

論文

교량 안전통항을 위한 레이더의 교각인식 특성 분석

김태인* · 박상일* · 정대득** · 신철호**

*목포해양대학교 해상운송시스템학과 대학원 **목포해양대학교 해상운송시스템학부 교수

Analysis of Radar Recognition Characteristics of Bridge Piers and Attachments for Safe Passing

Tain-In Kim*, Sang-Il Park*, Deuk-Dae Jeong**, Chul-Ho Shin**

*Graduate school of Mokpo National Maritaim University, 530-729, Korea

**Professor, Division of Maritime Transportation System, Mokpo National Maritime University, 530-729, Korea

요약 : 시계 불량시 교량하 항로를 교각과 충돌없이 안전하게 통항하기 위하여 충분히 떨어진 곳에서 레이더로 교각을 탐지하는 것이 매우 중요하다. 본 연구에서는 이론 검토 및 레이더 실험을 통하여 교각인식을 위하여 필요한 교각 돌출량을 도출하였다. 교량하 항로를 통과하는 최대선박의 전장과 통항조건별로 필요치를 제시함으로써 교량 설계시 그 해역의 교통 환경에 적합한 교각방호시설의 설계가 가능하도록 하였다.

핵심용어 : 레이더, 선박의 교량 충돌, 레이더 인식

Abstract : For safe passing the waterway crossing bridge without collision with bridge-piers under poor visibility circumstances, it is very important that the pier should be detected definitely as earlier as possible by radar. In this study, the required length of projecting part of the bridge pier for definite radar recognition was obtained by theoretical and experimental analyses. By presenting the required values depending on the maximum vessel size and passing condition, it is expected possible to design the bridge pier protecting system appropriately suitable to traffic environment of the waterway.

Key words : radar image, ship collision with bridges, pier recognition by radar

1. 서론

최근 연안해역에서 새로운 항만 개발이 많아지고 기존 항만 지원시설 확보를 위해 항해수로를 가로지르는 교량 건설이 많아지고 있다. 이에 수반하여 선박과 교량 충돌사고 위험성이 가중되고 있다.

LABSE(International Association for Bridge and Structural Engineering)의 보고서에 의하면 1960-1991년 사이 매년 평균 1회의 대형선박과 교량의 충돌사고가 발생 하였으며(Larsen,1993), 그 피해와 규모도 실로 엄청나다. 교량과 선박의 충돌위험성이 증대 되면서 교량의 안전성을 확보하기 위한 수로설계 및 교량보호설계, 선박 충돌 방호시설등과 같은 하드웨어적 측면의 연구가 수행되었으나 선박 조선자의 입장에서 바라본 충돌위험의 분석과 예방에 관한 연구는 국내외적으로 미진한 상태이다.

특히 시계불량시의 교각 인식대책과 안전통항을 위한 지침이 충분히 연구되어 있지 않은 실정이다. 레이더에 의한 교각 식별을 위하여 교각 전방 30m에 부표를 설치할 것을 제안한 연구 결과가 있으나(伊勢灣海難防止協會, 2000), 통항선박의 최대크기나 항로의 교통 환경조건에 대한

고려가 미흡하여 모든 항로상 교량에 적용하기에는 어려움이 있다.

본 연구에서는 선박의 교량 통항시 충돌 위험성을 감소시키는 방안을 체계적으로 분류하였다. 이 방안 중에서 선박이 교량통과를 위한 접근 이전에 선박 조선자가 교각을 미리 인식하는 것이 가장 중요하다고 판단된다.

특히 시계 불량시에 최선의 대책이라 할 수 있는 레이더의 교각 인식 모델을 분석하고, 레이더 이론 및 실험 분석을 통하여 안전통항을 위해 필요한 교량상판으로부터 교각의 돌출량을 선박 크기별 및 교각인식 필요거리별로 도출하였다.

2. 레이더에 의한 교각 인식 대책 분석

2.1 교량 안전 통항 대책

교량과 선박의 충돌사고는 부적절한 운항, 운항자의 과실, 기기의 고장, 타선의 존재, 교량 구조물의 돌출, 항로의 영향 등의 여러 가지 조건이 겹친 경우에 주로 발생한다. 이런 조건들로부터 교량안전 통항을 위한 대책을 Fig. 1과

같이 하드웨어와 소프트웨어 두 측면으로 분류하여 분석하여 보았다.

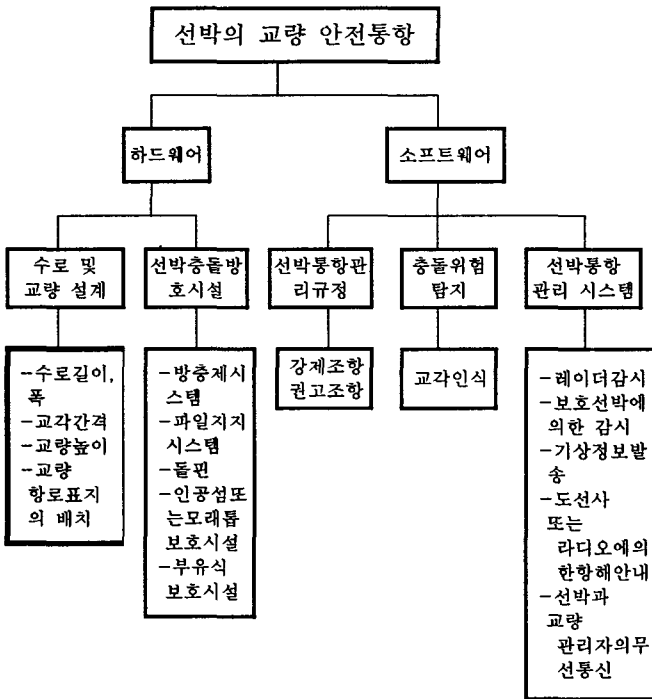


Fig. 2 선박의 교량 안전 통항

수로 및 교량설계는 선박의 안전한 통항에 필요한 교량통과지점 이전의 직선항로, 항로폭, 교량의 높이 및 여유폭 등 선박의 운항을 저해하지 않는 요소를 말하며, 선박충돌방호시설은 충돌사고가 발생하였을 때 선박의 충돌력이 교량구조물에 직접 전달되지 않게 하는 시설이다.

그러나 선박의 충돌력을 견딜 수 있는 교량구조물, 수역 시설 또는 방호시설을 구축하는 것은 불가능하다. 소프트웨어 측면의 안전운항대책은 선박조선회수부족, 선박조선회과정의 실수, 시정 악화, 기상 악화 등의 원인으로 발생하는 충돌사고를 방지하는 것이다.

그러므로 선박이 항해수로를 가로지르는 교량을 안전하게 통항하기 위해서는 하드웨어 측면과 소프트웨어 측면을 동시에 고려할 필요가 있다. 특히 교량 구조물 중 선박의 충돌 대상이 되는 항해경간을 구성하는 교각을 선박조선회자가 상시 인식할 수 있다면 충돌가능성은 현저하게 낮추어질 것이다.

선박 조선회자가 항해경간을 안전하게 통항하기 위해 교량을 인식하는 방법은 시각적, 청각적, 레이더 인식 부분으로 대별할 수 있으며 구체적인 방법들은 Fig.2와 같다.

시각적 인식과 청각적 인식은 교량을 직접 인식할 수 있지만 기상조건, 지형, 음달거리, 광달거리 등의 제약을 받는다. 레이더 인식은 이러한 환경적인 영향을 거의 받지 않지만, 교량인식필요거리에서 교량의 인식 정도를 명확히 분석할 필요가 있다.

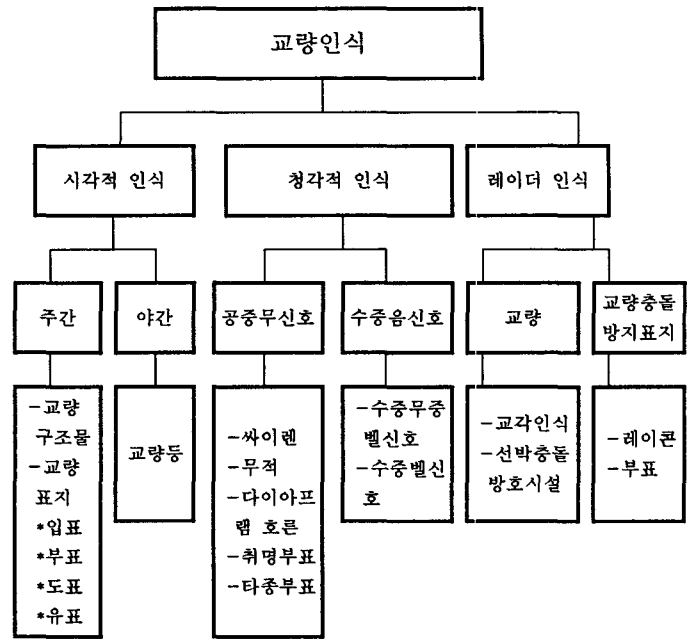


Fig. 3 선박 조선회자의 교량 인식

2.2 레이더에 의한 교각 인식

2.2.1 레이더에 의한 교각 인식 모델

레이더에 의한 교각 인식모델을 분류하여 보면 Fig.3과 같이 교각돌출부 또는 방호시스템과 같은 교량구조물 자체로 교각을 인식하는 직접적인 것과 교량충돌 방지표지 인식과 같은 간접적인 방법이 있다.

Fig. 3 a)는 교각 또는 교각 기초부가 교량 상판에 대해 돌출되었을 경우의 인식방법이다. 그러나 교량에 따라 돌출부분이 없거나 돌출길이가 달라 인식정도가 달라질 수 있으며, 돌출부와 상판이 주탑에 의해 연결되어 레이더의 수직 빔 폭 특성에 의해 식별이 불가능 할 수 있다.

Fig. 3 b)는 선박 충돌시 선박의 충돌력이 교각에 직접 전달되는 것을 방지하기 위한 교각방호시스템을 간접적으로 인식하는 것이다. 교각방호시스템은 충돌 방호공과 충돌 방지공으로 구분할 수 있으며, 충돌력이 교각의 저항력보다 작으면 충돌 방호공을 선택하고 선박의 충돌력이 교각의 저항력보다 크면 충돌 방지공을 선택하게 된다.

충돌 방호공은 교각 구조물에 직접 설치하는 것으로 목재, 고무, 콘크리트, 강철 펜더 등이 주로 이용되며 레이더에 의한 교각 인식에는 유효하지 않을 것이다.

충돌 방지공은 교각 부근의 독립적인 구조물로서 파일, 돌핀, 인공섬 또는 모래톱, 부유식 보호 시스템 등으로 레이더에 의한 교각 인식에 있어 충분한 가능성이 있으나, 기존의 교각에 적용하는 것은 비현실적이다.

Fig. 3 c)는 교각의 전방에 부표를 설치하여 인식하는 방식으로 교각의 전방에 레이더로 인식 가능한 만큼의 거리에 부표를 설치하는 것으로써 타 방식에 비하여 기존

교량에 적용하기 쉽고 경제성도 있다. 그러나 부표 그 자체가 선박 조전자에게 충돌위험물로 인식되며 교각에서 멀리 설치될수록 통항 수역을 잠식 할 수 있다.

Fig. 3 d)는 교각에 레이콘을 설치하여 교각을 인식하는 방식으로 기존교량에 적용하기 용이하지만, 설치비용이 높고, 선박이 근접하였을 때 레이더의 성능저하를 야기할 수 있다.

Fig. 3 e)는 교량구조물의 교각위치에 일정길이의 붐을 설치하고 끝단에 레이더 리플렉터를 부착하는 방식으로 인식도는 양호하지만 구조물의 안전성을 위한 외력조건을 별도로 고려해야 할 것이다.

Fig. 3 f)는 교량의 상판중 항해경간 구간을 레이더가 인식하지 못하게 하는 방식으로 전파흡수체, 전파흡수물질등을 고려할 수 있다. 이 방식은 교각 인식은 물론 교량을 통과하는 선박, 교량배면의 물표까지 연속 탐지할 수 있지만 기술적인 연구와 경제성 검토가 요구된다.

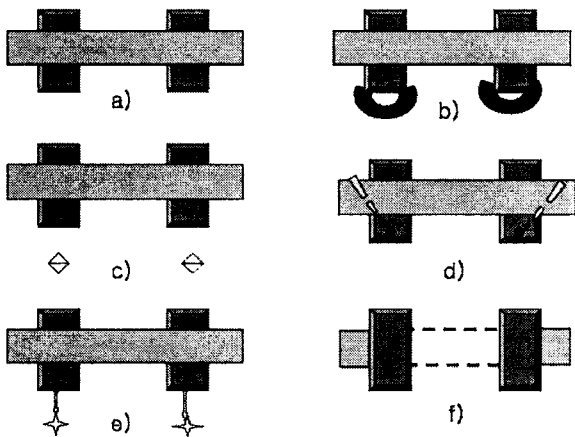


Fig. 3 레이더에 의한 교각 인식 모델. a)교각 돌출부, b) 교각방호시스템, c) 부표, d) 레이콘, e) 레이더 리플렉터 f)전파 흡수체

레이더에 의한 교각 인식 모델에서 고려하여야 할 사항 중 하나는 레이더 인식을 위해 설치되는 물표가 선박의 교량통항 항로를 잠식 하여서는 안되며, 물표 그자체도 충돌 대상이 될 수 있으므로 가능한 한 교각에 근접하게 설치되는 것이 바람직하다.

2.2.2. 레이더 교각 인식필요거리 분석

시계제한시 레이더에 의한 교각의 인식은 선박과 교량의 충돌방지에 중요한 인자이지만, 최초 인식 지점이 교량으로부터 어느 정도 확보되어야 안전한 통항을 위한 선수방위 설정 또는 충돌침로에서 충돌회피동작을 취할 수 있다.

일반적으로 충돌회피동작을 취하기 위한 수역면적은 대상선박의 크기, 조종성능 및 외력조건 등에 의해 결정된

다. 이 교각 인식필요거리를 산정하는 방식은 각종 수역시설 설계기준, 선행연구 및 해상교통공학의 이론을 참조하여 결정할 수 있다.

PIANC 규정에서는 교량 등으로 인하여 항로의 폭이 좁아지는 해역의 경우에는 최소한 최대 통항 선박 선체 길이의 5배의 길이를 갖는 직선 통항로를 경계부분 전후에 두어야 하고 그 구간에는 양질의 항로표지를 설치할 하여야 한다고 권고하고 있다.

Shoji 등은 전세계 충돌사고 분석에 근거한 경험적 추정치로 교량으로부터 가장 근접한 수로의 변침점까지의 거리는 최소한 선박전장의 8배가 되어야 하며(Fig.4), 가능하면 20배를 권고하였다.

해상교통공학의 선박점용영역(ship domain)이론에 의하면 수로를 통상속력(service speed, 10~16노트)으로 항진할 때 진행방향으로 선박전장의 8배, 제한수역에서 항내속력(manuevering speed, 6~8노트)으로 항진시 6배의 수역을 점용하는 것으로 정의하였다.

따라서 대상선박 전장의 8배거리에서 레이더에 의한 교각인식이 가능해야 할 것으로 사료되며, 시계제한, 타 선박의 통항 등을 고려하면 권고사항인 전장의 20배 거리에서 교각인식을 고려할 필요가 있다.

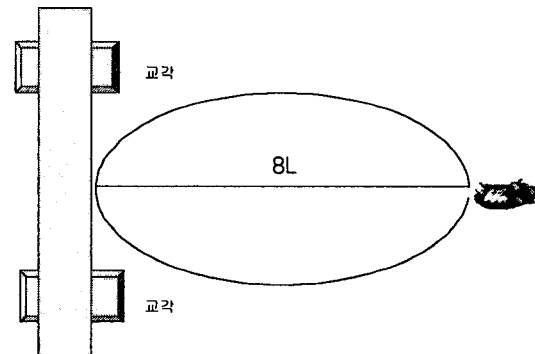


Fig. 4 교각 인식필요거리 개념(L: 선박의전장)

<Table 1>은 레이더 교각인식 필요거리의 최소값인 6L, 최대값인 20L 및 선행연구자의 제안값인 8L에 대해 선박의 길이별 레이더 레인지 값을 나타낸 것이다. 특히 교각의 인식정도는 레이더 레인지에 크게 의존하며 레인지가 작을수록 인식도는 높아진다.

레이더 교각인식 필요거리, 이 거리만큼 떨어진 물표를 탐지하는데 필요한 레인지와 이심(OFF CENTER)기능을 사용하는 경우의 레인지를 정리해 보았다. 여기서, 선박용 레이더의 이심기능을 사용하는 경우 선수방향으로 사용 레인지 반경의 65%를 더 탐지 할 수 있다.

즉 0.5, 0.75, 1.5, 3NM 레인지의 경우 이심시에는 0.83,

1.24, 2.48, 4.95NM까지를 각각 탐지 할 수 있다. 특히 이

<Table 1> 교각인식 필요거리에 따른 적용레이저[NM]

선박의 전장[m]	구 분	6 L	8 L	20 L
100	인식필요거리	0.32	0.43	1.07
	필요 레이저	0.5	0.5	1.5
	이심시레이저	0.5	0.5	0.75
200	인식필요거리	0.64	0.86	2.15
	필요 레이저	0.75	1.5	3
	이심시레이저	0.5	0.75	1.5
300	인식필요거리	0.97	1.29	3.23
	필요 레이저	1.5	1.5	6
	이심시레이저	0.75	1.5	3

※ 6L과 8L은 각각 항내조종속력 항진시와 통상속력항진시의 필요최소한의 직선거리이며, 20L은 가능한 한 확보할 것을 권장하는 필요직선거리임

심시의 레이저를 검토한 것은 가능한 한 작은 레이저를 사용할수록 보다 레이더 영상의 식별이 용이해지고, 보다 원거리에서 탐지할 수 있기 때문이다.

<Table 1>에서 알 수 있는 바와 같이 교각하를 통과하는 최대선박의 길이가 300m인 경우 6L을 확보하기 위해서는 0.97NM전방에서 교각을 인식하여야 하기 때문에 일반 사용시에는 1.5NM 레이저를, 이심시에는 0.75NM레이저로 교각을 탐지할 수 있으면 된다. 따라서, 이심하여 사용하면 교각탐지에 훨씬 유리함을 알 수 있다.

3. 레이더 이론 고찰 및 실험

3.1 레이더 이론 검토

교각을 레이더로 잘 판별하려면 어떤 조건이 필요한가를 도출할 필요가 있다. 교각의 상판보다 교각부가 돌출되는 Fig.3 a), b), c) 및 e)의 돌출량 또는 돌출거리에 따라 레이더 영상의 크기와 형상이 본 연구의 주 관심대상이다. 레이더 영상의 크기와 형상에 영향을 주는 레이더 장치 특성에는 사용 레이저는 물론이고, 휘점의 크기, 펄스폭, 수평 빔폭이 있으며 또한 CRT의 크기에 따라 영향을 받는다. 돌출이미지의 길이와 실제 돌출거리는 다음 식(1)을 이용하여 간단히 계산할 수 있다.

$$I = \frac{Dr}{1852R}, \quad D = \frac{1852RI}{r} \quad (1)$$

여기서, I 는 돌출물의 영상길이[mm], D 는 돌출물의 실제 길이[m], r 은 CRT의 반경[mm], R 은 사용 레이저[NM]를 각각 나타낸다.

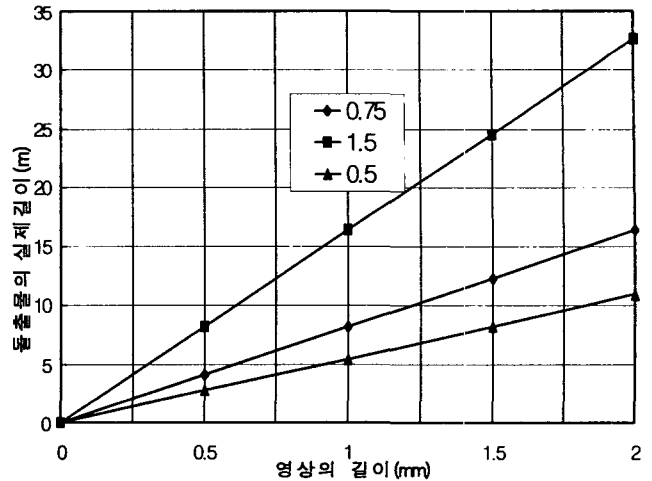


Fig. 5 영상의 크기에 따른 실제 물표의 크기 계산 결과

<Table 2> 영상의 돌출길이 및 레이더 레이저에 따른 실제 돌출거리 [m]

영상 돌출길이 [mm] \ 레이저[NM]	0.5	0.75	1.0	1.25	1.5	2.0
0.50	2.7	4.1	5.4	6.8	8.1	10.8
0.75	4.0	6.0	8.1	10.2	12.2	16.3
1.50	8.1	12.2	16.3	20.4	24.5	32.6
3.00	16.3	24.5	32.6	40.8	49.0	65.2

Fig.5와 <Table 2>의 계산에는 IMO의 레이더 규격 및 성능 기준에 의거 10,000ton이상의 상선에서 상용되는 지름 340mm CRT를 기준으로 하였고, 0.5, 0.75, 1.5NM의 레이저를 선택한 것은 <Table 1>에서 알 수 있는 바와 같이 교각탐지를 위하여 주로 사용하여야 하는 레이저이기 때문이다.

두 점 물표가 분리되어 탐지되는데 필요한 방위 분해거리는 다음 식(2)로 계산할 수 있다.

$$B = 1852 \theta d + S \quad (2)$$

여기서, B 는 물표간 방위 분해거리[m], θ 는 레이더의 수평 빔폭[rad(=π/180[°])], d 는 안테나와 물표간의 거리[NM], $S(= 1852Rt/r)$ 는 휘점의 지름에 상당하는 거리[m], t 는 휘점의 지름[mm]을 각각 나타낸다.

Fig. 6의 수평빔폭은 통상적으로 X밴드 레이더에서 제공하는 것으로, 0.8, 1.0, 1.2, 2.5도에 대하여 계산하였고, 휘점의 직경은 통상적으로 사용하는 340mm 직경의 CRT 휘점의 크기인 0.5mm로 하였다. 본 연구에서 수평빔폭 및 휘점의 크기를 고려한 방위분해능을 거론한 것은 교각의 교각들이 방위분해거리 보다 작아지게 되면 하나의 영상으로 붙어 보여 교각인식이 어려워진다. 또한 선박과 교각

이 항상 정면으로 마주 볼 수 없는 상황으로 교각을 바라보는 각도에 따라 교각의 돌출영상이 달라지며 정선수 보다는 측면에서 교각을 탐지하는 것이 교각 식별에 용이하다. 이는 방위분해능의 영향으로 같은 돌출물이라도 돌출영상 측면으로 갈수록 길어지기 때문이다.

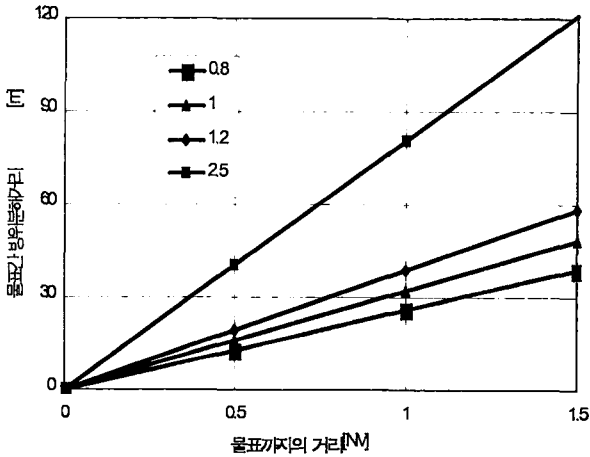


Fig. 6 수평범폭만을 고려한 방위분해거리

3.2 실험 및 결과 분석

본 실험에서는 2.2.1에서 분석한 바와 같이 먼저 교각인식 모델 중 실험에 적용하기 가장 용이한 부표 모델을 선택하였다. 대형교량의 교각전방에 부표를 설치하여 다중반사 및 각종 거짓상을 고려하여야 하나 실제 실험에 적용하기는 어려운 점이 많아서 교각돌출부의 돌출길이 변화에 따른 영상 특성 분석을 위한 실험으로 교량과 비슷한 영상이 예상되는 일직선의 방파제 안벽 전방에 실험 물표를 띄우고 실험 물표와 방파제간의 거리 변화에 따른 영상 변화를 관측하였다.

실험물표는 부표의 특성과 거의 같다고 할 수 있는 높이 890mm, 직경 570mm 크기의 200리터 철제 드럼통으로서, 드럼통은 로프를 이용하여 수평이동을 최소화 하고 선박의 선수와 방파제간 일직선상을 5m 간격으로 이동하면서 실험하였다.

실험에 사용한 레이더는 목포해양대학교 새누리호에 탑재된 레이더 X-band(JRC JMA-9823)이며, 방파제와 레이더의 거리는 0.745NM 이었다.

Fig. 7를 보면 실험결과 및 이론치가 잘 일치함을 알 수 있다. Fig. 7에는 표기하지 않았지만 식(2)로 계산한 점물표의 수평방향 퍼짐량도 계산치 28m와 잘 일치하였다. 여기서, 사용한 레이더의 수평범폭은 1도, 휘점의 직경은 0.5mm이다. Fig. 8에서 보인 실험 결과는 레이더 레인지 0.5, 0.75, 1.5NM를 각각 이심상태로 사용하며, 방파제와 실험 물표간의 거리를 5m~30m 까지 5m 간격으로 변화시키면서 관측한 레이더 이미지를 디지털 카메라로 촬영한 것이다.

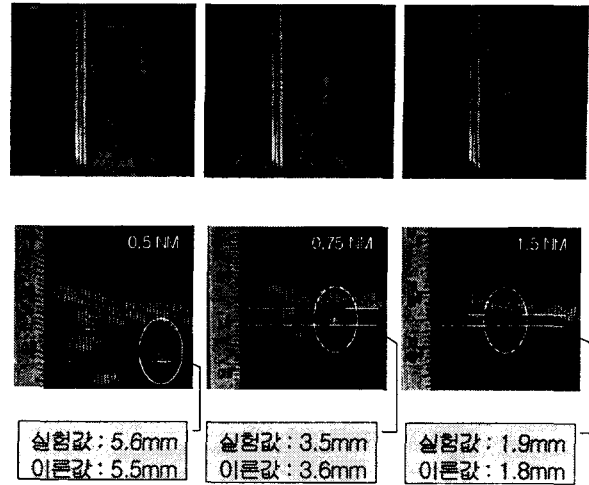


Fig. 7 방파제로부터 30m 떨어진 실험 물표의 레이더 탐지 영상과 이론치의 비교

<Table 3>은 Fig. 8에 대응하는 이론계산 및 실험 결과이며, 이론값과 실험값이 잘 일치함을 확인할 수 있다.

<Table 3> 돌출거리 및 레이더 레인지에 따른 영상의 돌출 길이 [mm]

돌출거리[m] \ 레인지[NM]		레이더 레인지 [m]					
		5	10	15	20	25	30
0.50	이론값	0.9	1.8	2.7	3.6	4.5	5.5
	실험값	1.1	2.0	2.9	3.8	4.6	5.6
0.75	이론값	0.6	1.2	1.8	2.4	3.0	3.6
	실험값	0.7	1.5	1.8	2.5	3.1	3.5
1.50	이론값	0.3	0.6	0.9	1.2	1.5	1.8
	실험값	0.5	0.7	0.9	1.2	1.7	1.9

실험결과에서 알 수 있는 바와 같이 방파제 영상으로부터 실험 물표의 영상의 돌출 길이가 0.3~0.6mm 인경우는 식별이 어렵거나 불가능하였고, 0.9mm 와 1.2mm의 경우는 식별이 가능하나 경우에 따라서는 용이하지 않았고, 1.5mm 이상의 경우는 식별이 용이하였다. Fig. 8을 보면 0.75NM 레인지로 관측한 경우 10m이하의 돌출물은 레이더 영상에서 명확히 식별되지 않았으나 15m이상의 돌출물은 식별이 용이함을 확인할 수 있다. 이와 같은 결과와 <Table 1>에서 얻어진 결과를 활용하면 선박의 전장별 사용 레인지별 돌출길이에 따른 영상 식별의 용이성을 구분할 수 있으며, 이를 정리해보면 <Table 4>와 같다.

<Table 4>에서 보는 바와 같이 통항 최대 선박의 전장이 100m인 경우 교각과 부표간 길이가 10m이상이면 식별이 용이 하고, 가능한 한 15m의 간격을 요함을 알 수 있다.

200m의 경우는 최소한 15m와 가능한 한 25m 이상의 간격을 요함을 알 수 있다. 300m의 경우 항내조종속력으로 통과해야하는 경우는 15m 이상, 통상속력으로 운항하는 경우는 적어도 25m이며 가능한 한 30m를 초과하는 간격을 두고 설치해야 함을 알 수 있다.

<Table 4> 돌출길이별 영상 식별의 용이성 구분

전장[m]	돌출길이[m]		5	10	15	20	25	30
	인식필요 거리	이심 레인지						
100	6L	0.5	▲	●	●	●	●	●
	8L	0.5	▲	●	●	●	●	●
	20L	0.75	X	▲	●	●	●	●
200	6L	0.5	▲	▲	●	●	●	●
	8L	0.75	X	▲	●	●	●	●
	20L	1.5	X	X	▲	▲	●	●
300	6L	0.75	X	▲	●	●	●	●
	8L	1.5	X	X	▲	▲	●	●
	20L	3.0	X	X	X	X	▲	▲

※ ●표는 식별 용이, ▲표는 식별 가능, X표는 식별이 어려운 경우를 각각 나타냄.

4. 결 론

선박과 교량의 충돌방지 대책은 여러 가지 측면에서 확보 가능하나 선박 조종자가 항해경간을 구성하는 교각을 상시 인지할 수 있다면 충돌 가능성을 현저히 낮출 수 있을 것이다. 특히 레이더에 의한 교각 인식이 가능하다면 시정악화, 기상악화, 타선박과의 마주치는 과정에서 선박의 안전 통항성이 확보 될 수 있다. 교량을 구성하는 상판과 교각의 구조에 따른 레이더 인식 특성을 분석하기 위한 기초실험으로서 수직호안과 부표의 이격거리별 인식 특성은 연구하였다.

본연구의 결과를 요약하면 다음과 같다.

- 1) 시계불량시 안전통항을 위한 레이더에 의한 교각 인식 모델을 분류하고 각 모델의 특징과 장단점을 비교분석하였다.
- 2) 돌출물의 돌출길이에 따른 영상의 돌출길이는 실험결과와 이론적 돌출길이가 잘 일치하며 영상을 용이하게 인식하려면 영상의 돌출량이 1.5mm 정도는 되어함을 알았다.
- 3) 레이더의 이심 기능을 사용한다는 전제로 통항 최대선박의 길이와 통항 환경별 부표의 필요 돌출거리를 실험을 통하여 도출하였다.
 - 통항 최대선박의 전장이 100m인 경우 교각과 부표간의 길이는 10m이상이면 식별이 용이하나, 가능한한 15m 이상의 간격을 요한다.
 - 200m의 경우는 최소한 15m와 가능한한 25m 이상의 간격을 요한다.
 - 300m의 경우는 항내조종속력으로 통과해야하는 경우는 15m 이상, 통상속력으로 운항하는 경우는 적어도 25m, 그리고 가능한한 30m를 초과하는 간격을 두고 설치해야 한다.

일반적으로 교량마다 형상 및 그 주변 환경이 다르

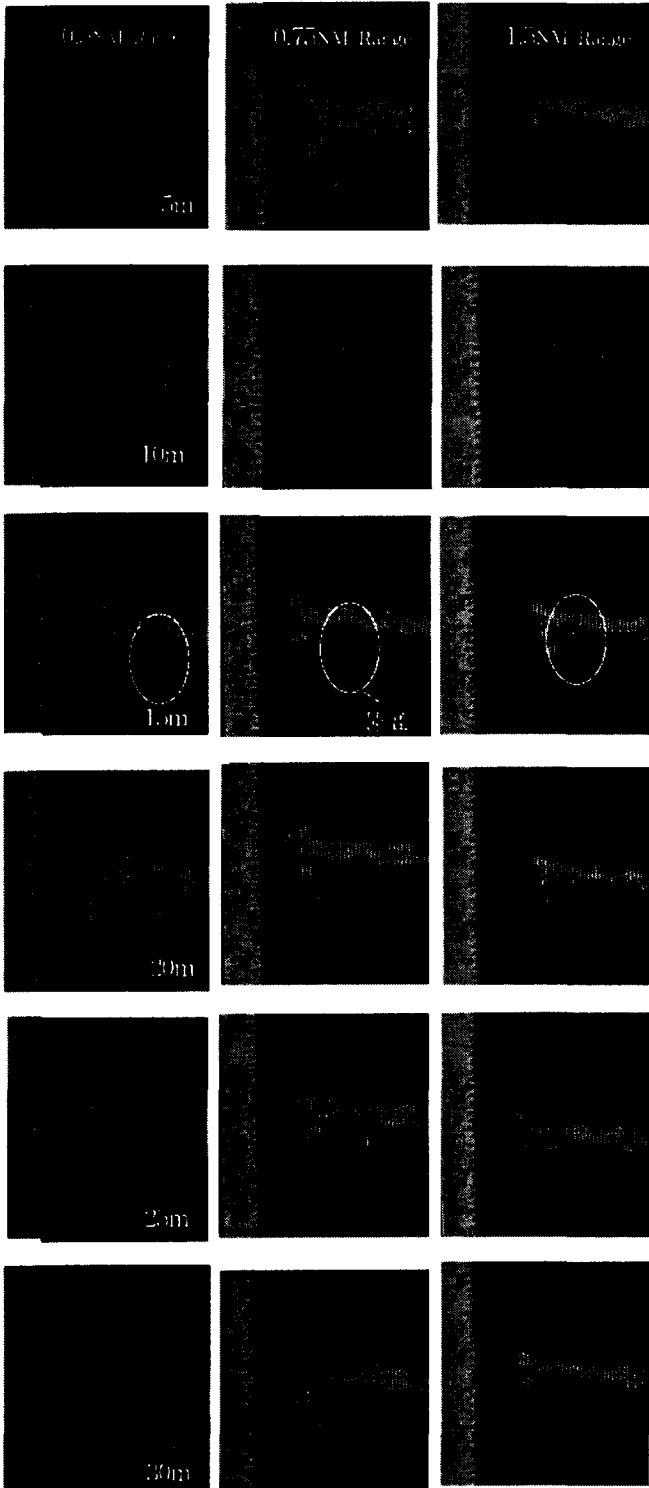


Fig. 8 실험용 물표의 방파제로부터 거리에 따른 영상의 변화 실험 결과

므로 레이더 탐지 있어 다중반사 및 격면반사와 같은 허상과 잔상, 돌출물의 레이더 반사 유효면적에 관한 영상인식부분은 지속적으로 연구할 과제가 될 것이다.

참 고 문 헌

- [1] 금중수,윤명오(1997) 海上交通管理論 세종출판사,pp143-136,pp160
- [2] 藤井弥平(1993),"海上交通工學からみた橋の安全性", 航海, 橋と船舶航行特集 108号, pp.1-9
- [3] 伊勢灣海難防止協會(2000):"明石海峽大橋完成後 航行安全對策,pp 290-292
- [4] Frandsen,A.G.(1983), "Accident Involving Bridges", IABSE Colloquium on Ship Collision with Bridge and Offshore Structure, Copenhagen
- [5] Ole Damgaard Larsen(1993), "Ship Collision with Bridges", Structural Engineering Document 4, IABSE&AIPS&IVBH, pp.7-11, pp.85-102