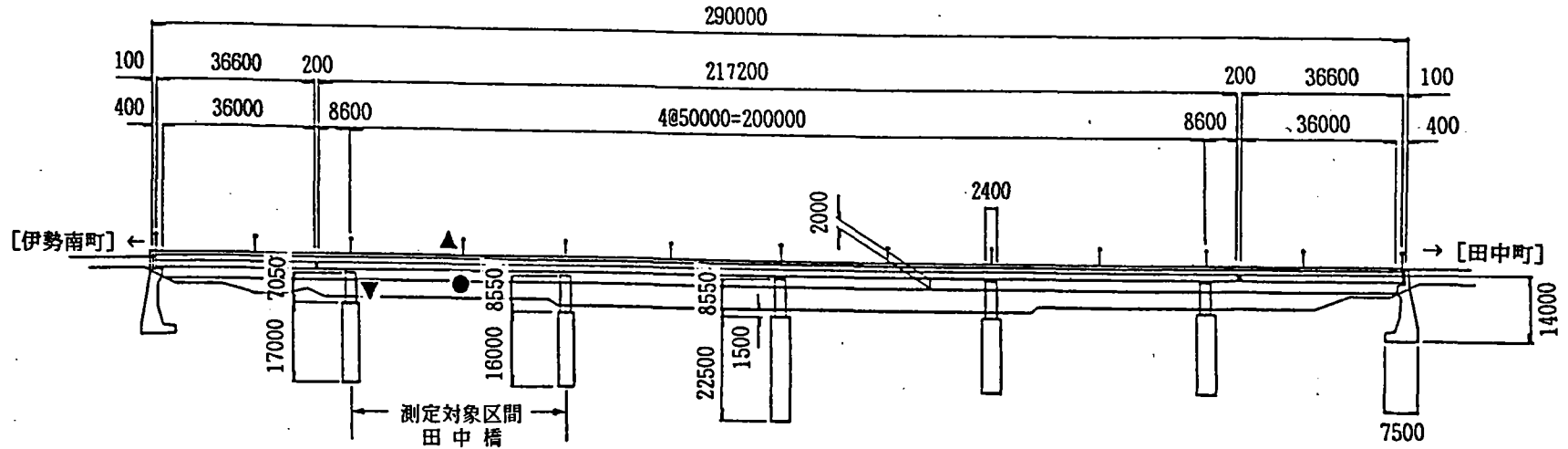
【正面図】



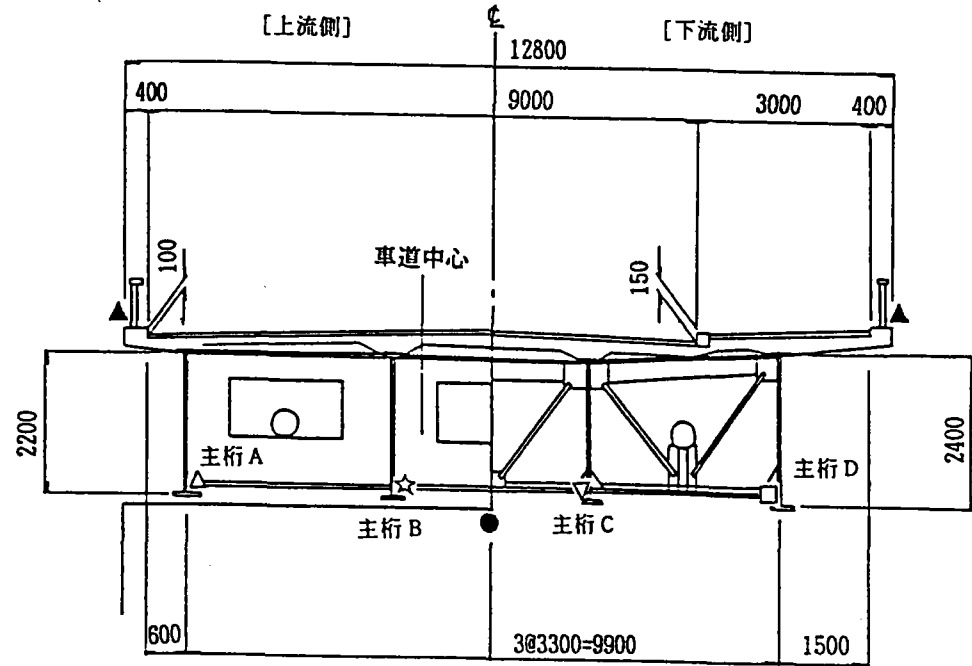
- 低周波音レベル計
- ▼ 普通騒音計
- 加速度ピックアップ (太田側支承部・下流側高欄地覆)
- " (1/4スパン・下流側高欄地覆)
- " (1/2スパン・下流側高欄地覆)
- " (1/2スパン・上流側高欄地覆)
- ▲ 光電スイッチ

図-4 葉鹿橋B2の概要と測点

【側面図】



【正面図】



- 低周波音レベル計
- ▼ 普通騒音計
- ▲ 加速度ピックアップ (スパン中央・主桁 A)
- ☆ " (スパン中央・主桁 B)
- ▽ " (スパン中央・主桁 C)
- " (スパン中央・主桁 D)
- ▲ 光電スイッチ

図-5 田中橋の概要と測点



注) [ ] は、葉鹿橋A1 (路面改修前の単純H型鋼橋部) のみの騒音振動測定・分析系ブロックダイアグラムを示す。

ポータブルコンピュータ  
SHARP PC-1600K

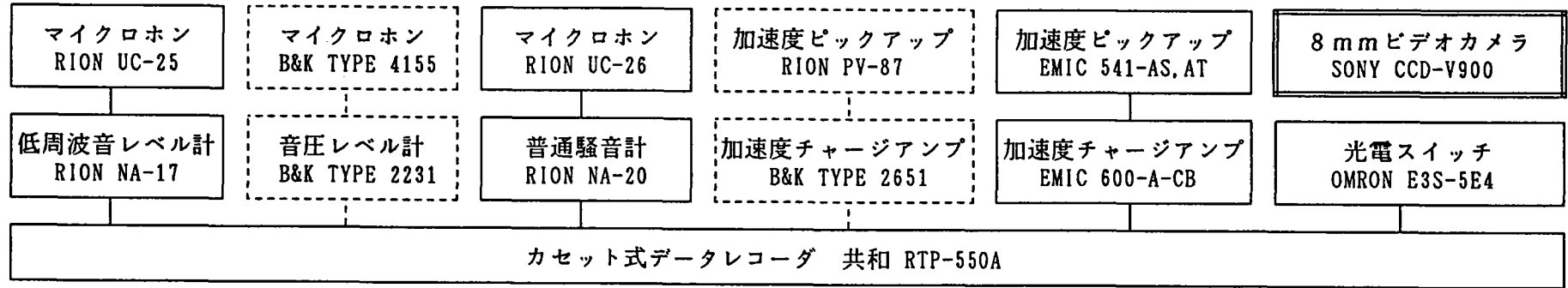


図-6 測定系ブロックダイアグラム

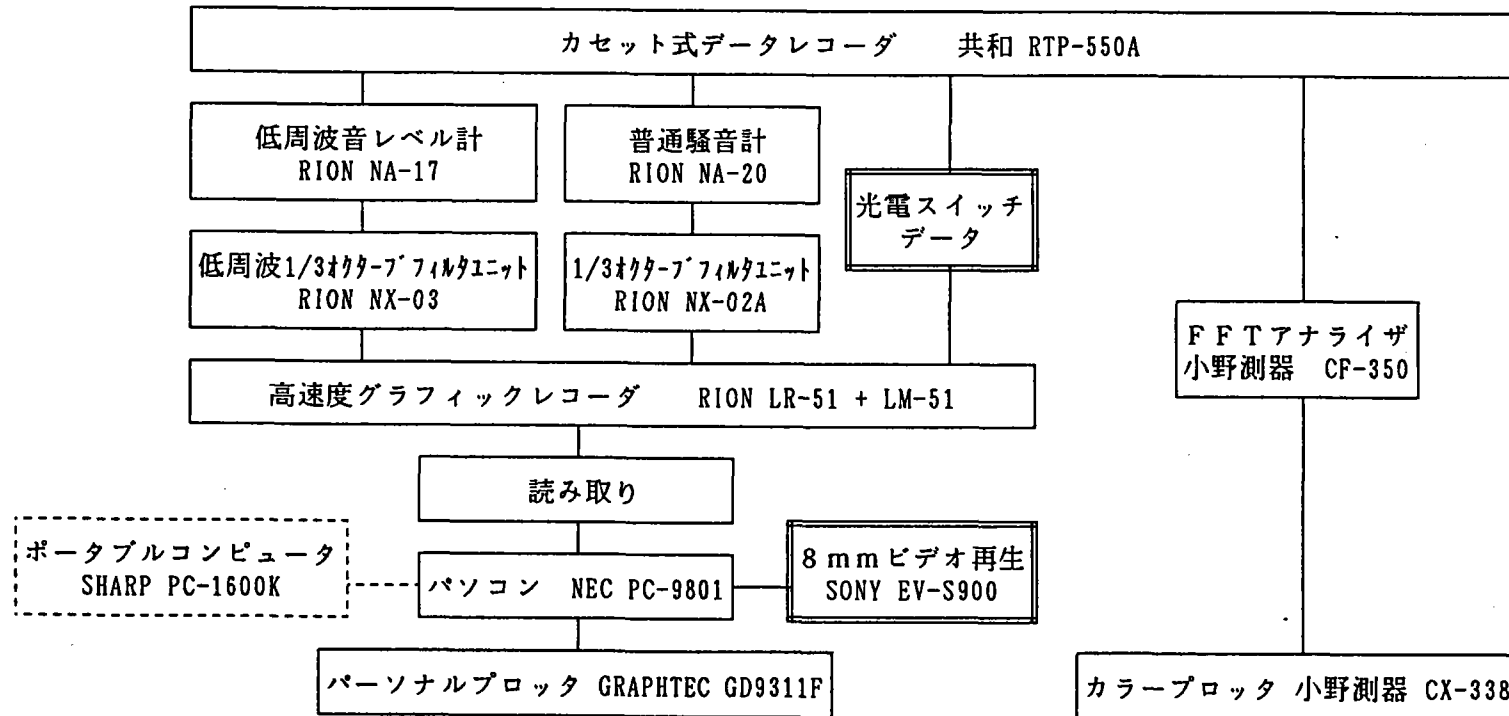


図-7 分析系ブロックダイアグラム

表-2 使用測定・分析機器の仕様一覧

名称	機種	周波数特性	その他
普通騒音計	RION NA-20	10 Hz~ 20 KHz $\pm$ 1dB (FLAT) 31.5Hz~ 8 KHz (A)	適用規格: JIS C 1502 測定範囲: 40~130dB(FLAT) マイクロホン: 1インチ形コンデンサマイクロホン(UC-25) 感度: 約-34dB(0dB=1V/Pa)
低周波音レベル計	RION NA-17	1~1,000 Hz (SPL) 1~50 Hz (LSPL)	測定範囲: 50~150dB(RMS) マイクロホン: 1インチ形ダイナミックマイクロホン(UC-26) 感度: 約-48dB(0dB=1V/Pa)
音圧レベル計	B&K* TYPE 2231	1 Hz~ 10 Hz $\pm$ 2dB(Linear) 10 Hz~ 20 KHz (Linear)	測定範囲: 40~113dB(FSD 100の場合) マイクロホン: B&K TYPE 4155(+UC 5265) 感度: 50mV/Pa
音響校正器	RION NC-73	1,000 Hz $\pm$ 2%	音圧レベル: 94dB $\pm$ 1dB(常温下 $\pm$ 0.5dB) 歪率: 2%以下
加速度ピックアップ	RION PV-87	1Hz~3,000Hz	取付共振周波数: 7 KHz 感度: 約 320 pC/G
	EMIC 541-AS, AT	1Hz~10KHz	取付共振周波数: 30.5 KHz 感度: 約 56.6 pC/G
加速度チャージアンプ	B&K TYPE 2651	0.03Hz~200KHz(1mV/pCの場合)	感度: 0.1mV/pC, 1mV/pC, 10mV/pC の3段階切換
	EMIC 600-A-CB	0.5Hz~100KHz -3dB	感度: 1.00~9.99pC/G, 10.0~99.9pC/G の2段階切換
光電スイッチ	OMRON E3S-5E4	応答時間: 3 ms以下	検出物体: 不透明体 検出距離: 5m
カセット式 データレコーダ	共和 RTP-550A	テープスピード: 9.52cm/s 帯域: DC~2.5 kHz +0.5, -1dB	記録再生方式: FM方式 記録チャンネル数: 7チャンネル DC直線性: $\pm$ 0.5% FS以内 高調波歪: 2% S/N比: 45dB
1/3 オクターブ フィルタユニット	RION NX-02A	中心周波数: 25Hz~20KHzまでの 30バンド及びオクターブ	適用規格: IEC Pub 225 及び ANSI S1.11 CLASS III 測定範囲: 50dB以上
低周波 1/3オクターブ フィルタユニット	RION NX-03	中心周波数: 1Hz~800Hzまでの 30バンド及びオクターブ	適用規格: IEC Pub 225 及び ANSI S1.11 CLASS III 測定範囲: 50dB以上
高速度 グラフィックレコーダ	RION LR-51 (RION LM-51)	AC入力 1Hz~20KHz $\pm$ 3dB以内 パルス記録(RMSユニット LM-51装着) 1Hz~20KHz $\pm$ 3dB以内	マルチチャンネルによる放電破壊記録(120チャンネル, 0.5mmステップ) 記録チャンネル数: 2チャンネル 紙送り速度: 0.1~100mm/sの7段変速 分解能: $\pm$ 0.5dB 時定数: 0.1秒(FAST相等)
FFTアナライザ	小野測器 CF-350	0.0001Hz~100KHz	機能: パワースペクトル演算, 1/3オクターブ分析(30バンド), FFT分析 など多機能 外部・内部トリガー機能

注) B&Kは、Bruel & Kjaer 社の略記