

急斜面上の共振現象に関する実験的研究

大阪大学工学部 正員 榎木 亨
名古屋大学工学部 正員 岩田好一朗
(株)大林組 正員 〇小林 真

1. はしがき 防波堤斜面上の共振現象について著者らは既に昭和54年度関西支部講演会¹⁾及び昭和55年度年次講演会²⁾において、その実態及び水粒子速度の異常な増大について明らかにしてきた。そして、規則波においてはその発生限界が $2.0 < \xi < 3.0$ において生じることを示した。ここに ξ は $\xi = \frac{\tan \theta}{\sqrt{H/h}}$ (θ : 斜面勾配) で表わされる surf similarity parameter である。しかしながら、不規則波においては、それぞれの素波がすべて $2.0 < \xi < 3.0$ の領域において共振を生じるわけではない。ここでは今までの規則波の共振発生条件に基づいて不規則波における共振の発生確率を予測しようとするものである。

2. 実験方法 本実験では防波堤設置前の入射波と斜面上の共振現象を同時測定するため水槽を隔壁板により2分割した。発生波として6種類の不規則波を用い、その平均波高は $2\text{cm} \sim 3.5\text{cm}$ 、有義波高は $3.0 \sim 5.4\text{cm}$ 、平均周期、有義周期とも $0.75 \sim 1.1\text{sec}$ 程度である。法先水深は 15cm で、模型海浜勾配は $1/40$ とし、防波堤斜面勾配は 30° である。共振現象はビデオカメラにより12分間継続して撮影し、共振の定義に従うものを読み取った。なお、発生波数は1ケースにつき約800～900波である。

3. 共振の発生確率の実態 不規則波による本実験に先立ち、規則波の共振の発生限界として新たに $H/h > 0.30$ という条件が実験的に明らかになった。これは、共振が発生するためには波高も重要な要素となる事を意味する。結局、規則波の発生条件は $2.0 < \xi < 3.0$ 、 $H/h > 0.30$ ということになる。そこでまず、 $\xi - H/h$ 平面上に共振の発生確率を示すと図-1のようになる。実線で囲んだ部分は共振現象が発生した領域を示しているが、ほぼ規則波における発生限界と同様であると考えられる。また、数字は H/h を 0.05 間隔、 ξ を 0.5 間隔で分割した場合の各ブロックごとの共振の発生確率を求めたもので次式で表わされる。

$$P_i(\text{Res}) = r_i(\text{Res}) / N_i \quad (r_i(\text{Res}): \text{各ブロックごとの共振度数} \quad N_i: \text{各ブロックごとの波数})$$

不規則波においては $2.0 < \xi < 3.0$ 、 $H/h > 0.30$ を満足する波が必ずしも共振を起こすとは限らず、 H/h の増大と共に共振の確率は増加することがわかるが、共振は前後波の干渉により発生するものであるから、図で示すようなかなり低い発生確率となっている。

次に、平均波の ξ 値 ($\bar{\xi}$) 及び有義波の ξ 値 ($\xi_{1/3}$) と全波数に対する共振の確率について示すと表-1のようになる。平均波の ξ 値 ($\bar{\xi}$) では全てのケースが $\xi > 3.0$ であり、規則波の条件

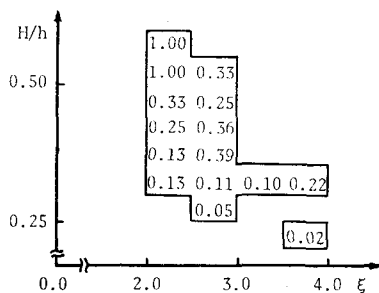


図-1 共振の発生確率分布

TORU SAWARAGI

KOICHIRO IWATA

MAKOTO

KOBAYASHI

に適用するとすべて共振が発生しないはずであるが発生している場合が多い。一方、 $\frac{2}{3}$ では $\frac{2}{3} < 3.0$ 程度にならないと共振は発生しないことから、 $\frac{2}{3}$ を用いると共振の発生を予測する事は可能となる。また、 $\frac{2}{3} < 3.0$ において $\frac{2}{3}$ 値のわずかな変化に伴い、共振の確率はかなり大きくなっている。この事からも $\frac{2}{3}$ が共振の発生に大きく寄与していることがわかる。

$\bar{\xi}$	$\xi_{\frac{2}{3}}$	Prob(res)
4.98	4.62	0.000
3.47	2.94	0.017
3.33	2.91	0.049
3.26	2.85	0.083
3.19	2.70	0.094
3.18	2.66	0.115

表-1 共振の $\frac{2}{3}$ に対する発生確率

4. 連と共振の確率 前述したように共振は前後波の干渉により起こる現象であるから、 $\frac{2}{3}$ の連なり、すなわち連の概念を導入して確率を予測するのが最も有効と考えられる。連としては一般に波高の連が用いられるが、ここでは新たに $2.0 < \frac{2}{3} < 3.0$ の波の連を導入する。図-2は不規則波の時系列を模式的に示しているが、黒丸はその $\frac{2}{3}$ 値が $2.0 \sim 3.0$ の範囲に入ることを示し、左側から順に連長1, 連長2, 連長3の連と称する。ここで、 $\frac{2}{3}$ の連長とそれに対する発生確率の関係を求めると図-3のように連長の増加と共に連の発生確率は小さくなる傾向にある。ここに $P_{\xi(j)}$ は、

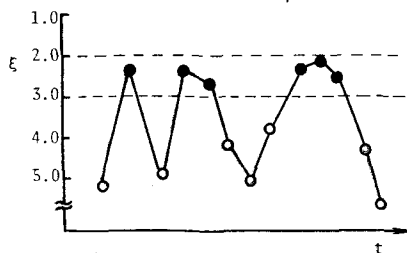


図-2 $\frac{2}{3}$ の連の説明図

$P_{\xi(j)} = N_j / \sum N_j$ (N_j : 連長 j における連の個数)で与えられる。

この連長の発生確率 $P_{\xi(j)}$ と各連長に対する共振の発生確率 $P(\text{Res}|j)$ の結合確率を $P_{\xi(j)} \cdot P(\text{Res}|j)$ として次のように定義する。 $P_{\xi(j)} \cdot P(\text{Res}|j) = N_j / \sum N_j \cdot r_j / N_j = r_j / \sum N_j$ ここに r_j は連長 j における共振度数、 $\sum N_j$ は $2.0 < \frac{2}{3} < 3.0$ の領域に入る連の総個数を示す。この $P_{\xi(j)} \cdot P(\text{Res}|j)$ の $\frac{2}{3}$ の連長に対する変化を求めたのが図-4であって一般風浪の場合、連長2の時に最も共振の発生確率が高いことがわかる。

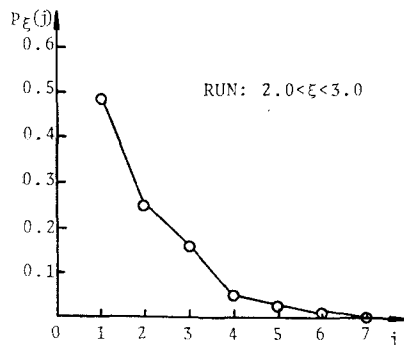


図-3 連の発生確率

5. 結語 以上不規則波に対する捨石堤の安定性を共振現象の面から論議してきたが、まだこの共振と破壊確率の関係は明確にされていないので上述のようにその破壊の危険性のみを指摘するに留まっている。今後、共振と破壊の関連性について研究を進めていきたいと考えている。

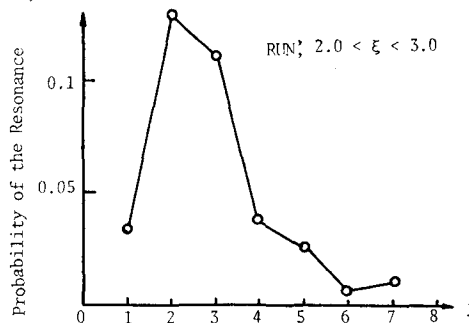


図-4 共振の発生確率

参考文献

- 1) 榎木, 岩田, 後野 防波堤斜面上の最大水粒子速度について 土木学会関西年講 1979
- 2) 榎木, 岩田, 小林 急斜面による波の共振現象に関する実験的研究 土木学会年講 1980