

수중천퇴해역에서 규칙파 및 일방향 불규칙파의 전파변형 실험 Experiments for Wave Transformation of Regular and Uni-directional Irregular Waves over a Submerged Shoal Region

이종인¹ · 이정욱¹

Jong-In Lee¹ and Jeong-Wook Lee¹

1. 서 론

연안구조물을 설계하기 위해서는 구조물에 미치는 해양외력의 평가가 선행되어야 하며, 여러 가지 해양외력 중 구조물 건설위치에서의 파고, 즉 천해설계파는 체재중량, 체체형상, 피복재의 중량 등의 결정에 직접적으로 영향을 미치기 때문에 가장 중요한 설계외력이다. 천해설계파를 산정하기 위해서는 이용 가능한 자료가 있는 심해에서 천해까지 전파하는 파랑을 해석하여야 한다. 심해로부터 천해로 전파하는 파랑은 해저지형과 인위적인 구조물의 영향 등에 의해 변형을 겪게 되며, 지배적인 특성으로 쇄파현상이 나타나는 천해역에서 파랑은 급격한 변형을 겪게 된다. 이러한 천해설계파의 산정에는 일반적으로 수치모형이 활용되고 있다.

천해설계파를 산정하기 위해 여러 연구자들에 의해 개발된 수치모형은 그 정확성을 평가할 필요가 있으며, 수치모형의 정확성 평가에는 수리모형실험자료가 일반적으로 활용된다. 파랑의 전파변형에 대한 대표적인 실험자료는 Berkhoff 등(1982), Vincent 와 Briggs(1989), Chawla 등(1996)의 실험을 들 수 있다. Berkhoff 등(1982)은 타원형 천퇴(elliptic shoal)가 1/50의 경사면에 놓여 있는 영역에 규칙파를 대상으로 실험을 수행하였으며, 계측영역은 비쇄파영역이다. Vincent 와 Briggs(1989)는 다방향조파기를 이용하여 타원형 수중천퇴상의 규칙파, 일방향 및 다방향 불규칙파의 전파변형에 관한 실험을 수행하였다. Vincent 와 Briggs(1989)의 실험은 여

러 파랑조건에 의해 실험되었으나, 파고계측이 천퇴후면 하나의 단면에서만 수행된 것이 단점이라 할 수 있다. Chawla 등(1996)은 원형 천퇴상을 전파하는 파랑의 쇄파현상을 실험하였다. Chawla 등(1996)의 실험은 Vincent 와 Briggs (1989)의 실험과 유사한 조건에서 실시되었으나, 천퇴 중심부에서의 수심이 0.03m이고 파고가 작은 파를 입사시켜 천퇴 중심부 부근에서만 쇄파가 발생하도록 하여 쇄파영향을 검토한 것이 단점이라 할 수 있다. 그리고 국내에서는 Suh 등(2001)이 원형 천퇴에 대한 규칙파 실험을 실시하였으며, 수치모형 적용시 바닥경사의 제곱항과 바닥곡률항의 중요성을 실험결과와의 비교를 통해 입증하였다.

본 실험에서는 파랑의 전파변형을 해석하기 위해 여러 가지 조건을 설정하여 실험을 수행하고 있다. 실험에 적용된 수중천퇴는 Vincent 와 Briggs (1989)의 실험모형과 제원이 유사하며, 타원형 천퇴는 일정 수심상에 위치한다. 본 논문에서는 현재까지 수행된 일부 실험결과를 제시한다.

2. 실험수조 및 실험영역

2.1 실험수조

실험은 한국건설기술연구원의 평면수조에서 수행하였으며, 수조는 길이 42m, 폭 36m, 높이 1.2m이다. 실험에 사용된 조파기는 4개의 구동부로 구성되어 있고, 각 구동부에 연결된 조파판 하나의 폭은 5m, 높이는 1.2m로서 조파판의 전체폭은 20m이다. 실험에 사용된 조파기는 전기서보피스톤식

¹ 한국건설기술연구원 수자원환경연구부 (Water Resources and Environmental Research Division, Korea Institute of Construction Technology, Goyang 411-712, Korea)

으로서 최대파고 0.3m, 주기 0.3sec~5sec 의 파를 재현할 수 있으며, 규칙파 및 일방향 불규칙파를 조파할 수 있고, 이동이 가능하다.

파고계측에 사용된 파고계는 용량식파고계(모델명 CHT4-50)로서 길이가 50cm 이고 측정범위는 0~±25cm 이다. 실험은 30 대의 용량식파고계를 이용하여 0.25m 간격으로 파고를 계측하였으며, 1 대의 파고계는 기준점에 상시 설치하여 입사파를 관측하였다.

2.2 실험영역

Fig. 1 은 실험영역을 도시한 것으로 전술한 평면 수조내에 설치하였다. 실험시 수조내에서의 반사파 발생을 억제시키기 위해 조파기 전면의 수조벽에는 1:10 의 경사로 쇄석을 배치하고, 조파기 후면 벽에는 1:3 의 경사로 쇄석을 배치한 후 전면에 추가적인 소파시설을 배치하였다. 그리고 실험영역 측면은 1:2 의 경사로 쇄석을 설치하고 전면에 유도판과 소파시설을 배치하여 조파기에서 발생된 파랑을 유도함과 동시에 반사파의 발생을 억제하였다. 실험에 사용된 수중천퇴는 알루미늄으로 뼈대를 제작한 후 모르타르로 피복하였으며, 수중천퇴의 중심은 (8m, 10m)에 위치한다.

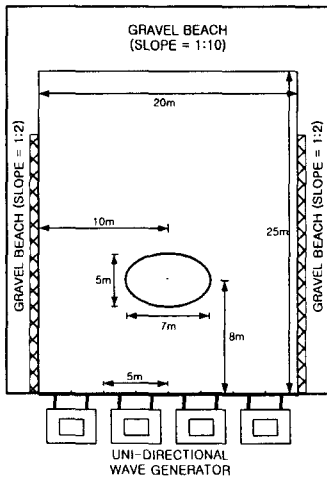


Fig. 1. Test Basin and Location of Elliptic Shoal.

3. 실험모형 및 실험조건

3.1 실험모형

본 실험에서는 Vincent 와 Briggs(1989)의 실험에서 사용한 타원형 천퇴와 유사한 주축반경 7m, 종축

반경 5m 인 모형을 이용하였으며, 타원형 수중천퇴의 경계는 식(1)과 같다.

$$\left(\frac{X'}{2.5}\right)^2 + \left(\frac{Y'}{3.5}\right)^2 = 1 \quad (1)$$

여기서, X' 과 Y' 은 각각 주축과 종축을 나타내는 천퇴중심을 기준으로 한 국부좌표계이다. 천퇴 단면의 입의의 지점에서의 수심 h (m)는 식(2)로 정의되며, 타원형 천퇴의 중앙부 최대높이는 0.35m 이다. 따라서 배경수심(h_0)이 0.45m 인 경우에는 최소수심이 0.1m 이고, 배경수심이 0.5m 인 경우에는 최소수심이 0.15m 이다.

$$h = 0.875 \left\{ 1 - \left(\frac{X'}{3.125} \right)^2 - \left(\frac{Y'}{4.275} \right)^2 \right\} - 0.525 \quad (2)$$

Fig. 2 는 본 실험에서 설정한 계측단면을 도시한 것으로 전체 8 개의 단면에 대해 파고를 계측하였다.

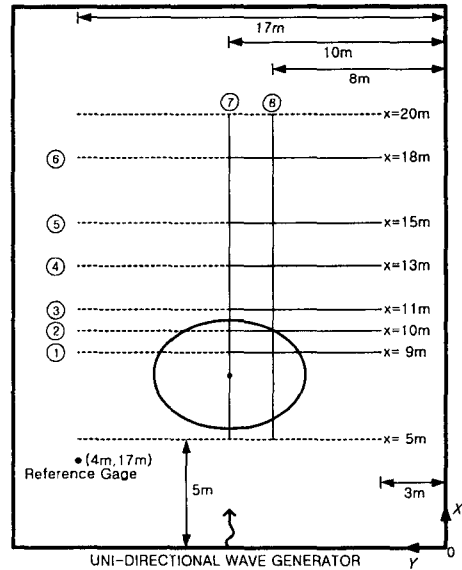


Fig. 2. Locations of Measurement Sections.

3.2 실험조건

타원형 수중천퇴 실험영역에 규칙파 및 일방향 불규칙파를 입사시켜 파랑의 전파변형을 검토했다.

실험에 사용된 입사파는 규칙파(RP) 및 불규칙파(IP) 모두 주기는 1sec(case RP1, IP1),

1.4sec(case RP3, IP3), 1.8sec(case RP5, IP5)이고, 파고는 5cm 이다. 입사파가 불규칙파인 경우에 주기와 파고는 유의파 기준이며, Bretschneider-Mitsuyasu 스펙트럼을 이용하여 재현하였다. 전술한 바와 같이 배경수심을 0.45m, 0.5 로 설정하였기 때문에 천퇴 중앙부에서의 수심은 각각 0.1m, 0.15m 이다. 본 실험은 비쇄파조건으로 수행하고자 하였으나, 배경수심이 0.45m인 경우에 불규칙파 적용시 천퇴 정상부에서 약간의 쇄파가 발생하였다. 그러나 전체적으로는 비쇄파조건이라 할 수 있다.

4. 실험결과

Fig. 3 과 Fig. 4 는 $h_0 = 0.5m$ 조건에서 각각 단면 3 과 4 를 따른 상대파고를 도시한 것이다. Fig. 3 과 Fig. 4 를 살펴보면 상대적으로 주기가 긴 입사파 조건(RP5, IP5)의 상대파고가 단면 3 에서 가장 크고 단면 4에서는 작게 나타남을 알 수 있다. 이는 주기가 길기 때문에 파고점(caustic)이 일찍 발생하기 때문으로 생각된다. 전체적으로 일방향 불규칙파의 상대파고가 규칙파의 경우보다 작게

나타났으며, 이는 Vincent 와 Briggs(1989)의 실험과 같은 결과이다. Fig. 5 ~ Fig. 7 은 $h_0 = 0.4m$ 조건의 단면 3, 4, 및 7 을 따른 상대파고를 각각 도시한 것이다. 전체적인 경향은 $h_0 = 0.5m$ 인 경우와 같음을 알 수 있다. Fig. 7 을 살펴보면 규칙파의 경우에 천퇴 중심부에서 파고가 증가한 후 감소하였다가 $x = 11m$ 부근에서 파고가 최대가 됨을 알 수 있다. 불규칙파의 경우에도 유사한 경향을 보이지만 천퇴 중심부에서의 급격한 파고증가는 나타나지 않는다.

5. 결 론

본 논문에서는 규칙파 및 불규칙파의 전파변형에 대한 실험자료를 제시하였다. 전체적으로 일방향 불규칙파가 규칙파보다 상대파고가 작게 나타남을 알 수 있다. 현재 보다 다양한 조건에 대한 체계적인 실험이 수행중에 있으며, 추후 보다 자세한 실험결과를 제공할 예정이다.

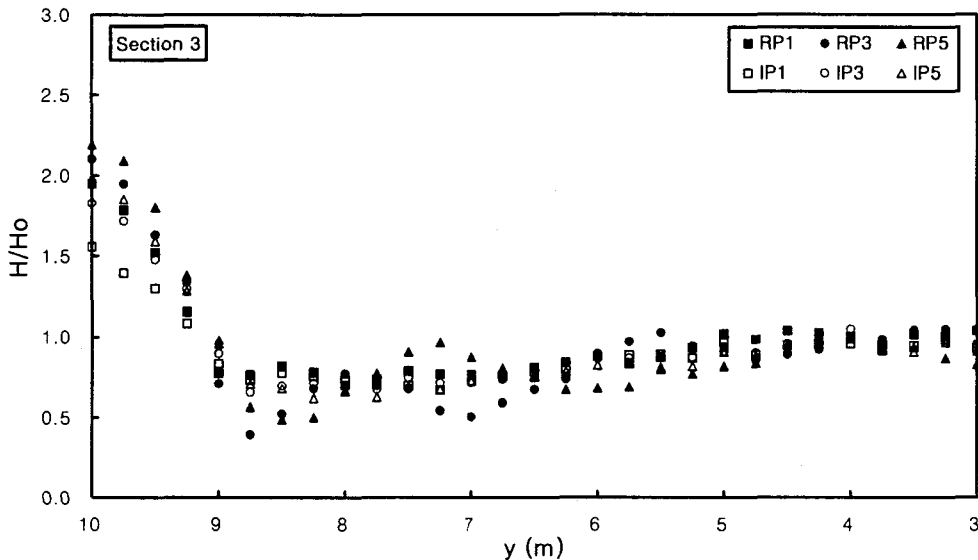


Fig. 3. Normalized Wave Height along Section 3 for $h_0 = 0.5m$.

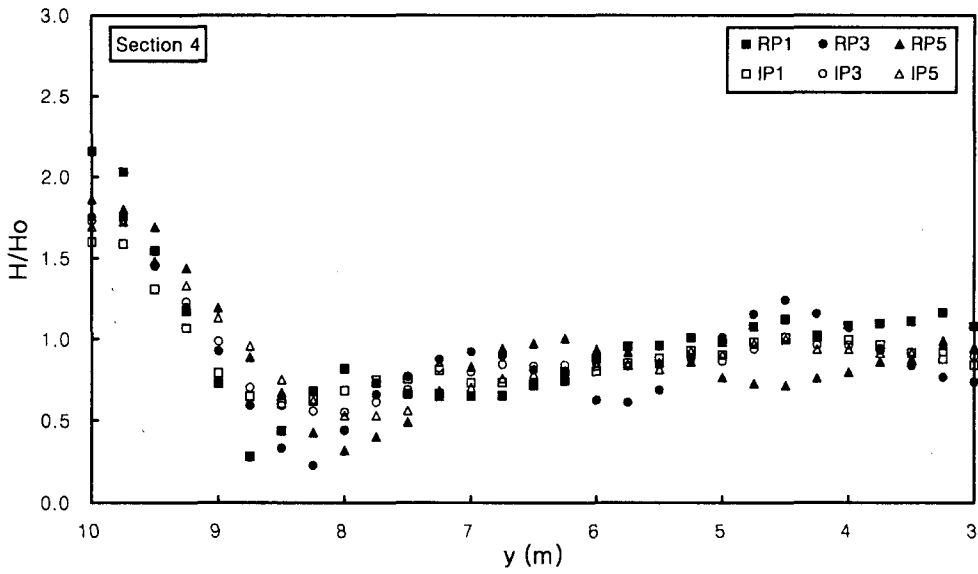


Fig. 4. Normalized Wave Height along Section 4 for $h_0 = 0.5m$.

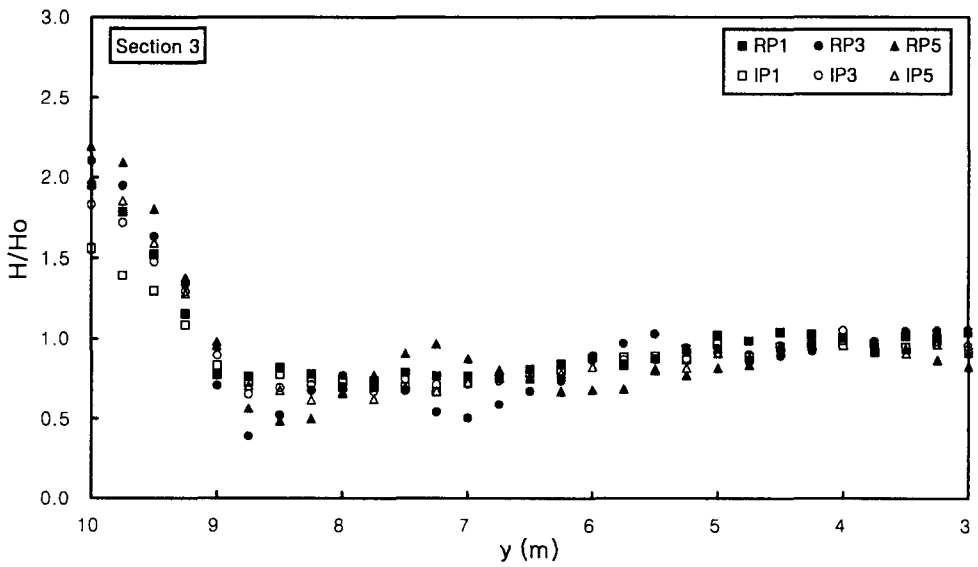


Fig. 5. Normalized Wave Height along Section 3 for $h_0 = 0.45m$.

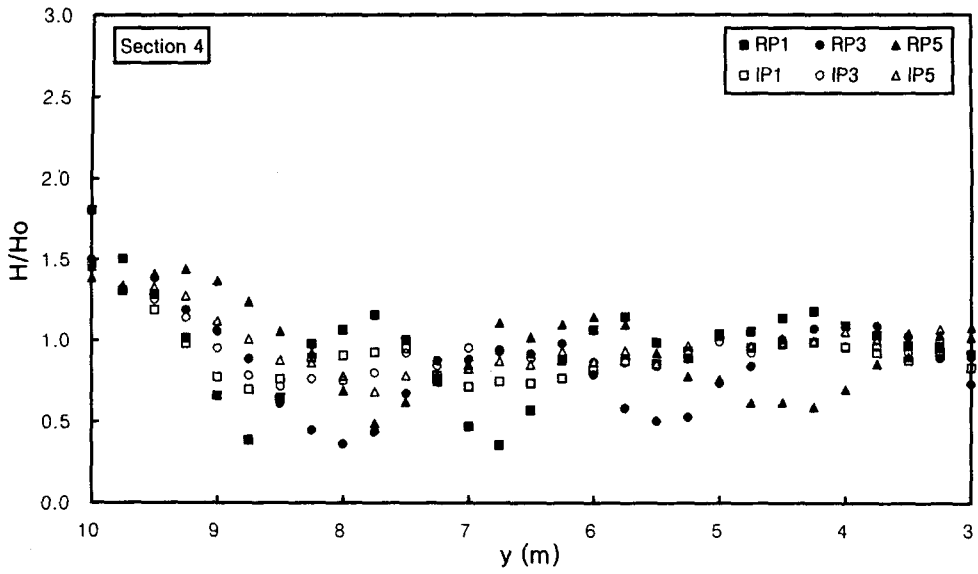


Fig. 6. Normalized Wave Height along Section 4 for $h_0 = 0.45\text{m}$.

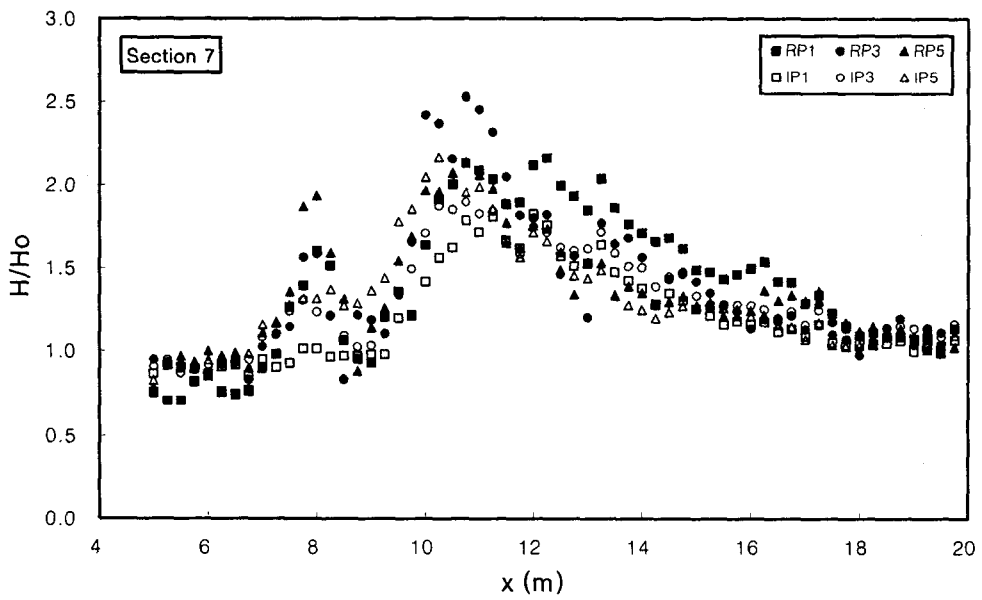


Fig. 7. Normalized Wave Height along Section 7 for $h_0 = 0.45\text{m}$.

참고문헌

- Berkhoff, H.C.W., Booij, N. and Radder, A.C., 1982. Verification of numerical wave propagation models for simple harmonic linear water waves. *Coastal Engrg.*, 6, pp. 255-279.
- Chawla, A., Ozkan-Haller, H.T. and Kirby, J.T., 1996. Experimental study of breaking waves over a shoal. *Proc. 25th Inter. Conf. Coastal Engrg.*, pp. 2-15.
- Suh, K.D. Lee, C.H., Park, Y.H. and Lee, T.H., 2001. Experimental verification of horizontal two-dimensional modified mild-slope equation model. *Coastal Engrg.*, pp.44, 1-12.
- Vincent, C.L. and Briggs, M.J., 1989. Refraction-diffraction of irregular waves over a mound. *J. of Waterway, Port, Coastal, and Ocean Engrg.*, Vol.115, No.2, pp. 269-284.