

<초청논문>

DOI:10.3795/KSME-A.2009.33.1.1

원통셸 연구의 현황과 전망

이 영 신[†]

(2008년 7월 11일 접수, 2008년 12월 22일 수정, 2008년 12월 26일 심사완료)

Review on the Cylindrical Shell Research

Young-Shin Lee

Key Words: Cylindrical Shell(원통셸), Impact Analysis(충격해석), Vibration Analysis(진동해석), Stiffening(보강), Optimization(최적화)

Abstract

Cylindrical shells of isotropic and composite laminated materials are being used many engineering applications. This paper reviews the literature focusing on various aspects of shell research. The aspects of research receiving interest here are the cylindrical theory being used, the stress, buckling analysis and the impact analysis. The vibration analyses and stiffening characteristics of the cylindrical shell are investigated. The design optimizations of the cylindrical shell are reviewed. The studies on the conical and spherical shell are also reviewed. This review articles contain 236 references

1. 셸 연구의 발전과정

셸(shell)은 곡면구조를 총칭하며 보, 판과 함께 가장 중요한 구조요소이다. 셸이론은 1888년 Love에 의해 선형이론이 수립되었다.

국내에서는 필자의 은사이시고, 연세대학교 명예교수인 김천옥 교수님께서 대한기계학회지에 1973년에 “셸이론의 발전과 최근의 연구동향”⁽¹⁾이라는 전망 기사를 통해 셸 이론의 소개와 발전 방향을 제시한 것이 효시가 되었다고 생각한다.

미국에서는 Stanford 대학의 기계공학과 Applied Mechanics Division에서 재직하던 Timoshenko⁽²⁾와 Flugge 교수에 의해 학맥이 구성되었다. Flugge 교수는 재직시에 수많은 제자를 배출하였으며 그의 명저 “Stresses in Shells”⁽³⁾을 통해 셸 이론을 정립하였으며 부록에 배출한 제자들의 학위논문이 소개되고 있다. Stanford 대학의 Steele⁽⁴⁾교수는 Flugge 제자중 한 분으로 Int. Journal of Solids & Structures의 편집 책임

자로 30여 년간 봉사하였으며 셸 연구 발전에 많은 기여를 하였다. Steele 교수의 문하에는 많은 한국인 연구자가 배출되었다.

원통셸은 기하학적 형상이 가장 간단하고 제작 및 활용의 편리성 때문에 셸 구조 중에서도 가장 응용이 높은 구조이다.

필자는 충남대학교에 재직하던 이후에 셸에 관한 연구를 지속하여 왔으며, 본 기사를 통하여 국내의 원통셸에 관련된 연구 현황을 되돌아보고, 전망해 보고자 한다.

국내연구는 대한기계학회 논문집, 한국항공우주학회지, 한국전산구조공학회 논문집, 한국정밀공학회지, 한국소음진동공학회 논문집, 한국자동차공학회 논문집 등에 발표된 논문을 중심으로 소개한다.

2. 셸 이론 단행본 및 연속간행물^(5~40)

셸 및 셸 구조는 주요 하중 전달 요소로서 수많은 현대 구조물에서 채용되고 있다. 주로 항공, 원자력, 해양, 석유화학 및 건설 산업에서 채용되고 있으며 특히 비행체, 원자력 반응용기, 심해 잠수함, 석유 화학 및 의료 장비 그리고 다양한 건축 구조물에 채용되고 있다. 이에 관련된 수많

[†] 회원, 충남대학교 기계설계공학과
E-mail : leeys@cnu.ac.kr
TEL : (042)821-6644 FAX : (042)821-8894

은 참고문헌 및 단행본이 발행되었다.

1990년에 Noor가 쉘에 관련된 단행본에 대해 미국 기계학회가 매월 발행하는 *Applied Mechanics Review*에 소개하였다. 그는 411개의 단행본과 98개의 학술대회 논문집을 소개하였다.⁽⁵⁾ 그 후에 Pietraszkiewicz⁽⁶⁾는 90여개의 단행본에 대한 정보를 추가하였다. *Applied Mechanics Review*는 쉘에 관련된 많은 review paper를 소개하고 있다.⁽⁷⁻¹²⁾

NASA에 재직한 Noor는 고열을 받는 적층 쉘의 계산모델⁽⁷⁾과 이방성 쉘 역학⁽⁸⁾에 대한 총설을 소개하였다.

Singer⁽⁹⁾는 쉘 좌굴시험의 중요성을 제시하였다. Qatu^(10,11)는 1989년~2000년 사이에 수행된 적층 쉘 및 균질쉘의 동적거동에 대해 상세히 검토하고 1000여개의 관련문헌을 소개하였다.

Amabili 등은 유체-고체 연성(fluid-solid interaction)을 갖는 원통쉘의 기하비선형 진동에 대해 연구하였다.⁽¹²⁾

Krivoshapko⁽¹³⁾는 hyperboloidal shell의 정적, 진동, 좌굴해석과 응용에 관한 연구를 소개하였다. Ambartsunian⁽¹⁴⁾는 쉘의 비전통이론에 대해 논의하였다.

2000년 이후에도 쉘이론 관련 단행본이 많이 출판되고 있으며 복합재료, 비선형해석, 접촉해석, 두꺼운 쉘의 진동, 회전 쉘 동역학, 최적화 및 열탄성해석등 집중된 주제에 대한 도서도 많이 포함되었다.⁽¹⁵⁻⁴⁰⁾

3. 원통쉘 응력해석 및 좌굴해석⁽⁴¹⁻¹³²⁾

원통쉘은 쉘구조중에서도 가장 널리 사용되고 용도가 다양하므로 통용되는 이론도 상당히 많다. Flügge, Donnel, Morley, Novozhilov, Sanders, Cheng의 쉘이론이 주로 논의되었다. 원통쉘에 대한 엄밀이론 및 근사이론에 대한 연구가 수행되었다.

등방성 및 직교이방성 원통쉘에 대한 동적 좌굴해석이 연구되었다. 그리고 적층복합재료 축대칭 쉘에 대한 정적 및 동적 수행되었다.

원형 및 타원형 개구부가 있는 금속 및 복합재료 원통쉘(Fig. 1)의 응력해석이 이론 및 실험을 통해 수행되었다.⁽⁶⁸⁾ 또한 개구부의 보강 효과에 대해서도 연구되었으며 원통쉘의 불안정성 예측을 위한 비선형 좌굴 및 결함민감도 해석이 많은 관심을 끌었다.

Sanders 쉘 이론을 이용하여 축 방향 하중 및 횡압력을 받는 원통쉘의 좌굴 거동이 연구되었다. 컷아웃을 갖는 원통쉘의 좌굴하중 설계곡선이 유한요소 해석을 이용하여 수행되었다. 잔류응력을 고려한

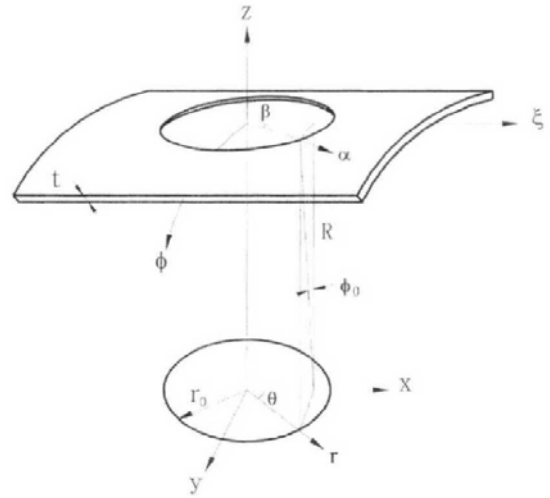


Fig. 1 Coordinate systems for the cylindrical shell with a cutout⁽⁶⁸⁾

보강된 쉘의 극한강도 해석도 수행되었다. 또한 기하비선형성 및 재료비선형성을 고려한 연구도 제시되었으며, 유한요소법을 이용한 복합적층 원통쉘의 좌굴해석과 유한요소개발에 대해서도 많은 연구가 수행되었다. 압력용기 도음의 형상 및 두께변화에 따른 비선형 응력해석도 제시되었으며 대형 원통쉘의 롤 관성모멘트 측정 기법도 연구되었다.

압력용기 및 포신 등에 채용되는 두꺼운 원통쉘의 자긴가공에 의한 바우싱거 효과, 탄소성 잔류응력 특성 및 피로해석이 연구 되었다.

이중 복합 실린더의 맥함수 가공경화모델을 이용한 잔류응력해석과 방사성 재료 운반용기인 cask의 열응력 연구도 수행되었다.

수행된 주요 연구 주제를 정리하면 다음과 같다.

- 원통쉘의 엄밀이론에 관한 고찰⁽⁴¹⁾
- 원통쉘의 근사이론에 관한 연구⁽⁴²⁾
- 균일 외압을 받는 원통쉘의 좌굴 해석에 관한 연구⁽⁴³⁾
- 근사이론에 의한 Cantilever 원통쉘의 해석⁽⁴⁴⁾
- 국부하중을 받는 직교 이방성 원통쉘의 해석⁽⁴⁵⁾
- 수치해법에 의한 원통쉘의 동적좌굴해석⁽⁴⁶⁾
- 직교이방성 원통쉘의 동적좌굴⁽⁴⁷⁾
- 압축하중을 받는 직교이방성 원통쉘의 동적 안정성⁽⁴⁸⁾
- 비균질 원통쉘의 운동방정식⁽⁴⁹⁾
- 선하중을 받는 직교이방성 원통쉘의 Novozhilov 쉘이론에 의한 응력해석⁽⁵⁰⁾
- 적층된 축대칭 복합재료 쉘구조물의 정, 동 구조 해석⁽⁵¹⁾

- 보강 개구부를 갖는 Steel 및 GFRP 적층복합재료 원통셀의 구조응력해석⁽⁵²⁾
- Shallow 셀과 평판에 관한 비선형 문제의 근사해석⁽⁵³⁾
- 국부대압력을 받는 원통셀의 극한해석⁽⁵⁴⁾
- 불연속이 있는 평판과 셀의 해석적 방법에 의한 연구⁽⁵⁵⁾
- 셀 구조물의 비선형좌굴 및 결함민감도 해석⁽⁵⁶⁾
- 비틀림 및 횡압력을 받고 있는 복합재 원통셀의 좌굴⁽⁵⁷⁾
- 자오 변형률에 근거한 2절점 축대칭 셀요소⁽⁵⁸⁾
- 가우스 적분가중치 수정에 의한 디제너레이트 셀 요소의 굽힘특성 개선⁽⁵⁹⁾
- 컷아웃을 가진 원통형 셀의 좌굴하중 설계곡선⁽⁶⁰⁾
- 4절점 응축 셀 요소를 이용한 복합재 적층 구조물의 전단응력 예측⁽⁶¹⁾
- 셀 구조물에서 중립면에 대한 유한요소망의 자동 생성⁽⁶²⁾
- 원통형 셀에 발생한 구조손상의 규명⁽⁶³⁾
- Dynamic and Structural Analysis of Cylindrical Shells of Carbon-fibre-reinforced Polymer⁽⁶⁴⁾
- Effects of Geometric and Material Nonlinearity on the Stresses of Various Pressure Vessel Dome Shapes⁽⁶⁵⁾
- Thermal and Mechanical Characteristics of an Instrumented Capsule for a Material Irradiation Test⁽⁶⁶⁾
- A Structural Analysis of the Circular Cylinder with Multi Holes under Thermal Loading⁽⁶⁷⁾
- A Study on Stress Analysis of Composite Cylindrical Shells with a Circular or Elliptical Cutout⁽⁶⁸⁾
- Analysis Technology on the Temperature and Thermal Stress of the Cask for Radioactive Material Transport⁽⁶⁹⁾
- A Study on the Structural Stress Analysis of the Steel and the GFRP Laminated Composite Cylindrical Shell with a Stiffened Circular Cutout⁽⁷⁰⁾
- Bauschinger Effect's Influence on the Compound Cylinder Containing an Autofrettaged Layer⁽⁷¹⁾
- 새로운 요소분해방법에 의한 셀유한요소의 개발⁽⁷²⁾
- 횡력을 받는 합성 셀구조의 해석⁽⁷³⁾
- p-수렴방식에 기초한 계층요소셀모델⁽⁷⁴⁾
- 개선된 Degenerated 셀유한요소의 비선형해석⁽⁷⁵⁾
- 균열된 셀의 파괴역학해석을 위한 선진유한요소기법⁽⁷⁶⁾
- 내압을 받는 복합적층파이프(GFRP)구조의 유한요소해석⁽⁷⁷⁾
- 접합요소를 이용한 볼트 접합부의 유한요소해석⁽⁷⁸⁾
- 부등침하를 받는 회전셀의 최대응답추정에 관한 연구⁽⁷⁹⁾
- 얇은 타원 포물곡면 셀의 동적 불안정현상의 규명을 위한 비선형동적응답의 스펙트럼분석⁽⁸⁰⁾
- 경계층을 가진 박판 구조물의 유한요소해석을 위한 체논디자인⁽⁸¹⁾
- 축방향 압축하중을 받는 횡등방성 복합재료셀의 좌굴거동⁽⁸²⁾
- 고차 전단변형을 고려한 적층복합판 및 셀의 열-습윤흡해석⁽⁸³⁾
- 면내회전을 갖는 Spline 유한대판 요소에 의한 셀의 해석⁽⁸⁴⁾
- Advancing Front Method를 이용한 대변형 셀구조물의 적응적유한요소 자동생성법⁽⁸⁵⁾
- 얇은 정현형 아치의 불안정 거동에 관한 연구(1) : 형상특성에 따른 정적좌굴의 분류⁽⁸⁶⁾
- 얇은 정현형 아치의 불안정 거동에 관한 연구(2) : 스텝하중에서의 동적좌굴 특성⁽⁸⁷⁾
- 철근콘크리트 냉각탑의 형상불완전에 의한 확률론적 거동⁽⁸⁸⁾
- 가정변형도 셀요소를 이용한 보강된 셀구조의 기하학적 비선형해석⁽⁸⁹⁾
- 잔류응력을 고려한 보강된 셀구조의 극한강도해석⁽⁹⁰⁾
- 비축대칭하중을 받는 원통형셀의 단순화 해석⁽⁹¹⁾
- 곡률이 변하는 박벽 곡선보의 3차원 자유진동 및 좌굴해석⁽⁹²⁾
- 정적해석에 의한 표준적인 P.S.C거더 교량의 적정 가로보 수에 관한 연구⁽⁹³⁾
- 철근콘크리트 구조물의 비탄성 해석을 위한 9절점 퇴화셀요소⁽⁹⁴⁾
- 항공기 충돌에 대한 셀격납건물의 동적비선형해석⁽⁹⁵⁾
- 혼합유한요소를 이용한 축대칭 셀의 정.동적해석⁽⁹⁶⁾
- 인도행렬에 의한 축대칭 원통형셀의 해석⁽⁹⁷⁾
- 철근콘크리트 격납건물의 비선형해석을 위한 셀유한요소⁽⁹⁸⁾
- 셀해석과 곡면 모델링의 연동⁽⁹⁹⁾
- 볼트로 체결된 강재 조립 합성보의 휨 거동⁽¹⁰⁰⁾
- PSC교량의 3차원 시공중 해석기법을 위한 준적합 셀요소개발⁽¹⁰¹⁾
- 인공위성의 CLA 모델 및 평가⁽¹⁰²⁾
- 궤도 열환경하에서 위성체의 지향오차 분석⁽¹⁰³⁾
- 인공위성 구조체 설계 및 해석⁽¹⁰⁴⁾
- 다목적 실용위성 구조개발모델 설계 해석⁽¹⁰⁵⁾
- 연성 하중 해석에 의한 다목적실용위성 1 호의 구조하중 예측⁽¹⁰⁶⁾
- 유한요소법에 의한 복합적층 원통셀의 좌굴해석⁽¹⁰⁷⁾

- 복합적층셀의 유한요소해석⁽¹⁰⁸⁾
- 다중 셀 구조형 날개의 구조해석에 관한 연구⁽¹⁰⁹⁾
- 횡방향 전단변형과 두께변화를 고려한 변형률 가정의 셀 유한요소 모델⁽¹¹⁰⁾
- 안정화행렬을 도입한 적층복합재료 셀의 대변형 해석⁽¹¹¹⁾
- 대형 원통셀의 롤 관성모멘트 측정 기법연구⁽¹¹²⁾
- 셀 - 스파 - 폼 구조를 갖는 탄소 / 에폭시 프로펠러 깃의 구조거동 해석 및 실험적 연구⁽¹¹³⁾
- 셀과 평판의 효율적인 해석을 위한 변형도 가정 삼각형 요소⁽¹¹⁴⁾
- ANS(Assumed Natural Strain) 3 절점 삼각형 셀 유한요소정식⁽¹¹⁵⁾
- 3차원 거동이 고려된 형상기억합금 작동기 부착 복합재 셀의 변형해석⁽¹¹⁶⁾
- 기하학적 비선형 해석을 위한 곡면 2차 삼각형 셀 요소에 관한 연구⁽¹¹⁷⁾
- 음향방출기법을 응용한 플라스틱 셀 구조물의 건전성 평가 연구⁽¹¹⁸⁾
- 원형튜브의 파열압력에 관한 연구⁽¹¹⁹⁾
- 열하중 및 내압을 받는 축대칭 튜브와 내부 운동체의 거동해석 연구⁽¹²⁰⁾
- 유체분사 추진력을 받는 배관 휨 구속장치 거동에 관한 유한요소해석⁽¹²¹⁾
- 복합재 적층셀의 비선형 수치해석 및 실험⁽¹²²⁾
- 압력 용기 도움의 형상 및 두께 변화에 따른 비선형 응력해석⁽¹²³⁾
- 하나로 조사시험용 다공 원통형 구조물의 온도해석⁽¹²⁴⁾
- 경수로용 핵연료집합체 지지격자의 좌굴특성에 관한 연구⁽¹²⁵⁾
- 스웨이징에 의한 오토프리티지 가공의 탄소성 해석⁽¹²⁶⁾
- Swaging Autofrettage의 해석과 원통설계 가공에의 응용(I) (Plane Strain, Tresca Yield Condition을 기준으로)⁽¹²⁷⁾
- Swaging Autofrettage 의 해석과 원통설계 가공에의 응용(II) - 스웨이징에 의한 원통설계법과 그 내면가공법의 개발⁽¹²⁸⁾
- 외경흡을 지닌 C형 시험편의 저주기 피로수명평가⁽¹²⁹⁾
- 자긴가공된 두꺼운 실린더의 피로균열 전파수명평가⁽¹³⁰⁾
- 자긴가공된 복합실린더의 기계가공해석⁽¹³¹⁾
- 맥함수 가공경화 모델을 이용한 복합실린더의 자긴가공해석⁽¹³²⁾

4. 원통셀 충격해석^(133~152)

신경회로망을 이용한 복합재료 원통셀의 충격하중특

성이 추론되었다. 또한 복합재료의 진동, 좌굴강도, 충격강도특성 및 그의 설계최적화에 관한 연구도 수행되었다. 비교적 두꺼운 원통셀을 활용하는 사용후 핵연료 운반용기(cask)의 낙하충격거동도 많이 연구되었다.

LS-DYNA 3D 및 ABAQUS를 이용한 충격특성연구와 차원 해석을 이용한 충격력 실험식 공식화 연구가 제시되었으며 모드중첩기법도 활용되었다. 낙하해석조건은 9m 수평, 수직 그리고 경사자유낙하이다. 또한 가상 사고조건으로 수중침수와 화재조건에 따른 역학적 거동이 제시되었으며, 운반용기셀의 방사선 조사(irradiation)에 의한 충격 및 내진응답영향도 연구되었다.

Fig. 2와 같은 원통셀의 작은 면적에 Fig. 3과 같은 여러 가지 형태의 충격하중을 받는 원통셀의 거동이 연구되었다.^(136,144)

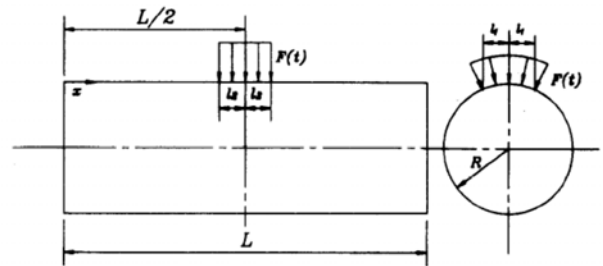


Fig. 2 Distributed load over small rectangular area^(136,144)

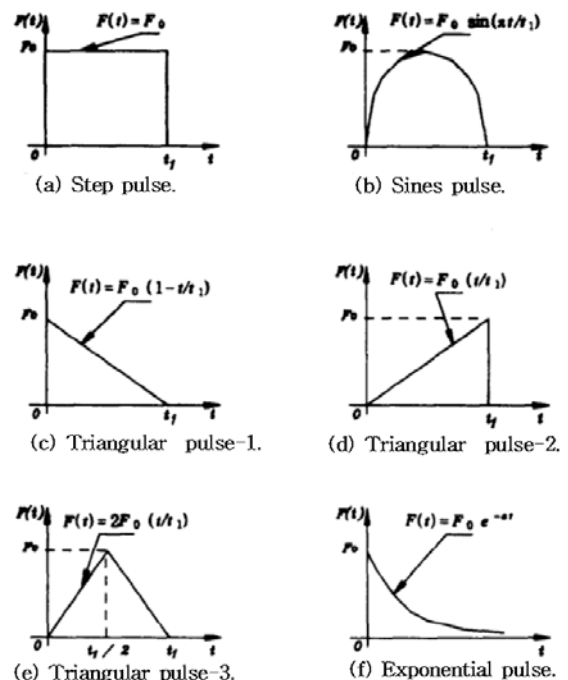


Fig. 3 Considered pulse shapes^(136,144)

계단파, 싸인파, 삼각파, 지수함수와 형태의 하중이 작용할 경우 같은 하중 지속시간에서는 계단파 하중이 가장 큰 변위를 발생한다. 동일 강도의 하중이 원통셀 전체 표면에 대해 동일한 작용면적비를 갖는 경우 고유주기가 클수록, 즉 기본고유진동수가 낮을수록 최대변위가 크게 발생한다.^(136,144)

유리세라믹 구형 돔의 충격 시뮬레이션 및 해석⁽¹⁴⁹⁾도 수행되었다(Fig. 4, 5)

적층셀 요소에 의한 콘크리트 원통셀의 파괴해석과 배관 및 구속장치의 전이충격해석도 수행되었다.

수행된 주요 연구 주제는 다음과 같다.

- 복합재료 원통셀의 진동, 좌굴강도, 충격강도 특성 및 그의 설계최적화에 관한 연구⁽¹³³⁾
- 신경회로망을 이용한 복합재료 원통셀의 하중특성 추론에 관한 연구⁽¹³⁴⁾

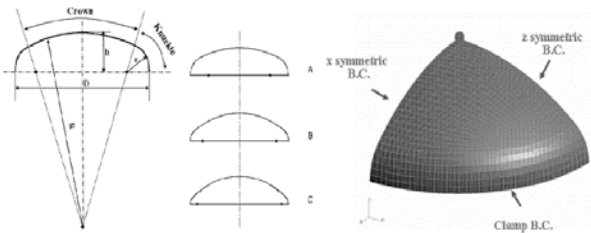


Fig. 4 Analysis model of spherical dome of MACOR glass-filled ceramic⁽¹⁴⁹⁾

- 복합재료 원통셀의 구조해석을 이용한 신경회로망의 하중특성 추론에 관한 연구⁽¹³⁵⁾
- 동하중을 받는 복합재료 원통셀의 동적거동해석⁽¹³⁶⁾
- 복합표적에 대한 원추형 탄환에 관통 이력연구⁽¹³⁷⁾
- 강체 충격자가 납 표적에 충돌 할 때의 침투 특성연구⁽¹³⁸⁾
- 낙하 충격 하중을 받는 방사성 물질 수송 용기의 동적거동에 관한 연구⁽¹³⁹⁾
- 컨테이너 형태의 방사성 물질 A형 운반용기에 대한 구조해석⁽¹⁴⁰⁾
- LS-DYNA 3D 및 ABAQUS/Explicit Code를 이용한 사용후 핵 연료 운반 용기의 자유낙하 충격특성연구⁽¹⁴¹⁾
- 차원 해석을 이용한 사용후 핵연료 수송용기의 충격력 실험식 공식화⁽¹⁴²⁾
- 모드 중첩기법을 이용한 Cask의 동적충격 응답해석⁽¹⁴³⁾
- 복합재 원통셀의 동적 거동 연구⁽¹⁴³⁾
- On the Dynamic Response of Laminated Circular Cylindrical Shells Under Impulse Loads⁽¹⁴⁴⁾
- Effect of Irradiation on the Impact and Seismic Response of a Spent Fuel Storage and Transport Cask⁽¹⁴⁵⁾
- Analysis Technology on the Thick Plate Free Drop Impact of the Cask for Radioactive Material Transport⁽¹⁴⁶⁾

	Step	Sine	Triangular-1	Triangular-2	Triangular-3
Type-A					
	0.15 msec	0.35 msec	0.15 msec	0.71 msec	0.46 msec
Type-B					
	0.15 msec	0.44 msec	0.15 msec	0.90 msec	0.53 msec
Type-C					
	0.15 msec	0.50 msec	0.15 msec	1.00 msec	0.61 msec

Fig. 5 Fracture mode of glass ceramic spherical dome under various impact pulses⁽¹⁴⁹⁾

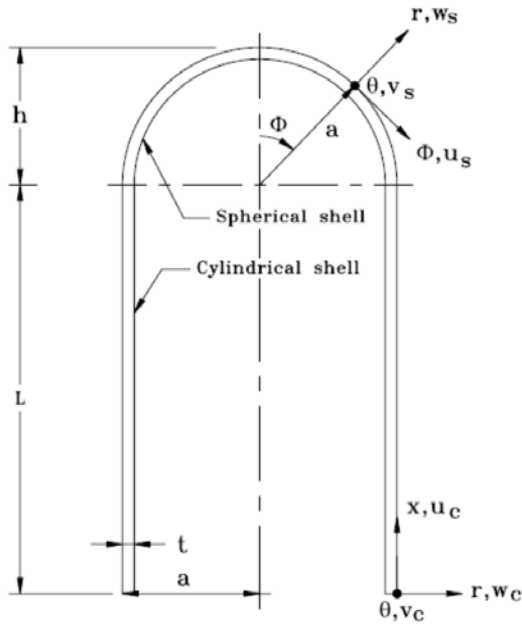


Fig. 6 Geometry and coordinate system of a joined spherical-cylindrical shell⁽¹⁶⁹⁾

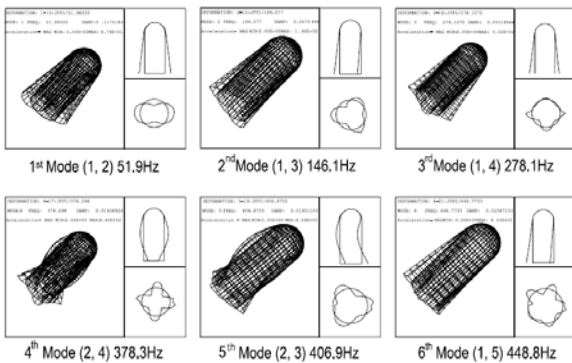


Fig. 7 Typical modal test mode shapes of joined spherical-cylindrical shell with free-free boundary condition⁽¹⁶⁹⁾

- A Study on the Free Drop Impact of Cask by Commercial FEM Codes⁽¹⁴⁷⁾
- Formulation on the Empirical Equation of the Cask Impact Forces by Dimensional Analysis⁽¹⁴⁸⁾
- Impact Simulation and Analysis of a Glass Ceramic Spherical Dome⁽¹⁴⁹⁾
 - 충격력을 받는 구형셸의 혼돈거동해석⁽¹⁵⁰⁾
 - 압력절점을 갖는 적층셸요소에 의한 콘크리트 원통형 구조물의 파괴해석⁽¹⁵¹⁾
 - 충격력을 받는 배관 및 구속장치의 천이해석에 관한 연구⁽¹⁵²⁾

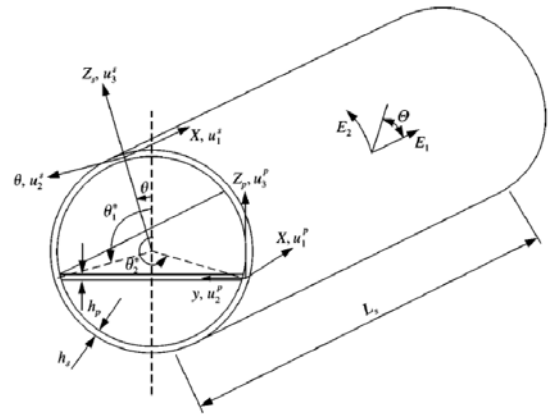


Fig. 8 Geometry of the circular composite cylindrical shell with an interior plate⁽¹⁷⁰⁾

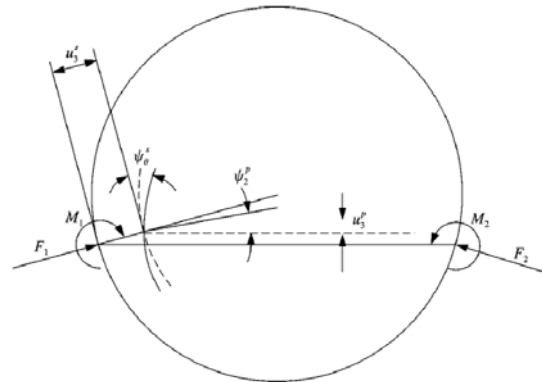


Fig. 9 Loads (or moments) and displacements (or slopes) of the combined structure⁽¹⁷⁰⁾

5. 원통셸 진동해석^(153~188)

Love의 셸이론과 이산보강이론을 적용하여, 사각개구부를 갖는 회전 직교보강 복합재료 원통셸의 진동특성을 분석하기 위해 에너지법과 Rayleigh-Ritz 법을 이용하여 진동수 방정식이 유도되었다. 그리고 보강 형태, 회전속도에 따른 구조물의 진동특성과 사각개구부를 갖는 복합재료 원통셸에 대해 진동특성이 분석되었다. 비보강 회전하는 복합재료 원통셸과 직교보강 등방성 원통셸에 대해서도 연구되었다. 또한 등방성 및 복합재료로 만들어진 링보강 원통셸 및 개구부를 갖는 원통셸에 대해서는 유한요소해석과 실험연구도 수행되었다.

유체로 채워진 원통셸의 고유진동에 미치는 수위의 영향도 연구되었다.

원통셸과 구형셸의 결합된 조합셸구조에 대한 진동해석⁽¹⁶⁹⁾이 Rayleigh-Ritz법을 이용하여 해석되었다

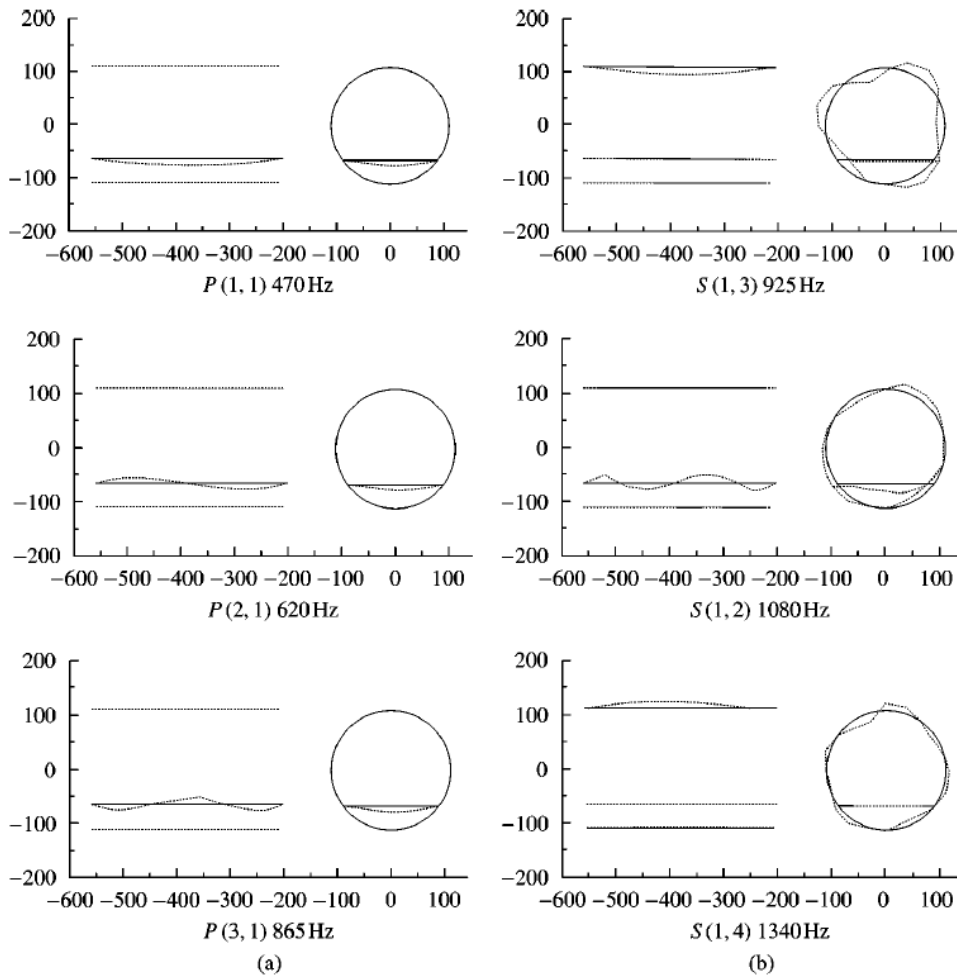


Fig. 10 Experimental mode shapes of the CFRP plain weave composite cylindrical shell with an interior plate at $\theta_0=120^\circ$ location: (a) plate modes and (b) shell modes⁽¹⁷⁰⁾

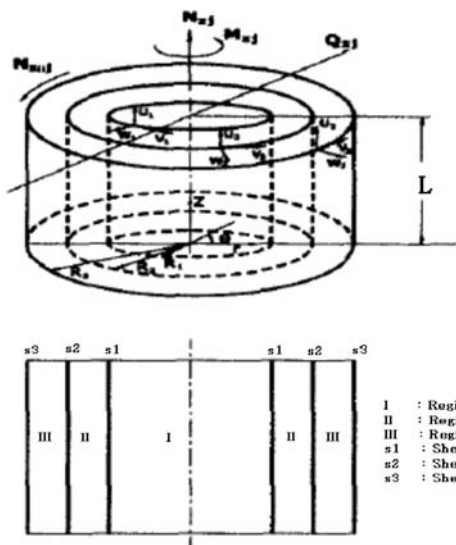


Fig. 11 Configuration of triple cylindrical shells filled with fluid⁽¹⁷⁴⁾

(Fig.6,7). 자유-자유 경계조건을 가진 조합원통셸의 진동특성은 단순지지-자유 원통셸의 진동거동과 유사하고, 단순지지-자유 경계조건을 가진 조합원통셸의 진동특성은 단순지지-단순지지 원통셸의 진동거동과 유사하다. 또한 고정-자유경계조건을 가진 조합원통셸의 진동특성은 고정-단순지지 원통셸의 진동과 유사한 거동을 한다. 조합원통셸의 기하학적 형상 중 반구형셸의 형상을 결정하는 반구형 셸의 깊이는 모든 경계조건에서 진동특성에 큰 영향을 주 진동거동이 지배적이라는 것을 의미한다. 그러나 원통셸의 길이가 반구형셸의 직경보다 작을경우 조합원통셸의 고유진동수는 원통셸의 길이가 짧아짐에 따라 급격히 증가하며 이는 반구형 셸의 진동거동이 된다.

판이 결합된 복합재료 원통셸이 자유진동 해석이 receptance method를 이용하여 수행되었다.⁽¹⁷⁰⁾

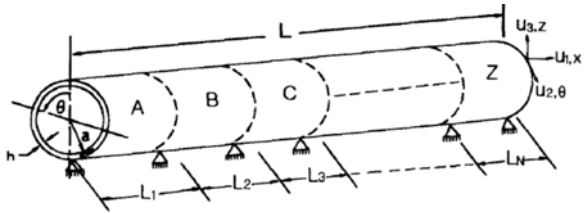


Fig. 12 Geometry and coordinate system of the continuous circular cylindrical shell simply supported at multi-positions in the axial direction⁽¹⁷⁵⁾

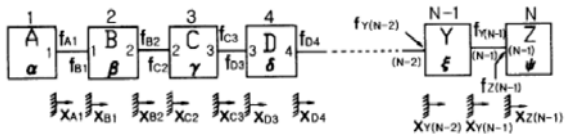


Fig. 13 Block diagram of forces and displacements of an N-span continuous circular cylindrical shell for system A,B,...Z receptance $\alpha, \beta, \gamma, \dots, \psi$, force f, displacements x⁽¹⁷⁵⁾

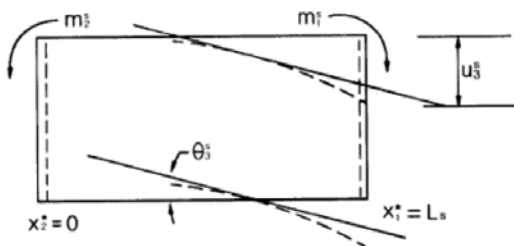


Fig. 14 Moments, displacements and slopes of the circular cylindrical shell simply supported at two end edge⁽¹⁷⁵⁾

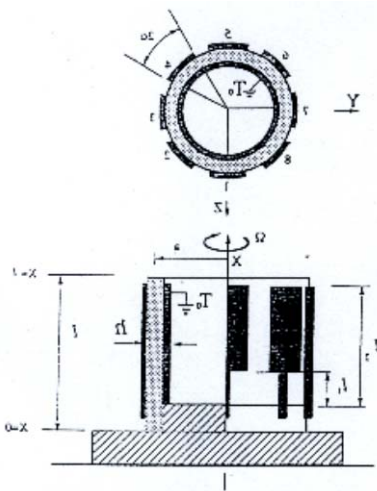


Fig. 15 Schematic diagram of the piezoelectric cylindrical shell⁽¹⁸⁵⁾

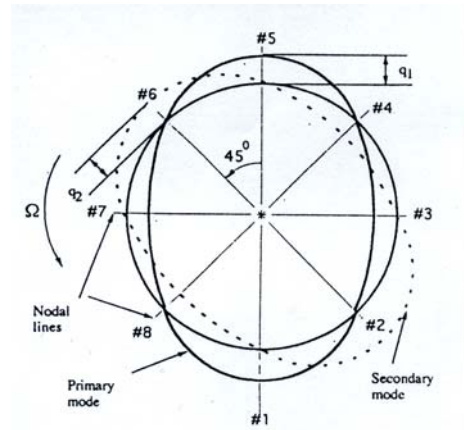


Fig. 16 Mode shapes of radial displacement of the piezoelectric cylindrical shell⁽¹⁸⁵⁾

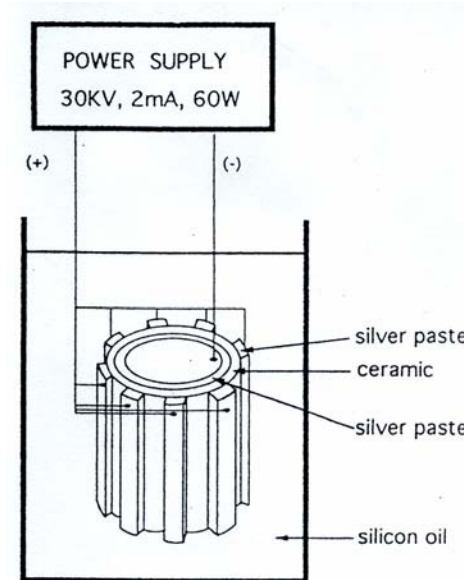


Fig. 17 Poling set-up of the piezoelectric cylindrical shell⁽¹⁸⁵⁾

이 방법은 환과 원통셀이 결합부에서 처짐 및 기울기에 대한 결합조건을 사용하는 방법으로 비교적 공식화가 간단하고 편리한 기법이다(Fig. 8, 9). 결합셀은 진동시 원통셀모드와 내부환의 진동 모드가 동시에 발생된다(Fig. 10).

또한 내부에 유체가 채워진 보강원통셀과 삼중원통셀(Fig. 11)⁽¹⁷⁴⁾ 및 다점 단순지지된 연속원통셀의 진동해석도 연구되었다(Fig. 12-14).⁽¹⁷⁵⁾

압전 원통셀의 진동특성을 이용한 진동형 자이로스코프(gyroscope)가 개발되었다.⁽¹⁸⁵⁾ 이 진동형 자이로스코프는 로터와 같은 회전체를 갖는 전통적인 기계식 자이로스코프에 비해 구조가 간단하고 소형이며 극한 하중에서도 오랫동안 작동할 수 있는 장점을 가지고 있다(Fig. 15-17).

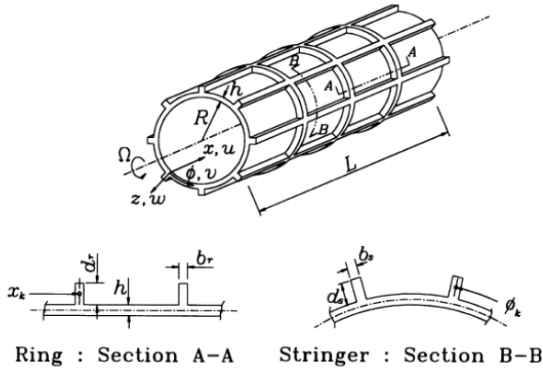


Fig. 18 Coordinate system and stiffener cross section area for the rotating and orthogonally stiffened cylindrical shell⁽²⁰¹⁾

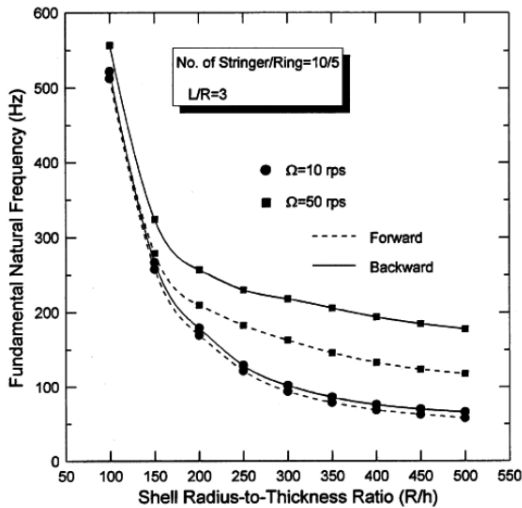


Fig. 19 Variation of the fundamental frequencies for the rotating and orthogonally stiffened composite cylindrical shell with the R/h ⁽²⁰¹⁾

회전하는 하이브리드 원통셀의 비선형해석과 두꺼운 축대칭 쌍곡형 셀의 3차원 진동해석이 연구되었으며 진동실험 및 해석을 이용한 캡슐구조물의 구조건전성 평가도 수행되었다.

수행된 주요 연구 주제는 다음과 같다.

- 직교이방성 외팔 원통셀의 자유진동해석⁽¹⁵³⁾
- CFRP 적층 원통셀의 진동해석⁽¹⁵⁴⁾
- 혼합적층된 복합재료 원통셀의 진동해석⁽¹⁵⁵⁾
- 직교이방성 적층 복합재료 원통셀의 진동해석⁽¹⁵⁶⁾
- 비원형 단면을 가진 적층복합재료 원통셀의 좌굴 및 진동해석⁽¹⁵⁷⁾
- 회전하는 복합재료 및 금속 혼합적층 원통셀의 진동해석⁽¹⁵⁸⁾
- 원판 덮개를 갖는 고정-자유원통셀의 고유진

동해석⁽¹⁵⁹⁾

- 원판이 결합된 외팔원통셀의 고유진동해석⁽¹⁶⁰⁾
- 내부관 구조물이 결합된 강 및 평직 복합재료 원통셀의 구조진동특성연구⁽¹⁶¹⁾
- 단순 지지된 Steel 및 GFRP 복합재료 원통셀의 자유 진동 특성⁽¹⁶²⁾
- 내부에 사각관이 결합된 복합재료 원통셀의 자유진동⁽¹⁶³⁾
- 실험모드해석에 의한 다점지지된 연속원통셀의 진동특성에 관한 연구⁽¹⁶⁴⁾
- 양단이 고정지지된 연속원통셀의 진동특성해석⁽¹⁶⁵⁾
- 유체로 채워진 원통형 셀의 고유진동에 미치는 수위의 영향⁽¹⁶⁶⁾
- 박판보 요소와 셀 요소를 이용한 T 조인트 진동해석⁽¹⁶⁷⁾
- 추가변형을 고려한 환원관 결합 원통셀의 자유진동해석⁽¹⁶⁸⁾
- A Study on the Free Vibration of the Joined Cylindrical-Spherical Shell Structures⁽¹⁶⁹⁾
- Free Vibrations of Laminated Composite Cylindrical Shells with an Interior Rectangular Plate⁽¹⁷⁰⁾
- Free Vibrations of Clamped-Free Circular Cylindrical Shell with a Plate Attached at an Arbitrary Axial Position⁽¹⁷¹⁾
- Nonlinear Free Vibration Analysis of the Rotating Hybrid Cylindrical Shells⁽¹⁷²⁾
- Free Vibrations of Circular Cylindrical Shells with an Interior Plate Using the Receptance Method⁽¹⁷³⁾
- 유체로 채워진 삼중 원통셀의 해석적 진동 특성 평가⁽¹⁷⁴⁾
- 동적응답법을 이용한 다점 단순지지된 연속 원통셀의 자유진동해석⁽¹⁷⁵⁾
- Coupled Vibration Analysis of Liquid-Filled Rigid Cylindrical Storage Tank with an Annular Plate Cover⁽¹⁷⁶⁾
- A Study on the Vibrational Characteristics of the Continuous Circular Cylindrical Shell with Multiple Supports Using the Experimental Modal Analysis⁽¹⁷⁷⁾
- 노심지지배럴의 축소모형을 이용한 원통형셀의 모드해석⁽¹⁷⁸⁾
- 두꺼운 축대칭 회전셀의 3차원적 진동해석⁽¹⁷⁹⁾
- 변두계를 갖는 두꺼운 반구형셀과 반구형체의 3차원적 진동해석⁽¹⁸⁰⁾
- 두꺼운 축대칭 쌍곡형 셀의 3차원 진동해석⁽¹⁸¹⁾
- 유체에 잠긴 다공 원통형셀의 자유진동해석⁽¹⁸²⁾

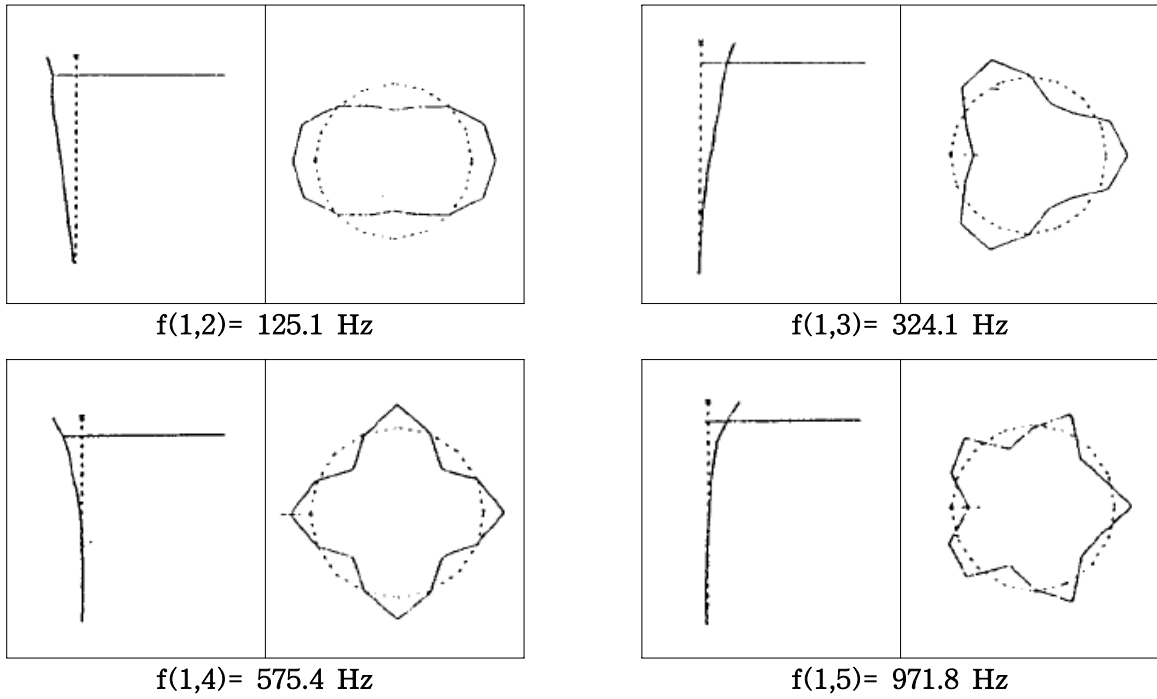


Fig. 20 Experimental vibration mode shape of stiffened cylindrical shell filled with air (m,n)⁽¹⁹¹⁾

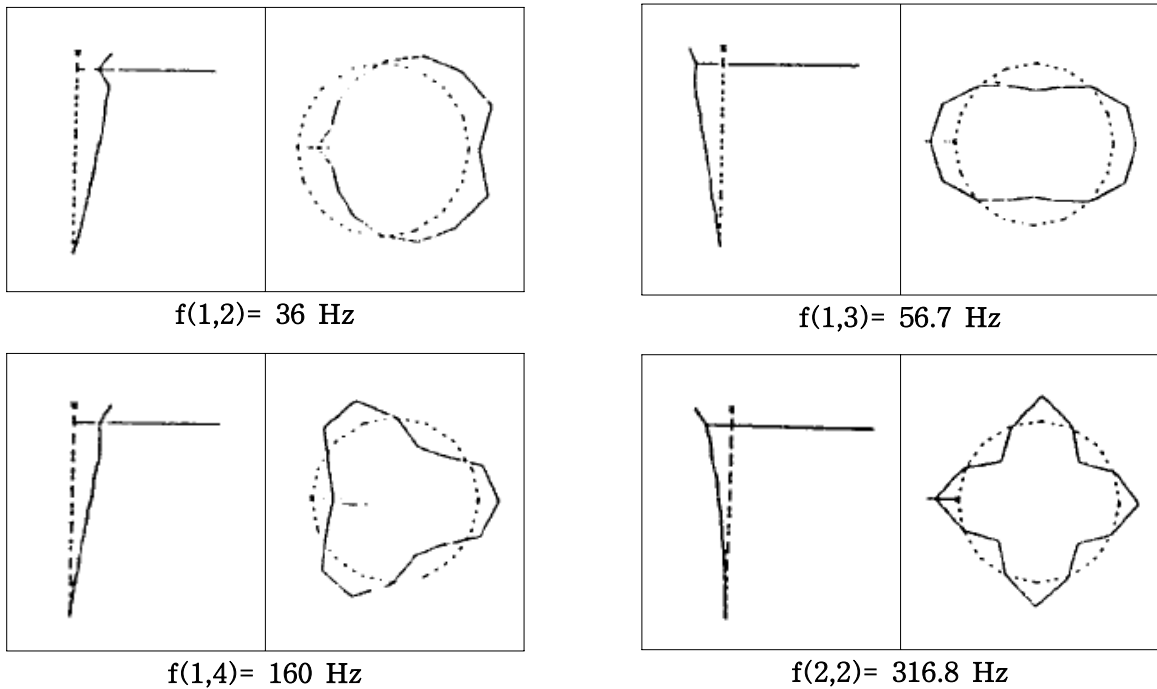


Fig. 21 Experimental vibration mode shape of stiffened cylindrical shell filled with full water (m,n)⁽¹⁹¹⁾

- 적정 두께를 갖는 대칭 적층 셸의 비선형 진동 해석⁽¹⁸³⁾
- 전달행렬을 이용한 유동매체를 가진 배관요소
의 진동특성 분석⁽¹⁸⁴⁾

- 원통형 압전 진동 자이로 개발⁽¹⁸⁵⁾
- 진동시험 및 해석을 통한 하나로 캡슐 구조
물의 구조 건전성 평가⁽¹⁸⁶⁾
- 주증기 배관헤더의 압력 맥동에 대한 분기

배관의 고진동 대책⁽¹⁸⁷⁾

- 복합재 원통셸의 동적 거동 연구⁽¹⁸⁸⁾

6. 보강재 및 보강특성 연구^(189~204)

길이방향 및 링방향 보강재를 사용한 금속 및 복합재료 원통셸의 자유진동과 좌굴해석에 대해 많은 연구가 수행되었다. 직교보강된 복합재료 원통셸에 대해 에너지법을 기초로 하여 좌굴 및 진동해석이 수행되었다. 보강재수를 증가시키면 즉, 보강을 많이 할수록 좌굴하중 및 고유진동수가 증가하는 거동을 하며, 보강수의 영향이 진동수에서는 큰 원주방향반파수에, 좌굴하중에 대해서는 작은 원주방향반파수에 보다 크게 나타난다. 적층수를 증가시키면 좌굴하중 및 고유진동수가 증가를 하나, 그의 영향은 매우 작다. 원통셸의 길이 대 반경비의 증가는 좌굴하중 및 고유진동수를 증가시키며, 좌굴하중의 경우에는 길이 대 반경 비가 어느 값 이상이 되면 셸의 기능을 상실하여 빔의 거동을 하며, 고유진동수의 경우에는 거의 일정한 값으로 접근을 한다. 셸의 두께 대 반경비의 증가 즉, 셸의 두께가 두꺼워질수록 좌굴하중 및 고유진동수 모두 증가하는 거동을 한다.⁽¹⁹⁰⁾

또한 축방향 압축력을 받을 때 원형 및 타원형 개구부의 보강에 따른 응력해석도 수행되었다.

회전하는 직교보강 복합재료 원통셸의 진동해석도 수행되었다(Fig. 18, 19). 직교보강을 함으로써 강성증가를 통해 비보강셸보다 고유진동수를 높일 수 있다. 회전에 의해 발생하는 전진파 및 후퇴파 고유진동수에 있어 후퇴파의 고유진동수가 전진파의 고유진동수보다 항상 크다. 보강재의 높이대 폭의 비가 커질수록 고유진동수는 급격히 증가를 하나 어느 이상이 되면 고유진동수는 거의 일정한 값으로 접근한다. 셸회전속도가 커질수록 모든 진동모드에 대해 후퇴파와 전진파간의 차이는 커진다. 작은 원주방향반파수에서의 회전속도 영향이 큰 반파수에 대한 영향보다 크다. 셸이 길이 대 반경비, 셸의 반경 대 두께비가 커질수록 진동수는 급격히 감소를 하며, 어느 이상의 비에서는 거의 같은 고유진동수로 접근한다.⁽²⁰¹⁾

내부에 유체로 채워진 보강 원통셸의 동적거동에 대한 연구⁽¹⁹¹⁾도 수행되었다.(Fig. 20, 21)

원주방향으로 보강한 원통셸의 고유 진동수는 보강하지 않은 경우 보다 증가하는 경향을 갖고 있으며, 보강링의 새수가 3개 이상이 되면 고유진동수는 오히려 감소하는 것으로 나타났다. 내부를 유체로 채

운 경우 유체에 의한 부가질량효과로 인해 공기중에서 보다 고유진동수는 감소한다. 1차 및 2차 모드에서 보강원통셸의 고유진동수는 보강하지 않은 경우와 비교하여 공기중 및 유체를 채운 경우 모두 증가하여 보강효과를 나타낸다. 또한 실험진동모드는 공기중과 유체를 채운 경우 비슷한 모드형상을 갖는다.⁽¹⁹¹⁾

수행된 주요 연구 주제는 다음과 같다.

- 길이방향으로 보강된 복합재료 원통셸의 자유진동⁽¹⁸⁹⁾
- 복합재료 원통셸의 고유진동수 및 좌굴하중에 대한 직교보강 특성연구⁽¹⁹⁰⁾
- 내부가 유체로 채워진 보강원통셸의 동적거동 해석⁽¹⁹¹⁾
- 회전하는 직교보강 복합재료 원통셸의 진동해석⁽¹⁹²⁾
- 다양한 경계조건을 갖는 링보강 복합재료 원통셸의 진동특성⁽¹⁹³⁾
- 축압축력을 받는 원통셸의 보강원형 및 타원형 개구부에서의 응력해석⁽¹⁹⁴⁾
- 사각개구부를 갖는 링보강 원통셸의 진동해석⁽¹⁹⁵⁾
- 직교이방성 원통셸의 동적좌굴⁽¹⁹⁶⁾
- 보강된 복합재 셸구조의 좌굴강도 개선을 위한 직교배열 이용 설계방법⁽¹⁹⁷⁾
- 판 및 셸의 편심 보강 유한 요소⁽¹⁹⁸⁾
- 보강된 구조물의 기하학적 비선형 해석을 위한 편심 응축 셸 요소⁽¹⁹⁹⁾
- 링보강 복합재료 원통셸의 과도해석⁽²⁰⁰⁾
- Vibration Analysis of the Rotating Composite Cylindrical Shells with Orthogonal Stiffeners⁽²⁰¹⁾
- The Effect of Boundary Conditions on the Natural Frequencies for the Rotating Composite Cylindrical Shells with Orthogonal Stiffeners⁽²⁰²⁾
- Transient Ananalysis of Ring-Stiffened Composite Cylindrical Shells with Both Edges Clamped⁽²⁰³⁾
- Couple Vibration of Partially Fluid-Filled Cylindrical Shells with Ring Stiffness⁽²⁰⁴⁾

7. 셸구조 최적화 연구^(205~223)

축압축력을 받는 직교보강원통셸의 최적화 설계가 수행되었다. 이때 고려된 고려된 보강형상은 사각형, I 형, T 형 보강재 이다.(Fig. 20)

축방향 압축력을 받는 보강원통셸의 경우 길이방향 보강재 중 T형, I형, 사각형 순으로 효율적이며 중량을 감소시켜 최적화설계를 이룰수 있다.⁽²⁰⁵⁾

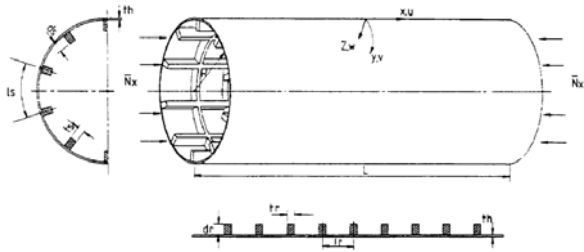


Fig. 22 Geometry of the stiffened cylindrical shell⁽²⁰⁵⁾

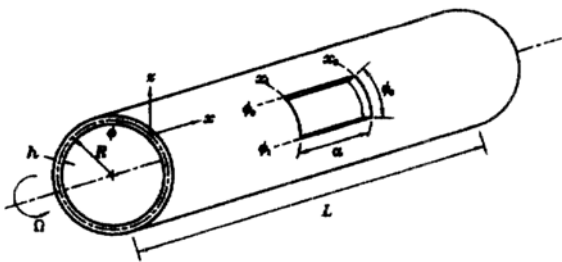


Fig. 23 Coordinate system for the rotating cylindrical shell with a rectangular cutout⁽²⁰⁶⁾

사각형 컷아웃이 있는 복합재료 원통셸의 고유진동수를 최적화하는 적층각설계가 연구⁽²⁰⁶⁾되었다(Fig. 22-24). 사각개구부가 존재함으로써 고유진동수는 감소를 하며, 사각개구부가 클수록 회전속도의 영향을 크게 받는다. 원통셸의 길이 대 반경비, 셸의 방경 대 길이비가 클수록 회전속도의 영향은 크게 나타난다. Cross-ply와 angle-ply로 적층한 경우 angle-ply만으로 적층한 경우보다 큰 고유진동수를 얻을 수 있으며, 순수 cross-ply 만으로 적층한 경우보다는 angle-ply 적층의 적절한 양에 대해서 큰 고유진동수를 얻을 수 있다. 복합재료의 직교이방성이 클수록 고유진동수는 적층각에 민감하게 작용한다.⁽²⁰⁶⁾

또한 보강적층 복합재료 원통셸의 최소중량 최적화 설계도 연구되었다.(Fig. 26)

길이방향 보강재의 단면형상으로 직사각형, I형 및 T형 단면 중에서 중량감소가 가장 큰 T형 단면인 경우가 일반적으로 유리하지만, 보강원통셸의 기하학적 형상에 비하여 과도한 하중의 작용이나 설계변수의 하한값의 과대설정 등에 따라 보강재성분의 두께를 나타내는 설계변수 또는 항복제한 조건식의 값이 설계 한계에 근접하게 되면, T형 단면 보강재의 사용에 따른 중량감소효과가 크지 않다.⁽²⁰⁸⁾

수행된 주요 연구 주제는 다음과 같다.

- 보강원통셸의 최적구조설계에 관한 연구⁽²⁰⁵⁾
- 회전운동을 고려한 Cutout이 있는 복합재료 원

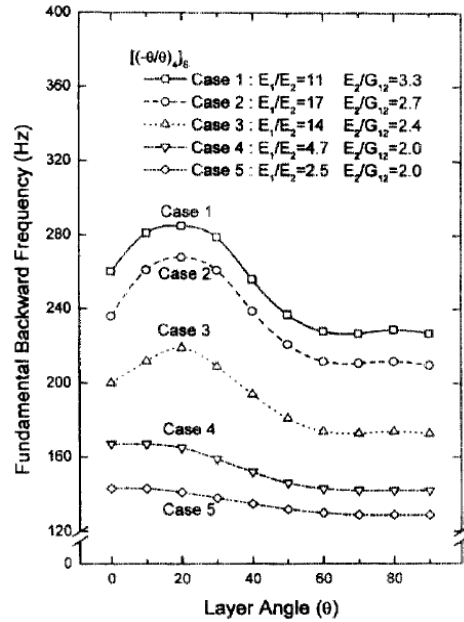


Fig. 24 Effect of material properties on frequency for the rotating cylindrical shells with $[90^\circ/0^\circ/(\pm\theta^\circ)_3]_s$ stacking sequence⁽²⁰⁶⁾

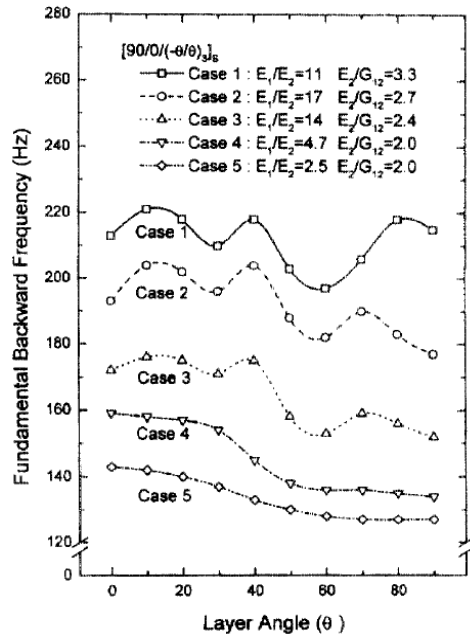
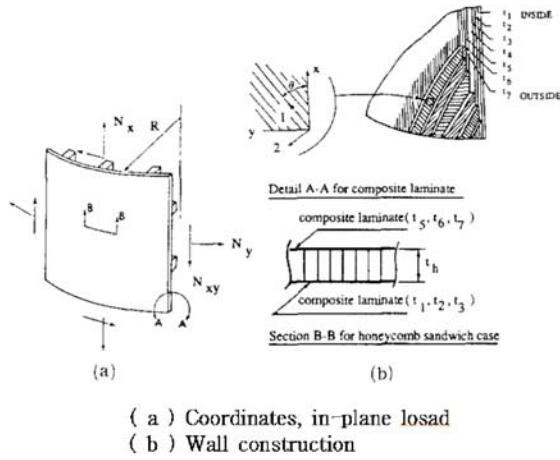


Fig. 25 Effect of material properties on frequency for the rotating cylindrical shells with $[(\pm\theta^\circ)_4]_s$ stacking sequence⁽²⁰⁶⁾

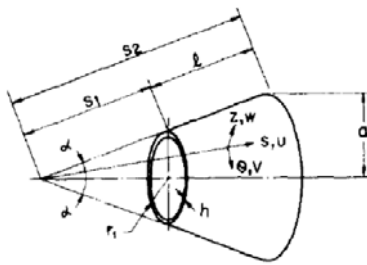
통셸의 진동해석 및 최적설계⁽²⁰⁶⁾

- 적응적 내부 경계 레벨셋 기반 위상최적화를 이용한 셸 구조물의 경량화 설계⁽²⁰⁷⁾
- 보강원통셸의 최소중량화설계 연구⁽²⁰⁸⁾
- 타원형 및 토리구형 압력용기도움의 두께최적화설계⁽²⁰⁹⁾

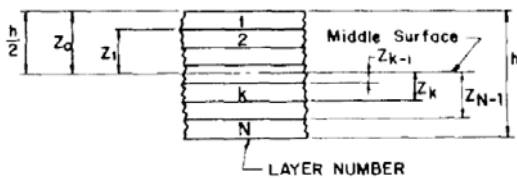


(a) Coordinates, in-plane load
(b) Wall construction

Fig. 26 Coordinates, in-plane loads, and wall construction of stiffened laminated composite cylindrical shell and laminated composite honeycomb sandwich cylindrical shell⁽²⁰⁸⁾



(a) Geometry of a conical shell



(b) Geometry of a N-layered laminate

Fig. 27 Geometry of a laminated conical shell

- A Study on Ranked Bidirectional Evolutionary Structural Optimization(R-BESO) Method for Fully Stressed Structure Design Based on Displacement Sensitivity⁽²¹⁰⁾
- Optimization Design Technique for Reduction of Sloshing by Evolutionary Methods⁽²¹¹⁾
- 축대칭 셸구조물의 형상설계민감도 해석 및 최적 설계⁽²¹²⁾
- 수압을 받는 원통형 셸의 최적설계⁽²¹³⁾
- CAGD를 사용한 셸의 형상 및 두께최적화에 관한 연구(부피제약조건을 사용한 변형에너지의 최소화)⁽²¹⁴⁾
- 스위프기하학적모델을 사용한 프리즘셸의 최적화⁽²¹⁵⁾

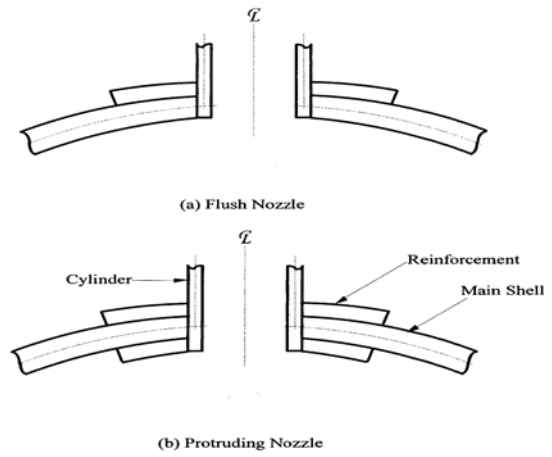


Fig. 28 Pad reinforcement⁽²³⁰⁾

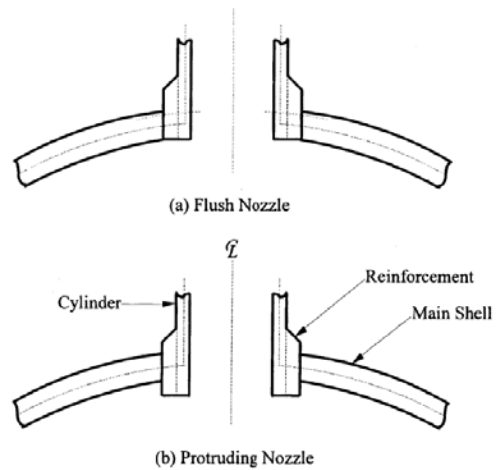


Fig. 29 Nozzle integral reinforcement⁽²³⁰⁾

- 셸의 기하학적 모델링과 유한요소해석, 형상최적 설계⁽²¹⁶⁾
- 셸 구조물의 설계최적화에 대한 인식적인견해⁽²¹⁷⁾
- 탄성구조물의 안정성을 고려한 형상최적설계⁽²¹⁸⁾
- 연성하중해석을 이용한 구조 최적화 기법 연구⁽²¹⁹⁾
- 연성하중해석을 이용한 위성체 구조부재의 최적화⁽²²⁰⁾
- 연성하중 해석 모델과 모달과도 해석을 이용한 위성체 구조부재의 최적화 연구⁽²²¹⁾
- 셸 곡면 형상의 최적 설계를 위한 유한요소해석과 기하학적 모델링의 연동⁽²²²⁾
- 압력용기의 도움 형상설계⁽²²³⁾

8. 여러 가지 기하 형상 셸 연구^(224~230)

원추셸은 기계 구조물의 중요한 구성 요소를 이루고 있는 부재이다. 수력노즐, 확산기, 혼 안테나, 노즐 등 일반 산업설비로부터 항공기, 우주 구조물에

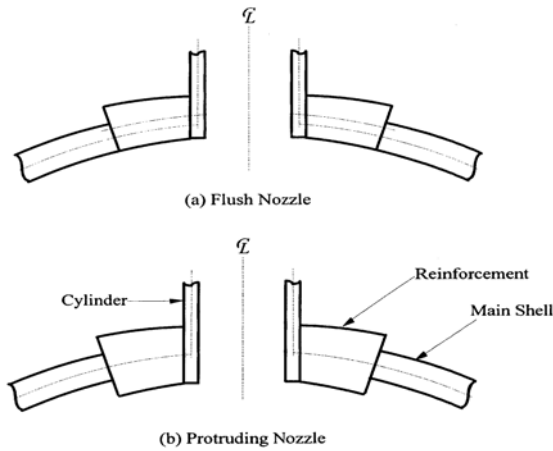


Fig. 30 Shell integral reinforcement⁽²³⁰⁾

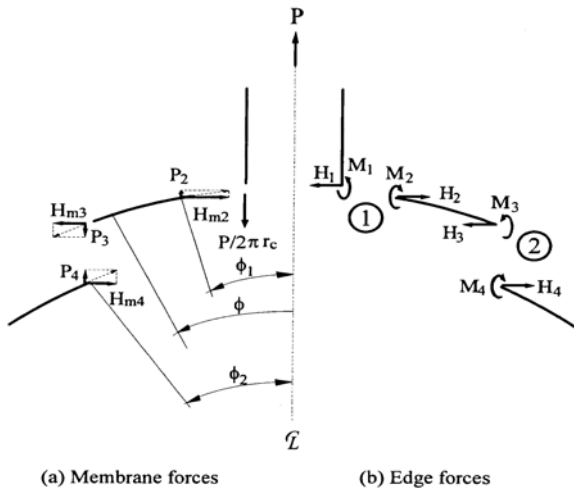


Fig. 31 Membrane and edge forces on components of nozzle-shell structure⁽²³⁰⁾

이르기까지 그 응용범위가 대단히 넓다.

원추셀에 대한 진동해석 및 응력해석, 음향해석 등이 수행되었다. 또한 중형셀과 축대칭 셀의 음향방사 해석과 진동모드 해석도 연구되었다.

직교이방성 적층 복합재료의 원추셀(Fig. 27)의 진동수방정식이 Flügge theory을 이용하여 유도되었으며 Galerkin method를 이용하여 해가 개발되었다. 신장강성계수가 증가하면 진동수 매개변수는 낮아진다. 셀의 반경각(semi-vertical angle) α 가 증가하면 진동수 매개변수는 낮아지며 또한, L/r_1 이 증가하면 진동수 매개변수도 낮아진다.⁽²²⁴⁾

반경방향력을 받는 구형셀의 노즐부 보강에 대한 해석해⁽²³⁰⁾도 개발되었다.(Fig. 28-31)

압력용기에서 노즐의 용접부위는 가장 취약한 부분이다. 구형 용기의 반경방향으로 설치되는 노즐은

압력용기 노즐의 대표적인 설계중의 하나로 원자력 설비를 포함한 일반산업설비에 널리 사용된다. 압력이 낮아 구형 압력용기의 두께가 얇은 경우에는 보강패드를 노즐주위에 설치하여 노즐을 보강한다.(Fig. 28) 내압이 높아 구형 압력용기의 두께가 두꺼운 경우 압력용기와 노즐의 용접성과 작업성을 향상시키기 위해 단조품을 가공한 노즐 일체형 및 셀 일체형으로 노즐을 보강한다(Fig. 29, 30). 축하중력이 작용할 때 노즐원통셀 및 구형셀의 결합부에서는 막응력과 굽힘응력이 작용한다(Fig. 31)

- 직교이방성 적층 복합재료 원추셀의 진동해석⁽²²⁴⁾
- 임의의 하중을 받는 원추셀의 응력분포⁽²²⁵⁾
- 원추형 셀의 음향조절에 관한 실험적 연구⁽²²⁶⁾
- 중형셀의 두께변화 및 비대칭효과에 따른 진동모우드 해석에 관한 연구⁽²²⁷⁾
- 축대칭 셀의 음향방사 해석에 관한 연구⁽²²⁸⁾
- 자유표면 근처에서의 구형 셀과 충격과의 비정상 유체-구조물 상호작용 해석⁽²²⁹⁾
- A Modified Solution of Radial Nozzle with Thick Reinforcement in Spherical Vessel Head Subjected to Radial Load⁽²³⁰⁾

후 기

본 논문의 원고정리를 도와준 충남대학교 대학원생 장진건군의 노고에 감사드립니다.

참고문헌

- (1) Kim, C.W., 1973, "Development of Shell Theory and Recent Research Trends," *Journal of KSME*, Vol. 13, No. 2, pp. 89~91.
- (2) Timoshenko, S. P. and Woinosky-Krieger, S., 1959, "Theory of Plates and Shells," Second Edition, McGraw Hill, ISBN : 0-07-085820-9.
- (3) Flügge, W., 1973, "Stresses in Shells," Second Edition, Springer Verlag, ISBN : 0-387-05322-0.
- (4) Steele, C. R., 1960, "Toroidal Shells with Nonsymmetric Loading," Ph.D. Thesis, Stanford University, USA.
- (5) Noor, A. K., 1990, "Bibliography of Monographs and Surveys on Shells," *Applied Mechanics Review*, Vol. 43, No. 9, pp. 223~234.
- (6) Pietraszkiewicz, W., 1992, "Addendum to: Bibliography of Monographs and Surveys on

- Shells," *Applied Mechanics Review*, Vol. 45, No. 6, pp. 249~250.
- (7) Noor, A. K. and Burton, W. S., 1992, "Computational Models for High-Temperature Multilayered Composite Plates and Shells," *Applied Mechanics Review*, Vol. 45, No. 10, pp. 419~446.
- (9) Noor, A. K., 1992, "Mechanics of Anisotropic Plates and Shells-a New Look at an Old Subject," *Computers and Structures*, Vol. 44, No. 3, pp. 499~514.
- (8) Singer, J., 1999, "On the Importance of Shell Buckling Experiments," *Applied Mechanics Review*, Vol. 52, No. 6, pp. 17~25.
- (10) Qatu, M. S., 2002, "Recent Research Advances in the Dynamic Behavior of Shells: 1989-2000, Part 1: Laminated Composite Shells," *Applied Mechanics Review*, Vol. 55, No. 4, pp. 325~350.
- (11) Qatu, M. S., 2002, "Recent Research Advances in the Dynamic Behavior of Shells: 1989-2000, Part 2: Homogeneous Shells," *Applied Mechanics Review*, Vol. 55, No. 5, pp. 415~434.
- (12) Amabili, M. and Paidoussis, M. P., 2003, "Review of Studies on Geometrically nonlinear Vibrations and Dynamics of Circular Cylindrical Shells and Panels, with and without Fluid-Structure Interaction," *Applied Mechanics Review*, Vol. 56, No. 4, pp. 349~381.
- (13) Krivoshapko, S. N., 2002, "Static, Vibration, and Buckling Analyses and Applications to One-sheet Hyperboloidal Shells of Revolution," *Applied Mechanics Review*, Vol. 55, No. 3, pp. 241~270.
- (14) Ambartsumian, S. A., "Nontraditional Theories of Shells and Plates," *Applied Mechanics Review*, Vol. 55, No. 5, pp. R35-R44, 2002.
- (15) Grigolyuk, E. and Tolkachev, V., 1987, "Contact Problems in the Theory of Plates and Shells," Imported Pubn, ISBN : 0828534322.
- (16) Rubin, M. B., 2000, "Cosserat Theories: Shells, Rods and Points," Springer, ISBN: 978-0-7923-6489-4.
- (17) Jawad, M. H., 2004, "Design of Plate and Shell Structures," ASME Press, ISBN : 1860583326.
- (18) Krauthammer, T. and Ventsel, E., 2001, "Thin Plates & Shells: Theory, Analysis, & Applications," CRC, ISBN : 0824705750.
- (19) Ivanova, J. and Pastrone, F., 2001, "Geometric Methods for Stability of Non-Linear Elastic Thin Shells," Springer, ISBN: 978-0-7923-7524-1.
- (20) Durban, D., Givoli, D. and Simmonds, J. G. (Eds.), 2002, "Advances in the Mechanics of Plates and Shells ; The Avinoam Libai Anniversary Volume," Springer, ISBN 978-1-4020-0380-6.
- (21) Wempner, G. and Talasliidi, D., 2002, "Mechanics of Solids and Shells:Theories and Approximations," CRC, ISBN: 0849396549.
- (22) Ciarlet, P. G., 2002, "Mathematical Elasticity : Theory of Shells (Studies in Mathematics and its Applications)," North Holland, ISBN : 0444828915.
- (23) Drew, H. R. and Pellegrino, S.(Eds), 2002, "New Approaches to Structural Mechanics, Shells and Biological Structures," Springer, ISBN: 978-1-4020-0862-7.
- (24) Hinton, E., Sienz, J. and Ozakca, M., 2003, "Analysis and Optimization of Prismatic and Axisymmetric Shell Structures: Theory, Practice and Software," Springer, ISBN: 1852334215.
- (25) Ye, J., 2003, "Laminated Composite Plates and Shells: 3D Modelling," Springer, ISBN:1852334541.
- (26) Reddy, J. N., 2003, "Mechanics of Laminated Composite Plates and Shells:Theory and Analysis, Second Edition," CRC,ISBN : 0849315921.
- (27) Chapelle, D. and Bathe, K. J., 2003, "The Finite Element Analysis of Shells - Fundamentals," Springer, ISBN: 978-3-540-41339-4.
- (28) Awrejcewicz, J. and Krysko, V. A., 2003, "Nonclassical Thermoelastic Problems in Nonlinear Dynamics of Shells ; Applications of the Bubnov-Galerkin and Finite Difference Numerical Methods," Springer, ISBN: 978-3-540-43880-9.
- (29) Qatu, M. S. 2004, "Vibration of Laminated Shells and Plates," Academic Press, ISBN : 0080442714
- (30) Kienzler, R., Altenbach, H. and Ott, I.(Eds.), 2004, "Theories of Plates and Shells; Critical Review and New Applications," Series: Lecture Notes in Applied and Computational Mechanics, Vol. 16, Springer, ISBN: 978-3-540-20997.
- (31) Li, H., Lam, K. Y. and Ng, R. T., 2005,

- "Rotating Shell Dynamics," Elsevier, ISBN : 0080444776.
- (32) Libai, A. and Simmonds, J. G., 2005, "The Nonlinear Theory of Elastic Shells," Cambridge University Press, ISBN: 0521019761.
- (33) Ciarlet, P. G., 2005, "An Introduction to Differential Geometry with Applications to Elasticity," Springer, ISBN: 978-1-4020-4247.
- (34) Chang, C. H., 2005, "Mechanics of Elastic Structures with Inclined Members ; Analysis of Vibration, Buckling and Bending of X-Braced Frames and Conical Shells," Springer, ISBN 978-3-540-24384-7.
- (35) Grady, D., 2006, "Fragmentation of Rings and Shells ; The Legacy of N.F. Mott," Springer, ISBN: 978-3-540-27144-4.
- (36) Awrejcewicz, J., Krysko, V. A. and Krysko, A. V., 2007, "Thermo-Dynamics of Plates and Shells," Springer, ISBN: 978-3-540-34261-8.
- (37) Lee, C. Y., 2008, "Geometrically Correct Laminated Composite Shell Modeling," VDM Verlag Dr. Mueller e.K., ISBN: 3836437619.
- (38) Voyiadjis, G. Z. and Woelke, P. L., 2008, "Elasto-Plastic and Damage Analysis of Plates and Shells," Springer, ISBN: 978-3-540-79350-2.
- (39) Onate, E., 2009, "Structural Analysis with the Finite Element Method. Linear Statics; Volume 2: Beams, Plates and Shells," Springer, ISBN: 978-1-4020-8742-4.
- (40) Hamidzadeh, H. R., 2009, "Vibrations of Thick Cylindrical Structures," Springer, ISBN: 978-0-387-75590-8.
- (41) Kim, C. W. and Lee, Y. S., 1978, "Study on the Exact Theory of Cylindrical Shells," *Trans. of KSME*, Vol. 2, No. 2, pp. 31~37.
- (42) Kim, C. W. and Lee, Y. S. 1979, "Study on the Approximate Theory of Cylindrical Shells," *Trans. of KSME*, Vol. 3, No. 4, pp. 158~163.
- (43) Lee, Y. S., 1980, "A Study on the Buckling Analysis of Cylindrical Shell under Uniform Lateral Pressure," *Trans. of Korean Institute of Industrial Educators*, Vol. 5, No. 2, pp. 144~148.
- (44) Kim, C. W. and Lee, Y. S., 1981, "Analysis of a Cantilever Cylindrical Shell by an Approximate Theory," *Trans. of KSME*, Vol. 5, No. 3, pp. 183~192.
- (45) Lee, Y. S., Park, J. H. and Ong, J. W., 1984, "Analysis of Orthotropic Cylindrical Shells Subjected to Localized Loads," *Trans. of KSME*, Vol. 8, No. 5, pp. 408~415.
- (46) Kim, C. W., 1972, "Numerical Analysis to Dynamic Buckling of Cylindrical Shell Under Lateral Impulsive Pressure," *Trans. of KSME*, Vol. 12, No. 3, pp. 123~180.
- (47) Sung, Y. Lu and Kim, C. W., 1981, "Dynamic Buckling of Orthotropic Cylindrical Shells," *Trans. of KSME*, Vol. 5, No. 4, pp. 266~273.
- (48) Kim, C. W., 1983, "Dynamic Stability of Orthotropic Cylindrical Shells under Axial Compression," *Trans. of KSME*, Vol. 7, No. 1, pp. 73~82.
- (49) Kim, C. W., 1972, "Equations of Motion for Nonhomogeneous Cylindrical Shells," *Trans. of KSME*, Vol. 12, No. 2, pp. 89~94.
- (50) Lee, Y. S. and Choi, B. D., 1987, "Stress Analysis for the Orthotropic Shells Subjected to Line Load Based on Novozhilov's Shell Theory," *Trans. of KSME*, Vol. 11, No. 5, pp. 789~799.
- (51) Lee, Y. S. and Lee, H., 1989, "Static and Dynamic Analysis of Laminated Composite Axisymmetric Shells," *Trans. of KSME*, Vol. 13, No. 6, pp. 1203~1214.
- (52) Lee, Y. S. and Song, S. Y., 1998, "A Study on the Structural Stress Analysis of the Steel and the GFRP Laminated Composite Cylindrical Shells with a Stiffened Circular Cutout," *Trans. of KSCM*, Vol. 11, No. 4, pp. 55~62.
- (53) Lee, D. S., 1982, "Nonlinear Analysis of Shallow Shells and Plates by Approximate Method," *Trans. of KSME*, Vol. 6, No. 2, pp. 176~182.
- (54) Lee, U. S., Lee, K. Y. and Zoo, Y. W., 1982, "Limit Analysis of the Cylindrical Shells under internally Localized Band Pressure," *Trans. of KSME*, Vol. 6, No. 1, pp. 16~26.
- (55) Yoo, S. H., 1993, "Analytical Methods for Plates and Shells with Discontinuities," *Trans. of KSME*, Vol. 33, No. 7, pp. 636~647.
- (56) Won, C. J., 1993, "Nonlinear Buckling and

- Imperfection Sensitivity Analyses of Shell Structures," *Trans. of KSME*, Vol. 33, No. 7, pp. 614~627.
- (57) Han, B. K., Lee, S. H., Lee, J. W. and Yu, T. I., 1996, "Buckling of Composite Cylindrical Shells Subjected to Torsion or Lateral Pressure," *Trans. of KSME*, Vol. 33, No. 7, pp. 1436~1444.
- (58) Ryu, H. S. and Sin, H. C., 1997, "Two Node Meridional Strain-based Axisymmetric Shell Elements," *Trans. of KSME*, Vol. 21, No. 6, pp. 925~932.
- (59) Kwon, Y. D., Lim, B. S. and Park, Y. H., 1999, "An Improvement of Bending Characteristics for Degenerated Shell Element by Modification of Gauss Integration Weights," *Trans. of KSME*, Vol. 23, No. 8, pp. 1328~1337.
- (60) Lee, B. C., Kim, J. H. and Lee, W. J., 1999, "A Design Curve of the Buckling Load for Cylindrical Shells with Cutouts," *Trans. of KSME*, Vol. 23, No. 10, pp. 1723~1731.
- (61) Choi, N. R. and Lee, B. C., 2000, "Estimation of Transverse Shear Stresses in Laminated Composite Structures Using 4-node Degenerated Shell Elements," *Trans. of KSME*, Vol. 24, No. 9, pp. 2292~2301.
- (62) Son, J. H. and Chae, S. W., 2004, "Automatic Generation of Finite Element Meshes on Midsurfaces in Shell Structures," *Trans. of KSME*, Vol. 24, No. 9, pp. 2292~2301.
- (63) Kim, S. H. and Lee, U. S., 2005, "Identification of the Structural Damages in a Cylindrical Shell," *Trans. of KSME*, Vol. 29, No. 12, pp. 1586~1596.
- (64) Lee, Y. S., and Ong, J. W., 1990, "Dynamic and Structural Analysis of Cylindrical Shells of Carbon-fibre-reinforced Polymer," *High Temperatures and High Pressures*, Springer-Verlag, Vol. 22, pp. 587~596.
- (65) Cho, W. M., Lee, B. E., Koo, S. H. and Lee, Y. S., 1995, "Effects of Geometric and Material Nonlinearity on the Stresses of Various Pressure Vessel Dome Shapes," *Computers and Structures*, Vol. 55, No. 6, pp. 1063~1075.
- (66) Lee, Y. S., Choi, M. H., and Kang, Y. H., 2001, "Thermal and Mechanical Characteristics of an Instrumented Capsule for a Material Irradiation Test," *Nuclear Engineering and Design*, Vol. 205, No. 1-2, pp. 207~214.
- (67) Lee, Y. S., Choi, M. H., Kang, Y. H. and Shin, D. S., 2002, "A Structural Analysis of the Circular Cylinder with Multi Holes under Thermal Loading," *Nuclear Engineering and Design*, Vol. 212, No. 1-3, pp. 273~279.
- (68) Ryu, C. H., Lee, Y. S., Choi, M. H. and Kim, Y. W., 2004, "A Study on Stress Analysis of Composite Cylindrical Shells with a Circular or Elliptical Cutout," *KSME International Journal*, Vol. 18, No. 5, pp. 808~813.
- (69) Lee, Y. S., Choi, Y. S., Kim, H. S. and Chung, S. H., 2005, "Analysis Technology on the Temperature and Thermal Stress of the Cask for Radioactive Material Transport," *Key Engineering Materials*, Vol. 297-300, pp. 1666~1671.
- (70) Lee, Y. S., Lee, J. J., Song, S. Y. and Kang, Y. K., 2006, "A Study on the Structural Stress Analysis of the Steel and the GFRP Laminated Composite Cylindrical Shell with a Stiffened Circular Cutout," *Key Engineering Materials*, Vol. 326-328, pp. 1837~1840.
- (71) Lee, Y. S., Park, J. H., Kim, J. H., Cha, K. J. and Hong, S. K., 2007, "Bauschinger Effect's Influence on the Compound Cylinder Containing an Autofrettaged Layer," *Key Engineering Materials*, Vol. 345-346, pp. 149~152.
- (72) Lee, S. Y., 1988, "Formulation of Shell Finite Elements Based on a New Method of Element Decomposition," *Journal of the Computational Structural Engineering Institute of Korea*, Vol. 1, No. 1, pp. 67~78.
- (73) Lee, P. S., 1989, "Analysis of Multiple Shell Structures Subjected to Lateral Loads," *Journal of the Computational Structural Engineering Institute of Korea*, Vol. 2, No. 2, pp. 73~83.
- (74) Woo, K. S., 1990, "Hierarchic Shell Model Based on p-Convergence," *Journal of the Computational Structural Engineering Institute of Korea*, Vol. 3, No. 1, pp. 59~70.
- (75) Choi, C. K. and Yoo, S. W., 1990, "Nonlinear Analysis of Improved Degenerated Shell Finite

- Element," *Journal of the Computational Structural Engineering Institute of Korea*, Vol. 3, No. 3, pp. 113~123.
- (76) Woo, K. S., 1991, "Advanced Finite Element Technology for Fracture Mechanics Analysis of Cracked Shells," *Journal of the Computational Structural Engineering Institute of Korea*, Vol. 4, No. 2, pp. 77~85.
- (77) Cho, B. W., 1994, "Finite Element Analysis of Glass Fiber Reinforced Plastic Pipes Under Internal Pressure," *Journal of the Computational Structural Engineering Institute of Korea*, Vol. 7, No. 2, pp. 101~109.
- (78) Byon, D. K., Yoon, S. K. and Park, S. S., 1994, "Finite Element Analysis of Bolted Connections using Joint Elements," *Journal of the Computational Structural Engineering Institute of Korea*, Vol. 7, No. 2, pp. 139~146.
- (79) Cheong, M. C., 1997, "A Study on Maximum Responses of Rotational Shells Subjected to Uneven Settlements by Stochastic Method," *Journal of the Computational Structural Engineering Institute of Korea*, Vol. 10, No. 3, pp. 175~184.
- (80) Kim, S. D., 1995, "Spectral Analysis of Nonlinear Dynamic Response for Dynamic Instability of Shallow Elliptic Paraboloidal Shells," *Journal of the Computational Structural Engineering Institute of Korea*, Vol. 8, No. 2, pp. 153~161.
- (81) Cho, J. R., 1996, "Mesh Design for the Finite Element Analysis of Thin Structures with Boundary Layers," *Journal of the Computational Structural Engineering Institute of Korea*, Vol. 9, No. 4, pp. 165~172.
- (82) Kim, S. D. and Cheung, J. H., 1998, "Buckling Behavior of Transversely Isotropic Composite Shells Subjected to Axial Compression," *Journal of the Computational Structural Engineering Institute of Korea*, Vol. 11, No. 3, pp. 229~239.
- (83) Han, S. C. and Yoon, S. H., 1999, "Hygrothermal Bending Analysis of Laminated Composite Plates and Shells Considering a Higher-order Shear Deformation," *Journal of the Computational Structural Engineering Institute of Korea*, Vol. 12, No. 1, pp. 37~44.
- (84) Choi, C. K. and Hong, H. S., 1999, "Analysis of Shell Using the Spline Finite Strip with Drilling DOF," *Journal of the Computational Structural Engineering Institute of Korea*, Vol. 12, No. 2, pp. 185~199.
- (85) Jang, C. D., Jung, J. W. and Moon, S. C., 1999, "Advancing Mesh Generation in Large Deformation Analysis of Shell Structures with Advancing Front Method," *Journal of the Computational Structural Engineering Institute of Korea*, Vol. 12, No. 3, pp. 447~455.
- (86) Kim, S. D., Park, J. Y. and Kwun, T. J., 1999, "The Instability Behavior of Shallow Sinusoidal Arches(1):Classification of Dynamic Buckling under Step Pressure," *Journal of the Computational Structural Engineering Institute of Korea*, Vol. 12, No. 3, pp. 407~415.
- (87) Kim, S. D., Park, J. Y. and Kwun, T. J., 1999, "The Instability Behavior of Shallow Sinusoidal Arches(2):Classification of Dynamic Buckling under Step Pressure," *Journal of the Computational Structural Engineering Institute of Korea*, Vol. 12, No. 3, pp. 417~426.
- (88) Choi, C. K. and Noh, H. C., 2000, "Statistical Behavior of RC Cooling Tower Shell due to Shape Imperfection," *Journal of the Computational Structural Engineering Institute of Korea*, Vol. 13, No. 1, pp. 147~158.
- (89) Choi, M. S., Kim, M. Y. and Chang, S. P., 2000, "Geometrically Nonlinear Analysis of Stiffened Shell Structures Using the Assumed Strain Shell Element," *Journal of the Computational Structural Engineering Institute of Korea*, Vol. 13, No. 2, pp. 209~220.
- (90) Kim, M. Y., Choi, M. S. and Chang, S. P., 2000, "Ultimate Strength Analysis of Stiffened Shell Structures Considering Effects of Residual Stresses," *Journal of the Computational Structural Engineering Institute of Korea*, Vol. 13, No. 2, pp. 197~208.
- (91) Nam, M.H. and Lee, K. H., 2000, "A simple analysis of the Cylindrical Shell Subjected to a Nonaxisymmetric Load," *Journal of the Computational Structural Engineering Institute of Korea*, Vol. 13, No. 2, pp. 179~187.

- (92) Seo, K. J., Min, B. C. and Kim, M. Y., 2000, "Spatial Free Vibration and Stability Analysis of Thin-Walled Curved Beams with Variable Curvatures," *Journal of the Computational Structural Engineering Institute of Korea*, Vol. 13, No. 3, pp. 321~328.
- (93) Choi, C. K., Kim, K. H. and Kim, J. B., 2001, "A study on Optimal of Cross Beam of Standard P.S.C Girder Bridge by Static Analysis," *Journal of the Computational Structural Engineering Institute of Korea*, Vol. 14, No. 1, pp. 43~55.
- (94) Lee, S. J. and Seo, J. M., 2001, "A 9-node Degenerated Shell Element for Inelastic Analysis of Reinforced Concrete Structures," *Journal of the Computational Structural Engineering Institute of Korea*, Vol. 14, No. 4, pp. 481~494.
- (95) Lee, S. J., 2002, "The Dynamic Nonlinear Analysis of Shell Containment Building subjected to Aircraft Impact Loading," *Journal of the Computational Structural Engineering Institute of Korea*, Vol. 15, No. 4, pp. 567~578.
- (96) Kim, J. G. and Loh, B. G., 2003, "Static and Vibration Analysis of Axisymmetric Shells Using Mixed Finite Element," *Journal of the Computational Structural Engineering Institute of Korea*, Vol. 16, No. 2, pp. 165~172.
- (97) Lee, K. H., Park, J. Y. and Kim, W. J., 2004, "An Analysis of axisymmetric Cylindrical Shell by the Leading Matrix Method," *Journal of the Computational Structural Engineering Institute of Korea*, Vol. 17, No. 2, pp. 193~201.
- (98) Lee, H. P. and Choun, Y. S., 2006, "Shell Finite Element for Nonlinear Analysis of Reinforced Concrete Containment Building," *Journal of the Computational Structural Engineering Institute of Korea*, Vol. 19, No. 1, pp. 93~103.
- (99) Cho, M. H., Choi, J. B. and Roh, H. Y., 2007, "Integration of Shell Analysis and Surface Modeling," *Journal of the Computational Structural Engineering Institute of Korea*, Vol. 20, No. 2, pp. 181~190.
- (100) Kim, S. B., Han, M. Y. Kim, M. Y., Ji, T. S. and Jung, K. H., 2007, "Flexural Behavior of Steel Composite Beam with Built-up Cross-section by Bolt Connection," *Journal of the Computational Structural Engineering Institute of Korea*, Vol. 20, No. 2, pp. 207~216.
- (101) Kim, K. D., Byun, Y. J., Kim, H. K., Lomboy, G. R., S. Songsak, and Kim, Y. h., 2007, "Development of Quasi-Conforming Shell Element for the Three Dimensional Construction Stage Analysis of PSC Bridge," *Journal of the Computational Structural Engineering Institute of Korea*, Vol. 20, No. 3, pp. 329~338.
- (102) Hwang, D. S., 1998, "CLA Model and Assessment of Satellite," *Journal of the Korean Society of Aeronautical and Space Sciences*, Vol. 26, No. 7, pp. 108~222.
- (103) Hwang, D. S., 1999, "Pointing Error Analysis of Satellite under On-Orbit Thermal Environments", *Journal of the Korean Society of Aeronautical and Space Sciences*, Vol. 27, No. 1, pp. 145~151.
- (104) Hwang, D. S., 1999, "Design and Analysis of Satellite Structure," *Journal of the Korean Society of Aeronautical and Space Sciences*, Vol. 27, No. 2, pp. 111~121.
- (105) Kim, J. H., Kim, S. H., Rhee, J. H. and Hwang, D. S., 2000, "The Design and Analysis of KOMPSAT SDM," *Journal of the Korean Society of Aeronautical and Space Sciences*, Vol. 28, No. 5, pp. 133~140.
- (106) Lee, H. H., Rhee, J. H., Hwang, D. S., Kim, S. H., Kim, J. H. and Kim, H. J., 2002, "Structural Loads Prediction of KOMPSAT-1 by Coupled Loads Analysis," *Journal of the Korean Society of Aeronautical and Space Sciences*, Vol. 30, No. 3, pp. 123~129.
- (107) Ko, D. W. and Hong, C. S., 1984, "Buckling Analysis of Laminated composite Cylindrical Shell by the Finite Element Method," *Journal of the Korean Society of Aeronautical and Space Sciences*, Vol. 12, No. 1, pp. 1085~1094.
- (108) Cho, C. M. and Hong, C. S., 1985, "Finite Element Analysis of Laminated Composite Shell," *Journal of the Korean Society of Aeronautical and Space Sciences*, Vol. 13, No. 2, pp. 2017~2031.
- (109) Kim, K. S. and Kim, H. W., 1990, "A Study on Structure Analysis of a Multi-Cell Box Beam

- Type Wing," Vol. 18, No. 4, pp. 4067~4075.
- (110) Kim, J. H., 1994, "An Assumed Strain Shell Element Model by Allowing Transverse Shear Deformation and Thickness Change," *Journal of the Korean Society of Aeronautical and Space Sciences*, Vol. 22, No. 3, pp. 3025~3031.
- (111) Kim, J. H., 1995, "Large Deformation Analysis of Laminated Composite Shells with Stabilization Matrix," *Journal of the Korean Society of Aeronautical and Space Sciences*, Vol. 23, No. 2, pp. 2069~2074.
- (112) Yang, M. S. and Lee, Y. W., 1997, "A Study on the Measurement of Roll Moment of Inertia of a Large Cylindrical Shell," *Journal of the Korean Society of Aeronautical and Space Sciences*, Vol. 25, No. 6, pp. 163~170.
- (113) Kong, C. and Kim, K., 1998, "An Experimental and Analytical Study for Structural Behaviors of Carbon/Epoxy Propeller Blade with The Shell-Spar-Foam," *Journal of the Korean Society of Aeronautical and Space Sciences*, Vol. 26, No. 2, pp. 166~343, 1998.
- (114) Kim, J. H. and Kim, Y. H., 1999, "An Assumed Strain Solid Triangular Element Formulation for the Efficient Analysis of Plates and Shells," *Journal of the Korean Society of Aeronautical and Space Sciences*, Vol. 27, No. 3, pp. 78~82.
- (115) Kim, J. H. and Kim, Y. H., 2001, "A Three Node Triangular Shell Element Formulation Based on the Assumed Natural Strain," *Journal of the Korean Society of Aeronautical and Space Sciences*, Vol. 29, No. 4, pp. 64~70.
- (116) Kim, C., Lee, S. H. and Cho, M. H., 2003, "Shape Recovery Analyses of SMA Actuator Activated Composite Shells considering 3-D SMA Material Behaviors," *Journal of the Korean Society of Aeronautical and Space Sciences*, Vol. 31, No. 4, pp. 44~52.
- (117) Kim, C. H., 2005, "Curved Quadratic Triangular Degenerated Shell Elements for Geometric Non-linear Analysis," *Journal of the Korean Society of Aeronautical and Space Sciences*, Vol. 33, No. 2, pp. 46~53.
- (118) Shul, C. W. and Lee, K. B., 2005, "Experimental Evaluation Study on the Integrity of Plastic Shell Structure Using Acoustic Emission Technique," *Journal of the Korean Society of Aeronautical and Space Sciences*, Vol. 33, No. 12, pp. 39~47.
- (119) Lee, Y. S., Kang, M. J. and Cho, W. M., 1992, "A Study on the Burst Pressure of Circular Tubes," *Trans. of KSME*, Vol. 16, No. 6, pp. 1056~1063.
- (120) Kim, I. W., Lee, S. B., Rew, J. B., Choi, Y. J. and Lee, Y. S., 1993, "A Study on the Behaviour of Axisymmetric Outer Tube and Inner Movable Part Under Pressure and Thermal Load," *Journal of the Korean Society of Precision Engineering*, Vol. 10, No. 1, pp. 114~125.
- (121) Koh, S. and Lee, Y. S., 1993, "Finite Element Analysis of Pipe Whip Restraint Behavior under Jet Thrust Forces," *Journal of the Korean Nuclear Society*, Vol. 25, No. 3, pp. 353~360.
- (122) Cho, W. M., Lee, Y. S. and Youn, S. K., 1993, "Nonlinear Numerical Analysis and Experiment of Composite Laminated Shell," *Trans. of KSME*, Vol. 17, No. 8, pp. 2051~2060.
- (123) Lee, Y. S., Cho, W. M., Lee, B. E. and Koo, S. H., 1993, "Online Stress Analysis of Pressure Vessel for Various Dome Shapes and Thicknesses," *Trans. of KSME*, Vol. 17, No. 10, pp. 2634~2645.
- (124) Lee, Y. S., Choi, Y. J. and Kang, Y. H., 2004, "Temperature Analysis of the Cylindrical Structure with Multi-Holes of HANARO Irradiation Test," *Journal of the Computational Structural Engineering Institute of Korea*, Vol. 17, No. 4, pp. 405~412.
- (125) Jeon, S. Y. and Lee, Y. S., 2005, "A Study on the Buckling Characteristics of Spacer Grids in Pressurized Water Reactor Fuel Assembly," *Journal of the Computational Structural Engineering Institute of Korea*, Vol. 18, No. 4, pp. 405~416.
- (126) Kim, C. W. and Lee, Y. S., 1977, "Elastic-plastic Analysis of the Autofrettage Process by a Mechanical-push Swaging," *Trans. of the KSME*, Vol. 1, No. 1, pp. 40~47.
- (127) Sonn, S. Y., Shin, K. H. and Kim, S. Y., 1980, "Fundamentals on Swaging Autofrettage Analysis and Its Application to the Design and

- Manufacturing Process of the Thick Cylinders (I) -Based on the Plane strain field and Tresca's Yield Criterion," *Trans. of KSME*, Vol. 4, No. 2, pp. 54~62.
- (128) Sonn, S. Y. and Kim, S. Y., 1981, "Fundamentals on the Analysis of the Swaging Autofrettage and its Application to the Design and Manufacturing Process of the Thick Cylinders (II) -Development of a Computer Program for the Design and the Processing of Thick Cylinders-," *Trans. of KSME*, Vol. 5, No. 4, pp. 362~367.
- (129) Lee, S. I., Kim, Y. I., Koh, S. K., Chung, S. H. and Lee, S. W., 1997, "Low Cycle Fatigue Life Evaluation of External Grooved C-shaped Specimen," *Trans. of the KSME(A)*, Vol. 21, No. 2, pp. 199~208.
- (130) Lee, S. I., Kim, J. Y., Chung, S. H. and Koh, S. K., 1998, "Fatigue Crack Propagation Life Evaluation of an Autofrettaged Thick-Walled Cylinder," *Trans. of the KSME*, Vol. 22, No. 2, pp. 321~329.
- (131) Park, J. H., Lee, Y. S., Kim, J. H., Cha, K. U. and Hong, S. K., "Machining Analysis of the Autofrettaged Compound Cylinder," *Trans. of KSME (A)*, Vol. 31, No. 7, pp. 800~807.
- (132) Park, J. H., Lee, Y. S., Kim, J. H., Cha, K. U. and Hong, S. K., 2008, "Machining Effect of the Autofrettaged Compound Cylinder under Varying Overstrain Level," *Journal of Material Processing Technology*, Vol. 201, No. 1-3, pp. 491~496.
- (133) Lee, Y. S. Jun, B. H. and Oh, J. M., 1997, "A Study on the Design Optimization of Composite Cylindrical Shells with Vibration, Buckling Strength and Impact Strength Characteristics," *Trans. of KSAE*, Vol. 5, No. 4, pp. 48~69.
- (134) Myung, C. M., Lee, Y. S. and Ryu, C. H., 2001, "A Study on the Prediction of the Loaded Location of the Composite Laminated Shell by Using Neural Networks," *Trans. of KSME*, Vol. 14, No. 5, pp. 26~37.
- (135) Myung, C. M., Lee, Y. S. and Seo, I. S., 2002, "Prediction of the Loading Characteristics by Neural Networks Using Structural Analysis of Composite Cylindrical Shells," *Journal of the Computational Structural Engineering Institute of Korea*, Vol. 15, No. 1, pp. 137~146.
- (136) Lee, Y. S. and Lee, K. D., 1993, "On the Dynamic Response of Laminated Circular Cylindrical Shells under Dynamic Loads," *Trans. of KSME*, Vol. 17, No. 11, pp. 2684~2693.
- (137) Lee, Y. S., Oh, J. S. Kang, K. H. and Choi, B. D., 1998, "A Study of Penetration History of Conically-Nosed Bullet on Layered Targets," *Trans. of KSME*, Vol. 22, No. 6, pp. 1022~1035.
- (138) Lee, Y. S., Kang, K. H., Choi, B. D., Park, K. J., Chung, S. K. and Oh, J. S., 1998, "A Study on the Penetration Characteristics of the Rigid Impactor into the Lead Target," *Journal of the Computational Structural Engineering Institute of Korea*, Vol. 11, No. 4, pp. 147~154.
- (139) Lee, Y. S. and Kim, Y. J., 1993, "A Study on the Dynamic Behaviors of a Shipping Container Under Drop Impact Loading," *Trans. of KSME*, Vol. 18, No. 11, pp. 2805~2816.
- (140) Lee, Y. S., Lee, H. C., Chung, S. H., Lee, H. Y. and Kim, Y. J., 2001, "Structural Analysis for the Container-Shped Type A Package of Radioactive Materials," *Journal of the Computational Structural Engineering Institute of Korea*, Vol. 14, No. 2, pp. 143~150.
- (141) Lee, Y. S., Choi, Y. J., Kim, S. J., Kim, Y. J. and Lee, J. H., 2005, "A Study on the Free Drop Impact Characteristics of Spent Nuclear Fuel Shipping Casks by LS-DYNA3D and ABAQUS/Explicit Code," *Journal of the Computational Structural Engineering Institute of Korea*, Vol. 18, No. 1, pp. 43~49.
- (142) Lee, Y. S., Kim, Y. J. and Choi, Y. J., 2005, "Formulation on the Empirical Equation of the Cask Impact Forces by Dimensional Analysis," *Journal of the Computational Structural Engineering Institute of Korea*, Vol. 18, No. 3, pp. 245~254.
- (143) Kim, Y. J., Lee, Y. S., Choi, Y. J. and Kim, W. T., 2005, "A Study on the Dynamic Impact Response Analysis of Cask by Modal Superposition Method," *Journal of the Computational Structural Engineering Institute of Korea*, Vol. 18, No. 4, pp. 373~383.

- (144) Lee, Y. S., and Lee, K. D., 1997, "On the Dynamic Response of Laminated Circular Cylindrical Shells Under Impulse Loads," *Computers and Structures*, Vol. 63, No. 1 pp. 149~158.
- (145) Lee, Y. S., Kim, H. S., Kang, Y. H., Chung, S. H. and Choi, Y. J., 2004, "Effect of Irradiation on the Impact and Seismic Response of a Spent Fuel Storage and Transport Cask," *Nuclear Engineering and Design*, Vol. 232, pp. 123~129.
- (146) Lee, Y. S., Kim, H. S., Choi, Y. J. and Kim, Y. J., 2005, "Analysis Technology on the Thick Plate Free Drop Impact of the Cask for Radioactive Material Transport," *Key Engineering Materials*, Vols.297-300, pp. 1350~1355.
- (147) Lee, Y. S., Ryu, C. H., Kim, H. S., and Choi, Y. J., 2005, "A Study on the Free Drop Impact of Cask by Commercial FEM Codes," *Nuclear Engineering and Design*, Vol. 235, No. 6, pp. 2219~2226.
- (148) Lee, Y. S., Kim, Y. J., Choi, Y. J. and Lee, E. Y., 2008, "Formulation on the Empirical Equation of the Cask Impact Forces by Dimensional Analysis," *International Journal of Modern Physics B* Vol. 22, No. 9, pp. 1612~1617.
- (149) Lee, J. H., Kim, J. H., Lee, J. J., Lee, Y. S., Koo, S. H. and Moon, S. I., 2008, "Impact Simulation and Analysis of a Glass Ceramic Spherical Dome," *International Journal of Modern Physics B*, Vol. 22, No. 9, pp. 1483~1488.
- (150) Lee, J. Y. and Kang, Y. C., 1997, "Chaotic Response of a Spherical Shell to Impulsive Loading," *Journal of the Computational Structural Engineering Institute of Korea*, Vol. 10, No. 3, pp. 167~174.
- (151) Song, H. W., Bang, J. Y., Byun, K. J. and Choi, K. R., 1999, "Failure Analysis of RC Cylindrical Structures using Layered Shell Element with a Pressure Node," *Journal of the Computational Structural Engineering Institute of Korea*, Vol. 12, No. 3, pp. 475~484.
- (152) Lee, Y. S., Koh, S. and Nho, S. H., 1995, "A Study on the Transsient Analysis of Pipe and Resranint Due to Impact Loading," *Trans. of KSME*, Vol. 19, No. 11, pp. 2757~2768.
- (153) Lee, Y. S., Moon, H. K. and Yoon, J. H., 1986, "Free Vibration Analysis of Clamped-Free Laminated Orthotropic Circular Cylindrical Shells," *Trans. of KSME*, Vol. 10, No. 6, pp. 929~936.
- (154) Lee, Y. S. and Moon, H. K., 1988, "Vibration Analysis of Laminated Graphite-Epoxy Circular Cylindrical Shells," *Trans. of KSME*, Vol. 12, No. 4, pp. 670~674.
- (155) Lee, Y. S. and Chang, S. J., 1989, "Vibration Analysis of Hybrid Laminated Composite Cylindrical Shells," *Journal of the Korean Society of Aeronautical and Space Sciences*, Vol. 17, No. 3, pp. 45~59.
- (156) Lee, Y. S. and Kang, I. S., 1989, "Free Vibration of Orthotropic Laminated Composite Conical Shells," *Trans. of KSME*, Vol. 13, No. 4, pp. 595~603.
- (157) Lee, Y. S., Ahn, S. K. and Lee, U. S., 1989, "Buckling and Vibration of Laminated composite Non-Circular Cylindrical Shells," *Trans. of KSME*, Vol. 13, No. 5, pp. 807~819.
- (158) Lee, Y. S. and Kim, Y. W., 1996, "Vibration Analysis of the Rotating Hybrid Cylindrical Shells Laminated with Metal and Composite," *Trans. of KSME*, Vol. 20A, No. 3, pp. 968~977.
- (159) Yim, J. S. and Lee, Y. S., 1996, "Free Vibration Anaysis of Clamped-Free Circular Cylindrical Shells with Circular Plate at Top," *Trans. of KSNVE*, Vol. 6, No. 6, 801~818.
- (160) Yim, J. S., Lee, Y. S. and Sohn, D. S., 1996, "Free Vibration Analysis of the Cantilevered Circular Cylindrical Shells Combined with Circular Plates at Axial Positions," *Trans. of KSNVE*, Vol. 7, No. 2, pp. 331~346.
- (161) Lee, Y. S. and Choi, M. H., 1999, "A Study on the Vibration Characteristics of Steel and Plain Weave Composite Cylindrical Shells Comined with Internal Plate Structures," *Trans. of KSNVE*, Vol. 9, No. 1, pp. 149~162.
- (162) Lee, Y. S., Choi, M. H. and Shin, D. S., 1999, "Free Vibration Characteristics of the Steel and GFRP Composite Cylindrical Shells with Simply Supported Conditions," *Trans. of KSNVE*, Vol. 9, No. 2, pp. 273~284.

- (163) Lee, Y. S. and Choi, M. H., 1999, "Free Vibration of Composite Cylindrical Shells with a Longitudinal, Interior Rectangular Plate," *Trans. of KSCM*, Vol. 12, No. 5, pp. 65~79.
- (164) Han, C. H. and Lee, Y. S., 2001, "A Study on the Vibrational Characteristics of the Continuous Circular Cylindrical Shell with the Multiple Supports Using the Experimental Modal Analysis," *Trans. of KSNVE*, Vol. 11, No. 4, pp. 43~51.
- (165) Han, C. H. and Lee, Y. S., 2002, "Vibration Analysis of the Continuous Circular Cylindrical Shell with the Clamped-clamped Supports at Two End Edges," *Trans. of KSNVE*, Vol. 12, No. 2, pp. 97~107.
- (166) Jeong, K. H., Kwon, D. G., Lee, S. C. and Park, J. S., 1995, "The Effect of Liquid Level on Free Vibration of a Liquid-Filled Circular Cylindrical Shell," *Trans. of KSME*, Vol. 19, No. 12, pp. 3205~3215, 1995.
- (167) Kim, J. H., Kim, H. S. and Kim, Y. Y., 2000, "Free Vibration Analysis of a T Joint Using Thin-Walled Beam and Shell Elements," *Trans. of KSME*, Vol. 24, No. 9 pp. 2334~2343.
- (168) Kim, Y. W. and Chung, K., 2005, "Free Vibration Analysis of Combined Cylindrical Shells with an Annular Plate Considering Additional Deformations," *Trans. of KSME (A)*, Vol. 29, No. 3, pp. 439~446.
- (169) Lee, Y. S., Yang, M. S., Kim, H. S., and Kim, J. H., 2002, "A Study on the Free Vibration of the Joined Cylindrical-Spherical Shell Structures," *Computers & Structures*, Vol. 80, No. 27-30, pp. 2405~2414.
- (170) Lee, Y. S., Choi, M. H., and Kim, J. H., 2003, "Free Vibrations of Laminated Composite Cylindrical Shells with an Interior Rectangular Plate," *Journal of Sound and Vibration*, Vol. 265, No. 4, pp. 795~817.
- (171) Yim, J. S., Sohn, D. S., and Lee, Y. S., 1998, "Free Vibrations of Clamped-Free Circular Cylindrical Shell with a Plate Attached at an Arbitrary Axial Position," *Journal of Sound and Vibration*, Vol. 213, No. 1, pp. 75~88.
- (172) Lee, Y. S. and Kim, Y. W., 1999, "Nonlinear Free Vibration Analysis of the Rotating Hybrid Cylindrical Shells," *Computers and Structures*, Vol. 70, No. 2, pp. 161~168.
- (173) Lee, Y. S., Choi, M. H., 2001, "Free Vibrations of Circular Cylindrical Shells with an Interior Plate Using the Receptance Method," *Journal of Sound and Vibration*, Vol. 248, No. 3, pp. 477~497.
- (174) Ji, Y. K. and Lee, Y. S., 2002, "Evaluation of Analytical Vibration Characteristics for Triple Cylindrical Shells Filled with Fluid," *Trans. of KSNVE*, Vol. 12, No. 2, pp. 150~160.
- (175) Lee, Y. S. and Han, C. H., 2000, "A Free Vibration Analysis of the Continuous Circular Cylindrical Shell with the Multiple Simple Supports Using the Receptance Method," *Trans. of KSNVE*, Vol. 10, No. 6, pp. 998~1008.
- (176) Kim, Y. W., and Lee, Y. S., 2004, "Coupled Vibration Analysis of Liquid-Filled Rigid Cylindrical Storage Tank with an Annular Plate Cover," *Journal of Sound and Vibration*, Vol. 279, No. 1-2, pp. 217~235.
- (177) Lee, Y. S., Kim, H. S., and Han, C. H., 2006, "A Study on the Vibrational Characteristics of the Continuous Circular Cylindrical Shell with Multiple Supports Using the Experimental Modal Analysis," *Key Engineering Materials*, Vol. 326-328, pp. 1617~1620.
- (178) Jung, M. J., Song, S. H., Jeong, K. H. and Kim, T. H., 1999, "Modal Analysis of Cylindrical Shell using a Scale Model of the Core Support Barrel," *Journal of the Computational Structural Engineering Institute of Korea*, Vol. 12, No. 1, pp. 15~27.
- (179) Kang, J. H., Yang, K. H. and Chang, K. H., 2002, "Three-Dimensional Vibration Analysis of Thick Shells of Revolution," *Journal of the Computational Structural Engineering Institute of Korea*, Vol. 15, No. 3, pp. 399~407.
- (180) Shim, H. J., Chang, K. H. and Kang, J. H., 2003, "Three-Dimensional Vibration Analysis of Solid and Hollow Hemispheres Having Varying Thickness," *Journal of the Computational Structural Engineering Institute of Korea*, Vol. 16, No. 2, pp. 197~206.

- (181) Shim, H. J. and Kang, J. H., 2003, "Vibration Analysis of Thick Hyperboloidal Shells of Revolution from a Three-Dimensional Analysis," *Journal of the Computational Structural Engineering Institute of Korea*, Vol. 16, No. 4, pp. 419~429.
- (182) Jhung, M. J and Jo, J. C., 2006, "Free Vibration Analysis of Perforated Shell Submerged in Fluid," *Journal of the Computational Structural Engineering Institute of Korea*, Vol. 19, No. 3, pp. 247~258.
- (183) Shin, D. K., 1995, "Nonlinear Vibrations of Symmetrically Laminated Moderately Thick Shallow Shells," *Journal of the Korean Society of Aeronautical and Space Sciences*, Vol. 23, No. 6, pp. 6082~6094.
- (184) Lee, Y. S. and Cheon, I. H., 1990, "Vibration Characteristics of Pipe Element Containing Moving Medium by a Transfer Matrix," *Trans. of KSME*, Vol. 15, No. 1, pp. 366~375.
- (185) Lee, Y. S., Kang, E. S., Kim, Y. H., Moon, H. K., Oh, J. M. and Byun, Y. C., 1997, "Development of a Cylindrical Type Piezoelectric Vibrating Gyroscope," *Journal of the Korean Society of Aeronautical and Space Sciences*, Vol. 25, pp. 106~116.
- (186) Lee, Y. S., Kang, E. S., Choi, M. H. and Shin, D. S., 2000, "Evaluation of Structural Integrity for HANARO Capsule Structure by Vibration Test and Analysis," *Trans. of KSNVE*, Vol. 10, No. 2, pp. 261~268.
- (187) Kim, Y. W., Bae, Y. C. and Lee, Y. S., 2005, "Countermeasure on High Vibration of Branch Pipe with Pressure Pulsation Transmitted from Main Steam Header," *Trans. of KSNVE*, Vol. 15, No. 8, pp. 988~995.
- (188) Kim, C. W. and Kim, C. K., 1992, "Dynamic Behavior of Laminated Orthotropic Cylindrical Shells," *Trans. of KSME*, Vol. 16, No. 10, pp. 1807~1815.
- (189) Lee, Y. S. and Kim, Y. W., 1996, "Buckling and Vibration Analysis of the Axially Stiffened Composite Laminated Cylindrical Shells," *Trans. of KSME*, Vol. 20, No. 7, pp. 2223~2233.
- (190) Lee, Y. S. and Kim, Y. W., "Study on the Orthogonal Stiffening Characteristics for the Natural Frequencies and Buckling Loads of the Composite Laminated Cylindrical Shells," *Trans. of KSNVE*, Vol. 6, No. 4, pp. 457~467.
- (191) Youm, K. U., Yoon, K. H., Lee, Y. S. and Kim, J. K., 1996, "Dynamic Behavior Analysis of Stiffened Cylindrical Shell Filled with Fluid," *Trans. of KSME*, Vol. 20, No. 9, pp. 2875~2886.
- (192) Lee, Y. S. and Kim, Y. W., 1997, "Vibration Analysis of the Rotating Composite Cylindrical Shells with Orthogonal Stiffeners," *Trans. of KSCM*, Vol. 10, No. 1, pp. 12~22.
- (193) Kim, Y. W. and Lee, Y. S., 1999, "Vibration Characteristics of Ring-Stiffened Composite Cylindrical Shells with Various Edge Boundary Conditions," *Trans. of KSNVE*, Vol. 9, No. 3, pp. 485~492.
- (194) Lee, Y. S., Ryu, C. H. and Kim, Y. W., 1999, "Stress Analysis of the Cylindrical Shells with a Reinforced Circular or an Elliptical Cutout Under the Axial Compression," *Trans. of KSME*, Vol. 23, No. 10, pp. 1827~1836.
- (195) Kim, Y. W. and Lee, Y. S., 1999, "Vibration Analysis of Ring Stiffened Cylindrical Shells with a Rectangular Cutout," *Trans. of KSME*, Vol. 23, No. 11, pp. 2040~2049.
- (196) Lu, S. Y. and Kim, C. W., 1981, "Dynamic Buckling of Orthotropic Cylindrical Shells," *Trans. of KSME*, Vol. 5, No. 4, pp. 266~273.
- (197) Koo, J. S., Kwon, O. G., Choi, J. M. and Kwon, Y. D., 1992, "Design Strategy of Stiffened Composite Shell Structure to Improve the Buckling Strength Using Numerical Experiments Based on Orthogonal Arrays," *Trans. of KSME*, Vol. 16, No. 3, pp. 527~539.
- (198) Kim, Y. W., Park, G. S. and Min, O. K., 1991, "Stiffener Elements of Eccentrically Stiffened Plate/Shell," *Trans. of KSME*, Vol. 15, No. 3, pp. 789~798.
- (199) Lee, W. J. and Lee, B. C., 2000, "An Eccentric Degenerated Shell Element for the Geometrically Nonlinear Analysis of Stiffened Structures," *Trans. of KSME (A)*, Vol. 24, No. 7, pp. 1721~1730.
- (200) Kim, Y. W., 2001, "Transient Analysis of

- Composite Cylindrical Shells with Ring Stiffeners," *Trans. of KSME*, Vol. 25, No. 11, pp. 1802~1812.
- (201) Lee, Y. S. and Kim, Y. W., 1998, "Vibration Analysis of the Rotating Composite Cylindrical Shells with Orthogonal Stiffeners," *Computers and Structures*, Vol. 69, No. 2, pp. 271~281.
- (202) Lee, Y. S. and Kim, Y. W., 1999, "The Effect of Boundary Conditions on the Natural Frequencies for the Rotating Composite Cylindrical Shells with Orthogonal Stiffeners" *Advances in Engineering Software*, Vol. 30, No. 9-11, pp. 649~655.
- (203) Kim, Y. W., Lee, Y. S., 2002, "Transient Analysis of Ring-Stiffened Composite Cylindrical Shells with Both Edges Clamped," *Journal of Sound and Vibration*, Vol. 252, No. 1, pp. 1~17.
- (204) Kim, Y. W., Lee, Y. S. and Ko, S. H., 2004, "Couple Vibration of Partially Fluid-Filled Cylindrical Shells with Ring Stiffness," *Journal of Sound and Vibration*, Vol. 276, No. 3-5, pp. 869~897.
- (205) Lee, Y. S., and Kim, D. W., 1989, "A Study on the Optimization of the Stiffened Cylindrical Shell," *Trans. of KSME*, Vol. 13, No. 2, pp. 205~212.
- (206) Lee, Y. S. and Kim, Y. W., 1998, "Study on Structural Vibration Analysis and Design Optimization of Rotating Composite Cylindrical Shells with Cutout," *Trans. of KSNVE*, Vol. 8, No. 3, pp. 467~476.
- (207) Park, K. S. and Youn, S. K., 2007, "Lightweight Design of Shell Structures Using Adaptive Inner-Front Level Set Based Topology Optimization," *Trans. of KSME*, Vol. 31, No. 12, pp. 1180~1187.
- (208) Won, C. J., 1992, "A Study on the Minimum Weight Design of Stiffened Cylindrical Shells," *Trans. of KSME*, Vol. 16, No. 4, pp. 630~648.
- (209) Lee, Y. S., Kim, Y. W., Cho, W. M. and Oh, K. H., 1994, "Optimal Thickness Design Ellipsoidal and Tori-Spherical Pressure Vessel Domes," *Trans. of KSME*, Vol. 18, No. 3, pp. 702~715.
- (210) Lee, Y. S. and Ryu, C. H., 2007, "A Study on Ranked Bidirectional Evolutionary Structural Optimization(R-BESO) Method for Fully Stressed Structure Design Based on Displacement Sensitivity," *Journal of Mechanical Science and Technology*, Vol. 21 No. 12, pp. 1994~2004.
- (211) Kim, H. S. and Lee, Y. S., 2008, "Optimization Design Technique for Reduction of Sloshing by Evolutionary Methods," *Journal of Mechanical Science and Technology*, Vol. 22, No. 1, pp. 25~33.
- (212) Kim, I. Y. and Kwak, B. M., 1994, "Shape Design Sensitivity Analysis and Optimization of Axisymmetric Shell Structures," *Journal of the Computational Structural Engineering Institute of Korea*, Vol. 7, No. 2, pp. 147~153.
- (213) Lim, O. K., Lee, B. W., Jeon, W. S. and Jeong, H. G., 1995, "Optimum Design of the Cylindrical Shell under External Pressure Loading," *Journal of the Computational Structural Engineering Institute of Korea*, Vol. 8, No. 1, pp. 85~94.
- (214) Lee, S. J. and Han, S. E., 1999, "A Study on the Shape and Thickness Optimizations of Shells Using CAGD through Minimization of Strain Energy with Volume Constraint," *Journal of the Computational Structural Engineering Institute of Korea*, Vol. 12, No. 4, pp. 551~561.
- (215) Lee, S. J., 2000, "Shape and Thickness Optimizations of Prismatic Shells Using a Simple Sweep Geometric Model," *Journal of the Computational Structural Engineering Institute of Korea*, Vol. 13, No. 2, pp. 221~230.
- (216) Cho, M. H., Roh, H. Y. and Kim, H. C., 2004, "Geometric Modeling, Finite Element Analysis, and Shape Optimization of Shell Structures," *Journal of the Computational Structural Engineering Institute of Korea*, Vol. 17, No. 1, pp. 25~33.
- (217) Lee, S. J., 2004, "A Perceptive Opinion on Design Optimization for Shell Structures," *Journal of the Computational Structural Engineering Institute of Korea*, Vol. 17, No. 2, pp. 24~30.
- (218) Yang, W. J. and Choi, J. H., 2007, "A Study on Shape Optimum Design for Stability of Elastic Structures," *Journal of the Computational Structural Engineering Institute of Korea*, Vol. 20, No. 1, pp. 75~82.
- (219) Lee, Y. S., Kim, I. G. and Hwang, D. S.,

- 2004, "Optimization Method of Structure by Using Coupled Load Analysis," *Journal of the Korean Society of Aeronautical and Space Sciences*, Vol. 32, No. 6, pp. 34~48.
- (220) Hwang, D. S., Lee, Y. S. and Kim, I. G., 2002, "Optimization of Spacecraft Structure by Using Coupled Load Analysis," *Journal of the Korean Society of Aeronautical and Space Sciences*, Vol. 30, No. 4, pp. 106~113.
- (221) Hwang, D. S., Lee, Y. S. and Kim, I. G., 2002, "A Study on the Optimization of a Spacecraft Structure by Using Coupled Load Analysis Model and Modal Transient Analysis," *Journal of the Korean Society of Aeronautical and Space Sciences*, Vol. 30, No. 1, pp. 132~138.
- (222) Kim, H. C., Rho, H. Y. and Cho, M. H., 2003, "Development of Framework of Linkage between geometric Modeling and Finite Element Analysis for Shape Optimization of Shell Surfaces," *Journal of the Korean Society of Aeronautical and Space Sciences*, Vol. 31, No. 8, pp. 27~35.
- (223) Lee, Y. S. and Cho, W. M., 1991, "Shape Design of Pressure Vessel Dome," *Trans. of KSME*, Vol. 15, No. 3, pp. 1057~1062.
- (224) Lee, Y. S. and Kang, I. S., 1989, "Free Vibration of Orthotropic Laminated Composite Conical Shells," *Trans. of KSME*, Vol. 13, No. 4, pp. 595~603.
- (225) Lee, D. S., 1980, "Stress Distribution on Shallow Conical Shell under Arbitrary Loads," *Trans. of KSME*, Vol. 4, No. 3, pp. 127~130.
- (226) Yum, Y. H., Kwak, J. K. and Chung, S. C., 1982, "A Study on the Natural Frequencies of the Sound Emitted by Thin Conical Shell," *Trans. of KSME*, Vol. 6, No. 4, pp. 353~360.
- (227) Chung, S. C., Kong, C. D. and Yum, Y. H., 1986, "Modal Analysis of the Bell Type Shell with Thickness and Asymmetric Effects," *Trans. of KSME*, Vol. 10, No. 3, pp. 383~391.
- (228) Hong, J. S. and Lee, J. M., 1990, "A Study on the Analysis of Acoustic Radiation of Axisymmetric Shells," *Trans. of KSME*, Vol. 14, No. 4, pp. 803~809.
- (229) Lee, M. H., Lee, B. H. and Lee, S. Y., 2002, "Interactions of Spherical Acoustic Shock Waves with a Spherical Elastic Shell near a Free-Surface," *Trans. of KSME*, Vol. 26, No. 6, pp. 1143~1148.
- (230) Lee, Y. S., and Seon, Y., 1997, "A Modified Solution of Radial Nozzle with Thick Reinforcement in Spherical Pressure Vessel Head Subjected to Radial Load," *Nuclear Engineering and Design*, Vol. 178, No. 2, pp. 185~194.

저 자 소 개



이 영 신

1950년 생

충남대학교 기계설계공학과 교수
 주요관심분야는 쉘구조해석, 내충격구조해석, 최적설계이며, 인체모델링과 이의 응용기술개발에 관심을 두고 있다.
 대한기계학회 고체역학 부문(현 CAE 및 응용역학부문) 회장과 총무이사를 역임하였다.

leeys@cnu.ac.kr