

60度強の急角度入射波に対する低天端消波ブロック被覆堤の波力特性に関する実験的研究

国土交通省中部地方整備局名古屋港湾空港技術調査事務所
 国土交通省中部地方整備局名古屋港湾空港技術調査事務所
 国土交通省中部地方整備局名古屋港湾空港技術調査事務所
 国土交通省中部地方整備局名古屋港湾空港技術調査事務所
 玉野総合コンサルタント(株) 流域技術部 正会員
 玉野総合コンサルタント(株) 流域技術部

杉栄一郎
 吉村藤謙
 梶 浩太
 榎本 葵
 ○ 森川高德
 池尾 進

1. はじめに

筆者らは、平成 27, 29 年度に、消波ブロックが堤頭部から任意距離離れた位置から始まる配置のもと、60 度強の急角度入射波が来襲する条件での消波ブロックの安定特性を検討した。その結果、上手の消波ブロックが無い工区から沿い波が発達しながら来襲するため、消波ブロックは被害を受けやすくなり、計算質量の数倍のブロックが必要となることを明らかにした。これに引き続き、本研究は、60 度強の急角度入射波を受ける防波堤（図-1）について、消波工が施工途中で、その上手側が低天端となっている条件を想定し、そのケーソンに作用する波力特性を平面水理模型実験により把握し、今後の防波堤設計の基礎資料に資することを目的とした。

2. 実験方法

実験は、国土交通省中部地方整備局名古屋港湾空港技術調査事務所伊勢湾水理環境実験センターが所有する平面水槽（図-1）において、表-1 の条件で実施した。実験対象とした防波堤は延長 500m で、施工途中のため、消波ブロックは 1~16 号函まで設置され、そのうち、上手側の 3 函（14~16 号函）前面は低天端（天端高 D.L.-4.7m）であり、それよりさらに上手の約 180m は消波ブロックの無い区間となっている（図-2）。実験では、14~16 号函の各ケーソンの前面に 3 ライン（3 函併せ 9 ライン）の配置で波圧計を、背面に三分力計を設置し、波圧及びケーソン全体に作用する波力の特性を検討した。

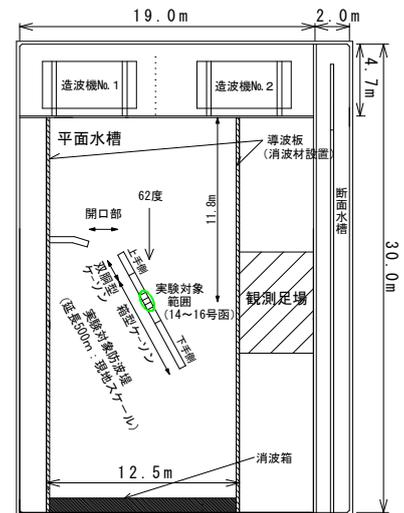


図-1 実験水槽

表-1 実験条件

縮尺	波 No	潮位 (m)	波の種類	波浪条件		入射角 (度)
				波高 H (m)	周期 T (s)	
1/60	1	H. W. L. +1.7	規則波	11.7	15.9	62
	2	L. W. L. ±0.0	規則波	11.0	15.9	

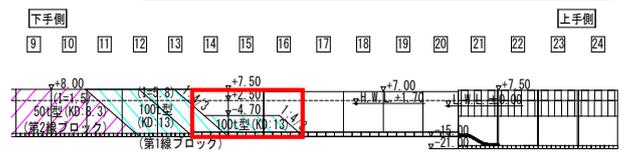


図-2 消波ブロックの配置

3. 研究結果

(1) 波圧分布特性

消波工が低天端の場合、疑似的なマウンドの役割（=高マウンド）を果たし、ケーソン壁に衝撃砕波圧が発生する可能性があることが指摘されている。ここでは、低天端消波工による計算上の増大波圧値と実験値の比較により、その影響度を検討する。図-3 は、H.W.L.時での高マウンドを考慮した計算波圧とピーク合力時の実験波圧の比を示したもので、図中の赤破線内が計算波圧が増大した部位である。これをみると、L9, L8, L5 を除くほとんどの部位で波圧比は 1.0 未満となっている。このことから、ピーク合力は低天端消波工による衝撃的波圧の影響を受けていないと判断される。ここに、L9, L8 は低天端消波工

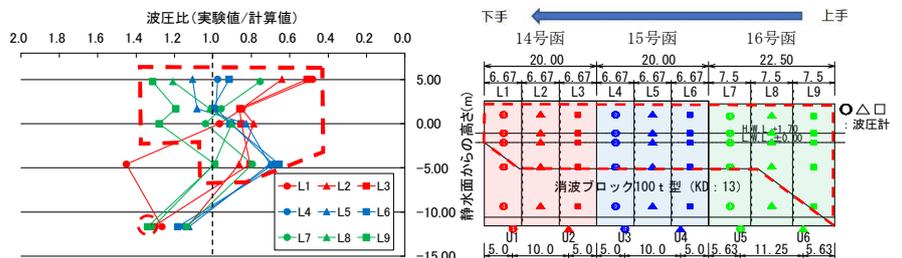


図-3 衝撃砕波圧を考慮した波圧比分布 (H. W. L.)

の増大波圧値と実験値の比較により、その影響度を検討する。図-3 は、H.W.L.時での高マウンドを考慮した計算波圧とピーク合力時の実験波圧の比を示したもので、図中の赤破線内が計算波圧が増大した部位である。これをみると、L9, L8, L5 を除くほとんどの部位で波圧比は 1.0 未満となっている。このことから、ピーク合力は低天端消波工による衝撃的波圧の影響を受けていないと判断される。ここに、L9, L8 は低天端消波工

キーワード 急角度入射波, 低天端消波ブロック, 衝撃砕波圧, 回折波, 平面水理模型実験
 連絡先 〒461-0005 名古屋市東区東桜二丁目 17 番 14 号 TEL 052(979)9303, FAX 052(979)9273

のスタート地点に位置することから、当該部で波圧比が 1.0 を大きく超えた要因は、急角度入射波による沿い波の発達の影響と判断できる。その他、低天端消波工に覆われた L1 の-5m 地点、L1~L8 の-12m 地点で波圧比が 1.0 を超えている主要因も、沿い波の発達の影響である。

(2) 波圧合力比及び水平波力比特性

図-4 の上段は、ケーソン前面における各ラインの波圧合力比（実験値/合田式による計算値：以降、合田値と呼ぶ）を示したものである。ただし、合田値は低天端消波工による波圧増大効果は考慮していない。

これをみると、H.W.L.時が 1.1~1.3 強、L.W.L.時が 1.0~1.3 強の範囲にあり、合田値を上回る結果（=1.0 以上）となっている。なお、変化傾向をみると、上手の L9, L8 で最も高く、その後、下手に向けて概ね、漸減している。上手で高まる要因は、前項のとおり、斜め入射波による沿い波の発達の影響を強く受け、加えて、消波ブロック際での擾乱なども発生するためである。その後、下手にかけて低天端消波工による砕波・波高減衰が生じるため、波圧合力比が漸減している。

図-4 の下段は、波圧合力から算出した各ケーソンの最大水平波力について、その水平波力比（実験値/合田値）を示したものである。これをみると、H.W.L. 時が 1.1~1.2、L.W.L. 時が 1.0~1.2 の範囲にあり、最上手の 16 号函で最も高いが、波力比自体は各ケーソンに属するラインの波圧合力比（図-4 上段）の平均に比べ小さくなっている。これは、波が 60 度強の急角度で入射することで合力のピーク時刻がずれるためであり、斜め入射波が持つ優位性の 1 つといえる。

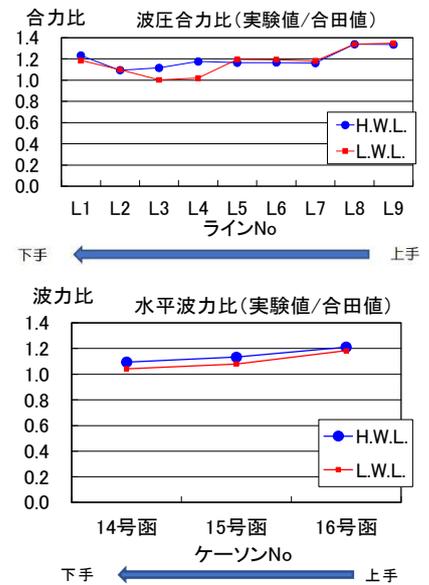


図-4 波圧合力比及び水平波力比の特性

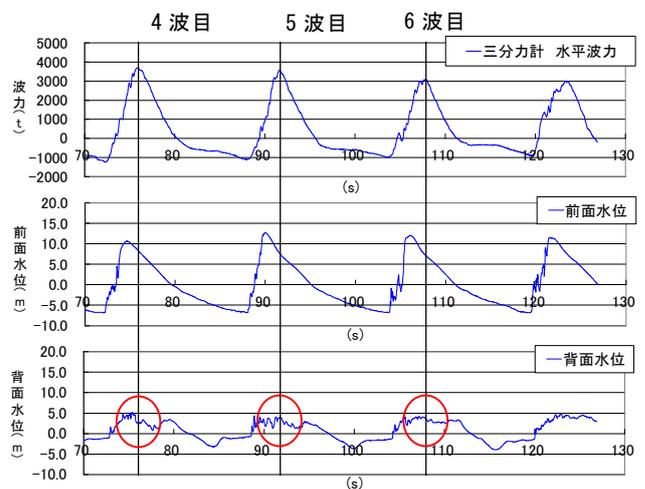


図-5 波力と前面・背面水位の時系列特性

(3) 回折波が波力に及ぼす影響

ここでは、ケーソン全体に作用する水平波力について、開口部から進入する背面の回折波による影響を時系列の観点から検討する。図-5 は 16 号函を対象に、ケーソン全体に作用する H.W.L.時の三分力計による水平波力とケーソンの中央付近で測定した前面・背面水位の時系列を示したものである。これをみると、水平波力と前面水位のピーク時刻が近似しており、押し波のピーク時付近に水平波力が最大になることを示している。次いで、背面水位をみると、位相は前面水位と同様で、前面の押し波時に背面の水位も 0 位より高くなっている（図中赤丸）。これは、波が 60 度強の急角度で入射するためである。前面と背面の水位が同位相となることは、水平波力最大時に背面から前面に押し返す波力が作用していることを意味する。以上のことより、波が 60 度強の急角度で入射する場合、回折波は滑動・転倒の抵抗力として作用しているものと判断される。

4. 主要な結論

本研究で得られた急角度入射波に対する低天端消波ブロック被覆堤の波圧・波力特性の主要な結論は、以下のとおりである。

- (1) 低天端消波工に起因した衝撃砕波圧は発生しない。一方で、消波工の無い上手区間からの沿い波の発達により直立部の多くの部位で合田値を超える波圧が発生する。
- (2) 波の作用時刻は上手から下手に向けて遅れるためケーソン全体に作用するピーク波力が抑制される。
- (3) ケーソン前面波と背面に回り込む回折波が同位相となるため、押し波時にケーソン背面から押し返す力が発生し、ピーク水平波力が抑制される。