

§1. 序

首都高速道路公団では、東京湾環状道路の一部に荒川放水路を横断する橋梁（以下荒川湾岸橋と略す）を施工した。同橋橋脚の基礎は、各基礎に数十本の鋼管杭が用いられ、杭周辺地盤のN値が0である河床泥炭土を貫き、礫層まで打設されてある。フーチングは鉄骨プレキャストコンクリートの特殊構造である。そのため耐震性に関する詳細な検討を必要とし、橋脚完成後に、各種の振動特性測定を行なった。本報告（その1）では、実験内容について述べたものである。

荒川湾岸橋は江東区夢の島14号埋立地と江戸川区堀江町埋立地を結ぶ橋長840mの大橋梁である。図-1にその概要図を示した。上部形式は中央部に鋼桁版箱桁を使ったゲルバートラスで中央径間150m標準巾員は6車線の30.5mである。水中橋脚の下部形式は鋼管杭基礎と鉄骨プレパックドコンクリートフーチングであり、脚柱は内側にコンクリートを巻いた鉄骨造である。図-2は実験を行なったP-205橋脚を示したものである。鋼管杭は $\phi 1500\text{mm}$ を60本使用し、脚柱には $\phi 5000\text{mm}$ の厚肉鋼管を3本使用しており、その内側は厚さ 900mm のコンクリートで巻いてある。施工法はプレバ化を図り、工場製作のフーチング鉄骨部を現場で沈設し、あらかじめ打設してある鋼管杭とフーチングをプレパックドコンクリートで結合する工法が採用されている。

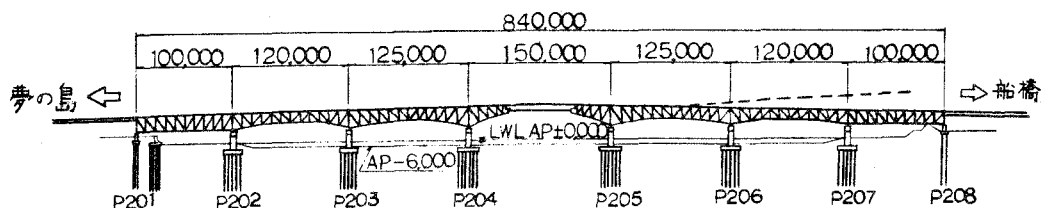


图-1 荒川湾岸橋概要図

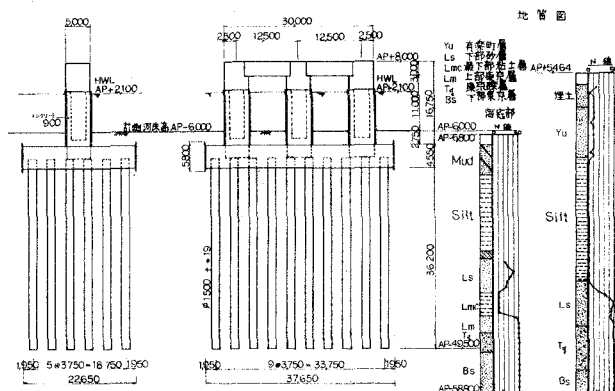


圖-2 P-205 橋脚詳細圖

本地点は 荒川河口の河川中であり 河床より30mまでは厚い軟弱層で占められている。この軟弱層は有楽町海進に伴って堆積した海成粘土層であり 一般には有楽町層(墨田泥層)と呼ばれている。この軟弱層の下には 洪積層と考えられる砂層, 粘土層, 砂礫層がある。

§3. 実験内容

P-205橋脚について行なった実験項目は概ね次のとおりである。

- (1) 常時微動測定 24時間断続測定。陸上部 (P-205より約500m離れた位置) との同時測定。気象海象観測。上部桁架設後の常時微動測定。
- (2) 起振機による加振実験 上部桁架設前に橋脚頂部に50^{ton}起振機設置。橋軸および橋軸直角方向加振実験。満潮位と干潮位の影響をみるための実験
- (3) 人工地震観測 上部桁架設前。夢の島が発破点。地下100m。質量500kg。
P-205橋脚より約300m離れた地点。

§4. 常時微動測定

測定はP-201~208の各橋脚で行なったが特にP-205については24時間の断続測定と上部桁架設後の測定とを行なった。微動計は固有周期1秒と5秒の動コイル型換振器を用いた。データレコーダーで記録し、変位と速度でそれぞれ5分間以上測定した。解析にはアナログスペクトル解析器あるいはA-D変換器とデジタル計算機を使用して パワースペクトル図を作成した。

図-3は24時間断続測定から得られたP-205フーチング及び陸上部の卓越振動数を示した。卓越振動数は橋軸方向と橋軸直角方向ではほぼ同じであるが 時間的に若干変化している。21時から3時までは1.0~1.1^{Hz}, それ以外の時間帯は1.3~1.4^{Hz}に集中している。橋軸方向では フーチングと陸上部がほぼ同傾向を示している。図-4は同時に測定した気象海象状況を示した。21時から3時までは潮流速, 風速共に比較的小さくなっており人為的な雑振動も低下しているの、外乱レベルの低下が卓越振動数の低下と関連していると推定される。図-5は18時の陸上部, フーチングおよび橋脚頂部のパワースペクトル密度を示している。フーチングと橋脚は同一の卓越振動数をもち、かつ位相も一致していたので並進振動と考えられる。地盤の卓越振動数と異なる理由は図-4の如く構造物が外乱を受けているためであろう。図-6には上部桁架設後の常時微動のパワースペクトル図を示した。卓越振動数が架設前とほぼ同じで1.0~1.4^{Hz}の間にあることから上部桁重量の載荷されても橋脚の常時微動の主要成分は大きな影響をうけなかったことがわかる。

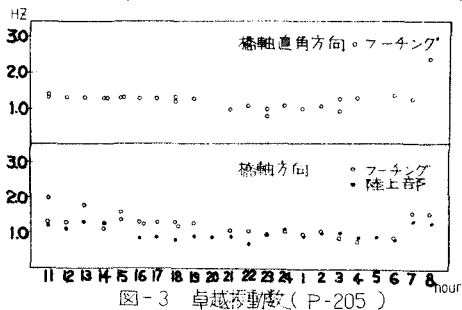


図-3 卓越振動数 (P-205)

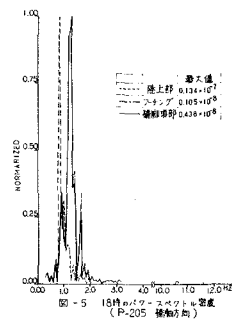


図-5 18時のパワースペクトル密度 (P-205 橋脚方向)

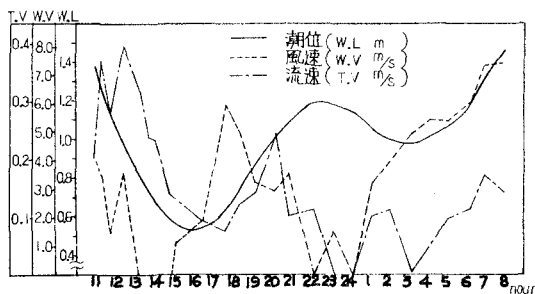


図-4 海象・気象状況

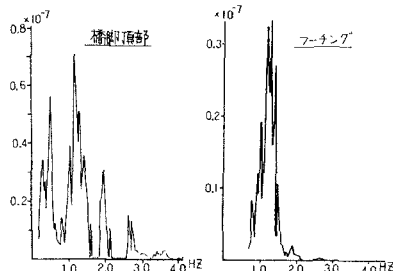


図-6 上部桁架設後のパワースペクトル密度 (P-205 橋脚方向)

§4. 加振実験

加振源としては日本道路公団試験所の50^{ton}起振機を使用し、P-20橋脚頂部に取り付けた。換振器は図-7の如く橋脚と周辺河底地盤に配置した。記録は主としてデーターレコーダーで行ない、A-D変換した後デジタル計算機による相関解析を行ない、振動数、振幅、位相等の読取りを行なった。

実験内容は次の通りである。

- (1) 加振方向を変えた実験(橋軸、橋軸直角方向)
- (2) 加振力を変えた実験(4, 12, 24, 36^{ton})
- (3) 潮位を変えた実験(満潮位と干潮位)

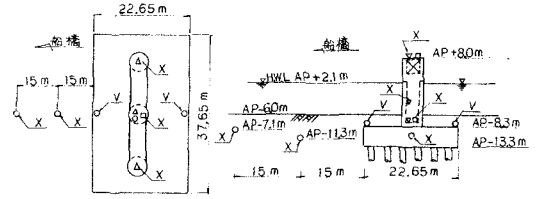


図-7 換振器配置図

図-8は橋軸方向に加振した場合の共振振動数と共

振振幅を示す。図-9は共振曲線の一例を示し、図-10はその位相曲線である。特徴的な共振点としてはおよそ1.4^{Hz}、4.9^{Hz}および10^{Hz}の3点があげられる。1.4^{Hz}は橋脚と周辺地盤が一様に動く並進振動の共振、4.9^{Hz}はフーチングのロッキングが主となり、10^{Hz}は脚柱部の片持梁振動の共振とみなせよう。橋軸直角方向加振の場合もほぼ同様の傾向を示した。図-11は潮位の影響を除いた共振振動数と加振力の関係を示したものである。図-12は橋軸方向の振動モードを示した。ただし()内は橋軸直角方向の共振振動数である。表-1では潮位が高くなると10^{Hz}付近の共振振動数は低下し、水の付加質量効果が現われている。

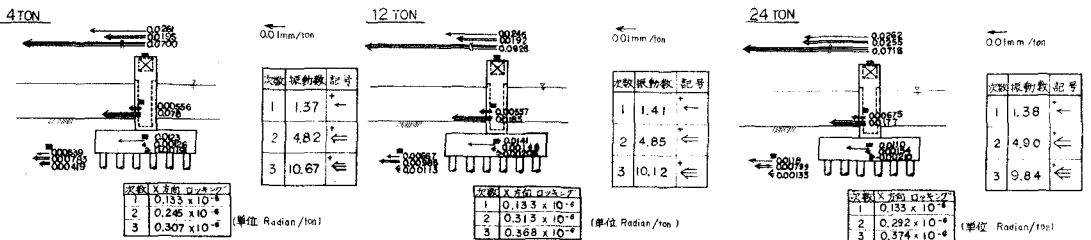


図-8 共振振動数と共振振幅(橋軸方向)

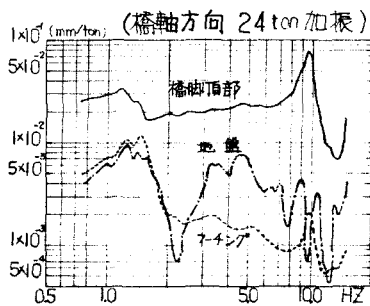


図-9 共振曲線

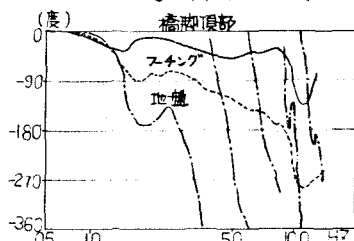


図-10 位相曲線

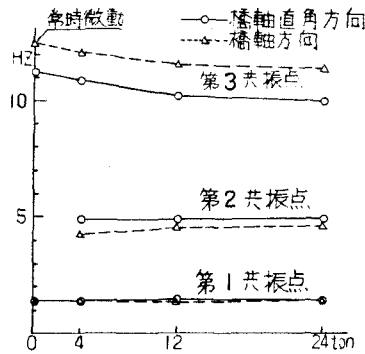


図-11 起振力と共振振動数

表-1 潮位と共振振動数

起振力 (ton)	第1共振点 W.L. 振動数	第2共振点 W.L. 振動数	第3共振点 W.L. 振動数
4	177	137	186
4	87	87	83
12	149	149	151
12	61	61	60

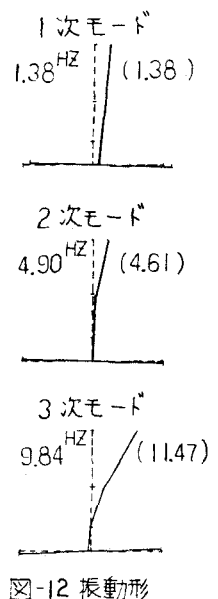


図-12 振動形

35. 人工地震観測

人工地震の実験は東京都防災会議によって実施されたもので、発破点はP-2から橋脚から3.3kmの夢の島15号地の地下100m、薬量は500kgであった。測点位置と使用計器は加振実験とはほぼ同じである。観測波形は参考文献2を参照されたい。図-13は代表的測点のパワースペクトル図を示してある。各スペクトルの卓越振動数は2組に分類でき、橋脚周辺地盤では0.9~1.1Hz、橋脚では1.51~1.64Hzである。フーティングの応答は前半が1.51~1.64Hzが卓越し後半は周辺地盤の影響を受けて0.9~1.1Hzが卓越している。そこで周辺地盤の観測波形に重複反射理論を適用し(地盤モデルは図-14に示す)東京礫層における波形を作成したパワースペクトル図を図-15に示す。1.6Hz付近に卓越振動数が現われている。したがって杭の先端が礫層に根入れされている効果が橋脚に現われていると考えられる。一方1.0~1.1Hzの卓越振動数は表層地盤の固有振動とみなせよう。

つぎに参考文献2と同様に、杭、周辺地盤および遠方地盤を多質点系モデル(図-16)に置換しシミュレーション解析を行なった。なお入力波形は前記重複反射理論により周辺地盤観測波形を礫層に戻した波形を用いた。主要質点のパワースペクトルを図-17に示した。1.0Hz、1.6Hz付近にピーク値が現われている。

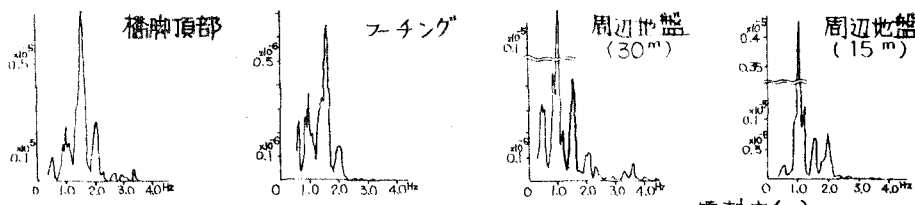


図-13 代表測点のパワースペクトル図(橋軸方向)

地盤	H	r	Vs
1	8.7	1.5	60
2	8.0	1.5	100
3	8.0	1.5	140
4	9.0	1.8	300
5	6.00	2.0	400

図-14 地盤モデル図

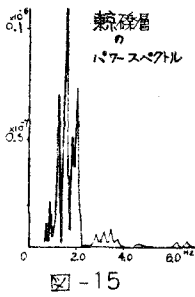


図-15

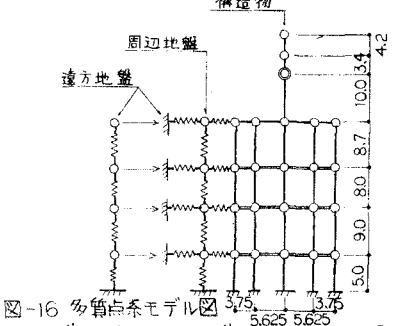


図-16 多質点系モデル図

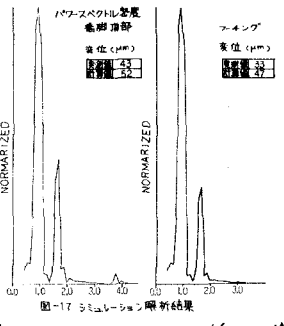


図-17 シミュレーション解析結果

図-13と図-17を比較したとき、1.0Hz付近と1.6Hz付近の卓越振動数のパワースペクトル値が逆転している。図-16の遠方地盤の影響が顕著に現われているためであろう(遠方地盤の応答スペクトルをみると上部では1.0Hz付近の振動数が卓越し下部では1.6Hz付近が卓越している)。したがって杭基礎構造物で、杭先端が硬質の地盤に根入れされている場合の地震応答解析を行なうとき、杭先端以下の地盤の特性(波動特性)を充分考慮したモデル化が必要であろう。

謝 辞

実験の計画、解析には東京大学久保慶三郎教授から貴重な助言をいただいた。また起振機の提供を受けた日本道路公団試験所基礎構造研究室の各位および首都高速道路公団の関係各位には多大の協力を受けた。なお(株)大林組小出忠男氏、前田建設工業(株)栗本裕氏、前田克馬氏には御援助願ったことを付記する次第である。

参考文献(1);首都高速道路公団湾岸線建設局「荒川湾岸橋脚振動実験報告書」昭和50年6月 (2);正木・島岡・後藤・前田ら「軟弱地盤中の杭基礎橋脚の振動特性」第4回日本地震工学シンポジウム 昭和50年11月