

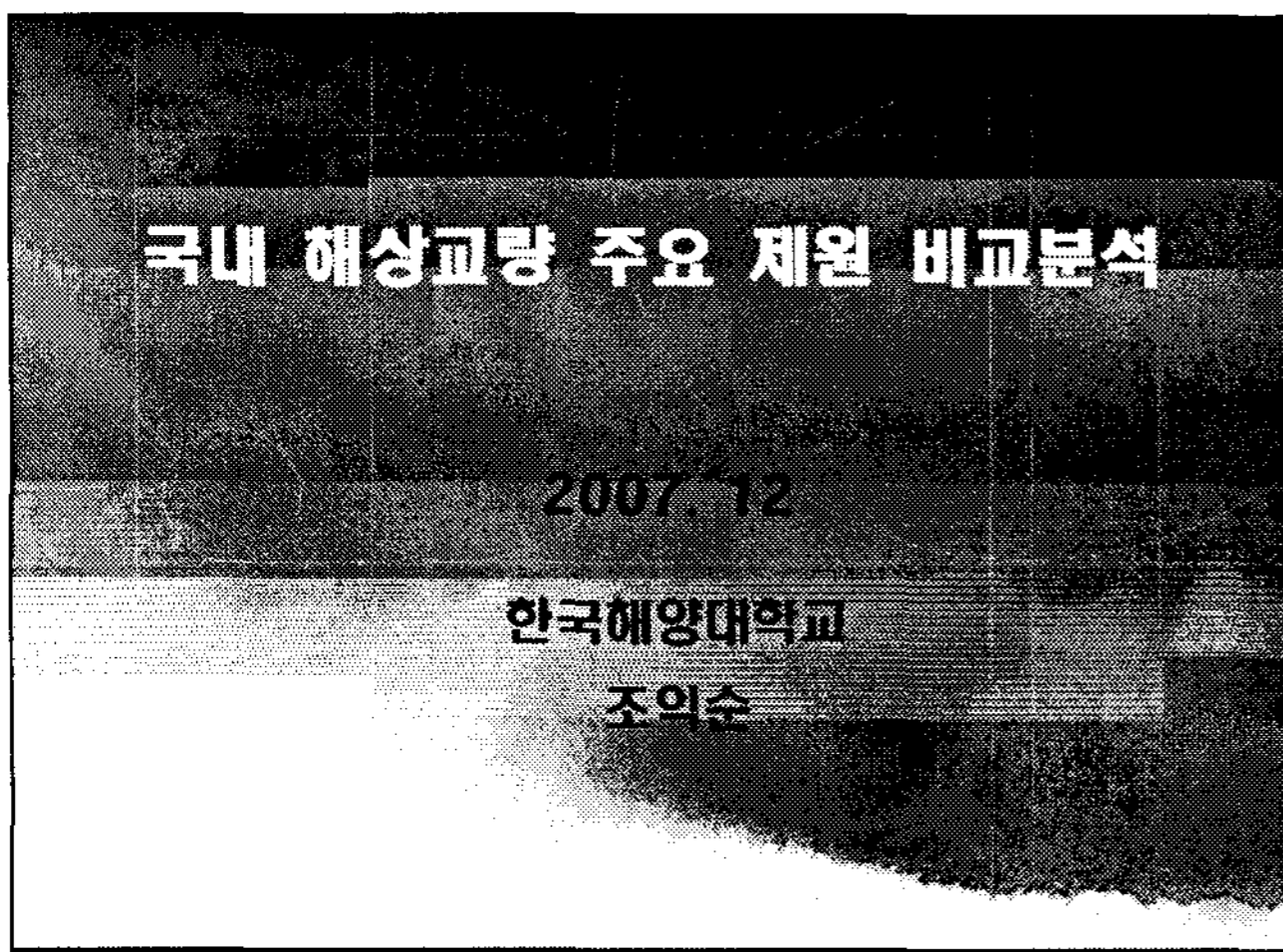
국내 해상교량 주요 제원 분석

송재욱*, 이윤석**, 정민***, † 조익순****

*한국해양대 항해시스템공학부, **한국해양대 운항훈련원, ***한국해양대 대학원, ****한국해양대 마린시뮬레이션센터

요약 : 최근 국내의 각 주요 항만 내·외에 대형 해상교량이 건설되었거나 건설 진행 중이다. 해상교량 중 주로 선박통항이 빈번한 항로부근에 설치되어 선박통항안전성에 밀접한 관련이 있는 교량이나, 항만의 접안시설과 항만 기반 시설에 근접하여 설치된 교량은 선박의 통항 안전성에 직접적인 영향을 미치며, 더 나아가 항만 운영 효율성에 영향을 줄 수 있으므로, 이러한 해상교량에 대한 현황 및 주요 제원을 조사 분석하고자 한다. 특히 선박 통항안전성에 직접적인 영향을 주는 요소인 주경간장, 형하고 등의 주요제원을 결정하게 되는 요인에 대하여 분석한다.

핵심용어 : 해상교량, 형하고, 주경간장, 항로설계 기준, 교통혼잡도, 사장교, 현수교, 선박조종시뮬레이션



국내 해상교량 일반제원 분석

조사대상 해상교량

- ◆ 국내 항만 별 항내 또는 항외에 건설된 해상교량
- ◆ 건설계획이 확정되어 실시계획 진행중인 해상교량

→ 특히, 항만 별로 항계 내·외에 설치되어 선박통항 안전성에 영향을 미치는 해상교량에 대하여 조사

교량명	항만	교량구간
영동대교 (제1연속교)	인천항	경서동 - 중구 운북동
서해대교	평택항	평택 포승면 - 당진 송악면
거가대교	부산 신항	가덕도 - 거제도
북포대교	북포항	북포 북항 - 고하도
마장대교	마산항	마산 현동 - 장원 방곡동
인천대교 (제2연속교)	인천항	송도신도시 - 인천공항
광양대교	광양항	묘도 - 광양 금호동
북항대교	부산항	감만부두 - 남방파제
울산대교	울산항	9부두 - 염포부두

3

Contents

- 국내해상교량 일반 제원 분석
- 해상교량 건설 시 고려 요소
- 해상교량 관련 선박조종시뮬레이션 조사 분석

2

국내 해상교량 일반제원 분석

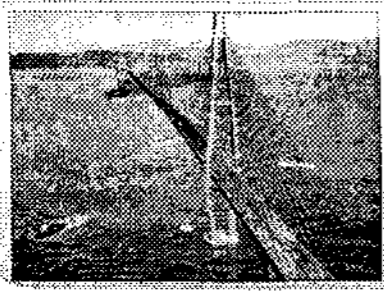
영동대교	<ul style="list-style-type: none"> • 설계 항만 : 인천항 • 설계 목적 : 영동도에 건설된 인천국제공항과 인천의 육지부의 연결을 위함 • 교량 제원 <ul style="list-style-type: none"> ✓ 길이 : 총연장 4,420m (현수부 550m, 트러스교 2,250m, 강압성교 1,620m) ✓ 주경간장 : 360m ✓ 형하고 : 49 m
	<ul style="list-style-type: none"> • 설계 항만 : 평택항(경기도 평택 포승면-당진 송악면) • 설계 목적 : 서해안시대공단지 지역 물동량의 원활한 수송목적 • 교량 제원 <ul style="list-style-type: none"> ✓ 길이 : 총연장 7,310m (이중 사장교구간 990m (현수부 550m, 트러스교 2,250m, 강압성교 1,620m)) ✓ 주경간장 : 470m ✓ 형하고 : 62 m

4

† 교신저자 : 정희원, ischo@hhu.ac.kr, 051-410-4765
 * 정희원 : songcu@hhu.ac.kr
 ** 정희원 : lys@hhu.ac.kr
 *** 정희원 : immina78@hhu.ac.kr


국내 해상교량 일반제원 분석

거가대교



- 설계 양면 : 부산신항
- 설계 목적 : 부산과 거제를 연결하여 조선단지 및 중화학공업단지 와 부산신항만을 직접연결
- 교량 제원
 - 길이 : 전체 4,500m, 이중 주항로 사장교구간 2,200m, 부계비 사장교구간 2,300m
 - 주경간장 : 470m(주항로), 230m(부항로)
 - 영척고 : 52m(주항로), 36m(부항로)

북포대교



- 설계 양면 : 북포항(북포 북항 - 고하도)
- 설계 목적 : 서해안사대공단 지역 동동방의 원거리 수송목적
- 교량 제원
 - 길이 : 3,060m
 - 주경간장 : 500m
 - 영척고 : 53m

5

해상교량 건설 시 고려 요소

항로 대상선박에 따른 해상교량 주요제원 분석

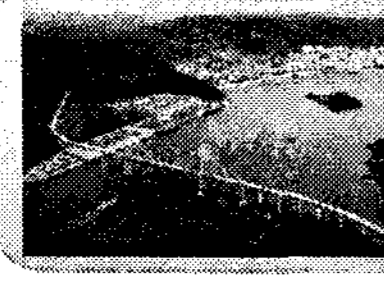
◆ 해상교량 설계 시 고려된 대상선박의 제원에 대하여 분석

교량명	주경간	항로폭	항랑고	대상선박	LOA (m)	주경간계 항로폭 비	주경간 선박 비	항로 선박 비
거가대교	500m	300m	53m	55,000 DWT급 일반화물선	218	1.67L	2.29L	1.37L
마장대교	400m	250m	64m	80,000DWT급 일반화물선 30,000DWT급 자동차운반선 30,000 DWT급 일반화물선	234	1.60L	1.71L	1.07L
인천대교 (제2인속교)	800m	820m	70.4m	7만DWT(5천TEU급)항복통항 80,000 G/T급 원유운반선 8,000TEU급 컨테이너 선박	304	1.28L	2.63L	2.04L
광양대교	1,520m	1,400m (가항폭)	75m (항랑 85m)	14만DWT급 (12,000TEU급) 컨테이너선	398	1.08L	3.82L	3.52L
북항대교	540m	425m (가항폭)	60m	8,000TEU, 8,000TEU, 10,000TEU, 12,000TEU급 컨테이너선	385	1.27L	1.40L	1.10L
울산대교	580m	400m	80m	RORO 선박, 50,000 DWT 일반화물선, 40,000 DWT 일반화물선	262	1.40L	2.14L	1.53L

8

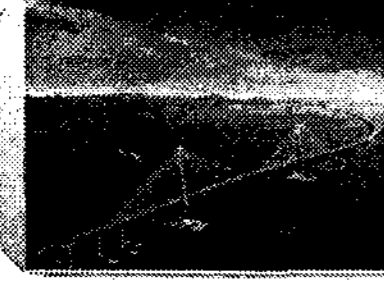
국내 해상교량 일반제원 분석

마장대교



- 설계 양면 : 마산항(장외 귀산동-마산 가포동)
- 설계 목적 : 전남과 경남간 고속도로의 대안도로로서 마산과 장외를 통행시간 단축
- 교량 제원
 - 길이 : 전체 1,700m, 이중 사장교구간 740m
 - 주경간장 : 400m(주항로)
 - 영척고 : 64m

인천대교



- 설계 양면 : 인천항(송도 신도시-인천공항)
- 설계 목적 : 인천국제공항고속도로의 제2경원고속도로를 연교, 통행시간단축 및 교통정체완전 불류의 해소
- 교량 제원
 - 길이 : 총 연장 12,300m, 이중 사장교구간 1,480m
 - 주경간장 : 800m
 - 영척고 : 74m

6

해상교량 건설 시 고려 요소

항로 설계 지침에 의한 기준 비교

◆ 항로설계 지침 기준에 만족 여부를 조사 분석

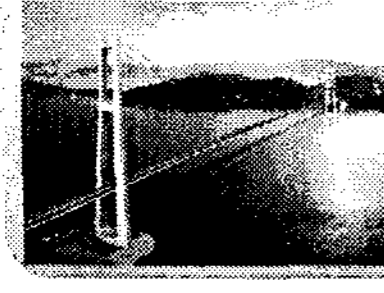
항로 설계 기준	설정기준	설정 방법
우리나라 기준	PIANC Rule (왕복양차선 경우)	10.7B
	미국의 항로설계지침 (조류성능 불량, 강한 정조류 및 안벽의 영향)	최소 8.0B이상
	우리나라, 일본 항로 설계지침 (교량상이 많은 길이가 긴 항로)	1.5L
비교의 근거가 긴항로	항로의 길이	항로폭
	대상선박이 빈번하게 만날 시로 만날 경우	2L
		상기 이외에 만날 경우
	상기 이외의 항로	대상선박들이 빈번하게 서로 만날 경우
상기 이외의 경우		L

우리나라 항로설계기준의 1.5L의 기준에 만족하는 교량은 인천대교가 2.04L, 광양대교 3.52L, 울산대교 1.53L이다.

9


국내 해상교량 일반제원 분석

광양대교



- 설계 양면 : 여수항(여수 칠레동-묘도-광양 금호동)
- 설계 목적 : 여수국가산업단지 진입도로 3공구구간으로 여수국가산업단지 광양국가산업단지의 수송거리가 66km에서 10km 단축, 동동항수송 원활 및 물류비 절감
- 교량 제원
 - 길이 : 전체 5,300m
 - 주경간장 : 1,545m(세계 3위 규모)->18,900TEU 항복통항
 - 영척고 : 85m

북항대교



- 설계 양면 : 부산항(부산 남구 김해동-영도구 장척동)
- 설계 목적 : 경부고속도로-광안대교-북항대교-삼정대교-영지대교-북신국가산업단지-부산신항을 연결하는 해안순환도로망, 지역물동량 수송에 기여
- 교량 제원
 - 길이 : 전체 3,331m, 이중 사장교 1,114m
 - 주경간장 : 540m
 - 영척고 : 60m

7

해상교량 건설 시 고려 요소

해상 교량 결정 요소 분석

◆ 해상교량 건설이 항만운영과 선박통항 안전성에 미치는 영향 분석

교량명	주경간	항로폭	항랑고	교량경 영향	대상교량 결정 요소
거가대교	3,240m		침해비교	>교량준공도행가 >교량상행가 >교량상주정	>근린 주요 통항 항로
북포대교	500m	300m	53m	>항우양행가 >교량준공도행가 >교량상행가	>통항대상선박
마장대교	400m	250m	64m	>교량준공도행가 >교량상행가 >교량상주정	>통항대상선박 >통항안전성 (선박조종시물해이전)
인천대교	800m	820m	70.4m	>교량준공도행가 >항우양행가 >교량상주정	>3차원의 시뮬레이션 수행 >관계자 협의에서 교량 >경제성 원칙
광양대교	1,520m	1,400m (가항폭)	75m (항랑 85m)	>항우양행가 >교량준공도행가 >교량상주정	>통항안전성 (선박조종시물해이전)
북항대교	540m	425m (가항폭)	60m	>항우양행가 >교량상주정	>통항대상선박 >항로 폭 확장 불가능 (지리적 여건)
울산대교	580m	400m	80m	>항우양행가 >교량상주정	>통항안전성 (선박조종시물해이전)

10

해상교량 건설 시 고려 요소

해상 교량 제원 및 해당 영로 분석

- ◆ **북항대교**
기존의 부산항 제 1항로 위를 가로지르며 설치, 부산항 제 1항로는 내항입구 광역제 양단 동대 사이의 중심점과 조도 오륙도 사이의 연결하는 직선으로 이 선을 너역폭 500m, 확장폭으로 1,300m 연장하여 영로폭은 350m를 확보, 북항대교의 주경간장은 540m이며, 영로의 경계로부터 교각까지의 거리는 95m임.
- ◆ **울산대교**
기존의 울산항 제 1항로 위를 가로지르며 설치, 교량하부의 영로폭은 300m이고, 현재 울산대교의 주경간장은 560m로 추진되고 있음.
- ◆ **목포대교**
목포대교 부근의 영로는 폭이 약 300m로서 고하도 서남단의 전방에서 변경 800m의 만곡부를 이루고 있음, 목포대교는 만곡부 상에서 영로를 평탄하는 형태로 건설되며 주경간은 500m로서 영로 경계로부터 교각까지의 50m의 여유가 있음.
- ◆ **마산대교**
마산대교의 경우 현재 교량 설치 대상영역의 영로폭은 190m, 교량통과후 변경이 있게 되는 구간까지 550m의 선진거리 확보, 마산대교의 건설을 위해 영로를 준설하여 확장하게 되는 계획영로는 350m로 변경예정, 변침구간도 확장 통합하여 변경이 없도록 계획함.

11

해상교량 관련 선박조종시뮬레이션 분석

◆ 선박조종시뮬레이터 특성 분석 결과

1) 선박조종시뮬레이터 특성 분석

- ▶ 세계적인 수준의 FMSS(Full Mission Ship-handling Simulator) 보유
 - Norcontrol(한국해양대학교 & 목포해양대학교), ATLAS(해양수산연구원) 등과 같은 신뢰성이 높은 고성능 시뮬레이터 보유
 - 국제적으로 공인된 MMG 수확모델을 이용한 국내 기술기반의 FMSS(한국해양연구원)
- ▶ 해상교량 통항안전성 평가시 FMSS 사용 정착
 - 3차원 영상물 통한 선박운항자의 시각적인 효과 극대화, 교각 등과 같은 장애물에 대한 선박운항자의 심리적인 부담 차연 가능
- ▶ 시뮬레이터 구성 장비에 대한 표준화 미비
 - 구성 장비, 각종 항해 장비 및 정보시스템에 대한 표준화 필요
- ▶ 기능 및 특성은 유사하지만 사용되고 있는 용어가 통일되지 않음
 - 유사 기능별 용어 통일 필요

14

해상교량 건설 시 고려 요소

◆ 해상교량 일반 제원 및 요소 조사 결과 분석점

1) 대상 선박 선정 및 교통혼잡도 평가

- ▶ 해상교량별 대상 선박 선정 기준이 상이함
 - 대상선박 결정 기준 마련이 시급
- ▶ 해상교량별 해상교통혼잡도 평가 방법이 상이함
 - 해상교량 건설 후의 교통량 추정을 기초로 해상교통혼잡도 추정 필요
- ▶ 해상교량 설계 위치 선정시 해상교통조사기 실시되지 않음
 - 타당성 보고서에 해상교통조사를 의무할 필요가 있음

2) 해상교량 위치 및 규모 결정 요소

- ▶ 해상교량의 위치 및 규모(주경간장·영하교)에 대한 결정 요소 부재
 - 항만의 지리적 특성과 선박 통항 환경이 상이하여 일반적인 결정 요소 도출 곤란.
 - 해상교량 위치 및 규모의 설계 기준에 대한 제도 마련이 필요
- ▶ 해상교량 건설에 따른 통항안전성 검증 방법으로 선박조종시뮬레이터 활용

해상교량 관련 선박조종시뮬레이션 분석

◆ 선박조종시뮬레이션 수행 보고서 평가 결과

2) 선박조종시뮬레이션 보고서 평가 결과

- ▶ 각 연구 기관별 과업수행 과정, 환경 조건 및 시나리오 표준화 필요
 - 같은 교량에 대한 시뮬레이션 수행시 연구기관마다 환경조건(바람, 조류, 수역시설 등) 및 시나리오(주간, 야간, 양방통행, 일방통행, 단선 배치 등) 설정이 각각 상이함
 - 자연환경 및 시나리오에 대한 일관성 있는 표준안 수립이 필요
- ▶ 선박운항자 및 수행 횟수에 대한 표준화 필요
 - 각 기관별 선박운항자 선정 및 시뮬레이션 수행 횟수가 상이함
 - 선박운항자의 자격 조건 및 최소 수행 횟수에 대한 표준화 필요
- ▶ 과학적 평가 기법(근접도, 채어도, 주관적평가)에 대한 표준화 필요
 - 기관별 유사한 형태이지만 각각 다른 평가 기법이 채택되어 활용되고 있음
- ▶ 해상교량의 적절성 및 통항안전성 판정 기준 확립 필요
 - 환경조건, 시나리오, 선박운항자에 따라 평가 결과가 상이함
 - 해상교량의 적절성 및 통항안전성 판정 기준 부재

15

해상교량 관련 선박조종시뮬레이션 분석

명만항단 해상교량 건설현황 및 선박조종시뮬레이션 수행기관

해상교량 명칭	대상 영역	교량 구간	도로 폭	주경간	영하 폭	영하 높이	통항선박	선박조종시뮬레이션 수행 기관(보고서명)
부산대교 (1994.4)	인천항	경서항 - 중구 운북동	4.42km	300m	200m	35m	1만DWT 단독통행	
서해대교	평택항	평택 포승면 - 양진 송덕면	7.31km	470m	300m	62m	5만DWT 단독통행	한국해양대학교(2005.3)
거제대교	부산 신항	거제도 - 거제도	6.20km	3,240m		김여타널	12천TEU 양방향	한국해양대학교(2004.2)
목포대교	목포항	목포 배방 - 고덕도	3.05km	500m	300m	53m	5.5만DWT 단독통행	한국해양대학교(2003.8) 목포해양대학교(2003.7) 한국해양연구원(2003.6)
마산대교	마산항	마산 현동 - 장월 양덕동	1.70km	400m	250m	64m	3만DWT 양방향 (6만DWT 단독)	한국해양대학교(2004.3)
안동대교 (2002.10)	인천항	송도신도시 - 인천공역	12.3km	800m	620m	70.4m	7만DWT (5천TEU급) 양방향	한국해양연구원(주관) 한국해양대학교(2004.10) 한국해양연구원
경남대교	경양항	포도 - 중앙 남포동	3.62km	1,520m	1,400m (7방향)	75m (85m)	14만DWT (12천TEU급) 양방향	한국해양대학교(2005.10.12) 목포해양대학교(2006.10) 한국해양수산연구원
북항대교	부산항	경안부두 - 남항파계	3.33km	540m	425m (7방향)	60m	14만DWT (12천TEU급) 단방향	한국해양수산연구원 (1999.2., 2004.8)
울산대교	울산항	9부두 - 연오부두	1.12km	560m	400m	60m	5만DWT (R ₀ -R ₀ 인, 260m) 양방향	한국해양대학교(2007.3) 한국해양수산연구원(1997.6) 한국해양연구원(2004.3)

13

해상교량 관련 선박조종시뮬레이션 분석

◆ 통항안전성 향상 대책 분석 결과

해상교량 건설에 따른 통항 안전성 향상 방안 분석 결과

- ▶ 구체적이고 현실성 있는 통항안전성 대책 제시 필요
 - "절저한 관제 필요", "항로표지시설 확충 필요", "외력이 클 경우 단독통항 유도" 등과 같은 추상적이고 애매모호한 일반 대책만을 제시
 - 해상교량 건설 후 통항선박의 안전 향상을 위해서는 VTS 관제, 항로표지시설, 표준조선법 등에 대한 구체적이고 체계적인 방법, 절차, 필요 장비 및 인원 증원 계획 등을 제시
- ▶ 최적의 해상교량 위치 및 규모에 대한 제안 미흡
 - 용역수행자로서 과업지시서에 의거 주어진 여건하에서 통항안전성 선박조종 시뮬레이션만을 수행하여 평가하고 있음(교량 규모 검토 미비)
 - 시뮬레이션 결과 분석을 기초로 최적의 해상교량 위치 및 규모에 대한 검토 필요
- ▶ 선박조종시뮬레이션 보고서에 대한 평가 제도 도입 및 실시실제 평점 반영
 - 시뮬레이션 수행 방법, 환경조건 및 시나리오, 선박운항자 및 수행횟수, 평가 기법 및 통항안전성 판별 등에 대한 적절성 검증 필요
 - 선박조종시뮬레이션 보고서에 대한 평가 제도 도입 및 실시실제 평점 반영

16