

論 文

부도수도 항로 개선에 관한 연구

홍 종 해* · 정 태 권**

A Study on the Improvement of the Channel of Pudo-Sudo in Chinhae Man

Jong-Hae Hong · Tae-Gweon Jeong***

〈 목 차 〉

Abstract

1. 서 론

2. 부도수도 항로 설정에 관한 일반사항

2.1 마산항 출입선박의 명세

2.2 부도수도 항로 폭

2.3 부도 수도 항로 수심

3. 부도수도 항로 설정

3.1 심수심항로 설정

3.2 해상교통분리제도

4. 결 론

참고문헌

Abstract

This study aims at improving the channel of Pudo-sudo in Chinhae-Man according to the development project of the port of Masan, by investigating the design criteria of harbour facilities for the maximum sized ship.

The new deep-water route was proposed and according to it the present separation scheme was adjusted appropriately. The width of the deep-water route is suggested to be 350m and would be wide enough for the 30,000 DWT container ship to go through. However, the proposed channel will be tested and validated by the shiphandling simulator.

* 정회원, 해양수산부 사무관

** 정회원, 한국해양대학교 해사대학 부교수

1. 서 론

마산항은 1899년 5월 1일 국제무역항으로 개항한 이래 꾸준한 발전을 이루고 있다. 접안 능력은 1996년 12월 말 현재 23개 선석이고, 화물량은 11,325,000톤이며 하역 능력은 8,340,000톤이다. 2011년까지는 26개 선석으로 확장하여 취급 화물량은 27,596,000톤, 하역능력 23,260,000톤까지 취급할 수 있도록 개발예정이다. 이에 따라 이 가포지구에는 최대 30,000DWT의 컨테이너 선박이 출입할 수 있도록 계획하고 있다[1].

본 연구에서는 마산항 개발계획에 따라 최대 30,000DWT급 컨테이너 선박이 마산항에 출입하는 경우를 가정하여, 부도수도 항로의 폭과 배치, 수심 등에 관하여 시설물 설계기준과 선박의 조종 특성을 감안하여 그 적절한 항로를 제안하고자 한다.

2. 부도수도 항로 설정에 관한 일반 사항

2.1 마산항 출입선박의 명세

마산항을 출입하게 될 주요 선박의 경우 컨테

이너선은 20,000 DWT와 30,000 DWT를, 화물선은 30,000 DWT를 대상으로 한다.

이들 선박의 명세는 <표 1>과 같다.

마산항 건설계획에 따른 부도수도 항로의 설정에 대하여 우선 항만시설물 설계기준을 살펴보고자 한다.

2.2 부도수도 항로 폭

마산항 진입항로인 부도수도 항로의 폭에 대하여 항만시설물 설계기준 등에 의거하여 살펴보면 다음과 같다.

(1) PIANC Rule[2]은 선폭의 8~10배를 항로 폭으로 요구한다. 따라서 이 기준에 의한 부도수도 항로의 폭은 <표 2>에서 보는 바와 같이 217~307m가 되어야 한다.

(2) 미국의 항로설계기준[3][4]은 선폭의 5.4~8.5배를 항로폭으로 요구한다. 따라서 이 기준에 의한 부도수도 항로의 폭은 <표 2>와 같이 147~261m가 되어야 한다.

(3) 우리나라[5] 및 일본의 항로설계기준을 보면 항로거리가 비교적 길지만 출입선박이 빈번하지 않은 경우는 선체 길이의 1.5배를 항로폭으로, 그 이외 항로로서 빈번하게 통항하지 않은 곳은

<표 1> 대상 선박의 명세

선종	톤수(DWT)	선박 제원				부두명
		전장(m)	형폭(m)	형심(m)	만재홀수(m)	
화물선	30,000	186	27.1	15.2	10.9	잡화, 목재부두
컨테이너선	20,000	201	27.7	15.6	10.6	컨테이너부두
	30,000	237	30.7	18.4	11.6	

<표 2> 부도수도 항로의 폭

선종	톤수(DWT)	PIANC Rule(m)	미국항만시설(m)	우리나라(m)
화물선	30,000	217~271	147~231	279
컨테이너선	20,000	222~277	150~236	302
	30,000	246~307	166~261	356

<표 3> 부도수도 심수심항로의 수심

선종	톤수 (DWT)	PIANC Rule (m)	미국항만시설 (m)	우리나라 (m)
화물선	30,000	13.08	13.2	13.2
컨테이너선	20,000	12.72	13.03	13.03
	30,000	13.92	14.12	14.12

선체 길이의 1배를 요구한다. 따라서 부도수도 항로는 비교적 길지만 통항량이 빈번하지 않으므로 항로의 폭을 선체길이의 1.5배로 하면 <표 2>에 보는 바와 같이 279~356m가 되어야 한다.

이상에서 살펴본 항만설계기준을 종합하면 요구되는 항로의 폭은 147~356m가 요구되므로, 부도수도 항로의 폭은 350m이면 충분한 것으로 판단된다.

2.3 부도 수도 항로 수심

부도수도 항로의 안전수심을 항만시설물 설계 기준 등에 의거하여 종합하여 살펴보면 다음과 같다.

(1) 부도수도는 외해에 노출된 것으로 볼 수 있고 이곳에서의 선속도 빠르므로 PIANC Rule의 경우 총선저 여유 수심을 홀수의 20%를 적용한다. 이때 요구되는 항로의 수심은 12.72~13.92m이다.

(2) 미국, 우리 나라 및 일본의 항만시설물 설계기준은 파랑에 의한 영향, 선체침하 현상에 의한 영향, 트림에 의한 영향 등을 고려하여 정하도록 하고 있다. 즉, 파랑에 의한 영향은 유의파고가 1.8m이므로¹⁾ 이의 1/2인 0.9m의 여유가 필요하고, 선체침하에 의한 영향은 PIANC Report가 정하고 있는 약 0.23m의 여유가 필요하며, 트림(trim)에 의한 영향으로 선체길이의 0.25%가 필요하고 또한 기타 여유 수심으로 약 0.8m를 더 확

보한다고 할 때, 필요한 여유수심은 30,000DWT 화물선은 2.4m이고, 20,000DWT 및 30,000DWT의 컨테이너선은 각각 2.43m, 2.52m이다. 이 경우 필요한 수심은 13.03~14.12m가 된다.

이상에서 살펴본 바와 같이 항만시설물 설계 기준이 요구하는 수심의 크기는 12.72~14.12m이므로 부도수도 항로의 수심 DL(-)13.0m는 적정하지 못한 것으로 판단된다. 통항선박의 최대톤수를 화물선 30,000DWT, 컨테이너선 20,000DWT로 가정하면 항로의 수심은 최소 DL(-)13.20m 이상 되어야 한다. 컨테이너선 30,000DWT이면 수심은 최소 DL(-)14.0m 이상 되어야 한다.

3. 부도수도 항로 설정

기존의 부도수도 항로는 마산항 진입항로인 북측항로와 나오는 항로인 남측항로로 되어 있고 그 내부에 통항분리대로 되어 있다. 따라서 이들 항로를 출입예정인 30,000 DWT 선박이 이용가능하도록 준설하면 될 것이나 이는 경제적인 측면을 고려할 때 좀 어렵다. 따라서 최소의 준설 비용으로 안전한 항로를 확보할 필요가 있다.

본 연구에서는 준설에 따른 비용을 줄이면서 출입 최대선박이 이용할 수 있도록 부도수도 항로에 심수심항로²⁾를 설치하고 아울러 기존 부도수도의 해상교통 분리제도를 수정하기로 한다.

1) 해양수산부, “마산항 광역개발 기본계획서”, p.42, 1996.12

2) 심수심항로는 국제해사기구(IMO)의 항로지정방식중 하나로 ‘Deep-Water Route’를 말한다.

3.1 부도수도 심수심항로

본 연구의 심수심항로는 부도수도의 중앙에 <그림 1> 및 <표 4>와 같이 각종 항만시설물 설계기준을 참조하여 설정한다.

<표 5>에서 보듯이 심수심항로의 만곡도를 살펴보면 우리나라 및 일본의 항로 설계 기준에서는 가능하면 30° 미만을 요구하고 있으므로 본 연구의 심수심항로의 만곡도는 28° 로서 이 기준에 적합하다고 볼 수 있다.

곡률 반경의 경우 PIANC Rule은 최소 5L, 즉 1,185m(5×237m), 미국의 항만시설물 설계기준은 만곡도가 25° 미만이면 최소 3L, 즉 711m(3×237m)이고 길이가 500ft 이상이면 2133.6m 이상이다. 또 우리나라의 항만시설물 설계기준은 4L, 즉 948m(4×237m)이다. 본 연구에서 제안하고

있는 곡률 반경 3,550m는 우리나라의 항만 시설물 설계기준, PIANC Rule 및 미국의 항만 시설물 설계 기준에 부합되고 있다.

직선거리의 경우 PIANC Rule은 최소 10L, 즉 2,370m(10×237m) 이상이고 미국의 항만시설물 설계기준은 최소 5L 즉 1,185m(5×237m)이다. 본 연구에서 나타난 직선거리 1,900m는 미국의 항만시설물 설계기준 및 PIANC Rule에도 부합되고 있다.

조류 방향과 항로 방향과의 사이각의 경우 PIANC Rule에서는 10° ~15° 를 넘지 않도록 요구하고 있는데 본 연구의 심수심항로의 출구는 6° 로서 부합하고 있으나 입구와 주의 구역은 각각 23° , 35° 로 크게 나타나고 있다. 그러나 이곳의 최강 조류의 속력은 0.6~0.9노트에 불과하므로 조류의 영향은 그다지 크게 받지 않은 것으

<표 4> 부도수도 심수심항로

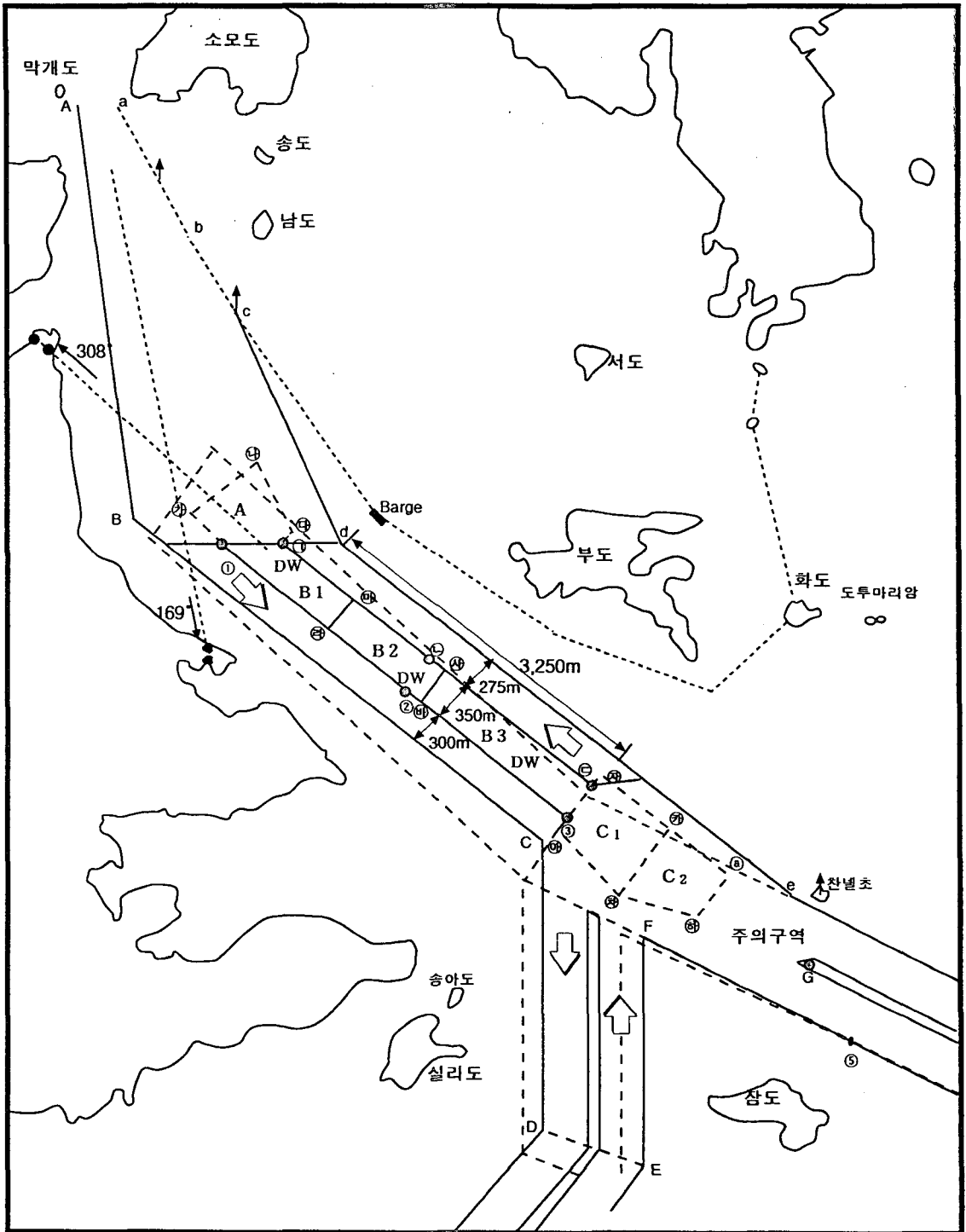
구분	부도수도 심수심항로	
	좌측경계	우측경계
항로범위	① 35° 05' 55.5" N, 128° 37' 09.0" E ③ 35° 04' 42.0" N, 128° 39' 06.5" E 위의 두지점을 연결한 선임.	㉠ 35° 05' 55.5" N, 128° 37' 32.0" E ㉡ 35° 04' 51.0" N, 128° 39' 14.7" E 위의 두지점을 연결한 선임.
항로폭	350m	
항로길이	약 3,270m	
분리대	채널초 남쪽에 있는 기존의 분리대를 그대로 사용	

<표 5> 항로 배치 결정 요소

굴곡부	침로	만곡도	곡률반경	직선거리**	조류와의 사이각
주의구역	294°	007°	∞	2,150m	35°
심수심항로 입구*	301°	007°	∞	3,425m	23°
	308°				
심수심항로 출구	335°	028°	3,550m	1,900m	6°

* 심수심항로의 입구란 마산항으로의 진입할 때의 진입구를 말함.

** 직선거리는 변침 완료후의 지점에서 선회장 중심까지의 거리임



<그림 1> 부도수도 해상교통 분리제도 및 심수심 항로

로 판단된다.

따라서 본 연구에서 제시한 부도수도의 심수심항로의 배치는 항만시설물 설계기준에 따르면 비교적 적정한 것으로 판단된다. 아울러 심수심항로의 수심의 경우 앞에서 언급한 바와 같이 적어도 컨테이너선 20,000DWT를 최대로 가정하면 DL(-)13.2m 이상이어야 한다.

가. 심수심항로의 진입 표준조종

마산항을 진입할 때를 살펴보면 부도수도 심수심항로는 <그림 1>에서 보듯이 찬넬초 혹은 No. G의 중앙 부표를 지나면서 심수심항로의 입구를 향하여 변침하고, 실리도와 잠도 사이의 해상교통 분리제도에서 나오는 선박에 주의하면서 주의 구역을 통과하여 심수심항로의 입구로 자연스럽게 진입할 수 있도록 되어 있다. 심수도항로에 진입한 후에는 골모말의 도등을 보면서 항행하고 항로의 출구인 No. ①부표를 통과할 때 우현변침하여 막개도 등대를 볼 때 정침하여 항행하면 된다.

마산항에서 나올 때에는 막개도 등대 혹은 No. A 부표를 통과한 후 광대비 도등을 보면서 항행하고 대형선박의 조종성을 감안하여 골모말 도등을 통과하면서 서서히 좌현변침하여 심수심항로의 출구³⁾를 향할 수 있게 한다.

심수심항로의 진입한 후에는 항로를 따라 항행하다가 No. ③ 부표를 통과하면 해상교통 분리제도의 중앙 부표인 No. G를 거의 좌현쪽에 보도록 우현변침하여 주의 구역을 항행한다.

나. 심수심항로 진입시의 문제점과 그 대책

마산항의 진입항로는 구조적인 문제점을 가지고 있다. 첫째, 부도수도 해상교통 분리제도를 지나서 바로 30° 정도의 대각도 변침을 하여야만 막개도 등대를 보고 진입할 수 있다. 이 때문에 이곳의 수역은 충분히 확보되어야 한다. 마산항에서 나와 심수도항로에 진입할 경우에도 40° 정

도의 대각도 변침이 이뤄져야 하므로 이곳의 수역은 충분히 확보되어야 한다. 이 이유는 이곳에 다른 선박이 있을 때에는 심수심항로를 이용하는 대형선박의 조종에 극심한 제한을 받게 되기 때문이다.

둘째, 진해항 진입항로 및 실리도, 잠도 사이의 해상교통 분리제도가 접하는 주의 구역에서는 다른 선박이 이곳으로 진입하게 되면 심수심항로를 이용하는 심흘수 선박은 조종상의 제한을 받게 되어 위험에 처하게 된다.

이와 같은 이유로 대형선박의 통항시 좌초 혹은 충돌과 같은 사고가 발생할 수 있다. 따라서 이를 방지하기 위하여서는 심수심항로 내에서 뿐만 아니라 입구 및 출구에서도 심흘수 선박이 우선통항권을 가질 수 있도록 하여야 하고 이를 위하여 VTS에 의한 교통관제가 필요하다. 아울러 이곳을 통과하는 심흘수 선박은 국제해상 충돌방지에서 정하는 등화 혹은 형상물을 게시하도록 한다. 심수심항로는 심흘수 선박을 제외한 선박은 횡단 등의 경우를 제외하고는 통항을 금하도록 한다. 물론 이 경우에도 심흘수선박의 진로를 피하도록 한다.

3.2 부도수도 해상교통 분리제도

기존 설정된 해상교통 분리제도는 우선 분리항로가 길기 때문에 항로의 출구 부분에서 육지에 너무 가까워서 수역이 좁다. 아울러 항로의 출구를 벗어나면 막개도를 향할 때 그 변침각도가 30° 이상 커서 선박의 조종이 어렵다. 이와 같은 이유로 대형 선박은 이곳을 지날 때 좌초의 위험이 매우 높다. 따라서 부도수도 해상교통 분리제도를 옮겨야 할 필요가 있다. 본 연구에서는 <그림 1>과 같이 이 분리제도를 부도수도의 중앙으로 이동하기로 한다. 또 잠도와 실리도 사이의 해상교통 분리제도도 이에 맞게 조정한다. 한편, 부도수도 해상교통 분리제도의 중앙에 분리대를 설치하는 대신에 심수심항로를 설정

3) 여기서 심수심항로 출구의 의미는 마산항을 진입할 때를 기준으로 표현한 것임.

한다.

부도수도의 해상교통분리제도는 <표 6>에서 보듯이 해상교통 분리제도의 폭은 기존과 동일하게 925m로 하고 항행로의 폭은 북측 항행로 275m, 남측 항행로 300m로 한다. 이와 같이 남측 항행로가 북측 항행로보다 넓은 것은 마산항에서 나오는 선박이 이 항행로에 진입하기 쉽게 하기 위함이다. 즉, 부도수도 해상교통 분리제도에 들어가기 위해서는 대각도의 변침이 이뤄져야 하기 때문에 좀더 여유 있는 공간이 필요한 법이다. 또 해상교통 분리제도의 길이는 출구에서의 수역 확보를 위하여 현행의 해상교통 분리제도보다 짧게 설계하여 3,250m로 한다.

부도수도의 해상교통 분리제도의 북측 및 남측 항행로는 9.0m의 천소가 있으므로, 마산항 출입하는 흘수 9m 미만의 선박이 이용하도록 한다. 이 분리제도의 북측 항행로는 마산항으로 진입하는 선박이, 남측 항행로는 마산항에서 나오는 선박이 이용하도록 한다.

주의 구역은 진해항의 출입구, 실리도와 잠도 사이의 해상교통 분리제도를 고려하여 <그림 1>과 같이 조정한다.

3.3 항로표지

새로 설정하는 부도수도 해상교통 분리제도와 심수심항로에는 안전 항해를 위하여 항로표지를 설치하여야 한다<그림 1 참조>.

우선 막개도 근처에 항로의 경계를 나타내는 측방표지로서 좌현표지 No. A를 설치하고 또 항로의 굴곡을 나타내고 부도수도 해상교통 분리제도의 출구를 나타내는 좌현표지 No. B를 설치한다.

마산항 진입 선박이 부도수도 심수심항로를 지날 때 침로를 쉽게 유지할 수 있도록 골모말에 도등을 설치한다. 또 마산항에 나오는 선박이 심수심항로의 진입을 용이하게 할 수 있도록 광대비에도 도등을 설치한다.

부도수도 심수심항로의 좌우측 경계에 특수표지 혹은 측방표지를 설치할 수 있다. 즉, 해상교통 분리제도의 경계에 측방표지가 있으면 이것과 구분하기 위하여 심수심항로의 경계에 특수표지를 설치하는 것이 좋으나 없으면 측방표지를 설치하는 것이 좋다. 여기서는 심홀수 선박의 항행 안전성이 더욱 중요하므로 심수심항로의 경계에 측방표지를 설치한다. 좌현표지로서 No. ①, No. ②, No. ③를 설치하고 우현표지로서 No. ㉠, No. ㉡, No. ㉢를 설치한다.

또 주의 구역인 찬넬초 남쪽의 해상교통 분리제도의 분리대에 안전수역표지 No. G를 설치한다. 마산항을 진입하는 심홀수 선박은 이 표지를 지나면 주의 구역에 들어감을 알 수 있고 또 심수심항로로 용이하게 진입할 수 있다. 또 심수심항로에서 나올 때 주의 구역을 지나 연결된 해상교통 분리제도의 남측 항행로로 용이하게 진입할 수 있다.

<표 6> 부도수도의 현행 및 신설 해상교통 분리제도 비교

구 분		기 존	신 설
해상교통 분리제도 의 폭	전체의 폭	925m	925m
	항행로의 폭	북측 425m, 남측 425m	북측 275m, 남측 300m
	분리대	75m	해당사항 없음
항로 길이		4500m	3,250m
심수심항로	폭	해당사항 없음	350m
	길이		3,250m

4. 결 론

마산항 개발계획에 따른 부도수도는 항만시설물 설계기준 및 선박의 조종성을 감안하여 검토한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 부도수도 항로는 심수심항로(Deep-water route) 방식으로 설정한다. 이 심수심항로는 부도수도의 중앙에 설치한다.
2. 부도수도 심수심항로의 수심은 최대선박을 20,000DWT의 컨테이너선으로 할 때 DL(-) 13.2m이고 30,000DWT의 컨테이너선으로 할 때에는 DL(-) 14.0m 이상이어야 한다. 부도수도 심수심항로의 폭은 350m로 한다. 이 심수심항로는 흘수 9.0m 이상의 선박이 이용하도록 한다.
3. 부도수도의 해상교통 분리제도를 수도의 중앙으로 옮겨 조정한다. 부도수도의 해상교통 분리제도의 항행로는 흘수 9.0m 미만의 선박이 이용하도록 한다. 북측 항행로 즉, 마산항 입항항로는 항로폭을 275m, 남측 항행로는 300m로 한다. 이 항로폭이 동일하지 않은 것은 마산항에서 나오는 선박이 이 분리제도에 진입할 때 수역을 넓혀 선박 조종상의 어려움으로 인하여 생길지도 모르는 사고의 위험을 줄이기 위함이다.
4. 부도수도 심수심항로 항행 선박의 항행 편의를 위하여 골모탈에 도등을 설치하고, 부도수도 심수심항로의 진입을 용이하게 하고 심수심항로에서 나오는 선박과의 교차 상태를 줄이기 위하여 광대비에 도등을 설치한다.
5. 부도수도 심수심항로의 항행 선박을 위하여 심수심항로에 항로표지로서 측방표지를 설치한다.
6. 심수심항로 항행 선박의 우선권 확보를 위한 VTS 관리 체제가 필요하다. 아울러 연안선, 어선, 잠종선들은 횡단의 경우를 제외하고는 심수심항로를 통항하지 않도록 한다. 횡단의 경우라 하더라도 심수심항로 항행 선박의 진로를 피하도록 한다. 아울러 심수심항로 항행 선박은 해상교통법에 따른 심흘수 선박의 형상물, 등화를 게시하도록 한다.

위와 같은 심수심항로의 배치, 항로폭, 수심 그리고 해상교통 분리제도의 배치와 그 항행로 폭 등에 관한 적정성 여부에 관한 연구는 선박조종 시뮬레이션을 통하여 계속되어야 할 것이다.

참고문헌

- [1] 해양수산부고시 제1998-11호, “마산항 기본계획”, 1998. 2
- [2] PIANC, “Report of Work Group of ICOREL”, 1980
- [3] Department of the Army Corps of Engineers, “Hydraulic Design of Deep-Draft Navigation Projects”, 1983
- [4] Naval Facilities Engineering Command, “NAVFAC DM-26.1”, pp.56-69, 1983
- [5] 해운항만청, “항만시설물 설계기준서(상권)”, pp.607-613, 1993