

등부표 최적배치 원칙을 결정하기 위한 방법

† 정태권* · 국승기**

*한국해양대학교 항해시스템공학부 교수, **한국해양대학교 해양경찰학과 부교수

요 약 : 출입항로에서 중요한 역할을 하는 등부표는 주로 항로를 표시하거나 위험 장소를 표시한다. 등부표를 적절한 간격으로 배치하여 항해자가 자연스럽게 이용할 수 있도록 하는 것이 다른 항법시스템이 없더라도 안전을 확보할 수 있는 길이 될 것이다. 이런 점에 고려하여 이 논문에서는 등부표의 적절한 배치(이하 '최적 배치'라 한다.)를 하기 위한 원칙을 제시하려고 한다. 이 원칙을 먼저 항만의 수역 설계와 관련한 규정을 검토하고, 면담 및 설문 조사에서 얻은 결론, 실측한 등부표 시인거리, 마지막으로 개개의 항만에 어떻게 적용되는가를 탐 혹은 폴리션 선박조종시뮬레이터로 검증하는 방법으로 진행하려고 한다.

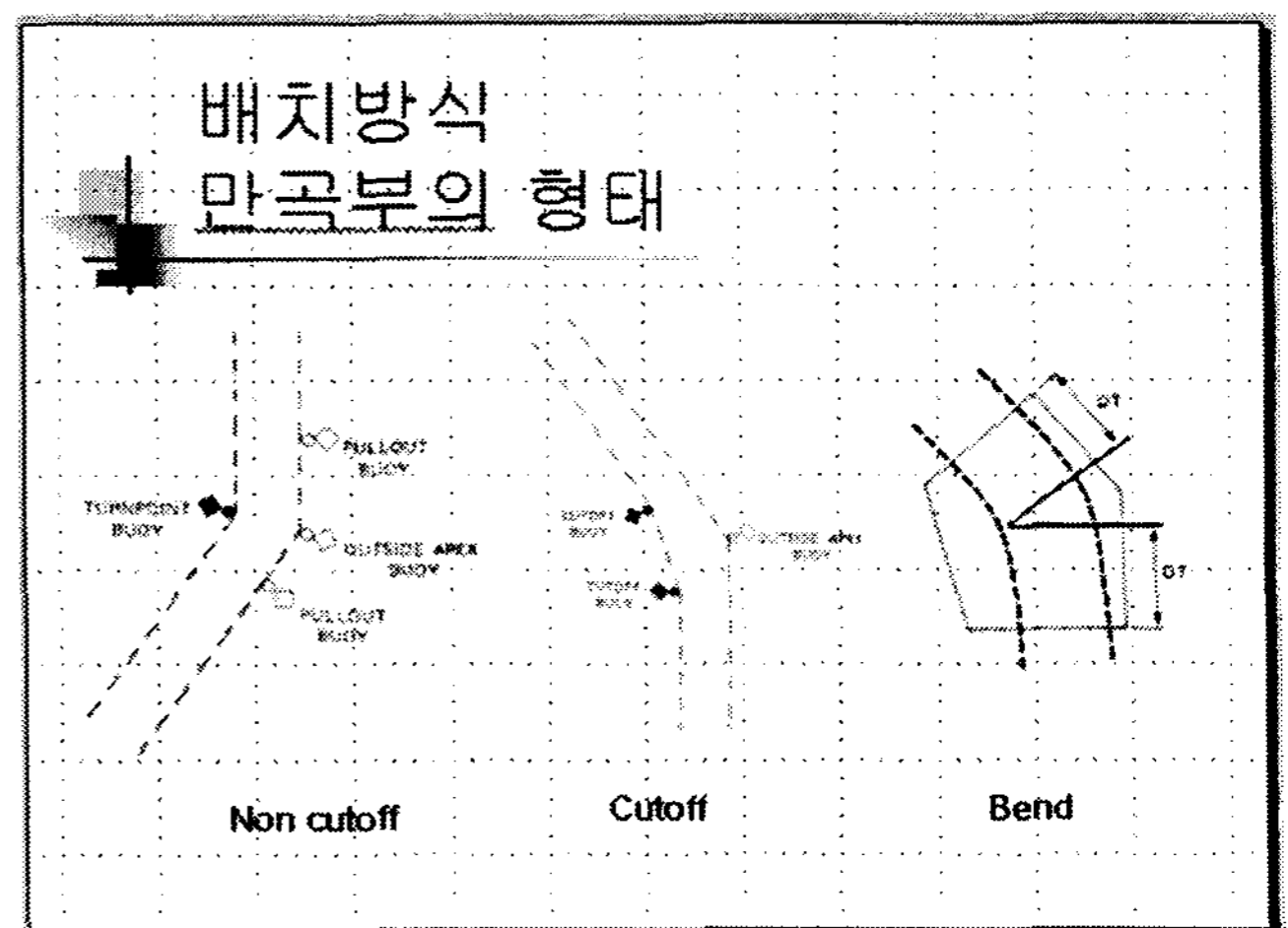
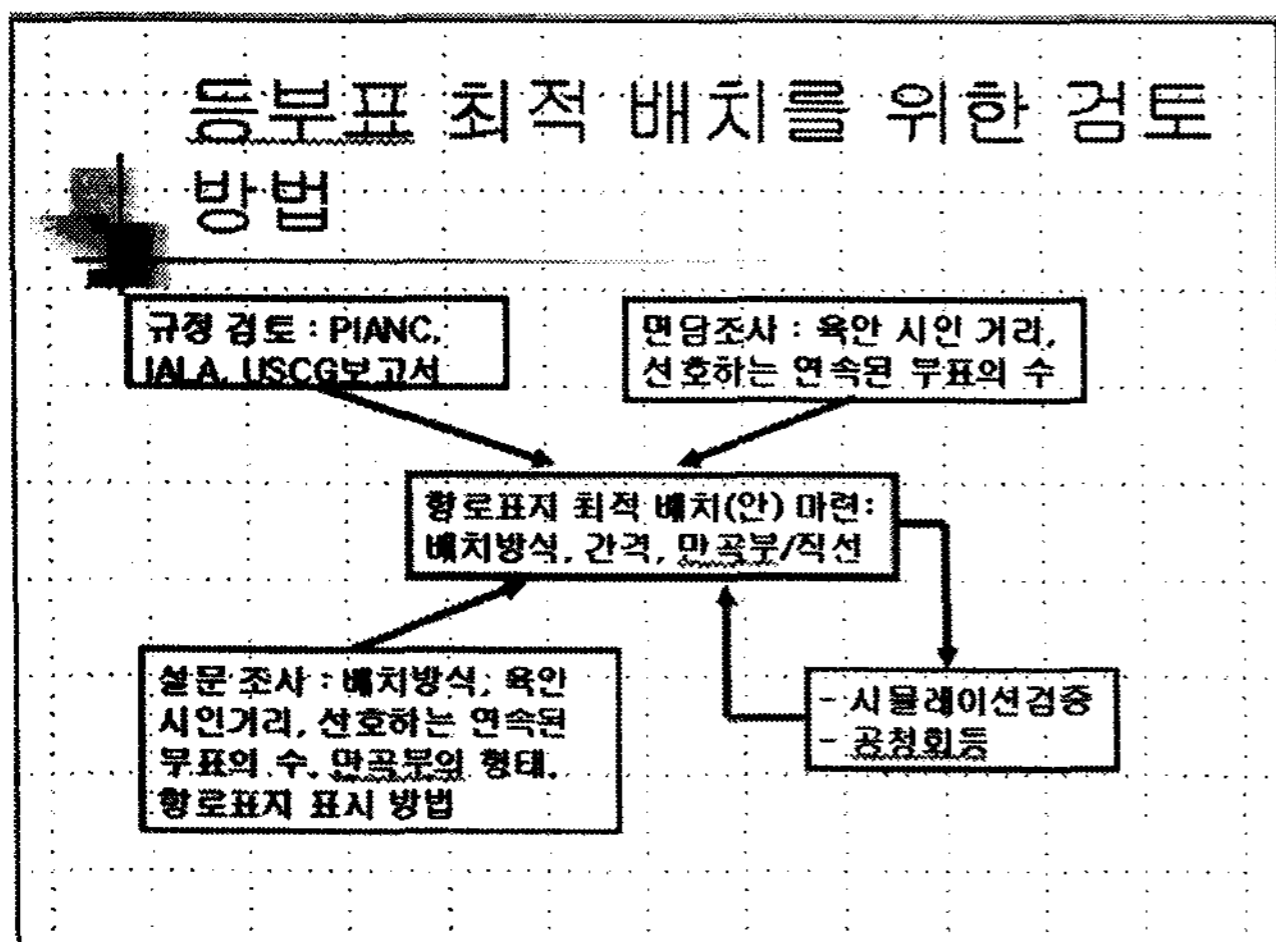
핵심용어 : 배치 방식, 최적 배치, 수역설계규정, 동체시력 시인거리법, 위험요소감소법

서론

- 등부표 최적 배치
 - 이용자의 입장에서 검토
 - 수역설계규정 참조
 - PIANC, US Army Corps, IAPH
 - 우리나라, 일본 - 등부표와 관련하여 언급이 없음
 - 규정에 정한 것
 - 타당한 것이나
 - 무엇을 근거로 한 것이나
- 주관을 기준으로 함.

항로표지 배치 간격의 결정법

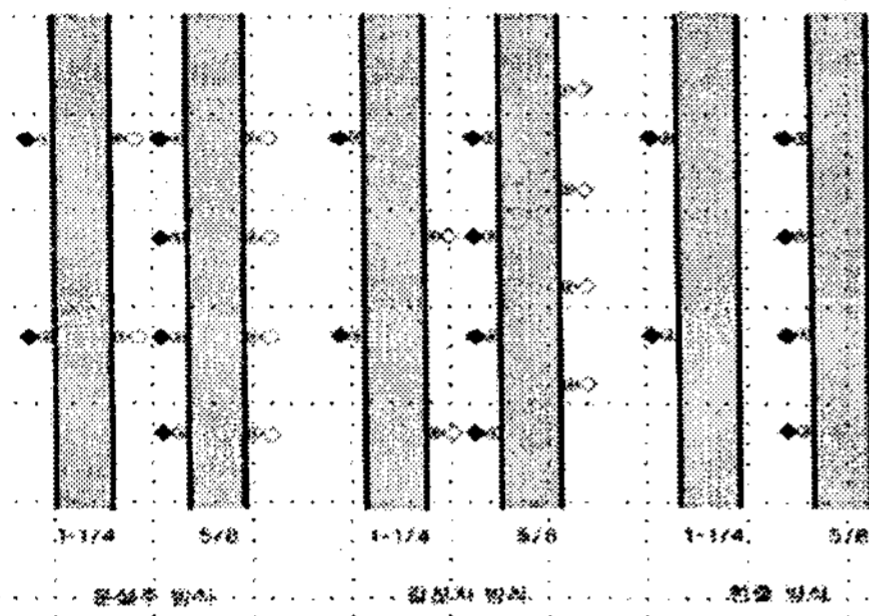
- 선행 연구 및 관련 규정
 - 최대 : PTA 1마일, 미국병대 1.25 마일
 - 최소 : 통상 0.5마일
- 위험요소 감소법
 - IALA 내브가이드 참조
- 동체시력 시인거리법
 - 이번의 연구용역에서 제시됨
- 설문/면담(조선 및 선박의 특성)
 - 이번의 연구용역에서 제시됨
- 시뮬레이션 - 사전검증법
 - 배치(변경 혹은 개선)에 대한 검증



† 교신저자 : 종신회원 tgjeong@hhu.ac.kr

* 종신회원 cooksg@hhu.ac.kr

배치방식 직선 및 복원구간



US Army Corps of Engineers

- "Hydraulic Design of Deep-Draft Navigation Projects", EM 110-2-1613, May 2006.
- 직선항로
 - 일반적으로 직선 항로에 이르는 구간에서 항로 양쪽에서 적어도 2개의 항로표지가 항상 조종자에게 보이게 함.
 - 많은 항로에서 탁월하게 나타나는 통상의 안개 조건으로 중중시정(visibility)이 1.5마일 이내로 제한
 - 부표 사이의 최대 간격은 1.25마일이고 최소 간격은 통상 0.50마일임.
 - 항로표지는 직선 항로를 따라 단층, 갈선사, 문설주 방식으로 설치함. USCG의 연구 결과 직선 항로에서 문설주 방식

PIANC - PTC II 보고서 마공부

- 마공부 설정
 - 직선 항로와 연결되어 있는 마공부는 선박의 선회 능력을 고려하여 결정
 - 선회 반경 및 스펙트럼 트랙의 폭은 하드오버 타각보다 작은 일정 타각으로 설정
 - 마공부에서는 통상 하드오버 타각의 15~20% 즉 5~7인 타각을 사용이 바람직
- 항로표지
 - 항로표지는 잘 표시가 되어야 함.
 - 편도 항로에서 마공부의 안쪽의 표지가 보다 좋은 식별이 되도록 안쪽에 최소 3기(정점 1기, 입구 및 출구에 각 1기)를 설치함.
 - 가능하면 바깥쪽에 1기를 설치하는 것이 좋음.
 - 더 설치할 경우 문설주(대칭) 방식으로 입구 및 출구에 각 1기를 설치

US Army Corps of Engineers

- 마공부
 - 모든 항로의 마공부의 안쪽에는 항로표지가 있어야 하는 것이 최소 요건.
 - 마공부에는 절단 방식 혹은 비절단 방식인가에 따라 여러 방법으로 설치
 - 절단 방식에는 마공부 안쪽의 변경점에 최소 2기의 항로표지를 설치
 - 항로의 마공부도 여러 방식으로 표시 가능
 - 마공부마다 3기의 항로표지는 USCG 시뮬레이션 결과 효과적임.

PIANC - PTC II 보고서 직선항로

- 항로표지 및 배치방식
 - 항로 표시용 항로표지는 특정 등질 혹은 레이더 반사기를 달아 뚜렷하게 보이도록 하여 다른 배경광 혹은 시정이 나쁜 상태에서도 쉽게 식별할 수 있도록 한다.
 - 문설주(대칭) 방식이 좋고 항로표지의 선박 진행 방향 간격은 예상 시정 상태에 적합
- 간격 및 기타표지
 - 항로의 위험 구역에서는 그 간격을 최대 약 1마일로 한 이 간격은 도선사가 항로 부표를 눈으로 감지할 수 있는 거리.
 - 비콘 혹은 무표는 가능하면 준설된 항로의 끝 가깝게 설치하며 아울러 IALA의 규정에 적합하게 설치.

배치 간격 및 방식 면담 조사

- 등부표의 배치 방식은 대칭(문설주)형이 좋다. 다만 항로표의 크히 좁을 때에는 단층 방식 혹은 갈선사 방식을 고려한다.
- 대형선에서 주간 부표의 시인 거리는 통상 2마일 정도이다.
- 연속된 부표는 2기 이상 보이는 것이 좋다.
- 부표는 등거리성과 대칭성을 확보하여야 한다.
- 항계 내의 부표 간격은 500~1000m(1000m 전후가 원칙이나 지형상 필요하면 500m까지)
- 항계 외의 부표 간격은 1마일 전후로 한다. 다만 등거리성에 따라 다소 달라질 수 있음.
- 중요한 목표물이나 위험물, 변경점에는 등부표 밖에 등줄 설치 연속성과 일관성을 지킨다. (번호 체계, 변경점 부표의 등질, 그 이후의 등질 체계)
- 항로 근처에 항로표지 설치(현재는 저수심 식별을 목적으로 한다)라니 항로가 불확실부함)

배치간격 방식 설문조사 결과

- 나안으로 본 주간의 등부표의 시인거리는 2-4마일
- 쌍안경으로 본 주간의 부표 시인거리는 4-6마일 가장 높게 나타남
- 주간의 등표/번호의 시인거리는 나안 약 1.52마일, 쌍안경 2.37마일
- 항로표지 배치간격의 만족도 만족도가 높은 것 (50.0%)으로 나타남
- 항로표지의 폭에 대한 만족도도 다소 높은 편임 (44.7%)
- 선호하는 등부표의 배치 방식은 대칭형의 양측방식
- 주간의 등부표의 배치 간격은 1.01마일

동체시력에 의한 시인거리 실측결과(2007.11.2) - 나안

- 안고 15m의 선박(No.2 부표-LL26(M))
 - 운곽인지 : 1.6마일(2964미터)
 - 형상인지 : 1.2마일(2222미터)
 - 번호인지 : 0.32마일(555미터)
- 안고 3m 선박(No.1 녹색-LL24, No.2 부표)
 - 운곽인지 : 폭 1483미터, 적 1667미터(0.9마일)
 - 형상인지 : 폭 1160미터, 적 1296미터(0.7마일)
 - 번호인지 : 폭 463미터, 적 518미터(0.28마일)
- 번호 인지
 - 단독 글자보다 복수 글자가 인지하기 어려움
 - 따라서 W1, 혹은 E1으로 표시하려면 글자가 더 커야 함

배치간격 방식 설문조사 결과

- 나안으로 본 주간의 등부표의 시인거리는 2-4마일
- 쌍안경으로 본 주간의 부표 시인거리는 4-6마일 가장 높게 나타남
- 주간의 등표/번호의 시인거리는 나안 약 1.52마일, 쌍안경 2.37마일
- 항로표지 배치간격의 만족도 만족도가 높은 것(50.0%)으로 나타남
- 항로표지의 폭에 대한 만족도도 다소 높은 편임(44.7%)
- 선호하는 등부표의 배치 방식은 대칭형의 양측방식
- 주간의 등부표의 배치 간격은 1.01마일
- 선호하는 등부표의 시인 개수는 2개까지(40.7%), 3개까지(30.4)임
- 만공부 형식은 원호형 만공 형식을 46.4%, 직선 만공 39.5%, 지름길 방식 13.4%로 나타나고 있는데, 이것은 연구자가 볼 때 의외의 결과임
- 만공부의 부표 설치는 부표 2기 설치가 60.8%로 가장 높음, 부표 1기 19.6%로 2위임

항로표지 최적 배치 간격 - 동체시력 시인거리법

- 주어진 값
 - 항로 폭 : 1000m
 - 동체시력 시인거리(형상인지) : 2222m
 - 항로표지의 최대 배치 간격

$$I = D - \frac{w^2}{2D} = 2222 - \frac{500^2}{2 \times 2222} \approx 2165(m) \approx 1.17(mile)$$

항로표지 최적 배치 간격 - 동체시력 시인거리법

최대 배치 간격

$$I = \sqrt{D^2 - w^2} = D \left(1 - \left(\frac{w}{D} \right)^2 \right)^{\frac{1}{2}}$$

항로 폭의 1/2

$$= D \left(1 - \frac{1}{2} \left(\frac{w}{D} \right)^2 + \dots \right) \approx D - \frac{w^2}{2D}$$

동체시력 시인거리

항로표지 최적 배치 간격 - 동체시력 시인거리법

- 위의 예에서
 - 항로 폭 : 1000m, 동체시력 시인거리 2222m
 - 최대 배치 간격은 약 1.2 마일 이내로
 - 항로 폭이 1000m 이상이면 선박의 경우 항로 중심 보다는 우측을 통항하기 마련이므로 위의 1.2 마일을 벗어 날 수 없을 것으로 예상함
- 따라서 항로표지의 배치 간격을 1마일 내외로 한 것은 타당한 수치로 예상됨
- 배치간격
 - 항계외 : 1마일 내외를 원칙으로 하고 여건에 따라 변경
 - 항계내 : 1000m 내외가 원칙이나 여건에 따라 500m 내외 까지 가능