

원전 격납철판 구조물의 양중시 좌굴 특성

Buckling of Power-Plant Containment Liner Plate Structure during Lifting

양성영*·이종섭**·이상봉***

Yang, SeongYeong•Lee, Jongsup•Lee, Sangbong

요약

본 논문에서는 유한요소 프로그램 (ANSYS)을 이용하여 돔격납철판 (dome containment liner plate)의 양중시 좌굴특성의 연구를 수행하였다. 원전 격납철판의 양중시, 양중 와이어(wire)의 구조적인 배치특성상 격납철판에 압축력이 유발되고, 이러한 압축력은 격납철판의 좌굴을 일으킬 수 있다. 다양한 양중인자 (lifting factors)를 고려한 격납철판 유한요소모델을 수립하고, 이러한 양중인자들의 좌굴특성에 미치는 영향을 고찰하였다. 양중 와이어의 체결위치의 높이가 낮을 수록 좌굴강도가 증가하며, 라이너 플레이트 두께에 비례하여 좌굴강도가 증가하였다.

1. 서론

강재로 제작되는 원전격납철판의 하단은 원형벽체 (wall) 그리고 상단은 돔형태(dome)으로 구성되며, 격납철판의 외측에는 수직 방향 앵글(angle)과 수평방향 채널(channel)을 격납철판 보강재로서 설치한다. 원전격납구조물의 내측부를 구성하는 원전격납철판 (containment liner plate)은 자중이 비교적 큰 대형구조물이기 때문에 대용량 양중 크레인과 양중장비를 사용하여 설치한다. 격납철판에 연결되는 양중 와이어(wire)는 배치구조 특성상 양중시 격납철판에 압축력을 가하며, 결과적으로 격납철판의 좌굴을 유도할 수 있다. 양중시 가능한 격납철판의 파괴모드는 격납철판의 전체좌굴, 국부좌굴 및 항복이며, 양중시 격납철판의 좌굴특성의 이해의 제고는 양중시 구조물 안전의 확보에 매우 중요하다. 본 연구의 목표는 양중시 돔원전격납철판 구조물의 좌굴 특성의 이해를 높이고 구조물의 좌굴강도를 평가하는 것이다.

2. 본론

그림 1은 돔원전격납철판의 좌굴해석을 목적으로 생성한 3차원 유한요소모델을 나타낸다. 양중

* 삼성물산 양성영 과장 seongyeong.yang@samsung.com

** 삼성물산 이종섭 대리 jungsup1.lee@samsung.com

*** 삼성물산 이상봉 주임 sangbong624.lee@samsung.com

시 격납철판의 자중은 양중 와이어에 의해 양중 크레인에 전달되고, 이 때 양중 와이어에 발생하는 인장력은 격납철판에 수평방향 압축력으로 작용한다. 격납철판에 가해지는 이러한 양중 와이어의 압축력은 격납철판의 대칭축을 향하게 되며, 유한요소모델에서는 모델의 절점에서 격납철판의 대칭축을 향하는 하중으로 표현된다. 해석시 격납철판의 강제운동 (rigid body motion)을 막기 위해 격납철판모델의 바닥면에 위치한 4 절점의 모든 병진자유도 (translational DOF)를 구속하였다. 원전격납철판은 라이너플레이트, 수직 앵글, 수평방향 채널 그리고 플레이트 스티프너로 구성되며, 이러한 부재들 모두 8절점 판요소로 묘사하였다. 표 1은 유한요소해석 수행에 고려한 인자들 (factors)과 사용한 인자들의 값을 보여준다. 압축력이 가해지는 절점의 위치에 해당되는 양중 지점높이는 돛격납철판의 최상단, 돛격납철판의 총 높이의 3/4지점, 그리고 돛격납철판의 중간 높이 지점을 고려하였다.

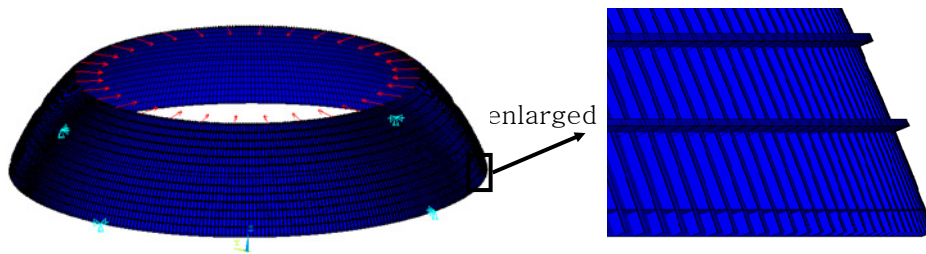


그림 1 돛격납철판의 유한요소 모델

표 1 유한요소해석에 사용한 인자들 (factors)과 그 값

인자	양중 지점 높이	양중 지점수	라이너 플레이트 두께
값	최상단, 전체높이 3/4 지점, 격납철판 중간 높이	8,16,32	6 mm, 12 mm,18 mm

3. 결과 및 토론

3.1. 선형좌굴

그림 2는 돛격납철판의 1차 좌굴모드에서 4차 좌굴모드까지의 모드형상의 평면도를 나타낸다. 돛격납철판의 좌굴해석조건으로 6mm 두께 라이너 플레이트, 32개의 양중지점 그리고 하중재하점의 높이는 격납철판의 최상단부이다. 1차 좌굴모드는 타원형으로 좌굴시 격납철판의 상부가 대각선 방향으로 각각 압축변형과 인장변형을 일킴을 알 수 있다. 또한 1차에서 4차모드까지 전체좌굴 (global buckling)이 좌굴모드를 지배하며, 따라서 국부좌굴은 (local buckling) 발생하지 않는다.

3.2. 주요 인자들의 좌굴강도 영향

그림 3은 돛격납철판에 체결되는 양중 와이어(wire) 위치가 구조물 좌굴에 미치는 영향을 나타낸다. 돛격납철판의 좌굴해석조건으로 라이너 플레이트 두께 6mm, 32곳의 양중지점수를 고려하였다. 그림 3 에서 보는 바와같이 하중재하점의 높이와 좌굴강도는 반비례함을 보여준다. 그림 4

는 양중지점수와 돔격납철판의 좌굴강도의 관계를 나타낸다. 돔격납철판의 좌굴해석조건으로 라이너 플레이트 두께가 6mm, 하중재하점은 돔격납철판의 최상단부에 위치시켰다. 그림 4에서 보는 바와같이 돔격납철판의 좌굴강도는 양중지점수에 상관없이 거의 일정한 값을 유지한다. 또한 양중지점수가 8개인 경우에도 좌굴강도는 크게 감소하지 않는 것으로 나타났다.

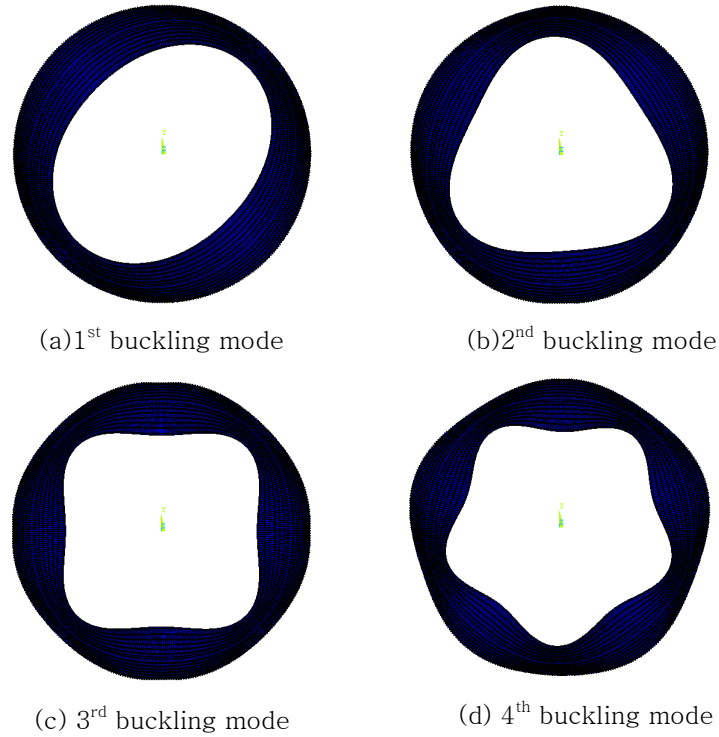


그림 2 돔격납철판 좌굴 모드의 평면도 (top view)

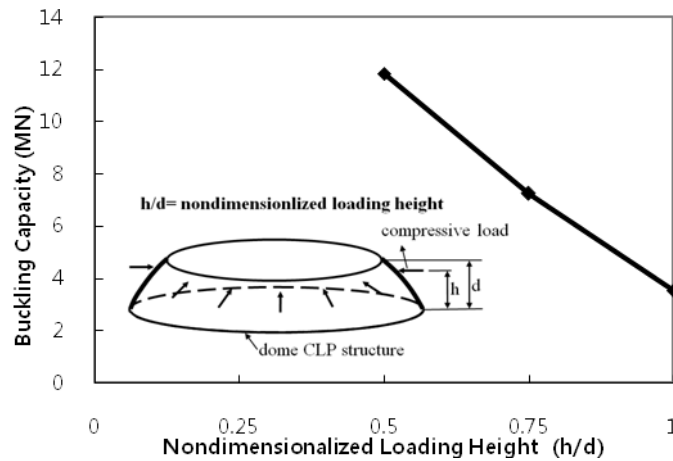


그림 3 작용 하중점 높이의 영향

그림 5는 격납구조물 라이너 플레이트 두께와 돔격납구조물의 좌굴강도의 관계를 나타낸다. 돔격납철판의 좌굴해석조건으로 양중 지점수 32곳 그리고 하중재하점은 돔격납철판의 최상단부에

위치시켰다. 그림 5에서 보는 바와같이 돔격납철판의 좌굴강도는 라이너 플레이트의 두께의 증가에 따라 거의 선형적으로 증가한다.

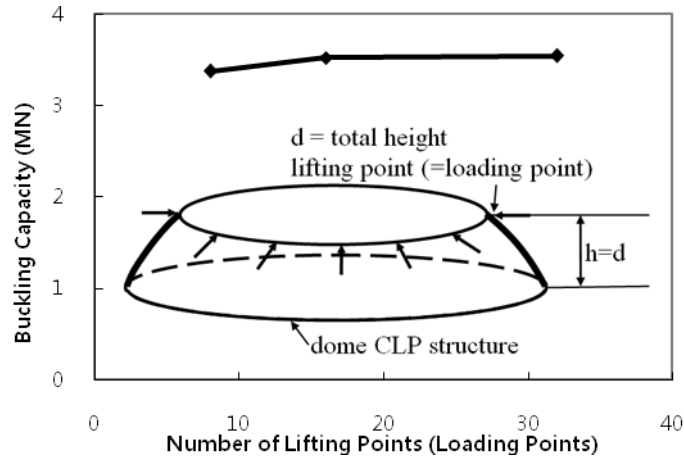


그림 4 양중지점수의 좌굴강도 영향

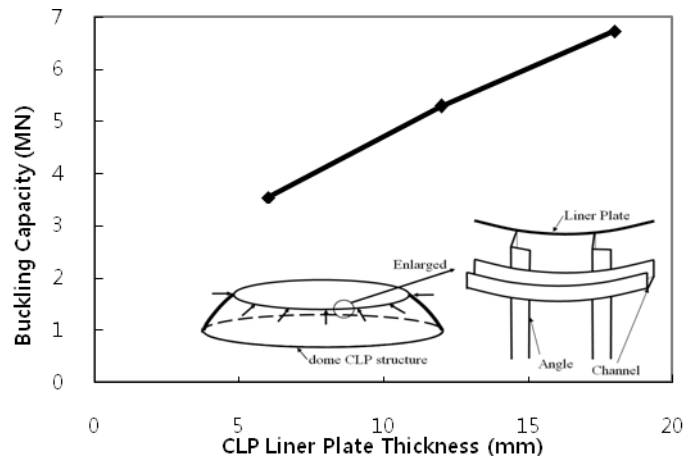


그림 5 격납구조물 라이너 플레이트 두께와 좌굴강도의 관계

감사의 글

본 연구는 2011년 삼성물산 기술연구센터와 플랜트사업부의 지원으로 수행되었으며, 본 연구를 물심양면으로 지원해주신 모든 분들께 감사의 마음을 전합니다.

참고문헌

Galambos, T. V. (1998), Guide to Stability Design Criteria for Metal Structures, John Wiley & Sons, Inc., Canada