

(II-80) 津波遡上高に及ぼす入射波形の影響

防衛大学校土木工学教室 正会員 正村 憲史 学生員 窪田 美奈子
正会員 藤間 功司 正会員 重村 利幸
正会員 林 建二郎

1. はじめに

最近、島における津波の挙動に関する研究として、藤間らの定常正弦波を用いた研究と、Briggs, Liu らの孤立波を用いた研究が行われている。その結果、入射波が孤立波か定常正弦波かで遡上高分布が大きく異なることが明らかになっている。想定津波に対する数値計算では、波源を仮定する必要があるが、正確に波源を予測することは非常に困難であり、かなりの誤差を伴う。そこで津波遡上高が入射波形によってどの程度異なるかを明確にしておく必要がある。ここでは、様々な過渡的な入射波形に対し、線形長波理論に基づく理論解析を行い、その入射波中の最大波の周期と振幅を使って求めた定常波解析の結果とを比較することにより、円錐形の島における過渡波の遡上分布特性を検討する。

2. 解析例

例として4波からなる波列を考え、最大波が1波目の場合、3波目の場合で遡上高分布を求めた結果を図1,2に示す。ただし、水深 $h_1 = 1500\text{m}$ 、勾配 $m = 0.075$ 、島の汀線の半径 $r_0 = 15\text{km}$ 、汀線から島斜面の法先までの水平距離 $r_2 = 8\text{km}$ の島を考える。最大入射波振幅 1m 、周期 480s とし、 $t = 0\text{s}$ で入射波の先端が島の中心から 100km の距離にあるものとする。なお、この入射波形は、 $\sin$ 関数に1次関数を乗じて作ったものである。それぞれ、左側の図は入射波形を表し、右図が遡上高分布を表す。右図実線が過渡的な入射波形を考慮した理論解析結果で、点線が入射波列中の最大波の周期と振幅による定常波解析結果である。

次に、同じ大きさの正弦波が何波か連続して入射する場合の解析例を図3,4に示す。ただし上記と同諸元で、それぞれ2, 4波からなる正弦波が連続して入射したときの計算結果である。以上の図から、入射波数や最大波振幅が同じであっても、入射波形によって遡上高が異なることが明らかである。また、島背後では過渡波であっても定常正弦波と同程度の遡上高が得られており、入射する波数が増えてくると島正面においても徐々に周期解に近い遡上高に変わっていることがわかる。

3. 解析結果の考察

このような事項を定量的に調べるために、表1に示す6ケースに対し、3波～8波の波列で最大波の位置を変化させた場合や、寄せ初動の連続正弦波、及び引き初動の連続正弦波など様々な入射波を考え、同様

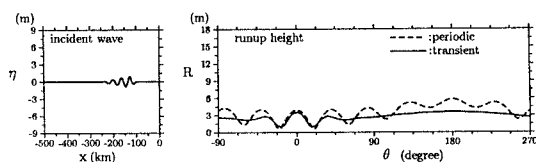


図1 第1波が最大波である場合の遡上高分布

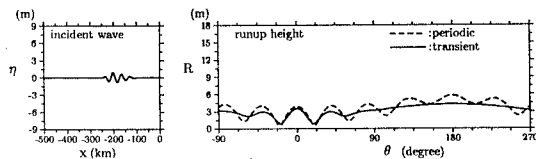


図2 第3波が最大波である場合の遡上高分布

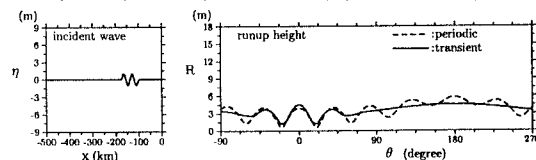


図3 2波からなる連続正弦波の遡上高分布

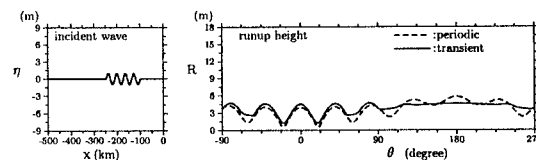


図4 4波からなる連続正弦波の遡上高分布

表1 解析ケース

Case	$T(\text{s})$	m	$r_0(\text{m})$	$r_2(\text{m})$	$h_1(\text{m})$
1	720	0.075	8000	13333	1000
2	480	0.075	8000	20000	1500
3	720	0.030	8000	50000	1500
4	480	0.075	15000	8000	600
5	480	0.020	8000	50000	1000
6	240	0.075	8000	13333	1000

の理論解析を行う。図5にケース4における遡上高分布の極大値の個数を示す。横軸 S は、入射波の山と谷の振幅値を島に入射する側から $a_1, a_2, \dots$ と番号をつけ、最大波が M 番目として、 $S = \sum_{j=1}^M |a_j| / (2a_M)$ によって計算したパラメーターである。ただし同じ振幅の続く連続正弦波の場合には、最後方の波を M 番目とする。すなわち、 S は、最大波がおよそ何波目に来襲するかを表し、 S が大きいほど入射波列が定常正弦波に近づく。解析例を見てもわかるように、波数が少ない場合には島正面と島背後に極大値が現れるが、波数が増えるにつれ極大箇所が徐々に増え定常波の極大箇所 ($N=8$) と一致していく。

次に過渡波と定常波の遡上高の比を図6から図8に示す。 R_{bt}, R_{st}, R_{ft} は、それぞれ島背後、島側面、島正面における過渡波の遡上高を表し、 R_{bp}, R_{sp}, R_{fp} は、定常波の遡上高を同様に示している。図6から、島背後では、 $S < 2$ でも $R_{bt} \div R_{bp}$ となる場合が多いことがわかる。 $S > 3$ では、過渡波の遡上高が定常波の遡上高を上回っていて、この量は最大で15%程度である。したがって島背後では容易に捕捉の影響が現れ、過渡波と定常正弦波の差は小さいといえる。また $\theta=90^\circ$ 、 $\theta=180^\circ$ では、それぞれ $S=4$ 、 $S=6$ 程度で過渡波と定常波の遡上高がほぼ同じ大きくなる。これにより、島背後から島正面に向かって徐々に捕捉の影響が現れることがわかる。図9は、島の海岸線に沿った遡上高の最大値に関して同様の検討を行ったものであるが、 $S < 6$ の場合には定常正弦波の遡上高が過渡波の遡上高よりも大きく、定常波を用いて安全性の検討を行えば、より安全に検討したことになる。ただし、 S が大きいと過渡波の方が10%程度遡上高が大きくなる。島の津波防災を考える上では、この点について注意する必要がある。図10は、過渡波と定常波の遡上高の比が0.9になる S を各ケースごとに求めてプロットした図である。 β は島近傍における波数に関連したパラメーターである。図中、破線が島背後を、実線が島正面を、点線が遡上高の最大値に関する $S_{0.9}$ を示している。この図から過渡波では常に $S=0.5 \sim 1$ でほぼ過渡波と定常波の遡上高が同程度になることがわかる。島正面では、 $\beta < 2$ 、 $\beta > 5$ では $S=1$ で過渡波と定常波の遡上高はほぼ一致するが $\beta \sim 3$ では、 $S=4$ でようやく過渡波と定常波の遡上高が一致する。

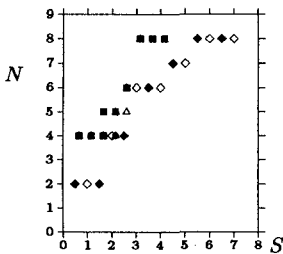


図5 遡上高分布の極大値の個数

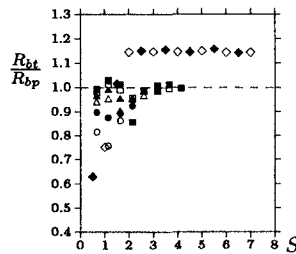


図6 入射波形による R_b の変化

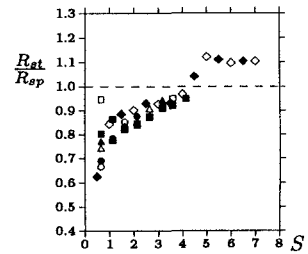


図7 入射波形による R_s の変化

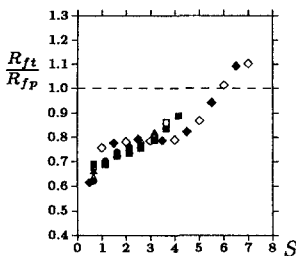


図8 入射波形による R_f の変化

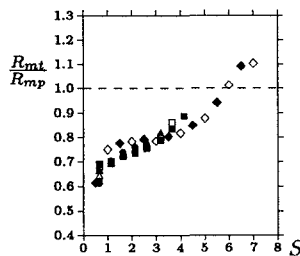


図9 島の海岸線に沿った最大遡上高の変化

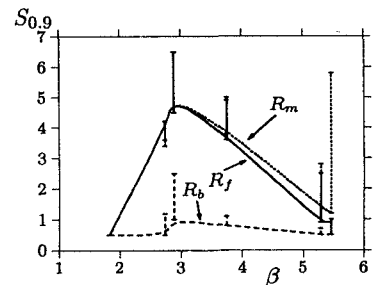


図10 β による $S_{0.9}$ の変化