

철근콘크리트보의 동결융해 경험에 따른 반복하중하에서의 이력특성

Hysteretic Behavior of RC Beams Exposed to Freezing and Thawing under Cyclic Loadings

장 광 수* 김 윤 수* 서 수 연** 최 기 봉*** 윤 현 도****
Jang, Gwang soo Kim, Yun su Seo, Soo yeon Choi, Ki Bong Yun, Hyun do

ABSTRACT

Generally, reinforced concrete structures exposed to the outside temperature are affected by freezing and thawing process during winter and early spring. These freezing and thawing process can lead to the reduction in durability of concrete as cracking or surface spalling. This paper is to study the hysteretic behavior of RC beams exposed to freezing and thawing under cyclic loadings. To compare the difference in hysteretic behavior of RC Beams, limited tests were conducted under different types of damage and freezing and thawing cycles. For this purpose, six specimens were tested. It is thought that experimental results will be used as basic data to evaluate hysteretic behavior of RC beams exposed to freezing and thawing.

요 약

일반적으로 철근콘크리트 건축물은 외부의 기후에 노출되어 있어 겨울에서 이른 봄까지 동결과 융해의 반복적인 작용에 영향을 받는다. 이러한 동결융해 작용은 콘크리트의 균열을 발생시키거나 콘크리트 표면의 박리를 일으켜 내구성 저하의 원인이 된다^{1,2)}. 본 연구에서는 철근콘크리트보의 동결융해 경험에 따른 반복하중 하에서의 이력 특성의 평가를 위해 동결융해 사이클을 변수로 하여 철근콘크리트보의 반복하중 가력시 거동을 비교하고자 6개의 시험체를 제작, 실험하였다. 실험결과를 통해 동결융해에 노출되어있는 철근콘크리트보의 반복하중하의 이력특성을 평가하는데 기초적인 자료를 제시하고자 하였다.

* 정회원, 충남대학교, 고지능 콘크리트 구조연구실, 석사과정
** 정회원, 충주대학교, 건축공학과, 교수, 공학박사
*** 정회원, 경원대학교, 건축공학과, 교수, 공학박사
**** 정회원, 충남대학교, 건축공학과, 교수, 공학박사

1. 서론

외부에 노출되어 있는 철근콘크리트 구조물은 기후 작용의 직접적인 영향 하에 있으며, 이는 온도의 변화에 따라 건조와 수분의 침투의 반복 작용에 의한 수축팽창, 동결융해 등의 발생을 일으켜 장기적으로 구조물의 내구성 저하 요인이 된다. 콘크리트의 특성상 다공질로 이루어져 있어 공기 중의 수분 및 습기를 흡수하며 결빙점 이하의 온도에서는 흡수된 수분이 동결, 팽창하면서 주변의 압력을 증가시켜 콘크리트 조직에 미세한 균열을 발생시키게 된다. 이러한 미세한 균열은 콘크리트 표면에서 내부로 수분 침투의 통로역할을 하게 되어 철근의 부식 및 콘크리트의 중성화 촉진 등과 같은 복합적인 내구성 저하의 원인이 되며, 특히 반복적인 동결융해 작용은 구조부재의 점진적인 손상을 유발하여 과도한 처짐 및 변형을 발생시킨다. 사계절의 온도변화가 뚜렷하게 나타나고 겨울철 결빙일이 많은 우리나라의 기후 특성상 동결융해에 노출되어 있는 철근콘크리트 구조물의 내구성 증진 및 안정성 확보의 필요에 따라 동결융해를 경험하게 되는 철근콘크리트 부재의 거동특성에 관한 연구가 필요할 것으로 판단된다. 이에 본 연구에서는 철근콘크리트 보의 동결융해 작용과 균열의 상관성과 반복적인 동결융해 작용이 철근콘크리트 보의 내구성능에 미치는 영향의 평가를 위해 동결융해 이전의 손상유무 및 동결융해 사이클을 변수로 하여 철근콘크리트 보의 반복하중 하에서의 이력특성을 평가하고자 하였다.

2. 실험

2.1 시험체 계획

본 연구에서는 철근콘크리트 보의 손상의 유무와 동결융해 경험 후 동결융해 사이클에 따른 반복하중 하에서의 이력특성을 평가하기 위해 동결융해를 경험하기전의 손상의 유무 및 동결융해 사이클을 변수로 하여 표 1에 나타낸 바와 같이 총 6개 시험체를 계획하였다. 6개의 시험체는 동결융해를 경험하기전 손상을 가하지 않은 시리즈 A의 시험체와 손상을 가한 시리즈 B의 시험체로 나누었으며 시리즈 별로 동결융해를 경험하지 않은 시험체를 기준으로 동결융해를 각각 150, 300 사이클씩 경험한 시험체를 제작하였다. 각 시험체는 100mm×100mm×600mm 크기로 제작하였으며 주근은 최소철근비로 반복가력을 위해 상하부의 인장 및 압축철근에 D6철근을 3개씩 동일하게 배근하였다. 또한 휨 거동특성을 발현을 위해 D6철근을 30mm 간격으로 배근하여 전단 보강하였다. 본 실험에 사용된 콘크리트의 28일 압축강도는 30.41MPa로 나타났으며, 사용된 주근(D6)의 기계적 특성은 표 1에 나타낸바와 같다.

표 1. 시험체 일람

Series	시험체명	손상 유무	동결융해 사이클	콘크리트 압축강도 (f_{ck})	폭×깊이 (mm)	길이 (mm)	주근 (D6)			
							ρ_s/ρ_b	f_y (MPa)	ϵ_y (μ)	탄성계수 (GPa)
A	BF13-0	무	0	30.41	100×100	600	0.13	461.02	2202.21	204.40
	BF13-150		150							
	BF13-300		300							
B	BDF13-0	유	0							
	BDF13-150		150							
	BDF13-300		300							

※ BDF 13 - 150

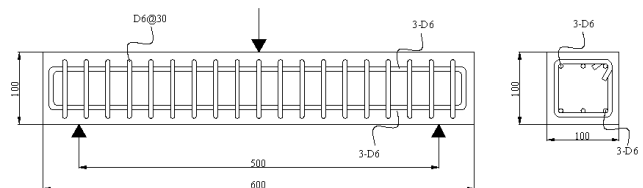
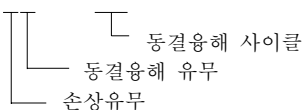


그림 1. 배근 상세 (unit : mm)

2.2 실험 방법

시험체의 손상유무를 변수로 하기 위해 B 시리즈의 시험체는 동결융해를 경험하기 전 균열폭 0.3mm (구조균열이전)까지 가력하였다. 또한 각 실험체의 동결융해는 KS F 2456에 준하여 -18°C 의 온도조건하에서 동결융해시험기에서 동결융해를 경험하도록 하였고 1사이클의 소요시간은 3시간으로 하였다. 시험체에 대한 가력은 200kN 용량의 UTM을 사용하여 반복 가력하였으며, 반복가력시 변위이력은 단조가력시 주근 항복변위의 배수하였다. 또한 가력에 따른 보의 중앙부의 변위를 측정하기 위하여 50 mm 변위계(LVDT)를 사용하였다.

3. 실험결과

3.1 거동특성

그림 3은 시험체의 반복가력시 나타난 하중-변위 관계 곡선과 사이클별 최대강도 및 변위를 나타낸 것이다. 그림 3(a)에 나타난 바와 같이 손상 없이 동결융해를 경험한 시리즈 A의 시험체의 경우 BF13-300 시험체에서 최대하중이 32.44kN으로 가장 높게 나타났으며, BF13-150(27.68kN)>BF13-0(26.38kN)순으로 나타났다. 반면에 최종파괴가 일어나는 사이클은 BF13-0 시험체가 가장 늦게 나타났다. 또한 시험체 전반적으로 정하중 가력 시에 비해 부하중 가력시 낮은 강도를 나타내었으며 이는 최초 정하중 가력 시 나타난 시험체의 손상으로 인해 낮은 강도 값을 보이는 것으로 판단되었다. 그림 3 (b)에 나타난 바와 같이 손상 후 동결융해를 경험한 시리즈 B에서도 시리즈 A과 유사한 경향을 보이며, BDF13-300시험체에서 25.85kN으로 가장 높은 강도를 나타내었고 BDF13(25.29kN)>BDF13-150(24.50kN)의 순이었다. 그러나 최대강도가 약 5% 내외의 차이를 보여 큰 차이를 나타내지 않았다. 또한 Series B의 시험체가 Series A의 시험체에 비해 전반적으로 다소 낮은 최대강도를 나타내었으며, 이는 손상을 입지 않은 Series A의 시험체에 비해 동결융해를 경험하기 전의 손상으로 발생된 균열 면을 통한 자연적 열화 및 동결융해가 급속히 진행되었기 때문인 것으로 판단되며, 각 시험체의 강도차이가 적은 것으로 보아 손상을 입은 후의 동결융해에 따른 강도차이는 적은 것으로 사료된다.

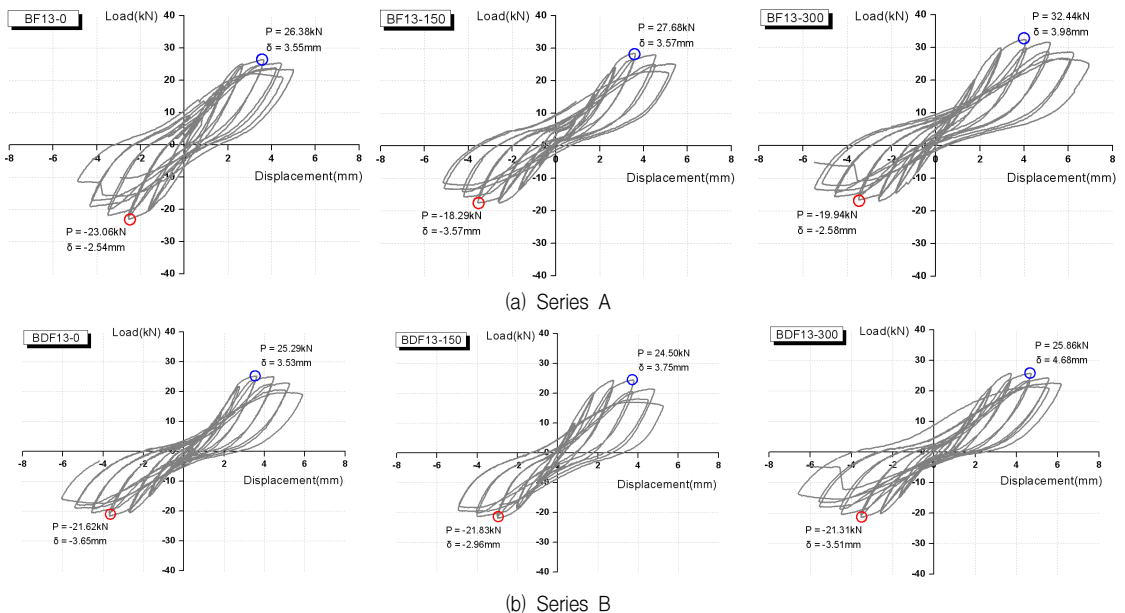


그림2. 반복가력시 하중-변위 관계

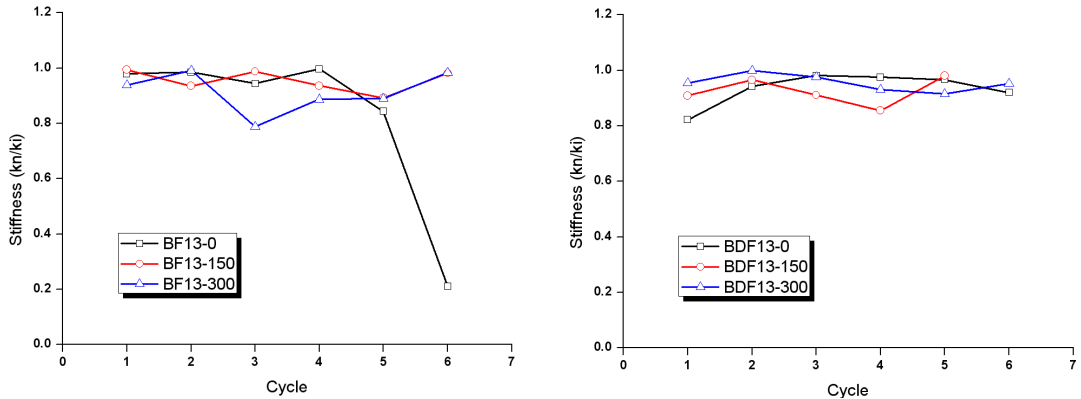


그림3. 반복가력에 따른 강성 특성

3.2 반복가력에 따른 강성 특성

그림 3에서는 가력 사이클에 따라 반복가력 했을 때 동일 변위의 두 번째 가력시 강성저하 이력을 나타낸 것이다. 그림에 나타난 바와 같이 BF13-0 시험체를 제외한 모든 시험체에서 유사한 경향을 나타내었으나 BF13-0 시험체는 6사이클의 두 번째 가력 시 철근의 파단으로 인해 급격히 강성이 떨어지는 것으로 판단되었다. 실험결과 반복 가력으로 인한 동일 변위의 두 번째 가력시 강성저하는 크게 나타나지 않았으며 모든 시험체에서 동일 사이클의 첫 번째 가력 시 손상으로 인해 두 번째 가력 시 강성의 저하를 나타낸 것으로 판단되었다.

4. 결론

1) 반복가력시 하중-변위관계를 비교한 결과, Series B의 시험체가 Series A의 시험체에 비해 전반적으로 낮은 최대강도를 나타내었으며, 이는 동결융해를 경험하기 전의 손상으로 인한 균열면을 통해 자연적 열화 및 동결융해가 급속히 진행되었기 때문인 것으로 판단되며 각 시험체의 동결융해에 따른 강도차이는 적은 것으로 판단되었다.

2) 반복가력에 따른 동일 변위의 두 번째 가력시 강성저하를 비교한 결과 BF13-0 시험체를 제외한 모든 시험체에서 유사한 경향을 나타내었으며 첫 번째 가력 시 시험체의 손상으로 인해 동일 사이클의 두 번째 가력 시 첫 번째 가력보다 강성이 다소 저하되는 것으로 판단되었다.

감사의 글

본 논문은 국토해양부가 출연하고 한국건설교통기술평가원에서 위탁시행 한 2004년 건설교통R&D 정책인프라사업(과제번호 04핵심기술C02-02)의 연구비 지원으로 수행된 연구의 일부이고, 이 연구에 참여한 연구자(의 일부)는 『2단계 BK21 사업』의 지원비를 받았으며 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. 노제준, 소양섭, 박홍신, 유영호, “동결융해작용을 받은 콘크리트의 파괴거동에 관한 연구,” 대한건축학회 학회지, 28(120), 1984, pp.57~64
2. 고경택, 김도겸, 김성욱, 조명석, 송영철, “동결융해와 염해의 복합작용을 받는 콘크리트의 내구성능 저하평가,” 한국콘크리트학회 논문집, 13(4), 2001, pp.397~405