

# 난간 越波時 사람의 轉落방지를 위한 연구

- 親水性 港灣 構造物에 관한 水工的 研究(第3報) -

(2)

高橋重雄<sup>1)</sup> · 遠藤仁彦<sup>2)</sup> · 室善一朗<sup>3)</sup>

## 2. 실험의 개요

(1) 實驗水路 및 堤體模型 실험을 [그림-5]에 도시한 길이 163m, (造波板前面에서 消波裝置까지는 150m) 폭 1.0m, 깊이 1.5m의 긴수로에서 시행하였다. 堤體模型은 造波板에서 100m의 水平床에 설치하고 堤體位置에서의 실험수심은 70cm로 하였다. 또 실험파는 규칙파로 하고 주기는 1.44~3.48s의 5종류로 하였다. 이때 상대수심

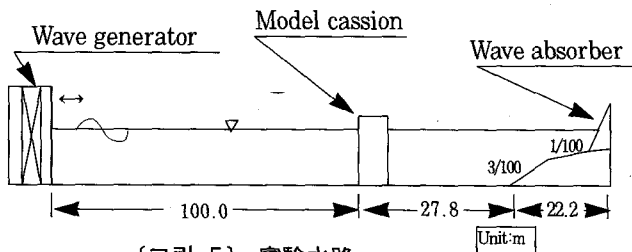
H/L은 0.08~0.249가 되고 실험축적 1/20을 상정하여 현 지수심을 14cm라 생각하면 현 지주기는 6.4~15.6s에 해당한다. 또 파고와 밀어닥치는 높이를 검토할 때에는 이 5주기를 대상으로 하였으나 사람의 전략에 관한 실험에서는 주기 1.92s(현지환산 8.6s)을 중심으로 실시했다. 파고는 파고수심비 H/h로 0.1~0.37로 하였다.

堤體模型은 다음에 제시하는 2종류의 것을 사용하고 있다.

① 水平天端型(通商의 混成 堤를 대상)

② 파라페트 後退型(후퇴한 위치에 파라페트가 있는 호안을 대상)

[그림-6]은 수평천단형의 실험모형을 도시한 것이고 단형케이스의 직립제로 케이스 형상으로서의 일반적인 것이다. 천단고높이는 8.0cm, 천단폭B가 82cm이고 천단상의 항의측 제단과 항내측 堤端의 2개소에 설치될 수 있도록 되어 있다. 또한 본 논문에서는 다음에 설명하는 파라페트 후퇴형에 대하여 이 형상을 수평천단형이라 부르고 있다. [그림-7]은 파라페트 후퇴형의 堤體模型을 도시한 것이다. 통상 파라페트는 제체전면에 설치되는 일이 많은데



[그림-5] 實驗水路

1) 日本 港灣術研究所 水工部 耐波研究室長

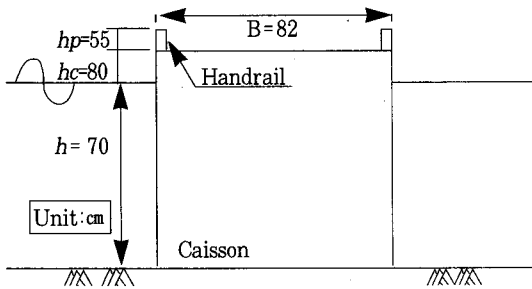
2) 日本 港灣術研究所 水工部 耐波研究室

3) 日本 港灣術研究所 海洋水理部 海水淨化研究室

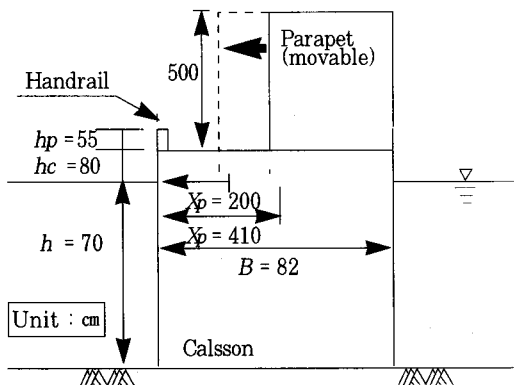
이 형상은 항내측으로 파라페트가 약간 후퇴하여 설치되어 있다. 방파제에서는 이와같은 형상은 그리 볼수 없으나 방파호안에 있어서 越波低減을 목적으로 하여 이와같은 형상의 것이 사용되는 일이 있고 친수성호안에서는 파라페트의 전면을 이용하는 일이 많다. 파라페트 후퇴형의 堤體는 방파제와 같이 前面수심이 비교적 깊은 방파호안을 상징한 것이다. 이 모형을 수평천단형 체체의 상부에 파라페트를

설치한 것이고 체체의 천단높이  $hc$ 는 똑같이 8.0cm이다. 파라페트의 높이는 하단의 천단면을 월파한 수위가 넘지 않도록 설정해 있고 그 높이를 50cm로 하였다. 또 파라페트의 위치는 항외측 堤端으로부터의 거리가 20,41cm의 2개소에 설치할 수 있고 그 항외측 堤端에는 난간이 설치될 수 있게끔 되어 있다.

(2)일반적인 난간형상과 난간모형



(그림-6) 實驗堤體 (水平天端型)



(그림-7) 實驗堤體 파라페트 後進型

콘크리트제의 것이다. 예컨대 茨城縣大洗의 낚시방파제에서는 책형의 난간이 설치되어 있고 和歌山縣 마리너시티의 친수성방파제의 항외측 堤端에는 파라페트와 겸용한 벽형의 난간이 설치되어 있다. 또 福岡縣新門司 마리너의 친수성 방파제에는 체인형의 난간이 채용되고 있다. 일반적으로는 책형이나 벽형을 선택하는 사례가 비교적 많아지고 있다.

[그림-9]는 책의 난간을 중심으로 하여 난간 형상을 조사한 결과를 보이는 것이다. 횡축에는 지주간격  $L$ 을 총축에는 지주의 직경  $D$ 를 취하고 있다. 白抜 흰 플롯(Plot)이 교량이나 도로등에서 사용되고 있는 난간 또는 전락방지책을 표시하고 흑색의 플롯이 친수성시설(방파제나 호안)에서 사용되고 있는 것을 나타내고 있다. 이에 의하면 친수성시설에서 설치하는 난간을 기타의 것과 비교해서 지주간격이 좁고 또한 지주의 직경이 커지는 경향이 있다. 이것은 친수성시설 특유의 위력으로서 월파시의 파력이 있고 심한 위력조건에 대하여 部材 강도를 확보하기 위하여 구조상 그와같은 특징으로 되어 있는 것으로 생각된다. 또 친

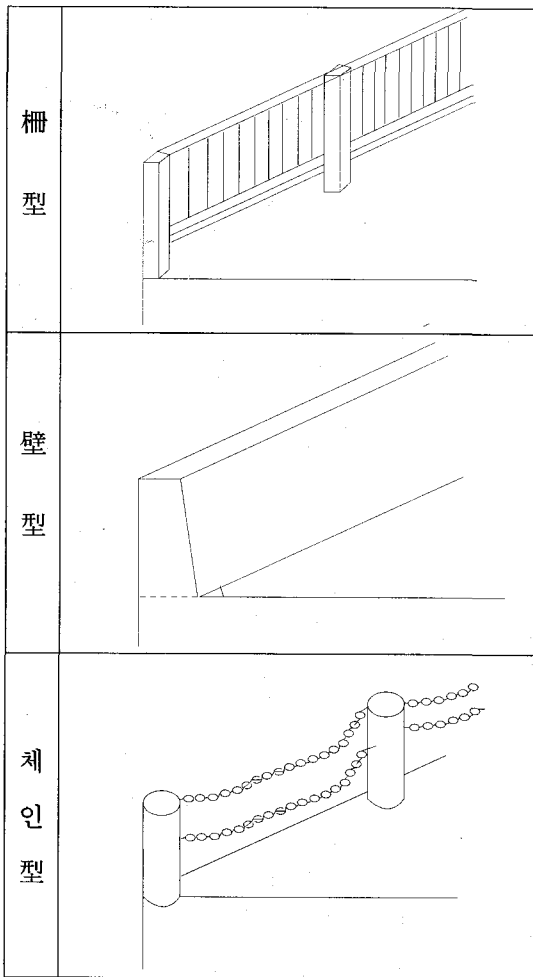
수성시설의 난간은 그 높이가 110cm정도의 것이 많다.

한편 난간의 開口部の 투영 면적을 전투영면적으로 나눈 것(여기서는 난간의 개구율이 라 부른다)으로 그 형상특성을 보면 교량등에서 사용되고 있는 일반적인 책형난간은 개구율이 0.65~0.85의 것이 많고 평균하여 0.78로 되어

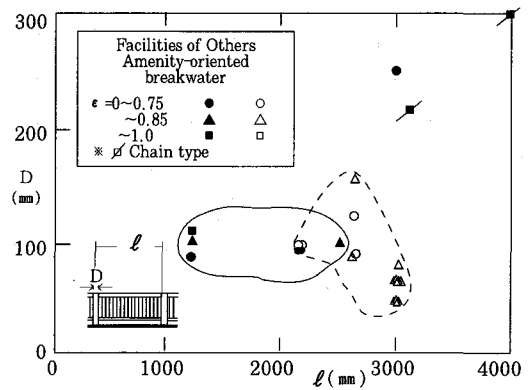
있다. 친수성시설에서 사용되는 책형의 난간은 지주간격이 좁게되어 있는 등의 이유로 일반적인 것과 비교하여 개구율이 약간작고 평균 0.69로 되어있다.

실험에서 사용한 난간모형은 실제의 난간에 비하여

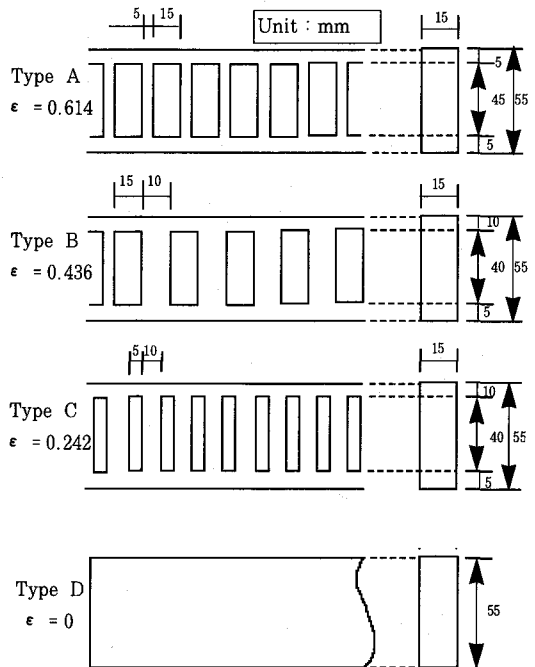
단순한 형상의 것을 고려하여 난간의 형상은 개구율을 바꾸는 것으로 표시하고 있다. [그림-10]은 난간모형의 정면도와 측면도를 나타낸 것이다. 대체로 전락방지를 목적



[그림-8] 난간形狀의 分類



[그림-9] 난간의 支柱間隔과 支柱徑과의 關係



[그림-10] 난간 模型

으로한 난간의 높이는 110cm 이므로 모형의 높이는 실험축적 1/20을 상정하여 5.5cm로 하였다. 난간모형은 4종류의 개구율(0.61, 0.44, 0.240)의 것을 사용하고 있다. 개구율 0.61은 일반적인 채형의 것을 상정하고 개구율은 벽형의 것을 상정하고 있다. 또 개구율 0.44나 0.24는 벽형에 구멍이 뚫린 것을 상정하고 있다. 또 실험에 있어서 이들 난간은 제체모형의 항외측과 항내측 제단에 설치되는데 본 논문 중에서는 각각의 위치의 난간 개구율을  $E_1$ (항외측)  $E_2$ (항내측)으로 하여 표시하고 있다.

### (3) 人體模型

다음에 서술하는 월파시의 사람의 전락 실험에서는 인체를 상징한 모형을 사용하고 있다. 실제의 인체형상은 복잡하나 실험에서 사용하는 인체모형에서는 단순한 형상을 고려하여 원주를 사용하는 것으로 하였다. 또 대상으로한 신장은 제2보에 있어서 전도한계의 기준치를 생각할때에 대상으로한 12세의 평균신장 152cm를 상정하고 실험축적 1/20에서 인체모형의 높이를 76mm로 하였다.

사람의 비중은 肺안의 공기

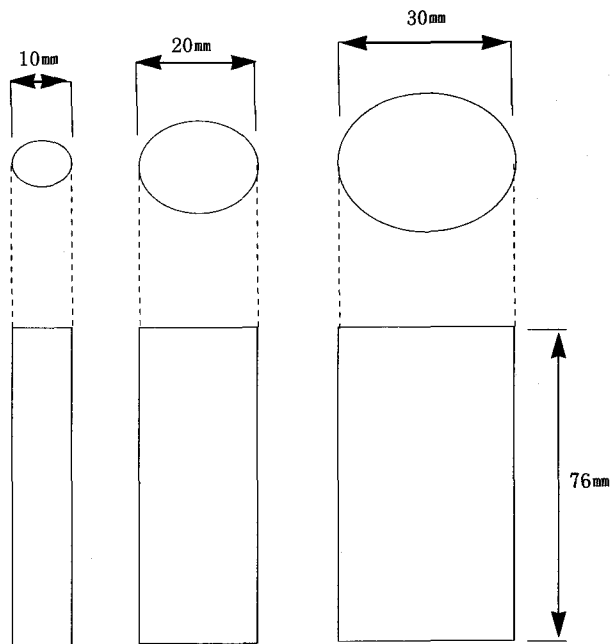
를 제거한 때의 1.05정도이나 폐의 영향을 고려하면 1.0보다도 약간 작아진다.

월파에 의하여 방파제상에서 전락할 때에는 의복을 착용하고 있으므로 그 영향으로 부력이 커질수록 또 수중 중량이 작아질수록 월파수에 의하여 흘러가기 쉽게되는 동시에 바다속으로 전락하기 쉽게 된다. 그래서 의복에 의한 부력의 영향을 고려하여 인체모형의 비중을 0.8로 하였다.

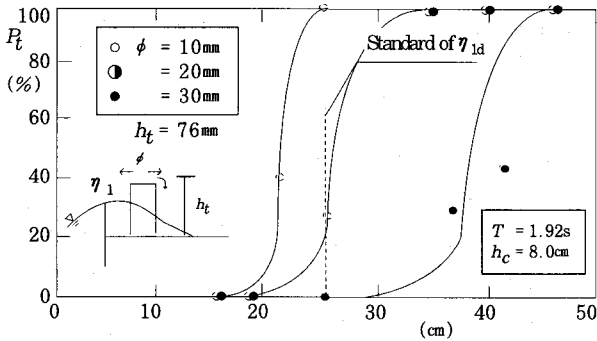
다음에 인체모형의 직경은 예비실험을 하여 월파로 인한 그 인체모형의 전도한계의 밀어닥치는 높이가 종래의 표준적인 값(실제크기로  $\eta_{1t}=50$

cm)에 가까워지는 것을 사용하기로 하였다. [그림-11]은 예비실험에서 사용한 인체모형을 보이는 것으로서 3종류의 모형으로 시행하였다. 예비실험은 수평천단형의 제체모형상의 항외측 제단에서 10cm의 위치에 인체모형을 설치해 놓고 규칙파를 일으켜서 월파시에 그 전도의 유무를 관측하였다. 또 한번 일어나는 파에 대하여 7~10波分轉倒의 유무를 관측하고 전도한 회수를 관측파수로 나누어 전도율  $P_t$ 로서 표시하였다.

[그림-12]는 예비실험의 결과이고 방파제 전면에서 파도가 밀어닥치는 높이의 각모형



(그림-11) 人體模型



(그림-12) 파도가 밀어닥치는 높이와 轉倒率

에서 전도율의 관계를 도시한 것이다. 횡축에는 제단천단면에서 밀어닥치는 높이를 취하고 종축에는 전도율  $P_t$ 를 취하고 있다. 이에 의하면 당연한 일이지만 밀어닥치는 높이가 어느 값이 되면 전도가 생기기 시작하고 밀어닥치는 높이가 커질수록 전도율이 상승함을 안다. 또 인체모형의 직경이 커질수록 전도하는 한계의 밀어닥치는 높이가 커지고 전도하기 어렵다는 것을 안다. 한편 표준적인 체형으로 신장 76mm(실제크기로 152cm)에 있어서의 전도한계시의 때리는 높이는 2.5cm(실제크기 50cm)이다. 때리는 높이 2.5cm, 인체모형 직경 10mm일때 전도율 100%, 직경 20mm일때 30%, 직경 30mm일때 0%로 되어있고 전도한계가 2.5cm로 비교적 가까워지는 것은 직경 20mm의 모형이다. 따라서 본 실험에 사용하는 인체모형은

누어서 아래의 2종류를 실시하고 있다.

- I. 越波水の 운동측정실험
- II. 轉落實驗

월파수의 운동측정 실험은 난간이 방파제상의 월파수의 운동에 미치는 영향을 파악하는 것을 목적으로 하여 방파제 전면의 때리는 높이와 방파제상의 수위, 유속을 측정하는 동시에 매초 200프레임의 화상을 구사할 수 있는 고속 비디오로 천단의 월파수면 형상을 측정하였다. 방파제상의 수위는 제체상의 3개소의 하부에 상자가 붙은 구멍이 뚫어져 있고 거기에 파고계를 설치하여 측정하고 있다. 유속의 측정에는 직경 3mm의 날개가 2매있는 프로펠러식 유속계를 사용하였다. 또 수평천단형의 제체에 대한 실험에서는 항내측과 항외측의 난간의 영향을 각각 나누어서 검토하기 위하여 항외측 제단에

직경을 20mm로 하기로 하였다. 만 난간을 설치한 실험과 항내측에만 난간을 설치한 실험을 따로따로 하였다.

(4) 실험내용과 측정방법 실험은 크게 나

다음에 전략실험은 ①월파시의 사람의 운동특성을 파악하는 일 ②전략하는 조건을 파악하는 일 ③난간에 의한 사람의 전략방지 효과를 명확히 하는 일을 목적으로 하여 시행하였다. 실험에서는 전술한 인체모형을 사용하여 월파시 인체모형의 운동을 고속비디오로 측정하였다. 또 측정은 한번 일어나는 파에 대하여 7波分, 전략의 유무를 반복하여 관측하였다.

수평천단형의 경우에는 항외측에 난간을 설치하지 않고 항내측에만 설치하고 있고, 주로 항내측 난간 근접에서의 인체모형의 움직임을 관측하였다. 파라페트 후퇴형에서는 항외측에 난간을 설치하여 파라페트에서 난간사이에서 인체모형의 움직임을 관측하였다. ㉔