

不規則な重複波の波圧

永井 莊七郎*・時川 和 夫**・大坪 崇彦***

1. 緒 言

昨年秋の第 12 回海岸工学講演会においては、直立壁における浅海波および深海波の重複波に対して、実験値に比較的良く合う実用的波圧公式（最大同時圧力式）A 式および B 式を発表した¹⁾。今までの実験は、

- ① 水底が水平である。
- ② 直立壁は静水面上十分な高さを持っていて、全く越波を生じない。
- ③ 水面波に影響をおよぼすような強い風がない。
- ④ 波は規則波である。

という条件のもとで行なった『規則正しい重複波』であった。したがって直立壁前面における重複波の波高も侵入波高 H のほぼ 2 倍であった。ただし静水面上下に H ではなく、静水面上の波頂までの高さはほぼ $(1.1 \sim 1.2)H$ で、静水面下の波の谷までの高さはほぼ $(0.8 \sim 0.9)H$ であった。

しかし実際に築造される直立防波堤においては、

- ① 海底が水平でない場合が多い。
- ② 大部分の防波堤においては、暴風時には天端上を越波する、しかもその越波量は相当多量である場合が多い。
- ③ 水面には強い風が吹いている。
- ④ 波は波高、周期、波向などが異なった不規則波である。

それゆえ、今回の実験においては、上記の①、②、③の三つの不規則な要素を考慮した実験を行なった。

これら三つの要素と波圧との関係を正確に体系づけるためには非常に広範囲な実験が必要であるので、今後多くの実験を行なわなければならないが、今日までの研究の結果明らかになったことを発表する。

2. 実験方法

水底勾配、越波による影響を見る実験は中型波浪水槽（長さ 25 m × 幅 2 m × 高さ 1.2 m）で行なった。水底の斜面は鉄板で作し、その勾配を 1/20 とし、前面水深 $h_1 = 53.3$ cm、直立壁前面から水平部までの長さを 600 cm

とした。実験に用いた波の波長は $L = 250 \sim 670$ cm である。直立壁は木製で、十分な高さを有して越波させない場合と、静水面上天端までの高さ $H_c = 7.5$ cm で多量に越波させた場合とについて実験した。

実験の種類は、①水底勾配 1/20 で越波しない場合、②水底勾配 1/20 で越波する場合、について行ない、それらの場合の直立壁に働く最大同時圧力の合力をそれぞれ P_{e1} および P_{e2} で表す。そしてこれらを水底が水平で越波しない場合の実験値 (P_{e0}) と周期 T 、波形勾配 H/L 、相対水深 h/L がほぼ同じである場合について、最大同時圧力の鉛直分布およびその合力を比較した。

つぎに風による影響は風洞付波浪水槽（長さ 23 m × 幅 1 m × 高さ約 1.5 m）を用いた。水底は木で $i = 1/100$ の勾配を取りつけ、前面水深 $h_1 = 33.3 \sim 36.7$ cm とした。直立壁は静水面から天端までの高さを $H_c = 13.3 \sim 16.7$ cm として波を越波させた。風は波浪水槽の上から水面に $V_m = 4.5$ m/sec のような風を送って実験を行なった。この風速は実験縮尺を 1/20 とすれば、現地では 20 m/sec に相当する。

実験の種類は、風がない場合と風速 $V_m = 4.5$ m/sec の 2 種類行ない、直立壁に働く最大同時圧力の合力をそれぞれ P_{e2} と P_{e3} で表す。

波圧計は 6 個同時に使用した。波高は直立壁前面と沖に波高計を 3 本取りつけて測定したが、水槽の片面がガラス張りであるので目測をも併用した。

3. 実験結果

(1) 水底の勾配の影響

図 1~4 は、水底が水平な場合と、1/20 勾配のある場合との最大同時圧力の強度、およびその鉛直分布を比較したものである。これらの図によって明らかなように、水底が水平な場合と、1/20 勾配のある場合とは波圧合力の比は $P_{e1}/P_{e0} = 0.99 \sim 1.04$ でほぼ等しい。つぎに最大同時圧力式 A 式との比較では $P_{e1}/P_A = 0.82 \sim 0.95$ である。

これらの結果から直立壁前面の水深 h_1 が侵入波高 H に比して十分に大きく ($h_1/H \geq 2.0$)、水底勾配が $i = 1/20$ およびそれよりゆるやかな場合には、直立壁におよぼす重複波の圧力はほとんど変化はないといって差し支えない

* 正会員 工博 大阪市立大学教授 工学部土木工学科

** 正会員 工修 大阪市立大学助手 工学部土木工学科

*** 学生員 大阪市立大学大学院学生 (修士課程)

図-1 水底勾配 (1/20) と越波が最大同時波圧におよぼす影響

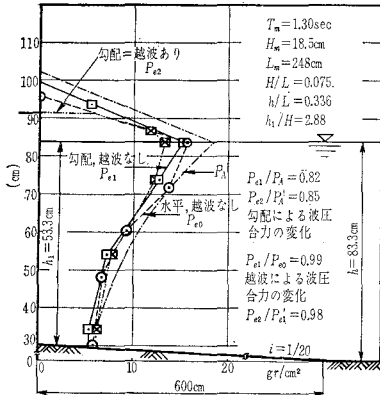


図-2 水底勾配 (1/20) と越波が最大同時波圧におよぼす影響

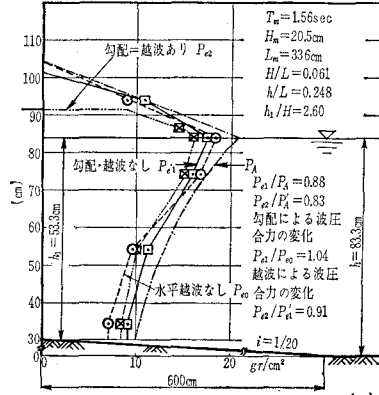


図-3 水底勾配 (1/20) と越波が同時波圧におよぼす影響

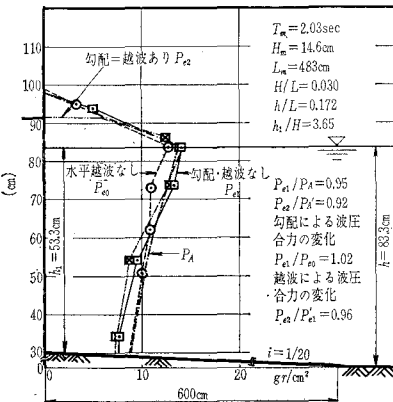


図-4 水底勾配 (1/20) と越波が最大同時波圧におよぼす影響

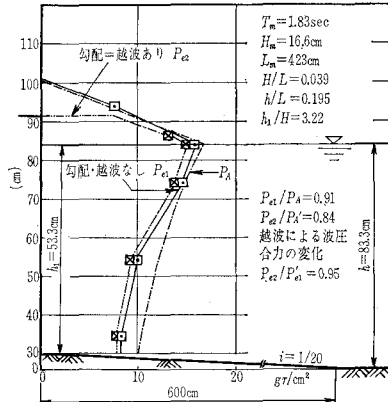


図-5 風が最大同時波圧におよぼす影響

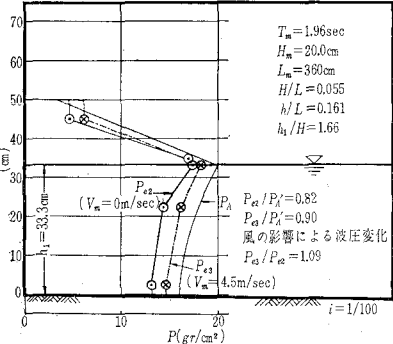


図-6 風が最大同時波圧におよぼす影響

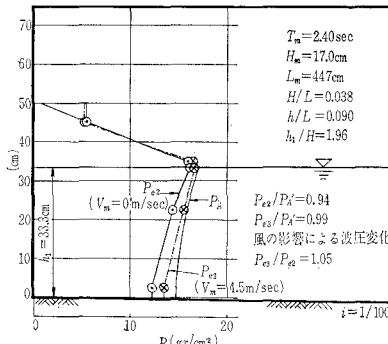
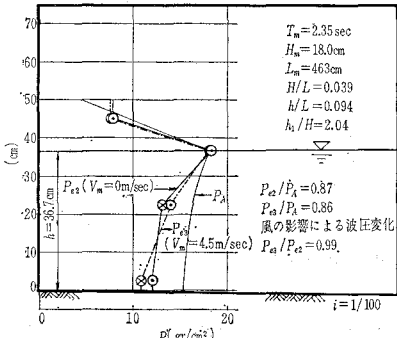


図-7 風が最大同時波圧におよぼす影響



い。

(2) 越波の影響

図-1~4 は、水底勾配が 1/20 のときに直立壁天端から多量に越波する場合と、越波しない場合との比較を示す。これらの図から明かなように、越波すると波圧強度は一般にわずかに減少し、波圧合力の比 P_{e2}/P_{e1} は 0.91~0.97 である。最大同時圧力式 A 式との比較では $P_{e2}/P_A' = 0.83 \sim 0.92$ である。ただし P_{e1} 、 P_A' は P_{e1} 、 P_A から直立壁天端以上の部分の圧力を差し引いたものである。

この結果から、直立壁の天端が低く相当量の波が天端を越す場合には、全く越波を生じない場合に比較すると波圧強度は一般に静水面付近から水底までわずかに減少する。

(3) 風の影響

図-5~7 は風がない場合と風速 $V_m=4.5$ m/sec の場合との比較を示す。この実験例からわかるように、波圧強度は風がある場合はない場合とほぼ等しいか、わずかに増している。すなわち最大同時圧力の合力の比は $P_{e3}/P_{e2} = 0.99 \sim 1.09$ である。また風速 $V_m=4.5$ m/sec の場合、最大同時圧力式 A 式に対しては一般にわずかに小さく合力の比は $P_{e3}/P_A' = 0.87 \sim 0.99$ である。

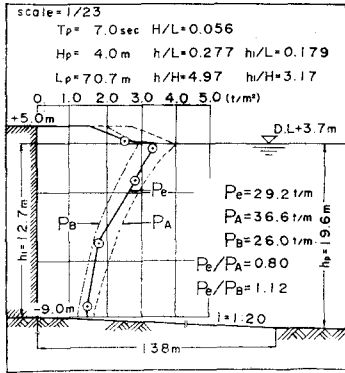
第 9 回海岸工学講演会においては水平で越波しない場合で風速 $V_m=4.5$ m/sec の実験結果を発表したが、今回は水底勾配が 1/100 で越波させた実験を行なった。その結果、直立壁におよぼす波圧強度および分布は前回行なった実験結果と同様に、風速 $V_m=4.5$ m/sec による影響は顕著でなかった。

4. 神戸港新防波堤に関する実験

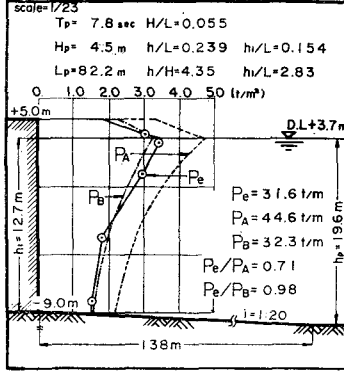
神戸港の現在の防波堤の沖側 (水深 D.L.-12.0 m) を埋立て新しい埠頭を建設する工事が昭和 41 年度から実施されているが、その外側に図-8 のような断面の防波

図一14~16 神戸港新防波堤に働く最大同時波圧と P_A , P_B との比較 (縮尺 1/23)

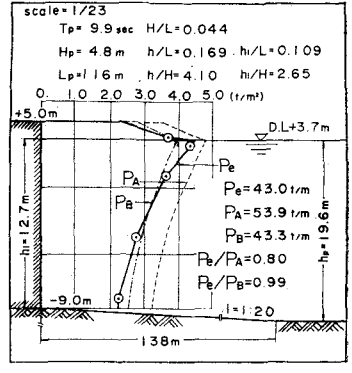
図一14



図一15



図一16



小さい。

越波する場合には波圧がわずかに減少することはすでに記したとおりであるが、この場合に波圧の減少の割合が大きいのは、防波堤天端が D.L.+5.0 m に対して実験に用いた潮位（設計潮位）が D.L.+3.7 m でかなり大きく、越波がはなはだしいためであると考えられる。またこの実験結果からわかるように、直立部基礎の捨石堤はその天端が低く、天端から静水面までの水深が 12.7 m で侵入波高の 2.6~4.0 倍もあるので、直立壁の波圧には全く影響をおよぼさないようである。

比較のため、基礎捨石堤の部分を 1/20 の一様勾配にし、模型の縮尺を 1/23 に変えて実験を行なったが、ほぼ同じ結果を得た。図一14~16 はその実験結果を示す。これらの実験結果は直立部前面の水深が侵入波高に対して十分に大きい場合には、基礎の捨石堤あるいは、水底勾配（ただし 1/20 前後かそれよりゆるやか）は直立部の波圧にはほとんど影響しないことを示すものである。

5. 結 論

以上の検討の結果からつぎのことが結論される。

① 直立壁前面の水深が侵入波高の (1.8~2.0) 倍以上ある場合で、水底勾配が 1/20 前後か、それよりゆる

やかな場合には、水底勾配は波圧強度にはほとんど影響をおよぼさない。

② 直立堤の天端が低く、相当の越波を生ずる場合には、波圧強度は一般に一樣にわずかに減少する。

③ 風速 $V_m = 4.5$ m/sec (実験縮尺 1/20 の場合, $V_p = 20$ m/sec) 以下の場合には、波圧強度におよぼす風の影響はわずかであって、風がない場合に比してわずかに増す程度である。

以上のことから、海底勾配がほぼ 1/20 あるいはそれよりゆるやかな海中に、設計波高のほぼ (1.8~2.0) 倍以上の水深を有するような直立防波堤を築造する場合には、風速 $V_p = 20$ m/sec 前後の暴風時でも、直立堤前面には重複波に近い波が起こり、その重複波の最大同時圧力の波圧強度およびその鉛直分布は、浅海波においては A 式、深海波においては B 式によって計算してよく、波圧強度が A 式あるいは B 式以上の値を示すことはまれであるといえることができるであろう。特に直立堤の天端が低く、多量の越波を生ずるときには、波圧は越波しない場合に比して減少するから、一層安全である。

参 考 文 献

- 1) 永井莊七郎：浅海波および深海波の重複波の圧力式，第 12 回海岸工学講演会講演集，1965。