

전북고창연안에 적합한 인공어초개발

신문섭¹·강신중²

Moon Seup Shin¹, and Sin Jung Kang²

1. 서 론

전북도의 연도별 수산물생산실적을 조사한 결과 1993년도 어패류의 총 생산량이 131,809백만 톤이었으나 1998년도의 총생산량은 72,827백만톤으로 45%가 감소하였다. 어획량이 감소된 주요원인은 전북도 육지부의 해안선길이가 총290.3km인데 새만금 간척사업으로 인하여 군산시(70.8km)와 김제시(73.7km)가 접하고 있는 해안선이 육지로 변하여 가고 있고 전북해역 면적이 축소되었기 때문이라고 판단된다. 따라서 현재 방조제길이가 33km, 개발면적 40,100ha의 새만금간척사업이 시행되어 수면을 육지화 하므로써 그 주위에서 어떠한 환경변화가 일어날 수 있으며 환경변화에 어떻게 대처할 것인가 하는 대책도 마련하여 개발에 따른 피해영향을 최소한으로 줄이고, 손상된 환경을 복원하고, 또한 이러한 것들이 불충분한 경우에는 새로운 환경을 재생, 창조하는 방법으로서 새만금간척사업지구와 인접하고 있는 고창연안의 해안선과 기상, 해상, 해저 등 물리적인 조건과 생물조건을 고려하고, 천연초, 어장이용현황, 어업동향, 유통 등 어장조건을 명확히 하여 인공어초의 위치, 규모, 구조, 배치등을 검토한 후 ㉔보호·육성초, ㉕착저초, ㉖산란초, ㉗유도·체류어초, ㉘육성제, ㉙흐름과 조류 제어제, ㉚도류제, ㉛정착립 시설, 용승류 발생공 등의 모형에 대한 기술적 연구를 통하여 대상 생물에 적합한 어초모형을 제시한다. 특히 고창군해역은 일반적인 인공어초설치 부적지 판정되어 인공어초 시설을 할 수 없게 되어있다. 고창연안의 해역특성과 해양수질특성을 조사·분석하고 어초 시설 적지조사 항목 및 판정요건 기준(해양수산부 훈령 제92호 제13조

제1항 제1호 관련)과 비교 검토하여 수심이 얕지만 간출암반이 산재하여 있는 해역은 海藻魚礁를 개발하고 해저지질이 사질로 형성되어 있는 해역에 설치 가능한 인공어초를 개발한다.

2. 인공어초의 개발을 위한 해양물리조사

2.1 조석의 특성

한국 서해남부에 있어서 만일주조인 M_2 분조의 조량은 동지나해로부터 북상하여 등조시 약 2.5 시 당해 조사구역에 도달하며 곰소항에서의 평균만조간격은 2시간 24 분으로서 기준항인 군산항보다 약 44 분 빠르다. 그리고 대조차는 589.8cm로서 곰소항의 M_2 분조의 S_2 분조의 반조차는 각 216.9cm와 78.01cm로서 그 비 (S_2/M_2)는 0.36으로 기준항인 군산항의 0.35와 비슷하며 M_2 분조와 S_2 분조의 편각의 차는 49.6으로서 이는 M_2 분조와 S_2 분조의 위상이 일치되는 대조가 삭망 후 약 2일에, 소조는 상, 하현 후 약 2일에 나타남을 의미한다.

2.2 고창부근 해역의 조류 계산

2.2.1 해수유동의 기본방정식

고창부근 해역의 조류계산을 위하여 海域에서 평균해면을 원점으로 하여 직교 좌표계로 나타내었다. 여기서, x, y 축은 수평면, z 축은 연직방향으로 하고 u, v, w 는 x, y, z 축 方向의 유속성분으로 한다. 그리고 $z = -h$ 및 $z = \zeta$ 는 해저 및 해면으로 한다. 流域의 3 차원 潮流를 計算하기 위하여 이용한 連續方程式은 (2.1) 과 같으며 運動方程式은 (2.2(a,b))과 같이 나타낼 수 있다.

¹ 群山大學校 土木·環境工學部 敎授

² 群山大學校 土木·環境工學部 大學院

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} = 0 \quad (2.1)$$

$$\frac{\partial u}{\partial t} + \frac{\partial(uu)}{\partial x} + \frac{\partial(vu)}{\partial y} + \frac{\partial(wu)}{\partial z} - \Omega v = -g \frac{\partial \zeta}{\partial x} + A_h \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + A_v \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + \frac{\partial}{\partial z} \left(A_v \frac{\partial u}{\partial z} \right) \quad (2.2(a))$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} + \frac{\partial(vu)}{\partial x} + \frac{\partial(vv)}{\partial y} + \frac{\partial(vw)}{\partial z} + \Omega u = -g \frac{\partial \zeta}{\partial y} + A_h \frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + A_v \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} + \frac{\partial}{\partial z} \left(A_v \frac{\partial v}{\partial z} \right) \quad (2.2(b))$$

경계조건은

$$z=0 : \frac{\partial \zeta}{\partial t} + u \frac{\partial \zeta}{\partial x} + v \frac{\partial \zeta}{\partial y} - w = 0 \quad (2.3)$$

$$\rho A_h \frac{\partial u}{\partial x} = 0 \quad \rho A_h \frac{\partial v}{\partial z} = 0 \quad (2.4)$$

$$z=h : u \frac{\partial h}{\partial x} + v \frac{\partial h}{\partial y} + w = 0 \quad (2.5)$$

$$\rho A_v \frac{\partial u}{\partial z} = \tau_x^b \quad \rho A_v \frac{\partial v}{\partial z} = \tau_y^b \quad (2.7)$$

$$\zeta = f(x, y, t) \quad (2.8)$$

$$A_h = A_0 + l \sqrt{(\partial u / \partial z)^2 + (\partial v / \partial z)^2}$$

$$l = k_0 (z + h + z_0) [1 - (z + h) / h]$$

$$(\tau_x^b, \tau_y^b) = \beta \sqrt{(u^2 + v^2)} (uv) \quad (2.9)$$

과 같다.

潮流 形態를 3 차원으로 計算하여 보았다. 境界는 서·남·북 경계로, 농어촌진흥공사에서 觀測으로부터 얻어진 M₂ 분조의 진폭과 위상을 식(2.10)과 같이 수위를 주었다. 그리고 Courant 수의 식은 식(2.11)과 같이 수위를 주었다.

2. 2. 2 경계조건

潮流 計算을 위하여 水平 격자의 크기는 1km×1km 하였다. 경계는 서·남·북 경계로, 농어촌진흥공사에서 觀測으로부터 얻어진 M₂ 분조의 진폭과 위상을 다음 식과 같이 수위를 주었다.

$$\zeta = \zeta_0 \sin \left(\frac{2\pi}{T_M} t - P \right) \quad (2.10)$$

$$v = 0$$

여기서, η₀, P 는 open boundary 의 진폭과 위상이고,

T_M 는 M₂ 조석의 주기, t 는 시간이다.

초기조건은 u=0, η=0 로 하여 計算 영역을 정방향 격자로 나누고, CFL(Courant Friedrichs Lewy)조건을 만족하게 time step 를 결정하였다.

Courant 수의 식은 다음과 같다.

$$C = u \frac{\Delta t}{\Delta x} \leq 1 \quad (2.11)$$

여기서, c 는 Courant number, Δx 는 mesh 크기,

Δt time step, u 는 가장 빠른 천해파의 전파속도(√gh) 이다. 경계는 서·남·북 경계로 하였다. 경계치는 농어촌진흥공사에서 觀測으로부터 얻어진 M₂ 분조의 진폭과 위상을 남쪽 경계에서 190 ~ 220cm, 92.00° ~ 94.00°, 북쪽 경계에서 210 ~ 220cm, 99.00° ~ 98.00°, 서쪽 경계에서 210 ~ 190cm, 99.00° ~ 92.00° 으로 計算하였다. 해면은 평균 수면으로(평균해면:3.80m) 하였으며 정지하고 있는 상태에서 計算을 시작하였다. 潮流 計算을 위한 Parameter 는 표 2.2.1 과 같다.

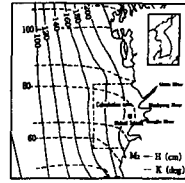


그림 2.2.1 관측에 의하여 얻어진 M₂ 분조의 진폭(실선)과 위상(점선)

표 2.2.1 M₂ 조류계산을 위한 변수

Mesh size (Δx, Δy)	1.0km
Time step (Δt)	15 sec
Coef. of ho. Eddy viscosity((A _v))	10 ⁴ cm ² s ⁻¹
Grav. acceleration (g)	980 cmsec ⁻²
Coriolis parameter (f)	8.55 × 10 ⁻⁵ sec ⁻¹
Bo. frictional coefficient (γ _r ²)	2.6 × 10 ⁻³

2. 3 계산결과

2. 3. 1 고창해역의 조류계산결과

계산 4 주기 후에 정상적인 진동이 얻어졌다. 따라서 결과는 4 주기의 조석과 조류의 계산 결과를 조화분해 하였다. 계산에 의하여 얻어진 조류의 위상과 진폭도는 그림 2.4(a,b)와 같다. 계산에 의하여 얻어진 조류의 위상과 진폭은 관측에 의하여 얻어진 조류의 위상과 진폭은 유사하여 흐름을 잘 재현하였다고 판단된다.

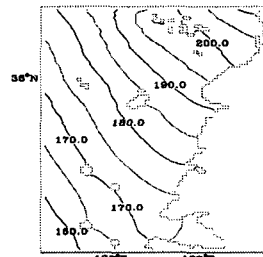


그림 2.4(a) 계산에 의한 진폭도

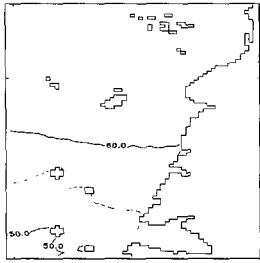


그림 2.4(b) 계산에 의한 위상도

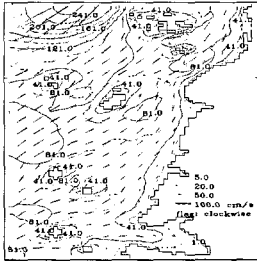
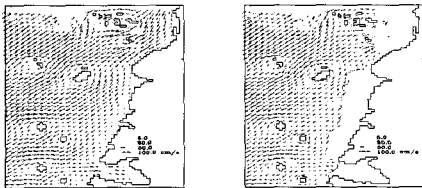
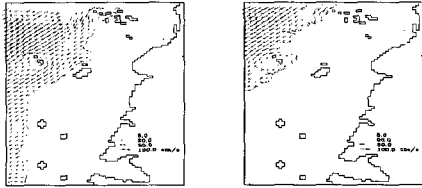


그림 2.4(c) 계산에 의한 M₂분조의 조류타원도

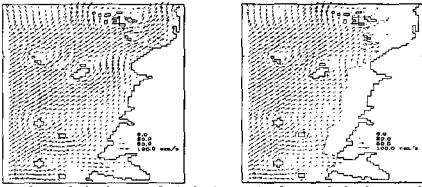


수심1m에서 낙조류의 유속분포 수심10m에서 낙조류의 유속분포

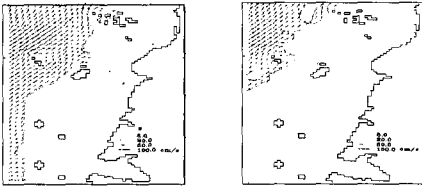


수심20m에서 낙조류의 유속분포 수심30m에서 낙조류의 유속분포

그림 2.5 수심별 낙조류의 유속분포



수심1m에서 창조류의 유속분포 수심10m에서 창조류의 유속분포



수심20m에서 창조류의 유속분포 수심30m에서 창조류의 유속분포

그림 2.6 수심별 창조류의 유속분포

2.3 전북고창연안에 적합한 인공어초

2.3.1 고창해역에 적합한 인공어초의 설계

고창군 해역의 설계조건

고창군 해역의 파고(H_{1/3}=2.6m)

유의파 주기(T_{1/3}=6.15 sec)

설계유속 : U_H=0.62 m/s (1.2knot 해표면)

파향 : 흐름의 주방향은 파향(WNW)에 대하여 70 °

설치수심 : h=10m

설치방법 : 바다표면에서 자유낙하

설치장소의 저질조건 : (d₅₀=0.15mm)

마찰계수 : 어초와 모래지반과의 마찰계수는 0.6

지반반력계수 : k=5,000 ton/m²

항력계수 : C_D=2.0, 부가질량력계수 : C_{MA}=1.0

가상질량력계수 : C_M=C_{MA}+1=2.0

해수의 단위체적중량 : w₀ = 1.03 kg/cm³

중력가속도 : g=9.8m/s²

2.3.2 안정계산

1) 활동에 대한 안정성검토

$$S_{PS} = \frac{W\mu(1-w_0/\sigma_G)}{F} \geq 1.2$$

$$S_{PS} = \frac{4.594 \times 0.6 \times (1-1.03/2.45)}{1.352} = 1.2 \geq 1.2$$

2) 전도에 대한 안정성검토

(어초의 우각부를 지점으로 회전)

$$S_{PS} = \frac{W(1-w_0/\sigma_G)l_V}{F l_A} \geq 1.2$$

l_V : 흐름에 직각인 어초 정사영면의 도심까지의 높이

l_A : 어초중심의 저면에서 전도중심까지 거리

$$S_{PS} = \frac{4.594 \times (1-1.03/2.45) \frac{3}{2}}{1.352 \frac{3}{2}} = 2 \geq 1.2$$

고창해역에 적합한 인공어초의 설계에 적용된 관련

수식은 1988년(신문섭)저의 수산토목공학의 5장 중

양식시설에 있는 수식을 이용하여 사용어초의 형태

(2.0m×2.0m×3.0m)인 철근콘크리트어초에 대하여

활동과 전도에 대한 안정성검토 결과 안정하다고 본

다.

3. 어초별 평면 3 차원 조파실험

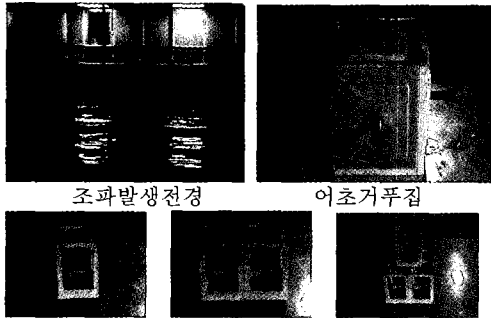
3.1 실험을 위한 자료수집 및 분석

고창군 해역의 파고($H_{1/3} = 2.6\text{m}$)
 유의파 주기($T_{1/3} = 6.15\text{ sec}$)
 설계유속 : $U_H = 0.62\text{ m/s}$ (1.2knot 해표면)
 파향 : 흐름의 주방향은 파향(WNW)에 대하여 70°
 설치수심 : $h = 10\text{m}$
 설치방법 : 바다표면에서 자유낙하

3.2 실험조건결정

어초의 용적 : 1.875m^3
 어초의 중량 : 4.594ton
 축척 1/20 의 중량 : $4,594,000\text{g}/20^3 = 574.25\text{g}$
 바다의 밀도를 고려할 경우의 어초 목적중량 :
 $574.25 \times 0.97 = 557\text{g}$

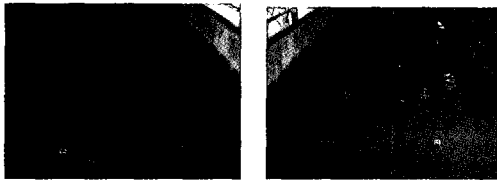
3.3 어초 배치결정을 위한 평면3차원 조파실험



조파발생전경

어초거꾸집

3.4 파고 및 파향별 어초모델의 배치결정실험



후면어초전경

전면어초전경





3.5 실험결과 분석

어초설치 형태별 세굴실험사진

	분설치	분재기
후면촬영		
어초지점	어초 1개설치	어초 1개설치
전면촬영		
후면촬영		
어초지점	어초 1개설치	어초 1개설치
전면촬영		

	분설치	분재기
후면촬영		
어초지점	어초 2개설치	어초 2개설치
전면촬영		
후면촬영		
어초지점	어초 2개설치	어초 2개설치
전면촬영		

어초설치 형태별 세굴실험사진

	봉설치	봉제거
후면촬영		
어초거점	어초 5개설치	어초 5개설치
전면촬영		

4. 결론

1. 어초배치에 따라 안정성이 다르다.
2. 이층으로 어초를 배열실험결과 상층의 어초가 전도되어 안정성을 잃었다.
3. 어초의 세굴실험결과 1본, 2본, 이층으로 어초를 배치하여 실험한 결과 배치 형태에 따라 세굴형태가 달랐다.
4. 고창해역에 적합한 인공어초의 설계에 적용된 관련 수식은 1988년 (신문섭)저의 수산토목공학을 참고하여 사용어초의 형태(2.0m × 2.0m × 3.0m)인 철근콘크리트어초에 대하여 활동과 전도에 대한 안정성검토 결과 안정하다고 본다.

참고문헌

1. 水産土木工學(1988)경문사
2. 干拓工學(1989)경문사
3. 해안수리학(1995)동명사
4. 연안수리학(1998)일광
5. 해안환경공학(1999)원기술