



초고속 대형선의 선각 재료 및 구조에 관한 고찰

백 점 기 <부산대학교 교수>, 이 용 옥 <(주)세모>

1. 서 언

산업 발전에 따른 경제 규모의 확대와 소득 향상으로 여객과 화물의 운송에 있어 시간가치가 높아지고 있다. 이러한 경향은 국내 연안여객 및 연안화물 뿐만 아니라 국제 수송에도 마찬가지로 1995년부터 WTO체제의 출범으로 무역환경이 변화, 국가간 물동량의 증가는 물론 신속한 수송수단이 요구되고 있다. 이러한 수송수단의 대형화와 고속화를 동시에 만족시키기 위해서는 초고속 대형선의 개발이 필연적으로 요구된다.

우리나라의 초고속선 개발 현황을 보면 1990년 부산 거제간 노선에 노르웨이에서 건조된 36미터급 초고속 표면효과선을 도입한 이래 (주)세모, 현대중공업, 삼성중공업, 대우중공업에서 40미터급 이하의 초고속선을 경쟁적으로 건조하여 국내 연안항로에 투입하고 있다. 그러나, 국내에서 개발된 초고속선은 40미터 이하의 소형 연안여객선의 범주를 벗어나지 못하고 있다. 중장기적으로 볼 때 수송 효율을 고려하면 초고속 대형선의 개발이 필수적이며, 이 분야의 선두주자는 일본이다. 일본은 50노트, 재화중량 1,000톤급 초고속 화물선을 개발할 목표로 1989년부터 TSL(Techno Superliner) 연구개발 사업을 수행해 오고 있다.

그러나, 초고속 대형선을 개발하기 위해서는 첨단 선형 연구, 경량 재료 및 구조의 적용, 대형 고효율 추진시스템의 구성 및 효과적인 자세제어 시스템의 개발 등을 포함하는 각종 핵심기술을 확보해야 한다 [1]. 본 고찰에서는 이러한 핵심기술분야중 하나인 초고속 대형선의 선각 재료 및 구조에 대해서만 고찰한다.

초고속 대형선의 선각 재료로서 강병윤 등[2]은 정

성적고찰에 의하여 알루미늄합금이 가장 우수하다고 발표한 바 있다. 본 고찰에서는 초고속 대형선의 선각 재료의 선정에 보다 합리적으로 수행하기 위해 정량적 분석방법을 사용한다.

초고속 대형선의 선체구조 방식으로서 알루미늄 샌드위치구조를 알루미늄 단판구조와 비교해 볼 때 일정 크기의 평판에 있어 동일한 강성을 얻는데 필요한 재료의 중량에 있어서 샌드위치 구조가 4배이상 경량화할 수 있음이 입증된 바 있다[3]. 그러나, 이제까지 선각 구조로서 샌드위치구조는 주로 복합재에 한정되어 적용되어 왔으며, 초고속선의 선각 구조로는 적용된 적이 없었으나 최근들어 일본에서는 TSL 사업의 하나로 양력식 복합지지 선형(TSL-F)의 상부구조에 알루미늄 샌드위치 구조방식을 채용한 바 있으며[4], 또한 13미터급 해양조사선의 선체 전체를 알루미늄 샌드위치구조로 건조하였다[5].

이상의 고찰을 통해 볼 때, 초고속 대형선의 선각 재료로서 가장 유망한 재료로 제시된 알루미늄 합금을 구조적으로 탁월한 강도와 강성을 갖는 샌드위치 구조로 접목시키면 초고속 대형선의 핵심요건인 구조경량화를 충분히 달성할 수 있다고 생각된다. 그러나, 이 부문에 대한 연구성과는 거의 이루어져 있지 않은 실정이다.

따라서, 본 고찰에서는 초고속 대형선의 선각 재료 및 구조 방식으로서 전망이 밝은 알루미늄 샌드위치 구조의 특성에 관해 고찰하며, 이 구조 방식 중에서 특히 알루미늄하니콤판(Aluminum Honeycomb Plate)의 특징과 유용성 및 이 판의 조립방식에 대하여 검토하고자 한다.

2. 초고속 대형선의 선각 재료

2.1 선각 재료의 요건

초고속선용 선각 재료가 가져야할 첫번째 요건은 단위비중당 강도 및 강성이 커야 한다는 점이다. 이 값이 크다는 것은 연료소모량의 감소, 속도증가, 조종성능향상 및 흡수감소 등의 경제적 잇점을 주는 것을 의미하며, 나아가서 초고속선의 속도성능과 적재하중의 확보문제는 구조경량화와 직결되는 문제이기 때문이다.

물론 이밖에 내충격성, 내화성, 내해수성 등과 같은 기계적, 화학적 특성이 우수하여야 하며, 재료의 시장성, 공작성, 건조비 또는 유지비 등의 경제성 및 설계적용성이 우수하여야 한다. 뿐만아니라 조립 및 이음방식, 다른 재료와의 공작성, 재료에 따른 기능공의 기량, 검사방법 및 절차와 품질관리측면 등을 종합적으로 평가할 필요가 있다.

따라서, 본 고찰에서는 유망 선각 재료인 알루미늄합금, 복합재료 및 강에 대해 건조비, 기계적/물리적 특성에 관한 정량적 조사를 수행하고 이를 바탕으로 각 재료에 대한 각종 요건의 충족도를 점수화하여 종합적으로 분석함으로써 최적의 선각 재료를 제시한다.

2.2 선각 재료 선정

초고속선의 선각 재료의 선정에 관한 고찰은 대부분 각 재료별 장단점 분석에 의한 정성적 고찰에 주로 의존해 왔으며, 이 방식에 따라 강병윤 등[2]은 초고속 대형선의 선각 유망재료로서 알루미늄합금을 제시한 바가 있다. 한편 Koelbel[6], Silvia[7] 및 Kristiansen[8]은 정량적 평가방법을 사용함으로써 좀 더 합리적이고 객관적으로 적합한 선각 재료를 선정코자 하였다. 그러나 이들의 평가에서는 평가방법은 합리적이거나 그 평가시점이 1970년대 초반이었기 때문에 현재의 상황과는 상당히 달라져 있어 그 결과를 그대로 받아들이기에는 다소 문제가 있다. 따라서, 본 고찰에서도 후자의 경우인 정량적 평가방법을 사용하되 최근의 데이터를 기준하여 재료를 선정키로 한다.

먼저 유망 선각 재료인 알루미늄합금, 복합재료 및 강에 대해서 재료의 단위중량당 재료비, 인건비, 경비로 나누어 조사하고 이들에 대한 합계금액인 제조원가에 다시 소요중량 지표를 곱함으로써 건조비를 비교하였다. 이에 대한 결과는 Table 1에 나타나 있으며 여기서 사용한 데이터의 조사시점은 1994년이다.

Table 1의 결과를 보면 강, 알루미늄합금, 복합재

Table 1 Shipbuilding materials cost comparison

	Aluminium 5083	Composite Mat/WR	Steel
1. Material cost, W/kg	4,800	3,700	450
2. Productivity, hr/kg	0.16	0.29	0.08
3. Wages, W/hr	6,500	4,900	6,100
4. Labor cost, W/kg ^a	1,040	1,421	488
5. Direct cost, W ^b	5,840	5,121	938
6. Overhead, %	90	100	80
7. Overhead cost, W/kg ^c	5,198	5,121	750
8. Total cost, W/kg ^d	11,038	10,242	1,688
9. Material cost index	100	93	15
10. Structural weight index	49	55	100
11. Structural cost index ^e	96	100	29

^a Productivity(2) multiplied by wages(3)

^b Material cost(1) plus direct cost(4)

^c Direct cost(5) multiplied by overhead %(6)

^d Direct cost(5) plus overhead cost(7)

^e Material cost index(9) multiplied by relative structural weight index to al.

Table 2 Physical and mechanical properties of ship building materials

	Aluminium ^a 5083	Composite ^b Mat/WR	Steel
1. Density, g/cm ³	2.66	1.70	7.85
2. Flexural ultimate, kg/mm ²	31	35	42
3. Modulus of elasticity	7,200	1,700	21,000
4. Tensile yield, kg/mm ²	22/15	-	21
5. Tensile ultimate, kg/mm ²	31/28	20	42
6. Compression, kg/mm ²	18	13	42
7. Shear ultimate, kg/mm ²	19	8	35
8. Specific Strength(σ_{UT}/ρ)	12	11	5
9. Specific Modulus(E/ρ)	2,700	1,000	2,675

^a Basic value/within one inch of a weld

^b WR=814 gram per square meter woven roving.

Verified properties by testing

료순으로 건조비 부담이 적음을 알 수 있으며, 강과 알루미늄합금간에는 건조비에 상당한 차이가 있지만 복합재료와 알루미늄간에는 거의 차이가 없다. 또한,

Table 3 Ranking of shipbuilding materials

	Weight Value	Aluminum 5083	Composite Mat/WR	Steel
1. Light weight	4	4*6	4*5	4*1
2. Strength				
-Survival minor impacts	1	5	6	3
-Survival major impacts	1	5	3	6
-Fatigue resistance	1	2	3	6
3. Chemical properties				
-Fire resistance	1	3	4	6
-Resist. to corrosion	1	5	6	1
4. Shipbuilding cost	1	4	4	6
5. Repair ease	1	2	3	6
6. Design risk	1	5	1	6
Total score		55	50	44

재료비 자체는 알루미늄합금이 가장 비싸지만 생산성 측면에서는 강이나 알루미늄이 더 우수하기 때문에 전체적으로는 직접비에서 알루미늄과 복합재료가 거의 비슷한 수준임을 알 수 있었다.

다음으로 각 재료의 기계적 물리적 특성을 비교하였으며, 그 결과는 Table 2와 같다.

Table 2의 결과로 부터 구조의 경량성을 판단할 수 있는 단위밀도당 강도나 단위밀도당 탄성계수에 있어서 알루미늄합금이 가장 우수함을 확인할 수 있다. 이상과 같은 세가지 유망 선각 재료에 대한 건조비와 강도측면의 비교자료를 바탕으로 Table 3과 같은 정량적 분석에 의한 선각 재료의 우수성을 평가할 수 있는 표를 작성하였다.

이 방법은 우선 경량성, 강도측면, 내화학적 특성, 경제성, 관리적 측면 및 설계적용성을 대분류 항목으로 설정하고 다시 대분류 항목에 따른 소항목들을 설정하여 가장 우수한 경우에 6점을, 최악의 경우에는

Table 4 Structural properties of principal aluminum alloys used in high speed craft

	Weight Factor	A1100-H12 data score	A5005-H34 data score	A5052-H34 data score	A5083H321 data score	A5086-H34 data score	A5086H116 data score	A6061-T6 data score
Strength/density ¹	4	3.69 13	6.02 21	9.02 31	11.65 40	11.65 40	10.53 36	11.1 38
Modulus of elas.	1	7,030 9	7,030 9	7,240 10	7,240 10	7,240 10	7,240 10	7,030 9
Resist. to seawater	1	excel. 10	good 7	excel. 10	excel. 10	excel. 10	excel. 10	good 7
Tensile strength	1	10 3	14 5	24 8	31 10	31 10	28 9	30 10
Yield strength	1	8 3	11 4	18 7	22 9	24 10	20 8	25 10
Shear strength	1	7 3	10 5	15 7	19 9	19 9	18 9	21 10
Elongation.%	1	8 7	5 4	6 5	12 10	6 5	8 7	10 9
Brinell hardness	1	28 3	41 4	68 7	82 9	82 9	75 8	95 10
Joint efficiency.%	1	79 8	92 9	79 8	94 10	89 9	98 10	62 6
Thermal conduc. ³	1	1,100 7	8xx 9	8xx 9	810 10	870 9	870 9	1,070 8
Total score		66	77	102	127	121	116	117

¹ This value is the ratio of min. tensile strength to density.

² The unit for strength is kg/mm².

³ The unit for thermal conductivity is Btu in/(hr ft² F)

⁴ Score is weight multiplied by relative point of 10. Relative point is calculated from the ratio to best one.

⁵ For resistance to seawater corrosion, the point for excellent is 10 and that for good is 7.

성계수, 항복응력, 인장강도 및 파단변형률을 구할 수 있었으며 그 결과는 Table 6에 나타내었다. 또한 선

체내부구조 및 상부구조에 많이 사용되고 있는 알루미늄합금 6082-T6에 대한 물성치도 같이 포함시켜 비교해 보았다.

인장시험 결과인 Table 6과 알루미늄 판재의 물성치 자료를 비교해 볼 때 잘 일치함을 확인할 수 있었다.

Table 6 Mechanical properties of aluminum alloy

	E (kg/mm ²)	$\sigma_{0.2}$ (kg/mm ²)	σ_{UT} (kg/mm ²)	R. strain %
5083-H321	7,240	21.8	31.6	17
6082-T6	7,030	22.6	28.0	15

따라서 알루미늄 샌드위치 구조의 표면재로 선정된 알루미늄합금 5083-H321은 예상대로 그 우수한 물성치를 인장시험을 통하여 확인할 수 있었다.

3. 초고속 대형선 선각 재료의 구조 방식

알루미늄 선각 재료의 구조 방식은 크게 두가지로 나눌 수 있다. 즉 단판 구조(Single Plate Construction)와 샌드위치 구조(Sandwich Construction)이다. 단판 구조는 중간에 심재가 없는 기존의 구조 방식을 말하며, 샌드위치 구조는 양 표면의 평판사이에 상대적으로 밀도가 낮은 심재(Core)를 끼운 방식으로 최근 고속선에 그 적용이 증가하는 추세에 있다.

이러한 샌드위치 구조의 우수성은 선형탄성샌드위치 구조이론(Linear Elastic Sandwich Theory)에 따르면 알루미늄 단판 구조에 비해 중량을 3%만 증가시켜 전체두께를 2배로 하면 상대강성(Relative Stiffness)은 7배로 되며 상대강도(Relative Strength)는 3.5배로 월등히 향상된다. 만일 중량을 6% 증가시켜 두께를 4배로하면 이러한 경향은 더욱 확대되어 강성은 37배 강도는 9.25배에 달한다.

실제 판부재에서의 적용 사례로서 알루미늄 샌드위치 구조를 단판 구조와 비교한 자료를 보면[5] 동일한 강성값을 얻는 데 필요한 중량비가 1.0:5.7로 그 구조적 우수성이 입증되었으나, 이제까지 선박분야에서의 샌드위치 구조는 주로 복합재(Composite Material)에 주로 한정되어 적용되어 왔으나 선체의

경량화와 대형화에 상당히 기여해 온 것도 사실이다. Kristiansen[8]은 고속선의 재료 선정에 관한 지침으로서 정량적 분석을 통해 복합재료의 일종인 FRP(Fiber Reinforced Plastic)가 알루미늄에 비해 선각 재료 요건을 종합적으로 고려할 때 그 우수성이 떨어지지만 재료 구조 방식으로 샌드위치 구조를 채택시에는 재료성능에 있어 알루미늄의 단판구조를 능가할 수 있다고 밝힌 바 있다.

따라서, 초고속 대형선의 선각 구조로서 알루미늄합금 재료를 이용한 샌드위치 구조를 채용하면 재료 자체의 우수성에 구조 방식상의 우수성이 시너지(Synergy) 효과를 발휘하여 구조경량화에 획기적인 기여를 할 것으로 기대된다. 이에 대한 실제 적용사례로 일본에서는 13미터급 해양조사선의 선각 재료로서 알루미늄 샌드위치 구조를 채택하였으며, 그 결과 알루미늄 단판 구조로 건조할 때와 비교하여 약 20%의 중량경감을 시킬 수 있었고 그 경향은 대형화될 수록 커질 수 있다고 지적하였다[5].

본 고찰에서도 초고속 대형선용 선각 재료 및 재료 구조 방식으로서 알루미늄 샌드위치 구조 방식에 대해 검토하고자 하며, 특히 대표적인 알루미늄 샌드위치 구조방식의 하나인 하니콤판에 대해 고찰한다.

4. 알루미늄 하니콤판의 유용성

4.1 알루미늄 하니콤판의 구조

알루미늄 하니콤판(이하 AHP)의 구조 형식은 Fig.3에 나타나는 바와 같이 저밀도의 심재인 하니콤 코어와 얇고 강한 고밀도의 면재인 알루미늄 합금이 접착된 복합 구조의 한 형태로서 두 개의 면재가 중립축으로부터 멀리 떨어져 됨으로써 단면 2차 모멘트가 크게 되어 구조의 강성을 증가시킬 수 있는 효과적인 경량화를 위한 구조 형식이다.

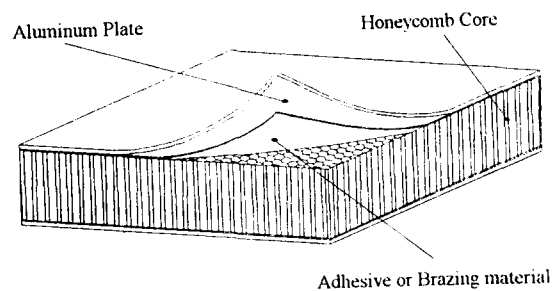


Fig.3 Configuration of an al honeycomb plate

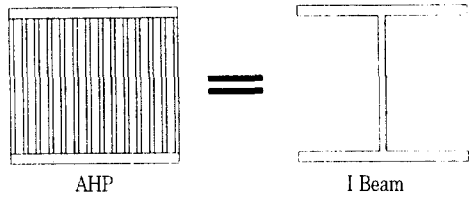


Fig.4 Equivalent I beam for an AHP

여기서 이 판에 사용되는 면재는 알루미늄 평판의 재질로서 앞 절에서 알루미늄합금 5083-H321을 선정 한 바 있으며 심재에 대해서는 다음 절에서 고찰하기로 한다.

구조적으로 AHP는 I빔과 유사하여 양 알루미늄평판은 인장과 압축시 I빔의 플랜지와 같이 굽힘하중에 견디는 역할을 하며, 하니콤 코어는 I빔의 웹과 같이 전단하중을 수용하는 동시에 양 평판의 기하학적 형상을 유지시키려는 역할을 한다(Fig.4 참조).

4.2 하니콤 코어

하니콤 코어는 단면이 육각형 벌집모양이기 때문에 영문으로 벌집을 뜻하는 Honeycomb이라 명명되었으며 주로 전개방식(Expansion Process)에 의해 제조되고 있다.

Fig.5는 전개방식에 의한 하니콤 코어의 제조공정을 보여준다. 알루미늄박(Aluminum Sheet)위에 적당한 간격으로 특수 접착제를 붙이고 이 접착제가 붙어있는 알루미늄박을 필요한 층만큼 쌓은 후 접착

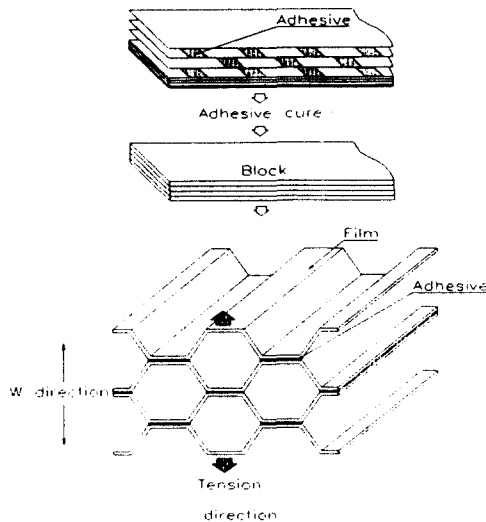


Fig.5 Process for manufacturing AL honeycomb core

제를 경화시켜 형성된 블럭을 원하는 폭으로 절단하여 접착제가 붙은 면에 수직인 방향으로 인장력을 가하여 전개시키면 하니콤 코어가 완성된다.

이같이 제조된 하니콤 코어의 압축 및 전단강도와 강성은 코어의 재질 및 비중에 의해서 크게 좌우되며, 여기서 코어의 비중은 코어의 재질, 두께(Foil Thickness), 셀의 크기가 정해지면 결정된다[10]. 이러한 코어의 재질로서 알루미늄 5052, 3003, 비금속 Fibrous aramid sheet, 종이 등이 사용되고 있으며 이러한 재질중에서 강도 및 원가 등을 고려한 결과 알루미늄합금3003이 초고속 대형선의 심재로서 가장 적합한 것으로 분석하였다[11].

4.3 하니콤 구조의 적용 사례

지난 10년동안 하니콤 구조는 프랑스의 고속전철인 TGV의 Double Deck Car와 같은 철도 차량에의 적용이 급증하고 있는데 이는 주로 구조의 경량화가 주원인이며 이밖에도 내화구조(Fire-Retardant Structures), 피로저항성 및 우수한에너지 흡수력 등이 원인이다[12].

또한 항공 우주분야에서의 하니콤 구조의 적용 사례는 구조 부재에서 부품에 이르기 까지 아주 다양하다.

육상 교통수단에서는 하니콤 구조의 충격에 대한 탁월한 에너지 흡수 능력때문에 특히 자동차의 범퍼에 적용되고 있다[13].

건축부문에서도 각종 내장재, 칸막이, 천정, 바닥 등 경량 고강도를 요하는 곳에 그 사용빈도가 늘고 있다.

이 알루미늄 하니콤 구조를 초고속선의 선각에 적용할 수 있는 기술적 기반을 마련한다면 초고속선의 대형화와 경량화 문제를 동시에 해결할 수 있으리라 기대된다.

5. 알루미늄 하니콤판의 조립 방식

5.1 면재와 심재간의 조립

면재인 알루미늄 합금과 심재인 하니콤 코어를 조립하는 방식은 접착제를 사용하는 방식과 브레이징(Brazing)방식[납접]이 있다. 그러나, 제조원가의 측면이나 대량생산의 측면에서 하니콤 구조를 생산하는 대부분의 업체가 전자의 방식을 이용하고 있다.

5.2 알루미늄 하니콤판(AHP)간의 조립

AHP간의 기존의 조립방식에는 연결용조인트와

접착제를 사용하는 방식과 MIG(Metal Inert Gas) 또는 TIG(Tungsten Inert Gas) 용접에 의한 방식이 있다. 또한, 저자는 제안한 리벳 이음방식을 제안한 바 있다.

연결조인트를 사용하는 방식은 연결 방식이 복잡할 뿐 아니라 대형선박의 복합하중을 견디기에는 구조적으로 어려움이 있다.

용접 방식은 용접시 발생한 고열에 의해 상대적으로 용점이 낮은(섭씨 200~600도) 면재와 심재의 접합부가 이완되고 연결강도가 저하되는 결점있어 이를 보완하기 위하여 각종 채널(Channel)을 연결부에 삽입하여 용접하고 있으나 이 방식 역시 근본적인 대책은 될 수 없으며 기존 알루미늄선에 비해 생산성이 현격하게 저하될 수 밖에 없다.

따라서, 본 고찰에서는 이러한 문제점을 해결하기 위하여 Fig.6과 같이 AHP사이에 I형재를 끼우고 조립한 후 면재와 I형재의 플랜지면사이를 리벳이음하는 조립 방식을 제안한다. 이 때 연결부위 내외의 기밀을 유지하기 위하여 기밀유지용 접착제를 칠한 뒤



Fig.6 Typical configuration for rivet joined AHP

연결한다.

이 조립 방식은 AHP조립시 열을 가하지 않고 리벳을 이용하여 연결함으로써 열로 인한 각종 강도 저하나 변형을 방지할 수 있다는 잇점이 있다. 또한 샌드위치 구조의 가장 큰 취약점이었던 층분리(Delamination)를 I형재의 플랜지가 AHP와 AHP사이를 강하게 구속하기 때문에 기존 용접에서와 같은 표면만의 이음방식보다는 이러한 현상을 훨씬 효과적으로 억제할 수 있다.

그리고 리벳 타공부를 양 면재에 관통시키지 않고 지그재그식으로 함으로써 일종의 이중 선체와 같은 역할을 가능하게 하기 때문에 외부로부터 큰 하중을 받을 때 일단 내판이나 외판이 파손되기 전에 하니콤 구조가 압괴되면서 상당부분의 에너지를 흡수할 수 있으며 만일 더욱 큰 하중을 받아서 외판이 찢겨도 내판만 파손되지 않으면 누수를 방지할 수 있어 선박의 안전성을 향상시킬 수 있다.

또한, 알루미늄 평판의 양쪽에서 리벳 작업을 하기

때문에 공압을 이용한 리벳건을 사용할 수 있어 작업 환경개선은 물론 생산성을 극대화시킬 수 있다.

6. 결 언

이상의 고찰을 통하여 다음과 같은 결론을 내릴 수 있었다.

- 1) 초고속 대형선의 선각 재료로서 알루미늄합금이 가장 우수하다.
- 2) 초고속 대형선의 선각 구조 형식으로 샌드위치 구조가 가장 효과적인 경량의 구조 형식이다.
- 3) 경량화를 위한 선각 구조로서 알루미늄 하니콤 구조의 우수성을 확인할 수 있었다.
- 4) 알루미늄 하니콤판의 조립 방식으로 기존의 용접이나 접착제를 이용한 연결방식보다 I형재를 이용한 리벳 조립방식을 제안하였다.

후 기

본 연구는 재단법인 산학협동재단과 (주)세모의 연구비 지원에 의해 수행된 것임.

참 고 문 헌

- [1] 주영렬, 초고속선 기술개발 현황과 전망, 대한조선학회 춘계연구 발표회 논문집, 1995, pp.3-22.
- [2] 강병운, 유정석, 김성환, 초고속선 선체설계를 위한 주요고려사항 고찰, 92 초고속선 WORKSHOP, 대한조선학회, 1992.
- [3] Yamaguti, S., Okuto, K. and Irie, H., Design and Fabrication of Welded Aluminum Honeycomb Structures, Sumitomo Light Metal Technical Reports, Vol.34, No.2, 1993, pp.41-53.
- [4] Techno Superliner, Bulletin of the Society of Naval Architects of Japan, Nov. 1994, pp.22-49.
- [5] Kaneko, Y., Takeuchi, K. and Aokage, K., Design and Construction of a Seawater Survey Ship Built Using Aluminum Honeycomb Panels, Proc. of FAST 93, Yokohama, Japan, December 1993, pp.449-460.
- [6] Koelbel, J.G.Jr., Comments on the

- Structural Design of High Speed Craft, Marine Technology, Vol.32, No.2, April 1995, pp.77-100.
- [7] Silvia, P.A., Structures, Publication No. 7135, Small Craft Engineering, Vol.2, Hydrodynamics and Structures, College of Engineering, The University of Michigan, Ann Arbor, 1971.
- [8] Kristiansen, U., Experience of FRP Sandwich in Norwegian Ship Building, Proc. of the 1st International Conference of Sandwich Constructions, Stockholm, Sweden, June 1989, pp.459-467.
- [9] Journal of Fast Ferry International, Jan.-Feb. 1995, pp.33-52.
- [10] Kunimoto, T. and Yamada, H., Study on the Buffer Characteristics of the Honeycomb Sandwich Construction under Dynamic Loading, Keikin-zoku/Journal of Japan Institute of Light Metals, Vol.37, No.5, 1986, pp.327-331.
- [11] Ciba-Geigy, Aeroweb Honeycomb Selector Guide, Publication ATU 216, August 1994.
- [12] Wiertz, A., New Applications for Honeycomb in the Railcar Industry, Proc. of National SAMPE Symposium and Exhibition, Vol.35, No. Book 1, Covina, USA, 1990, pp.226-233.
- [13] Kunimoto, T. and Mori, N., Study on the Buffer Characteristics of the Corrugated Core Used for the 5052 Aluminum Alloy Sandwich Construction under dynamic Loading, Keikin-zoku/Journal of Japan Institute of Light Metals, Vol.39, No.10, Oct. 1989, pp.687-692.
- [14] DnV Rules for Classifications, High Speed and Light Craft, Pt.3, Ch.3, Sec.2, Table A4.



시간도서안내

■ 船舶建造工學

선박 건조와 관련된 공작법 및 관리기술을 소개하고 있다. 주요 내용은 조선소, 공작관리, 가공, 조립, 탑재, 진수, 의장공정, 도장공사 등으로 되어 있다.

이 책은 大韓造船學會의 도서편찬위원회가 주관하여서 편찬하였다. 每場마다의 집필진은 학교, 연구소 및 산업현장에 계신 분들이 한 팀이 되어서 구성하였으므로써 현장감있는 교재개발을 시도하였다. 造船所 物流 흐름의 조감적인 감을 잡을 수 있도록 할 뿐만 아니라 造船現場의 최신시설 및 기술과 관련된 사항까지도 포함하도록 시도하였다.

※ 편집자 주 : 상기 도서는 1996년 초에 발간예정입니다.