

上部工を有する鋼管矢板井筒基礎模型の動特性

DYNAMIC CHARACTERISTICS OF A STEEL PIPE PILED WELL FOUNDATION MODEL WITH A SUPERSTRUCTURE

麻生稔彦* 烏野 清** 堤 一*** 森川孝義****

By Toshihiko ASO, Kiyoshi UNO, Hajime TSUTSUMI and Takayoshi MORIKAWA

The static mechanical properties of a steel pipe piled well foundation have been studied in the past, with few studies about its dynamic characteristics. We have been studied the dynamic characteristics of a steel pipe piled well foundation by model test. However, in our past research the efficiency of a superstructure of foundations was not consider. Then this study aims to clarify the dynamic characteristics of steel pipe piled well foundations with a superstructure by shaking table test and FEM calculation. A small model test was carried out to confirm the basic characteristics and the modeling method of a foundation and soil by FEM. It becomes clear through test results and the calculations that a steel pipe piled well foundation vibrated at its first natural frequency of the ground.

Key words: steel pipe piled well foundation, dynamic characteristics

1. まえがき

鋼管矢板井筒基礎設計指針¹⁾によれば鋼管矢板井筒基礎は、「鋼管矢板を現場で円形、小判形、長方形等の閉鎖形状に組み合わせて打ち込み、継手管内をモルタルで充填し、その頂部に頂版を設けて所定の水平抵抗、鉛直支持力が得られるようにした基礎」と定義されている。この形式の基礎は仮締切壁と井筒本体を兼用させることが可能であり、また、継手の付いた鋼管を現場で組み立てるため経済性、施工性に優れている。これらの利点のため近年においては施工実績も高く、特に橋梁の橋脚基礎として多く用いられている。しかし、軟弱地盤上に建設される斜張橋の主塔基礎として利用される場合には、基礎の直径および深さも大きくなることから従来とはかなり動特性が異なるものと予想され、鋼管矢板井筒基礎の詳しい力学的挙動を把握することが望まれている。静的な挙動に関しては実基礎および模型に対する静的載荷試験および解析等の実績^{2) 3) 4)}によりかなり明らかになっているものの、動的な挙動については不明な点が多く耐震設計上の問題となっている。

著者らはこれまでに基本的な鋼管矢板井筒基礎の動特性を把握するために、塩化ビニール製の模型を用いた振動実験を行っている^{5) 6)}。その結果、砂箱中に設置された模型基礎は地盤の固有振動数で強制的に振動

* 工博	山口大学助手	工学部社会建設工学科	(〒755 山口県宇部市常盤台2557)
** 工博	九州共立大学教授	工学部土木工学科	(〒807 北九州市八幡西区自由ヶ丘1-8)
*** 工博	九州大学教授	工学部建設都市工学科	(〒812 福岡市東区箱崎6-10-1)
**** 工修	鋼管杭協会	川崎製鉄(株)	(〒100 東京都千代田区内幸町2-2-3)

させられることが明らかとなった。しかし、鋼管矢板井筒基礎は大きな上部工を支持していることから、上部工と地盤との固有振動数の関係で基礎の応答特性が異なるものと予想される。

そこで、本研究では上部工を有する鋼管矢板井筒基礎模型を用いて振動実験を行い、鋼管矢板井筒基礎の動的挙動を明らかにした。次に、FLUSH を用いて有限要素法による解析を行い、振動実験結果との比較・検討から上部工が基礎におよぼす影響を明らかにした。

2. 実験概要

模型実験では実際の構造物と模型との相似則が重要であるが、地盤中に建設され、しかも鋼管矢板井筒基礎のような複雑な構造については相似則を満足する模型の製作は非常に困難である。今回の実験では鋼管矢板井筒基礎の基本的な動特性の把握および解析におけるモデル化の検討を目的としている。したがって、本実験により有効な解析モデルが得られれば相似則の問題は解決されと考えられる。

実験に用いた井筒模型を図-1に示す。模型は外径 $\phi=48.6\text{mm}$ 、肉厚 $t=3.2\text{mm}$ の鋼管を矩形状に組み、各鋼管を $\phi=13.8\text{mm}$ 、 $t=2.3\text{mm}$ の小さな鋼管継手によって結合している。実際の鋼管矢板井筒基礎では継手部にモルタルが充填されるため、今回の模型においても継手内部にはモルタルを充填して結合した。頂版および底板は鋼製とし、これらの版と鋼管は溶接されている。

実験では地震時を想定して、この井筒模型を振動台上の砂箱中に設置し加振した。また、井筒模型本体のみでなく模型内部土の動的挙動をも知るために、井筒模型の内部土が有る場合と無い場合の両者について実験をおこなった。次に上部工が基礎の応答性状に与える影響を検討するために、模型基礎上部に一層ラーメンを設置し加振した。この場合、模型地盤の固有振動数とラーメンの固有振動数との関係で井筒模型の応答特性が異なると考えられるため、ラーメンの固有振動数を3通りに変化させて実験を行った。表-1に各ラーメンの固有振動数および各実験ケースを示す。表中のラーメンの固有振動数は下端を固定とした場合の値であり、それぞれ模型地盤の固有振動数より低い、同じ、高い場合を想定している。表-1に示した実験に先立って模型本体のみを加振した場合（気中試験）およびこの状態で内部土を入れた

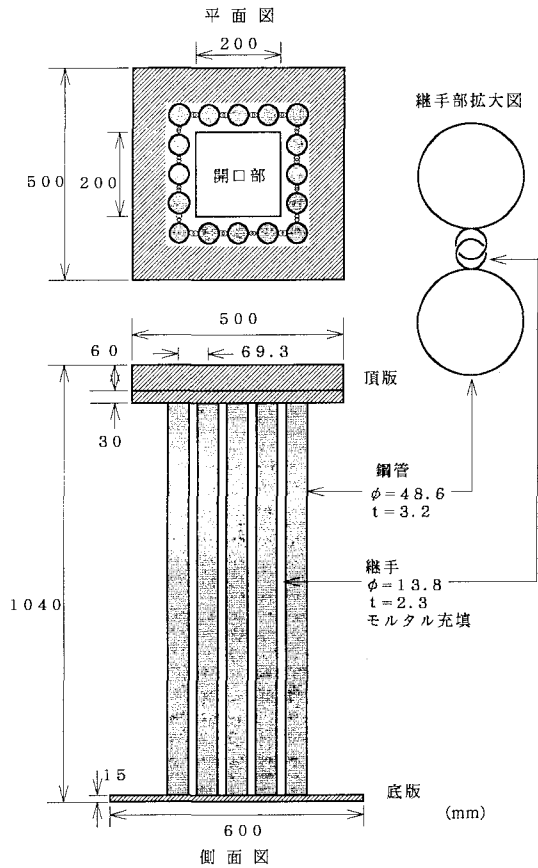
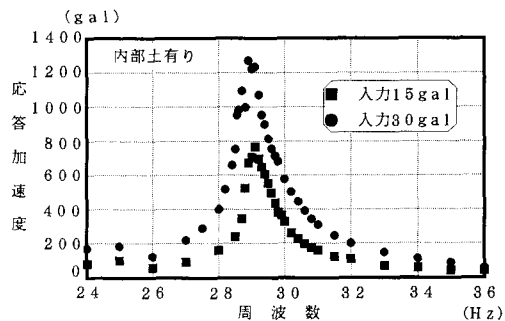
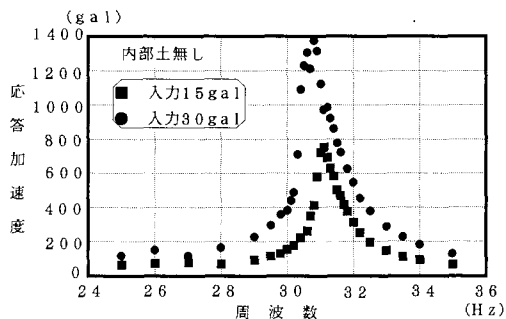


図-1 井筒模型概要

表-1 模型地盤中の実験ケース

	ラーメンの固有振動数	内部土無し	内部土有り
井筒模型本体		CASE-1	CASE-2
井筒模型 + ラーメン	22.7 Hz	CASE-3A	CASE-4A
	30.5 Hz	CASE-3B	CASE-4B
	39.1 Hz	CASE-3C	CASE-4C



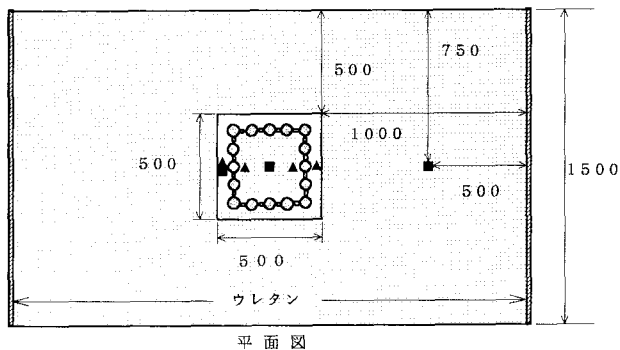
図－２ 井筒模型本体共振曲線（氣中試験）

場合の共振曲線を求めた。その結果を図－２に示す。
この結果より、井筒模型のみを振動台により加振して得られた井筒模型本体の固有振動数は、入力加速度15 galで31.1Hz、30galで30.8Hzであった。また、井筒模型内部に砂を入れると固有振動数が低下している。これは井筒模型の内部土が付加質量として影響しているものと考えられる。

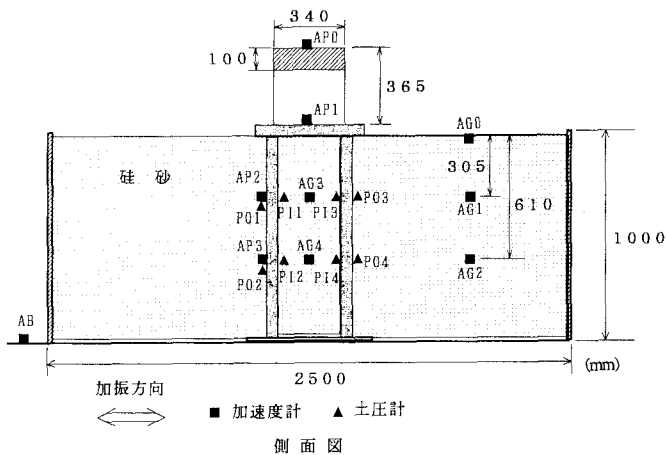
実験に用いた模型地盤は平均粒径1.0mmの乾燥珪砂により作成した。模型地盤は締め固めの状態で振動特性が異なることから、模型地盤の固有振動数24Hzにおいて入力100galで約10分間締め固めた後に実験を行った。模型に内部土がある場合にも締め固めを行ない、沈下した量だけの砂を補給している。表－２に井筒模型、ラーメン、模型地盤の質量を示す。図－３はラーメンを有する井筒模型を砂箱に設置した場合の加速度および土圧の測点を示している。砂箱は長さ2.5m、深さ1.0m、奥行1.5mで、振動方向の壁面には厚さ2cmのウレタン膜を設置し、波動の反射による影響をできるだけ小さくすることにした。使用した土圧計（東京測器製、CLS-1KAS、最大容量 500 gf/cm²）は、珪砂の粒径および模型寸法が小さいことから受圧面積 1cm²のものをを用いた。また、加速度はひずみ式加速度計（共和電業製、AS-2C、最大容量2G、ラーメンでは AS-

表－２ 模型重量

	井筒模型	ラーメン	内部土
重量(kgf)	235	50	92



平面図



側面図

図－３ 加速度および土圧測点

5C、最大容量5G)を用いて測定した。入力加速度計 (AB) は加速度が小さいことから、サーボ加速度計 (明石製作所製、V401B、最大容量3G) を使用した。

3. 実験結果

3. 1 上部工が無い場合 (CASE-1, CASE-2)

図-4、図-5にCASE-1、CASE-2における井筒模型天端(AP0)および模型地盤上面(AG0)の応答加速度の共振曲線を示す。固有振動数は内部土のあるCASE-2が内部土のないCASE-1よりやや低くなっている。これらの図より、井筒模型内部土の有無および入力加速度の大きさによらず、模型本体は模型地盤の固有振動数で振動している。このことは井筒模型が模型地盤の固有振動数によって強制振動させられていることを示している。また、入力加速度が大きくなると模型地盤の固有振動数が低下しているが、これは地盤の非線形性によるものと考えられる。図-4、図-5では井筒模型天端の応答加速度は模型地盤表面の応答加速度より大きくなっている。これは井筒模型天端に設置している頂版が模型地盤表面上に出ており、しかも重量が大きいためと考えられる。井筒模型および模型地盤の共振曲線より求めた減衰定数を比較してみると両者はほとんど等しい。この時の減衰定数はCASE-1では入力加速度30galで約5%、50galで約10%であり、CASE-2では30galで約5%、50galで約8%程度であった。入力加速度が大きくなると模型地盤の非線形性により減衰定数が大きくなる傾向がみられる。しかし、内部土の有無による違いは本実験では明瞭には現れなかった。また、CASE-2において井筒模型内部土は表-3に示すように井筒模型本体とほぼ同じ程度の応答加速度を示しており、これらのことから井筒模型と模型地盤とが一体となって振動していることがわかる。

3. 2 上部工が有る場合

(a) 共振曲線

井筒模型内部に砂が有るCASE-4におけるラーメン(AP0)、井筒模型天端(AP1)および模型地盤表面(AG0)における応答加速度の共振曲線を図-6に示す。井筒模型上部に設置したラーメンの固有振動数(*印)はA~Cで異なるものの、いずれの場合にもラーメン頂部においてラーメン本体の固有振動数と模型地盤の固有振動数の両方でピークが現れている。一方、井筒模型がラーメンの共振点において振動するため、模型地盤はこの影響を受けて多少大きな応答を生じている。特にラーメンの固有振動数が模型地盤の固有振動数より低いCASE-4Aにおいてこの傾向が強い。実験に用いたラーメンは比較的減衰定数が小さく、柱の剛性が井筒部分に比べて弱いために振動しやすい構造系となっていることや、実際の鋼管矢板井筒基礎に比べて井筒模型の

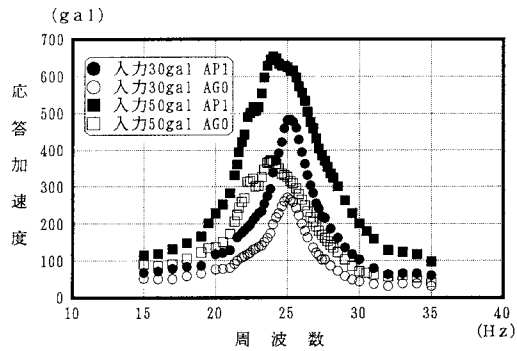


図-4 CASE-1 共振曲線

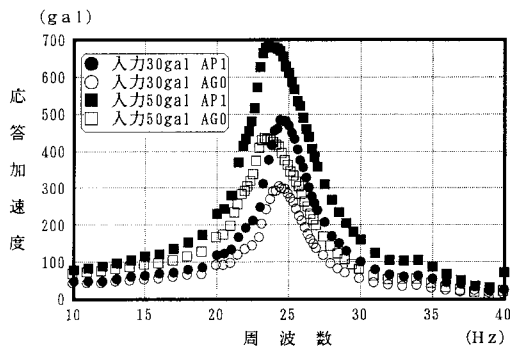
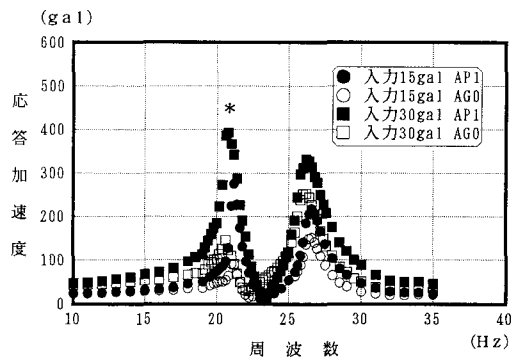
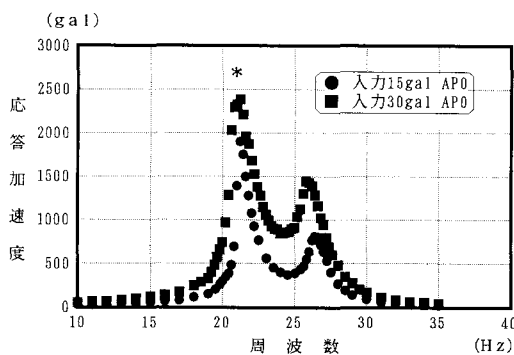


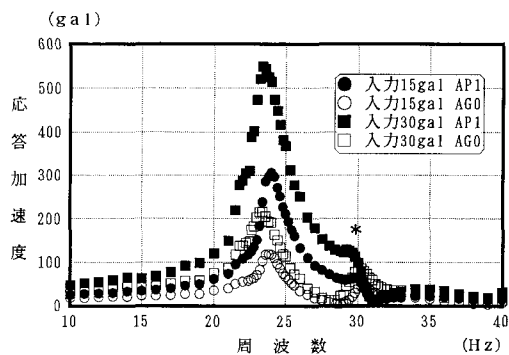
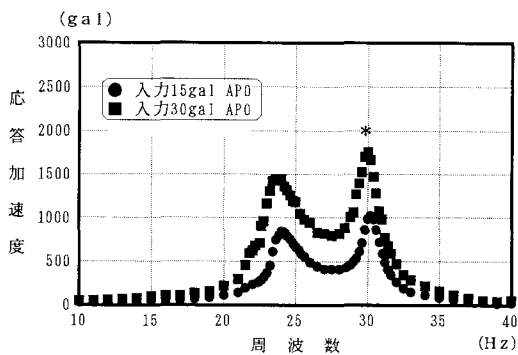
図-5 CASE-2 共振曲線

表-3 応答加速度

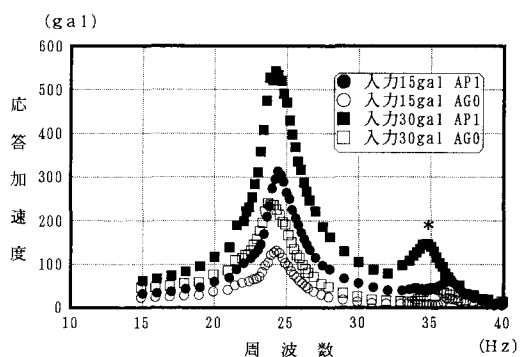
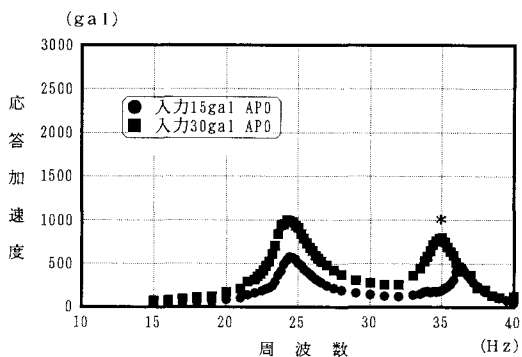
入力 加速度 (gal)	応答加速度 (gal)					
	井筒部		内部土		外部土	
	AP2	AP3	AG3	AG4	AG1	AG2
30	268	141	250	102	184	143
50	374	195	354	145	261	197



CASE - 4 A



CASE - 4 B



CASE - 4 C

図-6 CASE-4 共振曲線

固有振動数が高いことから、ラーメンの慣性力が井筒模型にかなりの影響を与えていると考えられる。CASE-4BおよびCASE-4Cでは模型地盤の固有振動数における井筒模型の応答がラーメンの慣性力による応答よりも大きくなっている。CASE-4Cでは両者の固有振動数がかかなり離れていることから、CASE-4Bに比べて共振曲線のピークが完全に分離している。模型地盤の固有振動数における井筒模型の応答加速度はCASE-4BとCASE-4Cではほぼ同じであるが、CASE-4Aでは小さくなっている。また、CASE-4Aにおける模型地盤の固有振動数が他のCASEより多少大きくなっている。この原因としては、本実験では井筒模型および模型地盤の諸条件は全く同じであることから、ラーメン-井筒模型-模型地盤の周波数特性の相互関係によるものだと考えられる。次に、井筒模型内部土はほぼ井筒模型と同じ振動をしている。井筒模型内部に砂がない場合 (CASE-3) における共振曲線も、図-6に示すCASE-4とほぼ同じであった。

(b) 振動モード

模型地盤の固有振動数での井筒模型天端（AP1）の応答加速度が各CASEでほぼ同じ値を示していたことから、この点の応答加速度を1.0としたときの振動モードを CASE-4、入力加速度 30galの場合について図-7に示す。CASE-4BとCASE-4Cにおける井筒模型と模型地盤の振動モードは、模型地盤とラーメンのいずれの固有振動数においてもほぼ同じものとなっている。しかし、模型地盤の固有振動数での応答に比べてラーメンの固有振動数での応答は非常に小さい。一方、CASE-4Aではラーメンの固有振動数における井筒模型頂部のモードが模型地盤の固有振動数でのモードより多少大きくなっている。これはラーメンの固有振動数が模型地盤の固有振動数より低い場合には、模型地盤の固有振動数以下の周波数領域において井筒模型がラーメンの慣性力のみでなく、地盤振動の影響を受けているため応答加速度が大きくなるためと考えられる。この時の井筒模型本体のモードは模型地盤の固有振動数におけるモードと近いことから、模型地盤の1次モードに近い形で井筒模型が振動しているものと考えられる。一方、模型地盤の固有振動数より高い周波数領域では急速に模型地盤の1次モード成分が小さくなることから、CASE-4Aに比べてCASE-4BおよびCASE-4Cでの井筒模型本体の振動モードが異なってきたものと考えられる。

図-8はラーメンと井筒模型天端の位相差を示したものである。井筒模型天端の加速度はラーメンの入力加速度となるが、ラーメンの慣性力が大きい場合には入力加速度と慣性力の位相差が井筒模型の応答に影響を与えることになる。図-8よりラーメンの共振点においてはラーメンと井筒模型天端は同位相で振動していることがわかる。通常ラーメンの共振点より低い周波数領域では井筒模型天端とラーメンは同位相であり、共振点では 90° 、これより高い周波数領域では逆位相となる。しかし、実験ではラーメンの共振点よりCASE-4Aで2.0Hz、CASE-4Bで1.5Hz程度高い周波数で位相差が 90° となっており、CASE-4Cでは約4.0Hz高い周波数でこの傾向を示し始めている。こ

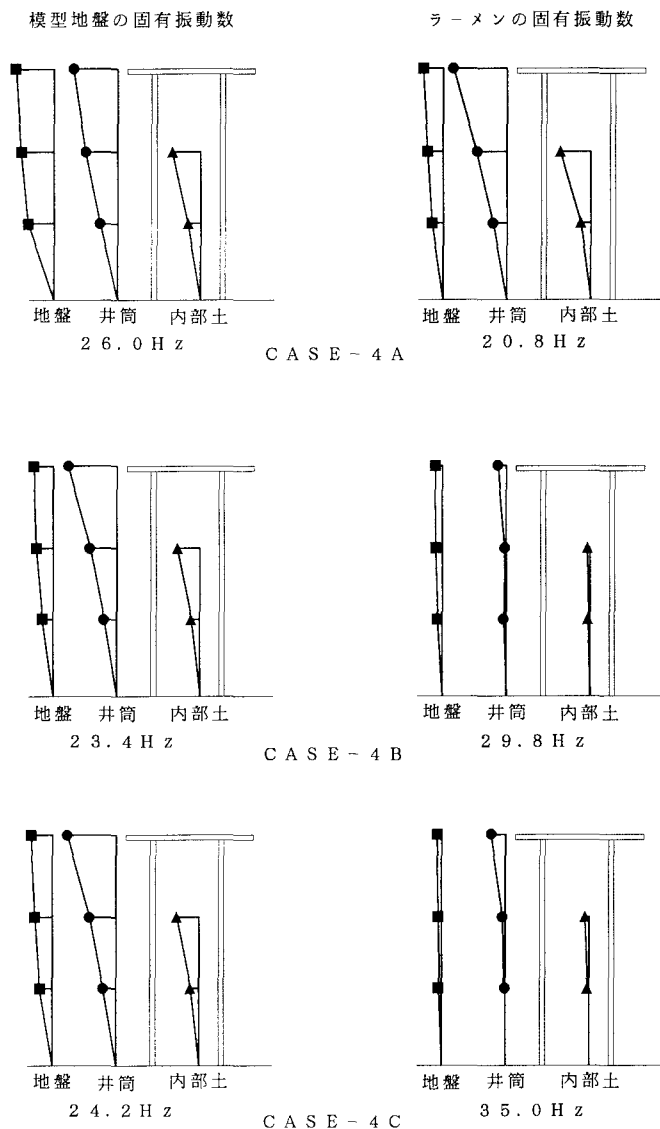


図-7 振動モード

れはラーメンの慣性力とラーメンの入力としての井筒模型天端における加速度とが互いに影響しあうためと考えられる。また、模型地盤の共振点ではラーメンの共振点が模型地盤の共振点より低いCASE-4A においてのみ、ラーメンと井筒模型は逆位相となっている。したがって、この場合にはラーメンは地盤の共振点において井筒模型本体と逆に振動することから、ラーメンの慣性力は井筒模型本体の振動に抵抗する方向に作用していることになる。図-6の CASE-4Aで模型地盤の固有振動数が他のCASEより高くなっているのは、ラーメンの慣性力が逆位相で作用するため、本来の模型地盤の固有振動数での応答が低下させられたため見かけ上、固有振動数が高くなったものと考えられる。

(c) 井筒模型に作用する土圧

表-4にCASE-4の場合の土圧を示す。この表より模型地盤の固有振動数における土圧は CASE-4A が最も小さく、CASE-4BとCASE-4Cではほぼ同じ値となっている。これは模型地盤の共振点においてCASE-4A ではラーメンと井筒模型が逆位相で振動しているためだと考えられる。一方、ラーメンの共振点ではCASE-4A の土圧は非常に大きくなっている。この理由として、CASE-4A ではラーメンの共振点が模型地盤の共振点よりも小さく、しかも両者が近接していることから、模型地盤の1次振動成分による井筒模型への強制振動に加え、ラーメンの慣性力が同位相で作用しているためと考えられる。これらの傾向はCASE-3についても同様であった。

4. 数値解析

模型による振動実験と有限要素法による数値解析結果との比較により、鋼管矢板井筒基礎の動的解析モデ

表-4 土圧

地盤共振点	測点	CASE-4A	CASE-4B	CASE-4C	ラーメン共振点	測点	CASE-4A	CASE-4B	CASE-4C
	P01	2.2	20.0	17.5		P01	41.5	9.9	6.3
	P02	0.4	10.6	8.0		P02	13.9	3.7	1.8
	P11	4.9	17.9	18.6		P11	18.9	6.0	4.5
	P12	0.9	6.6	5.4		P12	6.3	2.0	0.9

(kgf/cm²)

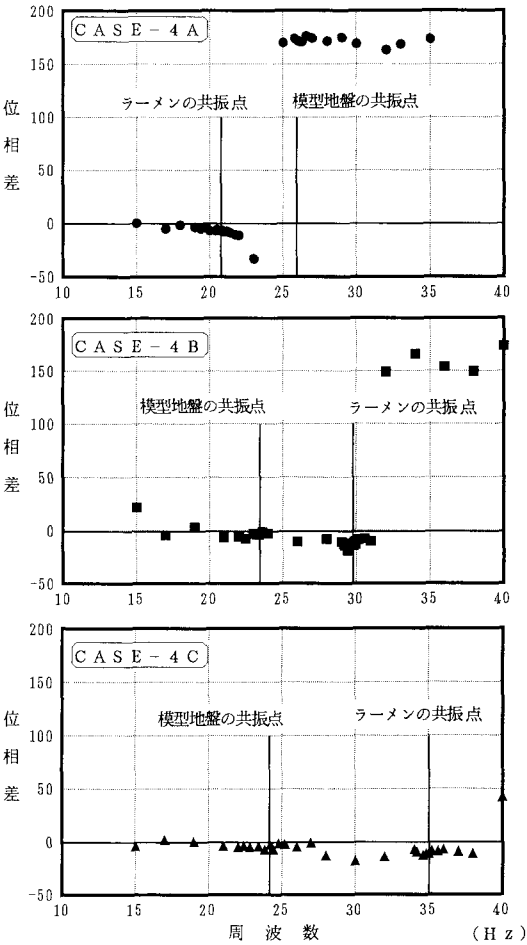
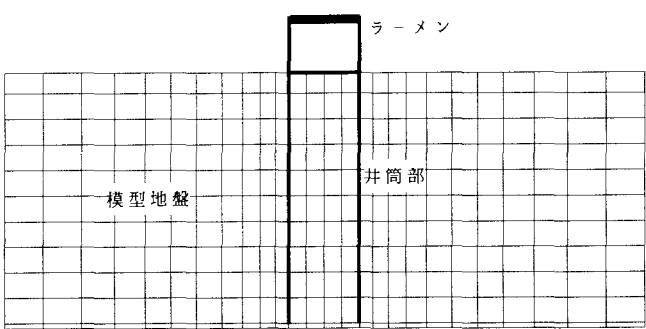


図-8 位相差

ルの検討を行う。解析は上部工がないCASE-1、CASE-2と、上部工があるCASE-3、CASE-4についてそれぞれ行ない、上部工の影響についても検討することとした。

図－9にCASE-4の解析モデルを示す。解析モデルにおいて井筒部は井筒模型の断面剛性の1/2を有するはりとしている。また、ラーメンの剛性は解析値と実験値が一致するように決定した。



図－9 解析モデル

地盤モデルは板たき法で求めた弾性波速度 ($V_s=90\sim120\text{m/s}$) をもとに初期せん断弾性係数 ($G_0=2000\text{t/m}^2$) を定め、ひずみ依存性を持つ非線形地盤とした。模型地盤のひずみ依存性は実験による確認は行っていないが、Seedによる砂地盤のひずみ依存性を用いた^{7) 8)}。この解析モデルの基盤にホワイトノイズを入力しFLUSHの疑似3次元モデルによる振動解析を行った。なお、解析モデルの両端は伝達境界としている。CASE-2の解析では図－9中のラーメンを除いたものを解析モデルとした。

今回用いたモデルのように井筒部をはり要素に置き換える場合には、あらかじめ井筒部の曲げ剛性を求めなければならない。しかし、鋼管矢板井筒基礎では個々の鋼管が継手を介して一体化されているが、この継手は滑りによる変形を許容するため鋼管相互は完全に結合されているわけではない。そこで、曲げ剛性ははり要素でモデル化した井筒模型本体の固有値解析を行い、この結果が図－2に示す実験結果と一致するように決定した。この剛性をもとに井筒模型の継手効率 (μ) を計算すると約0.01となり、設計で用いられる μ より小さい値となった。しかし、この値は継手の無い ($\mu=0$) 状態の剛性と比べて約15倍の剛性を有していることになる。

表－5 固有振動数

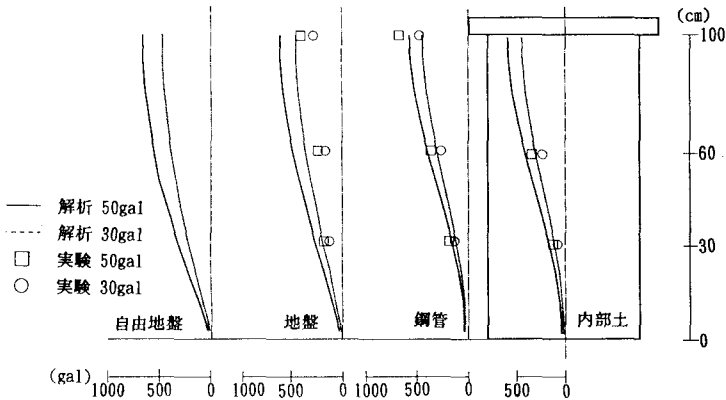
	CASE-1		CASE-2	
入力(gal)	30	50	30	50
実験値	25.1	24.0	24.4	23.6
模型地盤	24.9	23.9	24.9	23.9
井筒模型	24.9	23.9	24.9	23.9
自由地盤	24.9	23.9	24.9	23.9

(Hz)

5. 解析結果

5. 1 上部工が無い場合

振動実験によって上部工がない場合の井筒模型は模型地盤の固有振動数によって強制振動されるという傾向が明かとなった。解析においても同様の傾向が得られるかを検討するために、CASE-1、CASE-2について最大加速度30galおよび50galのホワイトノイズを入力波とした場合の解析を行った。この時の模型地盤、井筒模型および井筒模型から離れた自由地盤の固有振動数をそのフーリエスペクトルから求めた結果を表－5に示す。表から明かなように、解析によっても実験結果と同様に、模型地盤によって井筒模型が強制振動されていることが確かめられた。ただし、実験にお



図－10 応答加速度

ける内部砂の有無による固有振動数の違いはその差も小さいことから、本解析によって充分に実験の傾向を把握していることが判る。

次に井筒模型および模型地盤の振動モードを知るために、解析によって得られた固有振動数と同じ周波数の正弦波を入力波として解析を行った。図-10にCASE-2の解析値と実験値との応答加速度を示す。図より井筒模型部分においては解析値と実験値がほぼ同程度の応答加速度となっている。ただし、実験値においては井筒模型天端の応答加速度が解析値よりも多少大きくなっている。これは実験においては井筒模型天端が完全に模型地盤上に露出しており、地表面より大きな振動をしているものと考えられる。また地盤の振動は実験値に比べて、解析値がかなり大きくなっている。解析においては境界条件として伝達境界を使用しているが、実際の実験においては境界に硬質ゴムを用いており、この境界条件による違いから解析値と異なったものと考えられる。次に自由地盤を含めた全体的な傾向を考えると、振動実験においては井筒模型自体が周辺の地盤より大きな加速度で振動しているのに対し、解析では逆に模型地盤の振動より井筒模型の振動の方が小さくなっていた。前回⁶⁾、塩化ビニールのパイプをモデル化して解析した場合には、今回の解析値とは逆の傾向が得られていたことから、これは井筒模型に対する模型地盤の剛性比の違いによるものと考えられる。

5. 2 上部工が有る場合

(a) 固有振動数

図-9の解析モデルに対して最大加速度 30gal のホワイトノイズを入力し、実験の測点に対応する節点のフーリエスペクトルを求めた。図-11は CASE-4Aにおける模型地盤、井筒模型天端およびラーメンのフーリエスペクトルである。この図は実験より得られた図-6の CASE-4Aに対応するものであるが、ラーメンの共振点における応答が模型地盤の固有振動数における応答より小さくなっている。実験ではラーメンの共振点における慣性力が、砂箱の境界で反射されるためエネルギー逸散が小さいのに対し、解析では伝達境界を用いているためにエネルギー逸散が大きいものと考えられる。そこで、模型地盤の両端を固定とした解析を行った。これにより求めたフーリエスペクトルを図-12に示す。この結果は先の図-11とは全く異なった傾向を示しており、特に模型地盤の共振点である24Hz付近でピークが全く現れず、境界条件を固定としたため模型地盤の固有振動数が高くなり約50Hzとなっている。一方、ラーメンでは21Hz付近でピークがみられ、これは模型地盤のピークが50Hzにあることから地盤による強制振動の影響ではないと考えられる。以上のように、境界を固定とした解析を行うとラーメンのピークは現れるものの地盤の固有振動数が明確に現れなかった。今回の実験ではエネルギーの逸散を考慮するために砂箱の内側にウレタン膜を設けた。しかし、この状

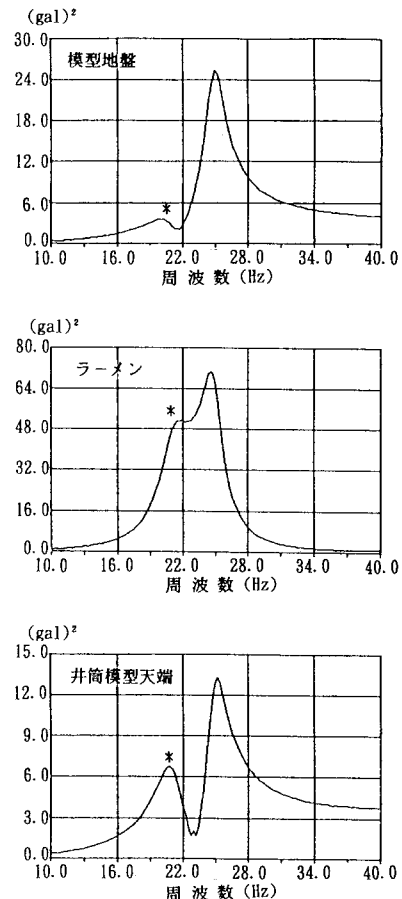


図-11 フーリエスペクトル（伝達境界）

態では当初予想されたほどの逸散効果はなく、伝達境界と固定境界との中間的な状態であったと考えられ、そのため解析結果と実験結果とが一致しなかったと考えられる。実際の鋼管矢板井筒基礎では地盤に境界がないことから伝達境界を用いた解析値に近い応答をするものと予想される。CASE-4B、CASE-4Cにおいても同様の結果が得られた。

(b) 振動モード

各測点における応答加速度の解析値と実測値との比較をおこなった。例として CASE-4Aについて図-13に示す。振動モードは実験より求められた模型地盤とラーメンそれぞれの固有振動数を持つ正弦波を入力して求めた。模型地盤の固有振動数における模型地盤の応答値は、解析値が実験値よりも多少大きくなっている。また、図-10と図-13を比較すると井筒模型の振動モードは上部のラーメンの影響を受けるにも関わらず、ラーメンが無い場合とほぼ等しい振動モードとなっている。これは模型地盤による強制振動の影響が大きいのことを示している。内部土は井筒模型とほぼ同様の傾向を示しており、井筒模型と内部土は一体となって振動しているものと考えられる。ラーメンの共振点においては解析によるモードと実測値とがかなり異なっているが、これは砂箱両端の境界条件の違いによるものであろう。

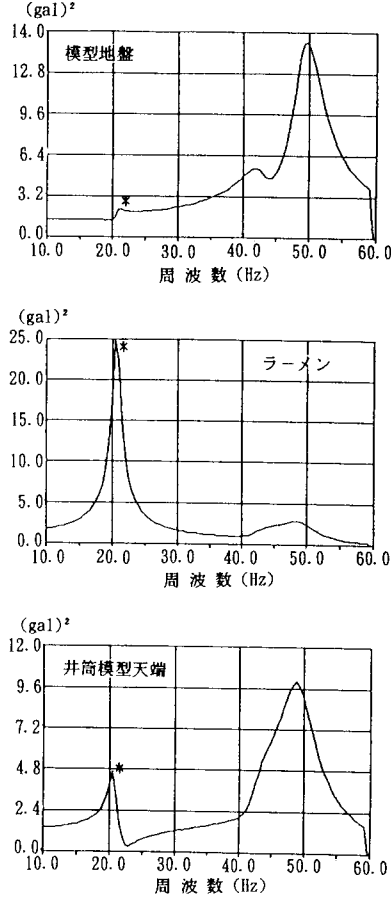


図-12 フーリエスペクトル (固定境界)

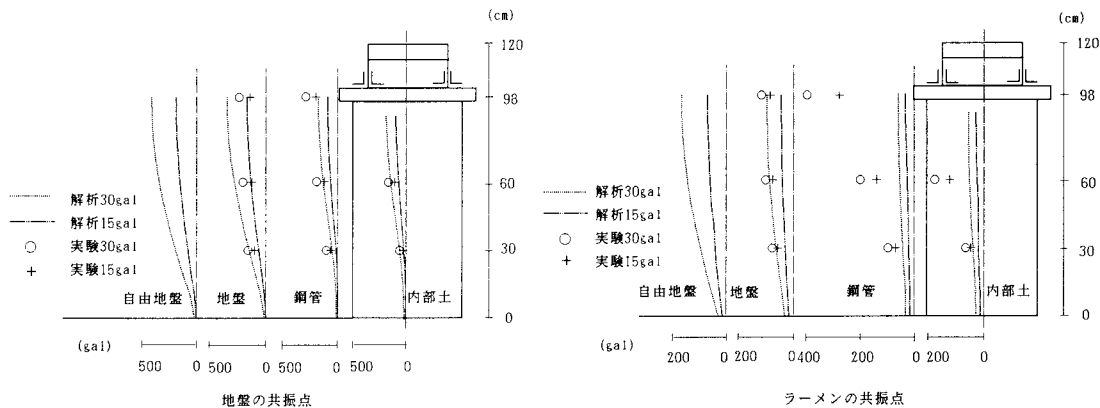


図-13 応答加速度

(c) 位相差

図-14はCASE-4Aについて井筒模型天端とラーメンの位相差を、それぞれの加速度時刻歴から求めたものである。図-14ではラーメンの共振点である22Hz付近まではラーメンと井筒模型は同位相で振動している。ラーメンの共振点において位相差はほぼ90° となり、井筒模型天端がラーメンに対する入力として作用していると考えられる。さらにそれ以上の周波数領域においては位相差が180° となり、井筒とラーメンが逆位相で振動している。これは図-8に示した実測値と同様の傾向を示している。

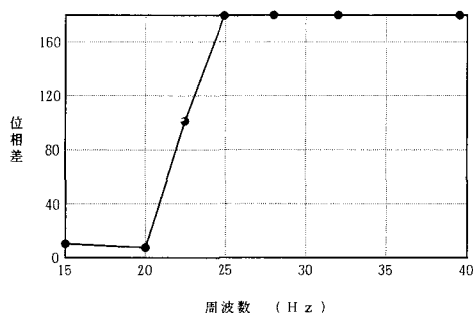


図-14 位相差

6. 結論

鋼管矢板井筒基礎の動的模型実験および解析により、以下に示す知見が得られた。

- (1) 模型実験において模型の井筒内部に土を入れると、土の無い場合に比べて固有振動数が低下した。これは井筒内部土による剛性増加に比べて質量増加の影響が大きいためと考えられる。
- (2) 上部工が無いCASE-1、CASE-2では入力加速度の大きさに関係なく井筒模型は模型地盤の固有振動数で大きく振動していた。これは井筒模型の剛性が模型地盤の剛性と比べて小さいため井筒模型が地盤の1次振動で強制振動させられているためと判断される。解析においても模型と地盤がほぼ同位相で振動しており、この傾向を捉えることができた。
- (3) 上部工を考慮した振動実験において、ラーメンの固有振動数が模型地盤よりも低い場合では、ラーメンの共振点で井筒内外壁に作用する土圧は他のCASEに比べて非常に大きな値となっている。これはラーメンの振動を地盤に支持させるため井筒が大きい力を地盤に伝えていることを示す。しかも井筒と地盤の固有振動数とが近接していることから、地盤と井筒との相互作用が大きいことを示している。この機構の解明が井筒設計上の最も重要な課題と考えられる。
- (4) 上部工が無い場合(CASE-1、CASE-2)に対応する有限要素法による非線形解析においては、実験において示された傾向を概ね捉えることができた。しかし、上部工が存在する場合(CASE-3、CASE-4)の解析でラーメンの共振点付近での応答が実験値よりも小さいものとなった。これは解析時に用いた境界条件が実験と対応していないためと考えられる。それぞれの位相差は、ほぼ実験と同様の傾向を示した。

今後は本実験結果を参考に実際の鋼管矢板井筒基礎の解析を行い、耐震設計のための基礎データを得る予定である。振動実験および解析には九州大学大学院 松元剛人氏(現 大成建設(株))の御助力を得た。記して感謝いたします。

<参考文献>

- 1) 日本道路協会、鋼管矢板基礎設計指針・同解説、1984
- 2) 矢板式基礎研究委員会、矢板式基礎の設計と施工指針、1972
- 3) 蜷川 他、現場実験からみた鋼管矢板井筒基礎の変形特性－小見川橋P。橋脚の静的・動的載荷試験－、川崎製鉄技報 Vol.4 No.4、1972
- 4) 手塚 他、鋼管矢板井筒基礎の水平載荷試験－首都高速 旧江戸川橋梁－（上）（下）、橋梁と基礎、1978
- 5) K.Uno et.al., Dynamic characteristics of steel pipe piped well foundation ,Proc.of 10WCEE, 1992
- 6) 烏野 他、鋼管矢板井筒基礎の動特性に関する実験的研究、構造工学論文集 Vol.39A、1993
- 7) 土質工学会編、土と構造物の動的相互作用
- 8) J.ライスマー 他、コンピューターによる有限要素法を用いた土と構造物の連成振動解析

(1993年9月16日受付)