

波浪による薄鉛直堤周りの流れ特性に関する検討

日本大学大学院 学生員 ○前田 卓男, 鈴木 功
日本大学生産工学部 正会員 落合 実, 遠藤 茂勝

1. はじめに 波浪場に置かれた構造物周辺には水位変動に伴う複雑な流水現象が生じる。これらの現象は防波堤に波が衝突したときの波の干渉によるものであり、防波堤に関する水理特性、例えば反射波や透過波を把握するためには解明しなければならない課題である。しかし、波浪流中の流速特性はその非定常性から十分解明されていないのが現状である。また、波浪による流れは海域利用の広域化に伴い大深度化、構造物の大規模化となり、特に近年では海域の生態系への影響も考慮する観点からこの現象解明が必要と考えられる。本研究は景観や海水交換性を考慮した潜堤に着目し、その堤体周りに生じる流れ特性を検討することを目的としている。本文ではその基礎的な段階として、薄鉛直板型潜堤を対象として既に堤体前面、背後領域での水位変動や反射波および、入射波などを検討し、これらの水理特性が入射波条件と天端水深の大きさで支配されその関係を確認している。そこで、複雑な水位変動が確認された堤体条件を対象に構造物周辺での流体運動と形態をPTVにより測定し、得られた流速ベクトルについて検討するものである。

2. 実験装置および方法 本実験に用いる水槽は全長 27.6m、幅 0.7m、高さ 1m の二次元造波水槽で、その中央部に模型堤体を設置する。本実験で使用する PTV 装置は、Fig. 1 に示すような画像撮影、録画、解析装置から成る 3 時刻パターンマッチング法を採用したシステムである。録画時には水面上方よりスリットストロボ光を当て 1/30 秒毎の画像収録を行う。実験条件は水深 $h=40\text{cm}$ 、天端水深 $H_c=-12\text{cm}$ 、 $H_c=-4\text{cm}$ 、入射波形勾配 $H_i/L=0.016\sim0.051$ 、比水深

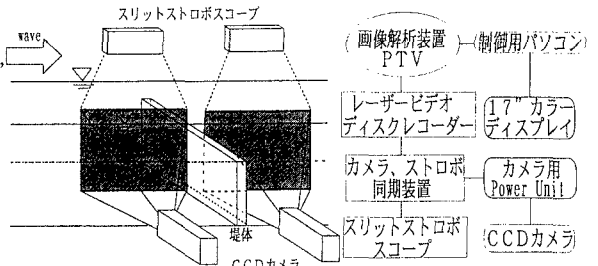


Fig. 1 実験水槽概略図及び PTV システム図

$h/L=0.096\sim0.167$ の規則波を対象とした。また、使用するトレーサー粒子は平均粒径 1.4mm、比重 1.02 のナイロン製を用いた。使用するトレーサー粒子の自然沈降速度は対象場の流速よりかなり小さいことから、測定値に対して粒子速度の補正は行わない。

3. 実験結果および考察

3. 1 粒子追跡結果の比較 本実験では山田らが示した適用条件により第三次近似ストークス波の範囲となる。Fig. 2(a), (b), (c) はそれぞれ入射波形勾配 $H_i/L=0.026$ において進行波、完全重複波、部分重複波 ($H_c=-12\text{cm}$) の 1 周期の粒子追跡図である。これらの図は収録画面の運動と良く一致し、流体運動を的確に表現していることが確認されている。進行波における水粒子移動半径および距離は第 3 次ストークス波とほぼ一致している。また、完全重複波の前面近くでの運動形態はストークス波とほぼ同様であるが、移動距離は測定値の方が 1.3 倍程度

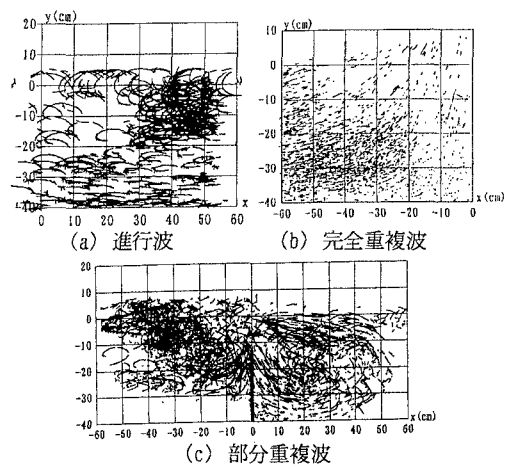


Fig. 2 粒子追跡図

キーワード 波浪流 潜堤 PTV 粒子追跡

住所 千葉県習志野市泉町 1 丁目 2 番 1 号

tel. 0474 (74)2452 fax 0474(74)2449

大きくなる。部分重複波の前面ではストークス波との一致は認められなかった。これらのことから、進行波におよぼすストークス波の適合性は認められたが、部分重複波の水位変動はストークス波で表現できるが流速ベクトルにおいては、背面からの戻り流れの影響がストークス波に生かされないため適合性が確認されない。

3. 2 流速ベクトル Fig. 3(a)～(e)は堤体の天端高が水位変動に著しい影響を与える条件($H_c=-4\text{cm}$, $H_i/L=0.051$)における1周期の瞬間ベクトルを示したものである。(a)においては、波の峰が堤体に近づき水位が最も上昇した場合であり、堤体前面に大きな波圧と、越波した流体塊によって生じる背後面の流況が認められる。堤体前面では岸方向の波の影響が大きく壁面の波圧はかなり高いものと考えられる。(b)は峰から静水面に水位が下降する時を示している。堤体前面付近では鉛直下向きの流れが確認できるが、天端からの戻り流れは認められない。(c)は静水面から谷に水位が下降している場合を示している。(b)の峰から静水面では見られなかった戻り流れが、堤体前面の鉛直下向きの流速ベクトルより認められる。堤体部より流れ落ちている状況が鉛直下向きのベクトルとなり表れていると考えられる。また、堤体背後領域では、循環と戻り流れの影響により水位が低下が少ないことも確認できる。(d)は水面が谷近くにある状態であり背面では、依然循環と戻り流れによる影響により水面が下がっていない。また、堤体前面で、次の波による水面の上昇の過程が伺える。(e)については谷から静水面に水位が上昇している状況で、次の波が堤体に近づき再び(a)のような流況になると予想される。背後領域では先に越波した流体塊によって形成された循環流れがそのまま確認できる。

3. 3 渦度 Fig. 4(a)は、Fig. 3(a)と同時刻における渦度を示したものである。図において、堤体付近の前面で負、背後で正の大きな渦度が発生している。Fig. 3(a)との対応から循環渦の中心近くで大きな渦度が発生していることが確認される。(b)は静水面から谷に水位が下降している状況であり、背後領域では大きな正の渦度認められ、越波時における流体塊の運動によって生じた流れが存続しているものと考えられる。

4. あとがき

今後、これらの詳細な測定結果を数値計算の検証データとして活用してゆきたい。

参考文献

落合他：「鉛直壁天端による部分重複波の水面変動と反射特性について」海洋開発論文集 Vol. 9 (1993, 165～170, 2) 落合他：「波浪制御に及ぼす薄鉛直堤周りの波流れに関する実験的研究」海洋開発論文集 Vol. 13 (1997, 603～608) 南：「潜堤上の戻り流れによる砕波の流速場の時間変化」海洋開発論文集 Vol. 13 (1997, 603～608)

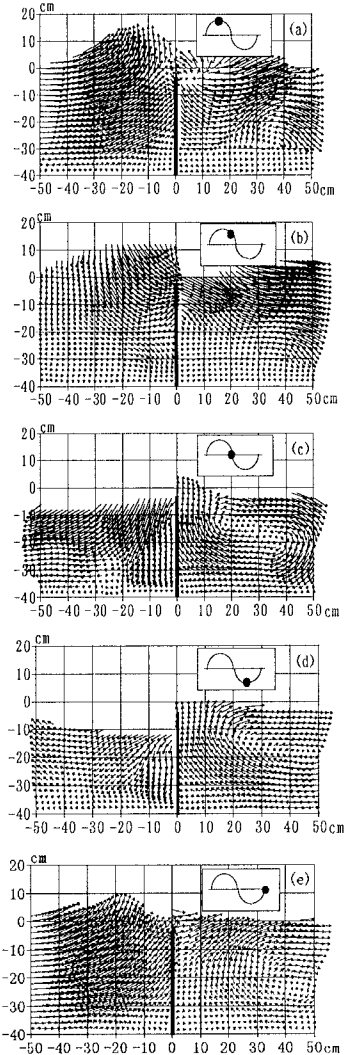


Fig. 3 流速ベクトル図

$H_c/h=0.1$ $H_i/L=0.0051$

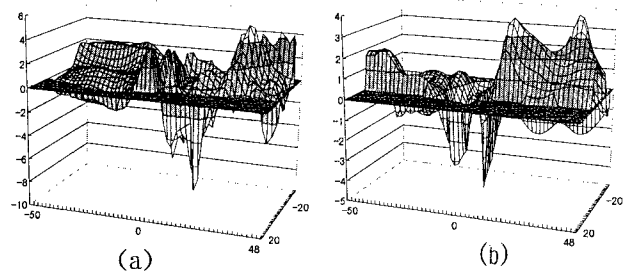


Fig. 4 渦度