

콘크리트 침목의 내마모성 향상을 위한 재료 특성 연구

A research on material characteristics to improve abrasion resistance of concrete sleepers

김희애*, 장윤호**, 표석훈*†

Heeae Kim*, Yoon Ho Jang**, Sukhoon Pyo**

초 록 본 논문은 내마모성이 향상된 콘크리트 침목을 제작하기 위한 선행연구로서 백운석 골재를 사용한 초고성능 콘크리트(UHPC, Ultra High Performance Concrete)를 제작하여 내마모성 특성을 조사하였다. 기존 UHPC에서는 1 mm이하의 잔골재가 가장 큰 골재로 사용되지만, 본 연구에서는 재료의 비용을 낮추기 위해 최대입자크기는 5 mm 이상인 백운석이 추가 골재로 적용되었다. 제작된 콘크리트의 내마모성이 조사되었으며 시험은 회전 커터날 방법(ASTM C 944)에 준하여 실시되었다. 시험결과 백운석을 적용한 UHPC는 일반콘크리트에 비해 대략 7배 높은 내마모성을 보이고, 일반 UHPC에 비교했을 때 우수한 물리적 성질을 유지하였다. 본 재료를 콘크리트 침목에 적용한다면 내마모성 향상으로 인해 열차하중 저항성능 및 사용수명 증가를 기대할 수 있다.

주요어 : 초고성능 콘크리트(UHPC, Ultra high performance concrete), 굵은 골재, 백운석, 콘크리트침목, 내마모성

1. 서 론

철도침목 레일좌면부의 마모현상은 철도차량운행 수직하중, 횡·중 방향하중 및 레일 패드 특성 등으로 인해 발생된다. 현재는 철도고속화로 인해 열차하중이 증가하면서 철도침목 레일좌면부의 마모가 빨라지는 경향을 보이는데, 일반적으로 마모로 인해 콘크리트 침목 단면 높이가 감소되면 휨 강도 및 피로내구성과 같은 하중 저항성능이 낮아지게 된다. 또한 마모 깊이가 지속적으로 증가될 경우, 균열발생 및 피로파괴로 이어져 열차의 안전을 심각하게 위협하는 요소가 된다.

이렇듯 침목의 내구성은 열차운행 안전성과 관련된 중요한 요소 중 하나로, 기존 콘크리트 침목의 내마모성이 향상된다면 침목의 하중

저항성능 및 사용수명이 증가되고 앞서 설명된 문제들이 해결되어 유지보수비의 감소로 인한 경제성 확보까지 기대해볼 수 있다.

본 논문에서는 내마모성이 향상된 콘크리트 침목을 제작하기 위한 재료 특성 연구로, 굵은 골재를 활용한 초고성능 콘크리트의 내마모성을 조사하였다.

2. 본 론

2.1 초고성능 콘크리트(UHPC)

연구에 사용된 초고성능 콘크리트(UHPC, Ultra High Performance Concrete)는 150 MPa 이상의 높은 압축강도와 높은 인장강도 및 휨강도를 보유하는 고인성 재료이다. 경화체 조직이 매우 밀실하기 때문에 외부로부터 염소이온, 이산화탄소, 물 등의 열화물질 침입이 어려워 높은 내구특성을 갖으며[1], 우수한 내충격성[2], 내마모성[3]의 특성을 갖고 있다. 하지만 UHPC를 구성하는 Silica fume, Silica powder, Silica sand 등의 특수한 재료들은 고가이며 생산지역이 한정적이다. 따라서 본 연구에서는 Silica powder와 Silica

† 교신저자: 한국철도기술연구원 미래혁신전략실 선임연구원(shpyo@krrri.re.kr)

* 한국철도기술연구원 미래혁신전략실, 연구원

** 한국철도시설공단 KR연구원 기술연구처, 과장

fume의 첨가량을 줄이고, UHPC 재료의 일부를 백운석 굵은 골재로 대체한 UHPC 배합을 설계하였고, 마모저항성 실험을 진행하였다.

2.2 시험과정 및 결과

배합비는 Table 1과 같으며, 최대크기 5 mm의 백운석을 적용한 UHPC 배합은 Series D로 표기되었다. 또한 굵은 골재의 사용이 내마모성에 미치는 영향을 조사하고자 일반적인 UHPC 배합(Series N)도 추가적으로 제작되었다. 배합의 w/c는 22%이며, 첨가된 섬유부피비는 1.5%이다.

Table 1 Mix design of UHPC incorporating coarser aggregate

Series	Cement (Type I)	Silica Fume	Silica Powder	Super plasticizer†	Silica Sand*		Dolomite*	
					I	II	I	II
N	1	0.25	0.25	0.009	0.3	0.7	-	-
D	1	0.18	0.14	0.009	0.23	0.55	0.29	0.57

†Solid content

*Median grain size I : 0.15 mm, II : 0.53 mm

* Median grain size I : 1.23 mm, II : 2.91 mm

모든 배합은 Hobart type의 믹서로 동일하게 제조되었다. 내마모성 시험체는 직경 150 mm, 높이 60 mm의 크기로 제작되었으며, 제작시 진동 없이 타설되었다. 24시간 상온에서 양생 후 탈형하여 23 °C 온도에서 습윤 양생되었다. 시험은 Fig. 1와 같은 회전 커터날 방법으로 ASTM C 944(Abrasion resistance of concrete by the rotating-cutter method) 규정에 의해 진행되었다.

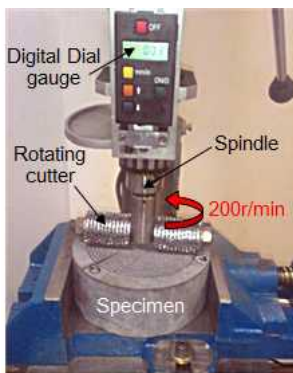


Fig. 1 ASTM C 944 Abrasion resistance test setup 시험결과 10분마다 측정된 마모량(g)과 마

모깊이(mm)의 평균값은 Table 2과 같다. Series D는 N보다 낮은 내마모성을 보였지만, D와 N 모두 일반콘크리트에 비해 대략 7배 높은 내마모성 값으로[3], 백운석을 적용한 UHPC는 일반 UHPC 비교했을 때 우수한 물리적 성질을 유지한다고 볼 수 있다.

Table 2 Mass loss and Abraded depth

Time (min)		0	10	20	30	40	50	60	80
Mass Loss (g)	N	0	0.3	0.7	1.0	1.27	-	-	-
	D	0	0.3	1.13	1.5	2.1	2.7	3.3	4.1
Abraded Depth (mm)	N	0	0.03	0.05	0.07	0.12	-	-	-
	D	0	0.06	0.10	0.16	0.21	0.26	0.31	0.38

3. 결론

최대크기 5 mm인 백운석 굵은골재를 UHPC에 적용하여도 내마모성은 우수하게 유지됨을 확인하였으며, 본 재료를 콘크리트 침묵에 적용한다면 철도침묵 레일좌면부의 마모현상의 감소를 기대해볼 수 있다.

후 기

본 연구는 한국철도기술연구원 주요사업의 연구비 지원으로 수행되었습니다. 이에 감사드립니다.

참고문헌

- [1] S. Pyo, M. Tafesse, H. Kim and H. K. Kim(2017), "Effect of chloride content on mechanical properties of ultra high performance concrete," *Cement and Concrete Composites*, Vol. 84, pp.175-187.
- [2] S. Pyo, S. El-Tawil and A. E. Naaman(2016), "Direct tensile behavior of ultra high performance fiber reinforced concrete (UHP-FRC) at high strain rates," *Cement and Concrete Research*, Vol. 88, pp.144-156.
- [3] S. Pyo, S. Y. Abate and H. K. Kim(2018), "Abrasion resistance of ultra high performance concrete incorporating coarser aggregate," *Construction and Building Materials*, Vol. 165, pp.11-16.