

소형 선박용 알루미늄 압출 구조부재 제작 기법 연구

† 조제형 * · 심상목 * · 김현우 * · 신일식 * · 양범석 **

*중소조선연구원, **다유에이엔아이

요약 : 최근 소형선박의 선체 재료로써 기존의 FRP선이 갖는 환경문제와 자원의 재활용 및 선체중량경감의 측면에서 소형선박을 중심으로 알루미늄선으로의 전환이 이루어져 왔지만, 알루미늄에 대한 용접 기능공 및 기술이 부족하여 건조 공정에 많은 시간과 비용이 소요되어 중소조선소에서 알루미늄선체 건조에 많은 애로 점을 가지고 있다.

이에, 본 연구를 통해 알루미늄선체의 구조부재 제작시 용접에 의한 공정을 압출성형 기법으로 대체하고 알루미늄선체의 용접에 소요되는 높은 인건비와 시간을 절약하여 원가 절감의 효과를 도모하며, 또한, 알루미늄선박 일체형 구조부재의 경량화 기법과 한국선급의 알루미늄선체 강도 기준을 적용하여 표준화된 구조부재의 압출성형 기법을 정립하고자 한다.

핵심용어 : 충돌위험도, 최근접거리, 접근시간, 문턱값, 피항구역, 위험구역

연구의 필요성

- ◇ FRP선의 폐선 환경문제, 선체중량 경감 측면
 - ⇒ 소형선박을 중심으로 알루미늄선 전환 추세,
 - ⇒ 알루미늄 상부구조물 수요 증대
- ◇ 알루미늄 용접 기능공 및 기술 부족한 실정
 - ⇒ 건조공정에 많은 시간과 비용 소요
 - ⇒ 중소조선소 알루미늄선체 건조에 많은 애로 발생
- ◇ 알루미늄선체 구조부재 제작시 용접 공정을 압출성형 기법 대체
 - ⇒ 용접 소요 고 인건비 및 시간 절약으로 원가 절감 효과
 - ⇒ 용접시공절감으로 변형감소 및 작업 편리, 생산성 향상 기대
 - ⇒ 경량화에 의한 선체 중량 감소 기대

중소조선연구원

개발 대상 기술 개요

- ◇ SI 선박의 갑판, 현측, 조타실 등 용접공정 최소와 외판 구조부재 설계
- ◇ SI 압출 성형 장점 활용 선박용 판과 보강재의 일체형 구조부재 금형개발
 - ⇒ 용접공수 절감
 - ⇒ 용접변형량 감소
 - ⇒ 선체 경량화 도모
 - ⇒ 건조 작업용이

중소조선연구원

알루미늄선박 관련 자료 수집 및 구조부재 특성 분석

■ FRP선 대비 알루미늄선 장단점

구 분	FRP선	알루미늄선
장 점	- 다양한 선형 건조 가능 - 낮은 작업속도로도 작업 가능 - 대량 양산체제 가능	- 경량, 고속성능 우수 - 자원 재활용 선박운용비 경감 - 우수한 내구성, 내식성, 유지보수비 경감
단 점	- 폐선처리에 애로 - 열악한 작업환경으로 기피 현상 증가 - 화재 취약 - 박리 등에 유지보수 애로	- 선형 한계 (자인선형) - FRP선 대비 초기선가 고가 - 용접시공 등 전문 기술 요구 - 재료 및 장비 수입의존

중소조선연구원

일체형 압출 구조부재와 조립형 구조부재 비교

구 분	일체형 압출 구조부재	판 보강재 조립형 구조부재
형 상		
용접공수	없음	4공
중량 (동일 단면계수)	낮음(10~20%)	높음
용접변형	없음	뒤틀림변형 발생
판대가격	약7,000천원/톤	약6,500천원/톤
합금종류	A6082	A5083
구 입 처	국 내	국 외

중소조선연구원

† 교신저자 : 조제형 jhcho@rims.re.kr

일체형 압출 구조부재 설계

■ 선체 길이와 휨보강재 간격에 따른 실선 판두께

b	k	L	K	S	Sr	판두께	실선 판두께	
4	0.03	5	0.916 =240/26	0.20	0.21	3.78	4.00	
				0.25		4.73	5.00	
				0.30		5.67	6.00	
				0.20		0.22	3.74	4.00
				0.25			4.68	5.00
				0.30			5.61	6.00
		10	0.23	0.20	0.23	3.70	4.00	
				0.25		4.63	5.00	
				0.30		5.56	6.00	
				0.20		0.24	3.67	4.00
				0.25			4.59	5.00
				0.30			5.50	6.00
15	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	4.55	5.00	
				0.30		5.46	6.00	
				0.35		6.36	7.00	
				0.25		0.26	4.51	5.00
				0.30			5.41	6.00
				0.35			6.31	7.00

$$t = (l_0 + kL)\sqrt{K} \frac{S}{S_r} \quad (mm)$$

RIMS 중소조선연구원

일체형 압출 구조부재 설계

■ 판두께와 휨보강재 간격 및 보강재 크기에 따른 단면계수 계산

RIMS 중소조선연구원

일체형 압출 구조부재 설계

■ 일체형 구조부재 계산에 적용될 판두께와 보강재

판두께	4mm	5mm	6mm	7mm
휨보강재 간격	0.20-0.25	0.25-0.30	0.25-0.30	0.30-0.35
보강재	50×50×5A	50×50×5A	50×50×6A	50×50×7A
		50×50×6A	50×50×7A	50×50×8A
		75×75×5A	75×75×6A	75×75×7A

RIMS 중소조선연구원

일체형 압출 구조부재 설계

■ 일체형 구조부재 계산에 적용될 판두께와 보강재 크기에 따른 단면계수

판두께	휨보강재 간격	보강재	단면계수	
			Zx	Zy
4	0.20	50×50×5A	33.45	14.12
	0.25	50×50×5A	40.38	14.31
5	0.20	50×50×5A	39.46	14.51
		50×50×6A	48.21	16.89
		75×75×5A	86.87	32.86
	0.25	50×50×5A	47.38	14.88
		50×50×6A	48.35	16.91
		75×75×5A	80.68	33.32
6	0.30	50×50×5A	54.88	14.79
		50×50×6A	56.12	17.07
		75×75×5A	94.28	33.64
	0.25	50×50×6A	54.73	17.33
		50×50×7A	55.72	19.44
		75×75×6A	94.53	38.46
7	0.30	50×50×6A	63.16	17.48
		50×50×7A	64.43	19.63
		75×75×6A	110.38	39.86
	0.35	50×50×6A	71.08	17.58
		50×50×7A	72.08	19.78
		75×75×6A	125.67	40.18
7	0.30	50×50×7A	70.88	20.09
		50×50×8A	72.08	22.12
		75×75×7A	125.75	45.97
	0.35	50×50×7A	78.43	20.23
		50×50×8A	81.04	22.30
		75×75×7A	142.67	46.34
0.40	50×50×7A	87.51	20.34	
	50×50×8A	89.48	22.44	
		75×75×7A	159.41	48.62

RIMS 중소조선연구원

일체형 압출 구조부재 설계

■ 유사한 단면계수의 조립형 구조부재와 일체형 구조부재의 단위중량 비교

판두께	휨보강재 간격	보강재	단위 중량 (kg/m)	일체형 압출 구조부재				단위중량 (kg/m)		
				a,1	L,1	L,2	L,3			
4	0.25	50×50×5A	3.88	200	4	65	4	20	15	3.67
5	0.20	50×50×5A	3.98							
5	0.20	50×50×6A	4.22							
5	0.25	50×50×5A	4.66	250	4	80	4	20	15	4.15
5	0.25	50×50×6A	4.80							
6	0.25	50×50×6A	5.57							
6	0.25	50×50×7A	5.88	250	5	80	5	20	15	4.90
6	0.30	50×50×6A	5.57							
6	0.30	50×50×7A	6.28							
6	0.30	50×50×7A	6.82	250	5	95	5	20	15	5.06

판두께	휨보강재 간격	보강재	단위중량 (kg/m)	300	5	65	5	20	15	5.74
7	0.30	50×50×7A	7.82							
7	0.35	50×50×6A	7.19							
7	0.30	50×50×6A	7.88							
7	0.35	50×50×7A	7.43							
7	0.35	50×50×7A	8.37	300	6	65	6	20	15	6.72
7	0.35	50×50×8A	8.80							
7	0.40	50×50×7A	9.32							
7	0.40	50×50×8A	9.55	300	6	70	6	20	15	6.80
7	0.40	50×50×8A	9.55							
7	0.40	75×75×5A	8.00							
7	0.25	75×75×6A	6.38	250	5	80	5	25	20	5.94
7	0.30	75×75×6A	7.19							
7	0.35	75×75×6A	8.00	300	6	90	6	25	20	7.66
7	0.30	75×75×7A	8.37							
7	0.35	75×75×7A	9.32							
7	0.40	75×75×7A	10.28	250	6	100	6	25	20	8.84

RIMS 중소조선연구원

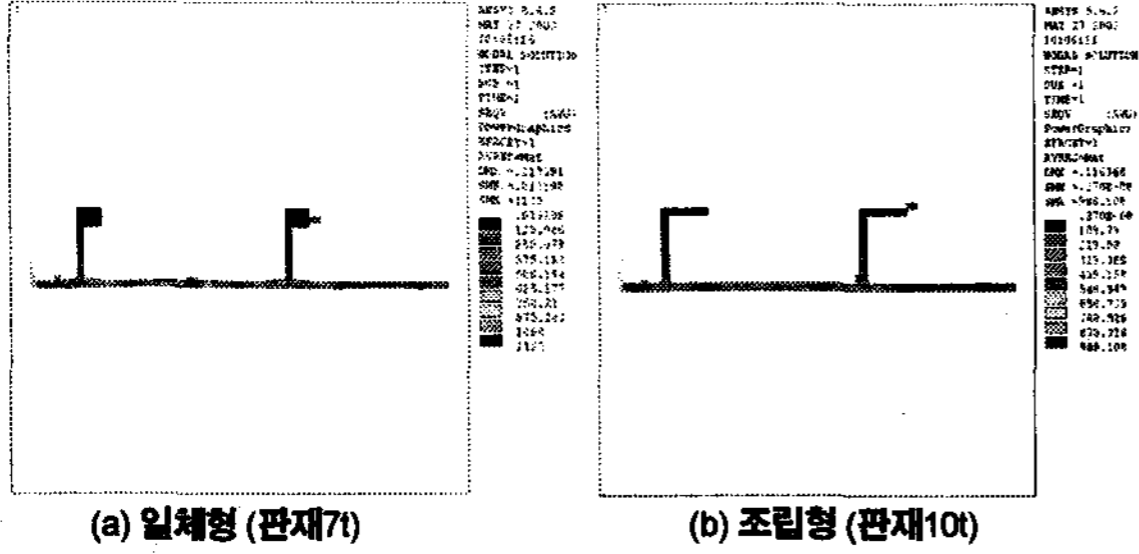
일체형 압출 구조부재 설계

■ 조립형 구조부재와 일체형 구조부재의 단면계수에 대한 단위중량

RIMS 중소조선연구원

일체형 압출 구조부재 설계

■ 일체형 및 조립형 부재의 구조해석 결과



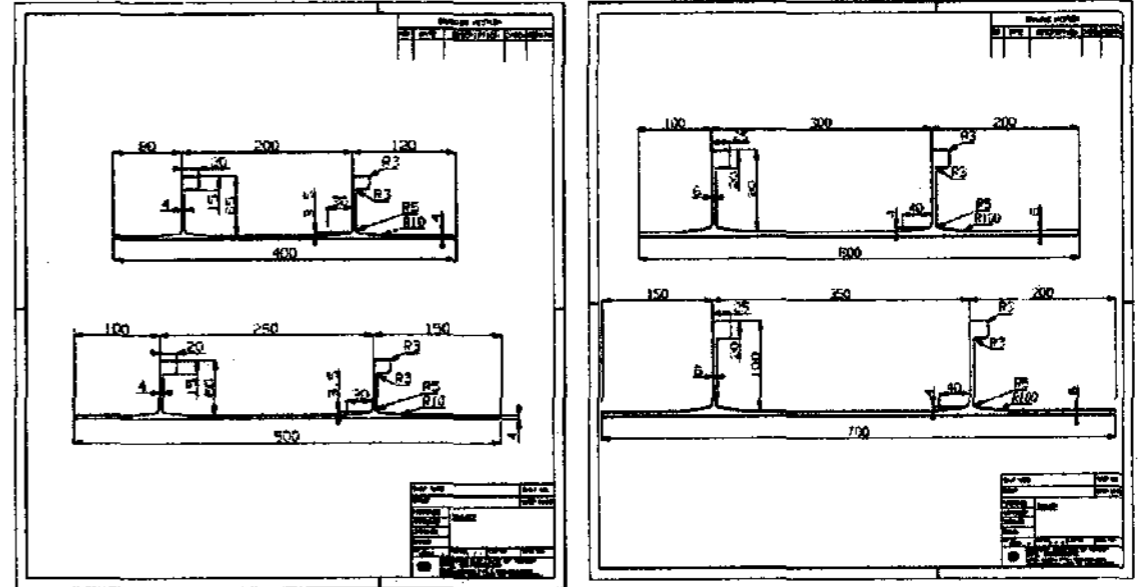
(a) 일체형 (판재7t)

(b) 조립형 (판재10t)

RIMS 중소조선연구원

일체형 압출 구조부재 설계

■ 판 보강재 일체형 압출구조부재의 표준영상 도면



RIMS 중소조선연구원

일체형 구조부재 압출 금형제작

■ 알루미늄선 일체형 압출구조부재의 압출금형



<압출 금형의 Row guide>

<압출 금형의 Backer>

<압출 금형 1set의 측면 모습>

RIMS 중소조선연구원

알루미늄선 일체형 압출 구조부재 제작

■ 판 보강재 일체형 압출구조부재의 압출방법 및 조건

- 압출기 종류 : 복동식 압출기
- 압출기 용량 : 3.620ton
- 압출 조건:

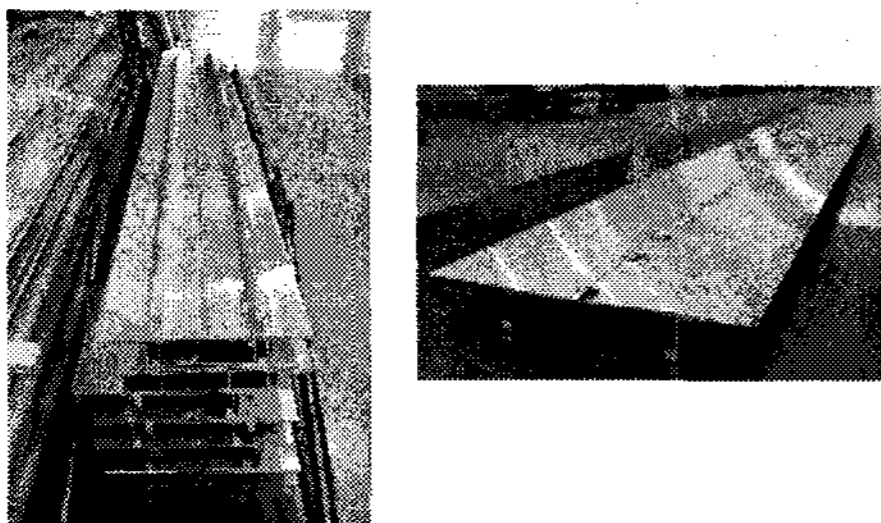
압출비	압출온도	압출속도	압출압력
42	480~500℃	20m/min	240bar(236.86atm)

- 압출 방법 : 압출 직후 수냉, 용체화 처리 실시안함, 스트레칭 실시
시효경화 처리 (1.5℃/min 속도, 170℃까지 승온, 12시간 유지)

RIMS 중소조선연구원

알루미늄선 일체형 압출 구조부재 제작

■ 알루미늄선 일체형 구조부재의 압출 시제품



RIMS 중소조선연구원

연구 결과

1. 최근 알루미늄선박 건조 실적은 증가하고 있으나 알루미늄 판재 가격 및 건조 원가가 높아 알루미늄선박 건조의 애로요인이 되고 있음.
2. 알루미늄선 압출 구조부재에 적용 가능 합금소재 검토, 구조부재 계산 및 경제성 평가 수행 등의 알루미늄선 일체형 구조 부재 요소기술 분석을 통해 알루미늄선에 일체형 압출 구조부재의 적용 가능함을 확인하였음.
3. 알루미늄선 일체형 구조부재 설계도서 10종을 작성하고 압출 금형 설계도서 작성을 통해 소형 알루미늄선 일체형 구조부재의 표준 규격화하였음.
4. 알루미늄선 구조부재 압출성형 기법 연구를 통해 알루미늄 압출 방식을 검토 하여 알루미늄선 구조부재의 최적 압출 조건 및 열처리 조건 등을 선정하였음.
5. 금형 및 일체형 압출구조부재 시험 제작을 통해 알루미늄선 일체형 압출구조 부재의 생산기법을 정립하였으며, 인장강도, 경도 등의 성능시험을 통해 기계적 특성을 만족함을 알 수 있었음.

RIMS 중소조선연구원