한국해안· 해양공학회 학술발표논문집 (2008)
2008년 9월 25일-9월 26일
제17권, pp. 152-155

해안의 파의 쳐오름과 해안의 유니버설 디자인
Wave Run-Up Height on Beaches and Universal Design of Coasts

홍길표[1], 김규한[2], 문정석[3]
Gil Pyo Hong[1], Kyu Han Kim[2] and Jung Seok Moon[3]

1. 서 론

최근 우리들은 매스미디어에 의하여 해안 재해에 관한 내용을 자주 접하게 된다. 그 때마다 너울성 파도, 이상 고조, 이상 파고, 또는 기후 변화 등의 용어가 등장되고 있어, 기상청의 일기예보에 민감해진 국민들을 더욱 자극하는 것 같다. 그러나 해안수리현상은 지구 물리학적 현상으로 아직 해명되지 않은 현상이 많이 남아있고, 또 짧은 기간에 급변하는 현상이 아니기 때문에 해안 재해의 예방을 위해서는 보다 공학적인 접근이 필요하다고 생각 된다.

통상 해안, 항만을 이용하기 위해서는 구조물 설계에 적용할 수 있는 조위, 파의 쳐오름 높이 및 월 파량 등을 산정하는 방안이 확립되어 있으며, 수리모형 실험 등의 방법이 권장되고 있다. 따라서 정상적인 절차를 거쳐서 설계된 구조물을 축조하는 경우에는 문제될 만한 재해의 보고는 드문 일이다. 그러므로 최근의 해안 재해, 특히 인명 피해를 동반하는 재해는 해안, 항만 구조물의 목적과 다른 이용 시에 발생되는 일이 많다. 이는 근년 우리 사회의 life style의 변화에서 기인되는 친수 레저 기회의 증가에 따른 인명 피해가 많아지는 것으로 생각된다. 그러므로 이들 구조물의 설계에는 폭 넓은 기능을 고려한 성능 설계를 도입해야 할 것이며, 이때에는 universal design의 적용이 바람직한 것으로 판단된다.

본 논문에서는, 해안, 항만 구조물의 universal design 도입 시에 중요한 고려 사항이 될 수 있는 파의 쳐오름 특성에 대한 기존 연구 내용을 간단히 고찰하고, 해안 구조물에서 파의 쳐오름 도달거리에 대한 몇 케이스의 수리모형실험을 실시하여, 지난 2008년 5월 보령 해안 재해 등과 함께 검토하고 해안, 항만 구조물의 설계에 있어서 universal design을 도입하는 방안에 대하여 개념 수준의 제안을 하고자 한다.

2. 해안의 파의 쳐오름의 기존 연구 성과에 대한 검토

해안을 보전하거나 이용하기 위하여 축조 되는 구조물은 내습하는 파랑에 충분히 견딜 수 있는 내파 설계가 중요하지만, 이에 못지않게 그 목적에 합당한 구조형식, 규모, 높이 등에 대하여 다각적인 검토가 필요하다. 종래의 설계사고 방식은 내파 안정성이 주된 관점이었으나, 최근에는 환경성과 이용성을 고려하는 성능 설계의 설계사상이 자리 잡고 있다. 이 경우 이용에 있어서의 안정성에 미치는 주요인자인 파의 쳐오름 높이와 월파량은 중요한 요소이며, 많은 연구가 되어 있다.

해안에서의 파의 쳐오름 높이는, 그 해안에 내습하는 파랑의 특성, 해저 지형, 해안 경사면의 각도, 재료의 입경, 투수 계수에 크게 영향을 받

1 발표자: 관동대학교 공과대학 초빙교수
2 관동대학교 공과대학 교수
3 관동대학교 대학원 박사과정

고 있다. 또 해안에 구조물을 축조하는 경우에는 구조물 설치지점의 수심, 구조물의 구조 양식이나 형태, 비탈 경사, 규모 등의 영향을 받고 있다. 이와 같은 조건을 고려한 파의 처오름 높이를 산정한 연구는 규칙파에 대하여 주로 수행되었으며, Miche(1944)는 불투수성 경사면에 대한 파의 처오름 높이 R을 $\frac{R}{H_0} = \sqrt{\frac{\pi}{2\alpha}}$ 로 이론적 취급을 했으며, 경사면에서의 쇄파하는 조건식으로 한계각을 α_c로 하는 $\frac{H_0}{L_0} = \sqrt{\frac{2\alpha_c}{\pi}} \frac{\sin^2 \alpha_c}{\pi}$ 로 나타내고 있다. 또 Takada(1970)는 구조물 경사면에 대하여 파형 경사의 비선형성을 고려하여 한계각 α_c를 경계로 한 식을 제안하고 있으나, 작용파의 파형경사와 구조물의 사면 경사각만을 고려하여 경사면이 $\tan\alpha < 1/8$의 조건과 구조물 설치 지점의 수심이 쇄파 수심보다 큰 경우에 적용 가능하도록 되어 있다.

일반으로, 파가 처오를 때에는 비 선형성이 크고, 쇄파하면서 up rush 되는 경우가 많으므로 이론적 취급은 어렵기 때문에 Saville (1956), Toyosima (1965) 등 많은 연구자들에 의하여 산정도가 작성되어 있다. 최근에는 불규칙 파에 대한 파의 처오름 높이에 대한 연구 성과도 많이 축적되고 있다.

그러나 이와 같은 연구 성과는 일반적인 해안의 보전 시설 등의 축조 시에 활용은 가능하나, 비교적 주기가 길고 파형 경사가 매우 작은 파나, 간혹 나타날 수 있는 고립파 형태의 너울의 경우에는 구조물의 배면, 해안 암초, 경사가 급한 (예를 들면 $\tan\alpha > 1/2$) 제방 등에 작용 시에 의외의 up rush 단파의 쇄파 형태로 나타나는 등 예측하기 어려운 파의 처오름이 발생한다. 이러한 현상은 파가 작용하는 대상물의 경사 끝 수심과 사면 경사에 따라 많은 영향을 받는 것으로 생각되고 있으나 이에 대한 해답은 별로 없다.

3. 파의 처오름 도달 거리에 관한 실험

앞에서 파의 처오름에 대하여 몇가지 사항을 검토한 바와 같이 파의 처오름에 대하여는 파의 특성, 해안 지형 및 축조되는 구조물의 양식 등을 고려한 연구를 통하여 실용적 면에 대처하고 있으나, 지난 5월의 보령 해안의 사고와 같은 경우에는 적용에 어려운 점이 많다. 특히 해안 비탈 끝 수심이나 선착장의 수심과 내습파의 주기와 관련된 검토는 쉽지가 않다. 여기에서는 이와 관련된 몇 케이스의 실험에 의하여 그 특성을 파악하고자 한다.

3.1 실험 내용

실험은 관동대학교 2차원 조파수조(폭 0.7m, 높이 1.4m, 길이 43m)에서 실시하였다. 모형의 해안 지형은 조파수조의 조파판으로부터 22m 지점에 1 : 2 경사로 하여 직경 약 1cm의 깬돌로써 형성하였다. 조파수조의 일양수심부의 수심은 71cm이고, 모형해안을 만든 지형은 수심 20cm로서 해저면 경사는 1 / 30로서, 3m 연장으로 형성하고, 그 전면에는 1 / 15 경사로 하여 일양수심부까지 연장되어 있다.

실험파는 파고 H = 4cm, 6cm, 8cm의 3종류 ,주기는 T = 1.5sec, 2.0sec, 2.5sec의 3종류를 조합하였다. 이들 실험파의 파형경사 (H / L)은 0.012 ~ 0.041의 범위이고, 비수심 (h / L)은 0.058 ~ 0.10의 범위이다.

실험에 적용한 해안은 경사가 1 : 2이고 재료는 합판, 사석, 소파 block의 3종으로 하였으며, 참고로 직립벽 에 대하여도 실시하였다.

3.2 실험 결과

모형 해안 경사면에 작용한 파의 up rush의 경사면에 따른 도달 거리(ℓ)은 작용파의 파형경사(H / L), 수심파고비(H / h), 비수심(h / L) 등의 파라메터와 경사면의 재료(합판, 사석, 소파 block)에 따라 특성을 보이고 있으나, 여기에서는 비수심에 관한 결과만을 제시한다.

Fig. 1은 파의 up rush 도달 거리와 비수심에 대하여 정리한 것이다. 종축에는 파의 up rush 도달 거리를 작용 파의 파고로서 무차원한 값(ℓ / H)이고, 횡축에는 비수심(h / L)을 나타내었으며, 논의를 쉽게 하기 위하여 동일 비수심에 대하여 3종류의 경사면 재료에 대한 실험 결과를 표시하였다.

경사면에 작용하는 파의 up rush 도달 거리는 작용파고의 3 ~ 8배 정도로서 통상의 해안에 있어서 사석이나 소파 block으로 피복되어 있을 경우,작용파고의 3 ~ 6배, 그리고 활면의 경우 8배 이상의 값을 나타내고 있다. 비쇄파의 경우, 작용파고가 클수록 큰 값으로 나타나고 있고, 동일파고 조건에서는 비수심이 0.075 전후에 peak 값을

나타내고 있다.

4. 실험 결과 및 2008년 5월 보령 해안 재해에 대한 약간의 고찰

해안에서 바라보는 해수면의 상하운동은 비교적 폭넓은 주파수대(또는 주기)에 걸쳐있는 파동이다. 통상 우리가 공학적으로 중요시 하는 상대에너지가 큰 파랑은 주기가 10 ~ 15초 정도로서 해안선가까이에 도달하면서 쇄파하는 경우가 많다. 그러나 가끔 나타나는 20초 정도의 너울이 작용하는 경우, 거의 쇄파가 발생하지 않기 때문에 내습하는 파의 존재를 간과하기 쉬우나, 이 경우 해안 경사면에 따라 단파의 형태로서 작용파고의 수배까지 밀려 올라오며, 마치 소규모의 쓰나미와 같은 현상으로 나타날 수 있다. 본 실험 결과 파의 up rush 도달 거리가 내습파의 3 ~ 8배 정도로 보면 파고 1m 전후의 너울은 해안 경사면을 따라 3 ~ 8m 정도는 쳐오를 수 있다.

2008년 5월 4일 12시 경에 발생한 보령해안에서의 재해는 최대 조위 685cm(14 : 21)이었고, 기상청 예보의 파고는 0.5m 전후였다. 또 갓바위나 죽도 선착장 주변의 해안 경사면 끝부분 수심은 -1.5m ~ -3.0m 정도로 본다면, 이때의 내습한 파랑은 파형 경사가 매우 작아서 해안선에 서 있는 사람들에게 파의 인지가 어려웠을 것으로 판단된다. 또 해안의 방조제나 갓바위 등의 지형 경사는 일률적으로 말 할 수 없으나 약 1 / 2 정도로 보고, 이 경우의 비수심은 대략 0.05 ~ 0.10 사이로 간주된다.

이와 같은 상황에서 생각할 때, 본 연구에서 고찰한 연구 결과와 상당히 유사한 현상으로 볼 수 있으며, 0.5m 정도 파고라고 할 때 파의 up rush 도달 거리가 2 ~ 3m 이상은 나타났을 수도 있다. 이와 같은 조건이라면 Takahasi(1993) 등의 연구 결과 등을 고려하면 해안에 있던 사람들을 전도시켜 표류시킬 수 있는 상태였다고 판단된다.

5. 해안·항만 시설에 있어서 universal design 도입 제안

최근 우리 사회는 사회· 경제· 환경면에서 업무 형태나 생활 형태의 많은 변혁으로 해안· 항만 구조물의 경우에도 다양한 기능이 부여 되어야 하고, 환경 측면에서도 많은 배려를 할 수 있는 성능 설계 개념이 도입되고 있기 때문에, 특히 우리들의 life style 변화에 대비할 필요가 있다. 점차 해안의 레저 기능의 다양화에 따른 대책으로서, 보령 해안 재해와 같은 일은 상존하게 될 것이나, 이러한 경우에는 해양 물리적인 접근만으로는 해결할 수 없기 때문에, 해안의 이용 측면의 접근이 필요하다. 이 경우 도입을 할 수 있는 방안으로서 universal design의 개념이 있다. universal design이란 미국 노스캐로리나 주립대학의 Center for Universal Design(1998)의 출판물에 의하면 “the design of products and environments to be usable by all people, to the greatest extent possible, without the need for adaptation or specialized design.” 등으로 정의되는 “모든 연령이나 능력의 사람들에 대하여 쓰기 쉬운 제품이나 환경의 디자인”으로서 「계속적인」 개선의 사고방식이다.

미국이나 일본에서는 공공시설인 도로, 하천, 항만 등에 도입되고 있다.

예를 들면 해안, 항만의 안정· 방재와 관련하여 universal design의 검토시 국제 사회에 있어 barrier free로부터 universal design에 이행하는 흐름에 맞추어 고령자, 장애인을 대상으로 정비하는 개념인 barrier free에서 이들을 포함하는 모든 사람들에게 도움이 될 수 있는 대책으로서 공평성, 자유도, 단순성, 알기 쉬움, 안정성, 성체력, 공간의 7가지의 원칙에 입각한 universal design이 도입되고 있다.

해안의 관리에 있어서 재해예방이나 구조물의 안정 이외에도 주민의 레저활동 등에 제공될 수 있도록 다기능적 측면의 고려에 적극 도입할 수 있는 체계화의 연구가 진행될 수 있도록 제안한다.

6. 결 론

본 연구에서는 파의 쳐오름 특성에 대하여 비쇄파 조건으로서 비교적 급한 경사면에서의 쳐오름 도달 거리에 대하여 수리 모형실험을 실시하여 검토하였다. 파형 경사 0.012 ~ 0.041의 범위와 비수심 0.058 ~ 0.10의 범위에서 1 : 2 경사면에서 발생하는 파의 up rush 도달거리는 경사면의 재료에 따라 차이가 있으며, 내습파의 3 ~ 8 배 정도로 나타났다. 이와 같은 연구 결과는 최근 각 해안에서 발생하고 있는 인명 피해 등의 원인을 규명하는 데 참고가 될 수 있을 것이며, 보령 해안 재해에 적용하여 보았다.

끝으로 이러한 해안 재해 예방 대책을 위한

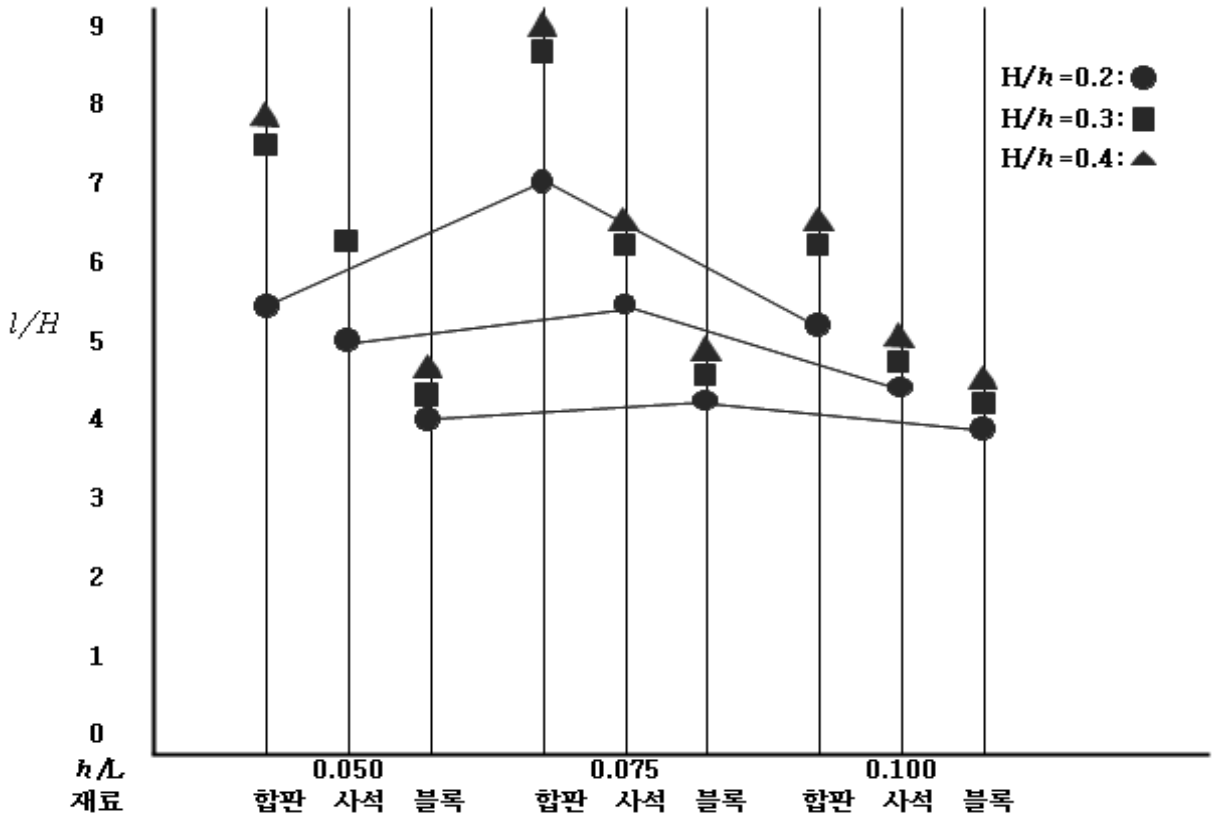

Fig. 1. 경사면에 작용한 파의 uprush 도달거리

방안으로서 universal design 수법의 도입에 하여 개념 수준의 제안을 하였다.

본 연구는 해안은 관리 목적에 따라 중점을 두어야 할 사항이 다르며, 통상 해안 재해 방지 측면 및 이용측면에 대하여 고려하고 있으나, 이들 경우 환경적인 축면이 반드시 포함되고 있다. 근년 우리들의 life style 변화로 해안을 이용하는 기회가 증가하고 있으므로 이들 사항을 충분히 고려하는 설계사상을 확립할 필요가 있다. 이와 같은 사회, 경제, 문화면 등을 고려하는 디자인 수법인 universal design의 도입 배경 설명에 참고가 되었으면 하는 바람이다.

참고문헌

Miche, M. (1944). Mouvements ondulatires de la mer en profondeur constante ou decroissante, annales des Ponte et Chaussees, Vol. Ⅰ~Ⅳ, PP. 25 ~ 78, 131 ~ 164, 270 ~ 292, 369 ~ 406.

高田 彰 (1970). vkdml 소상, 월파 및 반사파의 관련성에 대하여, 토목학회 논문 보고집, 제 182 호, pp. 13 ~ 30. (일문)

Saville, T., jr (1956) . Wave run-up on shore structures, Pro c. ASCE, Vol . 82, Paper 925, p. 14.

豊島 修 등 (1965). 해안 제방에의 파의 처오름 높이 - 1 / 20 -, 제 12 회 해안 공학 강연회 논문집, 토목 학회, pp . 180 ~ 185. (일문)

임광창, 최병호 (2008). 보령해안 이상파고 상황의 기상 및 검토 기록, 보령해안 이상 파고의 이해, 한국 해안· 해양 공학회 pp. 9 ~ 24

홍성진, 오영민 등 (2008). 보령 이상 파랑 현장 조사 및 향후 대책, 한국 방재 협회, 제 34 호, pp. 86 ~ 92.

高橋重夫 등 (1993). 월파에 의한 방파제 호안의 월파유량에 관한 실험적 연구, 해양 개발 논문집, Vol. 9, pp. 295 ~ 300

Center for Universal Design (1998). The Universal Design File, NC state university,

국토교통성 (2002). 항의 유니버설 디자인 연구회의 제언. (일문)