

소형 위그선 개념설계

신명수^{†*}, 김윤식*, 이경중*, 강국진*, 박영하*, 이영연*

한국해양연구원 해양시스템안전연구소*

Conceptual Design of Small WIG Craft

Myung-Soo Shin^{†*}, Yoonsik Kim*, Gyeong-Joong Lee*,
Kuk-Jin Kang*, Young-Ha Park* and Young-yeon Lee*

Maritime & Ocean Engineering Research Institute
Korea Ocean Research & Development Institute*

Abstract

This paper presents the primary conceptual design results of twenty-passenger class Wing-In-Ground(WIG) effect craft. As a first step, top level requirements were proposed and principal dimensions were determined. Maximum speed in ground effect condition is 150 km/h with two tons payload including passengers. Total weight is estimated as 8.5 tons with 2 tons of thrust. Hull and airfoil sections were designed and self propulsion tests were performed by radio controlled model. Two planing hull forms with the transom stern were proposed and towing tests were performed. The resistance and running attitude were measured and the feasibility is checked for the prototype hull form of the twenty-passenger class WIG craft. The free running tests show the stable smooth running attitude at designed speed. Also this radio controlled model can take off around 0.15 meter wave height. It can be said that the top level requirement for the twenty passenger class WIG ship is satisfied successfully. The design optimization to increase the transport efficiency and safety will be performed in the near future.

※Keywords: WIG craft(위그선), Conceptual design(개념설계), Wing-In ground effect(지면효과), Hull form design(선형설계), Planning hull(활주선형), Radio controlled model test(RC 모델시험)

접수일: 2005년 10월 11일, 승인일: 2005년 12월 14일

† 주저자, E-mail: msshin@moeri.re.kr

Tel: 042-868-7245

1. 서 언

해수면 위를 낮게 날아 초고속으로 항주하는 위그선은 1950년대 이래로 러시아를 필두로 하여 개발되었다. 초기의 러시아 위그선은 군용으로 개발되어 다른 나라에서는 흉내 낼 수 없는 초고속 항주성능으로 군 임무를 수행하기 위한 것에 개발 초점에 맞추어져 있었다. 이때 개발된 유명한 위그선으로는 Sea Monster로 불리는 KM을 비롯하여 올료노크(Orlyonok)등이 알려져 있으며 소형으로는 8인승 급인 볼가-II(Volga-II)를 들 수가 있다(Kirillovikh 1995, Sinityn et al. 1996).

볼가-II(Volga-II)는 90년대 초에 한국해양연구원(당시 한국기계연구원)에서 설계기술 자료를 도입하여 20인승급 위그선 초기설계를 수행하고, 유인시험선을 제작하여 실험역 시운전을 성공적으로 수행하였다(Shin et al.1997, 신명수 등 1997).

러시아의 위그선은 이수시 양력 보조장치로서 날개 밑으로 공기를 주입하는 PAR(Power Augmented Ram)방식을 택하고 있다. 이 방식으로 이수하기 위해서는 추진기가 수면에 근접하여 장착되어야 하고, 공기를 가두기 위해 날개 또한 수면 가까이 배치시켜야 한다. 결과적으로 수면에 근접되어 있는 연진에는 해수에 의한 스프레이의 영향으로 기계적 손상이 심각하며, 주익을 수면 가까이 두어야 하기 때문에 약간의 파도에도 주익이 간섭을 받는 단점이 있다. 결과적으로 이수시의 내항성능이 매우 취약하다는 단점이 있다. 이때의 설계결과에 의하면 PAR를 채택한 20인승급 위그선은 이수가능 유의파고가 약 0.2미터로 추정되어 바다에서의 운항은 어려우며 강 또는 호수에서 레저용으로 적합하다는 것이 최종 결론이었다.

최근에는, 기존 위그선의 장점을 충분히 활용하고 실험역에서 운항 가능한 차세대 해상수송수단의 필요성이 대두되어 위그선이 각광을 받고 있으며 세계 곳곳에서 많은 조선, 항공학자가 개발에 심혈을 기울이고 있다(The Wig Page).

본 논문에서는 한국해양연구원에서 축적한 기술을 기반으로 개발을 추진하고 있는 민군겸용 20인승급 위그선 초기 개념설계 결과에 대하여 논한다.

첫 단계로서 최상급 요구조건이 도출되었으며,

세장 활주형, 역 삼각형의 날개를 채택하여 개념설계를 수행하였으며, 무선 자유항주 모형을 제작하여 실험역 시험을 수행하여 성능검증을 수행하였다. 설계 결과는 초기의 최상급 요구조건을 충실히 만족시키는 것으로 판단된다.

2. 최상급 요구조건

실험역에서 운항 가능한 20인승급 위그선으로서 최상급 요구조건은 다음과 같이 결정하였다.

- 수송능력 : 여객 20인 또는 순재화중량 2톤
- 순항속도 : 150km/h (지면효과영역) 170km/h (지면효과외 영역)
- 순항고도 : 2미터
- 내항성능 : 유의파고 2미터에서 이수
- 항속거리 : 1,000km이상
- 주요자재 : 알루미늄 또는 특수복합소재

항속거리는 국내 연안은 500km이면 충분하지만 국제항로 운항을 기준으로 설정하였다. 순항속도는 150km/h로서 소형 여객선과 같은 2미터의 파도에서도 운항 가능하도록 목표를 설정하였다. 이 목표가 달성될 경우, 서해안 기준 운항율 90% 정도이며 제주도를 포함한 국내의 모든 도서지방이 편도 2시간 이내로 단축된다. 또한, 최소한의 개조를 거쳐, 병원선, 세관정 및 경비정등 특수목적 또는 군용으로 사용 가능하도록 최상급 요구조건을 결정하였다.

3. 초기 개념설계

최상급 요구조건을 만족하도록 초기 형상 및 치수를 결정하였다. 주요목을 Table 1에 보인다.

이수속도는 100km/h를 최초 목표로 설정하였으나, 파랑중의 이수성능을 향상시키기 위하여서는 더 낮은 필요가 있다. 또한 만재 배수량은 8.5톤으로 결정하였다. 이는 90년대 초부터 한국해양연구원의 축적된 위그선 설계관련 자료에 근거하였으며, 실선 건조 및 최적화 단계에서 지속적인

Table 1 Principal dimensions of the 20-passenger class WIG craft

여객정원	20
최고속도 (km/h)	170
순항속도 (km/h)	150
이수속도 (km/h)	100
만재배수량 (ton)	8.5
주엔진 (hp)	1,000×2
추진기 직경 (m)	3.0 × 2
길이 (m)	23.5
폭 (m)	20.4
높이 (m)	7.75
만재흘수 (m)	0.7
주익면적 (m ²)	108
미익면적 (m ²)	32.3

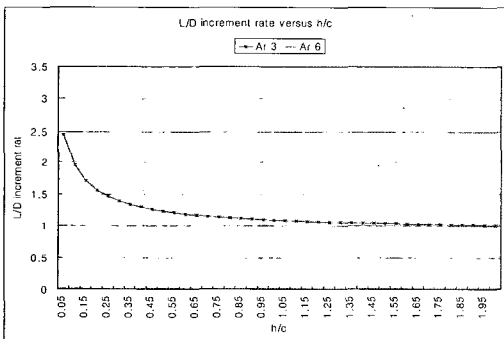


Fig. 1 Increment of lift-drag ratio versus non-dimensionalized height (Weiselsberger 1922)

로 관리되어야 하는 항목이다. 무게중심의 결정은 종방향 안정성 마진을 충분히 확보할 수 있는 범위 내에서 결정되었다. 그리고 주익의 면적은 108m², 수평꼬리 날개의 면적은 32.3m²로서 주익 면적의 30%정도 이다. 위그선은 항공기로서는 자세제어가 어려운 저고도에서 항주하기 때문에 상대적으로 수평꼬리날개의 면적을 크게 하여 종방향 안정성의 여유분을 확보하여야 한다. 이는 저항관점에서 뿐만 아니라 실선 건조에 있어 중량배

분의 문제점이 발생하기 때문에 최적화 단계에서 면적을 줄이는 방향으로 개선되어야 할 부분이다.

3.1 형상설계.

주익은 구조 및 운용의 편리성을 고려하여 기존의 위그선이 많이 채용하고 있는 속장비(가로세로비, Aspect Ratio)를 3으로 하였다. 항주 중 무차원화된 부상높이는 0.33(h/c, h: 부상높이, c: 평균코드)로서 Fig. 1에 의한 Weiselsberger(1922)의 Formulae에 의한 차트를 참조하면 지면효과에 의한 양력 증가분은 36%이다(Fig. 1).

전술한 주요목 및 요구조건을 만족시키는 형상 설계 결과의 단면도 및 정면도를 Fig. 2에 보인다. 날개밑으로 공기를 불어 넣는 PAR방식은 전술한 바와 같이 해수에 의한 파도 및 스프레이 영향을 받을 수 있으므로, 이를 회피하기 위해 엔진 및 프로펠러를 날개 위로 배치 시켰으며 날개 면은 역삼각형을 채용하였다. 통상의 선박 또는 항공기와 달리 추력선이 매우 높은 곳에 위치하므로 종방향 안정성, 수상항주자세를 확보하기 위한 각별한 노력이 필요하게 된다. 선형은 PAR의 단점을 극복하고, 구조가 간단하고 정수면에서 고속을 얻기에 유리한 활주선형으로 하였다. 또한, 많은 활주 부상력을 얻기 위하여 트랜스선미(Transom Stern)형상을 채택하였다. 보조선체는 정지 시 위그선의 자세확보에 중요하고 이수 또는 착수 시 많은 힘을 받으므로 장폭비 10정도의 초세장형으로 하였다.

설계된 도면을 Fig. 2에 보인다. 객실은 주동체 위에 2열, 18석을 배치하였으며 조종석에 2석을 배치하였다. 2인의 조종사가 필요할 지는 실선 건조 및 실해역 시운전을 수행하면서 검토해야 할 사항이다.

3.2 저항추진

설계된 위그선은 항공기에 비해 저속이며 수상 운항, 이수 시에 많은 추력을 낼 수 있어야 한다. 추진기의 직경은 3미터로 하여 개념설계를 수행하였다. 1,000마력 엔진 2기를 장착하였을 때의 추진기에 의한 추력은 Fig. 3과 같다. 추력은 Hartzell(2005)사의 성능곡선에 의한다. 1000마력

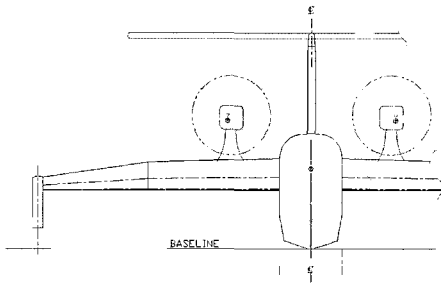
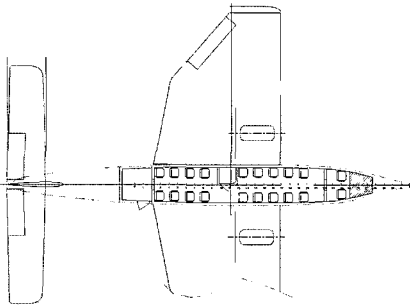


Fig. 2 Drawings of the 20-passenger class WIG craft(upper: a plan view, lower : a front view)

2기의 엔진에 직경 3미터의 프로펠러에 의한 추력은 정지시 약 3.4톤 정도로 추정된다.

정지시로부터 이수, 항주시의 저항추진 성능추정을 Fig. 4에 보인다. 정수중의 저항은 NACA보고서를 참조하였다(Locke 1947). 저항의 최대점이 60km/h의 속도역에서 보이고 저항의 최대치는 1.75톤 정도이다. 실제의 선형시험 결과의 저항 최대치는 1.5톤 정도인 것으로 예측되었으나 70km/h이상 고속역에서 계속결과가 없으므로 Locke(1947)의 시험결과를 사용하여 추정하였다. 공기저항은 유사선형의 풍동실험 결과를 참조하여 양력의 13%로 하였다. 본 연구를 통한 20인승급 위그선은 이수시 60km/h에서 최대저항 1.75톤이고 100km/h에서 이수 가능하며 150km/h항주시의 저항은1.1톤 정도로 추정된다. 또한, 1000마력 2기에 의한 추력은 3.4톤으로 추정되었으나, 엔진

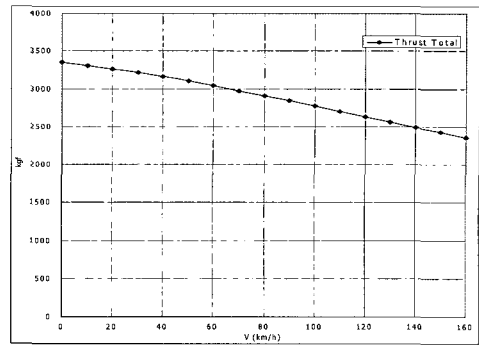


Fig. 3 Trust estimation of the propulsion system(1000 hp × 2, diameter: 3m) (Hartzell 2005)

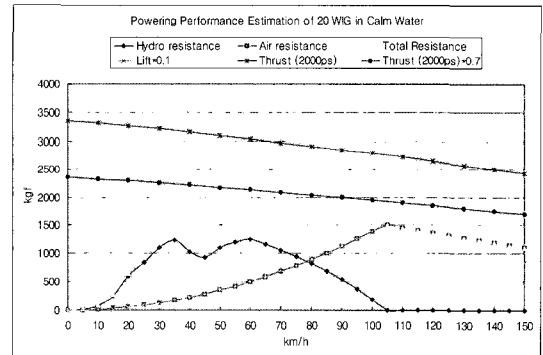


Fig. 4 Powering performance estimation in calm water

케이스(Nacelle)을 포함하는 구조물에 의한 상대 추진효율을 0.7로 계산하여 그래프에 도시하였다. 정확한 상대효율은 엔진선정, 엔진지지대등 추진 시스템 설계결과에 의하며, 실선 제작 후 계측에 의해 정확한 상대효율의 추정이 가능하다. 이수시의 저항 최대속도인 60km/h에서 2.1톤의 추력을 보여주고 있어, 0.35톤의 여유가 있음을 알 수 있다. 이 여유분은 이수시의 가속도 및 내항성능의 향상에 기여할 것이다. 정확한 저항추진 성능은 수조, 풍동시험으로 검증예정이다.

3.3 조종계통

위그선 조종계통의 개념설계를 위하여서 위그선

이 운항되는 상황에 대한 설정이 이루어져야 한다. 설정된 20인승급 위그선의 운항시나리오는 다음과 같다.

1. 이안
2. 이수해역으로 저속항해
3. 가속
4. 이수
 - 4a. 이수 직후 도약(Jump)
5. 정상 운항
 - 5a. 도약(Jump)
 - 5b. 정상고도 선회
 - 5c. 고고도 선회
 - 5d. 상승
 - 5e. 고고도 운항
 - 5f. 하강
6. 감속
7. 착수
8. 저속항해
9. 접안

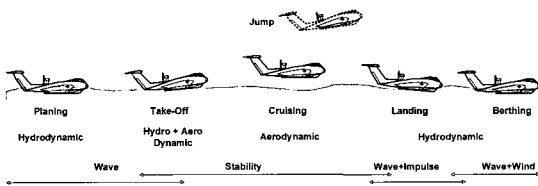


Fig. 5 Operational scenario

위의 운항시나리오에 따른 임무개요도(Mission Profile)는 다음과 같다.

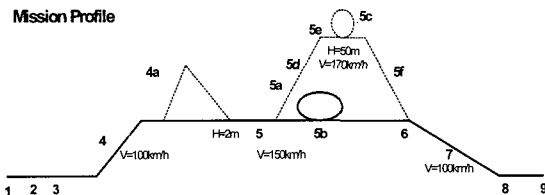


Fig. 6 Mission profile

이러한 운항시나리오로 위그선이 운항할 때의 고도와 부하특성은 다음과 같다.

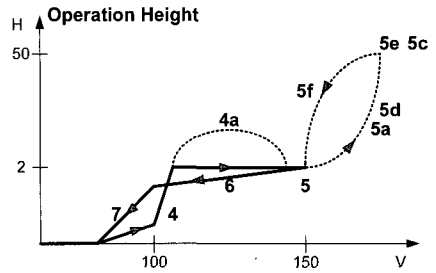


Fig. 7 Operational height

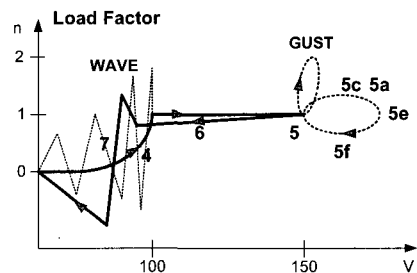


Fig. 8 Load factor

이러한 운항시나리오를 따라 위그선이 운항하는 경우 최상급 요구조건 외에 다음과 같은 조종성능 요구조건을 설정하여야 한다.

- 실속속도 : 90km/h 이하
- 이수시 양력계수 : 2.0 이상
- 도약(Jump) :
 - 상승기울기 1:10, 상승률 4m/s 이상
- 선회반경 : 고고도 300m
정상고도 1000m

위의 요구사항은 운항의 안전에 필요한 최소한의 요구사항이다. 도약은 전방 500m에 높이 50m의 장애물이 나타났을 때 선회를 할 수 없는 상황에서 안전하게 장애물을 넘어가기 위한 조건으로부터 도출되었다. 선회는 장애물 회피 또는 항로 변경 시에 수행하게 되는데, 정상고도에서 급격한 선회를 하면 날개의 끝부분이 수면에 닿아 위험하므로 정상고도 시에는 선회시 횡동요각을 제한할 필요가 있다. 따라서 정상 고도시에는 Banked Turn과 Rudder Turn을 혼합하여 선회를 수행한

다. 정상고도에서 한쪽 날개 끝이 수면에 닿을 때의 각이 약 15도이므로 정상고도 선회시 횡요기울기는 10도 이내로 택하였다. 위험회피를 위한 선회는 고고도 선회를 하여야한다. 이때는 완전한 Banked Turn을 수행하는 것으로 하였다. 승객과 기체가 받는 가속도를 고려하여, 원심가속도 수준을 0.6g 로 제한하였으며, 이때의 횡요기울기는 약 30도이고 선회반경은 300m이다.

제어판의 사양결정을 위한 기본조건은 다음과 같이 선정하였다.

- 운항중 무게중심 이동량 : 전후방향 0.5m
옆방향 0.3m
- 추력변화에 의한 모멘트 :
 - 순항시 도약 4.67 ton.m
 - 한쪽 엔진 고장시 2.59 ton.m
- Rudder에 의한 최대 선회율 : 10deg/sec
- 직진안정성 : 안정성레버 0.3C 이상

위의 조건을 이용하여 제어판의 크기를 결정하였다. 또한 이 이외에도 조종간에 걸리는 힘의 조건으로 FAR 23.143(c)를 준용하였다.

조종계통은 기계식 조종계통을 기본으로 하였다. 조종간에 걸리는 힘을 줄이기 위하여 각 날개의 조종면에 Linked Balancing Tab을 두어 조종간에 걸리는 힘을 줄였으나, 이것으로 충분치 않아 조종력 증강장치를 채택하였다. 조종력 증강장치의 배율은 3으로 정하였다. Fig. 9는 설계된 기계식 조종계통을 나타낸다.

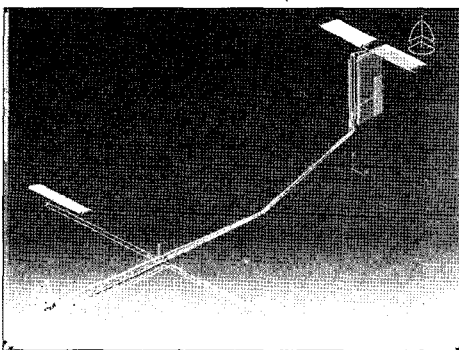


Fig. 9 Mechanical control system

4. 수조 모형시험

4.1. 계측시스템 구성

초고속으로 항주하는 모형의 저항 및 자세를 계측하기 위하여 Fig. 10과 같은 계측 시스템을 구성하였다. 하부선체에 의한 저항과 항주 자세를 계측하기 위하여 동체 상부와 날개가 없는 하부선형 모형선을 제작하여 시험하였다. 통상의 선박과는 달리 위그선은 공기 프로펠러에 의해 구동되고 추진 장치가 상부에 위치하고 있기 때문에 Fig. 10, 11과 같이 프로펠러축과 같은 높이에 저항계측용 예인축을 설치하였다. 또한, 항주 중 동체에 대한 추력선 방향을 고정하기 위하여 저항계측시스템을 상부로 이동시켜 동체기준 일정한 추력선에서 저항을 계측하도록 구성하였다. 저항동력계가 설치된 예인축 및 연결부에 의해 선체의 횡요를 구속하였다. 저항계측센서는 10kgf 용량의

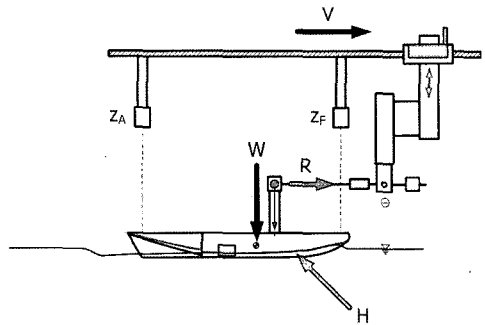


Fig. 10 Schematic diagram for the model test

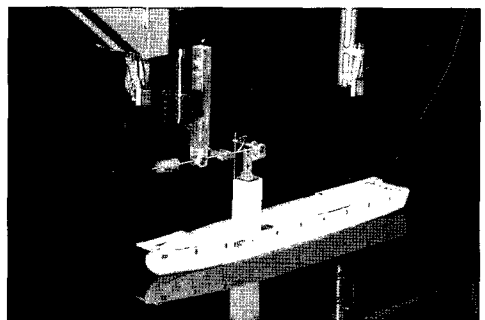


Fig. 11 Photograph of the model in towing tank

단축 로드셀을 선정하였다. 모형선이 매우 가볍기 때문에 저항계측장치로 인한 배수량 증가를 막기 위해 예인축 힌지 반대편에 보정추를 설치하여 무게의 중립을 유지하였다.

본연구의 위그선형 모형은 매우 가벼워 통상 모형실험에 사용되는 가이드를 부착하기 어렵기 때문에 선수 선미부에 레이저방식의 변위계를 설치하여 자세를 계측하였다.

새로 구성된 계측시스템에 의한 계측결과 예를 Fig. 12에 보인다. 저항을 포함하는 모든 계측량이 양호한 상태를 보여주고 있다. 모든 계측은 12초 이상의 계측시간을 두어 정도항상에 노력하였다.

4.2. 모형시험

본 논문에서는 두개의 선형을 제안하여 성능검증을 수행하였다. 선형의 주요목을 Table 2에 보인다.

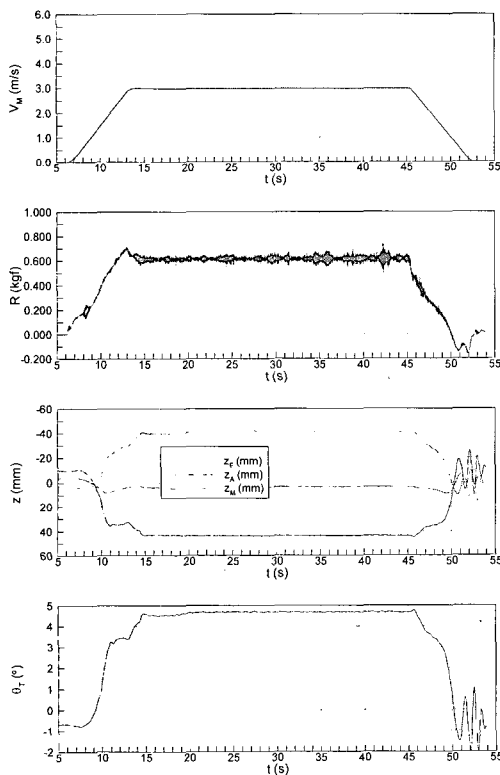


Fig. 12 Examples of measured data(velocity, resistance, sinkage and trim angle from above)

정수, 파랑중의 저항성능향상을 위해 선형의 장폭비는 6.375로 활주형 선형으로서는 비교적 큰 값을 채택하였다. 같은 장폭비에서 선형의 특성을 검증하기 위하여, 방형비척계수는 0.33, 0.34부근이며 횡단면계수는 0.638, 0.634의 두가지로 하여 설계를 진행하였다. 중앙단면에서 수선면과 측면 선체각은 매우 중요하다. 이 각도가 크면 내항성능이 향상되나 활주력이 작아져 고속역에서 저항이 커지는 반면 이 각도를 줄이면 활주력이 커져 저항성능은 좋아지지만 반대로 내항성능이 나빠지는 단점이 있다. Locke(1947)에 의하면, 이 각도는 20~25도의 범위이다. 본 연구에서는 일찍 부상하여 낮은 속도에서 이수가능 하도록 중앙 횡단면 하부와 수선면의 각도를 20도로 하였다.

수조시험을 위하여 Table 3와 같이 축척비 14로 모형선을 제작하였다. 실선의 배수량이 8.5톤이므로 축척비에 해당하는 모형의 배수량은 3.095kg이다. 수조시험을 수행하는 모형으로서는 매우 가벼우므로 제작시 경량화에 노력하여야 하며, 계측장비 취부시 주의하여야 한다. 제작된 모형의 사진을 Fig. 13에 보인다.

Table 2 Principal dimensions of hulls

	선형 A	선형 B
LxBxdf	15.3x8.4x0.66	15.3x8.4x0.65
L/B	6.375	6.375
Cb	0.333	0.340
Cp	0.523	0.538
Cm	0.638	0.634
Transom area/Cm	0.691	0.652
Transverse dead rise angle at mid.	20°	20°
B/df	3.640	3.690

Table 3 Model scale and weight

Hull	모형(1/14) (Lpp=1.093m)	실선 (Lpp=15.3m)
A	3.095 kg	8.5 ton
B	3.095 kg	8.5 ton

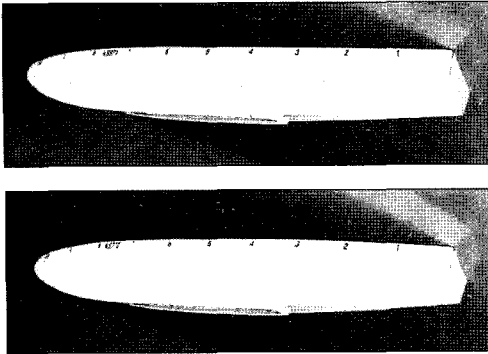


Fig. 13 Photographs of the model(upper : hull-A, lower: hull-B)

선형의 저항특성 파악을 위해 한국해양연구원의 장수조(길이 240미터)에서 저항시험을 수행하였다. Fig. 14는 계측된 저항/배수량비를 보여준다. 두 선형 모두 초기 트림각 3도, 4도일때 45~50km/h범위에서 불연속 점이 존재하고 있음을 알 수 있다. 이는 스태프에 의한 영향으로 중요 불안정성(Porpoising)현상이 관측되는 영역이다. 결과적으로 트림각 5도에서 안정된 저항성능을 보여주고 있음을 알 수 있다.

Fig. 15에서는 각 속도별 저항을 보여주고 있다. 최대저항은 70km/h의 속도에서 2톤 정도로 계측되고 있다. 항주시 추력선에 의한 선수트림이 발생하는 초기트림각 3도의 경우가 45km/h부근에서 저항 최대값을 보여주고 있다.

Fig. 16은 속도별 트림각을 보여주고 있다. 정지상태(속도 0)에서의 트림각이 초기 트림각이다. 각 선형 공통적으로 초기 트림각과 상관없이 60km/h부근에서 최대 트림각 10도를 보여주고 이후 감소하는 것을 알 수 있다. 또한, 이것은 위그선의 설계에 있어 선형에 기인하는 최대 트림각이며 이는 주익의 입사각, 양력과 연관되어 이수 성능을 결정하게 된다. 실제의 자유항주 실험에 의하면 최대 트림각 10도를 보여준 이후의 고속역에서 날개에 의한 양력으로 트림각이 줄어들며, 가속이 되며, 선체는 이수하게 된다.

Fig. 17은 무게중심의 부상높이를 보여주고 있다. 40km/h이하의 저속에서는 일반적인 배수량선형과 같이 침하 현상이 나타나지만 이보다 고속역

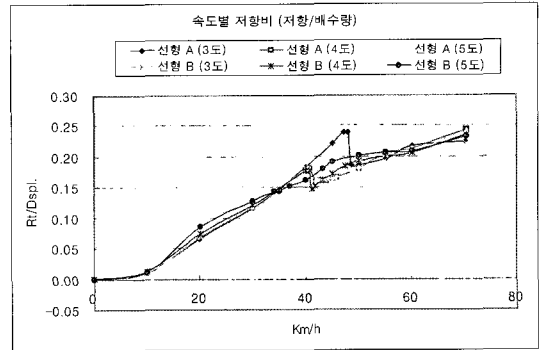


Fig. 14 Resistance-displacement ratio

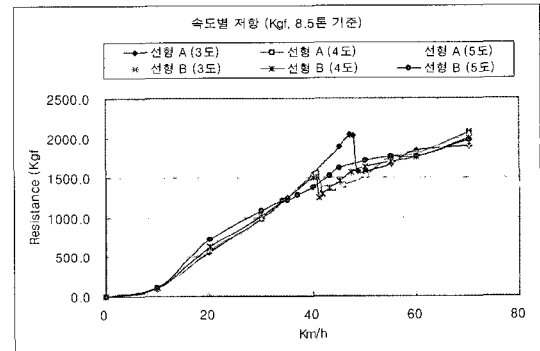


Fig. 15 Resistance in calm water

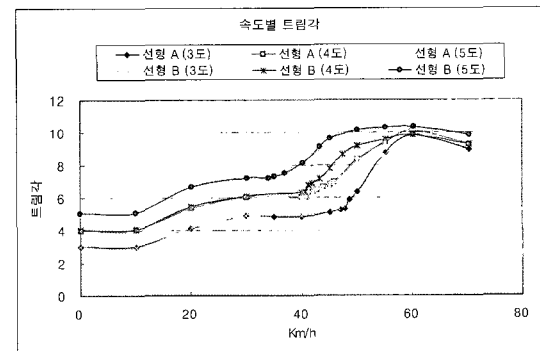


Fig. 16 Variation of trim angle

에서는 활주하여 부상하는 현상을 보여주고 있다.

본 선형의 흘수를 감안하면 70km/h의 속도역에서 흘수의 절반이상이 부상하여있고, 배수량의 2/3이상이 이미 부상하여있음을 알 수 있다.

Fig. 18은 선형A의 초기트림각 3, 4, 5도,

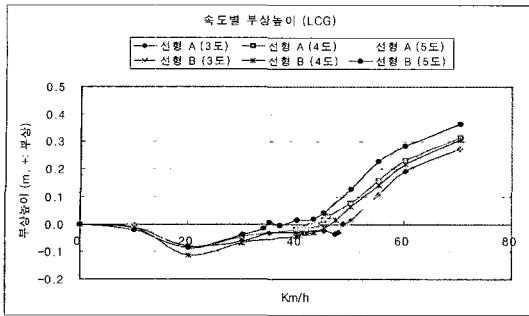
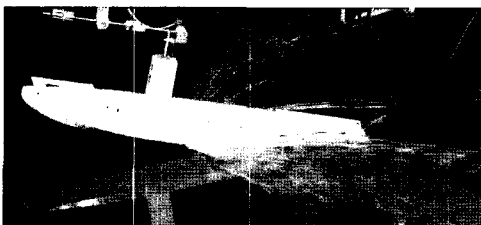
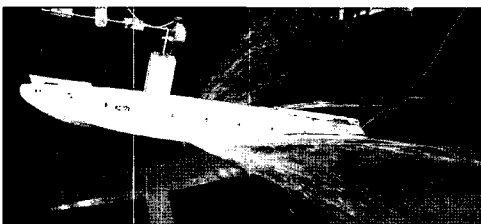


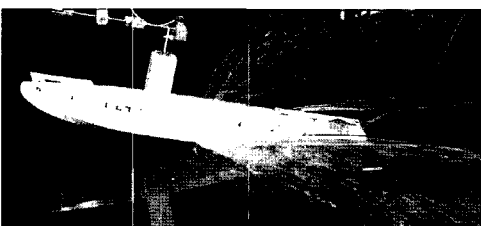
Fig. 17 Sinkage at the center of gravity



(a) VS=60km/h, hull-A, initial trim=3 deg.



(b) VS=60km/h, hull-A, initial trim=4 deg.

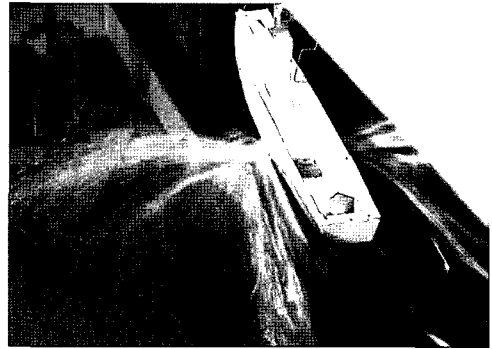


(c) VS = 60km/h, hull-A, initial trim=5 deg.

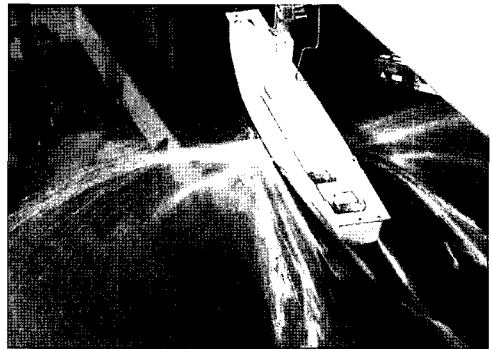
Fig. 18 Photographs of towing tank test (hull-A)

60km/h속도에서 촬영한 항주 모습이다. 초기트림각과는 상관없이 항주트림각은 10도 정도로 일정함을 알 수 있다.

Fig. 19에서는 선미부의 사진을 보여주고 있다.



(a) VS=60km/h, hull-A, initial trim=5 deg.



(b) VS=60km/h, hull-B, initial trim=5 deg.

Fig. 19 Comparison of wave profiles near the transom stern

선형 A가 B보다 트랜섬 스텐의 면적이 넓은데, 면적이 넓은 선형 A 트랜섬 스텐 뒷부분의 파도가 B에 비해 적게 일어나고 있음을 알 수 있다. 이 부분의 파도는 일종의 불연속 점프(Hydraulic Jump)로서 급격한 선미부의 압력변화에 기인한다. 위그선의 설계에 있어서, 이 부분의 스프레이는 선체 뒷부분의 수평, 수직날개에 영향을 미치므로 적게 하는 것이 유리하다.

계측결과에 의한 이수중 실선 추정결과를 Fig. 20에 보인다. 개념설계 결과에 의한 주익의 양력을 배수량에서 제외시키며, 저항-배수량의 비와 양력에 의한 저항을 합하여 전체저항을 추정하였다. 주익의 항력은 유사 위그선의 풍동시험결과를 이용하여 양력의 13%로 하여 전저항을 추정하였다(라승호 등 1999). 결과로서 이수중 저항성능은 선형 A, 초기 트림각 5도가 가장 우수하며 이때의

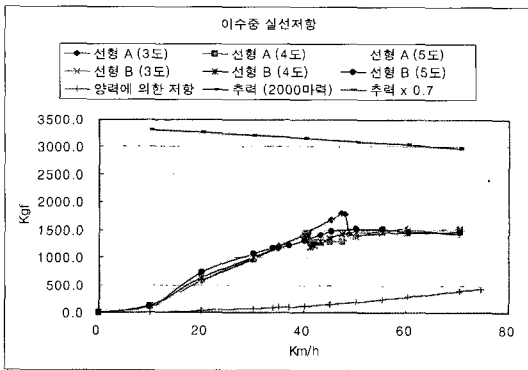


Fig. 20 Powering performance prediction

전 저항은 50km/h이상의 고속역에서 1.5톤이다. 이는 배수량의 18%정도에 해당하는 양으로 만족할 만한 수준이다. 그러나, 실해역에서는 항상 파도가 존재하기 때문에, 파랑중에서의 부가저항이 실선 성능평가에 있어서 중요하며, 이의 정량화 및 감소를 위한 선형최적화 연구개발이 계속되어야 할 것이다.

5. 자유항주 모형시험

초기 개념설계 결과의 성능평가를 위하여 자유항주 모형시험을 수행하였다. 무선으로 조종되는 축척비 1/10의 모형을 제작하여 저항, 항주, 이수, 조종성능의 종합성능 검증을 수행하면서, 문제점을 파악, 설계 변경작업을 수행하여 최상급 요구조건을 만족시키는 초기 개념설계를 수행하였다.

제작된 모형의 정지추력 시험 사진 및 추력 계측결과를 Fig. 21와 22에 각각 보인다.

Fig. 22의 정지추력 계측결과에 의하면, 실선의 2.1톤에 해당하는 2.1kgf의 추력은 4,800rpm에서 발생되는 것을 알 수 있다. 따라서 모형시험에서는 최대추력 4,800rpm으로 하여 이수 및 항주성능을 검증하였다.

Fig. 23에서는 설계 고도에서 항주하고 있는 모형의 사진을 보인다. 실제의 관측 및 비디오 분석에 의하면, 모형은 설계 고도에서 조종간을 중간으로 놓은 스틱프리(Stick Free)상태에서 매끈한 항주성능을 보여주고 있음을 알 수 있었다.

본 연구에서 개발을 추진하고 있는 20인승급

위그선은 실해역에서 특수선 및 여객선으로의 운항을 하기 위한 것이다. 또한, 동급 선박과 같은 유의파고 2미터에서 운항을 목표로 하고 있기 때문에 이 파고에서의 이수성능이 매우 중요하다.



Fig. 21 Photograph of static thrust measurement

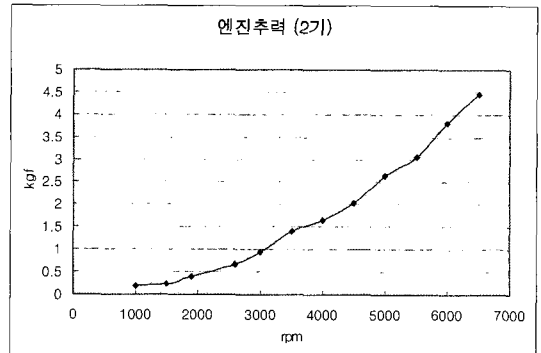


Fig. 22 Results of the static thrust

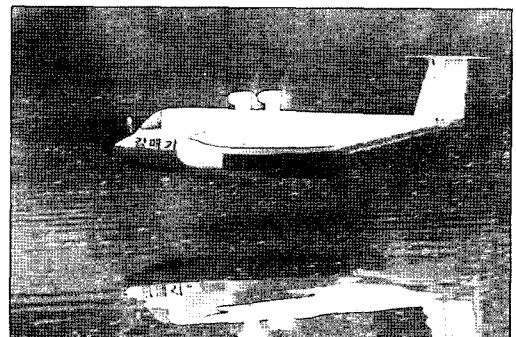


Fig. 23 Photograph of Radio control in cruising (scale ratio 1/10)

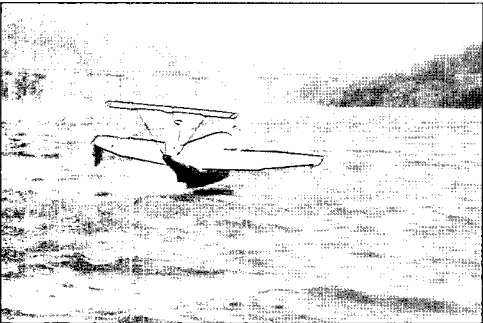
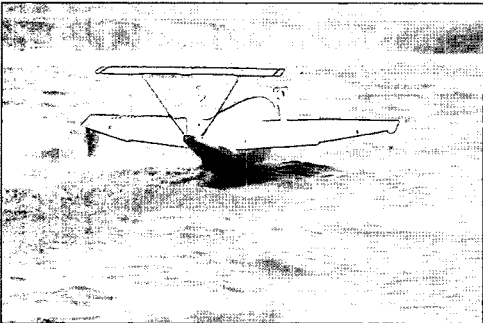
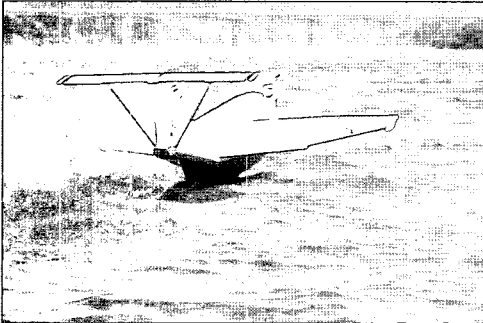
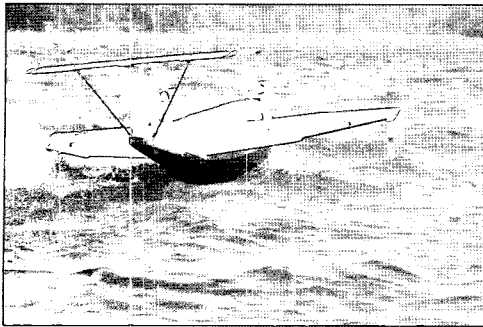


Fig. 24 Photographs of radio control model during take off in waves

무선모형 시험 중 일기가 불순한 날의 이수사진을 Fig. 24에 도시한다. 목측에 의한 파도는 0.15미

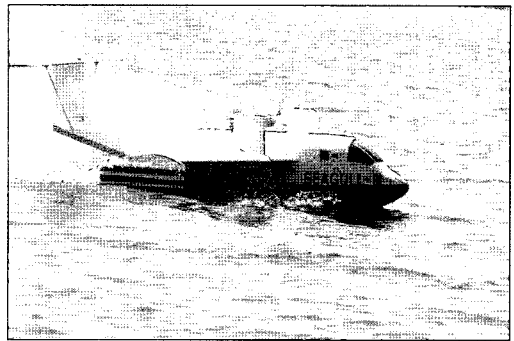
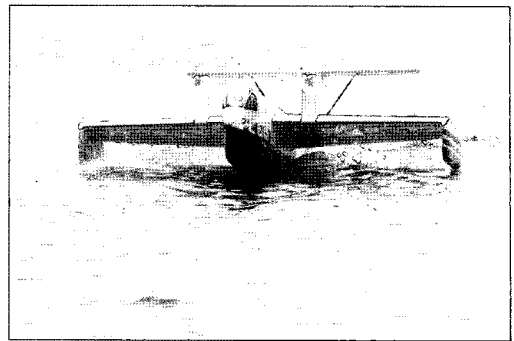


Fig. 25 Photographs of radio control model during taxing in waves

터로 실선의 유의파고 1.5미터에 해당한다. 이 파도에서도 정해진 추력으로 이수하는 것을 확인하였다. 파랑중의 이수성능은 목표 달성 가능성이 매우 높은 것으로 확인 되었다. 활주형의 선형을 도입하고, 이수 속도를 낮추려고 노력한 것이 주요 하였다고 판단된다.

해양에서 위그선이 선박과 같이 운항하기 위해서는 파랑중의 수상항주 성능이 매우 중요하다. 종래의 위그선은 초고속에서의 항주할 수 있다는 장점만 부각되어 실해역 파랑중 선박으로서의 운항성능에 관한 논의가 부족하였던 것이 사실이다. Fig. 25은 파랑중 수상운항 시의 모형사진을 보여준다. 파도와 선체의 간섭으로 생기는 스프레이가 날개 밑에 가득 차있다는 것을 알 수 있으며, 선체 후반부는 스프레이영향이 심각한 것을 알 수 있다. 이는 실해역 운항을 위해 매우 중요하게 고려해야 할 사항으로, 스프레이가 많은 위치에 엔진, 프로펠러 또는 전자장비를 장착하면 실해역 운항시 많은 문제점을 불러일으킬 수 있음을 알

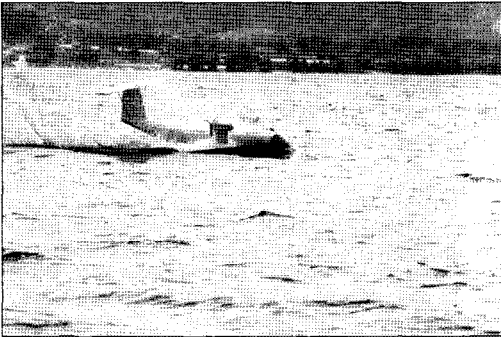


Fig. 26 Photograph of emergency landing of radio control model due to engine failure

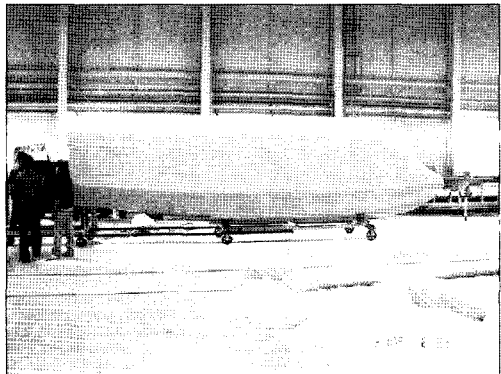


Fig. 27 Photograph of the 1.2ton class experimental craft hull

수 있다. 또한, 위그선의 선체 및 구조특성은 항공기의 관점이 아닌 선박의 관점으로 접근하여 수밀, 격벽, 파랑중의 충격하중이 고려되어 설계, 개발되어야 함을 알 수 있다.

Fig. 26은 약천후 시의 비상착수 사진이다. 시험 당일의 일기가 불순하여 돌풍(gust)이 많았고, 엔진 오작동에 의해 엔진이 정지되어 비상착수 하였다. 상당히 높은 속도에서 비정상적인 자세로 착수하여, 오른쪽 사이드 휠이 모두 잠겼을 정도였으나, 이에 의한 댐핑이 감속으로 작용하여 매우 짧은 착수거리로 정지하였다. 정량적인 계측 및 안정도는 추후 정밀하게 검증되어야 하겠지만, 기대 이상으로 안전도는 매우 높은 것으로 관찰되었다.

현재 설계되어 있는 20인승 위그선의 실선화를 위해서는, 개념설계 결과의 정밀 검증이 필요하다.

이를 위하여 배수량 1.2톤, 축척비 1.9의 시험선을 현재 건조 중에 있다(Fig. 27). 건조 후, 실패역 시운전을 통하여 개념설계 결과의 정밀 검증을 수행, 보고 예정이다.

5. 결 론

본 논문에서는 20인승급 위그선의 설계를 위하여 최상급 요구조건을 도출하였으며, 이로부터 초기 개념설계, 성능추정, 성능검증을 위한 수조시험, 자유항주 모형시험 결과를 보고 하였다. 본 연구를 통하여 얻어진 결론은 다음과 같다.

(1) 실패역에서 선박과 동일한 조건으로 운항 가능한 20인승급 위그 여객선의 최상급 요구조건을 도출하였다.

(2) 이 요구조건을 만족시킬 수 있도록 배수량 8.5톤급으로 하여 초기 개념설계를 수행하였다. 결과로서 길이 약 24미터, 추진마력 2,000마력으로 100km/h에서 이수하고, 지면효과 영역에서 150km/h로 항주 할 수 있는 20인승급 위그선 초기 개념설계, 저항추진 성능추정을 수행하였다.

(3) 개념설계 결과의 검증을 위하여 선형수조시험, 자유항주 무선 모형에 의한 자유항주시험으로 성능검증을 수행하였다. 결과로서, 저항성능, 지면효과 영역에서의 항주성능, 조종성능, 목표추력에서의 파랑중 이착수 성능이 성공적으로 검증되었다. 초기의 최상급 요구조건이 만족되어 있음을 알 수 있어, 설계의 타당성이 입증되었다.

20인승급 위그선의 실선화를 위해 1.2톤급 시험선을 건조 중에 있으며, 건조 후 실패역 시운전으로 정밀 성능검증을 수행할 예정이다. 운항 효율이 우수한 20인승 위그선 개발을 위해 안정된 자세와 우수한 저항, 내항성능을 보여주는 설계최적화의 노력이 계속되어질 것이다.

후 기

본 논문의 내용은 산업자원부 민군경용기술개발사업 “20인승급 소형 위그선개발”과제에서 지원하

여 이루어졌음을 밝힌다.

참 고 문 헌

- 김동준, 최항순, 1990, "해상에 계류된 부유체의 표류력해석," 대한조선학회 논문집, 제 27권, 제 4호, pp. 24-35.
- 라승호, 정진덕, 옥호남, 1999, 해면효과익선의 공력분야 선형설계, G98050, 한국항공우주연구소.
- 신명수, 김정환, 김상근, 이종식, 전호환, 1997, "20인승 해면효과익 여객선 선형개발," '97 초고속선 Work Shop Proceedings, pp. 55-68.
- Hartzell, 2005, Powering Performance Chart of 8483 Blades of Hartzell, Hartzell Propeller Inc.
- Kirillovikh, V.N., 1995, "Russian Ekranoplans," Proceedings of a Workshop on Twenty-First Century Flying Ships, pp. 71-117.
- Locke, F.W.S.Jr. 1947, "A Collection of the Collapsed Results of General Tank Tests of Miscellaneous Flying-Boat-Hull Models", NACA TN 1182.
- Shin, M.S., Yang, S.I., Joo, Y.R., Kim, S.K., Bae, Y.S., Kim, J.H., Chun, H.H., 1997, "Wind Tunnel Test Results for Eight and Twenty Passenger Class Wign-In-Ground Effect Ships," Proceedings of the Fourth International Conference on Fast Sea Transportation, pp. 565-570.

- Sinitsyn, D.N., Maskalik, A.I., Litinsky, L.O., 1996, "The Present Day State and Prospect for the Development of Commercial Ekranoplans," Proceedings of a Workshop on Twenty-First Century Flying Ships, pp. 153-162.
- The Wig Page, <http://www.se-technology.com/wig/>.
- Wieselsberger, C., 1922, "Wing Resistance Near the Ground," NACA TM 77.



< 신 명 수 >



< 김 윤 식 >



< 이 경 중 >



< 강 국 진 >



< 박 영 하 >



< 이 영 연 >