

해상교통안전진단제도에 따른 바다모래채취 주변수역에서의 통항선박 안전성 평가에 관한 연구

김세원[†] · 박영수* · 이윤석
(한국해양대학교)

A Study on the Evaluation for the Safety of Passing Vessel in the Vicinity of the Seasands Gathering Area By Marine Traffic Safety Diagnostic Scheme

Se-Won KIM[†] · Young-Soo PARK* · Yoon-Suk LEE
(Korea Maritime University)

Abstract

Recently, the supplying of basic materials for construction of building as sand is big issues due to lack of shoreside supply. For solving this problem, many suppliers attempt to gather aggregate from the sea bottom of the EEZ & west coastal area of Korea. In this regard, the 'Jangantoe' which exists in the westside of the Daesan port is worth noticing as good seasand supplying areas. The Chungnam Aggregate Association have plan to gather of seasand from 'Gaduckdo 5 regions & Igok 3 regions' which lies westside about 6 miles off from the Jangantoe areas. This designated area also locates upper parts of the Gadaeam TSS(Traffic Separation Scheme) which is very useful passing routes for the sailing vessels of Incheon & Daesan ports.

In this study, the evaluation of the safety for passing vessels in the vicinity of the seasand gathering area was performed by various methods of radar observations & GICOMS AIS data for marine traffics and vessel traffic-flow simulation of the 'Marine Traffic Safety Diagnostic Scheme'. By the results of this evaluation, I suggested comprehensive countermeasures for the safety of passing vessels in the near the seasand gathering area.

Key words : Gather of seasand, Safety for passing vessel, Vessel traffic-flow simulation, GICOMS AIS

I. 서론

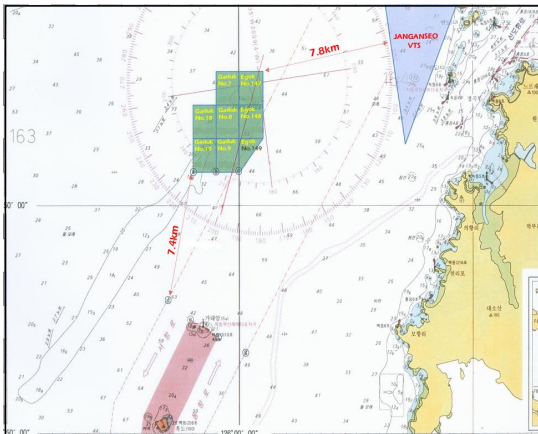
최근 들어서 각종 건축에 필요로 하는 모래 등의 기초자재에 대한 육상조달 부족으로 그 자원

을 해저의 바다골재로 대체하는 경향이 심화되고 있다. 이러한 골재채취의 대상해역으로 주목받고 있는 수역은 우리나라의 남서해의 EEZ수역과 서해안의 대산항 서측으로 길게 형성되어 있는 장

[†] Corresponding author : 051-410-5085, youngsoo@hhu.ac.kr

안퇴 부근 해역이다. 이 장안퇴 수역은 인천항, 평택·당진항, 대산항 등으로 입출항하는 선박들이 통항하는 항로와 인접하여 위치하고 있다. 특별히 연구용역을 통하여 검토된 대상해역은 태안군 관할해역인 가덕도지적 5개 지구와 이곡지적 3개 지구이다. 이 지구들은 가대암 통항분리대(TSS)의 하행선 좌측분리대 연장선과 맞물려 있어서 인천항 및 평택·대산항을 출항하여 내려오는 선박들의 통행로와 겹치는 수역이다. 그리고 대상해역에서 동측으로 6~7마일 떨어진 곳으로는 장안퇴의 모래톱이 약 17km에 걸쳐서 길게 위치하여 대산항 및 태안항의 항내 정온도를 확보하는 천연 방파제 역할을 하고 있고, 그 안쪽으로는 대산항으로 입출항하는 중소형선들의 항로설정 및 소규모 어항들이 위치하고 있다. 또 이 수역은 가로림만을 포함하여 태안반도 주변으로 어항포구에서 연안어선들의 조업활동이 빈번하여 통항선박의 안전에도 위험요인이 존재하는 수역이다.

[Fig. 1]과 같이 태안반도 앞 서해 중부수역은 수도권, 충청권을 배후로 하는 인천항, 평택·당진항, 대산항, 보령항, 태안항 등의 출입선박이 집중되는 해상교통의 요충지이다.



[Fig 1] Designated area of gathering seasand

그리고 이 골재채취의 대상해역은 대산지방해

양항만청 관할의 VTS관제범위에서 약 5마일 정도 북서측으로 떨어져 위치하고 있어서 VTS관제 수역 밖이고, 장안서 연안해역 VTS관제수역에서도 벗어난 해역이다.

따라서, 이 연구에서는 이러한 교통환경조건에서 골재채취를 수행할 경우에 그 주변수역으로 통항하는 선박들의 통항안전성을 확보할 수 있는 방안에 대하여 해사안전법에서 규정하고 있는 해상교통안전진단제도를 통하여 평가하고자 한다.

II. 본론

해상교통안전진단에서는 선박의 통항안전성 평가를 위하여 대상해역에 대한 해상교통 현황조사, 현황측정, 시스템적정성 평가 및 안전대책 등의 4가지 항목을 설정하고 있다.

이 연구에서는 해상교통 현장조사 및 해상교통류 시뮬레이션, 현장 이해관계자 및 전문가의 면담 등을 통한 과학적 검증방법과 골재채취 주변 수역에서의 해상교통류 흐름의 분석을 통하여 위험요소를 평가하고, 이를 기반으로 통항선박의 안전확보를 위한 종합적인 방안들을 제안하도록 한다.

1. 안전진단서 제출 및 항목 설정

먼저, 이러한 대상해역에서의 바다골재채취 사업이 해사안전법에서 규정하고 있는 해상교통안전진단 대상사업인지에 대한 적법성 문제가 제기되었다. 이와 관련하여 이 사업은 안전진단업무를 수행하고 그 안전진단서 결과를 제출해야 한다는 행정기관의 주장과, 안전진단업무를 면제를 주장하는 사업자 측의 의견이 서로 상충하여 문제점으로 제기되었다. 그리고 해상교통안전진단업무를 수행하기 위해서는 그 사업에 합당한 안전진단 항목을 결정하여야 하는 문제도 제기되었다.

가. 안전진단서 제출에 대한 해석

해사안전법 제15조(해상교통안전진단)에서는 다음과 같이 안전진단 대상사업을 규정하고 있다.

(1) 국토해양부장관은 안전진단대상사업을 하려는 자(이하 “사업자”라 한다)에게 국토해양부령으로 정하는 안전진단기준에 따른 해상교통안전진단을 실시하도록 하여야 한다.

(2) 사업자는 안전진단대상사업에 대하여 「항만법」, 「공유수면 관리 및 매립에 관한 법률」 및 「개항질서법」 등 해양의 이용 또는 보존과 관련된 관계 법령에 따른 허가·인가·승인·신고 등(이하 “허가등”이라 한다)을 받으려는 경우 제1항에 따라 실시한 해상교통안전진단의 결과(이하 “안전진단서”라 한다)를 허가등의 권한을 가진 행정기관(이하 “처분기관”이라 한다)의 장에게 제출하여야 한다.

따라서 해저에서의 골재채취사업은 위의 (2)항의 내용 중에 “「공유수면 관리 및 매립에 관한 법률」 등 해양의 이용”에 해당되므로 안전진단을 받아야 된다는 해석이다.

나. 안전진단서 제출면제에 대한 해석

안전진단서 제출면제와 관련해서는 안전진단서 시행지침(전부개정 2013. 3. 21) 제33조에서 다음과 같이 규정하고 있다.

- 제33조(안전진단서 제출이 면제되는 사업): 법 제16조제1항제2호에서 “선박의 통항에 미치는 영향이 적은 사업으로 국토부장관이 정하여 고시하는 사업”이란 [별표 4]와 같다.

따라서, 바다골재채취 사업자의 주장은 이 사업의 위치는 [별표 4]의 나항의 2)에 해당하는 것으로 관리선박의 주 통항로에서 5킬로미터 이상 떨어진 공유수면이므로 안전진단서를 제출하지 않아도 된다는 주장이다.

다. 안전진단서 제출 및 과업항목 결정

이러한 양측의 의견에도 불구하고, 전문기관인 KST의 안전진단과업 항목 결정에 대한 의견을 감안하여서, 이 과업은 해사안전법 시행지침의

[별표 4] 안전진단서 제출면제사업

구분	범 위
1. 수역의 설정 또는 변경	가. 생략 나. 「공유수면 관리 및 매립에 관한 법률」 제8조제1항에 따른 공유수면 점용·사용의 허가를 받거나 같은 법 제10조제1항에 따른 공유수면 점용·사용의 협의 또는 승인을 받아야 하는 경우로서 다음의 어느 하나에 해당하는 경우 1) 관리선박이 통항할 수 없는 공유수면을 점용·사용하려는 경우 2) 관리선박의 주로 통항하는 수역에서부터 5킬로미터 이상 떨어진 공유수면을 점용·사용하려는 경우
비고: “관리선박”이란 안전진단대상사업이 이루어질 수역을 “통항”하거나 “통항이 예상되는 선박으로 한정”한다.	

‘안전진단 대상사업별 안전진단 항목’ 중에서 대상사업은 ‘수역의 설정’에 해당되는 것으로 결정하였다. 그리고 구체적인 안전진단 항목은 <Table 1>과 같이 해상교통 현황조사, 해상교통 현황측정, 해상교통시스템 적정성평가 중 해상교통류 시뮬레이션 그리고 해상교통 안전대책 등 4가지의 항목이 해당되는 것으로 최종 확정하였다.

<Table 1> Designated articles for Traffic Safety Diagnostic Scheme

Item Design. article	Field observ ation	Traffic observation		Evaluation traffic system	Traffic safety scheme
		observ ation	Traffic congesti on	Marine traffic-flow simulation	
Design ated area	●	●	●	●	●

● : Performed

2. 대상해역에서의 해양사고 조사

인천항 및 진입수로에서의 해양사고 건수는 최근 5년동안(2007~2011년) 총 75건이 발생하였으며, 2009년부터 점진적으로 증가하는 경향을 보이고 있다. 여전히 이 수역에서는 해양사고

발생빈도가 ‘부산항 및 진입수로 해역’ 다음으로 높은 것으로 나타나고 있어 각별한 안전관리가 필요한 해역으로 판단된다.

해양안전심판원의 해양사고 재결서를 이용하여 조사한 대상해역에서의 해양사고는 [fig. 2]와 같이 충돌사고 7건(63.3%), 접촉사고 2건(18.2%), 화재사고 1건(9.1%), 선원사망사고 1건(9.1%)으로 총 11건이 발생한 것으로 조사되었다. 특히 대상해역의 해양사고 발생분포는 [Fig. 2]와 같으며, 사고내용을 분석하면 다음과 같다.

가. 충돌사고

발생빈도가 가장 높은 충돌사고의 발생위치는 흑도 항로 주변 해역이다. 또한 인천을 입출항하는 선박이 교차하는 해역에서 많이 발생하였음을 확인할 수 있다. 그리고 서해 연안의 특성상 좌초사고가 많이 발생하고 있다.

나. 발생시간대

해양사고의 발생시간대가 8~12시 사이가 6건(27.3%), 0~4시 및 4~8시 사이가 각각 5건(22.7%)으로 가장 많이 발생하였다. 인천 입출항 선박이 빈번한 해역의 특성상 야간 항해시 사고가 많이 발생한 것을 알 수 있다.

다. 선종별 사고

선종별 해양사고를 조사한 결과, 어선이 10척으로 가장 높았으며, 예인선과 석유제품운반선을 비롯한 유조선이 각각 4척으로 나타났다. 이는 인천항 입출항 선박의 교통량이 많고 어로작업이 성행한 해역의 특성상 어선의 충돌사고가 높은 비중을 차지하고 있었으며, 의외로 유조선 및 석유제품운반선의 사고 빈도가 높은 것으로 나타나 주의가 필요할 것으로 사료된다.

라. 톤수별 사고

선박톤수별 해양사고는 100톤 미만의 선박이 21척(58.3%)으로 가장 많았고, 100톤 이상 5,000톤 미만의 선박 비율이 12척(33.3%)이었

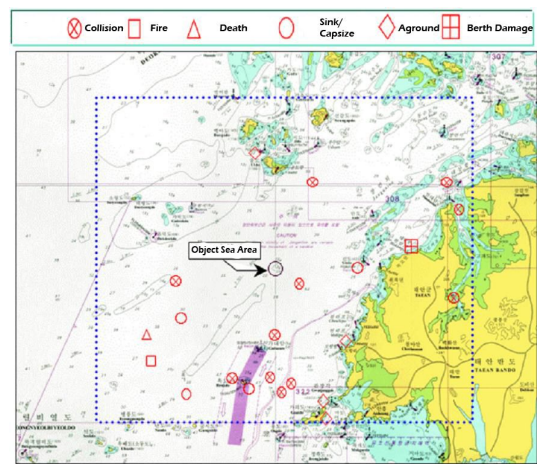
다. 인천 입출항 선박의 규모가 크지 않은 점을 고려하면 대다수의 해양사고는 5,000톤 미만의 선박에서 발생하고 있음을 알 수 있다. 안전관리의 주안점을 5,000톤 미만에 집중할 필요성이 있을 것으로 판단된다.

마. 기상상태별 사고

기상상태별 해양사고는 인천항 입출항 항로와 흑도 인근해역에서의 해양사고 대부분이 바람이 미풍이고 날씨가 좋으며 잔잔한 해면상태에서 12건(54.4%), 흐리거나 비가 내릴 때 7건(31.8%)으로 조사 분석되어, 기상상태가 좋지 않을 경우에 사고가 많이 발생할 것이라는 일반적인 예측과 달랐다. 하지만 좌초, 침몰 및 전복 사고의 경우는 풍속이 7.9m/s를 넘는 경우가 6건으로 이러한 사고의 75%를 차지하고 있어서 기상이 좋지 않을 때 인근해역의 항해에 주의하여야 할 것으로 판단된다.

바. 운항과실

충돌원인별 현황 중 운항과실이 전체 충돌사고 26건 중 22건(84.6%)으로 거의 대부분을 차지하고 있다. 이것은 당직 근무자의 전문지식 부족, 해사안전법 미준수, 근무태만 등의 원인으로 추정된다.



[Fig 2] Marine casualty status for 5 years (2007~2011)

3. 해상교통 현황 및 관측 조사 분석

해상교통안전진단 지침에 의하면, 대상해역에 대하여 3일 이상의 현지 해상교통 관측조사 및 1주일 이상의 ‘해양안전종합정보시스템(GICOMS)’ 자료를 분석하도록 되어 있다. 그러나 이 사업의 기초조사의 중요성을 감안하여 7일간의 통항항적 관측조사 및 1개월간의 GICOMS AIS 자료를 받아서 조사 분석을 실시하였다.

주요 분석내용은 해상교통조사를 기반으로 대상해역의 교통 흐름 및 특성을 분석하고, 톤수별 및 선종별 항적도를 제시하였다. 또한 시간대별 평균 통항량 및 피크타임의 통항량을 분석하여 평가하였다.

가. 1주일간의 항적관측 조사 분석

대상해역에 대하여 Radar 및 AIS를 이용하여 7일간의 현장에서 해상교통 현황조사를 실시하여 얻은 [Fig. 3]의 자료를 기초로 분석한 결과는 다음과 같다.

(1) 대상해역의 통항 선종별 통계분석: 총 943회 통항함 - 화물선 314회(33%), 탱커 267회(29%), 기타 189회(20%), 어선 124회(13%), 여객선 47회(5%) 등으로 1일 135회, 시간당 5.6회 통항함

(2) 길이별로는 50m미만 32%, 100-150m 26%로 전체의 58% 차지함

(3) 요일별로는 토요일에 17%로 가장 많았으나 수-토요일 비슷함

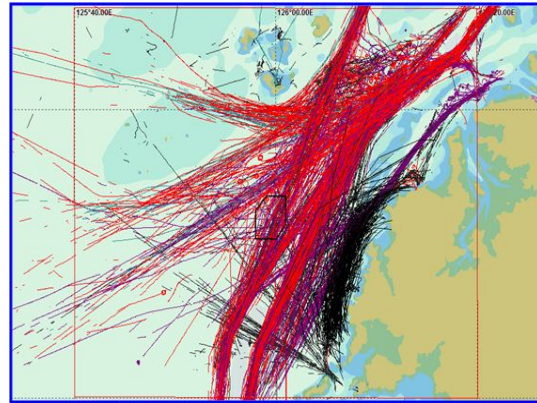
(4) 통항시간대는 피크타임인 11시 기준 8.7회/시간, 전체적으로는 5.6회/시간임

나. 현장조사 자료의 경로대별 선박 통항량

모래채취 예정지를 중심으로 1주일간의 현장 관측자료에 대하여 선박통항의 경로대를 설정하여 분석한 [Fig. 4]의 결과는 다음과 같다.

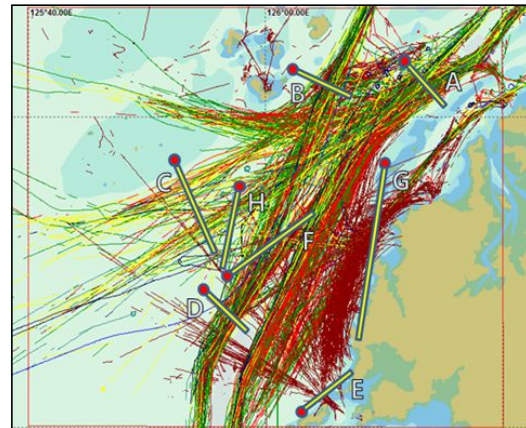
(1) B-D경로(인천 등에서 출항)의 통항 빈도가 55회로 가장 많음

(2) A-D경로(평택, 대산 등에서 출항)의 통항 빈도가 46회로 두번째로 많음



[Fig. 3] Passing vessels tracks for 1 week observation

(3) 모래채취 예정지를 통항하는 B-D경로 및 A-D경로의 경우 시간당 0.6회 통항함.



[Fig. 4] Vessels tracks of passing gatewise for 1 week observation

다. 1개월간의 GICOMS 자료 조사 분석

대상해역에 대하여 국토해양부에 의뢰하여 수신한 1개월간의 GICOMS 자료를 기초로 분석한 [Fig. 5]의 결과는 다음과 같다.

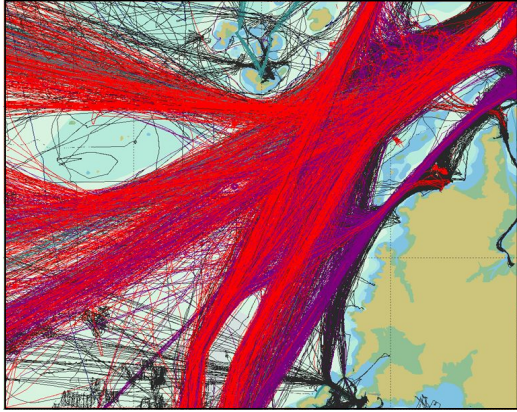
(1) 대상해역의 통항 선종별 통계분석: 총 4,503회 통항함 - 화물선 1,863회(41%), 탱커 1,503회(34%), 기타 816회(18%), 여객선 313회(7%) 등으로 1일 145회, 시간당 6회 통항함

(2) 길이별로 50m-100m미만 24%, 100-

150m 29%로 전체의 53% 차지함

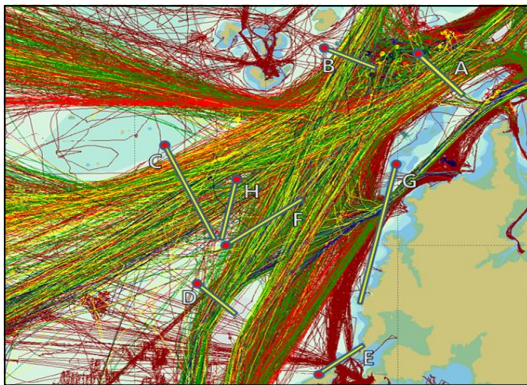
(3) 요일별로는 목, 금요일에 가장 많이 통과함

(4) 통항시간대는 피크타임인 21시 기준 7.7회/시간, 전체적으로는 6.1회/시간임



[Fig. 5] GICOMS tracks data for 1 month

라. GICOMS 자료 경로대별 선박 통항량 모래채취 예정지를 중심으로 1개월간의 GICOMS 자료에 대하여 선박통항의 경로대를 설정하여 분석한 [Fig. 6]의 결과는 다음과 같다.



[Fig. 6] Vessels tracks of passing gatewise for 1 month GICOMS data

(1) 모래채취 예정지 내를 통항하는 A-D경로 (평택, 대산 등에서 출항)의 통항빈도가 390회로 가장 많음

(2) 모래채취 예정지 내를 통항하는 B-D경로

(인천 등에서 출항)의 통항빈도가 373회로 두번째로 많음

(3) 모래채취 예정지를 통항하는 A-D경로 및 B-D경로의 경우 시간당 1.03회 통항함.

마. 현장조사 및 GICOMS 자료 분석결과에 따른 주 통항로대 설정

Radar 및 AIS에 의한 1주일 간의 현장조사 결과와 1개월 간의 GICOMS의 AIS자료 분석 결과에 의하면, 태안 모래채취 대상지 인근해역에서의 선박통항 항적의 OD분석은 A→D경로(평택, 대산→통항분리대)와 B→D경로(인천→통항분리대)에서 가장 높은 통항빈도를 나타내었다. 이러한 선박통항대 경향은 현장관측 조사와 GICOMS 자료의 분석 결과가 거의 동일한 경향을 보였으며, 대략적으로 모래채취 수역을 시간당 1척 정도가 통항하는 것으로 분석되었다. 그리고 <Table 2>는 섹터별, 선박크기별 통항척수를 나타낸다.

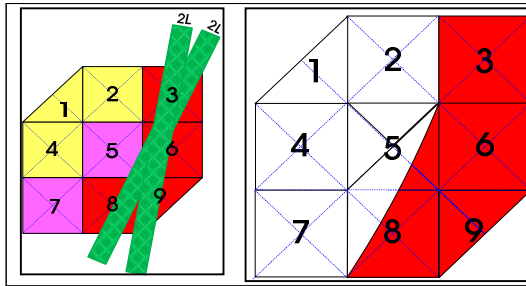
<Table 2> Regions/vessel size-wise attack No. for 1 week observation

Sect Vsl	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Sum
S1	2	2	12	4	8	13	5	23	10	79
S2	1	2	22	3	10	24	9	28	14	113
S3	3	21	29	11	28	29	25	38	23	207
S4	6	14	13	8	14	19	9	15	9	107
S5	1	1	3		1	9	4	9	8	36
S6	1	2	1	1		3			6	14
S7			1			2		1	1	5
Sum	14	42	81	27	61	99	52	114	71	561

(주) S1: 1백톤미만, S2: 1백-5백톤, S3: 5백-3천톤, S4: 3천-5천톤, S5: 5천-7천톤, S6: 7천-1만, S6: 1만-2만톤

구체적으로는 [Fig. 7]과 같이 최대크기의 통항선박을 대상으로 그 선박길이(L)의 2배(2L)의 통항폭을 기준으로 항로대를 설정하여 보면, 모래채취 예정 지구 9개 중에서 3, 5, 6, 8, 9지구

등 5개의 지구에 영향을 미침을 알 수 있다.



[Fig. 7] Evaluation results for 1 week observation

4. 해상교통류 시뮬레이션

해상교통류 시뮬레이션은 해상교통조사 결과를 기반으로 하여 통계적 처리를 통한 대상해역에서의 선박의 교통흐름을 재현하고, 재현 선박에 대한 정량평가모델(ESa Model)을 적용하여 선박 항행에서의 위험해역을 도출하여 대상해역의 위험정도를 검토하는 것이다.

이 ESa(Environmental Stress) Model은 선박운항자의 심적 부담감을 정량적으로 표현한 모델로서 <Table 3>과 같이 나타낸다.

<Table 3> Evaluation basis fo ESa Model

Operators ranks	Contents	ESa value	Judge	Explains	
0	very safe	0-500	Safe	allowable	
1	safe				
2	little safe				
3	neither	500-750	Limit of safe	The range feel from neither safe nor danger to little danger situation	
4	little danger				
5	Danger	750-900	Danger	limit of allow	The range feel from little danger to danger situation
6	Very danger	900-1000	Very danger	Not allow	The range feel from danger to very danger situation

가. 대상해역 및 평가기준

해상교통류 시뮬레이션을 위한 모래채취 해역에 대한 평가기준은 다음과 같이 설정하도록 한다. 그리고 [Fig. 8]은 해상교통류 시뮬레이션의 대상해역을 나타낸다.

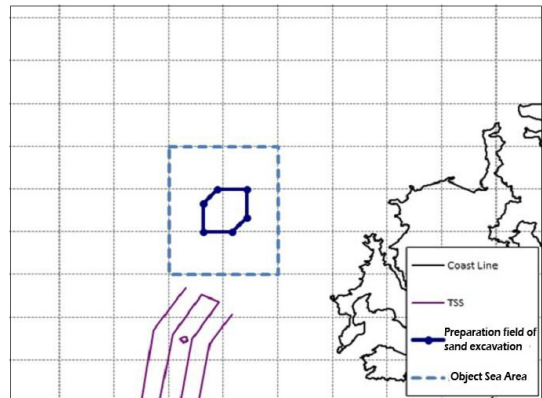
(1) 대상해역은 눈으로 확인 가능한 거리로 하고, 저시정이 아닌 청명한 날을 전제로 한다.

(2) 선박의 침로변경을 20도 이내로 하여 모래채취해역의 끝단을 통과할 수 있는 거리를 설정하도록 한다.

(3) 약 15분의 피항 여유시간을 가진 거리를 설정한다.

(4) 최대선박의 최단정지거리를 15L보다 여유 있는 거리를 설정한다.

(5) 총 시뮬레이션 시간중 환경스트레스(ESa) 값이 750 이상이 발생한 시간이 전체시간의 10% 이상이 발생한 경우를 잠재적 위험이 있다고 평가한다.



[Fig 8] Designed area for traffic-flow simulation

나. 해상교통류 시뮬레이션 시나리오

해상교통류 시뮬레이션은 대상해역에서 예상되는 운항환경 변화에 따른 선박운항자의 조선부담감 변화를 파악하기 위하여 수행되었으며, 이러한 조선부담감 변화에 미치는 바다모래채취지 위치에 따른 영향을 파악하고자 하였다. 이를 위해 37가지의 평가시나리오를 설계하였다.

모래채취지 각 지구별로 작업할 경우에 그 대

상지구는 장애해역이 되므로 각 지구별로 2개~4개 지구를 동시작업할 경우를 예상하여 해상교통류 시물레이션을 실시하였다. 통항선박은 현재 교통량의 피크타임시간대와 이 피크타임 시간대의 50% 증가분에 대한 교통량의 통항선박이 있는 것으로 시나리오를 구분하였다. 또한 해상교통량 조사에 의한 사업지구 침범횡수 및 도선사협회 의견수렴에 의한 기초조사를 이용한 3, 6, 8, 9지구가 모래채취로 사용될 수 없을 경우에 대한 시물레이션을 실시하여 총 74개의 시나리오를 작성하여 평가하였다.

(1) 현재의 교통량에서 1개 지구 단독작업시의 시물레이션 결과

현재 교통상황에서 각 지구별로 단독작업 상황을 재현하여 시물레이션을 한 결과는 아래 [Fig. 9]와 같고, E_{Sa}값이 750 이상이어서 조선부담감이 높은 해역은 각 모래채취 지구에서 발생하고 있으며, 발생빈도 해역수는 전체 시물레이션 대상시간의 약 4% 이하의 시간대에서 발생하고 있다.<Table 4> 참조

[Fig. 9]에서 각각의 지구(region) 안쪽으로 붉게 표시된 부분이 E_{Sa}값이 750 이상인 곳이다.

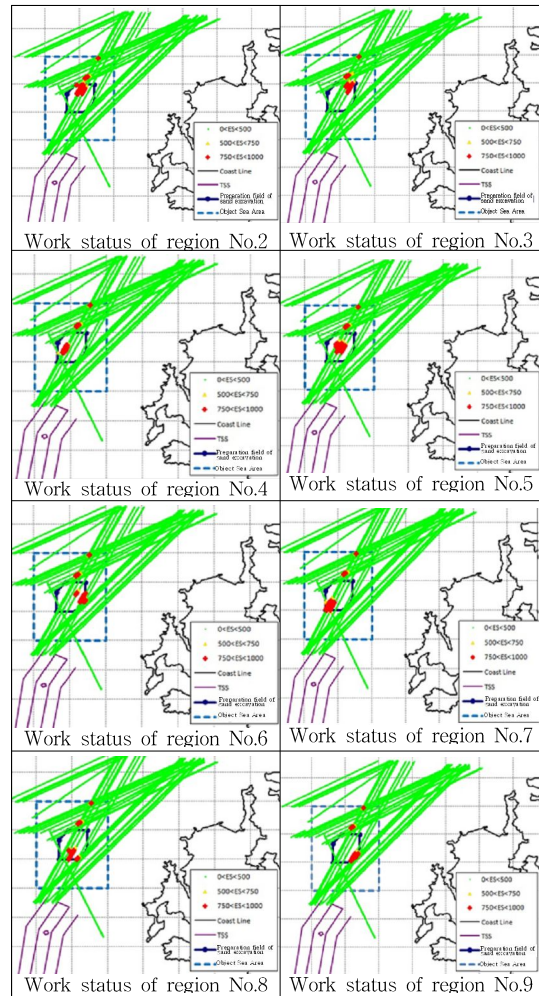
<Table 4> Occurrence frequency of 1 region work on present traffic

Scenario No.	Region	Rate(%) [A]/[B]
2-1	2	4.0
3-1	3	2.2
4-1	4	3.1
5-1	5	3.6
6-1	6	2.4
7-1	7	4.2
8-1	8	2.3
9-1	9	2.9

[A]: 조선부담감이 높은 해역 발생빈도시간(초)

[B]: 총 시물레이션 시간(초)

(2) 현재의 교통량에서 2개 지구 동시작업시의 시물레이션 결과

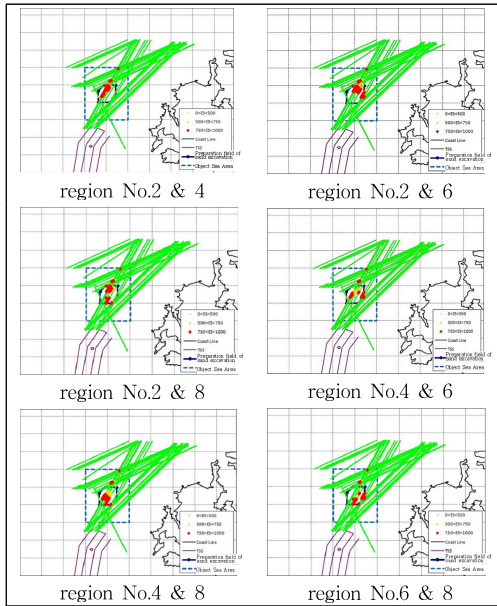


[Fig 9] 1 region work on present traffic

현재 교통상황에서 모래채취 2개 지구에서 동시작업이 이루어지는 상황을 재현하여 시물레이션 한 결과는 [Fig. 10]과 같고, E_{Sa}값이 750 이상인 조선부담감이 높은 해역은 전체 작업지구에서 발생하고 있으나, 발생빈도 해역수는 전체 시물레이션 대상시간의 약 4%~9%의 시간대에서 발생하고 있어서 큰 문제점이 없는 것으로 판별되었다.<Table 5> 참조

(3) 현재보다 50% 교통량 증가상태에서 1개지구 단독작업시의 시물레이션 결과

현재보다 50% 교통량 증가상황에서 지구별로



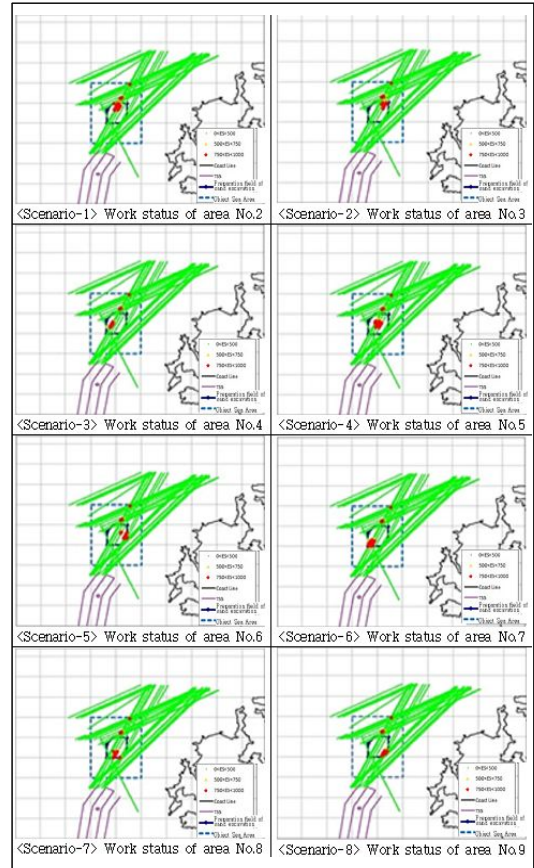
[Fig 10] Sametime work for 2 regions at present traffic

<Table 5> Occurrence frequency of sametime work for 2 regions on present traffic

Scenario No.	Regions	Rate%)([A]/[B])
10-1	2, 4	8.1
11-1	2, 6	8.3
12-1	2, 8	7.4
13-1	4, 6	5.1
14-1	4, 8	6.2
15-1	6, 8	4.4
16-1	3, 5	5.3
17-1	3, 7	7.3
18-1	3, 9	4.7
19-1	5, 7	8.6
20-1	5, 9	6.5
21-1	7, 9	7.9

단독작업 상황을 재현하여 시뮬레이션 한 결과는 [Fig. 11]과 같이 E Sa값이 750 이상으로 조선부담감이 높은 해역이 전체적으로 조금씩 나타나고 있다. 특히 3, 6, 8 지구의 발생빈도 해역수는 전체 시뮬레이션 대상시간의 10%를 넘

는 시간대에서 발생하고 있는 것으로 분석되었다. (<Table 6> 참조)



[Fig 11] Single work for 1 resign on 50% increase traffics

<Table 6> Occurrence frequency of single work for 1 region on 50% increased traffic

Scenario No.	Regions	Rate%)([A]/[B])
2-2	2	5.8
3-2	3	11.8
4-2	4	3.7
5-2	5	6.3
6-2	6	12.0
7-2	7	6.0
8-2	8	10.0
9-2	9	4.1

(4) 현재보다 50% 교통량 증가상태에서 2개 지구 동시작업시 시뮬레이션 결과

현재보다 50% 증가한 교통량 상황에서 2개 지구에서 동시작업 상황을 재현하여 시뮬레이션 한 결과는 <Table 7>과 같고, ESa값이 750 이상인 조선부담감이 높은 해역은 전체 시뮬레이션 대상시간의 약 8%~20%의 시간대에서 발생하고 있다.

<Table 7> Occurrence frequency of sametime work for 2 regions on 50% increased traffic

Scenario No.	Regions	Rate%)([A]/[B])
10-2	2, 4	8.8
11-2	2, 6	18.6
12-2	2, 8	14.0
13-2	4, 6	14.6
14-2	4, 8	14.9
15-2	6, 8	19.8
16-2	3, 5	16.7
17-2	3, 7	14.2
18-2	3, 9	14.6
19-2	5, 7	8.7
20-2	5, 9	14.3
21-2	7, 9	8.3

특히 2/4, 5/7, 7/9 지구의 동시작업시는 조선 부담감 변화는 미미하지만, 2/6, 2/8, 4/6, 4/8, 6/8, 3/5, 3/7, 3/9, 5/9 지구는 조선부담감이 많이 높은 해역으로 분석되었다.

(5) 3개 지구 동시작업시의 시뮬레이션 결과
(가) 현재의 교통량

현재 교통량에서 3개 지구의 동시작업 상황을 재현하여 시뮬레이션 한 결과는 ESa값이 750 이상인 해역수는 4/6/8지구와 3/5/9지구는 10% 미만이지만, 나머지 지구는 전체 시뮬레이션 대상시간의 약 10%~11%의 시간대에서 발생하고 있어서 조선부담감이 높은 것으로 판단된다.(<Table 8> 참조)

<Table 8> Occurrence frequency of sametime work for 3 regions on present traffic

Scenario No.	Regions	Rate%)([A]/[B])
22-1	2, 4, 6	10.9
23-1	2, 4, 8	11.2
24-1	4, 6, 8	9.8
25-1	3, 5, 7	10.3
26-1	3, 5, 9	9.0
27-1	5, 7, 9	11.4

(나) 현재보다 50% 증가한 교통량

현재보다 50% 증가한 교통량 상황에서 모래채취 3개 지구에서 동시작업이 이루어지고 있는 상황을 재현하여 시뮬레이션 한 결과는 <Table 9>와 같이 ESa값이 750 이상인 조선부담감이 높은 해역은 모든 지구에서 발생하고 있는 것을 알 수 있다. 발생빈도 해역수는 전체 시뮬레이션 대상시간의 약 15%~28%의 시간대에서 발생하고 있어 잠재적 조선부담감이 매우 높은 것으로 분석되었다

<Table 9> Occurrence frequency of sametime work for 3 regions on 50% increased traffic

Scenario No.	Regions	Rate%)([A]/[B])
22-2	2, 4, 6	22.4
23-2	2, 4, 8	19.3
24-2	4, 6, 8	28.0
25-2	3, 5, 7	20.2
26-2	3, 5, 9	22.3
27-2	5, 7, 9	15.1

다. 해상교통류 시뮬레이션 평가 분석

바다모래채취 예정지에 대하여 각 지구별로 단독작업 및 몇 개 지구의 동시작업 상황을 재현하여 해상교통류 시뮬레이션을 평가한 결과, ESa(환경스트레스)값이 750 이상인 조선부담감이 높은 해역은 모래채취지구와 그 부근에서 발생하는 것으로 분석되었다. 모래채취지 이외의 해역에서는 선박간의 조우로 인한 조선부담감이 높은

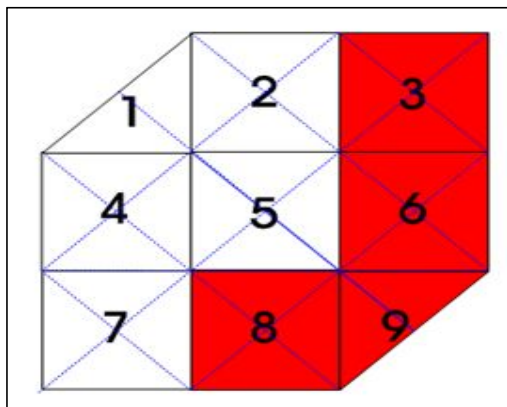
해역은 거의 발생하지 않는 것으로 분석되었으며, 따라서 다음과 같이 평가 분석할 수 있다.

(1) 각 지구별 단독작업시 3, 6, 8 지구는 교통량이 집중된다든지, 추후 교통량 증가가 있을 경우에는 잠재적 조선부담감이 높을 것으로 판단됨.

(2) 2개 지구를 동시작업시 2+4지구, 5+7지구, 7+9지구는 조선부담감이 크게 높지 않지만, 대부분의 경우에는 교통량이 집중된다든지, 추후 교통량 증가가 있을 경우에 조선 부담감이 높을 것으로 판단됨.

(3) 3개 지구 이상을 동시작업할 경우, 교통량과 상관없이 조선부담감이 매우 높은 것으로 분석됨.

(4) 따라서 [Fig. 12]와 같이 현재의 교통량에서는 모든 지구에서 2개의 동시작업에도 위험부

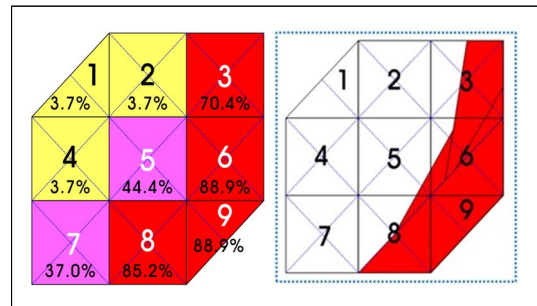


[Fig. 12] Evaluation results of traffic-flow simulation

담이 낮았다. 그러나 교통량 50% 증가의 경우에는 3, 6, 8, 9지구는 단독작업의 경우에도 위험 부담이 높았고, 나머지 2, 4, 5, 7지구는 2개 지구 동시작업에도 위험부담이 낮은 것으로 판별되었다.

5. 해역 이용자 설문조사 분석 결과

대상해역의 바다골재채취와 관련하여 통항선박의 안전성에 대한 설문조사를 관련기관, 선박운항자(대상해역 통항경험이 있는 선박의 선장, 모래채취선 선장), 전문가 등 총 27명을 대상으로 한 지구별 위험도에 대한 의견조사 결과를 분석 정리하면 [Fig. 13]과 같다. 참고로 [Fig. 13] 내의 우측 것은 응답자 중에 부분적인 위험해역을 표시한 것을 종합 정리한 것이다.



[Fig. 13] Evaluation results of experts/users questionnaire

즉, 3, 6, 8, 9지구의 위험도가 70% 이상으로 높은 것으로 조사되었으며, 5, 7지구는 전체의 50% 미만의 응답자가 위험하다고 답변하였다. 또한 1, 2, 4 지구는 거의 위험하지 않는 것으로 분석되었다. 구체적으로 각 지구별 위험도를 응답자의 %로 나타내면 다음과 같다.

(1) 매우 위험

6, 9번: 88.9%, 8번: 85.2%, 3번: 70.4%

(2) 보통 위험

5번: 44.5%, 7번: 37.0%

(3) 1, 2, 4 지구: 3.7% 만이 위험

(4) 따라서 3, 6, 8, 9지구는 위험성이 높은 곳으로 분석되었다.

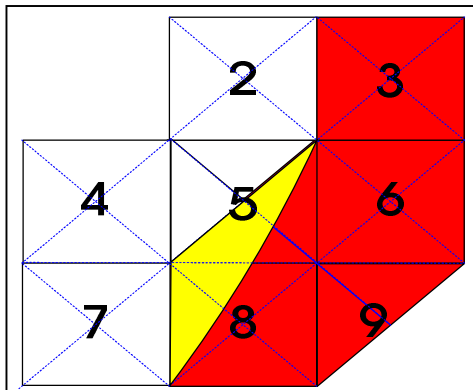
Ⅲ. 결론

우리나라의 4대강사업이 마무리되면서 하상(하천)에서의 골재채취가 끝나가고 있고, 이에

다른 모래골재의 공급부족을 야기할 수 있는 상황을 고려하면, 국가적인 측면에서 바다 골재채취의 필요성이 대두되고 있다.

이에 따라서 ‘태안군 관할해역의 이곡·가덕도 바다 골재채취 예정지 지정 9개의 지구’에 대하여 해사안전법의 해상교통안전진단 시행지침에 따라서 7일간의 해상교통 현장관측 및 1개월간의 GICOMS 자료 분석에 의한 교통조사와, 현장관측 자료를 기반으로 한 해상교통류 시뮬레이션 그리고 해역 이용자들의 의견수렴 결과 등을 종합하여 바다 골재채취 예정지에 대한 통항선박의 안전성에 대하여 다음과 같이 요약 정리할 수 있다.

[Fig. 14]와 같이, 골재채취 예정지 지정 지구 중에서 3, 6, 8(좌상단 일부 제외), 9번 지구(붉은색 부분)에 대해서는 골재채취에 따른 통항선박들의 안전에 위험성이 큰 곳으로 판단되므로 골재채취 지구에서 제외하는 것이 좋을 것으로 판단된다.



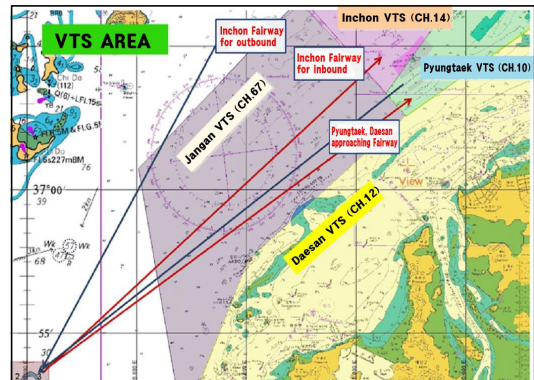
[Fig. 14] Final evaluation results for seasand gathering regions

골재채취 예정지 지정지구 중에서 2, 4, 7번 지구의 전부와 5번 지구의 좌상단 절반부분(백색 부분)에 대해서는 관련 기관과의 협의를 통하여 각종 안전대책을 수립하면, 최대 2곳의 동시작업까지는 주변수역에 대한 통항선박의 안전을 확보하면서 바다골재채취가 가능할 것으로 판단된다.

그리고 5번 지구 우하단 일부와 8번 지구 좌상단 일부(노란색 부분)에 대해서는 2, 4, 5, 7 지구에 대한 1-2년간의 모래채취 작업을 통하여 선박통항 및 골재채취 작업의 안전성이 정착된 후에 골재채취 작업이 가능할 것으로 판단된다.

이와 같은 모래채취선 및 주변수역으로 통항하는 선박들의 통항안전성을 확보하기 위해서는 다음과 같은 안전대책들을 필요로 한다.

- 1) 골재채취선은 원칙적으로 일체형 자항선을 투입하도록 한다.
- 2) 모래채취선 승무원의 선박운항 안전교육과 관련해서는 안전운항절차서 교육, VHF교신능력 강화 교육, 해사안전법 교육, 관제구역 진출입 교육 등을 시행하도록 한다.
- 3) 골재채취선의 자체 안전관리시스템을 구축하도록 하고, 이를 위하여 선박 모니터링 시스템을 구축하여 운영하도록 한다.
- 4) 골재채취선 주변에 감시선 또는 경계선들을 배치하여 안전작업 및 주변 통항선의 안전통항을 돕도록 한다.
- 5) 모래채취 작업홍보 및 우회항로를 추천하고, 모래채취선들은 가급적 이 추천항로를 이용하도록 한다.



[Fig 15] Incheon/Pyungtaek/Daesean & Jangan VTS region sectors

6) [Fig. 15]에서 알 수 있는 바와 같이, 이 골재채취수역은 장안VTS 관제구역에서 약 5마

일정도 떨어진 곳이다. 흑도 및 가대암 TSS수역 주변에서 발생하는 각종 해양교통사고를 감안할 때, 바다골재채취 대상해역을 포함하는 가대암 TSS수역에 대하여 연안VTS 관제수역을 확장하여 작업선박 및 주변수역으로 통항하는 선박들에 대한 전반적인 VTS관제가 필요할 것으로 판단된다.

References

- Chang-Hyun JUNG, Young-Soo PARK, Jong-Sung KIM, Se-Won KIM(2012), A Study on the Cause Analysis for the Capsizing Accident in Fishing Vessels, Journal of Fisheries and Marine Sciences Education, 24(1), 1~8.
- Sam-Kon KIM, Jong-Pil KANG(2011), A Study on the Relationships between the Casualties of Fishing Boats and Meteorological Factors, Journal of Fisheries and Marine Sciences Education, 23(3), 351~360.
- Chun-Ki Lee(2011), Hydrodynamic Interaction Effects of Between Vessels in Confined Waters, Journal of Navigation and Port Research, 35(10), 799~804.
- Chol Yu, Sang-Min Lee(2011), The Effect of Towline and Bridle on the Slewing Motion of Barge, Journal of Navigation and Port Research, 35(6), 483~488.
- Hyung-Woo Kim, Sup Hong, Chang-Ho Lee, Jong-Su Choi, Tae-Kyeong, Yeu(2010), Total Dynamic Analysis of Deep-Seabed Integrated Mining System, Journal of Navigation and Port Research, 33(3), 195~203.
- Han-Sam YOON, So-Young PARK, Chang-Il YOO(2010), Review of the Functional Properties and Spatial Distribution of Coastal Sand Dunes in South Korea, Journal of Fisheries and Marine Sciences Education, 22(2), 180~194.
- Min-Seok KIM(2009), A Study on the Collision-avoidance Action of the T.S. Kaya, Journal of Fisheries and Marine Sciences Education, 21(1), 52~58
- Min-Seok KIM, Hyeong-Il SHIN, Jong-Hwa KIM, Il-Kwon KANG(2009). A Study on the Maneuverabilities of the T.S. Kaya, Journal of Fisheries and Marine Sciences Education, 21(1), 59~67.
- Tae-Gweon Jeong, Dong-Sup Lee(2007), Comparison of Goal-line and In-length Analyses in the Proximity Measures of Simulated Maneuvers, Journal of Navigation and Port Research, 31(1), 1~8.
- Daniel H. Mac Elerevey(3rd Edition, 1994). Shiphandling for the Mariner, Cornell Maritime Press, Centreville, Maryland.

-
- 논문접수일 : 2013년 04월 19일
 - 심사완료일 : 1차 - 2013년 05월 31일
 - 게재확정일 : 2013년 06월 03일