

고속발사체 충격을 받은 콘크리트의 두께에 따른 손상 및 변형 특성에 관한 실험적 연구

An Experimental Study on Damage and Deformation Properties by Thickness of Concrete Impacted by High-Velocity Projectile

김영선¹ · 조홍범² · 이상현² · 기전도² · 전현수¹ · 석원균^{3*}

Hong, Kil-Dong¹ · Lim, Gguk-Jeong² · Jang, Kil-San^{3*}

Abstract : This study reviewed the impact resistance properties according to the thickness of concrete as part of a research on the protection technology for high-velocity projectile that may occur during an explosion of small green energy facilities such as a hydrogen station and an energy storage system.

키워드 : 고속발사체, 폭발, 충격, 방호

Keywords : high-velocity projectile, explosion, impact, protection

1. 서론

“2050 탄소중립” 정책 이후 수소충전소 및 에너지 저장 시스템(ESS, Energy storage system)의 수요가 증가하고 있다. 또한 건설산업에서는 CCU(이산화탄소 포집 및 활용) 기술로서 물 대신 이산화탄소와 반응하는 시멘트 및 레미콘 In-situ 탄산화 기술 등을 개발함에 따라 대형 이산화탄소 탱크 설비의 사용 증가가 예상된다. 이와 같은 시설들은 고압 또는 고에너지를 취급하기 때문에 폭발에 대한 위험성을 내재하고 있어 수요증가에 따른 폭발시 방호 안전에 대한 연구가 함께 필요하다[1].

2. 실험 계획 및 방법

본 연구의 실험계획 및 콘크리트 배합표는 표 1 및 2와 같다. 콘크리트 재료는 상용적으로 사용되는 재료를 적용하였다. 고속충격 시험은 콘크리트학회 제규격(KCI-UC108:2018)을 참조하였으며, 시험장치 제원은 그림 1 및 2와 같다[2]. 내충격 특성을 평가하기 위한 시험체의 크기는 □ 200×200×(50, 80, 200)mm 3수준으로 하였으며, 발사체는 질량 70g의 25mm 반구형 강재를 사용하였고, 충격시 속도 변수는 170m/s 및 340m/s를 적용하였다. 평가항목은 시험체를 제작한 콘크리트의 압축강도 및 탄성계수와 고속충돌 시험에 의한 시험체 변형, 표면관입깊이, 배면바리두께, 파괴면적손실률, 중량손실률로 설정하였다.

표 1. 실험 계획

시험체 기호	시험체 단면 (mm)	시험체 두께 (mm)	발사체 속도 (m/s)	평가 항목
C50-170	200×200	50	170	<ul style="list-style-type: none"> - 압축강도 (MPa) - 탄성계수 (GPa) - 전면 및 배면 손실 면적률 (%) - 중량 손실률 (%) - 관입 및 배면파괴 깊이 (mm) - 시험체 변형
C80-170		80		
C200-170		200		
C50-340		50	340	
C80-340		80		
C200-340		200		

표 2. 콘크리트 배합표

W/B (%)	S/a (%)	단위수량 (kg/m ³)	단위용적중량 (kg/m ³)					경화특성 (재령 28일)	
			시멘트	슬래그미분말	플라이애시	잔골재	굵은골재	압축강도(MPa)	탄성계수 (GPa)
43	48	170	316	40	40	824	907	57.4	31.3

1) 롯데건설(주) 기술연구원, 수석
2) 롯데건설(주) 기술연구원, 책임
3) 롯데건설(주) 기술연구원, 수석, 교신저자(wonkyun.seok@lotte.net)

3. 실험 결과 및 고찰

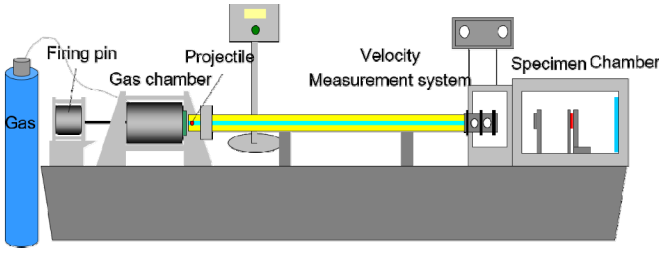


그림 1. 고속충격시험장치 개요

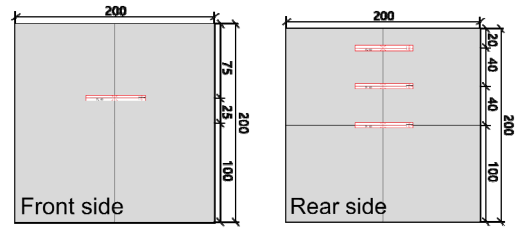


그림 2. 시험체 크기 및 스트레인게이지 위치

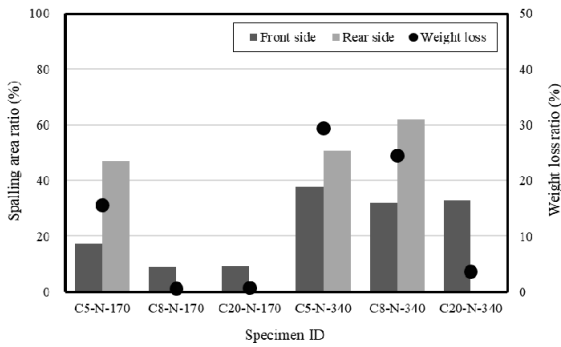


그림 3. 파괴면적 및 중량감소율

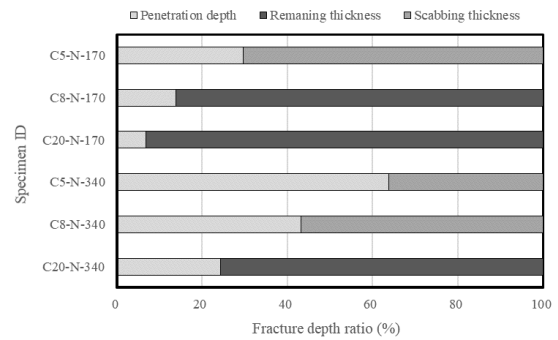
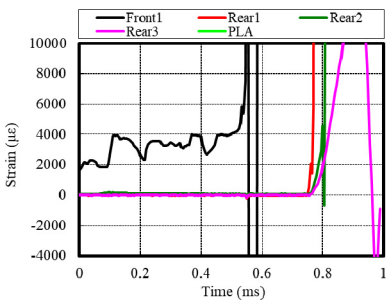
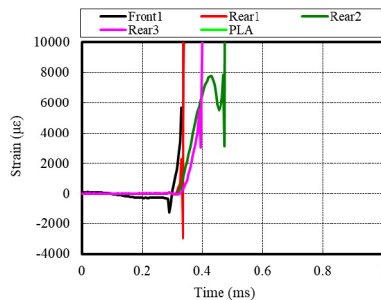


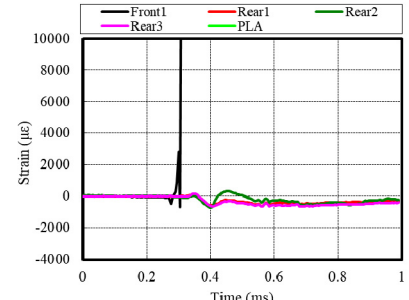
그림 4. 관입깊이, 배면박락 깊이 및 잔존두께



(a) C50-340



(b) C80-340



(c) C200-340

그림 5. 발사체 고속 충격시 시험체 변형

시험결과는 그림 3, 4 및 5에 나타났다. 발사체 속도 170m/s의 경우 시험체 두께 80mm이상에서 배면파괴가 발생하지 않았으며, 340m/s의 경우에는 200mm두께 시험체만 배면파괴가 발생하지 않았다. 표면관입 깊이는 시험체 두께보다 발사체 속도에 영향이 큰 것으로 나타났다. 배면파괴 깊이 및 면적은 발사체 속도와 영향을 받았으며, 시험체 두께와도 뚜렷한 관계를 나타냈다. 고속충격에 따른 시험체 배면 변형은 시험체 두께 증가에 따라 감소하는 경향을 나타냈다.

감사의 글

본 논문은 2022년 산업통상자원부 한국산업기술평가관리원 이산화탄소반응경화시멘트 제조기술사업(과제번호:00155662)의 일환으로 수행된 연구임을 밝히며 이에 감사를 드립니다.

참고문헌

1. 석원균, 김규용, 남정수, 이예찬, 전현수, 김영선. 고속발사체 충격을 받은 시멘트 복합체의 철근보강에 따른 파괴 특성에 관한 실험적 연구. 한국건축시공학회 학술발표대회 논문집. 2022. 제22권 1호. p. 220-221
2. (사)한국콘크리트학회. KCI-UC108:2018 : 비상체 충돌에 의한 고성능 섬유보강 시멘트 복합재료의 파괴특성 시험방법. 기문당. 2021.