

균열발생으로 손상을 입은 철근콘크리트 보의 동결융해 사이클에 따른 휨 거동 특성

Effect of Freezing and Thawing on the Flexural Behavior of Reinforced Concrete Beams damaged by cracks

장 용 현* 윤 현 도** 서 수 연*** 최 기 봉**** 김 윤 수* 김 선 우*****
Jang, Yong-Heon Yun, Hyun-Do Seo, Soo-yeon Choi Ki-Bong Kim, Yun-Su Kim, Sun-Woo

ABSTRACT

Reinforced concrete structures have an excellent durability under a good construction and continuous maintenance. But reinforced concrete construction is influenced by atmospheric phenomena and it is creating a deterioration. One of the deterioration cause on concrete is a freezing and thawing action. Freezing and thawing leads to the reduction in concrete durability by the cracking or surface spalling. If we are carried out freezing and thawing, deterioration of reinforced concrete construction will be reduction. Therefore, this study was performed to investigate the flexural behavior of reinforced concrete beams exposed to freezing and thawing cycles. Thee presence of damage and cycles were considered as variablees in this study.

요 약

철근콘크리트구조는 적절한 시공 후 지속적인 유지관리가 이루어질 경우 우수한 내구성을 가졌다. 그러나 철근콘크리트 구조물은 항상 외부환경의 영향을 받고 있으며 이로 인하여 구조물의 성능저하 현상이 일어난다. 이러한 성능저하 현상중 콘크리트의 동결융해 작용은 콘크리트 내부의 수분이 동결융해를 반복적으로 받아 균열이 발생하거나 표면부가 박리하여 표면부분부터 점차적으로 파괴되어 콘크리트 구조물의 내구성능이 저하되는 현상을 말한다. 성능저하 된 콘크리트구조물의 내구성 회복을 위한 기술 개발에 대한 관심이 급격히 증가되고 있고 동결융해에 관한 연구가 이루어진다면 동결융해 따른 피해를 사전에 예방할 수 있고, 적절한 시공을 통해 경제적 효과를 얻을 수 있다. 이에 본 연구에서는 동결융해 이전의 손상유무 및 동결융해 사이클을 변수로 하여 동결융해를 경험한 철근콘크리트 보의 거동특성을 평가하고자 하였고 이러한 연구결과를 근거로 향후 철근콘크리트 보의 내구성 및 동결융해에 의한 거동특성을 평가함에 있어 기초적인 자료를 마련하고자 하였다.

* 정회원, 충남대학교 고지능 콘크리트 구조연구실 석사과정

** 정회원, 충남대학교 건축공학과 교수, 공학박사

*** 정회원, 충주대학교 건축공학과 교수, 공학박사

**** 정회원, 경원대학교 건축학과 교수, 공학박사

***** 정회원, 충남대학교 고지능 콘크리트 구조연구실 박사과정

1. 서 론

항시 외부환경의 영향을 받는 철근콘크리트 구조물은 이로 인해 성능저하 현상이 일어난다. 이러한 현상중 콘크리트의 동결융해 작용은 콘크리트 내부의 수분이 동결융해를 반복적으로 받아 균열이 발생하거나 표면부가 박리하여 표면부분부터 점차적으로 파괴되어 구조물의 내구성능이 저하되는 현상을 말한다. 특히 우리나라는 겨울철 기온이 영하로 떨어지는 횟수가 많기 때문에 콘크리트 구조물은 매년 동결융해의 반복 작용을 받는다. 이미 선진국에서는 이에 관한 연구를 진행해 왔으며, 동결융해에 따른 피해를 사전에 예방할 수 있고 적절한 시공을 통해 경제적 효과를 얻고 있다. 국내에서도 이러한 성능저하에 대한 문제점이 제기되고 있으며, 성능저하 된 콘크리트구조물의 내구성 회복을 위한 기술 개발에 대한 관심이 급증하고 있다. 따라서 동결융해에 따른 철근콘크리트부재의 거동특성에 관한 평가가 필요할 것으로 판단된다. 이에 본 연구에서는 동결융해 사이클을 변수로 하여 동결융해를 경험한 철근콘크리트 보의 단조가력시 거동특성을 평가하고자 하였다.

2. 실 험

2.1 시험체 계획

본 연구에서는 최소철근비(0.13 ρ_b)를 갖는 철근콘크리트 보의 손상을 입은 후 동결융해를 경험한 철근콘크리트 보의 거동특성을 평가하기 위해 표 1의 시험체 일람 및 그림 1과 같은 배근상세를 갖는 보를 계획하였다. 그림 1에 나타낸 바와 같이 보의 단면은 100mm×100mm로 하였으며, 시험체의 길이는 휨거동이 가능하고 동결융해 시험장치에 허용되는 최대치수인 600mm로 계획하였다. 또한 횡보강근에는 D6철근을 30mm간격으로 배근하여 휨 거동특성을 발현하도록 하였으며, 본 실험에 사용된 철근의 재료 실험결과와 변형률은 표 2에 나타냈다.

2.2 실험 계획

손상을 입은 철근콘크리트 보의 동결융해 사이클에 따른 거동특성을 평가하기 위해 단조가력시 최종파괴시점까지 나타난 하중-변위관계곡선과 거동특성을 평가한 후, 시험체에 균열폭 0.3mm시점(구조균열이전)까지 손상을 가했으며, 그림 2에 나타난 동결융해기를 사용하여 동결융해를 실시하였다. 동결융해 사이클은 150, 300사이클로 정하였으며, 각각의 사이클의 변화에 따른 압축강도를 측정하였다. 또한 100, 150 및 300사이클에서의 압축공시체의 중량, 길이, 단면적 변화 및 동탄성계수를 측정하였으며, 각각의 사이클에서 나타난 동탄성계수의 변화는 그림 3에 나타난 바와 같다. 한편 그림 2에 나타난 바와 같이 가력은 200kN 용량의 UTM을 사용하여 가력 하였으며, 단조가력시 보의 중앙부의 처짐을 측정하기 위하여 50mm LVDT를 설치하여 최종파괴시점까지의 처짐 변화를 측정하였다.

표1. 시험체 일람

시험체명	동결융해 사이클	압축강도 (f_{ck})	폭×깊이 (mm)	길이 (mm)	인장철근 (D6)			
					ρ_s/ρ_b	f_y (MPa)	ϵ_y ($\times 10^{-6}$)	탄성계수 (GPa)
BDF13	0	27	100×100	600	0.13	461.02	2202.21	204.40
BDF13-150	150							
BDF13-300	300							

BDF 13-150 또는 (300)

D:손상유무 150:동결융해사이클

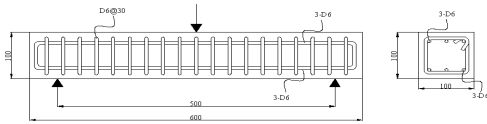


그림 1. 배근상세(mm)

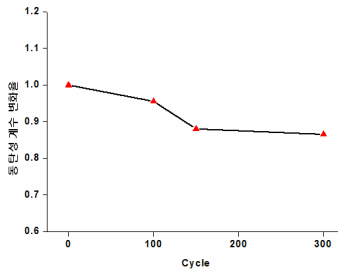


그림 3. 동탄성 계수 변화



그림 2. 동결융해 장치



그림 4. 가력 장치

표 2. 재료실험결과

동결융해 사이클	압축강도 (MPa)	변형률 (μ)	탄성계수 (GPa)	동탄성계수 (GPa)
0	30.41	2440	21.32	27.47
150	28.96	2344	24.79	24.18
300	29.62	2515	21.51	23.77

3. 실험 결과 및 분석

3.1 하중-처짐 관계 곡선

그림 5 및 표 2에서는 손상을 입은 보의 동결융해 사이클에 따른 하중-처짐 관계와 재료실험결과를 나타낸 것이다. 그림 5에서 보는 바와 같이 최대강도는 BDF13 시험체에서 23.04kN으로 가장 높게 나타났으며, BDF13-150 시험체는 23.01kN BDF13-300 시험체는 22.54kN으로 나타났다. 동결융해 사이클 진전에 따른 강도변화는 거의 나타나지 않아 모든 시험체에서 유사한 강도특성을 나타냈다.

3.2 강성 특성

그림 6은 각 시험체의 초기강성 및 소성역 강성을 나타낸 그림이다. 그림 6에서 보는 바와 같이 손상을 입고 동결융해를 경험한 BDF13-150, BDF13-300 시험체의 경우 BDF13 시험체에 비해 약 10-15%의 초기강성 감소를 나타냈다. 또한 소성역 강성은 BDF13 시험체에 비해 BDF13-300 시험체에서 약 5%의 소성역 강성감소를 나타냈다.

3.3 모멘트-곡률

본 연구에서는 철근콘크리트 보가 손상을 입은 후 동결융해에 따른 손상 정도를 규명하기 위한 실험을 실시하였으며, 동결융해에 의해 콘크리트의 압축강도 및 철근과의 부착력 저하가 예상된다. 따라서 손상 이전의 철근콘크리트 보에 관해 단면해석을 실시함으로써 손상 후 동결융해에 의한 내력저하를 평가하고자 하였다. 손상 전의 단면해석 결과에서는 그림 7(b)에 나타난 바와 같이 동결융해 진전에 따른 압축강도 저하만이 고려될 뿐 거의 유사한 거동특성을 나타냈으나, 그림 7(a)에 나타난 바와

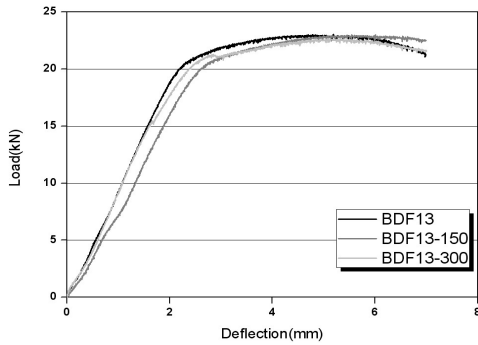
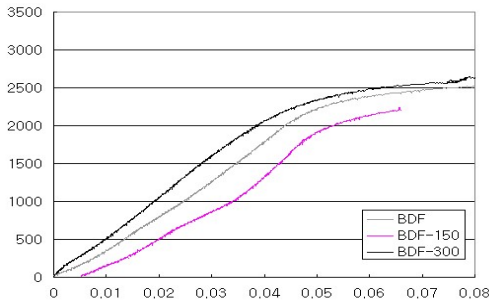


그림5. 단조가력시 하중-처짐



(a) 실험결과

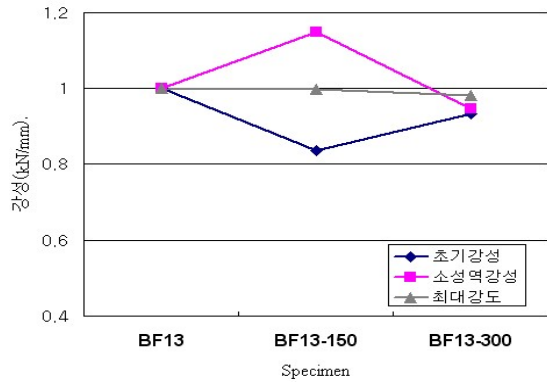
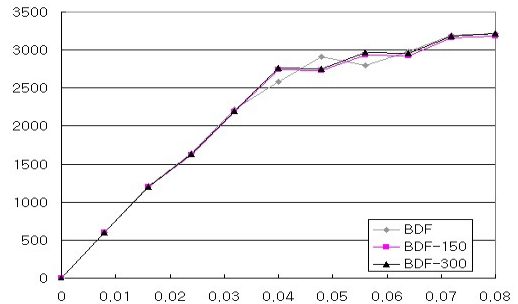


그림6. 강성 비교



(b) 단면 해석결과

그림7. 모멘트-곡률

같이 0.3mm의 균열이 기 발생된 경우에는 균열면을 따라 수분이 침투함으로써 압축강도 저하 뿐만 아니라 인장철근과의 부착력이 저하되어 추가적인 내력저하가 발생된 것으로 판단된다.

4. 결 론

BDF13-150, BDF-300 시험체의 경우 동결융해 경험에 따른 초기강성 저하를 나타냈다. 또한 소성역강성 저하는 BDF13-300 시험체에서 나타났으며 이는 반복적 동결융해 작용에 의한 내구성 저하에 기인한 것으로 판단된다. 또한 단면해석을 실시한 결과, 손상을 경험한 시험체의 경우 동결융해에 의한 열화에 노출될 경우 시험체에 발생하는 손상정도가 커지는 것으로 사료된다.

감사의 글

본 연구는 국토해양부가 출연하고 한국건설교통기술평가원에서 위탁시행 한 2004년 건설교통R&D정책인프라사업(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. 고경택, 김도겸, 조명석, 송영철 “동결융해 작용을 받는 콘크리트 구조물의 내구성능 저하 예측 방법에 관한 연구”, 대한건축학회 학술발표대회 논문집, 구조계 18(2), 1998. pp. 521~ 526