

## 다목적 지능형 무인선 플랫폼 개발

김동진, 김선영 (선박해양플랜트연구소)  
김성환 (주)극동선박설계

### 1. 서론

다양한 공학 분야에서 무인화 개념을 도입하여 사람이 하기 어렵거나 위험한 임무를 효율적으로 수행하는 경우가 많으며, 항공기, 자동차 등과 함께 최근에는 수상선에 대한 무인화 연구도 활발히 진행되고 있다. 무인선에는 일반적으로 운항 장비와 함께 해양조사 및 감시를 수행하는 각종 장비를 탑재하여 관련 임무를 수행하게 된다.

무인선 플랫폼은 주어진 해상환경 하에서 원활한 임무 수행 범위와 능력을 결정짓는 주요한 요소이다. 따라서 설계 과정에서 대상 플랫폼이 목표 임무 성능이 구현될 수 있는 지 성능을 예측하고 반영하여 설계 및 건조가 이루어져야 한다.

본 논문은 선박해양플랜트연구소에서 진행하고 있는 '다목적 지능형 무인선의 국산화 개발' 연구 내용 중, 무인선 플랫폼 설계 및 개발 과정을 소개하고자 한다.

### 2. 주요 설계 조건 설정

개발하는 무인선은 연근해에서 운용되는 경비함에 탑재된 기존 유인 고속단정을 대체하는 것을 목표로 한다. 따라서 경비함의 진회수 장비 용량을 고려하여 현재 유인 고속단정과 유사한 제원으로 산정하였다. 구체적으로 무인선의 길이, 폭, 중량은 각각 8.0m, 3.0m, 3.0톤 이하로 설계 조건을 제한하였다. 개발된 선형들의 주요 제원은 표 1과 같다.

표 1 Principal dimensions of unmanned vessels

항목	1차 개념 1안	1차 개념 2안	1차 개념 3안	2차 기본 선형	2차 시험 선형	3차 개선 선형
L.O.A[m]	6.0	7.1	7.3	7.8	7.5	8.0
Breadth[m]	2.0	2.0	1.9	2.0	2.0	2.3
Draft[m]	0.520	0.570	0.467	0.457	0.472	0.445
Displacement[kgf]	2500	2600	2600	2650	2600	3000
Dead rise [°]	Transom	20	17	20	22	22
	Midship	23	30	22	22	25
Engine power [HP]	315	315	315	315	315	370

무인선의 운항 성능은 잠재 수요자 해경과 협의하여, 정수 중 최대 목표 속도는 45노트 이상이고, 해상상태 4에서도 운용 가능하여야 하며, 항속 시간은 15시간, 최대 항속 거리는 300해리로 정하였다.

소형 선박으로 높은 속도를 내기 위해 선형은 단동 활주선 형으로 선정하였고, 추진시스템으로 워터젯 1기를 탑재하는 것으로 정하였다. 선체 중량이 가벼우면서 높은 강도를 가져야 하므로 선체 재질은 FRP로 선정하였다.

### 3. 플랫폼 설계

#### 3.1 플랫폼 개발 과정

플랫폼 개발 주요 과정은 그림 1과 같다. 설계 단계에서 시험이나 계산 방법으로 여러 가지 성능을 예측하고 이를 설계에 반영하여 설계를 업데이트한다. 그리고 결정된 선형으로 실선을 건조하여 유체/구조성능 및 탑재 장비의 운용성능을 검증하게 된다.

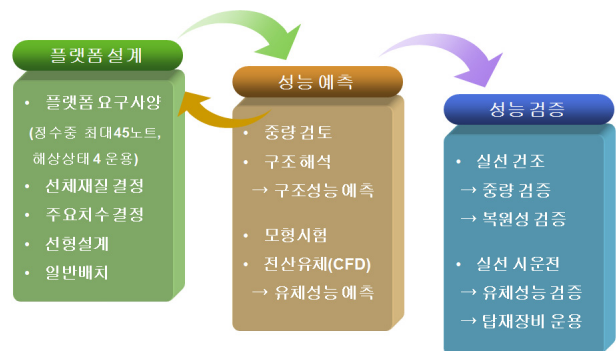


그림 1 Development process for unmanned vessel

#### 3.2 선형 설계

무인선은 정수 중 목표 속도가 45노트로 상당히 높고, 해상 상태 4인 거친 환경에서도 운용 가능하여야 하므로 저항성과 내항성능이 모두 우수한 선형이 필요하다. 무인선의 유체 성능과 목표 조건을 고려하여 설계된 대표적인 6가지 선형의

정면선도를 그림 2에 나타내었다. 모든 선형은 설계 후 수조 모형시험을 통하여 성능을 추정하였다.

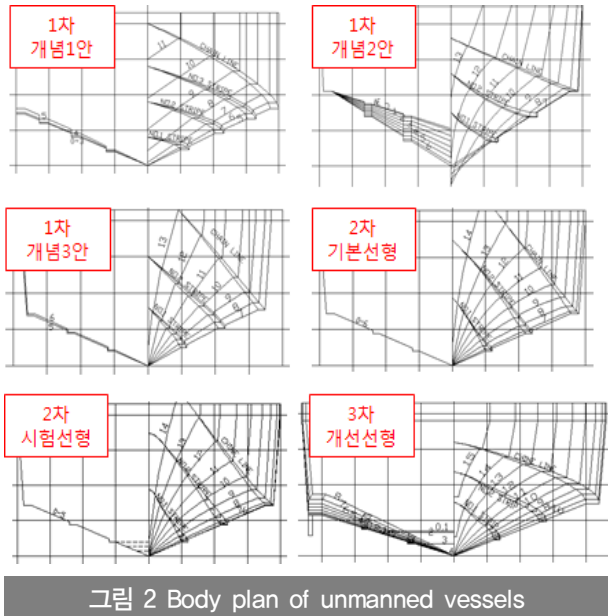


그림 2 Body plan of unmanned vessels

- (1) 개념1안 - 우수한 저항성능을 목표로 하였다. 길이-폭 비가 가장 작으며 선저경사각은 선미부에서 20도 내외이고 선수부에서도 많이 증가하지 않는다.
- (2) 개념2안 - 우수한 내항성능을 목표로 하였다. 선미부의 차인은 수면과 평행하지만 용골은 수면과 음의 받음각을 갖는다. 따라서 선저경사각이 트랜섬부터 선수방향으로 꾸준히 증가하며 특히 선수부가 깊고 뾰족한 형태로 파를 가르고 전진하기 유리하다.
- (3) 개념3안 - 개념1안과 2안을 절충하여 저항성능과 내항성능을 동시에 향상시키는 것을 목표로 하였다. 선저경사각은 선미부에서 20도 내외로 일정하지만 선수부에서는 급격히 증가하여 파를 잘 가르고 전진할 수 있도록 하였다. 또한 차인이 선수부에서 큰 받음각을 가져서 중저속에서 트림각이 과도하게 증가하지 않도록 하였다.
- (4) 기본선형 - 개념3안보다 저항 및 내항성능을 모두 향상시키는 것을 목표로 하였다. 길이-폭 비를 늘렸고, 중량이 약간 증가하였다.
- (5) 시험선형 - 기본선형에서 추가적인 저항 및 내항성능 향상을 도모하였다. 선수부 차인 및 용골 라인 등이 더 보완되었고, 실선의 워터젯 유입구 배치를 고려하여 선저면도 일부 수정되었다.
- (6) 개선선형 - 시험선형의 실선 시험 결과를 분석하여 안정

성, 조종성 등의 추가 개선을 목표로 하였다. 길이와 폭, 중량이 증가하였고, 좌우 차인에 횡동요 감쇠를 위한 측면 부가물을 장착하였다. 용골은 수면과 평행하나 차인은 양의 받음각을 갖도록 하여 선저경사각이 트랜섬부터 선수방향으로 꾸준히 증가하고, 이로서 항주 트림각이 상대적으로 작다. 파 중에서도 직진안정성을 확보하기 위해 깊고 뾰족했던 선수부의 용골을 약간 위로 올려 수정하였다.

### 3.3 일반 배치

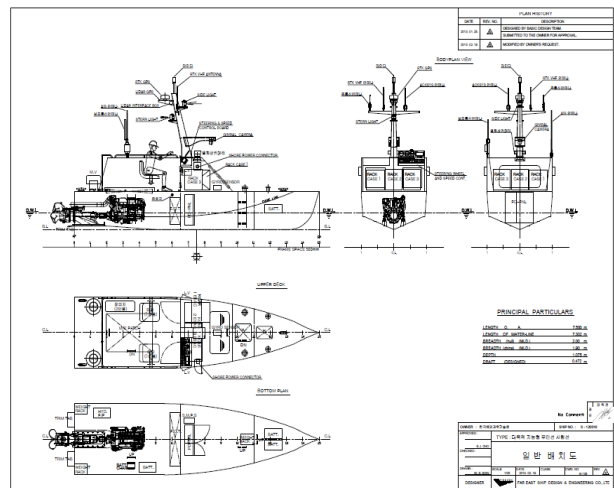


그림 3 General arrangement of unmanned vessels

무인선의 갑판 위 상부구조물에는 자율운항 장비와 안테나, 카메라 등 계측 장비를 적재하였다. 갑판 하부는 선수부에 충돌 격벽, 선미부에 기관실 격벽을 두어 총 3개 구획으로 분류하였다. 기관실에는 엔진, 추진시스템, 연료탱크 등을 배치하고 중간 구획에는 해양감시 및 조사에 필요한 장비를 배치하였다. 한 예로 시험선형 실선의 일반 배치도는 그림 3과 같다.

## 4. 유체역학적 성능 검증

### 4.1 초기 복원성 계산

설계된 각 무인선들의 정지 상태에서의 초기 복원성을 계산하였다. 특히 대상 무인선은 거친 해상에서 전복되더라도 자기 직립복원이 가능하도록 설계하고 이를 계산으로 확인하였다. 그림 4는 2차 시험선형의 초기 복원성 계산 예이다.

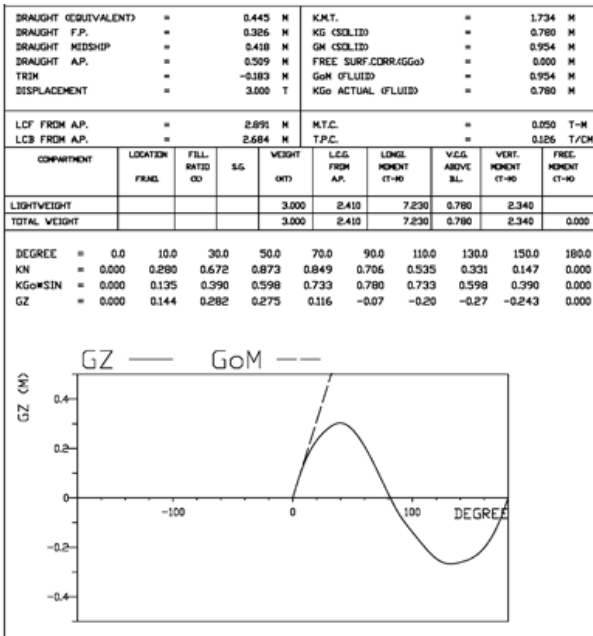


그림 4 Stability calculation results

### 4.2 저항성능

각 선형의 저항성능을 수조 예인시험으로 추정하였다. 1/6.5 축소 모형으로 정수 중 저항 및 항주 자세를 계측하였다. 개념 1,2,3안의 정수 중 실선 45노트에 대응하는 예인속도 9.08m/s 에서의 항주 자세는 그림 5와 같다 (Kim et al., 2013a). 개념1안부터 시험선형까지 총 5가지 선형의 실선 속도에 따른 저항 무차원 값은 그림 6과 같다 (김동진 외, 2014a). 각 속도 영역에서 선형들의 저항성능을 비교할 수 있으며, 침수면적을 고려하여 실선 소오마력 추정이 가능하다.

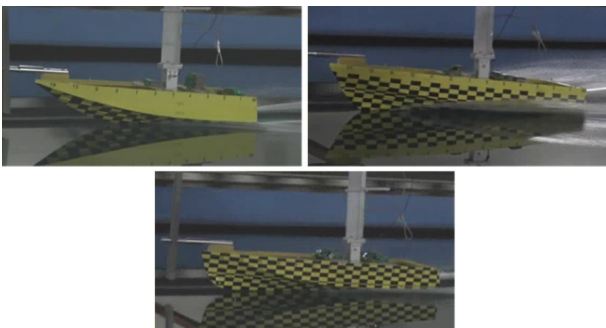


그림 5 Running attitudes of model ships (concept1(upper left), 2(upper right) and 3(lower))

한편 선체유동의 이해를 통한 선형 개선 방향을 찾기 위해

전산유체계산으로 대상 선형들의 정수 중 무인선 주위의 국부 압력과 유동 분포 등을 추정하였는데 그림 7은 기본선형의 속도별 자유수면 형상과 선수부 압력 계산 결과이다.

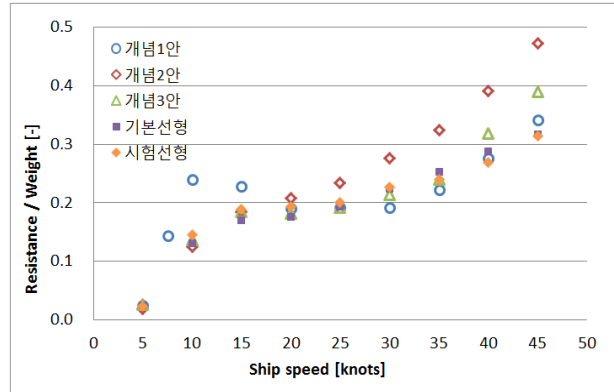


그림 6 Resistance test results of model ships

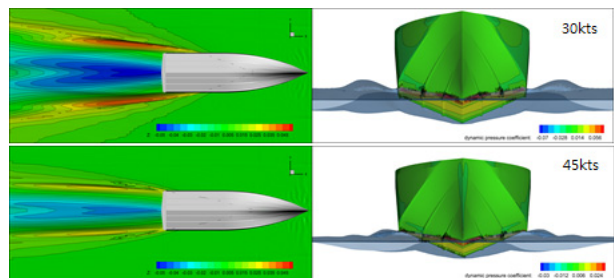


그림 7 Free-surface profiles and pressure contours around a basis ship by CFD

### 4.3 파 중 운동성능

수조 모형시험을 통하여 각 설계선형의 규칙파 중 연직면 운동 특성을 확인하였다. 개념1안부터 기본선형까지 4가지 선형의 상하동요와 종동요 무차원 값을 규칙파 파장에 따라 도시하면 그림 7과 같다 (Kim et al., 2013b / 김동진 외, 2014a). 본 시험 당시 작은 모형선에 비해 예인 장비의 무게가 모형선 동적 거동에 영향을 줄 정도로 컸기 때문에, 본 결과는 정성적인 운동 성능 비교에 사용하였다.

### 4.4 조종성 및 동적안정성

모형시험을 통해 개발한 최종 선형에 대해 실선을 건조하여 실해역 시험을 통해 조종성과 동적안정성을 확인하였다 (손남선 외, 2013). 조종 시험의 수행 예는 그림 8과 같다.

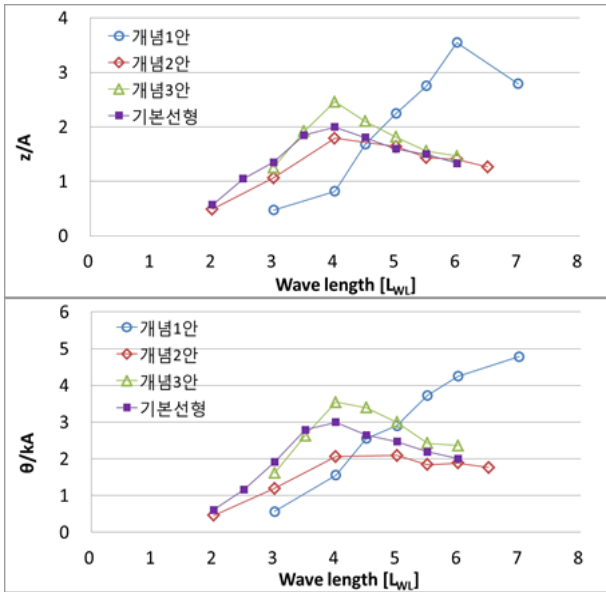


그림 8 Non-dimensionalized heave(upper) and pitch(lower) motion amplitudes of model ships



그림 9 Turning tests of a full-scale test ship

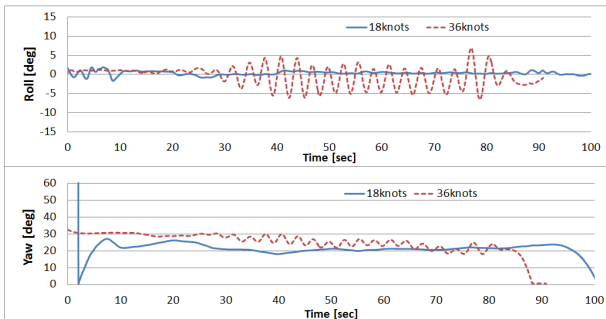


그림 10 Transverse dynamic instability at high speed

시험선형의 고속에서 동적안정성 분석 결과 예는 그림 9와 같다. 35노트 이상의 고속 항주 시 주기적인 횡동요가 발생하

면서 침로불안정 현상이 발생하기도 한다(김동진 외, 2014b). 횡안정성을 확보하기 위해 이후의 개선선형 설계 과정에서 선폭이 증가하였고, 선속 부가물이 추가되었다.

#### 4.5 선미부가물에 의한 추가 성능 개선

트림탭, 인터셉터 등의 선미부가물을 추가하여 나선의 정수 중 중저속에서 항주 트림을 안정화하고, 파랑 중 연직면 운동 감소 등을 도모하였다. 그림 10은 시험선형 실선과 모형선의 트림탭 각도별 항주트림을 비교한 그래프 예이다(김동진 외, 2014b). 트림탭의 각도를 제어하여 특히 중저속에서의 항주트림의 변화를 구속모형시험으로 확인하였으며, 유사한 효과를 실선 시험에서 확인하였다.

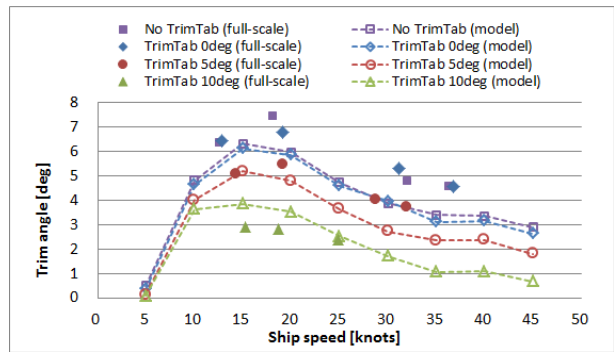


그림 11 Running trims of full-scale & model test ship

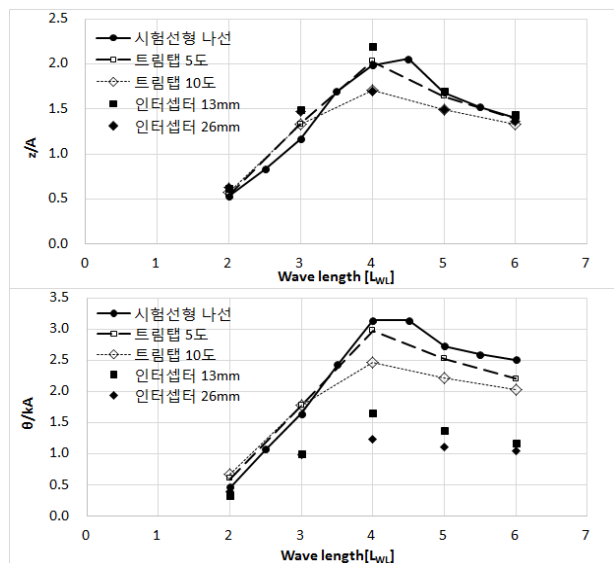


그림 12 Effect of stern appendage on the vertical motion amplitudes of a model test ship

그림 11은 시험선형 모형선에 다양한 제원의 트림탭과 인터셉터를 부착한 경우 실선 20노트에 대응하는 속도에서 규칙파 중 연직면 운동의 감소 효과를 나타내는 그래프이다. 적절한 제원의 선미부기물을 실선에 장착할 경우 내항성능의 추가 개선을 기대할 수 있다.

## 5. 결론

본 연구에서는 다목적 지능형 무인선의 플랫폼 설계 개념과 절차, 그리고 모형선/실선 시험 및 전산유체계산 등을 통한 선형의 유체역학적 성능 분석에 대해 정리하였다. 구체적으로 요약하면 다음과 같다.

- 저항성능과 내항성능이 모두 우수한 무인선 플랫폼을 개발하기 위해 여러 가지 단동 활주선형이 설계되었다.
- 수조 모형시험을 통해 각 선형의 저항성능과 내항성능을 정성적으로 비교하고, 부가물의 효과를 예측하였다.
- 전산유체계산을 이용하여 정수 중에서의 대상 선체 주위의 국부 압력 및 유동 분포 등을 파악하였다.
- 실선 시험을 통해 설계 선형의 조종성 및 동적안정성 등을 추가로 판별하고, 그 개선 방향을 설계에 반영하였다.

## 후 기

본 연구는 해양수산부의 연구사업으로 한국해양과학기술원 부설 선박해양플랜트연구소에서 수행한 '다목적 지능형 무인선 국산화 개발(3) (PMS2710)' 과제의 성과 중 일부입니다.

## 참 고 문 헌

Kim, D.J., Kim, S.Y., You, Y.J., Rhee, K.P., Kim, S.H. and Kim, Y.G., 2013a. Design of high-speed planing hulls for the improvement of resistance and seakeeping performance, International Journal of Naval Architecture and Ocean Engineering, Vol. 5, No. 1, pp. 161-177.

Kim, D.J., Kim, S.Y., Kim, S.H., Seo, J.H. and Rhee, S.H., 2013b. Development of high-speed planing hull forms with consideration of resistance and seakeeping performance, 18th International Conference on High Performance Marine Vessels.

Savitsky, D., 1964. Hydrodynamic Design of Planing Hull, Marine Technology, Vol. 1, No. 1, pp. 71-96.

김동진, 김선영, 김성환, 서정화, 이신형, 2014a. 고속 활주선의 선형에 따른 저항 성능 및 규칙파 중 운동 성능 고찰, 대한조선학회논문집, 제 51권, 제 3호.

김동진, 손남선, 김선영, 이경중, 2014b. 워터젯 추진 활주선의 항주자세 변화에 따른 침로 및 횡방향 안정성 연구, 선박해양기술, 제 54호.

손남선, 김동진, 김선영, 2013. 무인선 실선 시험선 건조 및 자유항주 조종성능 평가, 2013년도 한국해양과학기술협의회 공동학술대회 논문집.



김 동 진

■ 1982년생  
 ■ 2012년 서울대학교 공학박사  
 ■ 현 재 : 선박해양플랜트연구소 연수연구원  
 ■ 관심분야 : 고속선, 선박 조종/내항  
 ■ 연 락 처 : \*\*\*-\*\*\*\*-\*\*\*\*  
 ■ E - mail : djkim@kriso.re.kr



김 선 영

■ 1960년생  
 ■ 1993년 히로시마대학교 선박해양공학과 박사  
 ■ 현 재 : 선박해양플랜트연구소 책임연구원  
 ■ 관심분야 : 무인선, 해양안전, e-navigation  
 ■ 연 락 처 : \*\*\*-\*\*\*\*-\*\*\*\*  
 ■ E - mail : sykim@kriso.re.kr



김 성 환

■ 1954년생  
 ■ 1997년 부산대학교 공학박사  
 ■ 현 재 : (주)극동선박설계  
 ■ 관심분야 : 선형개발 및 선박성능추정  
 ■ 연 락 처 : \*\*\*-\*\*\*\*-\*\*\*\*  
 ■ E - mail : shkim@shiptech.co.kr