

원전 구조물의 고강도 철근 적용 기술개발 : 벽체의 성능평가 실험

Development of Application Technology of High-Strength Reinforcing Bars for Nuclear Power Plant Structure : Performance Evaluation Test of the Wall

김 석 철* 임 상 준** 이 병 수*** 방 창 준****
 Kim, Seok-Chul Lim, Sang-Joon Lee, Byung-Soo Bang, Chang-Joon

Abstract

Recently, High-Strength steel reinforcement has been studied throughout the internal and external. One of the advantages using High-Strength steel reinforcement in construction is the economic effect due to the decreasing of its quantity. Also, another good effect is the increases of workability by reason of reducing the congestion. But, realistically it is not used in nuclear power plant construction site because of the restriction of design standard. The purpose of this report secures the reliability and changes the code through the performance evaluation test of the wall using the high-strength steel reinforcement in nuclear power plant.

키 워 드 : 벽체, 원자력발전소, 고강도철근, 전단철근
 Keywords : Wall, Nuclear Power Plant, High-Strength Steel reinforcement, Shear reinforcement

1. 서 론

최근 국내·외적으로 고강도 철근에 대한 연구가 활발하게 이루어지고 있다. 고강도 철근을 현장에서 사용시, 철근 강도증가에 따른 철근량 절감과, 공기 단축 효과로 경제성 증가는 물론 수출 경쟁력까지 확보할 수 있는 장점이 있다. 이에 미국의 일반 산업계에서는 550MPa 철근을 사용중이며, 유럽의 경우 일반산업계와 원자력 구조물 모두 고강도철근이 사용 가능하다. 한편, 국내의 원자력발전소 격납구조의 경우 KEPIC SNB(ASME Code: ACI 359) 그리고 콘크리트구조의 경우 KEPIC SNC(ACI 349) 설계기준을 적용하고 있지만, 두 기준 모두 철근의 설계기준 항복강도를 420MPa로 제한하고 있어 고강도 철근을 적용하기 위해서는 설계기준 개정연구가 필요하다. 이러한 목적을 바탕으로 (주)한국수력원자력(KHNP)은 한국콘크리트학회(KCI)와 함께 원전구조물 고강도 철근 적용 기술개발을 위한 연구가 진행중이다.

2. 벽체실험체 설계

원전 구조물은 지진하중과 횡하중에 저항하기 위한 전단벽 시스템이 지배적이다. 전단 철근으로써 고강도 철근의 활용성을 높이기 위해서 벽체의 전단파괴를 유도한 실험체를 통해 전단성능

의 검증이 필요하다. 높은 내진성능을 요구하는 원전구조물의 벽체는 벽체의 전단성능뿐 아니라, 휨 항복 이후의 전단성능도 중요하다. 따라서, 휨 항복 이후 전단파괴를 유도한 실험체를 통해 이후 전단성능 검증도 필요하다.

표 1. 벽체실험체 변수

No.	파괴모드	Aspect Ratio	콘크리트 강도 (MPa)	(전단철근/ACI최대전단철근)의 비(%)	단면형태	압축력 (0.85f _c cAc)
1	전단	1.0	42	85.0	직사각형	0.07
2	전단	1.0	42	53.1	직사각형	0.07
3	전단	1.0	42	55.0	바벨형	0.07
4	전단	1.0	70	70.1	직사각형	0.07
5	전단	1.0	70	43.8	직사각형	0.07
6	전단	1.0	42	44.0	직사각형	0.07
7	전단	1.0	42	85.0	직사각형	0.07
8	전단	2.0	42	70.9	직사각형	0.07
9	전단	2.0	42	44.3	직사각형	0.07
10	전단	2.0	42	45.1	바벨형	0.07
11	휨/전단	2.0	42	70.9	직사각형	0.07
12	휨/전단	2.0	42	44.3	직사각형	0.07
13	휨/전단	2.0	70	56.6	직사각형	0.07
14	휨/전단	2.0	42	45.1	바벨형	0.07
15	휨/전단	2.0	42	70.9	직사각형	0.07

• 벽체실험체크기

-단면 1500mm×200mm 또는 1500mm×125mm
 -높이 1500mm 또는 3000mm

* (주)한국수력원자력, 주임, 교신저자(kimsc@khnp.co.kr)
 ** (주)한국수력원자력, 일반연구원
 *** (주)한국수력원자력, 차장
 **** (주)한국수력원자력, 부장

콘크리트 압축강도 또한 벽체의 파괴 메커니즘에 영향을 미치는 변수로 기존 원전 구조물의 콘크리트 설계강도값(42MPa)과 고성능 구조재료의 일환으로 개발중인 목표설계값(70MPa)에 대해서도 실험체를 계획하였다. 원전 구조물과 같이 비교적 낮은 벽체에 해당하는 Low-Rise Wall의 영향을 고려하여 Aspect Ratio를 1.0과 2.0으로 구분하고, 기존 ACI 349 및 KEPIC Code에서 제한하고 있는 420MPa 철근의 상향조정을 목표로 하고 있으므로, 넓은 범위의 벽체 전단 철근량에 대하여 설계기준을 검증할 수 있도록 최대전단철근비의 43~85%로 하였다. 비교적 높이가 낮은 원전벽체에 작용하는 압축력은 크지 않으나, 무시할 수 없으므로 $0.07f'_c A_c$ 로 압축력을 재하 할 것이다. 벽체의 단면 형태로 메커니즘이 달라질 수 있으므로 전단에 취약한 일자형 단면을 위주로 하되, 다양한 파괴를 검토할 수 있도록 바벨형 단면도 계획하였다.

3. 실험 가력 계획

ACI 기준식 및 기존 연구자의 제안식(Cevdet K, Gulec)을 토대로 소요하중을 검토한 결과 2000kN의 최대 요구하중으로 나타난다. 가력속도가 실험체 내력에 영향을 주지 않도록, KS B 0802에 따라 정착되는 철근의 응력변화율을 5MPa/sec 이하로 계획하였다. 하중가력은 실험체의 항복변위를 고려하여, 그림 1과 같은 주기로 반복하중을 가할 것이다.

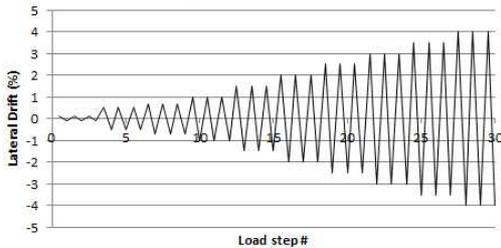


그림 1. 하중 가력 계획

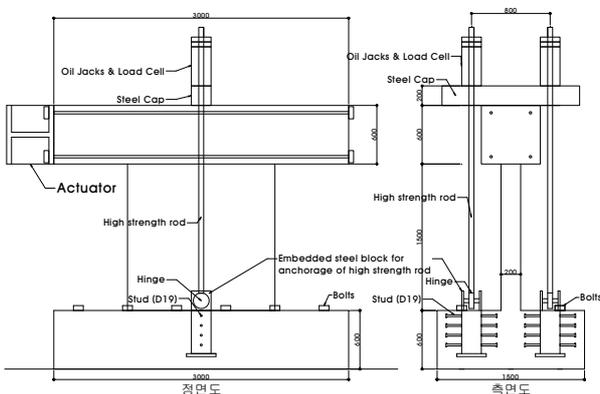


그림 2. 벽체실험체 셋업

4. 측정계획

벽체의 수직 및 수평변형률, 하부보에서의 미끄러짐을 측정하기 위해서 LVDT를 설치하고, 벽체의 대각방향의 전단변형률을 측정하기 위해서 Linear Potentionmeter(줄변위계)를 설치할 것이다. 최단부의 수직철근 상/중/하부분에 수평철근에 스트레인 게이지를 부착예정이다. 양쪽 철근의 인장력이 다르게 작용할 수 있으므로 양쪽에서 측정할 계획이다.

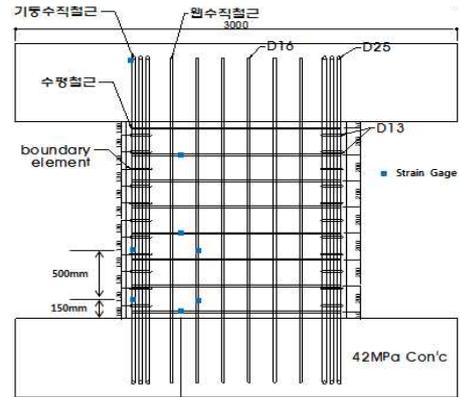


그림 3. 벽체실험체 측정계획

5. 결론

본 실험은 고강도 철근을 원전 구조물에 적용하기 위한 파일럿 실험이다. 설계기준 개정에 필요한 기초자료가 되고, 추후 실험의 분석을 통해 설계기준의 기준식 및 기존 연구자들의 제안식과의 비교를 통해 그 적용성을 판단할 수 있는 중요한 자료가 될 수 있을 것으로 사료된다.

감사의 글

본 연구는 2012년도 지식경제부의 재원으로 한국에너지기술연구원(KETEP)의 지원을 받아 수행되었으므로 이에 감사드립니다. (No.2011T100200162)

참고 문헌

1. 최경규, 박홍근, 양근혁, 철근콘크리트 보의 최소전단보강근비, 대한건축학회논문집 제28권 제4호 pp.11~18
2. KHNP TM Report 2012-50003339-단-0386TM, 원전 구조물의 고강도철근 적용 기술개발(1차년도 중간보고서), 2012
3. Building Code Requirements for Structural Concrete (ACI 318-11) and Commentary, pp.119~126
4. Code Requirements for Nuclear Safety-Related Concrete Structures (ACI 349-06) and Commentary, pp.34~37