

岸壁の常時微動の観測

大原 資生*・前原 博**

Microtremor Measurement of Quay Walls in Ube and Kanmon Harbour

Sukeo ŌHARA, Hiroshi MAEHARA

Abstract

Measurement of microtremors of quay walls in Ube and Kanmon Harbour was carried out to investigate these dynamic properties, at 7 sites in Ube, 16 sites in Kanmon Harbour. Our conclusions are as follows ;

- (1) Period distribution curves of quay walls are similar to those of ground and it is difficult to separate microtremors of quay walls from those of ground by ordinary analysis.
- (2) Calculated values of natural period of dolphin and sheet pile quay wall in Simonoseki Harbour are nearly equal to measured values.

1. 緒 言

常時微動とは風や工場機械、交通機関などによる振動が四方八方より伝播してきて混和し、個々の振動源の特性が打ち消されているもので振幅が数 μ 以下、周期が2秒くらい以下の波の集りをいう。常時微動の測定は地盤の良否を判断したり、構造物の固有周期を求めするために用いられるが、このたび岸壁の振動特性を調べる試みとして、電磁微動計を用いて岸壁の常時微動を測定した。測点は宇部港で7地点、関門港で16地点、合計23地点の岸壁で測定した。その結果をのべる。

2. 測定方法

測定する岸壁としては水深が4.5~11mで深いものを選んだ。岸壁での測定は壁軸に直角方向の振動を、壁体頭部に換振器を置いて測定した。このとき碇泊中の船舶の機関の振動や荷役設備の機械類の振動が直接混入しないよう極力注意した。

測定装置である電磁型微動計は可動線輪型の水平動換振器(固有周期1秒、感度1.7V/kine)の出力を増幅し、さらに積分回路を通して煤書きペンオシログラフに記録するもので、総合感度は1~20サイクルの間で10,000倍となつている。野外測定であるので、電源としては蓄電池とインバーターを用いた。

3. 解析方法

常時微動測定の整理方法として一般に認められているものにつぎの二つがある。そのうちの一つは振動波が零線を切る間隔の2倍を周期として一定時間内に各周期の波がなん回あらわれるかを数えて頻度周期曲線を描く方法と、他の一つはフーリエ分析を行なつて周波数を成分別に分析する方法である。後者は簡単に行なえないので、前者の方法を採用した。インバーターを使用するため零線がわずかながら全体に脈動しているので、波の山と山、または谷と谷と間隔を周期として測定した。

こうして求めた周期別頻度曲線を、代表的な岸壁の構造と一緒に Fig. 1~9 に示した。これらの頻度周期曲線の特徴を表現するものとしてはつぎの3つがある。

(1) 卓越周期 (Predominant period)

頻度周期曲線で最高の頻度を示す周期をいう。

(2) 平均周期 (Mean period)

各周期にその頻度を乗じて加えあわせたものを全体の頻度数で割つた周期である。頻度周期曲線が卓越周期を中心に左右対称であれば、平均周期と卓越周期は一致するが、対称でないときは一致しない。

(3) 最大周期 (Longest period)

記録上にあらわれた最大の周期で、これが卓越周

*土木工学教室

**大学院工学研究科土木工学専攻

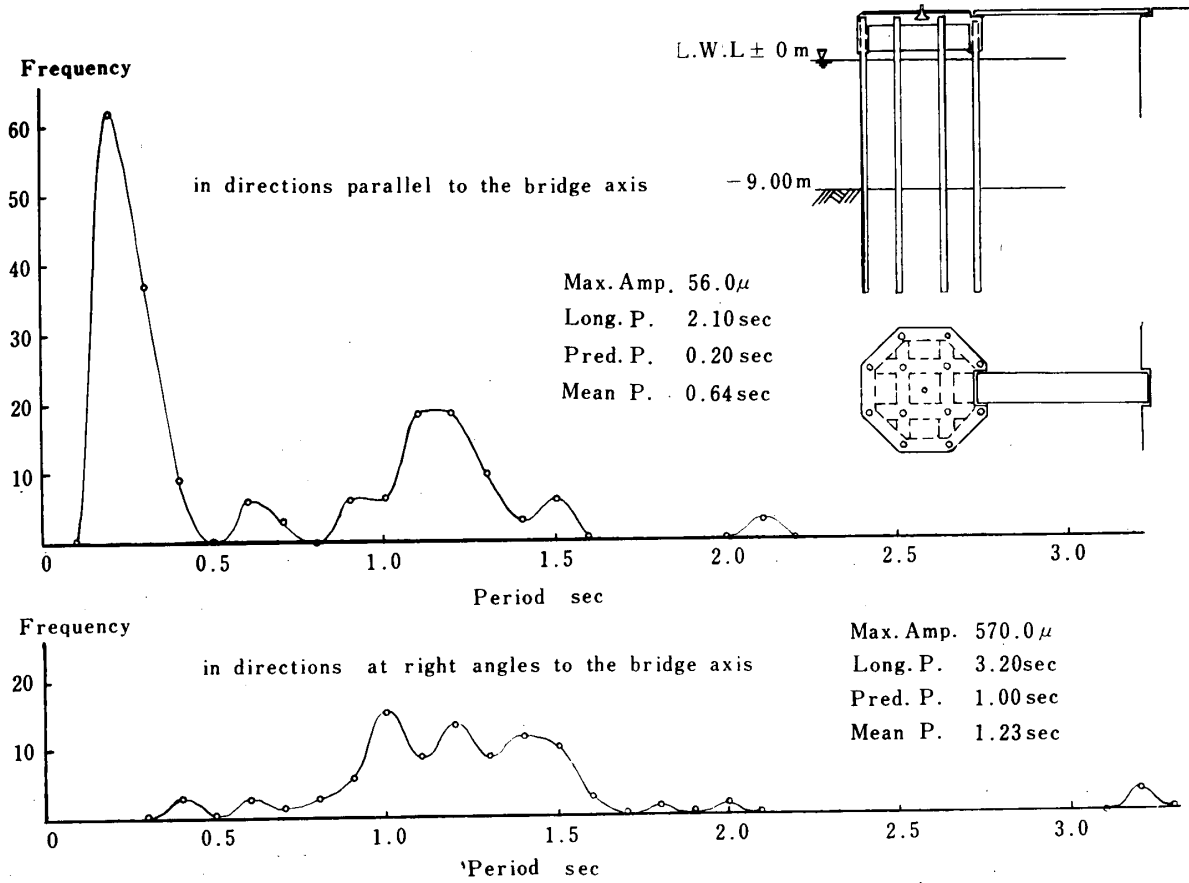


Fig. 1 Dolphin at the 1st wharf in Simonoseki Harbour

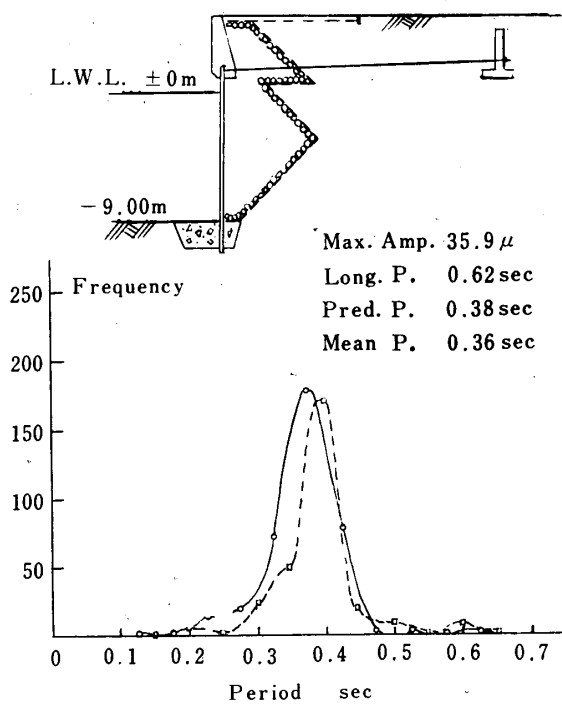


Fig. 2 Sheet pile quay wall in Ube Harbour

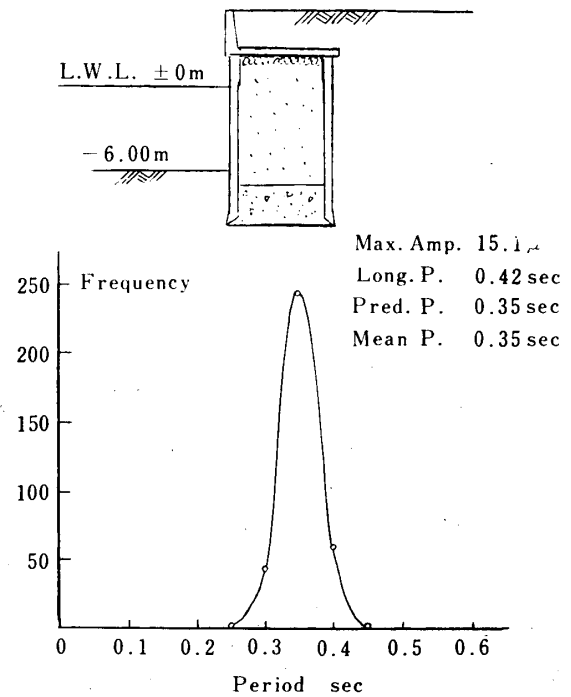


Fig. 3 Well type quay wall in Ube Harbour

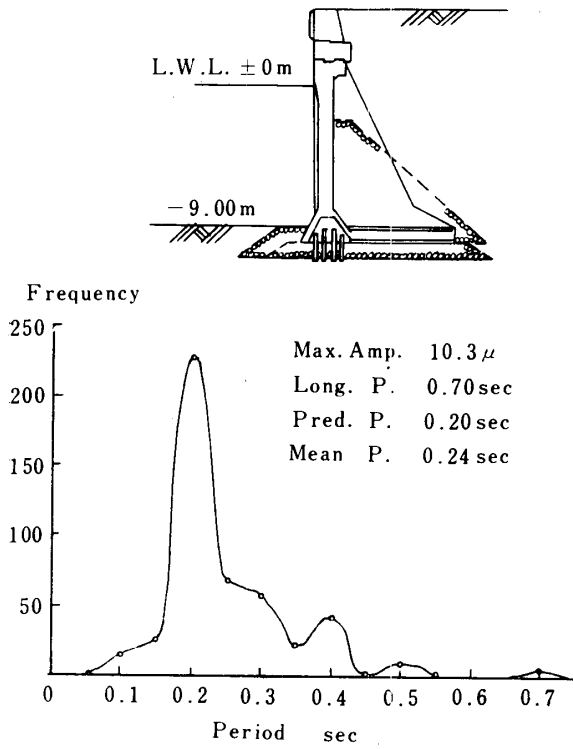


Fig. 4 L-type block quay wall at the 1st wharf in Simonoseki Harbour

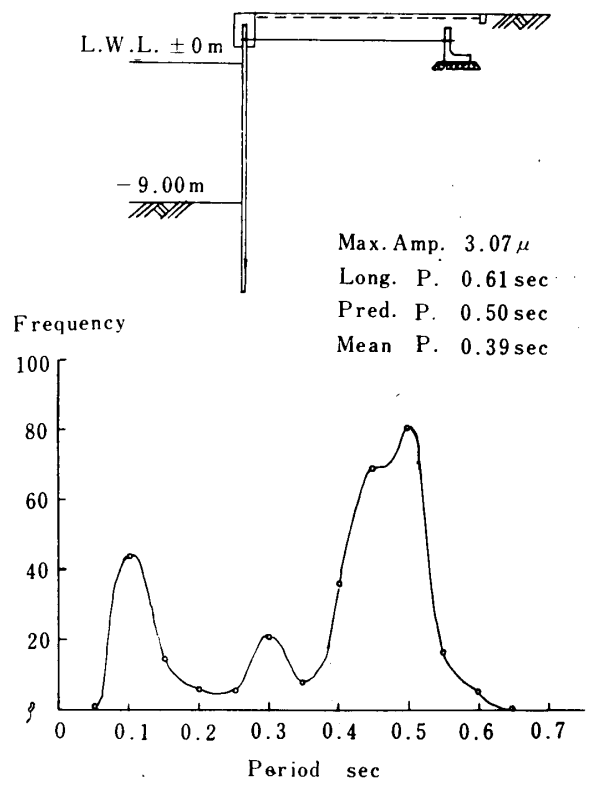


Fig. 5 Sheet pile quay wall at the 2nd wharf in Simonoseki Harbour

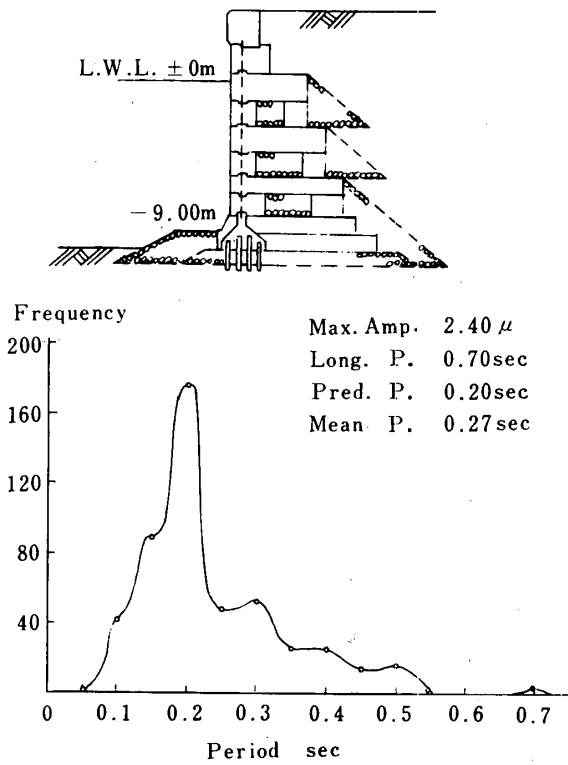


Fig. 6 Cubic block quay wall at the 1st wharf in Simonoseki Harbour

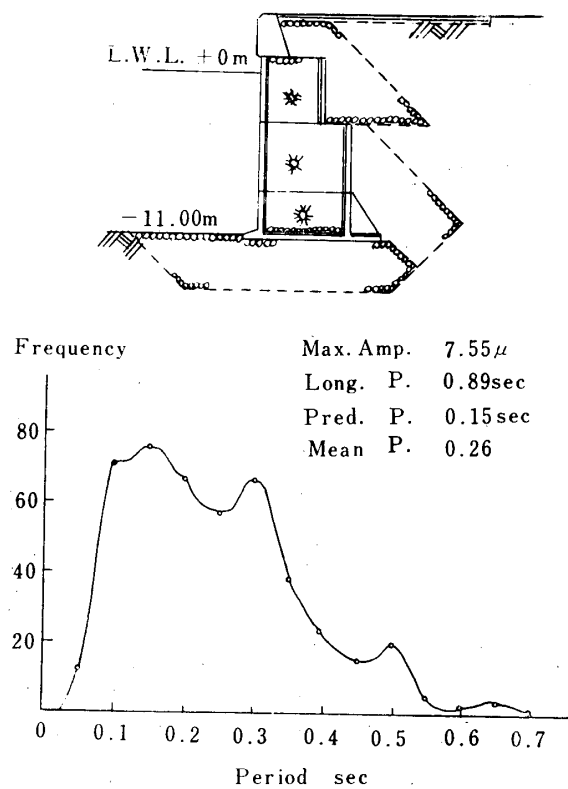


Fig. 7 Cellular block quay wall at Niihama in Moji Harbour

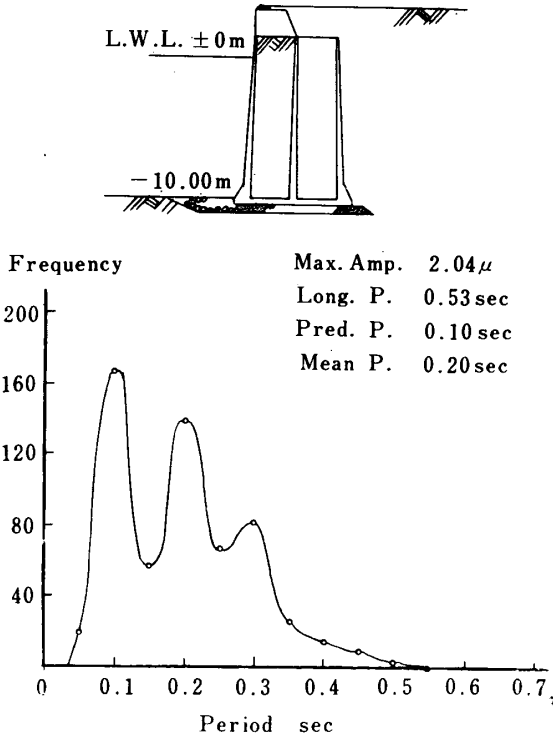


Fig. 8 Caisson quay wall in old Moji Harbour

期より大きいほど頻度周期曲線は平らなものとなる。
 これらのほかに、最大振幅がある。常時微動の最大振幅としては、偶発的な振動の影響をのぞくために、いくつか続く大きい振幅の平均値を求めてこれを最大振幅としている。

4. 結果および考察

Fig.10~12は水深と卓越周期，最大周期，最大振幅の関係を各壁種別の記号をつけてプロットしてみたものである。水深に根入長さの一部と水面より上の長さを加えたものが壁体のだいたいの振動長と考えられるのだが，これら3つの図からは各振動の特性値と水深との対応は認められない。

壁体を構造別にみた場合には Fig.10でわかるように矢板式岸壁は共通して大きな卓越周期をもっている。しかし Fig.11の最大周期では，ほかの重力式岸壁と同じような値になっていて，Fig.12の最大振幅では一つをのぞいて，ほかの二つは3μ以下で非常に小さい値である。一般的に矢板岸壁は揺れやすいといわれているが，この観測では卓越周期に長い周期(0.4~0.5sec)をもつことはわかったが，振幅は必ずしも大きいとは限らないということがわかる。ほかの

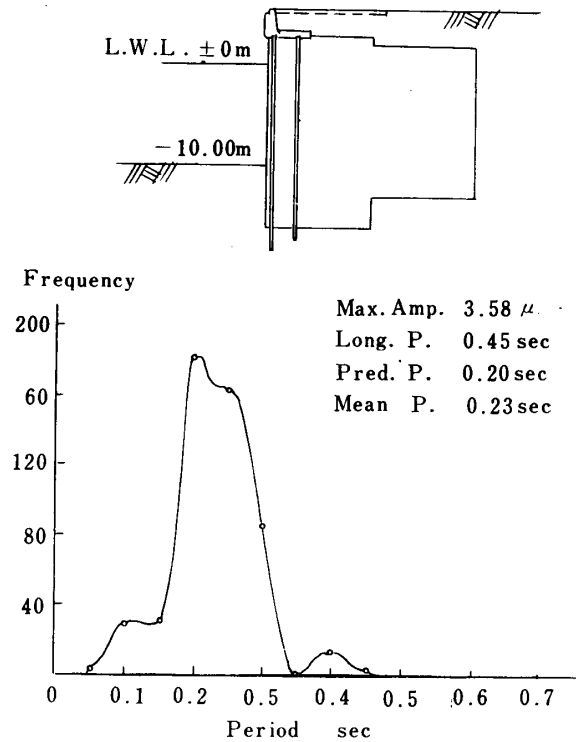


Fig. 9 Cell quay wall at Tanoura Harbour in Moji

重力式岸壁については特徴が見つからない。

宇部港と関門港とを地域別にみた場合はFig. 2, 3にもみられるように宇部港では壁種に関係なく0.35~0.40秒に共通して卓越周期が現われている。頻度周期曲線の形も比較的単純な形をしていて，しかも最大振幅が10μを越えている。関門港の場合はFig. 4~9および Fig. 1 にみられるように卓越周期は0.1および0.2秒で非常に小さい値である。頻度周期曲線の形は宇部港の場合より複雑な形をしている。振幅も10μ以上のものはわずかで大半は5μ以下のものである。

このように岸壁の常時微動に地域的な特徴があらわれるということは，岸壁のような構造物の常時微動には各地盤の常時微動の影響がよくあらわれていると考えられる。なかでも重力式岸壁では，数μ程度の振幅の常時微動には，構造物としての壁体固有の振動性状はあらわれていなくて，地盤の常時微動に非常に類似した波形があらわれていることから，この事実がうかがわれる。すなわち，Fig. 2の破線は宇部港における岸壁付近の地盤の常時微動の頻度周期曲線であり，これは Fig. 2, 3の宇部港の岸壁の頻度周期曲線と非常によく一致している。

以上がだいたいの結果であるが，下関港における矢板岸壁は Fig. 5に示す水深9mのものと同じ第二突堤に，水深10mの同様な型の矢板岸壁がある。この後

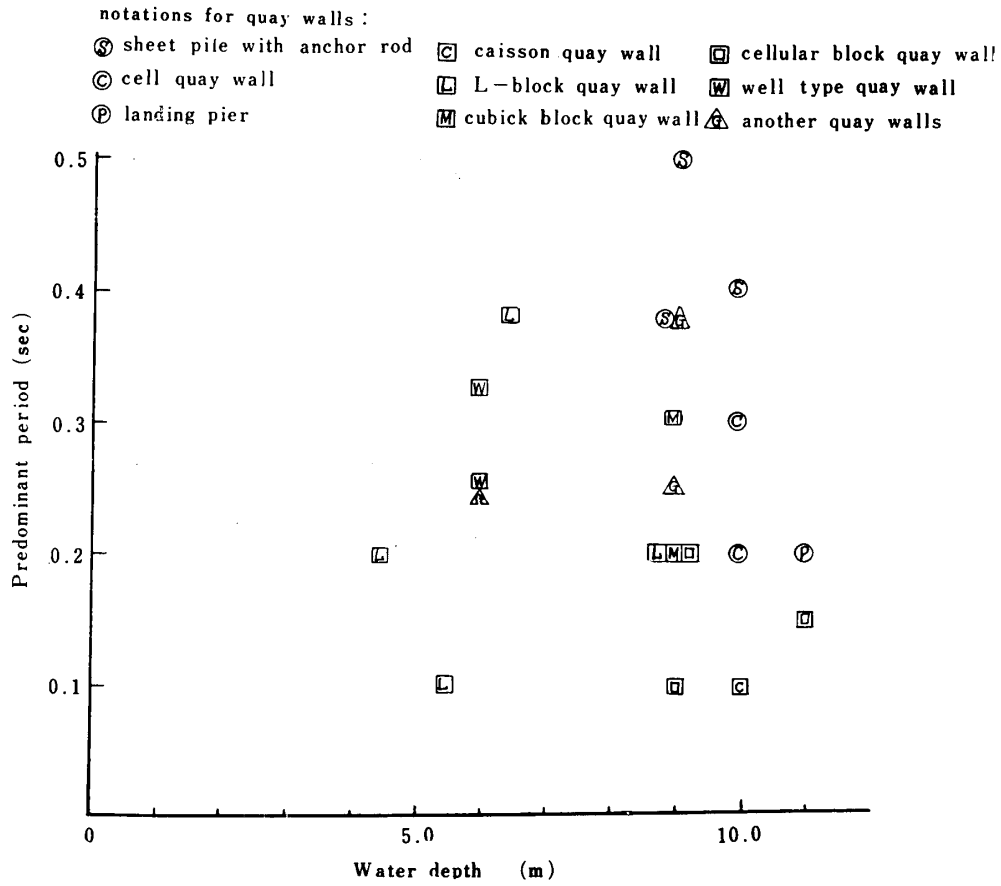


Fig.10 Predominant period plotted against water depth

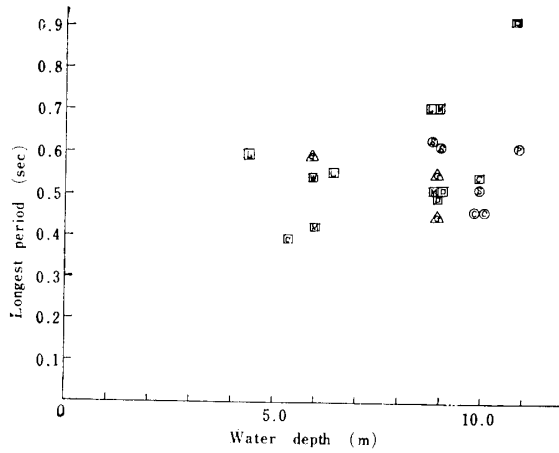


Fig.11 Longest period plotted against water depth

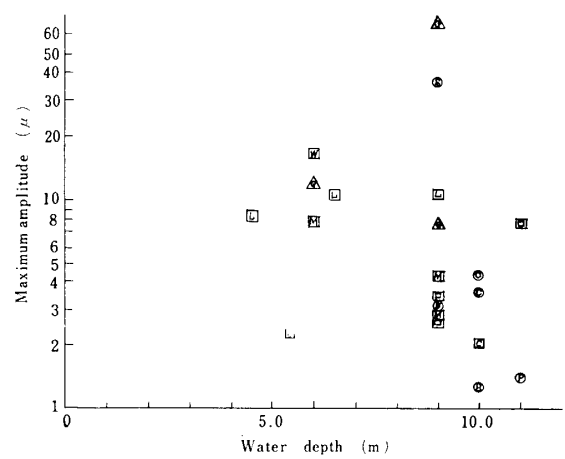


Fig.12 Maximum amplitude plotted against water depth

者の最大振幅は 1.20μ で前者より小さいが頻度周期曲線の傾向は Fig. 5 に示すものとはほぼ同じである。Fig. 5 の頻度周期曲線を見ると、0.1秒と0.5秒に頻度の山が大きく別れている。下関地域の地盤の常時微動の卓越周期が0.1~0.2秒であるので前者は地盤の常時微動によるもので後者は矢板岸壁の固有振動周期と

考えられる。同様に構造物の固有振動周期があらわれているものに Fig. 1 に示すドルフィンがある。このドルフィンの固有振動周期は図より約1.20秒であるといえる。

ドルフィンと矢板岸壁について Fig. 13 に示すモードをもつ単振動とみなして振動周期を計算した。ドル

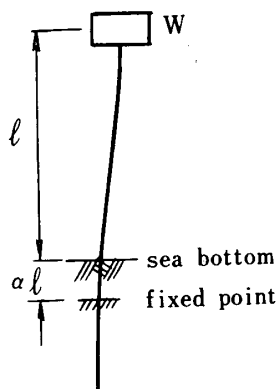


Fig.13 Oscillation mode of dolphin and sheet pile quay wall

フィンについては頭部のコンクリート床版の剛性が大きいのでこれを各柱に分割して、一本の柱について計算し、矢板岸壁の場合は壁幅1m当りに分割して計算した。この振動モードはせん断振動のモードであるが、ドルフィンも矢板岸壁も細長い構造物とみなされるのでせん断力によるせん断振動でなく、柱部の曲げによる振動と考えると周期 T を求めると、次式で与えられる。

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{W\{(1+\alpha)l\}^3}{12gEI}}$$

ここに W : 頭部の重量, EI : 曲げ剛性,

g : 重力加速度, $(1+\alpha)l$: 振動長。

ここで振動長の定め方としては、従来くいの横抵抗の設計などでとられている仮想固定点の定め方にしたがい、砂質土であるので $\alpha=0.2$ として、海底面より αl だけ下つた点を仮想固定点とした。こうして計算した値と測定値とを下関港の例について Table 1 に示す。

Table 1 Results of calculation

	Dolphin	Sheet pile quay wall	
		Water depth - 9 m	Water depth - 10m
Measured value	1.20sec	0.50sec	0.40sec
Calculated value	1.23sec	0.54sec	0.45sec

計算結果は測定値に非常に近い値となった。ドルフィンについてこの結果から海水はほとんど影響してないことがわかる。矢板岸壁については卓越周期が比較的長いにもかかわらず振幅が 3μ 以下と非常に小さく、地盤の常時微動の一般的傾向に反して、数 μ 程度の微動であるので岸壁の裏込め土砂やアンカーロッド控え工などは矢板の微動にほとんど影響をおよぼしていなかったと考えられる。

5. 結 言

常時微動を測定して土木構造物の振動特性を求めるといふ方法は岸壁の場合には用いることが一般にむづかしいことがわかった。宇部港のように地盤自体の常時微動の卓越周期(約0.4秒)も振幅(10 μ 以上)も大きいところでは岸壁が地盤自体の常時微動に影響されて、岸壁の常時微動の卓越周期と地盤の常時微動の卓越周期とが、壁種、水深に関係なく一致している。

下関港の場合は地盤の常時微動の卓越周期(0.1~0.2秒)が短く、振幅(約5 μ 以下)が小さいので、重力式岸壁のように壁体の固有振動周期の小さいものにはほとんど地盤の常時微動の影響が支配的にあらわれているが、矢板岸壁のように長い固有振動周期をもつものには地盤の常時微動の影響はわずかである。こうした場合の矢板岸壁の振動モードは Fig.13 のせん断振動の振動モードをしていることがわかる。

参 考 文 献

- 1) 大築志夫, 金井清: "耐震設計", コロナ社 (1962)
- 2) 岡本舜三: "地震力を考えた構造物設計法", オーム社 (1954)
- 3) 大原資生: 宇部市内の常時微動について, 山口大学工学部研究報告, 17, No. 2 (1966)

(昭和42年4月15日受理)