

강섬유 및 나일론섬유를 적용한 콘크리트의 역학적 성능 및 내동해성 평가

Mechanical Properties and Frost Resistance of Concrete with Steel and Nylon Fibers

김동규¹ · 이승태^{2*}

Dong-Gyou Kim¹ · Seung-Tae Lee^{2*}

(Received October 24, 2022 / Revised November 8, 2022 / Accepted November 9, 2022)

In this study, the mechanical properties and frost resistance of concrete with steel and nylon fibers were experimentally investigated. Both of OPC concrete with 100 % ordinary portland cement and SGC concrete replaced with 50 % GGBFS were manufactured to evaluate effects of fibers to the performance of concrete. Compressive and split tensile strength, ultrasonic pulse velocity and surface electric resistivity measurements of concrete were carried out at a predetermined interval. In addition, the freezing & thawing resistance of concrete in accordance with ASTM C666 standard was also examined. As a result, it is seemed that the effect of fibers was remarkable to improve the mechanical properties and frost resistance of concrete, especially for the concrete incorporating steel fiber.

키워드 : 강섬유, 나일론섬유, 콘크리트, 역학적 성능, 내동해성

Keywords : Steel fiber, Nylon fiber, Concrete, Mechanical properties, Frost resistance

1. 서론

일반적으로 콘크리트는 압축강도에 비하여 상대적으로 현저히 낮은 휨 및 인장강도를 발현하기 때문에 이로 인한 인성의 저하 및 균열의 발생으로 콘크리트의 성능저하가 발생하기도 한다. 섬유보강 콘크리트는 이러한 콘크리트의 낮은 휨 및 인장성능을 개선하기 위하여 강(steel), 나일론(nylon), 유리(glass), 탄소(carbon), 폴리프로필렌(polypropylene), 폴리에틸렌(polyethylene) 등 다양한 종류의 섬유를 보강재로 적용함으로써 취성파괴를 방지하고 균열 제어를 통하여 인성 및 연성을 보강할 목적으로 제조된 콘크리트를 의미한다. 섬유보강 콘크리트에 대한 선행연구는 주로 섬유의 종류 및 첨가량을 주요 변수로 하여 콘크리트의 성능을 평가한 연구가 주류를 이루고 있으나, 최근에는 섬유보강 콘크리트의 미세구조, 공극특성을 평가하기 위한 연구도 많이 이루어지고 있다 (Miao et al, 2002; Wang and Niu 2016).

또한, 콘크리트 구조물이 동해, 염해, 탄산화, 화학적 침식 등

열화를 일으키는 환경에 노출되면 콘크리트의 조직구조가 변하게 되고, 강도, 탄성계수 등 역학적 성능이 떨어지게 된다. 특히, 동해, 제설제 환경 등에 콘크리트 구조물이 노출되면 콘크리트의 표면열화가 가속화될 뿐만 아니라 콘크리트 구조물의 공용연수도 다른 열화 환경에 비하여 현저하게 빨리 단축되는 결과를 야기한다. 국내외적으로 섬유보강 콘크리트의 내동해성에 대한 연구는 많이 수행되어 오고 있으나, 섬유보강 콘크리트의 내동해성과 관련하여 보강재의 효능에 대해서는 연구자마다 결과가 상이하게 나타나기도 한다. 예를 들면, Soylev and Ozturan(2014) 및 Karahan and Atis(2011)는 콘크리트에 섬유보강재를 적용함에 따라 콘크리트의 공극 및 투수성이 증가하게 되며, 콘크리트의 내구성이 저하된다는 연구결과를 보고하였으며, 이에 반하여 다른 연구자는 강섬유 보강 콘크리트의 우수한 내동해성을 실험적으로 입증하기도 하였다. Feo et al.(2020)의 연구내용에 따르면, 강섬유 혼입율을 달리한 섬유보강 콘크리트의 우수한 부착성능 메커니즘을 규명하였으며, 골재와 시멘트 매트릭

* Corresponding author E-mail: stlee@kunsan.ac.kr

¹한국건설기술연구원 지반연구본부 연구위원 (Korea Institute of Civil engineering and Building Technology, Kyonggi-do, 10223, Korea)

²군산대학교 토목공학과 교수 (Dept. of Civil Engineering, Kunsan National University, Kunsan, Jeonbuk, 54150, Korea)

스의 향상된 부착성능으로 인하여 내동해성이 증가한다고 주장하였다.

본 연구에서는 섬유보강 콘크리트의 고성능화를 위한 일환으로 국내에서 생산되는 강섬유 및 나일론섬유를 보강재로 적용하여 콘크리트를 제작하였으며, 역학적 성능 및 내동해성을 실험적으로 평가하였다. 본 연구를 통하여 도출된 실험결과는 향후 섬유보강 콘크리트의 최적설계를 위한 기초자료로 활용될 것으로 기대된다.

2. 실험개요

2.1 사용재료

2.1.1 결합재

실험에 사용한 결합재는 KS L 5201에 준하는 국내 S사 1종 보통 포틀랜드시멘트(OPC) 및 고로슬래그미분말(SG)을 사용하였으며 화학성분 및 물리적 성질은 Table 1과 같다.

2.1.2 골재

잔골재는 부순모래(S)를 사용하였으며, 굵은 골재는 최대치수 25 mm의 부순돌(G)을 사용하였다. 잔골재 및 굵은 골재의 물리적 성질은 Table 2와 같다.

2.1.3 섬유 보강재

본 연구에서는 Fig. 1에 나타난 바와 같이 섬유보강재로서 강섬유(이하 SF: steel fiber) 및 나일론섬유(이하 NF: nylon fiber)를 사용하였다. SF는 국내 K사에서 생산된 단후크(single hooked) 타입의 제품을 사용하였으며, NF는 국내 K사의 제품으로서 분산성을 향상시키기 위하여 섬유표면에 분산제를 코팅하여 사용하였다. 본 연구에서 적용한 섬유보강재의 물리적 성질을 Table 4에 정리하여 나타내었다.

Table 1. Chemical composition and physical properties of binders

Items	OPC	SG
SiO ₂ (%)	19.8	31.7
Al ₂ O ₃ (%)	4.8	14.5
Fe ₂ O ₃ (%)	3.1	0.4
CaO (%)	61.5	41.7
MgO (%)	2.9	5.4
SO ₃ (%)	2.8	2.1
Ig. loss (%)	2.96	2.6
Density (g/cm ³)	3.15	2.92
Fineness (cm ² /g)	3,400	4,700

Table 2. Physical properties of aggregates

Items	S	G
Gmax (mm)	-	25
Absorption (%)	1.14	0.93
F.M.	2.9	6.8
Density (g/cm ³)	2.53	2.75

2.1.4 화학혼화제

콘크리트의 유동성 및 공기량 확보를 위하여 폴리카르본산계 고성능감수제(SP: superplasticizer) 및 공기연행제(AEA: air-entrained agent)를 각각 적절하게 사용하였으며, 콘크리트의 재료분리저항성 및 충전성을 개선시키기 위하여 증점안정화제(VMA: viscosity modifying agent)를 사용하였다.

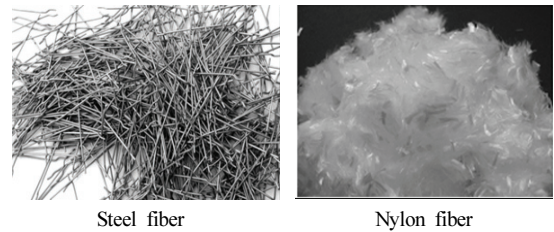


Fig. 1. Fibers used in this study

Table 3. Mix proportion of concrete

Mixes	Unit weight (kg/m ³)						
	W	C	SG	S	G	SF	NF
OPC	165	350	-	848	954	-	-
OPC-SF	165	350	-	848	954	60	-
OPC-NF	165	350	-	848	954	-	1.2
SGC	165	175	175	839	944	-	-
SGC-SF	165	175	175	839	944	60	-
SGC-NF	165	175	175	889	944	-	1.2

Table 4. Mechanical properties of fibers

Items	SF	NF
Diameter (μm)	20	23
Length (mm)	13	6
Density (g/cm ³)	7.50	1.16
Tensile strength (MPa)	2,500	919
Aspect ratio	65	-

2.2 배합 및 시험체 제작

본 연구에서 사용된 콘크리트 배합은 결합재로서 100 % OPC를 사용한 OPC 배합, OPC에 대하여 SG를 50 %를 대체한 SGC 배합을 사용하였다. 또, 선행연구(Lee 2019; Kim et al, 2022)를 참조하여 OPC 및 SGC 배합에 SF를 부피비로서 2.0 % 첨가한 배합을 OPC-SF 및 SGC-SF 배합, OPC 및 SGC 배합에 NF를 1.2 kg/m³ 첨가한 배합을 OPC-NF 및 SGC-NF 배합으로 각각 명명하였다. 본 연구에 사용된 콘크리트 배합표는 Table 3과 같다. 또한, 콘크리트의 슬럼프 및 공기량은 각각 190 ± 10 mm 및 4.5 ± 1.5 %로 결정하였으며, 증점안정화제는 배합에 관계없이 결합재량의 약 2.5 %를 사용하였다. 또한, 물-결합재비(w/b) 및 잔골재율(S/a)은 각각 47 % 및 48 %로 고정하여 배합설계를 실시하였다.

2.3 실험방법

2.3.1 강도특성

콘크리트의 압축강도 및 쪼갬 인장강도 시험은 KS F 2405 “콘크리트의 압축강도 시험방법” 및 KS F 2423 “콘크리트의 인장강도 시험방법”에 준하여 실시하였고, 강도 측정 시 콘크리트 공시체를 연마한 후 재령별 강도를 측정하였다. 각 재령별로 3개의 콘크리트 공시체의 강도를 측정하였으며, 그 평균값을 채택하였다.

2.3.2 초음파펄스속도

본 연구에서 KS F 2731 “콘크리트 압축강도 추정을 위한 초음파 펄스속도 시험방법”에 준하여 초음파펄스속도를 측정하였다. 콘크리트의 초음파펄스속도 측정 전경은 Fig. 2와 같다.

2.3.3 표면전기저항성

콘크리트의 표면전기저항값을 측정하기 위하여 Ø100 × 200 mm 원주형 공시체를 대상으로 Wenner법에 근거한 four-electrode resistivity 시험(Fig. 3)을 실시하였으며, 콘크리트의 표면전기저항

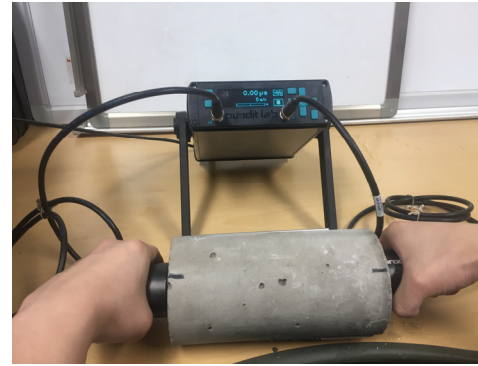


Fig. 2. Measurement of ultrasonic pulse velocity of concrete

은 식 (1)과 같이 산정하였다. 또, ASTM C1760에 근거하여 Table 5와 같이 표면전기저항성의 성능등급을 분류하였다.

$$\rho(\text{Kohm} \cdot \text{cm}) = \frac{2\pi aV}{I} \quad (1)$$

여기서, a = 전극간격(cm), V = 전압강하량(V), I = 전류량(A)이다.

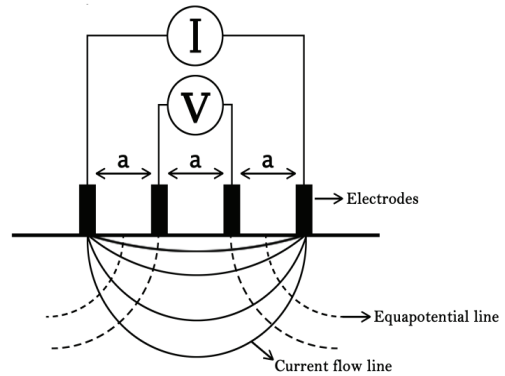


Fig. 3. Schematic representation of surface electric resistivity by Wenner method

Table 5. Performance levels of surface electric resistivity

Levels	Wenner (KΩ-cm)
Very low	0~5
Low	5~7.5
Moderate	7.5~15
High	Over 15

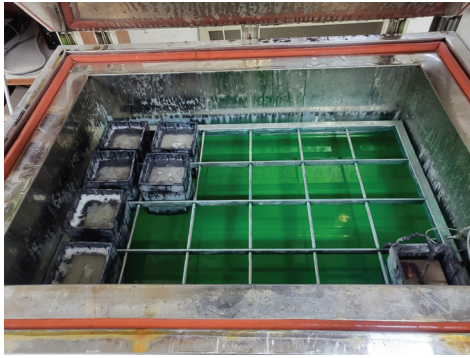


Fig. 4. Freezing & thawing test according to ASTM C666

2.3.4 내동해성

콘크리트의 동결융해 저항성 시험은 28일 동안 수중양생한 100 × 100 × 400 mm의 각주형 공시체를 대상으로 ASTM C 666 A법에 준하여 시험을 수행하였다. 또한, 콘크리트의 동결융해 저항성을 평가하기 위한 파라미터인 상대동탄성계수 및 질량비는 다음 식 (2) 및 (3)과 같이 산정하였다.

$$E_{d,c} = \left(\frac{n_c}{n_0}\right)^2 \times 100(\%) \quad (2)$$

여기서,

$E_{d,c}$: c 사이클 후 콘크리트의 상대동탄성계수(%)

n_c : c 사이클 후 콘크리트의 공명진동수(Hz)

n_0 : 동결융해 노출 전 콘크리트의 공명진동수(Hz)

$$\text{질량비} = \frac{M_c}{M_0} \times 100(\%) \quad (3)$$

여기서,

M_c : c 사이클 후 콘크리트의 질량(g)

M_0 : 동결융해 노출 전 콘크리트의 질량(g)

3. 실험결과 및 고찰

3.1 강도특성

6종류 콘크리트의 재령별 압축 및 인장강도 측정 결과를 나타낸 것이 Table 6이다. 이 표에서 알 수 있듯이 재령의 증가와 더불어 압축 및 인장강도는 증가하였으며, 재령 28일에서 SGC계 콘크리트의 강도발현이 SG의 잠재수경성으로 인하여 OPC계 콘크리트에 비하여 다소 크게 나타났다(Attari et al., 2016).

한편, 콘크리트의 강도발현에 대한 섬유보강재의 영향을 고찰하기 위하여 섬유보강재 무혼입 콘크리트에 대한 OPC계 및 SGC계 콘크리트의 압축 및 인장 강도비를 재령별로 각각 도시한 것이 Fig. 5 및 6이다. Fig. 5는 재령별 압축강도비를 나타낸 것으로서, OPC 콘크리트의 압축강도 발현에 대한 섬유보강재의 효과는 그다지 크지 않은 반면, SGC 콘크리트에 대한 압축강도 발현 효과는 상대적으로 크게 나타났다. 특히, 재령 7일 및 28일에서는 NF에 비하여 SF의 강도발현 효과가 다소 크게 나타나는 것으로 조사되었다. 예를 들면, 재령 28일에서 OPC 콘크리트에 SF 및 NF를 첨가할 경우, 약 4 % 및 6 %의 압축강도 증진효과가 나타난 반면, 동일 재령에서 SGC 콘크리트에 SF 및 NF를 첨가할 경우, 약 13 % 및 7 %의 압축강도 증진효과를 확인할 수 있다.

Fig. 6은 콘크리트의 인장강도 발현에 대한 섬유보강재의 효과를 재령별로 나타낸 것으로서, 압축강도비 경향과 마찬가지로 OPC계 콘크리트는 섬유보강재의 강도 발현효과가 다소 작게 나타난 반면, SGC계 콘크리트는 섬유보강재의 인장강도 발현 효과가 상대적으로 크게 나타남을 확인할 수 있다.

3.2 초음파펄스속도

콘크리트의 재령별 초음파펄스속도를 측정하여 나타낸 것이 Fig. 7과 같다. 이 그림에서 나타났듯이 재령이 증가함에 따라 초음파펄스속도는 증가하는 경향을 나타내었으며, SF를 적용한 콘크

Table 6. Compressive strength and split tensile strength values of concrete with ages

Mixes	Compressive strength (MPa)			Split tensile strength (MPa)		
	3d	7d	28d	3d	7d	28d
OPC	26.3	33.2	37.7	2.4	3.1	3.7
OPC-SF	27.1	34.7	39.2	2.6	3.2	3.9
OPC-NF	27.8	34.9	40.1	2.6	2.9	3.6
SGC	11.7	22.0	42.1	1.8	2.6	3.7
SGC-SF	12.6	29.6	47.7	2.1	2.9	4.4
SGC-NF	12.3	26.9	45.0	2.1	2.7	3.8

리트(OPC-SF 및 SGC-SF)의 초음파펄스속도가 다소 크게 나타나는 경향을 나타내었다. 그러나, NF 보강 콘크리트의 초음파펄스속도는 결합재 종류에 관계없이 섬유보강재 무혼입 콘크리트와 유사한 것으로 조사되었다. 이러한 실험결과는 Table 6에 제시된 콘크리트의 강도발현 경향과 어느 정도 비슷하게 나타났으며, Nik and Omran(2013)의 연구결과와도 유사하게 나타났다. 따라서, NF보다는 SF를 적절한 비율로 첨가한 섬유보강 콘크리트의 역학적 성능이 상대적으로 우수할 것으로 판단된다.

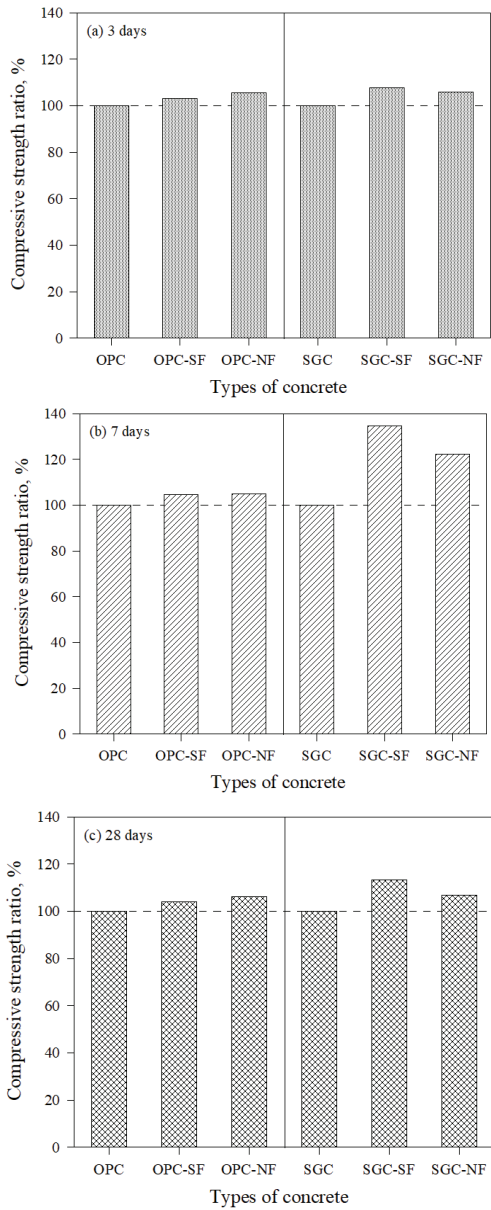


Fig. 5. Compressive strength ratios of concrete at: (a) 3 days, (b) 7 days, and (c) 28 days

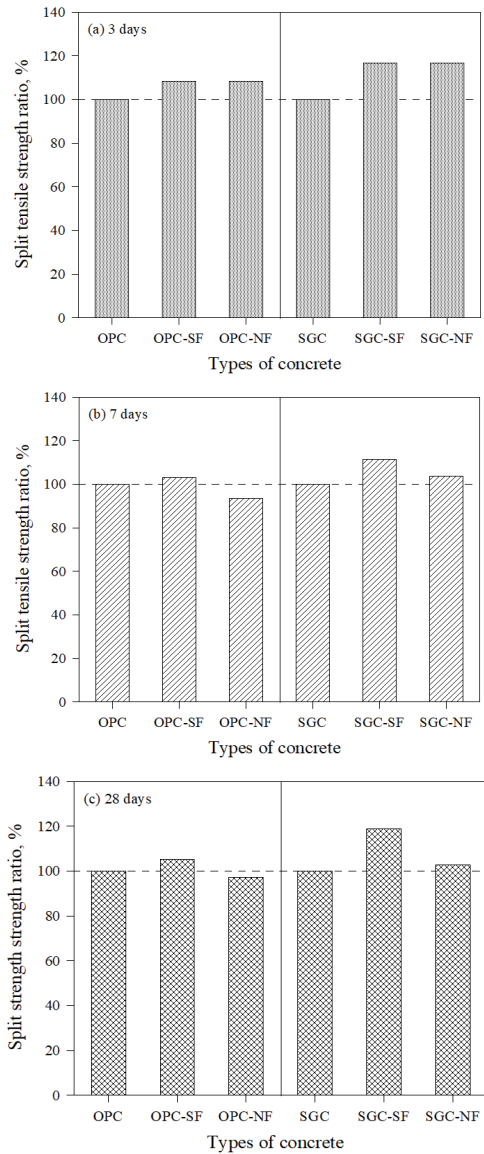


Fig. 6. Split tensile strength ratios of concrete at: (a) 3 days, (b) 7 days, and (c) 28 days

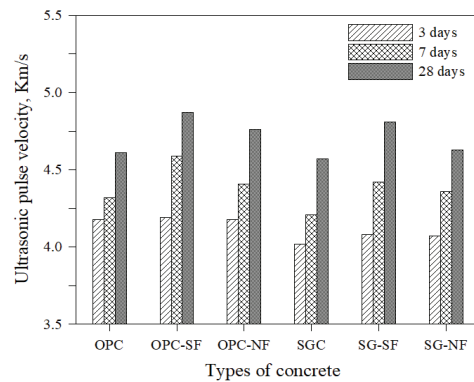


Fig. 7. Ultrasonic pulse velocity of concrete

Table 7. Results of surface electric resistivity of concrete

Mixes	Surface electric resistivity (K · ohm · cm)		
	3d	7d	28d
OPC	3.67 (V)*	4.87 (V)	7.32 (L)
OPC-SF	2.25 (V)	3.75 (V)	5.77 (L)
OPC-NF	3.17 (V)	4.07 (V)	6.30 (L)
SGC	3.55 (V)	6.72 (L)	19.90 (H)
SGC-SF	2.10 (V)	4.76 (V)	9.70 (M)
SGC-NF	3.67 (V)	6.41 (L)	20.42 (H)

* Performance level according to ASTM C1760
 V : very low, L : low, M : moderate, H : High

3.3 표면전기저항성

여러 연구자들에 의하여 콘크리트의 강도특성, 공극특성 및 내구성 평가 기법으로써 표면전기저항법을 적용한 연구가 보고되고 있다(Gastaldini et al. 2009; Kim and Moon 2013). 특히, 4전극을 이용한 Wenner법이 일반적으로 사용되며, Ramezani pour et al.(2011)은 표면전기저항값을 이용하여 콘크리트의 강도 및 내구성과의 상관관계를 실험적으로 규명하였으며, 내구성 평가지표로서 표면전기저항값의 높은 신뢰성을 주장하였다.

6종류 콘크리트의 표면전기저항성을 측정하여 나타낸 것이 Table 7이다. 콘크리트의 표면전기저항성은 재령 3일에서 모든 콘크리트가 ASTM C 1760에 근거한 내구성 평가기준 'Very low' 영역으로 나타남을 알 수 있다. 또, 재령 7일에서는 OPC계 콘크리트는 'Very low' 영역으로 나타난 반면, SGC 및 SGC-NF 콘크리트는 'Low' 영역으로 관찰되었다. 한편, 28일 양생 OPC계 콘크리트의 표면전기저항성이 섬유보강 유무에 관계없이 'Low' 영역으로 나타난 반면, SGC계 콘크리트의 표면전기저항성은 상대적으로 우수한 것으로 조사되었다. 특히, SF 적용 콘크리트는 섬유보강재 무첨가 콘크리트에 비하여 표면전기저항값이 상대적으로 낮은 경향을 보였는데, 이는 SF의 높은 전기전도성으로 인하여 콘크리트의 표면 전기저항이 어느 정도 영향을 받은 것으로 판단된다.

3.4 내동해성

전 세계적으로 많은 연구자들에 의하여 콘크리트의 동해저항성에 대한 섬유보강재의 정(+) 또는 부(-) 효과에 대한 연구가 수행되었으며, 특히 Huang(2001)는 섬유보강재를 적용한 콘크리트의 공극 및 투수성 감소로 인하여 내동해성이 향상된다는 연구결과를 보고하기도 하였다. 반면, Cao et al.(2018)은 섬유보강재량이 증가함에 따라 자기충진 콘크리트의 내동해성이 떨어진다는 실험결

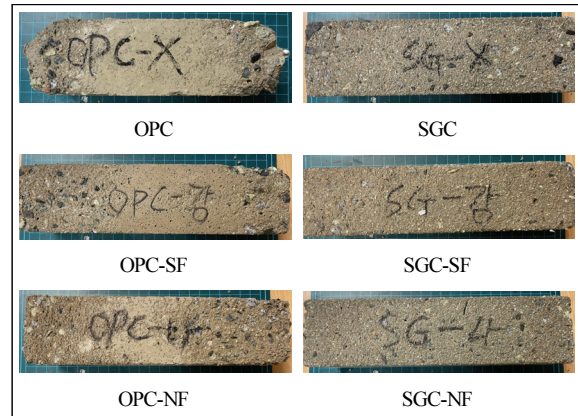


Fig. 8. Visual appearance of concrete specimens after freezing & thawing action of 300 cycles

과를 보고하기도 하였다. 또, Miao et al.(2002)은 동결수가 상이한 환경에서 콘크리트의 동결융해 저항성에 대한 SF의 효능성에 대하여 실험적으로 규명하였으며, Wang and Niu(2016)은 SF가 섬유보강 콘크리트의 미세조직구조를 개선시켜 동해작용으로 인하여 발생하는 인장응력을 완화시키는 역할을 한다고 보고하였다.

ASTM C660에 준하여 6종류 콘크리트의 내동해성을 평가하였으며, 동결융해 작용 300사이클 후 콘크리트 공시체의 외관 사진을 비교하여 나타낸 것이 Fig. 8이다. 이 그림에서 알 수 있듯이, OPC 콘크리트는 동결융해 작용으로 인하여 공시체 모서리 부근에서 다량의 균열, 박리, 탈락 등 표면 열화가 극심한 것으로 관찰되었으며, 공시체 표면에서 골재노출로 인한 단면손상도 많이 나타났다. 반면, 섬유보강재를 적용한 OPC-SF 및 OPC-NF 콘크리트 공시체는 OPC 콘크리트에 비하여 상대적으로 건전한 외관상태를 나타내었으나, 모서리 부근에서 표면열화에 의한 골재노출 현상이 다수 조사되었으나 심각한 단면 손상 징후는 관찰되지 않았다. 다시 말해서, 동해작용을 받는 콘크리트의 내구성에 대한 섬유보강재의 효과가 시각적으로 확인됨을 알 수 있으며, 이러한 결과는 Park et al.(2022)의 연구내용과도 어느 정도 유사한 것으로 판단된다. 한편, 300사이클의 동결융해 반복작용을 받은 SGC계 콘크리트 공시체 외관은 공시체 표면에 소량의 스케일링이 발생하였으나, 섬유보강재의 적용여부에 관계없이 대체적으로 건전한 외관상태를 유지한 것으로 조사되었다.

6종류 콘크리트의 동결융해 사이클별 상대동탄성계수(E_d) 및 질량비를 식 (2) 및 (3)으로 계산하여 나타낸 것이 Fig. 9 및 10이다. Fig. 9의 결과에서 알 수 있듯이, OPC 콘크리트의 상대동탄성계수는 150사이클 후부터 급격히 감소하기 시작하여 300사이클 후에

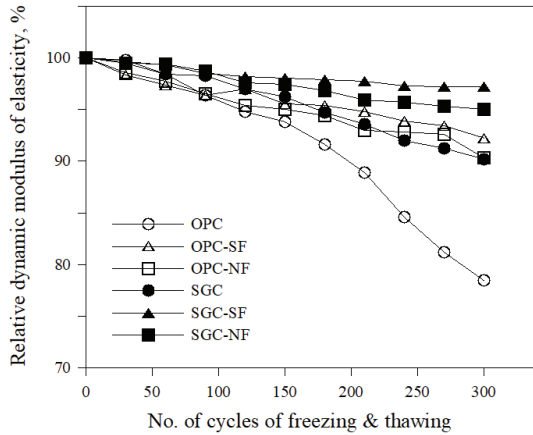


Fig. 9. Relative dynamic modulus of elasticity (Ed) of concrete after freezing & thawing action

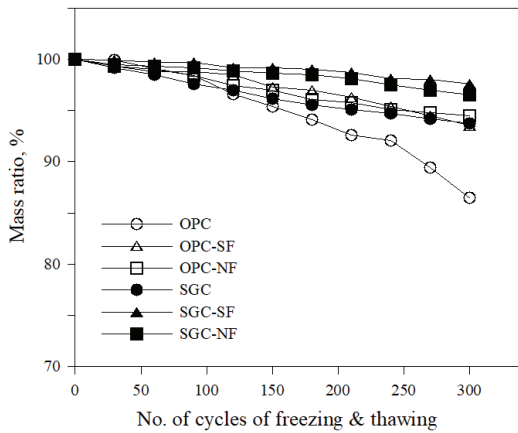


Fig. 10. Mass ratio of concrete after freezing & thawing action

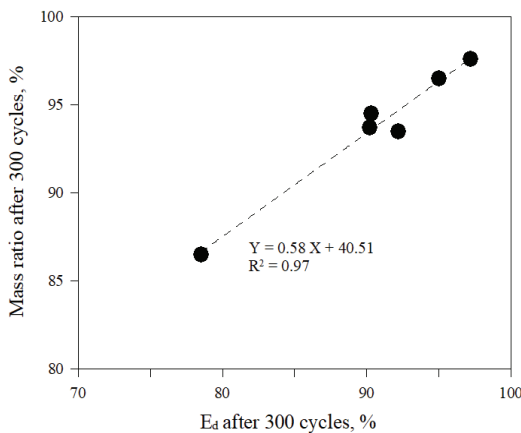


Fig. 11. Relationship between Ed and mass ratio of concrete specimens

는 약 78.5 %의 상대동탄성계수 값을 나타낸 반면, SGC 콘크리트는 300사이클 후 약 90.2 %인 것으로 조사되었다. 이러한 경향은 Ozbay et al.(2013)의 연구결과와도 어느 정도 유사하게 나타났다. 한편, 섬유보강재를 적용한 OPC계 콘크리트의 경우, OPC-SF 및 OPC-NF 콘크리트의 300사이클 후 상대동탄성계수는 각각 92.2 % 및 90.3 %로 나타나 섬유보강재 무훈입 OPC 콘크리트와 비교하여 상대적으로 우수한 내동해성을 나타내었다. 한편, SGC계 섬유보강 콘크리트의 300사이클 후 상대동탄성계수는 각각 97.2 % 및 95.0 %로 나타나 동결융해 반복작용에 의한 콘크리트의 열화가 상대적으로 적게 나타남을 확인할 수 있다.

한편, 6종류 콘크리트의 동결융해 사이클별 질량비를 관찰하여 도시한 것이 Fig. 10으로써, Fig. 9에 제시된 콘크리트의 상대동탄성계수 측정결과와 매우 유사한 경향이 나타나는 것으로 관찰되었다. 다시 말해서, 동결융해 반복작용 300사이클 후 OPC 콘크리트의 질량비는 약 86.5 %로 나타났으며, 나머지 5종류 콘크리트의 동일 사이클 후 질량비는 최소 93 %이상의 값을 나타낸 것으로 조사되었다. 이상과 같이 여러 연구자들이 주장하였듯이 콘크리트의 내동해성을 평가하기 위한 주요 파라미터로서 상대동탄성계수 및 질량비가 많이 활용되고 있으며, Fig. 11에 제시된 바와 같이 본 실험에서도 두 파라미터는 좋은 상관관계($R^2 = 0.97$)를 나타낸 것으로 확인되었다.

4. 결론

본 연구는 SF 및 NF 적용 콘크리트의 역학적 성능 및 내동해성을 실험적으로 고찰한 것이며, 실험 결과로부터 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 콘크리트의 강도측정 결과, SGC 콘크리트는 OPC 콘크리트보다 압축 및 인장강도 발현에 대한 섬유보강재의 효과가 다소 크게 나타났으며, SF가 NF보다 콘크리트의 강도발현에 더 큰 영향을 미치는 것으로 확인되었다.
2. 섬유보강재 무훈입 콘크리트에 비하여 SF 적용 콘크리트 초음파파열속도가 다소 크게 나타나는 경향을 보였으며, NF 보강 콘크리트의 초음파파열속도는 결합재 종류에 관계없이 섬유보강재 무훈입 콘크리트와 유사한 것으로 나타났다.
3. 콘크리트의 표면전기저항성을 관찰한 결과, 섬유보강 유무에 관계없이 OPC계 콘크리트에 비하여 SGC계 콘크리트의 표면전기저항성이 상대적으로 우수한 것으로 나타났다.
4. 섬유보강재 적용 OPC 콘크리트(OPC-SF 및 OPC-NF)의 300

사이클 후 상대동탄성계수는 각각 90 % 이상으로써 OPC 콘크리트의 78 %와 비교하여 우수하였으며, SGC계 콘크리트는 섬유보강재 혼입여부에 관계없이 300 사이클 후 상대동탄성계수가 모두 90% 이상으로써 우수한 내동해성을 나타내었다. 또, 동결융해 작용에 의한 콘크리트의 질량비는 상대동탄성계수와 대체적으로 유사한 경향으로 관찰되었다.

Conflicts of interest

None.

감사의 글

본 논문은 한국건설기술연구원 주요사업 “인공지능을 활용한 도심도 지하 대공간의 스마트 복합 솔루션 개발” 연구과제에서 연구비를 지원받아 수행된 결과입니다. 이에 감사드립니다.

References

- Attari, A., McNally, C., Richardson, M.G. (2016). A combined SEM - calorimetric approach for assessing hydration and porosity development in GGBFS concrete, *Cement and Concrete Composites*, **68**, 46–56.
- Cao, Q., Gao, Q., Gao, R., Jia, J. (2018). Chloride penetration resistance and frost resistance of fiber reinforced expansive self-consolidating concrete, *Construction and Building Materials* **158**, 719–727.
- Feo, L., Ascione, F., Penna, R., Lau, D., Lamberti, M. (2020). An experimental investigation on freezing and thawing durability of high performance fiber reinforced concrete (HPFRC), *Composites and Structures*, **234**, 111673.
- Gastaldini, A.L.G., Isaia, G.C., Hoppe, T.F., Missau, F., Saciloto, A.P. (2009). Influence of the use of rice husk ash on the electrical resistivity of concrete: A technical and economic feasibility study, *Construction and Building Materials*, **23(11)**, 3411–3419.
- Huang, W.H. (2001). Improving the properties of cement-fly ash grout using fiber and superplasticizer, *Cement and Concrete Research*, **31(7)**, 1033–1041.
- Karahan, O., Atis, C.D. (2011). The durability properties of polypropylene fiber reinforced fly ash concrete, *Materials and Design*, **32(2)**, 1044–1049.
- Kim, D.G., Yu, K.M., Lee, S.T. (2022). Performance of high-flowable retaining wall material using ground granulated blast-furnace slag and steel fiber, *Journal of the Korean Geo-Environmental Society*, **23(11)**, 5–11 [in Korean].
- Kim, S.D., Moon, D.Y. (2013). Effect of steel fiber distribution on steel fiber-reinforced concrete on surface electrical resistivity, *Journal of the Korea Institute for Structural Maintenance and Inspection*, **17(1)**, 106–113 [In Korean].
- Lee, S.T. (2019). Effect of nylon fiber addition on the performance of recycled aggregate concrete, *Applied Science*, **9(4)**, 767.
- Miao, C., Mu, R., Tian, Q., Sun, W. (2002). Effect of sulfate solution on the frost resistance of concrete with and without steel fiber reinforcement, *Cement and Concrete Research*, **32(1)**, 31–34.
- Nik, A.S., Omran, O.L. (2013). Estimation of compressive strength of self-compacted concrete with fibers consisting nano-SiO₂ using ultrasonic pulse velocity, *Construction and Building Materials* **44**, 654–662.
- Ozbay, E., Karahan, O., Lachemi, M., Hossain, K.M.A., Atis, C.D. (2013). Dual effectiveness of freezing-thawing and sulfate attack on high-volume slag-incorporated ECC, *Composites Part B: Engineering*, **45(1)**, 1384–1390.
- Park, J.S., Ahan, K.H., You, Y.J., Lee, J.S. (2022). Evaluating the freeze-thaw damage of concrete with respect to water to cement ratio using surface rebound value, *Journal of Recycled Construction Resources Institute*, **10(2)**, 143–151 [In Korean].
- Ramezani-pour, A.A., Pilvar, A., Mahdikhani, M., Moodi, F. (2011). Practical evaluation of relationship between concrete resistivity, water penetration, rapid chloride penetration and compressive strength, *Construction and Building Materials*, **25(5)**, 2472–2479.
- Soylev, T.A., Ozturan, T. (2014). Durability, physical and mechanical properties of fiber reinforced concretes at low-volume fraction, *Construction and Building Materials*, **73**, 67–75.
- Wang, J., Niu, D. (2016). Influence of freeze-thaw cycles and sulfate corrosion resistance on shotcrete with and without steel fiber, *Construction and Building Materials* **122**, 628–636.

강섬유 및 나일론섬유를 적용한 콘크리트의 역학적 성능 및 내동해성 평가

본 연구에서는 강섬유 및 나일론섬유를 적용한 섬유보강 콘크리트의 역학적 성능 및 내동해성을 실험적으로 평가하였다. 콘크리트의 역학적 성능 및 내동해성에 대한 섬유보강재의 효과를 평가하기 위하여 100 % 1종 보통포틀랜드시멘트(OPC) 콘크리트 및 50 % 대체 고로슬래그미분말(SGC) 콘크리트를 제조하였으며, 소정의 재령에서 압축 및 인장강도, 초음파펄스속도, 표면전기저항을 각각 측정하였으며, ASTM C666에 준하여 콘크리트의 상대동탄성계수 및 질량비를 측정하여 동결융해 저항성을 평가하였다. 실험결과에 의하면, 섬유보강재는 콘크리트의 역학적 성능을 효과적으로 개선시켰으며, 이러한 경향은 강섬유 적용 SGC 콘크리트에서 두드러지게 나타났다.