

# 난간 越波時 사람의 轉落防止를 위한 研究

— 親水性 港灣 構造物에 관한 水工的 研究(第3報)—

(完)

高橋重雄 · 遠藤仁彦 · 室善一朗

## 6.2 轉落限界時 波高의 算定

(1) 波高와 밀어닥치는 높이와의 관계

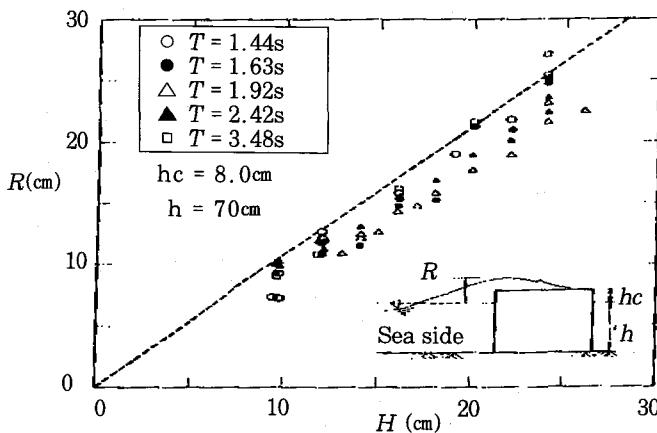
[그림-35]는 파고H와 밀어닥치는 높이R(靜水면을 기준으로 한 것)와의 관계를 도시한 것인 바, 前掲의 [그림-6]의 수평천단형의 堤體

에서 난간을 설치하지 않은 때의 실험결과이다.

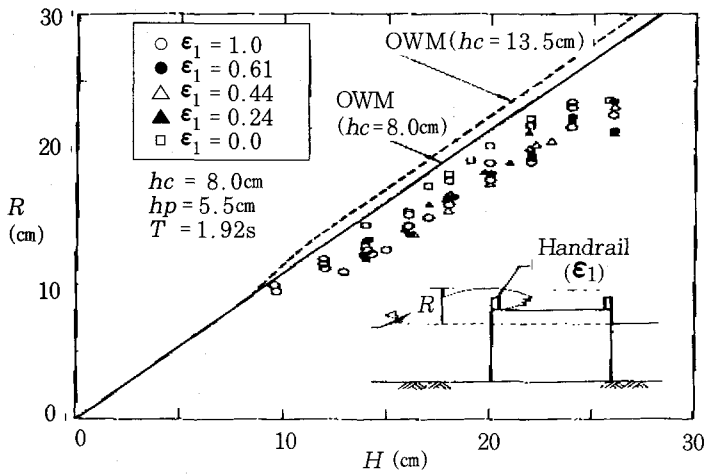
실험주기는 1.44S ~ 3.48s의 5주기이다. 또 도면중의 점선은 월파수의 운동모델에 의한 계산치이고 산정식은 前掲式(1)~(4)로 표시된다. 그리고 월파수의 운동모델에서는 주기의 영향을 고려하고 있지 않으므로

각 주기의 실험치에 대하여 1개의 선으로 되어 있다. 실험치에서는 파고가 커지면 당연히 밀어닥치는 높이도 커지고 그 관계는 거의 비례 관계로 되어 있음을 알 수 있다. 주기에 의한 차이는 비교적 작으나 주기 1.92S에서는 밀어닥치는 높이가 약간 작고 주기 1.44S이나 3.48S에서는 약간 크게 되어 있다. 또 계산치는 실험치의 상한치를 나타내고 있고 월파수의 운동모델이 대략 타당하다는 것이 이번의 실험결과로 부터도 인정된다.

[그림-36]는 난간이 있을 경우의 파고와 靜水面上의 밀어닥치는 높이 R와의 관계를 도시한 것이다. 또한 실험파는 주기 1.92S만을 대상으로 하고 있다. 실험은



[그림-35] 난간이 없을 때의 파고 H와 밀어닥치는 높이 R(정온수면을 기준)과의 관계



(그림-36) 난간 설치시의 파고 H와 밀어닥치는 높이 R(w정은 수면을 기준)과의 관계

항외측의 난간 개구율이 0~0.61까지의 4종류와 난간이 없는 것(도면중에는  $\epsilon_1 = 0.1$ 로 표시하고 있다)을 행하고 있다.

또 도면중에는 월파수의 운동모델에 의한 계산치도 아울러 표시하고 있고 실선이 天端높이 8cm(난간을 설치하지 않은때의 계산치에 일치)에서의 계산치를 또 점선이 天端높이 13.5cm(堤體의 天端높이에 난간의 높이를 더한 것)에서의 계산치를 나타내고 있다.

난간이 없는 조건의 실험치는 동일한 조건에서의 계산치에 비하여 약간 작게 되어 있다. 이것은 前掲의 [그림-35]에서 설명한 바와 같이 주기 1.92S의 실험치

가 다른 주기 가운데에서도 하한치로 되어 있기 때문인바 다른 주기의 실험결과를 합치면 거의 계산치에 일치한다고 생각된다. 비교적 개구율이 큰 난간( $\epsilon_1 = 0.44, 0.61$ 의 2종류)을 설치한 조건에서의 실험치에서 난간이 없는 것과 밀어닥치는 높이가 거의 동일하게 되어 있는 것이 개구율 0.24의 난간이나 불투과한 난간( $\epsilon_1 = 0.0$ )에서는 다른 조건보다도 밀어닥치는 높이가 약간 크게 되어 있음을 알 수 있다.

제1보의 검토에 의하면 天端높이가 클수록 밀어닥치는 높이는 커지는 경향이 확인되고 있다. 항외측제단에 불투과한 난간을 설치한 경우

에는 天端높이가 난간의 높이만큼 올라가는 것과 같은 것이며 그 조건에서의 밀어닥치는 높이가 다른 것보다 크게 되어 있음을 이때까지의 知見과 일치하고 있다.

따라서 비교적 투과성이 높은 난간에서는 밀어닥치는 높이에 미치는 난간이 영향이 작다고 생각하고 밀어닥치는 높이의 산정에는 난간이 없는 조건에서의 월파수의 운동모델을 사용할 수 있다. 또 투과성이 낮은 난간이나 불투과인 난간에서는 天端높이가 난간 높이만큼 높다고 보고 월파수의 운동모델을 사용하는 것으로 한다.

아래의 식은 난간을 고려한 경우의 계산상의 天端높이 hc를 나타낸 것인바 난간의 영향이 있는 개구율로서 0.4이하를 생각하는 것으로 하였다.

$$hc^* = hc : \epsilon_1 < 0.4$$

$$hc + hp : \epsilon_1 \geq 0.4$$

실험치와 계산치를 비교하면 모두 실험치 쪽이 작게 되어 있는데 투과성의 난간과 비투과성의 난간의 상대적인 관계는 양자 모두 거의 같은 경향을 나타내고 있음을 알 수 있다.

(2) 전략한계시 파고의 산정 방식

월파수의 운동모델에서는 월파시에 있어서의 파고와 밀어닥치는 높이의 관계가 線形관계는 아니고 파고와 天端높이와의 비를 주된 파라미터로 하여 波頂高比(정수면을 기준으로한 밀어닥치는 높이와 피고와의 比)가 변화한다.

따라서 난간등의 조건에 의하면 전략한계 밀어닥치는 높이가 결정되었다 하더라도 堤體의 天端높이에 의하여 그때의 파고가 변화한다.

월파수의 운동모델로 표시하면 式(13)에 의하여 전략한계시의 파고  $H_{md}$ 가 표현된다. 또 불규칙파로 생각할 때에는  $H_{md}$ 를 최고파고에 대응한다고 생각하여 전략한

계시의 유의파고  $H_{sd}$ 를 구한다. 또 그때의 유의파고와 최고파고와의 관계는 약 2000파정도의 계속시간의 기대치를 고려하여 式(14)로 나타내고 있다.

[그림-37]은 실험파고  $H$ 를 式(13)으로 계산되는 전략한계파고  $H_d$ 로 무차원화한 것과 전략률  $P_d$ 와의 관계를 도시한 것이다.

이에 의하면 실험에 있어서의 전략은 계산으로 구한 전략한계파고의 약 1.2배 정도의 파고에서 발생하고 있음을 알 수 있다.

또  $H/H_d$ 와 전략률과의 관계는 난간의 종류에 의하지 않고 대략 같은 경향을 나타내고 있다.

따라서 계산으로는 실제보다는 약간 큰 전략한계 파고가 산정되어 있으나 난간의

개구율에 의한 相違는 거의 표시할 수 있다고 생각되며 式(13)으로 나타내는 계산법이 거의 타당하다는 것을 알 수 있다.

7. 요약

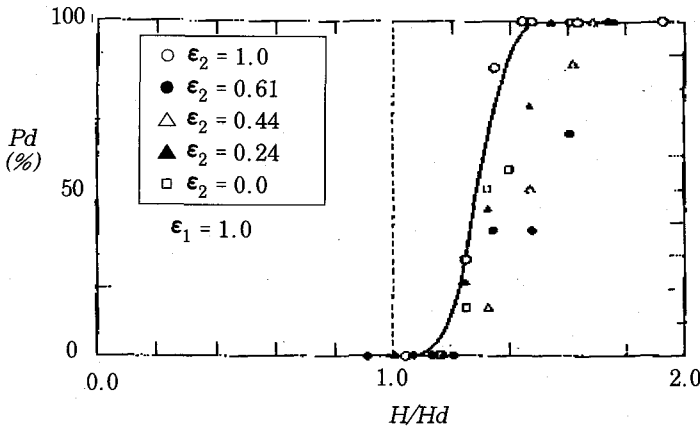
본 연구에 의하여 아래의 중요한 결과를 얻을 수 있었다.

(1) 방파제상의 항외측에 설치한 난간에는 월파시에 난간 배후의 수위를 저감시키는 효과가 있다.

이것은 난간 개구율이 작을수록 수위가 저감하는 경향이 있다. 또 방파제상의 항내측에 설치한 난간에 의하여 월파시에 난간 위치에서 수위의 증가를 볼 수 있다. 난간의 개구율이 낮고 투과성이 작아질수록 물의 불어남은 커진다.

이 항내 및 항외측의 난간이 미치는 수위에의 영향을 각각 난간의 개구율과 높이를 파라메트로 하는 실험실에 의하여 표시하였다.

(2) 월파시에 사람이 방파제(天端面이 수평인 통상의 混成堤)로 부터 바다속으로 전략할 때에는 항내측으로 떨어진다.



(그림-37) 轉落限界無次元波高  $H/H_d$ 와 轉落率  $P_d$ 와의 關係

그 전락상황은 항내측 난간의 형상에 의하여 상이하고 투과성이 높은 난간에서는 사람은 수평으로 이동하여 전락하는데 대하여 투과성이 낮으면 난간 위치에서 사람이 위쪽으로 밀어 올려져서 전락한다.

사람이 전락하는 조건은 항내 측단에서 난간위의 최대수위가 신장의 17%로 된 때이다.

(3) 항외측 난간의 개구율이 작을수록 또 항내측 난간의 개구율이 클수록 전락한 계시의 밀어닥치는 높이는 커지고 전락하기 어렵게 된다. 전형적인 조건에 있어서의 전락한계 밀어닥치는 높이를 제안할 수 있었다.

예컨대 수평천단형의 堤體에서 항내 및 항외측의 양단에 柵型의 난간을 설치한 경우 전락한계 밀어닥치는 높이는 2.1m로 된다.

이에 대하여 난간이 없는 경우에는 겨우 0.7m이고 난간에 의하여 안전성이 상당히 높아지는 것을 알았다.

(4) 월파수의 운동모델을 기초로 하여 파고와 밀어닥치는 높이를 연관지어 전락한계시의 유의파고나 최고파고가 산정 가능한 식을 제안하였다.

(5) 파라페트 후퇴형의 堤體의 경우에 대해서도 동일한 검토를 하고 있다.

① 堤體前面의 최대수위는 난간의 개구율이나 파라페트 위치의 변화에 불구하고 파도가 빠질 때가 밀려올때의 약 0.6배로 되는 것을 알았다.

② 파라페트 후퇴형에 있어서 사람이 전락할 경우 파도가 밀려올 때에 따라 파라페트 쪽으로 이동한 뒤에 파라페트에서 반사한 파도가 빠질 때에 항외측으로 이동하여 전락한다.

③ 파라페트 후퇴형의 경우에는 빠질 때에 있어서의 항외측단의 최대수위가 수평천단형의 堤體와 같이 신장의 17%로 된 때이다.

또 전락한계시에 있어서의 밀어 닥치는 높이는 항외측의 난간을 설치하고 있을 때에는 전락한계시의 밀어닥치는 높이가 2.3m이고 난간이 없는 경우는 0.5m로 된다.

본 연구를 포함하는 지금까지의 일련의 연구에 의하여 파랑에 대한 방파제상의 사람의 위험의 특성이 명백해지고 여러가지 위험을 정량적으로 파도의 밀어닥치는 높이나 파고를 제시하기가 가능해졌다.

또한 방파제상의 위험은 ① 물보라가 발생하는 상황 ② 월파가 발생하는 상황 ③ 월파수에 의하여 전도하는 상황 ④ 월파수에 의하여 바다속으로 전락하는 상황의 네가지를 대상으로 하고 있고, 본 보고에서는 ④에 대하여 명백하게 하여 왔다. 또 이들 성과에 의하여 파랑에 대한 친수성 시설에서 사람의 안전이 평가될 수 있게 되었다.

즉, 시설의 가동율이나 각 위험상황이 생기는 확률을 산출할 수 있게 되고 시설의 안정성을 頻度的으로 평가할 수 있다. 그 위에 시설이 入園禁止가 된뒤 각 위험이 될 때까지의 여유시간을 계산할 수 있고 시설의 안정성을 시간적으로 평가할 수 있게도 되었다.

지금까지는 주로 단면적인 검토로 사람의 안전을 검토하여 왔으나 실제로를 평면적인 월파특성에 의거한 사람의 안전성의 검토도 중요하고 금후의 검토과제의 하나이다. 또 사람에 대한 시설의 안전성의 평가를 실제로 시설의 설계단계나 운용단계에 응용해가는 일도 중요한 과제의 하나라고 생각하고 있다. ㉔