

선박조종시뮬레이터를 이용한 평택항 통항 안전성 평가

김세원* · 국승기** · 김원욱* · 박영수*** · 조경민*

*한국해양대학교 마린시뮬레이션센터, **한국해양대학교 해사대학 해양경찰학과, ***한국해양대학교 운항훈련원

A Study on Traffic Safety Assessment at Pyeongtack Port by Ship handling Simulator

Se Won Kim* · Seung Gi Gug** · Won Ouk Kim* · Keoung Min Jo*

Marine Simulation Center, Korea Maritime University* · Dept. of Maritime Police Science, Korea
Maritime University**

요약 : 평택항은 2001년 “평택항 종합개발 기본계획 정비용역”에서 선박의 내항 이용 방법이 갑문식으로 변경됨에 따라 기 건설된 서해대교 입구의 남측호안을 철거하여 선박이 상시 내항을 이용할 수 있도록 계획 중이다. 이에 이 연구에서는 남측호안이 철거된 후 평택항을 고려하여 서해대교 하부를 통항하여 내항에 안전하게 입·출항이 가능한지를 이론적 고찰 및 풀미션시뮬레이터를 이용하여 평가하고 문제점 발생시 대안을 제시한다.

핵심용어 : 서해대교, 풀미션시뮬레이터

Abstract : In order to effective transportation of goods & smooth traffic in west sea area, it is a plan to build Pyeongtaek bridge. Basically ship-handling operators have a mental difficulty and hazardous for navigation under bridge which is constructed across on the fairway. Therefore this study aims to propose the traffic safety assessment of navigation under the bridge by using full mission ship-handling simulator and also investigate the bridge design regulations of certain countries on the fairway.

Key Words: Pyeongtaek bridge, FMSS

1. 서론

1.1 연구목적

평택(아산)항은 1990년 “아산공업기지 항만계획 기본계획 용역”에서 내항 항만형식이 갑문식으로 채택하였으나, 2001년 “평택(아산)항 종합개발 기본계획 정비용역”에서 갑조식으로 변경됨에 따라 기 건설된 서해대교 입구의 남측호안을 철거하여 선박이 상시 내항을 이용할 수 있도록 계획 중이다. 이에 이 연구에서는 남측호안이 철거된 후 평택(아산)항을 고려하여 서해대교 하부를 통항하여 내항에 안전하게

입·출항이 가능한지의 이론적 고찰 및 FMSS (Full-Mission Simulator System)를 이용하여 평가하고 문제점 발생시 대안을 제시한다. 서해대교 접근항로 및 내항에 대하여 바람, 조류 및 수심 등과 같은 자연조건을 고려하여 대상선박의 서해대교 접근 및 교량의 적절하고 안전한 항행방법 등을 선박조종시뮬레이션을 이용하여 확인하고, 문제점이 도출되면 가능하면 새로운 선박 조종방법, 항해보조 시설의 적절한 배치 등과 같은 대안을 마련한다.

1.2 연구방법

이 연구는 서해대교 부근 및 그 접근항로의 배치안을 국내 및 외국의 각종 항만시설물 설계기준을 토대로 검토한

* 주저자 : swkim@mail.hhu.ac.kr 051-410-4278

후 이곳에 대한 적정성을 검토하고 이 모델에 따라, 한국해양대학교가 보유하고 있는 Norcontrol사의 FMSS (Full-Mission Simulator System)를 이용하여 모델선박을 반복 조종한 후 선박의 운항 안전성을 통계적인 방법으로 확인한다. 그리고 여러 가지 조건하에서 표준 조종모델에 따라 실시한 예비 시뮬레이션을 통하여 그 타당성을 확인하여 최적의 조종모델이 도출되면 본 시뮬레이션을 실시한다. 만약 본 시뮬레이션 과정에서 문제점이 발생하면 다시 수정하여 시뮬레이션을 반복한다. 시뮬레이션 결과에 대한 분석 및 검토는 선박의 근접도 계측, 선박제어도 계측 및 조종자의 주관적 평가로서 3가지로 나누어 실시한다. 그러나 해상 교량의 적정 경간장에 대한 규정은 거의 없는 실정이므로 「첫째, 외국의 해상 교량 건설 사례 검토」, 「둘째, 교량에 대한 선박의 충돌 사례 검토」, 「셋째, 선박조종 시뮬레이션 결과에 의한 각종 검토」를 종합하여 타당성을 검토하도록 한다.



Fig. 1 FMSS in KMU

Table 1 Ship's Particular

선박 상세	전장	선폭	흘수
50,000DWT급	약 215.0m	약 32.0m	약 11.5m

Table 2 Environment condition

자연조건		서해대교 및 접근항로
바람		NE, 25kts
조류	입항시	150° - 1.4kts
	출항시	330° - 1.4kts

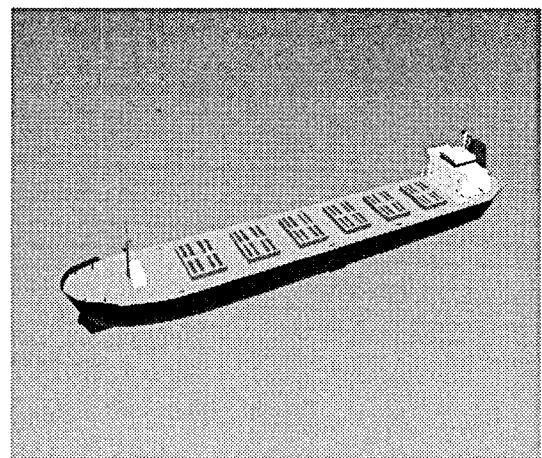


Fig. 2 Model ship

2. 교량에 대한 이론적 검토

이 연구에서는 서해대교의 주경간폭에 대한 검토를 각종 연구 결과를 이용하여 하고자 한다.

2.1 AASHTO에 연구 검토

AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials)에서 발간한 "Guide Specification and Commentary for Vessel Collision Design of Highway Bridges"의 Volume I Final Report Section 8에 주경간장은 대상선박의 2~3L배보다 짧으면 선박에 의한 충돌이 생길 수도 있다고 기술하고 있다(AASHTO, 1991).

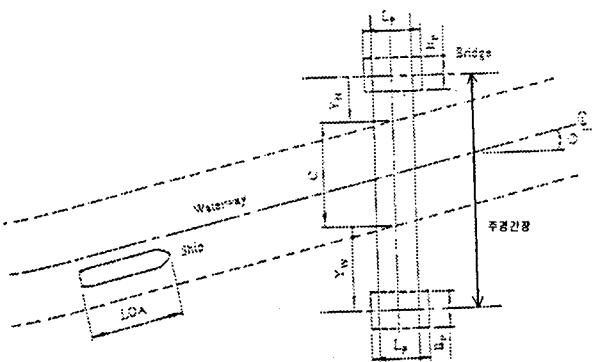


Fig. 3 Main span of AASHTO Rules

미국의 AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials)에서 발간한 "Guide Specification and Commentary for Vessel Collision Design of Highway Bridges"의 Volume I Final Report Section 8에 왕복 항행의 경우 주경간장은 대상선박의 2L~3L배보다 짧으면 선박에 의한 충돌이 생길 수도 있다고 기술하고 있

고 그리고 빈번한 항로에서의 안전통항을 위한 주경간 폭은 항로의 폭에 교각폭의 2~3배를 더한 만큼 넓어야 한다고 규정하고 있다. 그러므로 이 AASHTO 교량설계 기준을 서해대교에 적용하여 보면, 50,000DWT 대상선박(LOA 215m)을 위한 주경간장은 430m~645m보다 짧아서는 안된다는 것을 알 수 있고, 그리고 빈번한 항로에서의 안전통항을 위한 주경간폭은 적어도 통항선박 전장의 두 배를 요구하므로 $2L + (\text{교각폭} \times 2 \text{ 혹은 } 3) = 490\text{m} \text{ 혹은 } 520\text{m}$ 임을 알 수 있는 데, 이 규정은 교각에 진입하는 직선거리는 고려하지 않았음을 밝혀둔다. 즉, 이 규정에 의한 서해대교의 경우에는 왕복 항행시 주경간장의 최소값은 430m, 최대값은 645m임을 알 수 있다.

2.2 IABSE에 연구 검토

IABSE(International Association for Bridge and Structural Engineering)를 비롯한 타기관에서 연구한 "SHIP COLLISION WITH BRIDGES"에 의하면 50,000DWT급 일반화물선의 경우 편도 통항시 주경간장을 약 344m, 왕복 통항시 주경간장 752.5m~1,075m 그리고 교량 진입 직선거리는 1,720m가 필요함을 알 수 있다(IABSE, 1993).

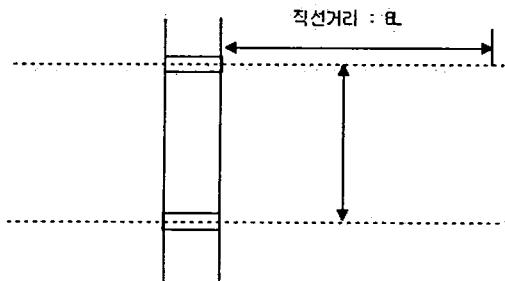


Fig. 4 Entry route of IABSE Rules

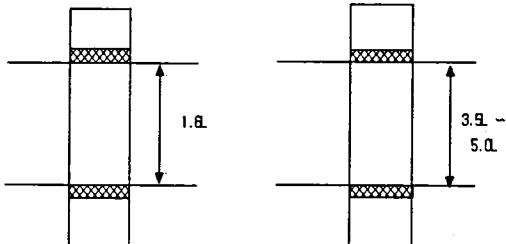


Fig. 5 Main span of IABSE Rules

이 연구 결과를 적용하면 서해대교의 경우는 최대선박(LOA: 215m)의 왕복 통항시 주경간장 752.5m~1,075m, 그리고 교량 진입 직선거리는 1,720m가 필요함을 알 수 있다. AASHTO와 IABSE의 규정을 검토한 결과 주경간장의 경우 왕복 통航을 하기에는 상대적으로 좁으므로 대상선박의 경우에는 단독통航을 원칙으로 하는 것이 바람직하다.

2.3 해상교량 건설 사례 및 사고사례 분석

Table 3에서는 보는바와 같이 건설 기술의 발달로 주경간장이 1,000m가 넘는 해상교량이 다수 존재하고 있다. 그리고 현재까지 자료에 의한 교량에 대한 선박의 충돌실례는 Table 4와 같다. 이 자료에 따른 해상횡단교량 주변에서의 교각폭과 관련된 해양사고의 사례를 살펴보면 대부분 교각폭이 2L이내인 경우에 발생하였으나, 미국의 Newport Bridge의 경우 2.85L에서도 사고가 발생한 사례가 있었다. 즉, 이것은 교각폭이 최대통항선박의 2L~3L 정도 되어야 함을 의미한다고 볼 수 있다. 해상횡단교량주변에서의 직선 항행로와 관련된 해양사고는 대부분 직선 항행로가 8L이내인 경우에 발생하였다. 즉, 이것은 교량전후의 직선 항행로가 최대 통항선박의 8L이상 되어야 안전하다고 볼 수 있다.

Table 3 An example of Foreign's bridge Main span

대교명	국가명	주경간폭
Akashi kaikyo	일본	1,991m
Great belt east	덴마크	1,624m
Humber	영국	1,410m
Verrazano narrows	미국	1,298m
Golden gate	미국	1,280m
Mackinac straits	미국	1,158.2m
Minami bisan-seto	일본	1,100m
George washington	미국	1,066.8m
3rd kurushima kaikyo	일본	1,030m
2nd kurushima kaikyo	일본	1,020m
Forth road	영국	1,005.8m
Kita bisan-seto	일본	990m

3. 선박조종 시뮬레이션 검토

3.1 근접도 계측

50,000DWT급 일반화물선이 서해대교를 통과할 경우 근접도 계측을 위한 기준점은 Fig 6과 같이 교각을 보호하는 충동방지공의 끝단인 점(A), 점(B), 점(C), 점(D)와 다목적부두 접안선박의 점(E)로 설정하였다.

Table 4 Analysis of ship collision with bridges

교량명	선명	주경간장(S)	진입 작선거리 (R)	전장 (L)	S/L	R/L	사고일시
Sørsund Bridge (Norway)	Privodino	100m	450m	108m	0.93	4.17	1963. 9.27
Sidney Lanier Bridge(U.S.A)	African Neptune	75m	3,550m	174m	0.43	20.40	1972. 11.7
Fraser Bridge (Canada)	Swiftsure	117m	1,000m 370m	200m	0.59	5.00 1.85	1975. 12. 26
Benjamin Harrison Memorial Bridge (U.S.A)	Marine Floridan	72m	1,000m 450m	187m	0.39	5.35 2.41	1977. 2.24
Troms Ø Bridge (Norway)	-	80m	740m 320m	41m	1.95	18.05 7.80	1977. 7
Drammen Bridge (Norway)	Tundraland	50m	500m 250m	118m	0.42	4.24 2.12	1978.
Second Narrows Railway Bridge (Canada)	Japan Erica	152m	1,350m 350m	175m	0.87	7.71 2.00	1979. 10.12
Sunshine Skyway Bridge(U.S.A)	-	263m	1,300m	165m	1.59	7.88	1980. 2.6
Sunshine Skyway Bridge(U.S.A)	Summit Venture	263m	1,300m	186m	1.41	6.99	1980. 5.9
Newport Bridge (U.S.A)	Gerd Mærsk	488m	1,000m	171m	2.85	5.85	1981. 2. 19
Sidney Lanier Bridge(U.S.A)	Ziemia Bialostocka	75m	400m	185m	0.41	2.16	1988. 5.3

근접도 평가는 이를 기준점에서 모델 선박까지의 각 근접거리를 이용하여 충돌확률을 분석한다.

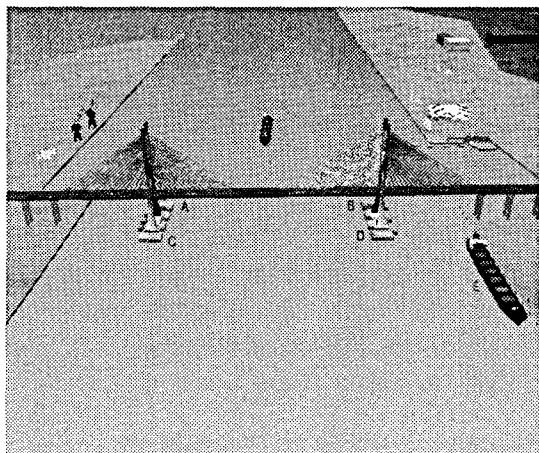


Fig. 6 3D image & Approximation point for collision probability Analysis

서해대교를 통항하기 위한 항로 및 대교의 교각에 대한 충돌확률은 Table 5와 같다. TNO의 보고(Th. Elzinga & M.P. Bogaerts, 1984)에 따르면 “LNG선박의 경우 이 침범 확률이 항로경계에서는 0.001, 항만내 또는 방파제 입구에서

는 0.0001보다 작을 때 안전하다”고 평가한다. 교량은 일반적으로 방파제보다 심리적인 부담감이 크다고 볼 수 있으나 이 연구에서는 이 기준을 따라 0.0001을 적용한다. 이 연구에서는 50,000DWT급 화물선의 경우 단독통항을 원칙으로 하여 입·출항 시뮬레이션을 실시하였다. 그 결과 입항의 경우는 점(A)를 제외하고는 충돌확률이 없는 것으로 나타났다. 특히, 출항의 경우에는 모든 기준점에서 충돌확률이 없는 것으로 나타났다. 즉, 입항이 출항보다 조종이 곤란하다는 것을 의미한다고 볼 수 있다. 평균거리 및 최근접거리는 점(C) 가 가장 근접한 것으로 나타났다. 이는 양곡부두에 접안을 하기위해서 우현(입항기준)으로 접근하여 조종하였기 때문으로 판단된다. 즉, 근접도 계측을 통한 충돌확률에 의한 평가는 입항시 점(A)를 제외하고는 모든 기준점에서 충돌확률이 없는 것으로 나타났다.

Table 5 Collision probability by bridge

기준점	최근접거리(입항)			최근접거리 (출항)		
	평균	표준 편차	충돌 확률	평균	표준 편차	충돌 확률
점 (A)	154.6	48.19	0.0007	191.6	19.70	0.0000
점 (B)	212.0	51.92	0.0000	181.8	25.72	0.0000
점 (C)	116.0	22.67	0.0000	179.0	23.96	0.0000
점 (D)	220.6	55.27	0.0000	186.0	15.22	0.0000
점 (E)	459.6	59.89	0.0000	401.0	59.11	0.0000

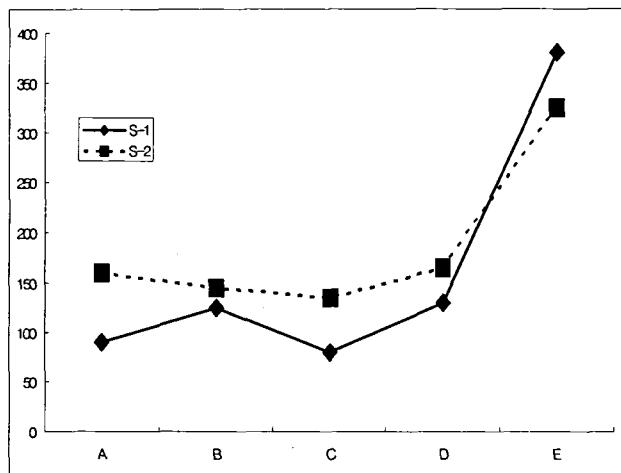


Fig. 7 The nearest distance to approximation point

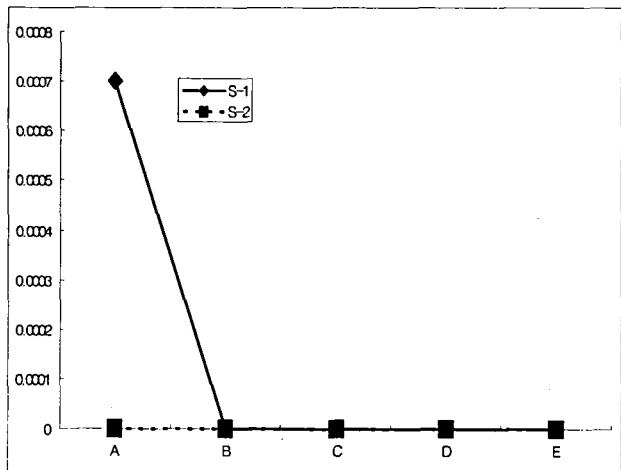


Fig. 8 Collision probability by bridge

3.2 제어도 평가

선박 제어도에 관한 계측은 다음 그래프와 같다. 그레프는 타각, 기관 사용량 및 Swept path를 나타내었다. 통항선박이 스쳐 지나간 수역을 Swept path라고 정의하고, 선회시 선박이 스쳐 지나간 수역으로 180도 선회하는데 필요한 수역을 Swept area라 하며, 이들에 대하여 검토하도록 한다. 안전성 평가 규정에 의하면 Swept path는 선폭의 최소 1배, Swept area는 전장의 최소 1배로 정하고 있다. 이 연구에서의 대상 선박은 입항이 출항보다 Swept area가 큰 것으로 나타났으며, 입항과 출항 모두에서 전장의 1배를 넘지 않은 것으로 검토되어 선박 제어에 큰 어려움이 없는 것으로 판단된다.

Table 6 Assessment of ship control

	시나리오	
	입항	출항
타각사용량	평균	59.7
	편차	2.0
기관사용량	평균	56.9
	편차	2.5
Swept path & area	평균	2.0
	편차	59.7
	평균	2.6
	편차	56.9
	평균	121.0
	편차	50.2
	평균	74.3
	편차	71.5

3.3 주관적 평가

조종자는 선박조종 종합시스템의 최종 실행자이다. 이 시스템 속에서 선박 조종자는 지형, 항로표지, 조류, 바람 및 선박의 운동특성 등을 종합적으로 인식하고, 이를 기초로 한 판단을 거쳐 적절한 선박제어 방법을 도출한다. 조종자가 정보를 종합하고 이를 근거로 제어량을 결정하는 과정은 사람에 따라 다르다. 같은 조건, 예를 들어 선속이나 조류에 대한 지각 정도도 다르고 그에 따른 제어량도 기술과 전략에 따라 다르게 나타나게 된다. 특정 해역, 특정 부두에의 접·이안 및 입·출항 조종과 관련하여 선박의 특성에 따라 개개의 조종자가 느끼는 심적 부담도, 조종의 숙련도는 서로 다르다. 결국 선박을 조종하는 것은 조종자가 되므로 조종자의 주관적 검토는 그 어떤 검토보다 중요하다고 할 수 있다.

Table 7 Assessment of Human factor

		입항	출항
조종위험도	평균	0.8	1.0
	편차	0.4	0.10
조종곤란도	평균	0.2	1.0
	편차	0.75	1.10

시나리오별로 시뮬레이션을 실시한 후 선박 조종자에게 동일한 설문지를 배포하여 설문조사를 실시한 결과 입항이 출항보다 선박조종이 어렵고 곤란한 것으로 나타났다, 전반적으로는 (-)값이 없이 모두 (+)값으로 어려움과 곤란함은 없는 것으로 나타났다. 그러나 값 자체가 판단 곤란보다 약간 높은 값으로 구성되어 있어 이는 해상교량이라는 구조물이 부두 전방에 존재하고 있어서 심리적으로 위험감을 느끼는 것으로 판단된다. 그리고 조종자의 의견을 정리하면 다음과 같다.

1) 입항

- ① 교각사이 부근에서 마주오는 선박을 보는 것은 심리적 불안감을 주므로 50,000DWT급 만선적재한 선박의 경우에는 단독통항을 원칙으로 하여야 한다.
- ② 기본적으로 접안조종에는 예선을 두 척 사용하여야 하며, 만선상태의 전진타력 제어 및 비상시를 고려하여 예선을 한 척 더 추가 배치하는 것이 긴급 상황 대처에 효율적이다.
- ③ 조종자가 충돌방지공 및 교각의 위치를 더욱 정확하게 확인하기 위하여 항로표지 보조시설인 LED표지 를 설치하면 안전한 접·이안에 도움이 될 것이다.
- ④ 만선상태로 접안하게 되므로 입항자세로 우현 계류하는 것이 교량통과 직후에 위치하는 부두에 있어서의 접안조종 안전성을 증진시킬 수 있다.

2) 출항

- ① 선박의 고장과 같은 긴급 상황이 없는 일반적인 상태에서의 부두 이안조종은 별다른 문제점이 없는 것으로 판단된다.
- ② 공선상태에서의 부두 이안조종에 있어서 인접부두에 타선이 계류 중일 때는 예선 및 자선의 Bow thruster를 이용하여 부두 이안 후에 좌회두 출항하는 것이 조종 안전성 확보에 보다 도움이 될 것으로 판단된다.
- ③ 부두 이안조종에 걸리는 시간을 단축하고 또한 인

접부두에 계류 중인 선박이 없을 경우에는 예선을 이용하여 부두이안 후 우회두 출항하는 것도 기상 및 환경 여건이 좋은 상태에서는 큰 어려움이 없을 것으로 판단된다.

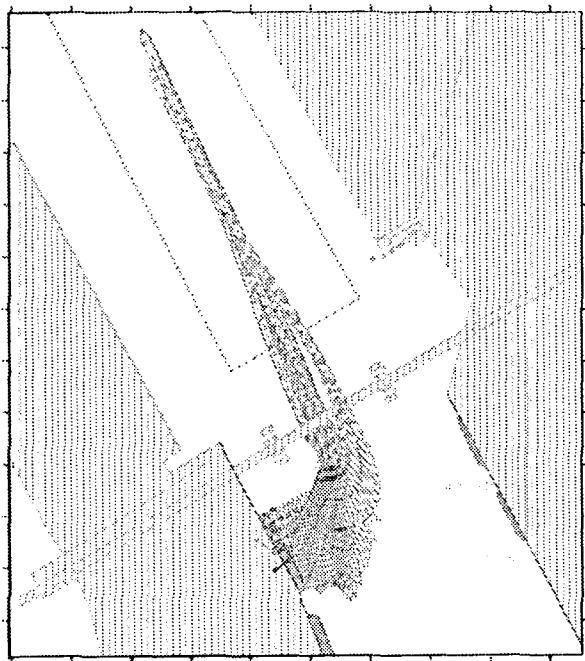


Fig. 7 Composition track of inberth

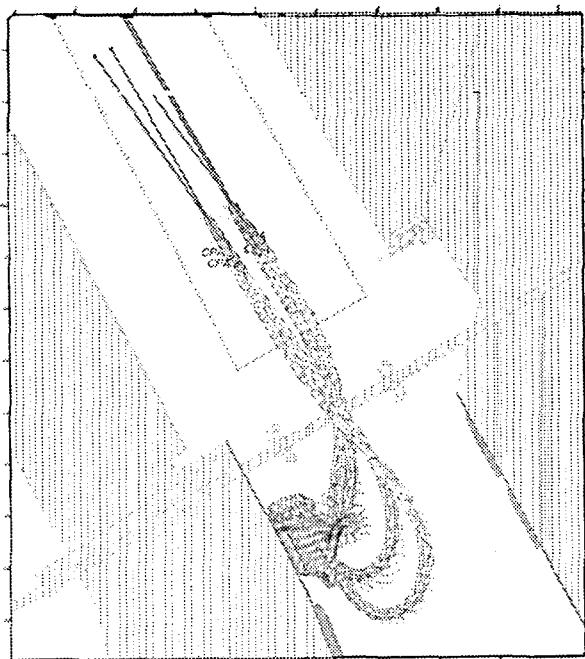


Fig. 8 Composition track of deberth

4. 해상교통류 시뮬레이션에 의한 통항 안전성 검토

서해대교 하부를 항행하는 선박의 통항안전성을 해상교통류 시뮬레이션을 이용하여 컴퓨터 상에 선박의 흐름을 재현한 후 선박 운항자의 조종 곤란도를 지표로 통항 안전성을 정량적으로 평가한다.

4.1 평가방법

서해대교의 위치는 선박이 항행하는 아산만의 일반항로와 일직선인 항로이며, 해상교량의 주 경간폭 470m, 실제 가항 항로폭은 약 400m로 가정하여 평가하였다.

4.2 평가모델

여기에서는 선박 운항자의 조선 곤란성을 정량적인 수치로 표현한 환경 스트레스 모델(Environment Stress model, ES model)을 평가모델로 사용하였다(Inoue, 2000).

4.3 해상교통류시뮬레이션 조건

이 절에서는 평택(아산)항만의 대상 해역에 대하여 해상교통류 시뮬레이션을 행하여 4가지 케이스의 교통 흐름을 재현하여 통항 안전성 평가를 실시하기 위해 아래와 같이 시뮬레이션 환경을 설정하였다.

- 1) 선박 크기: 최대 선형인 50,000DWT(전장: 215m)
- 2) 선박의 속력: 선박운항자(도선사)의 의견을 고려한 3노트, 항내 속력의 제한속력인 5노트를 넘는 6노트
- 3) 평가대상 해역: 서해대교 전방 0.5~1.0마일 해역에 서부터 서해대교를 통과, 양곡부두에 접안하기 위한 지점
- 4) 평가 시나리오

평가 시나리오는 기 축조되어 있는 서해대교의 주경간을 감안하여 50,000DWT 선박의 단독통항이 가능한 것으로 판단하여 구성하였다. 한편, 평가 시나리오는 Table 8과 같이 설정하였다.

Table 8 Scenario

구 분 시나리오	대상 선박	선속	통항 방식
입 항-1	50,000DWT	3노트	대상선박 단독 통항
입 항-2	50,000DWT	6노트	대상선박 단독 통항
출 항-1	50,000DWT	3노트	대상선박 단독 통항
출 항-2	50,000DWT	6노트	대상선박 단독 통항

4.4 평가 결과

해상교통류 시뮬레이션을 이용한 통항 안전성 평가 시나리오를 통한 결과는 Fig. 9와 같고 이 그림을 통해 다음을 잘 알 수 있다.

(1) 50,000DWT 선박이 단독으로 해상대교를 통과 항행할 경우, 선박 속력이 3kts이면 입·출항 시나리오에 관계없이 선박운항자가 허용할 수 있는 범위내의 부하를 나타낸다.

(2) 50,000DWT 선박이 단독으로 해상대교를 통과 항행할 경우, 선박 속력이 6kts로 출항할 경우 선박 운항자가 허용할 수 있는 범위내의 부하를 나타낸다.

(3) 50,000DWT 선박이 단독으로 해상대교를 통과 항행할 경우, 선박 속력이 6kts로 입항할 경우에는 서해대교 약 1마일 전부터 입항하면서 양현의 아산만 항만에 의한 지형적 제약과 전방의 해상교량으로 인하여 환경 스트레스치는 선박운항자가 허용할 수 없는 범위로 넘어서고 있다. 또한, 교량 부근을 통항하기 전 환경 스트레스치가 높아 선박운항자가 허용할 수 없는 범위의 부하에 접근하고 있음을 나타낸다.

이상과 같은 결과로 50,000DWT 선박이 단독으로 해상대교를 통항하여 입항 및 출항할 경우에는 접근 속력을 약 3kts 이내로 유지하여 통항하는 것이 최악의 환경 조건에서도 선박조종의 안전성을 확보할 수 있을 것으로 판단된다.

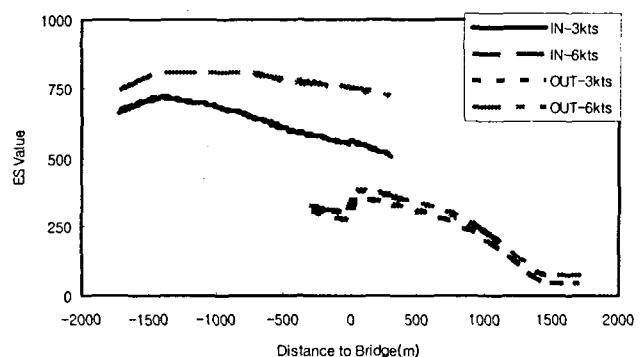


Fig. 9 Result of Assessment

5. 결론

선박조종시뮬레이션을 위한 환경조건으로는 먼저 바람의

경우 가장 좋지 않은 조건인 조종 한계풍속인 25kts를 설정하고, 풍향은 교각쪽으로 선체가 떠밀려 충돌 가능성이 있는 NE계열을 설정하였다. 그리고 조류의 경우는 남측호안이 철거된 후의 수치실험을 통해 얻은 최강 유속 약 1.4kts로 설정하여 입항의 경우에는 창조류 방향인 150°, 출항의 경우에는 낙조류 방향인 330°로 설정하였다. 수심은 준설 계획인 DL(-14m)로 설정하여 시뮬레이션을 실시한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1) 이 연구에서는 기존 축조되어 사용하고 있는 서해대교의 주 경간장을 470m로 하고, 항로는 400m로 설정하여 선박 조종 시뮬레이션을 실시하였는데, 최대선박인 50,000 DWT급 화물선이 서해대교를 단독통항하는 것을 기준으로 한 근접도 평가의 경우에 있어서 입항 통과시에는 교각 우측에 위치하는 충돌방지공 (A)점을 제외하고는 나머지 기준점(4곳)에서는 침범확률이 없는 것으로 나타났고, 출항 통과의 경우에는 모든 기준점(5곳)에 대하여 침범확률이 없는 것으로 나타났다.

2) 제어도 평가 및 주관적 평가에서는 50,000 DWT급의 대상선박이 서해대교의 하부를 단독통항하여 평택내항에 입·출항하는 데 있어서 모두 문제가 없는 것으로 나타났다.

3) 모든 선박 조종시뮬레이션 결과 단독통항의 경우 대상선박의 입·출항은 가능한 것으로 나타났으며, 다만 다음과 같은 제한조건을 만족하여야 한다.

① 소형선 및 잡종선들을 서해대교의 측경간을 이용하도록 하여 대형 화물선이 주 경간을 통항하여 입·출항하는데 장애가 되지 않도록 하여야 한다. 다만, 측경간도 항로로 이용할 수 있도록 적절한 수심유지를 위하여 준설작업을 시행하여야 한다.

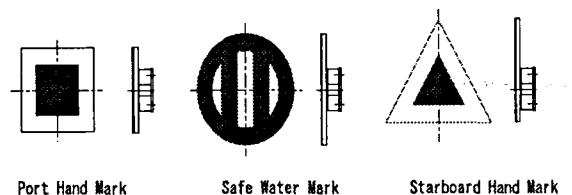
② 서해대교 하부 부근에서의 대형 화물선 상호간의 교행은 상당히 곤란할 것으로 판단되므로 시차를 두고 단독통항이 가능하도록 해상교통관제를 하여야 할 것이다.

③ 예선은 3,800마력을 두 척 사용하는 것을 원칙으로 하며, 다만 긴급사항 발생이나 기상악화 등으로 도선사 등의 선박 운항자의 요구가 있을시 추가 예선을 1척을 더 배치하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

4) 만선상태로 서해대교를 통항하여 입항 접안시에는 입항 자세로 우현접안을 하도록 하고, 출항시에는 인접부두에 계류 선박이 있을 경우에는 예선을 활용하여 이안후에 좌회두 출항하도록 하는 것이 안전조종에 도움이 될 것으로 판단된다.

5) 다음과 같은 항행보조 장비가 설치되면 선박의 안전운항에 도움이 될 것으로 판단된다.

① 교량에 적절한 항로표지로 야간항행을 위한 교량등과 주간항행을 위한 교량표지를 서해대교의 적절한 위치에 설치하여야 한다. 그리고 조종자가 충돌방지공 및 교각을 더욱 정확하게 확인할 수 있도록 하기 위하여 항로표지 보조시설인 LED표지를 설치하면 안전한 접·이안 조종에 도움이 될 것이다.



Port Hand Mark Safe Water Mark Starboard Hand Mark

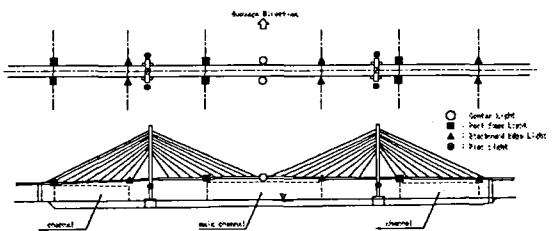


Fig. 10 An Example of bridge mark

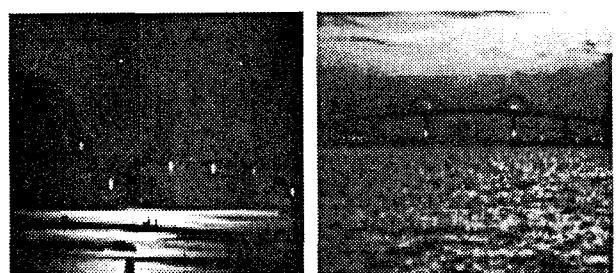


Fig. 11 An Example of bridge light

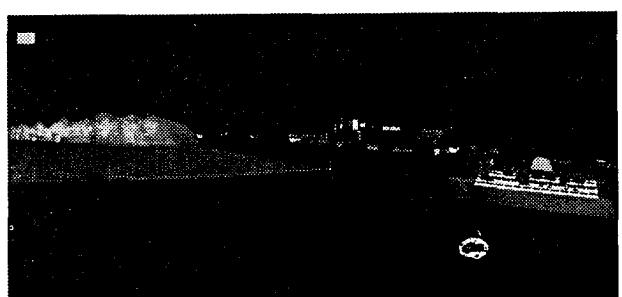


Fig. 12 An Example of LED establishment

② 대형 탱커가 접안할 때 이용하는 도플러 접근방지 경보시스템을 충돌방지공에 설치하여 선박의 접근속도 및 거리 등을 제공할 수 있도록 제안한다.

③ 시계가 제한된 수역을 항해할 때 상당히 유용하게 사용 할 수 있는 레이콘, 레이더 반사기를 적절한 위치에 설치하고, 차폐가 심할 것으로 예상이 되면 AIS 트랜스폰더를 설치하는 것이 더 식별에 좋을 것으로 판단된다. 또한 구조물 소재를 음향(소리)에 의하여 알릴 수 있도록 무신호 기를 설치하여 조종자의 주의를 환기시킬 수 있도록 하는 것도 안전운항에 도움이 될 것으로 판단된다.

참고문헌

[1] American Association of State Highway and Transportation Officials(1991), "Guide Specification and Commentary for Vessel Collision Design of Highway Bridges", pp40-42

[2] International Association for Bridge and Structural Engineering(1993), "SHIP COLLISION WITH BRIDGES", pp 13-14

[3] Inoue Kinzo(2000): Evaluation Method of Ship handling Difficulty for Navigation in Restricted and Congested Waterways, The Royal Institute of Navigation, Volume 53, Number 1, pp.167-180

[4] Th. Elzinga & M.P. Bogaerts(1984), "A Simulator Study for LNG Transport by Gas Carriers to Eemshaven, the Netherlands", MARSIM 84, p.254