

日本道路公団 正会員 沼田 耕一
 日本道路公団 正会員 荒川 直士
 (株)大林組 正会員 ○ 後藤 洋三

1. まえがき 山口県玖珂郡大島町と屋代島を結ぶ大島大橋の海中基礎には潮流速の大きさと海底地盤の堅固さを考慮して多柱式基礎工法が採用された。しかし、 $\phi 3.5\text{ m}$ の杭を9本から12本構成した大規模な多柱式基礎は他に例がなく、その耐震性については十分検討する必要があった。そのため、各種の検討が行なわれてきたが、今回、出来あがった実物の基礎について加振実験その他を行い、諸数値の妥当性と振動特性の確認を行った。本報告はその1として実験内容を述べたものである。

2. 大島大橋の概要 大島大橋はセンタースパン 325 m の連続トラス橋で(図-1参照)、最大流速 10 m/s の大島瀬戸上に建設された。多柱式による海中橋脚は P_3, P_4, P_5 の3基で、 P_3 橋脚には隣接して3本の実物大実験杭が建設されている。橋脚建設地点の水深は $10\text{ m} \sim 25\text{ m}$ で、海底は堆積物がほとんどなくP波速度が $2\text{ km} \sim 5\text{ km}$ の岩盤となっている。

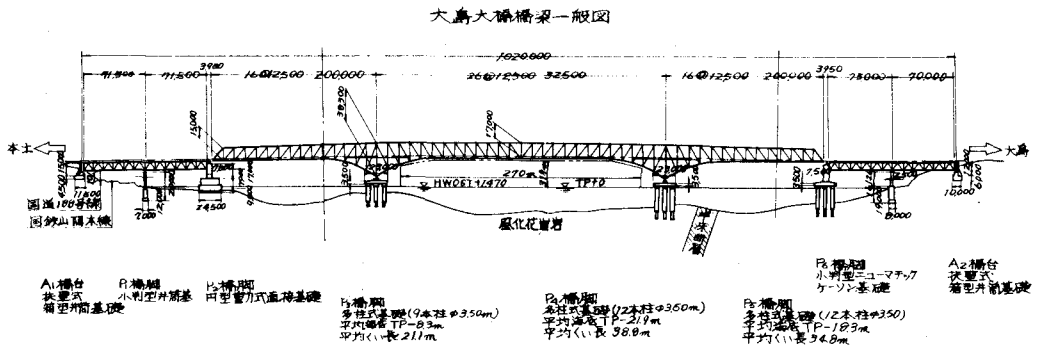


図-1 大島大橋概要図

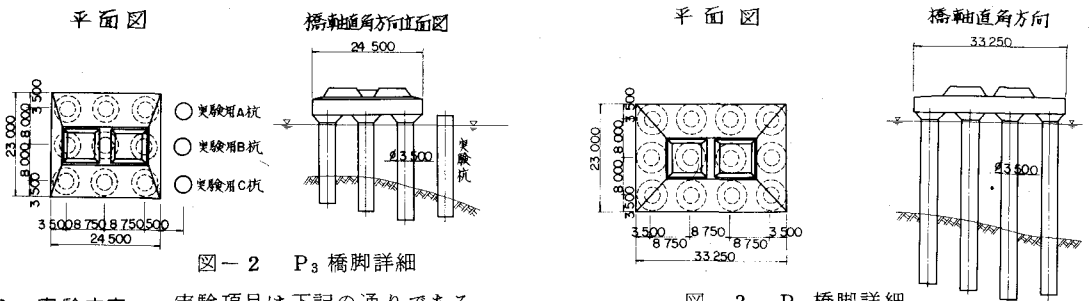


図-2 P_3 橋脚詳細

図-3 P_3 橋脚詳細

3. 実験内容 実験項目は下記の通りである。

- | | |
|-------------|---|
| (1) 常時微動の測定 | P_3, P_4, P_5 橋脚, 実験用A, B, C杭, P_3 用ジャケット, 陸上地盤 |
| (2) 単柱加振実験 | 実験用C杭 |
| (3) 橋脚加振実験 | P_4 橋脚 |
| (4) 気象海象観測 | 各測定時における風向, 風速, 潮流向潮流速, 潮位, 波高, 波浪状況等 |

3.1. 常時微動測定 P_3, P_5 橋脚と実験用A, B杭の振動特性の把握, 気象海象条件の影響, および微小振巾時の振動特性の把握を目的として常時微動の測定を行なった。計測には固有周期2秒の動コイル型微動計を用い、速度ならびに変位で測定してデータレコーダーに記録した。解析は図-4に示す方法によっている。各測定について作成したパワースペクトル図から共振振動数(卓越振動数)と微動振巾レベルを讀取

り要約して表-1に示した。

対象構造物		P3 橋脚	P4 橋脚	P5 橋脚	A 杭	B 杭	C 杭	P3 ジャケット	地盤
橋軸 並進 方向	共振振動数 (Hz)	3.85	1.45	1.60	8.23~8.25	9.20	5.65	3.45	0.5
	振幅レベル (mm)	0.2×10^{-3}	2×10^{-3}	10×10^{-3}	1×10^{-3}	0.3×10^{-3}	2×10^{-3}	2×10^{-3}	0.1×10^{-3}
橋軸 垂直 方向	共振振動数	3.95	1.50	1.60	/	9.20	5.55	/	0.45
	振幅レベル	0.3×10^{-3}	2×10^{-3}	10×10^{-3}	/	0.2×10^{-3}	2×10^{-3}	/	0.2×10^{-3}
ねじり共振振動数		4.76	1.84	2.15					

表-1 常時微動測定結果

潮流速の大小によるスペクトル上の卓越振動数の変化は認められなかった。また、流速の変動あるいは渦の発生による力の影響がどの振動数領域で卓越するかは、さらに詳しい測定が要求される。地盤の卓越振動数は0.5~0.45 Hzであるが、橋脚ならびに実験杭のスペクトルにも同様のピークが見出され、波浪の影響と推定された。

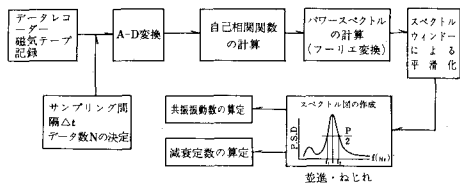


図-4 常時微動解析フロー

3.2. 単柱加振実験 多柱式橋脚の基本構造である柱一本を対象とし、大振巾時の振動特性の変化ならびに潮位変動による振動特性の変化を明らかにするため、実験用C杭上に50 ton起振器を設置して加振実験を行なった。加振方法は一回の実験については起振力を一定に設定して振動数を2~6 Hzに昇降させるものとし、設定起振力を下記の順に変化させて実験を繰返すこととした。2 ton → 5 ton → 8 ton → 10 ton → 5 ton → 2 ton → 0.3 ton。起振力2 ton及び5 tonの実験では潮位の影響を調べるため高潮位と低潮位で実験を行った。計測には主として動コイル型換振器を用い、C杭上ならびに隣接するA杭、B杭、P3橋脚上に測点を配置した。記録はデータレコーダーで行い、図-5の実験解析フローに示すシステムでオフラインのデータ処理を行った。

図-6は8 ton加振時のC杭杭頭水平変位の共振曲線を示したものである。1質点系の共振曲線に相似しているが、振動数を増加させている場合と下降させている場合の共振曲線は同じ径路をとらず、非線型の影響が現われている。図-7は起振力が同一で潮位が異なる場合の共振曲線を比較したものである。潮位差の影響は共振振動数の変化として明瞭に現われる。潮位の影響を補正した共振振動数と起振力の関係を調べたものが図-8である。起振力の増加に対する非線型の影響が顕著に現われており、地盤反力の非線型性が現われたものと考え

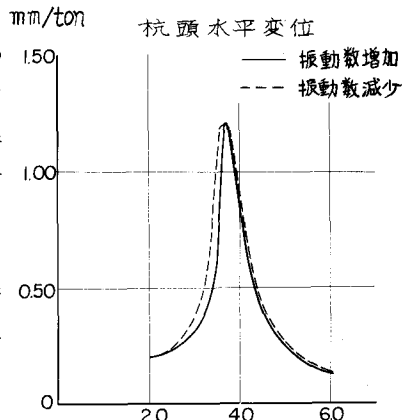


図-6 起振力8ton時共振曲線

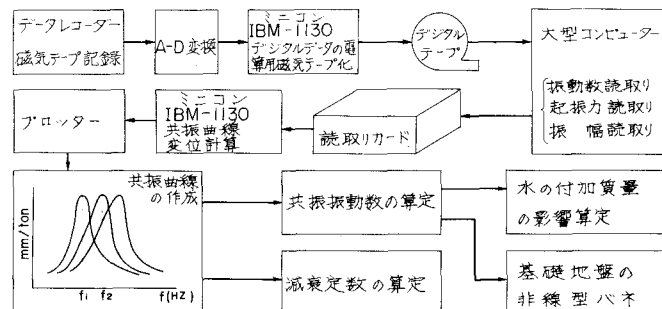


図-5 強制振動実験データ解析フロー

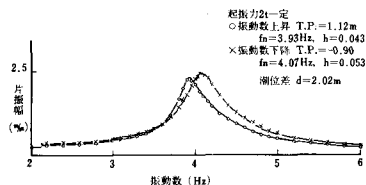


図-7 潮位差による影響

られる。

3.3. P₄ 橋脚加振実験 P₄ 橋脚が完成し上部橋脚が架設されていない状態で橋脚頂板上中央に 50 ton 起振器を設置し、橋軸方向と橋脚直角方向にそれぞれ加振した。起振力は 2 段階で偏芯モーメント一定とし、振動数は 0.5 ~ 12 Hz の範囲で変化させた。計測方法は単柱加振実験と同様であるが、一部に固有周期 5 秒の動コイル型換振器を使用した。また、起振器の回転に同調する正弦波をデータレコーダーに同時記録し、波形の読取りには相関を採用した。水平一方向に加振した場合でも橋脚は立体的な振動現象を起した。そのため、頂板上に配置した測点群の波形を合成し、並進成分とねじり成分の波形を算出して振巾の読取りを行った。図-9, 10, 11 が並進とねじりに関する共振曲線を示したもので、ねじり振動の共振点が明瞭に現われている。表-2 は共振振動数と減衰定数、ならびに共振振巾を要約したものである。起振力の大きさと潮位の影響は単柱加振実験程顕著でないが同様の傾向が現われた。並進とねじりに関する減衰定数の値はほぼ同じ 1% のオーダーであった。並進に関する共振振巾は橋軸方向に加振した時の方が大きい、これは杭配列の相異に起因すると考えられる。一方、ねじりに関する共振振巾は橋軸直角方向に加振した時の方が大きい。これは、剛心あるいは重心のズレが橋軸方向により大きくなっているためと推定された。

4. 結び 本報告は続いて報告される解析編と一対になるものである。本実験の計画実施にあたっては建設省土木研究所栗林室長、ならびに道路公団試験所近藤室長から御指導を受けた。謝意を表するしだいである。

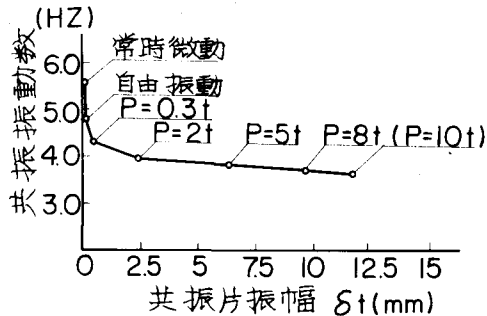


図-8 共振振動数と起振力

実験名	成分	共振振動数 (Hz)	減衰定数	共振時振巾
偏芯モーメント小橋軸方向加振高潮位	並進	1.428	0.0155	0.345 × 10 ⁰ mm
	ねじり	1.829	0.0138	0.163 × 10 ⁵ rad
偏芯モーメント大橋軸方向加振高潮位	並進	1.412	0.012	0.402 × 10 ⁰
	ねじり	1.813	0.0124	0.196 × 10 ⁵
偏芯モーメント大橋軸方向加振低潮位	並進	1.428	0.0151	0.367 × 10 ⁰
	ねじり	1.821	0.0123	0.185 × 10 ⁵
偏芯モーメント小橋軸直角方向加振低潮位	並進	1.456	0.0175	0.336 × 10 ⁰
	ねじり	1.830	0.0150	0.216 × 10 ⁵
偏芯モーメント大橋軸直角方向加振高潮位	並進	1.439	0.0151	0.341 × 10 ⁰
	ねじり	1.816	0.0165	0.216 × 10 ⁵
偏芯モーメント大橋軸直角方向加振低潮位	並進	1.449	0.0139	0.334 × 10 ⁰
	ねじり	1.823	0.0137	0.211 × 10 ⁵

表-2 共振振動数, 減衰定数, 振巾

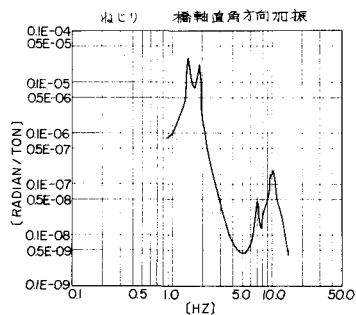


図-9 ねじり共振曲線

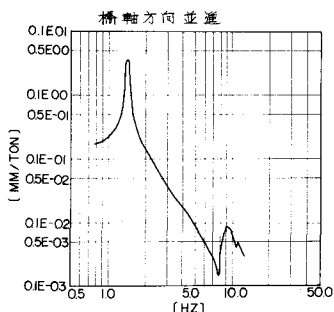


図-10 橋軸方向並進共振曲線

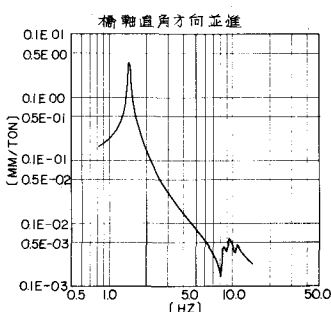


図-11 橋軸直角方向並進共振曲線

参考文献: 日本道路公団広島建設局大島大橋工事事務所, 大成建設(株), 大林組共同企業体; 「大島大橋橋梁(下部工)工事振動実験報告書(本編)」 昭和50年3月