SPSPSPSP
SPSPSPS
SPSPSP
SPSPS
SPSP
SPS

SPS-F KOCED 0053-xxxx

SPS

고속 유압식 만능재료시험기를 이용한 콘크리트 동적압축강도 시험방법

SPS-F KOCED 0053-일련번호:2023

국토교통연구인프라운영원

2023년 XX월 XX일 제정

심 의 : 국토교통연구인프라운영원 단체표준심사위원회

	성 명	근 무 처	직 위
(위원장)	최 은 수	홍익대학교	교 수
(위 원)	강 현 구	서울대학교	교 수
	문 일 환	한국전력기술㈜	처 장
	문 재 흠	한국건설기술연구원	연 구 위 원
	박 병 선	고려대학교	교 수
	신 현 오	충남대학교	교 수
	정 대 성	국토교통연구인프라운영원	본 부 장
	표 석 훈	울산과학기술원	교 수
(간 사)	김 태 형	국토교통연구인프라운영원	책 임 연 구 원
	박 세 현	국토교통연구인프라운영원	책 임 연 구 원

원안작성협력 : 세종대학교

	성 명	근 무 처	직 위
(연구책임자)	김 동 주	세종대학교	교 수
(참여연구원)	노 현 우	세종대학교	연 구 원

표준열람 : e나라표준인증(http://www.standard.go.kr)

제정단체 : 국토교통연구인프라운영원 등 록 : 한국표준협회
제 정 : 2023년 x월 x일
심 의 : 국토교통연구인프라운영원 단체표준심사위원회
원안작성협력 : 세종대학교

이 표준에 대한 문의사항이 있을 시 e나라 표준인증 웹사이트에 등록된 표준담당자에게 연락 바랍니다.

이 표준은 산업표준화법 시행규칙 제19조 및 단체표준 지원 및 촉진운영 요령 제11조의 규정에 따라 매 3년마다 확인, 개정 또는 폐지됩니다.

목 차

머 리 말 ii
1 적용범위 1
2 인용표준 1
3 용어와 정의 1
4 시험 장비와 기구 2
4.1 HR-UTM 2
4.2 보호 덮개 2
4.3 변형률 게이지 3
4.4 데이터수집장치 3
5 시험준비 3
5.1 시험용 공시체 준비 3
5.2 재하속도 결정 4
5.3 윤활제 준비 4
5.4 램의 가력 변위 결정 4
6 시험방법 4
6.1 시험절차 4
6.2 계측 항목과 계측 절차 5
7 계산 6
7.1 일반사항 6
7.2 공시체의 응력 이력 6
7.3 공시체의 변형률 이력 6
7.4 공시체의 변형률 속도와 변형률 가속도 6
7.5 공시체의 겉보기 동적증가계수 7
8 보고 7
부속서 A (참고) 변형률 게이지 크기 결정 예시 8
부속서 B (규정) 시험용 실린더형 콘크리트 공시체 제작 방법 10
부속서 C (참고) 콘크리트 동적압축강도 시험결과 계산 예시 13
부속서 D (참고) 콘크리트 동적압축강도 시험결과 보고 예시 18
참고문헌 19
SPS-F KOCED 0053-xxxx:2023 해 설 20

머 리 말

이 표준은 산업표준화법 관련 규정에 따라 국토교통연구인프라운영원 단체표준심사위원회의 심의를 거쳐 제정된 단체표준이다.

이 표준의 내용 일부 또는 전부는 저작권법에 따른 보호대상이 되는 저작물이 될 수 있다.

이 표준의 내용 일부 또는 전부가 ISO·IEC 등에서 제정한 표준을 참고하여 제정 또는 개정된 경우, 해당 표준의 저작권을 보유하고 있는 ISO·IEC 등의 저작권 보호 규정 등에 따라 보호되어야 한다.

이 표준의 일부가 기술적 성질을 가진 특허권, 출원공개 이후의 특허출원, 실용신안권 또는 출원공개 후의 실용신안등록출원에 저촉될 가능성이 있다는 것에 주의를 환기한다. 국토교통연구인프라운영원의 장과 단체표준심사위원회는 이러한 기술적 성질을 가진 특허권, 출원공개 이후의 특허출원, 실용신안권 또는 출원공개 후의 실용신안등록출원에 관계되는 확인에 대하여 책임을 지지 않는다.

단체표준

SPS-F KOCED 0053−xxxx: 2023

고속 유압식 만능재료시험기를 이용한 콘크리트 동적압축강도 시험방법

Test method for dynamic compressive strength of concrete using high rate hydraulic universal testing machine

1 적용범위

이 표준은 고속 유압식 만능재료시험기를 이용한 콘크리트의 동적압축강도 시험방법에 대해 규정한다.

비고 이 표준은 굵은 골재를 포함하는 일반 콘크리트의 실린더형 공시체에 대한 시험으로 한정하며, 콘크리트의 압축강도가 고속 유압식 만능재료시험기의 최대허용하중을 초과하지 않아야 한다.

2 인용표준

다음의 인용표준은 전체 또는 부분적으로 이 표준의 적용을 위해 필수적이다. 발행연도가 표기된 인용표준은 인용된 판만을 적용한다. 발행연도가 표기되지 않은 인용표준은 최신판(모든 부록을 포함)을 적용한다.

KS F 2403, 콘크리트의 강도 시험용 공시체 제작 방법
KS F 2405, 콘크리트 압축강도 시험방법
KS F 2425, 시험실에서 콘크리트 시료를 만드는 방법
KS M 2130, 그리스

3 용어와 정의

이 표준의 목적을 위하여 다음의 용어와 정의를 적용한다.

3.1
고속 유압식 만능재료시험기(high rate hydraulic universal testing machine)
HR-UTM
고압 탱크에 오일을 채운 다음 축압기를 통해 빠른 속도로 오일을 배출하는 힘에 의해 하중을 급속으로 가할 수 있는 장비로 압축과 인장 등의 재료 특성을 시험할 수 있는 장비

3.2
램(ram)
HR-UTM 시험장비의 구성 중 하나로 공시체에 직접적인 압축력을 부과하는 구성품

3.3
바닥판(bottom plate)
HR-UTM 시험장비의 구성 중 하나로 공시체를 배치시키기 위한 구성품

3.4
로드셀(load cell)
HR-UTM 시험장비의 구성 중 하나로 공시체에 작용한 압력 변화를 전기적 신호로 변경하여 감지하는 피에조 일렉트릭 기반의 하중을 측정하기 위한 구성품

3.5
데이터수집장치(data acquisition system)
로드셀로부터 측정된 하중, 램의 속도, 그리고 변형률 게이지로부터 측정된 변형률 신호 등을 계측하는 장비

3.6
정적압축강도(static compressive strength)
5×10^{-6} s^{-1}에서 5×10^{-5} s^{-1}의 변형률 속도 영역에서 수행한 압축시험 결과로 획득할 수 있는 재료의 압축강도

3.7
동적압축강도(dynamic compressive strength)
0.1 s^{-1} 이상의 변형률 속도 영역에서 수행한 고속압축시험 결과로 획득할 수 있는 재료의 압축강도

3.8
겉보기 동적증가계수(apparent dynamic increase factor)
정적압축강도에 대한 동적압축강도의 비율

비고 겉보기 동적증가계수는 공시체와 시험 장비 간의 마찰에 의한 구속효과와 시험 중 발생하는 공시체의 횡방향 관성에 의한 구속효과가 포함된 동적증가계수이다.

4 시험 장비와 기구

4.1 HR-UTM

HR-UTM 장비는 램, 바닥판, 그리고 로드셀로 구성된다. HR-UTM을 이용한 동적 압축 시험을 진행하기 위해 다음과 같은 조건을 만족해야 한다.

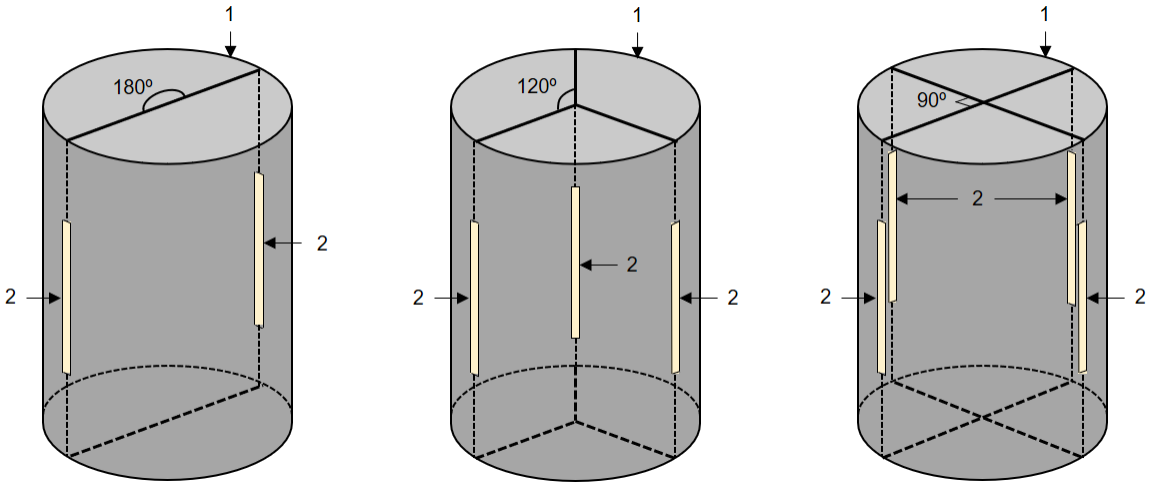
a) 램과 바닥판의 지름이 공시체의 지름 보다 커야 한다.
b) 램이 목표 재하속도로 공시체를 타격하고 난 후 램이 바닥판을 타격하지 않아야 한다.
c) 로드셀로부터 측정된 최대 하중이 HR-UTM의 최대허용하중용량을 초과하지 않아야 한다.

4.2 보호 덮개

시험 수행 시 공시체 파괴 후 파편이 계측 장비의 손상 방지 및 시험자의 안전을 확보할 수 있도록 보호 덮개를 사용해야 한다. 또한, 시험 직전 공시체의 배치 상태를 확인하고 필요에 따라 고속카메라를 이용한 영상 계측을 할 수 있도록 투명한 재료로 제작된 것을 사용해야 한다.

4.3 변형률 게이지

공시체의 축방향 변형률을 계측하기 위해 사용되는 변형률 게이지는 편심에 의한 영향을 고려하기 위하여 2개 이상의 변형률 게이지를 **그림 1**과 같이 등간격으로 공시체 축방향 중앙에 부착한다. 변형률 게이지의 크기는 콘크리트 내 혼입된 굵은 골재의 크기보다 커야 한다. 변형률 게이지의 크기 결정은 **부속서 A**를 참고한다.



a) 2개 b) 3개 c) 4개

식별부호
1 공시체
2 변형률 게이지

그림 1 — 변형률 게이지의 개수에 따른 부착위치 개념도 예시

또한, 고속 재하속도 하에서 데이터를 얻기 위한 변형률 게이지는 응답 주파수가 20 kHz 이상인 것을 사용해야 하며, 저항값이 데이터수집장치의 전기 신호를 변환하는 변환기의 저항값 보다 작을 경우, 별도의 정밀 저항기를 이용하여 저항값의 보정이 필요하다.

4.4 데이터수집장치

공시체에 부착된 변형률 게이지와 로드셀의 하중 데이터 계측을 위해 데이터수집장치를 사용한다. 동적데이터 계측 시 충분한 성능을 확보하기 위해 측정속도는 100 kHz 이상으로 한다.

5 시험준비

5.1 시험용 공시체 준비

HR-UTM을 이용한 콘크리트 동적압축강도 시험용 공시체는 다음과 같이 준비한다.

a) 공시체는 **부속서 B**에 따라 제작한다.
b) KS F 2405, **3 c)**에 따라 공시체에 손상 또는 결함이 있고, 시험 결과에 영향을 줄 것으로 판단될 때는 시험을 하지 않거나, 그 내용을 기록한다.
c) KS F 2405, **3 e)**에 따라 공시체는 소정의 양생이 끝난 직후의 상태에서 시험을 할 수 있도록 한다.

5.2 재하속도 결정

HR-UTM을 이용한 재하속도는 HR-UTM의 장비 성능 범위에 따라 시험자가 결정한다. 단, 설정 가능한 최대 재하속도에서 시험 시 장비의 최대허용하중용량을 초과하지 않도록 재하속도를 결정한다.

5.3 윤활제 준비

공시체와 램 사이 계면의 마찰을 최소화하기 위해 HR-UTM을 이용한 동적압축강도 시험 시 공시체의 양 단면에 도포할 윤활제를 준비한다.

— 윤활제는 KS M 2130에 따라 주도 번호 2호의 테프론 그리스(teflon grease 또는 tetrafluoroethylene grease)를 사용한다.

5.4 램의 가력 변위 결정

HR-UTM을 이용한 콘크리트의 동적압축강도 시험 시 램이 바닥판을 타격하지 않도록 다음과 같이 램의 가력 변위를 결정한다.

— 램이 하강하여 공시체에 맞닿은 직후 공시체에 압축력을 가하기 위한 램의 가력 변위를 콘크리트의 축방향 변형률이 0.2 % ~ 0.4 % 범위가 확보되도록 1 mm ~ 3 mm로 한다.

6 시험방법

6.1 시험절차

a) 변형률 게이지의 원활한 부착을 위해 공시체의 표면을 사포를 이용하여 연마한 후 알코올로 표면을 세척하여 표면이 매끄러운 상태가 되도록 한다.
b) 변형률 게이지를 **그림 1**과 같이 공시체의 중심축을 기준으로 등간격으로 축방향 중앙부에 부착한다.
c) HR-UTM의 데이터수집장치와 변형률 게이지의 연결 상태를 확인한다.
d) HR-UTM의 데이터수집장치와 로드셀의 연결 상태를 확인한다.
e) **5.2**에서 결정한 재하속도를 설정하고, 윤활제를 공시체의 양 단면에 각각 0.12 kg/m^2 ~ 0.16 kg/m^2 범위 내에서 도포한다.
f) **그림 2**와 같이 공시체의 중심축이 바닥판의 중심과 일치하도록 공시체를 놓은 후 파편 방지를 위해 보호 덮개를 설치한다.
g) 고속 하중을 가하여 동적압축강도 시험을 수행한다.
h) 램을 초기 위치로 이동시키고 시험을 종료한다.

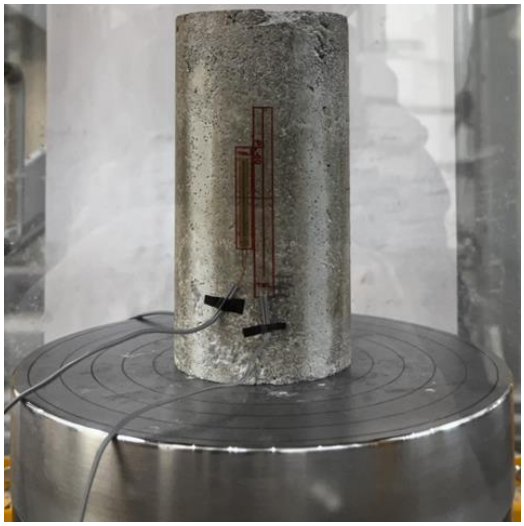


그림 2 — 공시체 설치 예시

6.2 계측 항목과 계측 절차

6.2.1 일반사항

계측 절차는 시험 종료 후 **6.2.2 ~ 6.2.5**를 따르며 **부속서 C**를 참고한다.

6.2.2 HR-URM의 시간 이력

HR-UTM을 이용한 콘크리트 동적압축강도 시험에서의 시간 이력은 데이터수집장치로부터 계측한다.

6.2.3 램의 충격속도

램의 충격속도는 재하속도와 다르게 램이 공시체를 타격하는 동안의 평균 재하속도이다. 충격속도는 데이터수집장치로부터 계측된 램의 속도로부터 계산한다.

6.2.4 공시체의 하중 데이터

HR-UTM을 이용한 콘크리트의 동적압축강도 시험 시 공시체에 하중이 작용되면 하중을 직접적으로 측정하는 로드셀로부터 하중이 측정된다. 측정된 하중은 데이터수집장치로부터 계측한다.

6.2.5 공시체의 변형률 데이터

시험 종료 후에 변형률 게이지로부터 측정된 변형률 데이터는 데이터수집장치로부터 계측한다.

비고 데이터 계측 시 불필요한 노이즈 성분이 과도하게 발생한 경우 필터링 과정을 거치며, 필요 시 필터링 방법을 결과 보고 시 함께 기술한다.

7 계산

7.1 일반사항

계산은 **7.2 ~ 7.5**을 따르며 **부속서 C**를 참고한다.

7.2 공시체의 응력 이력

6.2.4에 따라 계측한 하중 데이터로부터 다음과 같은 절차에 따라 응력을 계산한다.

— 로드셀로부터 얻어진 하중 값은 N의 단위로 환산한다. 계산된 하중 값에서 공시체의 단면적을 나눠주어 식 (1)와 같이 응력을 계산한다.

$$\sigma_{specimen} = (F \times 1000) \,/\, A_{specimen} \quad (1)$$

여기에서,
F : 로드셀로부터 측정된 하중 (N)
$\sigma_{specimen}$: 공시체의 압축응력 (MPa)
$A_{specimen}$: 공시체의 단면적 (mm^2)

7.3 공시체의 변형률 이력

6.2.5에 따라 계측한 변형률 데이터로부터 다음과 같은 절차에 따라 공시체의 변형률을 계산한다.

— 편심 효과를 제거하기 위해 공시체의 중심축을 기준으로 등간격으로 부착된 변형률 게이지의 평균값을 식 (2)에 따라 계산한다.

$$\varepsilon_{specimen} = \frac{(\varepsilon_{strain1} + \ldots + \varepsilon_{strainN})}{N} \quad (2)$$

여기에서,
$\varepsilon_{specimen}$: 공시체의 변형률
$\varepsilon_{strainN}$: 공시체에 부착된 N개의 변형률 게이지로부터 측정된 각각의 변형률

7.4 공시체의 변형률 속도와 변형률 가속도

6.2.3에 따라 계측한 램의 충격속도, 즉 하중-시간 이력에서 하중이 작용한 시간에 대한 램의 평균 재하속도($V_{average}$)를 이용하여 공시체의 변형률 속도($\dot{\varepsilon}$)와 변형률 가속도($\ddot{\varepsilon}$)를 식 (3) ~ (4)에 따라 계산한다.

$$\dot{\varepsilon} = V_{average}/L_s \quad (3)$$
$$\ddot{\varepsilon} = d\dot{\varepsilon}/dt \quad (4)$$

여기에서,
$\dot{\varepsilon}$: 변형률 속도 (s^{-1})
$\ddot{\varepsilon}$: 변형률 가속도 (s^{-2})
$V_{average}$: 하중이 작용한 시간에 대한 램의 평균 재하속도 (mm/s)
L_s : 공시체의 길이 (mm)

7.5 공시체의 겉보기 동적증가계수

7.2에 따라 계산된 공시체의 동적압축강도와 정적압축강도의 비로 식 (5)에 따라 겉보기 동적증가계수를 계산한다.

$$\gamma = \sigma_d / \sigma_s \quad (5)$$

여기에서,
γ : 공시체의 겉보기 동적증가계수
σ_d : 공시체의 동적압축강도 (MPa)
σ_s : 공시체의 정적압축강도 (MPa)

8 보고

보고서에는 다음 사항을 포함해야 한다.

a) HR-UTM의 제원
b) 재하속도, 변형률 게이지 부착 개수
c) 공시체의 식별 번호
d) 공시체의 치수
e) 정적압축강도(정적압축강도 시험용 공시체 제원 포함, 정적압축강도 시험은 KS F 2405를 따름)
f) 동적압축강도
g) 응력-변형률 관계
h) 충격속도
i) 축방향 변형률 속도
j) 축방향 변형률 가속도
k) 겉보기 동적증가계수

부속서 A
(참고)

변형률 게이지 크기 결정 예시

A.1 변형률 게이지 크기 결정 예시

A.1.1 일반사항

원안작성기관에서는 HR-UTM을 이용한 콘크리트 동적압축강도 시험에서 공시체의 축방향 변형률을 측정하기 위한 변형률 게이지의 크기를 결정하기 위해 **그림 A.1**에 나타낸 바와 30 mm와 60 mm의 크기를 가지는 변형률 게이지를 공시체에 부착하여 실험을 수행하였다.

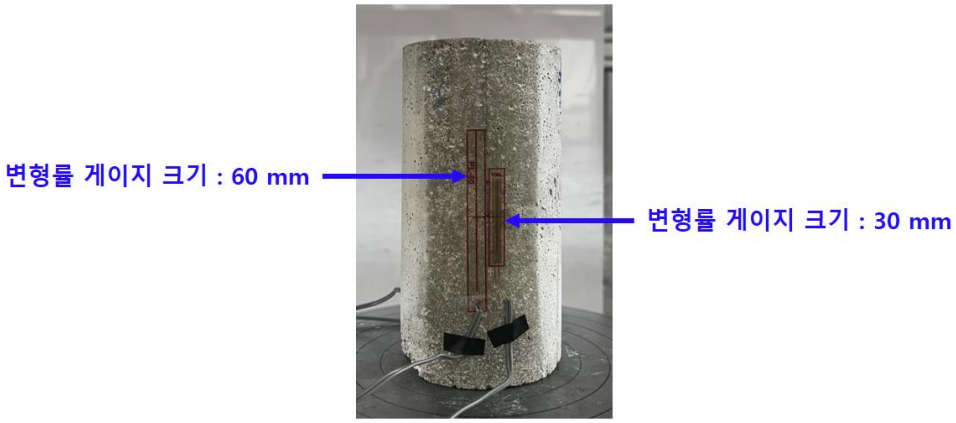
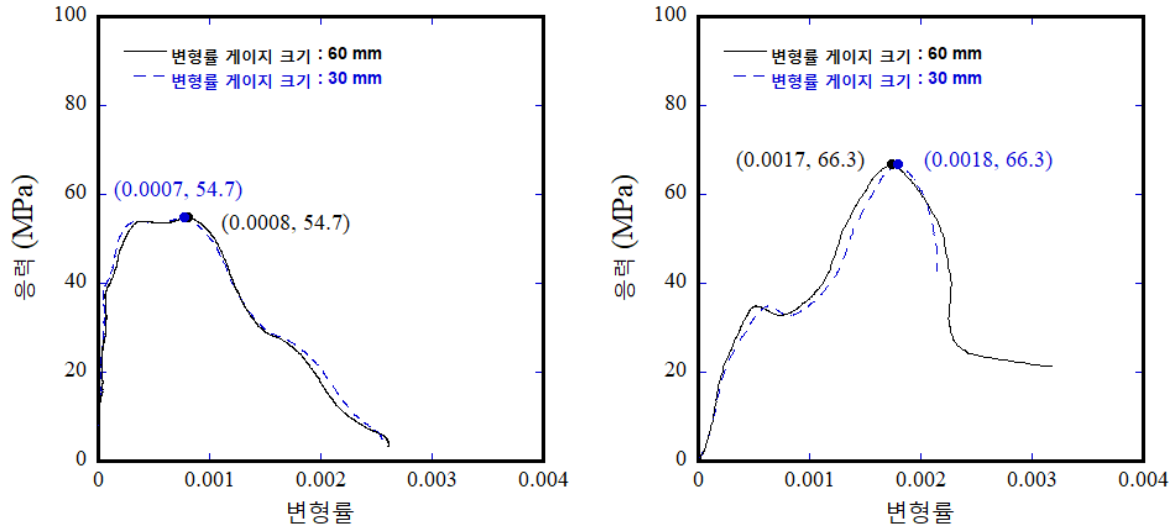


그림 A.1 — 변형률 게이지의 크기 예시

A.1.2 변형률 게이지의 크기에 따른 실험결과 예시

최대 치수 25 mm의 굵은 골재가 혼입된 콘크리트를 대상으로 30 mm와 60 mm의 크기를 가지는 변형률 게이지를 부착하여 실험한 결과에서 **그림 A.2**와 같이 1 m/s의 재하속도에서는 두가지의 서로 다른 크기를 가지는 변형률 게이지 모두 콘크리트의 변형률 측정이 가능한 것으로 나타났다. 반면, 3 m/s의 재하속도에서는 60 mm의 변형률 게이지는 최대 하중 지점 이후 연화 구간에서 30 mm의 변형률 게이지 보다 좋은 성능을 보였다. 따라서, HR-UTM을 사용한 콘크리트 공시체의 동적압축강도 시험 시 콘크리트의 축방향 변형률을 계측하기 위해서는 60 mm의 변형률 게이지를 사용하는 것으로 결정하였다.



a) 1 m/s의 재하속도 b) 3 m/s의 재하속도

[출처: 3차년도 연구보고서(2023), 극한성능 표준실험절차 개발 과제]

그림 A.2 — HR-UTM을 이용한 높은 재하속도 하에서 변형률 게이지의 크기에 따른 콘크리트의 응력-변형률 관계 예시

부속서 B
(규정)

시험용 실린더형 콘크리트 공시체 제작 방법

B.1 시험 장비와 기구

B.1.1 몰드

공시체를 제작하기 위한 틀로, 몰드의 내부 지름은 제작하고자 하는 공시체의 지름과 동일해야 한다. 콘크리트 공시체 제작을 위한 몰드는 KS F 2403, **4.2.1**에 따라 다음과 같이 준비한다.

a) 비흡수성으로 시멘트에 의해 침식되지 않는 재료로 만들어져야 한다.
b) 몰드는 정밀하게 제작하여 누수가 없어야 한다.
c) 몰드의 내면에는 콘크리트를 다져 넣기 전에 광물성 기름 또는 반응성이 없는 박리제를 바른다.

비고 몇 가지 부품으로 구성되는 몰드의 경우, 그 이음매에는 유토, 딱딱한 그리스 등을 얇게 바르고 조립한다.

B.1.2 다짐봉

다짐봉은 콘크리트 혼합 후 몰드에 콘크리트를 다져 넣기 위해 사용하는 기구이다. 다짐봉의 지름은 **표 B.1**에 따라 준비한다. 다짐봉의 한쪽 끝은 반구 모양이어야 하며, 길이는 KS F 2403, **4.2.2**에 따라 500 mm에서 600 mm의 강재로 한다.

표 B.1 — 공시체 지름에 따른 다짐봉의 지름

단위: mm

공시체 지름	다짐봉 지름
100 미만	10 ± 2
100 이상 150 이하	16 ± 2

B.2 공시체 제작 방법

B.2.1 개요

콘크리트 혼합은 KS F 2425, **5**에 따른다. 공시체는 혼합한 콘크리트를 몰드에 다져 넣어 제작하며, 양생 후 시험을 위한 크기로 가공한다.

B.2.2 공시체 치수의 결정

B.2.2.1 공시체 지름

공시체의 지름은 굵은 골재 최대 치수의 3배 이상이어야 하며, 고속압축시험용 공시체의 경우, 공시체의 지름은 HR-UTM의 램과 바닥판의 지름보다 작아야 한다.

B.2.2.2 공시체 길이

공시체의 길이는 공시체 지름의 2배로 한다.

B.2.3 공시체 제작

몰드에 혼합한 콘크리트를 다져 넣어 공시체를 제작한다.

B.2.3.1 콘크리트 채워 넣기

B.2.3.1.1 다짐봉을 사용하는 경우

몰드에 콘크리트를 채울 때 **표** B.2에 따라 각 공시체 지름과 길이에 맞는 층수로 나누어 타설하고, 해당하는 횟수만큼 다짐봉을 사용하여 다짐을 실시한다. 다짐은 KS F 2403, **4.3.2**에 따라 수행한다. 다짐 시, 바로 아래층까지 다짐봉이 닿도록 해야 하며, 이와 같이 다짐을 실시하여 재료가 분리될 염려가 있는 경우 분리를 일으키지 않을 정도로 다짐 횟수를 줄인다.

표 B.2 — 공시체 지름과 길이에 따른 다짐 층수와 횟수

공시체 지름 mm	다짐 층수 결정	다짐 횟수/층
100 미만	길이를 지름으로 나눈 값을 올림하여 층수를 결정	25
100 이상 150 이하	길이를 100 mm로 나눈 값을 올림하여 층수를 결정	25

B.2.3.1.2 콘크리트용 외장형 진동 장치를 사용하는 경우

콘크리트용 외장형 진동 장치를 사용하여 콘크리트를 몰드에 채워 넣는 경우 KS F 2403, **4.3.3**을 따른다.

B.2.3.2 윗면 고르기

KS F 2403, **4.3.4**에 따라 몰드 위쪽의 콘크리트는 제거하고 표면을 주의해서 고른다.

B.2.4 몰드의 제거와 양생

몰드의 제거와 양생은 KS F 2403, **7**에 따라 다음과 같이 한다.

a) 콘크리트를 다져 넣은 후, 그 경과를 기다리며 몰드를 제거한다. 몰드 제거 시기는 콘크리트를 채운 직후 16시간 이상 3일 이내로 한다. 이때, 충격, 진동 및 수분의 증발을 방지해야 한다.
b) 공시체 양생 온도는 (20±2) °C로 한다. 공시체는 몰드 제거 후 강도 시험을 할 때까지 습윤 상태에서 양생한다. 공시체를 습윤 상태로 유지하기 위해서 수중 또는 상대 습도 95 % 이상의 장소에 보관한다.

비고 수조에서 양생하는 경우 3 g/L의 수산화칼슘을 첨가하여 공시체의 수산화칼슘 성분이 손실되지 않도록 한다.

B.2.5 양생 후 공시체 가공

B.2.5.1 콘크리트용 절단기를 사용하는 경우

콘크리트용 절단기를 사용하여 공시체를 가공하는 경우 다음과 같은 절차를 따른다.

a) 양생한 공시체의 상·하면을 절단하여 제작하고자 하는 공시체 길이에 맞춰 가공한다.
b) 공시체 가공 시 공시체의 수직도를 확보할 수 있도록 절단하여야 한다.

B.2.5.2 연마를 하는 경우

가공 전 공시체 길이가 공시체의 상·하면을 모두 절단할 수 있도록 충분하지 않은 경우 길이에 맞추어 윗면을 연마한다. KS F 2403, **4.4.2**에 따라, 윗면을 연마하는 경우 콘크리트 공시체에 영향을 주지 않도록 한다.

B.3 공시체 길이와 길이 오차 측정

B.3.1 공시체 길이 측정

공시체의 길이 측정은 다음과 같은 절차를 따른다.

a) 공시체의 길이는 공시체 둘레를 따라 균등하게 나누어 최소 3 지점에서 각각 측정한다.
b) 측정한 각 지점의 길이들의 평균을 계산하여 공시체의 평균 길이를 획득한다.

B.3.2 공시체 길이 오차 측정

공시체 길이의 오차는 각 지점의 길이들 중 최댓값과 최솟값의 차이로 계산한다.

B.4 공시체 수직도 오차 산출

공시체의 수직도 오차(*EP*)는 KS F 2403, **4.5 c)**에 따라 0.5° 이내여야 한다. 공시체의 수직도 오차를 계산하기 위한 식은 다음과 같다.

$$EP = \left|\frac{e}{d}\right| \times \frac{180°}{\pi} \quad \text{(B.1)}$$

여기에서,
EP : 수직도 오차(°)
e : 공시체 길이 오차(mm)
d : 공시체 지름(mm)

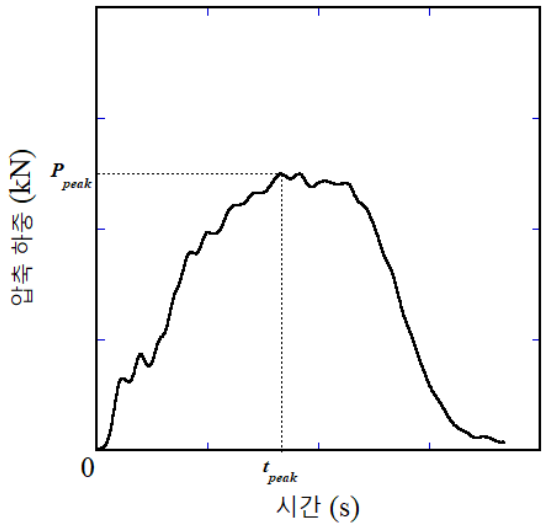
부속서 C
(참고)
콘크리트 동적압축강도 시험결과 계산 예시

C.1 일반사항

본 부속서에서는 표준에서 제시한 고속 유압식 만능재료시험기(HR-UTM)를 이용한 콘크리트의 동적 압축강도 시험방법에 따라 수행한 시험결과 계산 예시를 다룬다(참고문헌 [7]). 공시체의 지름을 75 mm로 하고, 길이를 75 mm, 113 mm, 그리고 150 mm로하여 공시체의 형상비(length-to-diameter, *L/D*)를 각각 1.0, 1.5, 그리고 2.0을 만족하도록 하였다.

C.2 하중–시간 이력

HR-UTM을 이용한 콘크리트의 동적압축강도 시험 시 시간에 대한 하중 관계는 **그림 C.1**과 같이 HR-UTM의 데이터수집장치로부터 얻어진다. 수집된 데이터로부터 최대 하중(P_{peak}) 지점에 대한 시간(t_{peak})을 확인할 수 있었다.

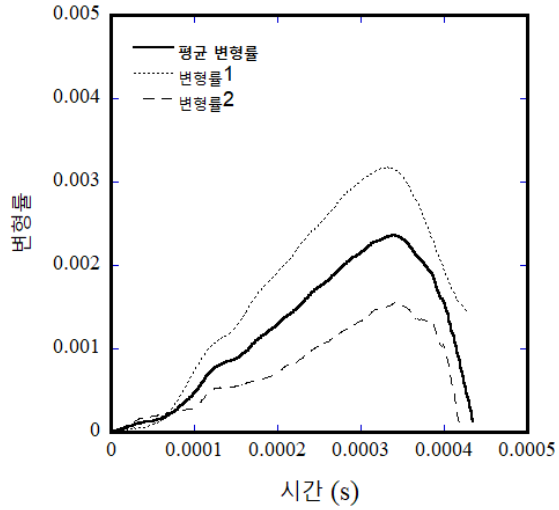


[출처: 3차년도 연구보고서(2023), 극한성능 표준실험절차 개발 과제]

그림 C.1 — HR–UTM을 이용하여 얻어진 하중–시간 관계 예시

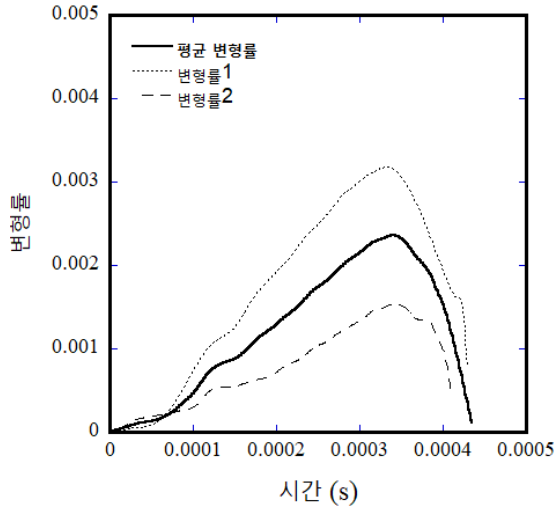
C.3 콘크리트의 변형률 이력

HR-UTM을 이용한 콘크리트의 동적압축시험에서 콘크리트의 변형률은 데이터수집장치와 연결된 변형률 게이지로부터 측정된 변형률을 통해 얻어진다. 측정된 변형률은 με 단위로 측정되며, 필요 시 환산하여 사용할 수 있다. 본 예시에서는 **그림 C.2**의 원데이터에서 불필요한 노이즈 성분을 제거하기 위해 저주파수 통과 필터를 사용하여 필터링하였으며, 차단 주파수는 15 kHz로 하였다. **그림 C.3**는 필터링 후의 콘크리트 공시체 변형률 데이터를 보여준다.



[출처: 3차년도 연구보고서(2023), 극한성능 표준실험절차 개발 과제]

그림 C.2 — 변형률 게이지로부터 얻어진 변형률 원데이터 예시

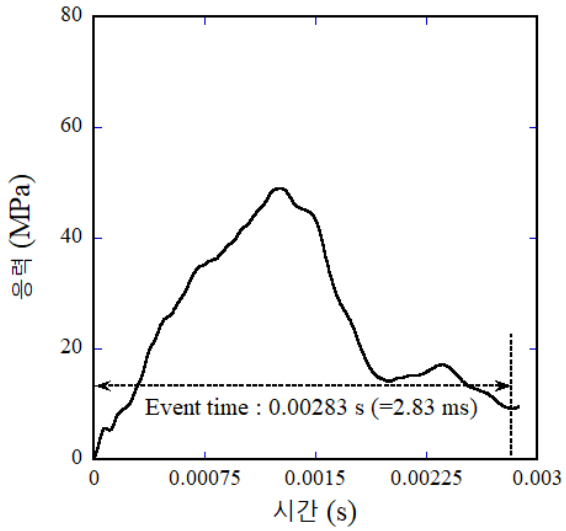


[출처: 3차년도 연구보고서(2023), 극한성능 표준실험절차 개발 과제]

그림 C.3 — 필터링 후 변형률 데이터 예시

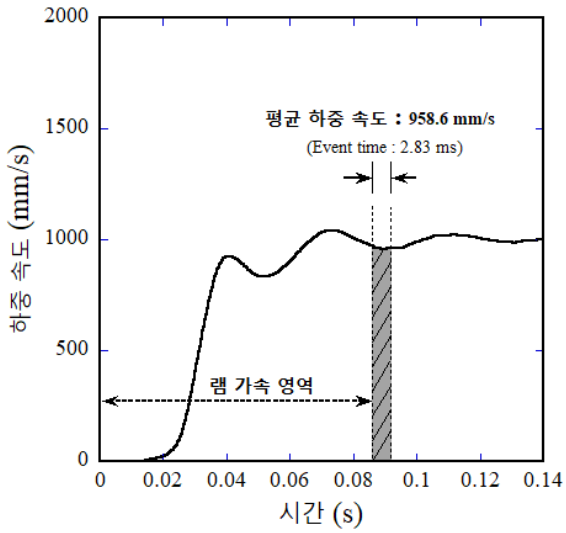
C.4 콘크리트의 변형률 속도 이력

HR-UTM을 이용한 콘크리트의 동적 압축 시험에서 콘크리트의 변형률 속도($\dot{\varepsilon}$)는 HR-UTM의 데이터 수집장치로부터 측정된 램의 평균 재하속도, 즉 충격속도와 공시체에 하중이 작용하는 시간 (event time)을 고려하여 **7.4**의 식 (3)로부터 계산하였다. **그림 C.4**에 나타낸 것과 같이 먼저 응력-시간 선도에서 콘크리트에 하중이 작용하는 event time을 결정하였다. 그리고, **그림 C.5**와 같이 HR-UTM의 데이터수집장치로부터 얻어진 속도-시간 그래프에서 램이 가속하는 구간 (ram acceleration zone) 이후 event time 내 재하속도의 평균 (average velocity)을 얻고, **7.4**의 식 (3)와 같이 공시체의 길이(L_s)를 나누어 변형률 속도를 결정하였다.



[출처: 3차년도 연구보고서(2023), 극한성능 표준실험절차 개발 과제]

그림 C.4 — HR-UTM을 이용하여 얻어진 응력-시간 이력 예시

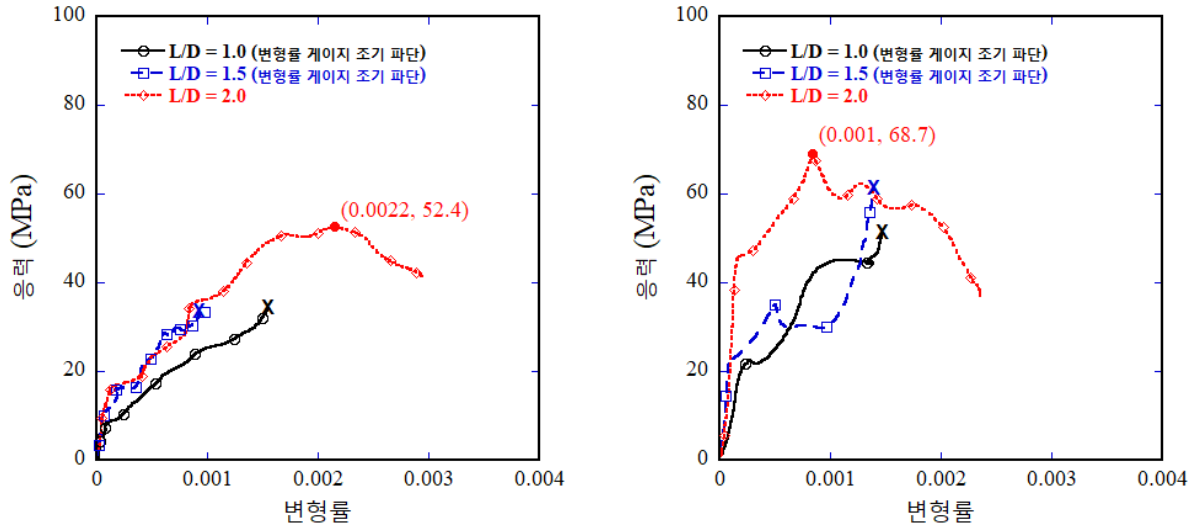


[출처: 3차년도 연구보고서(2023), 극한성능 표준실험절차 개발 과제]

그림 C.5 — HR-UTM의 데이터수집장치로부터 얻어진 속도-시간 이력 예시

C.5 콘크리트의 응력-변형률 관계

그림 C.6는 HR-UTM을 이용한 고속의 재하속도 하에서 얻은 일반적인 콘크리트의 응력-변형률 관계 결과를 보여준다. *L/D* 1.0과 1.5를 가지는 공시체는 높은 재하속도에 대한 변형률 게이지의 조기 파손 및 탈착으로 정확한 응력-변형률 선도를 얻지 못한 모습을 보여주고 있다. 하지만, *L/D*가 2.0을 가지는 공시체는 최대 강도 지점 이후 연화구간에서의 변형률 데이터를 얻을 수 있는 것으로 조사되었다.



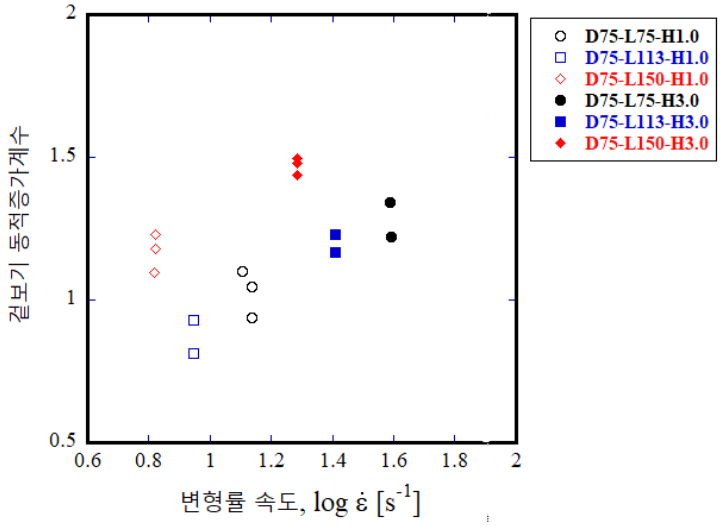
a) 1.0 m/s　　b) 3.0 m/s

[출처: 3차년도 연구보고서(2023), 극한성능 표준실험절차 개발 과제]

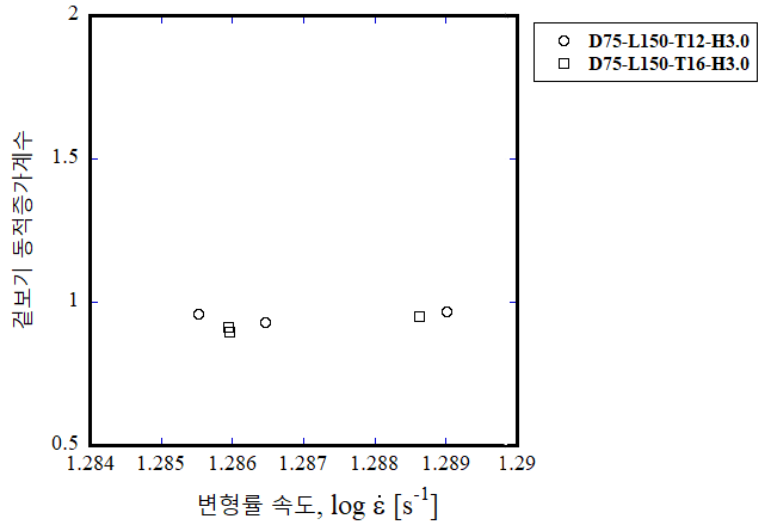
그림 C.6 — HR-UTM을 이용한 높은 재하속도 하에서 콘크리트의 일반적인 응력-변형률 관계 예시

C.6 콘크리트 압축강도의 겉보기 동적증가계수

그림 C.7은 HR-UTM을 이용한 높은 재하속도 하에서 얻은 콘크리트 압축강도의 겉보기 동적증가계수를 보여준다. **그림 C.7 a)**는 윤활제를 사용하지 않은 공시체에 대한 압축강도의 겉보기 동적증가계수를 보여주고, **그림 C.7 b)**는 L/D가 2.0인 공시체에 윤활제를 사용한 콘크리트 압축강도의 겉보기 동적증가계수를 보여준다. 변형률 게이지의 조기 파손과 탈착으로 공시체의 *L/D*가 상대적으로 작은 공시체의 변형률은 정확하게 얻지 못하였지만, 압축강도의 겉보기 동적증가계수는 정상적으로 측정되었다. 여기서, *D*는 공시체의 지름, *L*은 공시체의 길이, *H*는 램의 충격 속도(m/s), 그리고 T는 테프론 그리스를 나타낸다.



a) 윤활제를 사용하지 않은 공시체



b) 윤활제를 사용한 공시체

[출처: 3차년도 연구보고서(2023), 극한성능 표준실험절차 개발 과제]

그림 C.7 — HR-UTM을 이용한 높은 변형률 속도에서 측정된 콘크리트 압축강도의 겉보기 동적증가계수 예시

부속서 D
(참고)

콘크리트 동적압축강도 시험결과 보고 예시

표 D.1은 본 표준에서 제시한 HR-UTM을 이용한 콘크리트의 동적압축강도 시험방법에 따라 수행된 시험 결과에 대한 결과 보고 예시이다(참고문헌 [7]).

표 D.1 — HR-UTM을 이용한 콘크리트 동적 압축 시험결과 보고 예시

HR-UTM 제원	램(ram) 지름 205 mm 길이 40 mm	바닥판(bottom plate) 지름 205 mm 길이 40 mm
타설 일시	2023.02.28	
시험 일시	2023.04.10	
재하속도	3.0 m/s	
변형률 게이지	부착 개수 : 2개	
윤활제 종류 및 도포량	Teflon grease – 0.12 kg/m^2, 0.16 kg/m^2	
정적압축강도 **(정적압축강도 시험용 공시체 제원)**	39.8 MPa (지름(*D*) 75 mm, 길이(*L*) 150 mm 공시체 사용) (공시체 형상비 *L/D* : 2.0)	

공시체 식별 번호	공시체 치수		하중조건	HR-UTM 시험결과			
	지름 mm	길이 mm	충격속도 mm/s	동적 압축강도 MPa	겉보기 동적 증가계수	축방향 변형률 속도 s^{-1}	축방향 변형률 가속도 s^{-2}
D75-L150-T12-H3.0-1	75	149.00	2881.7	44.44	0.93	19.34	15843.56
D75-L150-T12-H3.0-2	75	150.00	2895.0	45.73	0.96	19.30	19761.78
D75-L150-T12-H3.0-3	75	149.90	2915.6	46.31	0.97	19.45	19921.18
D75-L150-T16-H3.0-1	75	149.00	2878.7	43.58	0.91	19.32	19781.92
D75-L150-T16-H3.0-2	75	150.80	2913.5	42.81	0.90	19.32	15824.57
D75-L150-T16-H3.0-3	75	150.11	2916.6	45.50	0.95	19.43	15923.01

참고문헌

[1] ISO-International Standard. ISO Standards. In: ISO-International, ISO-1920-4 Testing of concrete – Part 4: Strength of hardened concrete, 2020.
[2] ASTM C39 (2020), Standard test method for compressive strength of cylindrical concrete specimens. ASTM International. West Conshohocken, PA, U.S.
[3] Kim, K.-M., Lee, S., and Cho, J.-Y. (2019), "Effect of maximum coarse aggregate size on dynamic compressive strength of high-strength concrete." International Journal of Impact Engineering 37.2 : 141-149.
[4] Noh, H.W., Truong, V.D., Cho, J.-Y., and Kim, D.J. (2022), "Dynamic increase factors for fiber-reinforced cement composites: A review." Journal of Building Engineering 56.15 : 104769
[5] Kim, K.-M., Lee, S., and Cho, J.-Y. (2022), "Influence of friction on the dynamic increase factor of concrete compressive strength in a split Hopkinson pressure bar test." Cement and Concrete Composites 129 : 104517.
[6] SPS-F KOCED 0047-7556:2023, 고속압축과 고속쪼갬인장 시험용 실린더형 콘크리트 공시체 제작 방법
[7] 3차년도 연구보고서(2023), 극한성능 표준실험절차 개발 과제, 국토교통과학기술진흥원
[8] Kim, H.S., Kim, G.Y., Lee, S.K., Son, M.J., Choe, G.C. (2019), "Strain rate effects on the compressive and tensile behavior of bundle-type polyamide fiber-reinforced cementitious composites, Composites Part B: Engineering 160 : 50-65.
[9] 대한건축학회 건축용어사전 (2020), 사단법인 대한건축학회
[10] Chen, W.W. and Song, B. (2010), Split Hopkinson (Kolsky) bar: design, testing and applications. Springer Science & Business Media, New York, NY, U.S.
[11] Lee, S. (2022), Pure strain-rate effect on concrete compressive strength in confined split Hopkinson pressure bar test. Doctoral Dissertation, Seoul National University.

SPS-F KOCED 0053-xxxx:2023
해 설

이 해설은 이 표준과 관련된 사항을 설명하는 것으로 표준의 일부는 아니다.

1 개요

1.1 제정의 취지

콘크리트의 압축강도는 콘크리트 구조물을 설계함에 있어 가장 중요한 콘크리트의 역학적 특성 중 하나이다. 콘크리트에 충격 및 폭발과 같은 극한 하중이 작용하면 콘크리트 재료요소는 높은 변형률 속도를 받는다. 콘크리트는 높은 변형률 속도에서 역학적 특성이 정적 상태와는 다른 변형률 속도 의존성을 가지는 재료이다. 그럼에도 불구하고, 현재 국내외의 콘크리트 압축강도 표준시험법은 정적인 상태에서 압축강도를 평가하는 시험방법만 규정되어 있다. 따라서, 극한 하중을 받는 콘크리트 구조물의 설계와 콘크리트의 재료-역학적 특성 평가를 위한 시험방법이 필요하다.

콘크리트의 압축강도를 평가하기 위한 시험방법으로는 국제적으로 ISO 1920-4(참고문헌 [1])와 미국의 단체표준 ASTM C39 (참고문헌 [2]), 그리고 국내의 국가표준 KS F 2405가 있다. 하지만, 기존의 시험방법들은 정적 변형률 속도 영역에서 콘크리트의 정적압축강도를 평가하기 위한 시험방법만을 다루고 있다.
현재, 국내의 콘크리트 동적압축강도를 평가하기 위한 시험방법은 고속 유압식 만능재료시험기 방법과 스플릿 홉킨슨 압력봉 방법 등이 있다. 이 표준은 고속 유압식 만능재료시험기를 이용한 콘크리트의 동적압축강도 시험방법을 제공한다.

1.2 제정 경위

단체표준 원안작성기관이 고속 유압식 만능재료시험기를 사용하여 콘크리트의 동적압축강도 평가를 위한 시험 연구를 수행하여 시험방법을 수립하였다. 단체표준(안)을 2023년 06월 13일 작성하였으며, 2023년 8월 25일 단체표준심사위원회에서 심의하여 단체표준(안)을 보완·수정하였다. 이후 여러 차례에 걸쳐 이해관계자들의 의견을 수렴하였고, 20XX년 X월 X일부터 20XX년 X월 X일까지 운영원 홈페이지에 제정 예고와 안내를 거쳐 단체표준(안)에 대한 합의를 도출하였다. 20XX년 X월 X일 단체표준심사위원회에서 심의하여 최종안을 의결하였고, 이를 표준으로 제정 신청하였다.

2 규정항목의 내용과 근거

2.1 적용범위

이 표준은 HR-UTM을 이용하여 SPS-F KOCED 0047-7556 (참고문헌 [6])에 따라 제작된 실린더형 콘크리트 공시체의 동적압축강도 시험방법을 규정한다. 또한, 이 표준은 HR-UTM의 최대허용하중용량을 고려하여 허용하중용량을 초과하지 않는 범위 내의 압축강도를 가지는 콘크리트를 대상으로 한다 (참고문헌 [7]). 또한, 콘크리트의 압축 연화 구간을 평가하기 위해서 *L/D*가 2.0인 공시체을 사용해야 한다 (참고문헌 [7]).

2.2 용어와 정의

이 표준에서 언급하고 있는 용어와 정의 중 **3.1**은 참고문헌 [8]과 [9]를 참고하였으며, **3.6**은 참고문헌 [6], **3.7**은 참고문헌 [3], 그리고 **3.8**는 참고문헌 [4]을 인용하였다.

2.3 시험 장비와 기구

2.3.1 HR-UTM

콘크리트 공시체의 동적압축강도를 평가하기 위한 시험 장비로써 장비 제작사에서 권고하는 최대허용하중용량을 초과하지 않는 범위 내에서 시험을 수행해야 한다. 최대허용하중용량을 초과할 경우 장비에 이상이 발생할 수 있으며, 정확한 하중 측정에도 영향을 미칠 수 있으므로 주의해야 한다.

2.3.2 보호 덮개

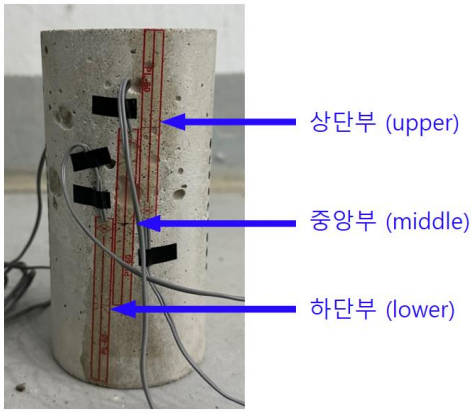
보호 덮개는 HR-UTM을 이용한 동적압축강도 시험 시 파괴되는 콘크리트의 파편을 막고, 시험자의 안전을 보호하기 위해 사용된다. 동적압축강도 시험에서 파괴된 콘크리트 파편이 계측 장비에 손상을 야기할 수 있으므로, 이를 방지하기 위한 보호 덮개를 설치한다. 다만, HR-UTM을 이용한 동적 압축 시험에서 고속카메라를 이용한 영상 계측이 함께 진행되는 경우, 투명한 재료를 사용해 제작된 것을 사용하여 영상 계측에 영향이 없도록 해야 한다.

2.3.3 변형률 게이지

HR-UTM을 이용한 콘크리트 동적 압축 시험에서 콘크리트의 변형률을 측정하는데 사용되는 변형률 게이지는 콘크리트 공시체에 직접적으로 부착하여 측정되기 때문에 콘크리트 내 혼입된 굵은 골재의 최대 치수 보다 크기가 큰 변형률 게이지를 사용하여 골재의 변형률이 측정되지 않도록 주의해야 한다.

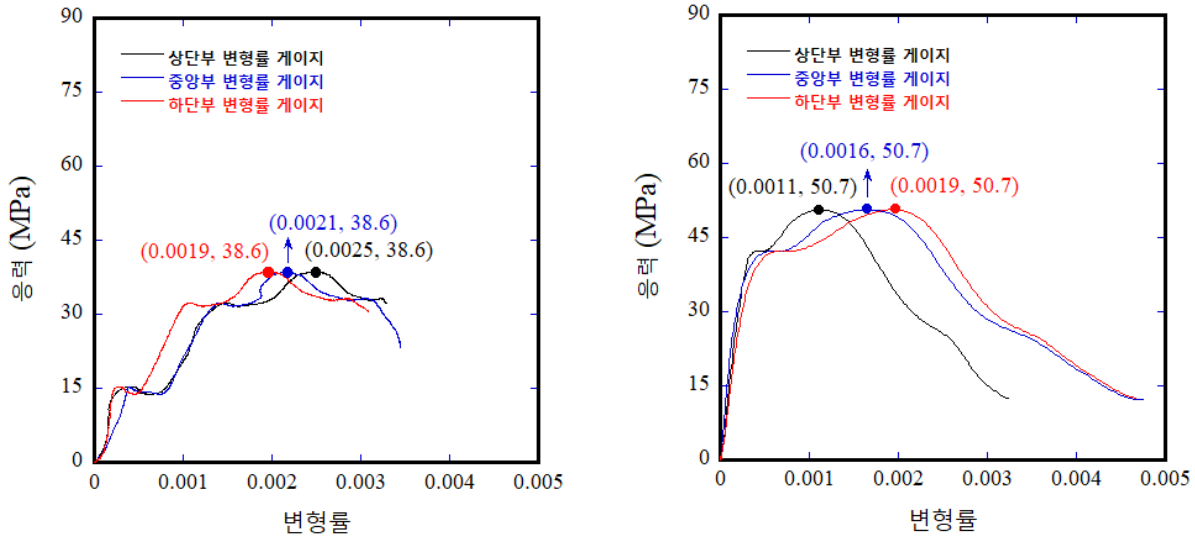
또한, 변형률 게이지는 콘크리트의 변형을 전기적 신호로 변환하여 계측함에 있어 변형률 게이지의 저항값과 HR-UTM의 데이터수집장치 내 변환기의 저항값이 동일한 상태에서 측정을 진행해야 정확한 변형률 신호를 계측할 수 있다. 따라서, 변형률 게이지의 저항값이 데이터수집장치의 저항값과 다를 경우, 정밀 저항기를 사용하여 저항값의 보정이 필요하다.

HR-UTM을 이용한 콘크리트 동적압축강도 시험에서 콘크리트 공시체의 축방향 변형률을 측정하기 위한 변형률 게이지 부착 위치는 **그림 해설.1과 그림 해설.2**에 나타낸 바와 같이 공시체의 상단, 중앙, 그리고 하단부에 따라 다르게 나타난다. 하지만, 높은 재하속도 하에서 취성적인 특성을 나타내는 콘크리트는 공시체의 파괴 패턴에 따라 변형률 게이지로부터 측정된 변형률이 다르게 측정되기 때문에 시험 결과의 일관성을 위해 공시체의 중앙부에 부착하도록 규정하였다(참고문헌 [7]).



[출처: 3차년도 연구보고서(2023), 극한성능 표준실험절차 개발 과제]

그림 해설.1 — 변형률 게이지 부착 위치



a) 1 m/s의 재하속도 b) 3 m/s의 재하속도

[출처: 3차년도 연구보고서(2023), 극한성능 표준실험절차 개발 과제]

그림 해설.2 — HR-UTM을 이용한 높은 재하속도 하에서 변형률 게이지 부착 위치에 따른 콘크리트의 응력-변형률 관계

콘크리트 공시체에 부착되는 변형률 게이지는 동적 데이터 계측 시 충분한 계측 성능이 확보되어야 한다. 변형률 게이지의 동적 데이터 계측 성능은 게이지 길이(gauge length)에 영향을 받으며 게이지 길이가 짧을수록 동적 데이터 계측에 유리하다. 통상적으로 동적 시험에서는 변형률 데이터의 노이즈 성분 제거를 위해 저주파수 필터링을 15 kHz에서 100 kHz 사이에서 수행한다(참고문헌 [10, 11]).

2.3.4 데이터수집장치

콘크리트 공시체에 부착되는 변형률 게이지는 동적 데이터 계측 시 충분한 계측 성능이 확보되어야 한다. 통상적으로 동적 시험에서 데이터 계측을 위한 데이터수집장치의 최소 응답 주파수는 100 kHz 이므로(참고문헌 [10]) 100 kHz 이상의 데이터 측정속도로 데이터를 계측한다.

2.4 시험준비

2.4.1 시험용 공시체 준비

시험용 공시체 제작 방법(**부속서 B**)은 SPS-F KOCED 0047-7556(참고문헌 [6]), **5**~**8**을 인용하였다. **부속서** B.2.2.1 공시체 지름에서는 SPS-F KOCED 0047-7556, 5.2.1에서 "SHPB의 지름"를 "HR-UTM의 램과 바닥판의 지름"으로 규정하였다.

또한, **부속서** B.2.2.2 공시체 길이에서는 SPS-F KOCED 0047-7556, 5.2.2에서 "공시체의 길이는 공시체 길이 방향의 이질성을 감소시키기 위해 굵은 골재 최대 치수의 3배 이상을 만족해야 한다. 단, 고속쪼갬인장시험용 공시체의 길이는 고속쪼갬인장시험용 장비의 가압판 지름 또는 SHPB의 지름보다 작거나 같아야 한다"를 "공시체의 길이는 공시체의 지름의 2배로 한다"로 규정하였다. 실제 원안작성기관의 HR-UTM 장비를 이용한 콘크리트 동적압축강도 시험에서 형상비(L/D)가 2.0인 공시체에서 콘크리트의 변형률을 연화구간까지 측정 가능한 것으로 나타난 반면, 형상비가 2.0 보다 작은 공시체에서는 변형률 게이지의 조기 파손 및 탈착으로 변형률 측정이 불가하였다(**부속서 C.5** 참조).

2.4.2 윤활제 준비

HR-UTM를 이용한 콘크리트의 동적 압축 시험에서 공시체과 가력판 또는 지지대 사이의 마찰력은 공시체의 횡방향 변형에 간섭하여 공시체에 횡방력 구속력을 도입하고 콘크리트의 축방향 압축강도를 증진시킨다. 이러한 단부 마찰효과는 구조적 효과에 속하며 정확한 콘크리트 압축강도의 변형률 속도 효과로 인한 강도 증진을 평가하기 위해서는 단부 마찰효과를 제거하거나 최소화해야 한다(참고문헌 [5]).

이 표준의 원안작성기관은 단부 마찰효과를 최소화할 수 있는 윤활방법을 특정하기 위해 윤활제의 종류와 도포량을 변수로 하여 공시체의 지름과 길이가 각각 75 mm와 150 mm인 공시체에 대해 HR-UTM로 시험을 수행하였으며, 그 결과는 **그림 C.7 b)**와 같다. 여기서, T는 테프론 그리스를 나타내며, H는 램의 충격 속도(m/s)를 나타낸다. **그림 C.7 b)**에서 확인할 수 있듯이, 윤활제의 도포량이 0.12 kg/m^2 (T12) ~ 0.16 kg/m^2 (T16) 범위 내에서 단부 마찰효과가 최소화되며, 겉보기 동적증가계수가 일정해지는 것을 확인하였다. 이때, 본 단체표준에서 규정한 테프론 그리스의 물리적 특성은 **표 해설.1**과 같으며 이 이상의 윤활 성능을 갖는 윤활제를 사용하도록 한다.

표 해설.1 — 사용 테프론 그리스 규격

항목	시험기준	성능
NLGI 등급 (NLGI grade)	KS M ISO 2137	2
색상 (Color)	-	투명흰색
사용온도 (Temperature range)	-	-40 °C ~ 260 °C
점성 (Viscosity) (25 °C)	KS M ISO 3104	5000
비중 (Specific gravity) (25 °C)	KS M ISO 3675	1.11
비열 (Specific heat)	-	1.5
이유도 (Oil separation) (100 °C, 21hr)	KS M 2050	0 %
증발량 (Evaporation loss) (100 °C, 22hr)	KS M 2088	0.4 %
인화점 (Flash point)	KS M ISO 2592	> 300 °C
녹는점 (Melting point)	-	없음
수세 내수도 (Water washout)	KS M ISO 11009 KS M 2087	< 1 %

2.4.3 램의 가력 변위 결정

HR-UTM은 고속의 재하속도로 콘크리트 공시체를 타격하기 때문에 램이 바닥판을 타격하지 않고, 콘크리트의 축방향 변형률을 측정하기 위해 램의 가력 변위를 1 mm ~ 3 mm로 결정하였다.

일반적으로 KS F 2405에서 규정하는 콘크리트의 압축강도 측정에 사용되는 지름 100 mm와 길이 200 mm를 가지는 공시체를 예를 들면, 실질적으로 콘크리트의 축방향 변형률 0.2 % ~ 0.4 %를 확보하기 위해서는 변위가 0.4 ~ 0.8 mm이지만, 충분한 축방향 변형률의 확보를 위해 보다 높게 설정하였다.

2.5 시험방법

2.5.1 시험절차

HR-UTM는 기계적인 특성상 타격 위치의 오차 등으로 인한 약간의 편심이 발생할 수 있으므로 변형률을 계산할 때 공시체의 중심축을 기준으로 등간격으로 공시체 축방향 중앙에 부착된 변형률 게이지로부터 측정된 각각의 변형률 평균값을 사용하여 편심에 의한 영향을 최소화해야 하는 것으로 규정하였다(참고문헌 [7]).

2.5.2 계측 항목 및 계측 절차

HR-UTM를 이용한 콘크리트의 동적 압축 시험에서는 HR-UTM 자체의 데이터수집장치가 높은 측정속도를 가지기 때문에 원데이터에 발생하는 노이즈 성분이 계측 항목에 큰 영향을 미칠 수 있다. 따라서, 데이터 계측 후에 데이터의 필터링이 필요할 경우, 원데이터를 왜곡하지 않는 선에서 수행되어야 하며, 결과 보고 시 필터링에 대한 내용을 함께 기술해야 한다.

데이터 필터링은 저주파수 통과 필터를 사용하며, 통상적으로 동적 압축 시험에서 저주파수 필터링에 사용되는 주파수 대역인 15 kHz에서 100 kHz 사이에서 진행한다(참고문헌 [10, 11]).

2.6 계산

2.6.1 공시체의 응력과 변형률 관계

로드셀에서 계측된 공시체의 하중 신호와 변형률 게이지로부터 측정된 공시체의 변형률 이력은 실제 공시체에 힘이 작용하는 시점에 맞추어 분석해야하며, 이는 공시체의 하중 신호를 통해 일치시키는 것이 가능하다. 분석의 편의상 공시체의 하중-시간 관계에 변형률 데이터의 시간 축을 맞춰서 분석을 수행하여 응력-변형률 관계를 얻을 수 있다(참고문헌 [7]).

2.6.2 공시체의 변형률 속도와 변형률 가속도

HR-UTM을 이용한 콘크리트의 동적압축강도 시험에서는 **부속서 C.4**에 나타낸 바와 같이 공시체가 동적압축강도에 도달한 이후 연화 구간을 지나 하중이 0에 가까워지는 지점까지의 시간 동안에 램의 재하속도를 평균으로 변형률 속도를 계산한다(참고문헌 [7]).

2.7 콘크리트 동적압축강도 시험방법 비교

이 표준에서는 콘크리트 동적압축강도 시험을 위한 HR-UTM 방법을 제시하였으며, SHPB(split Hopkinson pressure bar) 방법과의 차이점은 **표 해설**.2과 같다.

표 해설. 2 — HR-UTM 방법과 SHPB 방법의 차이점

No.	항목	HR-UTM 방법	SHPB 방법	비고
1	적용범위	콘크리트 공시체의 동적압축강도 시험방법을 규정함 (40 MPa 이하 정적압축강도의 콘크리트 공시체)	콘크리트 공시체의 동적압축강도 시험방법을 규정함 (27 MPa ~ 70 MPa 정적압축강도의 콘크리트 공시체)	HR-UTM은 최대 변형률 속도 $10^2\ s^{-1}$에 가까운 변형률 속도에서 콘크리트 동적압축강도 시험이 가능하며, SHPB는 최대 $10^3\ s^{-1}$에 가까운 변형률 속도에서 실험이 가능함
2	시험장비와 기구	HR-UTM을 사용하며 장비 요구조건에 대해 기술함	SHPB를 사용하며 장비 요구조건에 대해 기술함	HR-UTM은 하중 작용 방향이 수직인 반면 SHPB는 하중 작용 방향이 수평으로 작용함
3	시험준비	시험용 실린더형 공시체 제작 방법(SPS F KOCED 0047-7556 인용)을 제시하며, 하중 조건과 윤활방법에 대해 규정함	시험용 실린더형 공시체 제작 방법(SPS F KOCED 0047-7556 인용)을 제시하며, 하중 조건과 윤활방법에 대해 규정함	HR-UTM을 이용한 동적압축강도 시험에는 정적압축강도 시험에서 사용되는 공시체의 형상비와 동일한 공시체의 크기에서 시험이 가능하며, SHPB를 이용한 콘크리트의 동적압축강도 시험에서는 동적응력평형을 만족하기 위해 공시체의 지름과 길이의 비를 나타내는 형상비가 작은 공시체를 사용함
4	시험방법	변형률 속도가 매우 빠르고($0.1\ s^{-1}$ 이상) 공시체의 변형률을 계측하기 위해 공시체에 변형률 게이지를 직접 부착하여 사용함	변형률 속도가 매우 빠르고($0.1\ s^{-1}$ 이상) 공시체의 변형률 속도를 계측하기 위해 각종 변형률 게이지를 사용함	HR-UTM 시험에서는 공시체에 직접 변형률 게이지를 부착함으로써 직접적으로 동적 압축 특성의 조사가 가능한 반면 SHPB는 시험 장비 구성품 중 2개의 steel bar에 변형률 게이지를 부착하여 콘크리트의 변형률 및 동적 압축 특성을 조사함으로써 간접적인 측정 방식을 사용함
5	계산	콘크리트 공시체의 최대 하중, 축방향 변형률, 변형률 속도, 그리고 변형률 가속도의 시간 이력을 계산함	1차원 응력파 이론을 사용하여 공시체의 응력, 변형률, 변형률 속도, 변형률 가속도 시간이력을 계산함	HR-UTM을 이용한 시험방법은 직접적으로 공시체에 작용된 압축 하중 및 공시체의 변형률을 통해 콘크리트의 동적 압축 특성을 조사하는 반면 SHPB는 1차원의 응력파 이론을 바탕으로 콘크리트의 동적 압축 특성 조사가 가능한 시험방법임

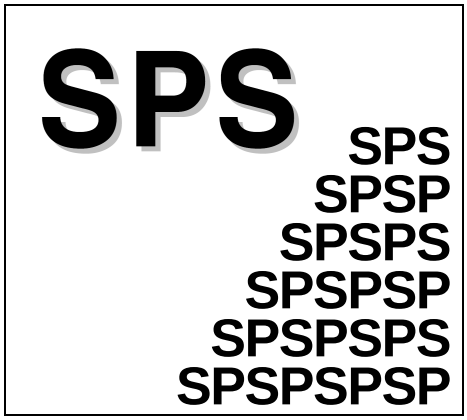
3 기존 표준과 차별성

기존 표준인 KS F 2405과의 차별성을 **표 해설. 3**에 기술하였다.

표 해설. 3 — KS F 2405과의 차별성

No.	항목	KS F 2405	단체표준	비고
1	적용범위	콘크리트 공시체의 정적압축강도 시험방법을 규정함	콘크리트 공시체의 동적압축강도 시험방법을 규정함	정적 변형률 속도 범위 (5×10^{-6} s^{-1}—5×10^{-5} s^{-1})에서 압축강도를 평가하는 시험방법을 규정하는 KS F 2405와 달리 이 표준은 높은 변형률 속도 (최대 65.0 s^{-1})에서의 콘크리트 동적압축강도 시험방법을 제시함
2	시험 장비와 기구	KS B 5533에서 규정하는 압축시험기를 사용	HR-UTM을 이용하며 장비 요구조건 및 시험방법에 대해 기술함	이 표준은 일반적인 압축시험기를 이용한 시험이 아닌 고속 압축 시험에 특화된 장비인 HR-UTM을 이용한 시험방법을 규정함
3	시험준비	KS F 2403에 따라 공시체를 제작하며, 공시체의 검사방법을 규정함	HR-UTM을 이용한 콘크리트의 동적압축강도 측정에 적합한 공시체의 크기를 제시하며, 하중 조건과 윤활방법에 대해 규정함	HR-UTM 시험은 정적압축강도 측정에 사용되는 공시체 형상비와 동일한 형상비를 사용하여 평가가 가능하기 때문에 동적압축강도에 대한 공시체의 크기 효과를 배제시킬 수 있음. 또한, 충격 하중 시 공시체와 가력판 사이의 단부 마찰효과를 제거하거나 최소화시키기 위한 윤활방법을 제시함
4	시험절차 및 방법	변형률 속도가 매우 느리고(5×10^{-6} s^{-1}~5×10^{-5} s^{-1}) 정적 압축 특성만을 계측함	높은 재하속도에서 공시체의 동적 압축 특성을 계측하기 위한 시험방법 및 변형률 게이지를 사용함	이 표준은 높은 재하속도 영역에서의 동적압축강도 시험방법을 제시함. 또한, 콘크리트의 동적 압축 거동을 조사하기 위해 공시체에 변형률 게이지를 직접 부착하여 데이터를 획득함
5	계산	공시체의 지름과 최대 하중을 통해 정적압축강도만을 계산함	콘크리트의 최대 하중, 축방향 변형률, 변형률 속도, 그리고 변형률 가속도의 시간 이력을 계산함	이 표준에서는 변형률 게이지를 공시체에 직접 부착하여 공시체의 동적 압축 특성을 직접적으로 계산함

SPS-F KOCED 0053-xxxx:2023



Test method for dynamic compressive strength of concrete using high rate hydraulic universal testing machine

ICS 91.100