

波吸収式造波装置で励起される水槽内の長周期流速変動

九州大学大学院 学生員○山城 賢
九州大学工学部 学生員 越智宏充
九州大学大学院 正会員 吉田明徳
九州大学大学院 正会員 入江 功

1. まえがき

著者らは、潜堤背後の海域における波動場および流速場について、解析的および実験的に研究をおこなってきた。その過程で、潜堤直後の水底において冲向きの強い定常流が発生する領域では、図-1に示すような極めて長い流速変動が大きな振幅で現れる場合があることがわかった。この長周期変動の周期は実験水槽内に生じ得る静振よりもさらに長い周期で、場合によっては平均水位や定常流速等の測定結果に大きく影響するものと思われる。このような長周期変動の一つの原因として、近年広く普及している反射吸収機能を有する造波機を実験に用いる場合、造波開始直後の平均水位の急激な変化に対応して生じる造波板の中心位置の初期移動が引き起こすものではないかと考えた。特に潜堤のような大きな質量輸送が生じる構造物を対象とする場合には造波板の中心位置の変動がより顕著になり長周期変動の発生を促すものと推測される。

以上の観点から、本研究は造波板の挙動に着目し、一様傾斜海浜の場合と潜堤構造物の場合を対象に、両者の違いによる長周期変動の発生と影響について検討したものである。

2. 実験内容

実験には、吸収制御および波吸収機能を用いず造波時に造波板の位置を制御する位置制御の2つの制御方式を選択可能な造波装置を有する幅30cm、深さ50cm、長さ28mの2次元造波水路の末端に消波装置を設置して用いた。図-2に実験装置の概略図を示す。実験の条件は水深(h)を38cmとし、造波板から12mの位置に天端幅(B)が2h、法面勾配が1:1、天端水深(qh)が0.1hの台形型不透過潜堤を設置した場合と潜堤を設置せず水路末端に1/8勾配の不透過斜面を設置した場合のそれぞれについて、吸収制御および位置制御の二通りで造波した。表-1に実験条件を示す。入射波は全てのケースで周期(T)を1.43sec. ($kh=1.0$)、波高(H)を4cmに固定し用いた。測定は、サンプリング間隔0.1秒、データ個数18000個として、造波板の変動、水面変動、および水底から2cmでの水平流速を造波開始直前の静止状態から同時におこなった。測定位置は図-2に示す。

3. 結果と考察

図-3にCase 1とCase 2について造波板の時間変動を

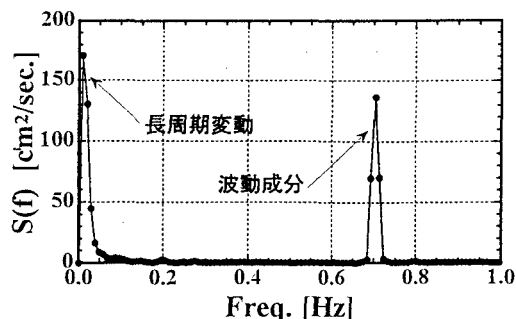


図1: 水底流速のパワースペクトル

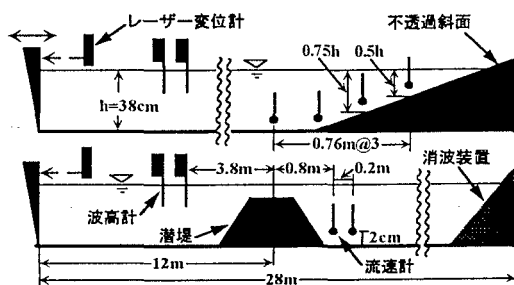


図2: 実験装置図

表1: 測定ケース

	不透過斜面	潜堤
吸収制御	Case 1	Case 2
位置制御	Case 3	Case 4

示す。図の縦軸は造波板の変位を示しており、-は岸向き、+は冲向きの変位を表している。Case 1をみると造波板の中心位置が造波開始直後から約30秒程の周期で変動しているのがわかる。しかし、時間が経つにつれ変動の振幅は小さくなっている。造波開始から約30秒間の変動は造波開始による造波板近傍の平均水位の低下によるものと思われるが、それ以降の微小な振動は、水槽固有の基本モード($T=27\text{sec.}$)に対応しており、それを補償するための振動と思われる。Case 2の場合もCase 1と同様に造波開始直

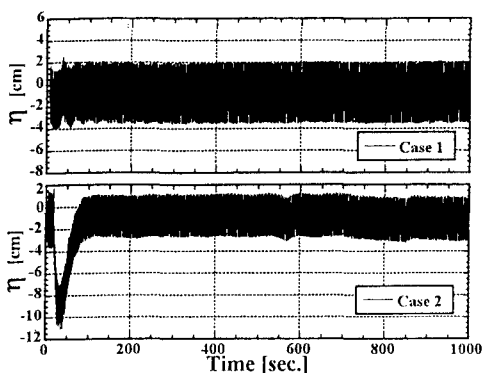


図3: 造波板の時間変動

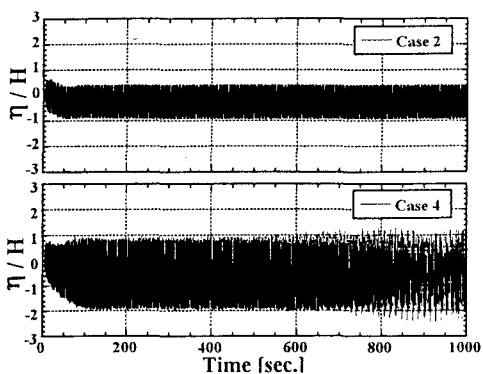


図4: 水面波形

後に若干変動しているが、造波開始後約15秒で急激に中心位置が岸側に移動している。その後徐々に沖側に移動し、造波開始後約100秒程で初期位置に戻る。現在までの潜堤を対象とした実験から、潜堤背後での極めて長い流速変動は、入射波高が大きく天端水深が浅いほど顕著に生じることがわかっている。図-3の結果から、この長い流速変動の原因は、潜堤を設置することにより潜堤背後で顕著な水位上昇が生じ、それを補償する潜堤岸側の水位低下により造波板の中心位置が大きく変動するためと思われる。

図-4にCase 2とCase 4について水面変動の時系列を示す。水面変動は入射波の波高($H = 4\text{cm}$)で無次元表示している。Case 2は測定位置が潜堤の沖側であるため、変動が始まって約10秒後から平均水位が低下している。その後約30秒で定常となりそれ以降明白な平均水位の変動は認められない。また波高が若干入射波高より大きくなっているが、これは潜堤からの反射の影響によるものと思われる。Case 4は変動が始まって約100秒の間に徐々に波高が増大しており、入射波高のおよそ3倍にまで達している。これは造波方式が位置制御であるため潜堤からの反射波が造波板と潜堤で再反射を繰り返し多重反射の状態となっているためと思われる。さらに長時間造波を続けると、徐々に変動が激しくなり、約800秒後から激しい擾乱が生じている。以上のことから吸収式による造波方式が造波板での

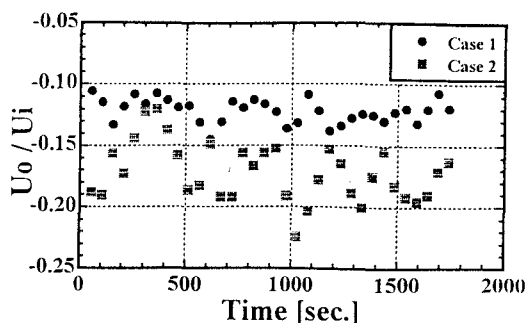


図5: 定常流速の時間変動

再反射を抑え波高を安定して発生させることがわかる。また造波板の挙動による長周期変動の影響も、水面波形に関しては、時系列の初期の部分を除けば非常に小さいといえる。しかし、長周期の水面変動が小さくても、水粒子軌道が長い流れ速に与える影響は大きい。そこで、Case 1とCase 2について長周期変動が定常流速に与える影響について調べた。図-5は測定した18000個のデータから1024個のデータ幅(102.4秒)で定常流速を算定し、そのデータ幅を512個(51.2秒)ずつずらして順次定常流速を算定したもので定常流速の時間変化を表している。なお、定常流速(U_0)は入射波の水底水平流速振幅(U_i)で無次元表示しており、図の横軸は全測定記録から取り出したデータ幅の中心の時間を示している。Case 1については潜堤中心から岸側に80cmの位置での測定結果で、Case 2については不透過斜面上の水深が1/2となる位置での測定結果である。図よりCase 1、Case 2ともに定常流速の大きさが時間的に変動しており、その変動の幅は最大で入射波の水底水平流速のおよそ13%にも達している。このような時間的な変動は基本周波数およびその倍周波数の波動成分にはほとんどみられない。また、Case 1とCase 2では測定の条件が異なるため定常流速自身の大きさでは比較できないが、時間変動の程度を比較すると、それぞれの時間変動の標準偏差はCase 1が0.0099でCase 2が0.0236であり、Case 2の方が明らかに時間変動が大きい。この結果は、潜堤を対象とした実験をおこなう場合に吸収式造波装置を用いることによって極めて長い周期の変動が生じ、そのためデータ取得時間の違いにより定常流速の算定値が大きく異なることを示している。

4. あとがき

反射吸収式造波機により発生する長周期変動が、実験結果にどのように影響するかを調べた。その結果、特に定常流速に影響することがわかった。今後は、より詳細に長周期変動と定常流速の時間変動について関連を把握し対策を講じる必要があると思われる。

参考文献

- 山城賢ら(1998):潜堤背後の波動場特性に関する実験的研究(その1)規則波実験。九州大学工学集報第71巻第5号。pp.515～522。
- 山城賢ら(1998):潜堤背後の波動場特性に関する実験的研究(その2)不規則波実験。九州大学工学集報第72巻第2号。印刷中。