

소구경 코어에 의한 콘크리트 압축강도 추정에 미치는 실험인자의 영향에 관한 연구

A Study on the Influencing Factors on the Estimation of Compressive Strength by Small Size Core

한민철^{*} 김기정^{**} 백병훈^{***} 한천구^{****} 송성진^{*****}
Min-Cheol Han Ki-Jeong Kim Byung-Hun Back Cheon-Goo Han Sung-Jin Song

ABSTRACT

This paper discusses the influencing factors such as coring position, height to diameter ratio of core specimen(h/d) and coring torque on the strength estimation of concrete by small size coring method in order to verify the validities of small size core method. According to results, as for the influence of drilling position, when core specimens are obtained from the place parallel to placing direction, compressive strength of core specimens are higher than those perpendicular to placing direction. This is due to the loss of the area of core specimen perpendicular to placing direction by bleeding. And in case of $\varnothing 24\text{mm}$ core specimen, when vertical drilling against placing direction is taken, compressive strength of core specimen obtained at the bottom of the structure is higher than that at the top of the structure. As for the influence of height to depth ratio, as h/d ratio increases compressive strength shows to be decreased. As for the influences of rotation speed of drilling machine, as its speed goes up, compressive strength decreases, regardless of core diameter.

1. 서론

기존 콘크리트 구조물의 내력평가에서는 콘크리트 구조물의 상황을 정확하게 판정하는 것이 매우 중요하다. 이중에서도 구조체 콘크리트의 압축강도를 정확하게 확인하는 것은 가장 중요한 조사항목으로, 기존에는 슈미트햄머에 의한 반발도법과 초음파속도법 등의 비파괴시험법과 코어(직경100mm)채취에 의한 강도시험법이 적용되어왔다.

그러나, 슈미트햄머 및 초음파속도에 의한 측정방법은 각종 환경 및 구조체조건에 따라 많은 보정이 필요하여 추정정밀도가 저하하는 문제점이 있고, 실구조체에서 직경 100mm 정도의 코어를 채취하여 압축강도시험을 행하는 경우 기둥, 보 등의 주요부재에서는 코어채취가 어렵고, 시료채취수의 제약 및 부분적인 손상 등에 의한 문제점이 제기되고 있다. 이에 본 연구팀에서는 비교적 구조체에 손상을 주지 않을 수 있는 직경 25~50mm 정도의 소구경코어에 의한 압축강도 추정방법에 대하여 검토하여 표준공시체와의 상관성 및 코어공시체의 각 구경별 압축강도 추정식 등을 제시한바 있다.

따라서 본 연구에서는 소구경코어에 의한 구조체 콘크리트 압축강도추정을 위한 일련의 연구로서 코어크기별 코어의 채취위치, 폭두께비 및 코어채취기의 토크 등 각종 변수조건이 코어의 압축강도 추

* 정회원, 중부대 건설공학부 강의전담 전임강사, 공학박사
** 정회원, 청주대 대학원, 석사과정
*** 정회원, 연세대 건축공학과 박사과정
**** 정회원, 청주대 건축공학부 교수, 공학박사
***** 정회원, 연세대 건축공학과 교수, 공학박사

정치에 미치는 영향에 대하여 검토하고자 한다.

2. 실험계획 및 방법

2.1 실험계획

본 연구의 실험계획은 표 1과 같다.

먼저, 배합사항으로는 W/C는 45, 55%의 2수준에 대하여 목표 슬럼프는 15±2.5cm, 목표 공기량은 4.5±1.5%를 만족하도록 배합설계하였는데, 배합사항은 표 2와 같다.

실험사항으로 굳지않은 콘크리트에서는 슬럼프, 슬럼프플로우, 공기량 및 단위용적중량을 측정하도록 하였다. 경화콘크리트에서는 먼저 표준양생 공시체의 압축강도를 1, 3, 7, 28일 재령에서 측정하고, 코어공시체의 압축강도는 재령 28일에서 $\phi 24\text{mm}$, $\phi 43\text{mm}$, $\phi 100\text{mm}$ 코어를 채취하여 측정하였다.

한편, 소구경코어의 실험인자로는 코어채취 위치의 영향을 검토하기 위하여 코어 크기별로 타설방향과 타설방향의 수직위치에서 코어를 채취하였으며, $\phi 24\text{mm}$ 코어의 경우는 타설방향의 중앙부와 모서리부에서 각각 코어를 채취하고, 타설수직 방향에서 상, 중, 하부의 위치별로 코어를 구분하여 채취하였다.(그림 1 참조) 또한, 코어의 폭두께비(h/d)와 코어채취기의 회전속도를 변화시켜 압축강도를 측정하였다.

2.2 사용재료

본 실험에 사용한 시멘트는 국내산 보통포틀랜드 시멘트(비중 : 3.15, 분말도 : 3,522cm²/g)를 사용하였다. 골재로써 잔골재는 인천 중구 항동에서 채취한 세척사(비중 : 2.60, 조립율 : 2.8)를 사용하였으며, 굵은 골재는 충북 옥산산으로 골재최대치수 25mm인 부순 굵은골재(비중 : 2.6, 조립율 : 6.9)를 사용하였고, 혼화제는 국내산 J사의 나프탈렌계 AE 감수제를 사용하였다.

2.3 실험방법

본 연구의 실험방법으로 먼저, 콘크리트의 혼합은 강제식 팬믹서를 사용하였다.

굳지않은 콘크리트의 실험으로 슬럼프는 KS F 2402에 따라 실시하였고, 공기량 시험은 KS F 2421,

표 1. 실험계획

실험요인		수준	
배합사항	W/C(%)	2	45, 55
	슬럼프(cm)	1	15±2.5
	공기량(%)	1	4.5±1.5
실험사항	굳지않은 콘크리트	4	· 슬럼프, 슬럼프플로우 · 공기량, 단위용적중량
	경화 콘크리트	2	· 표준양생 공시체의 압축강도 · 코어강도($\phi 100$, 43, 24mm)
	코어 실험인자	4	· 코어채취위치(중앙부, 모서리 ; 상부, 중간, 하부) · 코어채취방향(타설평행방향, 타설직각방향) · 폭두께비(1:1, 1:1.5, 1:2) · 코어채취기회전속도(400, 600, 750RPM)

표 2. 배합사항

W/C (%)	목표슬럼프 (cm)	단위수량 (kg/m ³)	S/a (%)	AE/C (%)	절대용적 (ℓ/m ³)		
					C	S	G
45	15	170	45	0.45	120	299	366
55	15	170	48	0.3	98	330	357

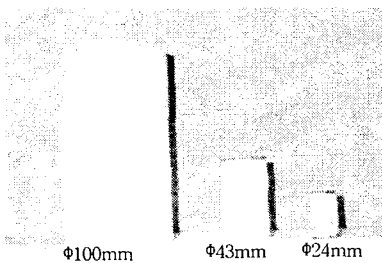


사진 1. 크기별 코어 공시체

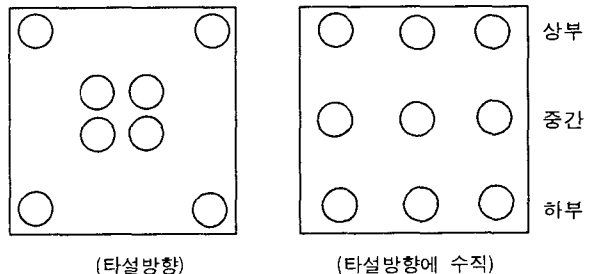


그림 1. $\phi 24\text{mm}$ 공시체의 채취 위치

단위용적중량은 KS F 2409의 규정에 준하여 실시하였다.

경화 콘크리트의 실험으로 압축강도는 실험계획된 재령에서 KS F 2405 규정에 의거 실시하였다. 코어 공시체의 압축강도는 200×200×200mm 입방공시체를 제작하여 수중양생한 후 재령 28일에서 Ø100mm 코어 3개, Ø43mm 코어 8개, Ø24mm 코어 12개를 채취(사진 1)하였다.

한편, 폭두께비(h/d)에 따른 영향을 검토하기 위하여 채취된 시험체별로 h/d가 1, 1.5, 2가 되도록 절단하고, 그 절단면을 유황꺽평하여 가압면이 평활하게 되도록 마무리한 후 압축강도실험을 실시하였다. 또한, 코어채취기의 회전속도에 따른 영향을 검토하기 위하여 채취기의 회전속도를 400, 600, 750rpm으로 변화시켜가면서 코어를 채취하였다.

3. 실험결과 및 분석

3.1 굳지않은 콘크리트의 특성

굳지않은 콘크리트의 실험결과로서 슬럼프치 및 공기량은 15±2.5cm, 4.5±1.5%를 만족하였다.

3.2 코어압축강도에 미치는 실험인자의 영향

(1) 코어채취위치에 따른 영향

그림 2는 코어 크기별 코어 채취방향에 따른 압축강도를 W/C 별로 구분하여 나타낸 것이다. 전반적으로 코어의 크기에 따라 약간의 차이는 있으나, 콘크리트의 타설방향에 평행방향으로 채취한 코어의 압축강도는 타설방향에 직각방향으로 채취한 코어 압축강도에 비하여 약 6%정도 큰 것으로 나타났다. 이는 콘크리트 타설시의 블리딩의 상승에 의해 타설방향에 직각으로 채취한 코어의 단면결손이 타설방향에 평행방향으로 채취한 코어에 비하여 상대적으로 큰 원인으로 사료된다. 한편, 코어의 크기가 작아질수록, W/C가 커질수록 압축강도가 저하하는 것으로 나타났는데, 코어의 크기가 작아질수록 W/C가 클수록 동일한 블리딩 및 진동에 의한 결함이라도 단면이 작은 경우 및 강도가 작은 코어공시체가 결함의 영향이 크게 되기 때문으로 사료된다.

그림 3 및 4는 Ø24mm 코어의 채취위치별 압축강도를 나타낸 것으로서, 먼저, 타설방향에 평행으로 채취한 코어의 경우 W/C에 관계없이 중앙부 및 모서리부에서 공히 유사한 강도를 갖는 것을 확인할 수 있었다. 한편, 타설방향에 직각방향으로 채취한 코어의 경우 상부에서 하부로 갈수록 강도가 증가하는 것으로 나타났는데, 이는 블리딩수가 상부로 상승하고 굵은골재가 하부로 침하한 결과로 사료된다.

(2) 폭두께비(h/d)의 영향

그림 5는 코어크기별 폭두께비 변화에 따른 압축강도를 W/C별로 구분하여 나타낸 것이다. 전반적으로 코어

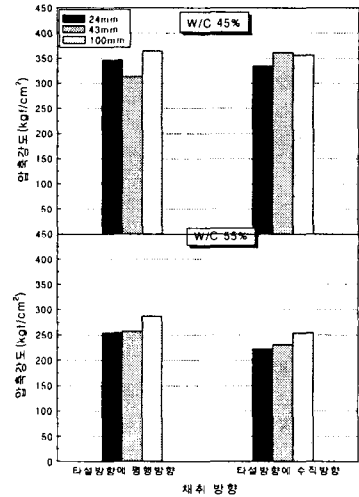


그림 2 코어채취 방향에 따른 압축강도

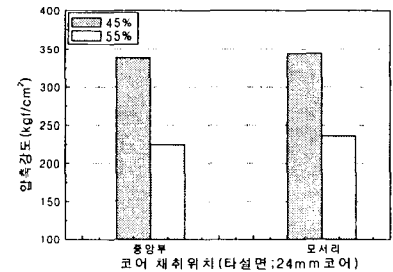


그림 3. 코어채취 위치에 따른 압축강도 (타설 평행 방향)

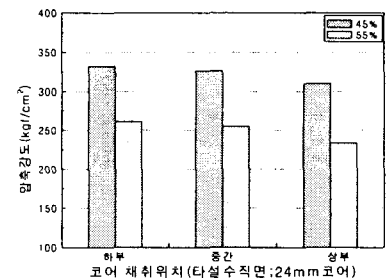


그림 4. 코어채취 위치에 따른 압축강도 (타설 직각 방향)

의 크기에 관계없이 폭두깨비가 커질수록 압축강도는 저하하는 것으로 나타나 기존의 이론과 커다란 차이는 없는 것을 알 수 있었다. 단, 코어의 크기가 작아질수록 강도저하의 폭은 작아짐을 확인할 수 있었다.

(3) 코어채취기의 회전속도에 의한 영향

그림 6은 코어크기별 코어채취기의 회전속도에 따른 압축강도를 W/C 별로 구분하여 나타낸 것이다. 전반적으로 코어채취기의 회전속도가 증가함에 따라 압축강도는 감소하는 경향을 보였는데, 이는 회전속도가 증가할수록 진동의 증가로 미세결합의 증가 및 균열이 발생하기 때문으로 사료되는데, 압축강도실험시 소구경 코어의 파괴형상이 골재와 시멘트의 부착면에서 파괴가 일어나는 것을 보아 이를 확인할 수 있었다.

한편, 코어크기별로는 $\varnothing 100\text{mm}$ 코어의 경우 회전속도가 증가할수록 강도저하가 확실하게 저하하는 경향을 보였으나, $\varnothing 43\text{mm}$ 및 $\varnothing 24\text{mm}$ 코어의 경우는 코어직경이 작아져서 오차의 영향 및 코어채취 위치에 따른 골재의 분포가 현저히 다름에 따라 회전속도의 변화에 따른 압축강도의 차이가 뚜렷한 경향을 보이지 않는 것으로 사료된다.

4. 결 론

본 연구는 실험인자가 소구경 코어에 의한 압축강도추정에 미치는 영향에 대한 연구로서 코어의 채취위치, 폭두깨비 및 코어채취기 회전속도 등의 변화에 따른 코어크기별 압축강도를 비교·검토하였는데, 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

- (1) 코어채취 위치에 따른 압축강도는 타설방향에 평행방향으로 채취한 코어가 타설방향에 직각방향으로 채취한 코어에 비하여 6%정도 크게 나타났으며, $\varnothing 24\text{mm}$ 코어의 경우 타설방향에 직각방향으로 채취한 코어의 경우 상부에서 하부로 갈수록 강도가 증가하는 것으로 나타났는데, 이는 블리딩수가 상부로 상승하고 굵은골재가 하부로 침하함에 기인한 결과로 사료된다.
- (2) 폭두깨비에 따른 영향으로 코어의 크기에 관계없이 폭두깨비가 커질수록 압축강도는 저하하는 것으로 나타나 기존의 이론과 커다란 차이는 없는 것을 알 수 있었다.
- (3) 코어채취기의 회전속도에 의한 영향으로 코어채취기의 회전속도가 증가함에 따라 압축강도는 감소하는 것으로 나타났는데, 코어크기별로는 $\varnothing 100\text{mm}$ 코어의 경우 회전속도가 증가할수록 강도저하가 확실하게 저하하는 경향을 보였으나, $\varnothing 43\text{mm}$ 및 $\varnothing 24\text{mm}$ 코어의 경우는 약간의 변동이 측정되었다.

참 고 문 헌

1. 김기정, 백병훈, 윤기원, 한천구, 송성진, 코어 및 표준양생공시체의 압축강도 비교에 관한 연구, 한국구조물진단학회 추계학술발표논문집, 2002년 5월.

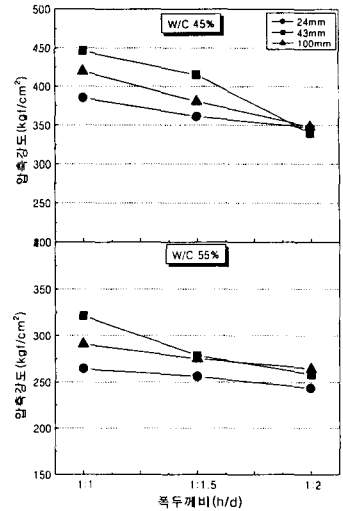


그림 5. 코어의 폭두깨비에 따른 압축강도

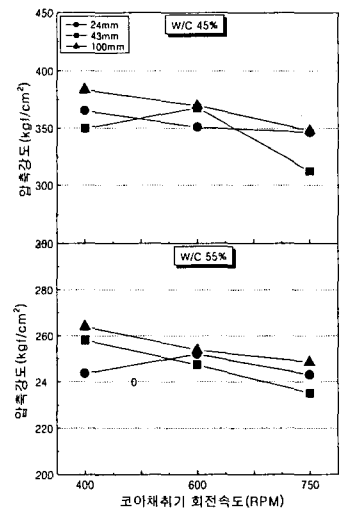


그림 6. 코어채취기의 회전속도에 따른 압축강도