

공시체에 포함된 철근이 콘크리트 압축강도에 미치는 영향

고훈범
인하공업전문대학 건축과

Effect of the Embedded Reinforcing Bar of Specimens on the Compressive Strength of Concrete

Hune-Bum Ko

Department of Architecture, Inha Technical College

요약 최근 노후화된 콘크리트 건축물에 대한 보수 및 보강에 대한 관심이 높아지고 있는데 이러한 건축물에 대한 안전성을 정확히 평가하기 위해서는 콘크리트 강도를 필수적으로 알아야 한다. 이러한 콘크리트 강도를 평가하는 방법으로 코어채취 방법이 가장 효과적이며 많이 사용되는 방법이다. 그런데 구조물에 따라 경우에 따라서는 어쩔 수 없이 철근이 포함된 코어가 채취되는데 코어 강도를 평가하기 위한 규정에는 이러한 철근이 포함된 코어 사용을 인정하지 않고 있다. 따라서 본 연구는 콘크리트 구조물의 건전성을 평가하고자 하는 안전진단 및 보수보강 관련 업체에 철근이 포함된 코어 공시체에 대한 콘크리트 강도를 정확하게 평가할 수 있도록 우리나라 실정에 맞는 정량적인 강도 판정기준을 제시하고자 하였다. 이러한 연구를 수행하기 위하여 1종류의 무 배근과 14종류의 배근을 한 공시체를 준비 하였고 압축강도 시험을 실시하였다. 결과적으로 철근체적으로 약 50cm³까지 배근된 경우(직경 13mm인 철근 4개 정도)의 공시체의 강도는 무배근 공시체 강도의 80% 정도 이상이라는 것을 예측할 수 있다.

Abstract Recently, the repair and reinforcement of deteriorated concrete buildings has attracted much interest. In order to accurately evaluate the safety of these existing structures, it is essential to know the strength of the concrete that they are composed of. The core drilling method is considered to be the most effective and common method of assessing the compressive strength of concrete. In general, the regulations do not permit the core specimens within reinforcing bars to be used to assess the strength of the concrete, even if the core specimens contain reinforcing bars in some cases. The purpose of this study is to investigate the effects of the reinforcement arrangement on the compressive strength of concrete, and to propose the quantitative specific standard of strength for core specimens containing reinforcements, in order to facilitate their safe inspection by repair or retrofit companies who want to evaluate the soundness of the structures. To complete this research, one type of cylinder specimen without reinforcement and 14 types of specimens with reinforcement arrangements were prepared and their compressive strength evaluated. It was found that the strength of the cylinders with reinforcement volumes of up to 50 cm³ (about 4-φ13mm) was more than 80% of that of the cylinders without any reinforcement.

Keywords : Concrete cylinder specimen, Concrete core, Concrete compressive strength, Reinforcing bar, Reinforcement arrangement

1. 서론

1.1 연구의 배경 및 목적

최근 도시가 노후화 되면서 건축물을 신축하기 보다

는 기존 건축물에 대한 보수 및 보강에 대한 관심이 높아지고 있다. 특히 고도 성장기에 건축된 공공건물을 포함하여 교육시설, 공동주택, 오피스 등의 내구연한이 가까워져 건물의 안전에 대한 문제가 대두되고 있으며 그

이 논문은 2015년도 인하공업전문대학 교내연구비지원에 의하여 연구되었음.

*Corresponding Author : Hune-Bum Ko(Inha Technical college)

Tel: +82-32-870-2257 email: hbko@inhac.ac.kr

Received May 16, 2016

Revised (1st August 16, 2016, 2nd September 8, 2016)

Accepted September 9, 2016

Published September 30, 2016

대책이 시급한 실정이다. 일반적으로 우리나라의 노후화된 건물 대부분이 철근 콘크리트 구조물로서 이러한 구조물에 대한 안전성을 정확하게 평가하기 위해서는 콘크리트 강도에 대한 정보가 필수적인데, 고도 성장기에 건축된 건물의 대부분이 이러한 콘크리트 강도에 대한 정보를 가지고 있지 않거나, 정보가 있다고 하더라도 그 정보에 대한 신뢰성에 의문이 드는 것도 사실이다. 기존 건축물에 대한 콘크리트 강도를 추정하는 방법으로 슈미트 해머를 사용한 반발경도나 초음파속도 등을 이용한 비파괴시험법과 콘크리트 구조물에서 직접 코어를 채취하고 강도시험을 하는 직접파괴시험법이 있다. 현재까지는 코어 채취방법이 가장 정확한 방법이며 전 세계적으로 가장 일반적으로 구조물에 대한 콘크리트 압축강도를 평가하는 방법이다. 그래서 코어크기, 코어채취방법, 코어 시험방법 등에 대한 규정이 선진국을 비롯하여 우리나라도 정해져 있다[1~5].

그런데 코어채취 강도시험에서 가장 어려운 부분이 코어를 채취하는 과정으로 현장상황에 따라 변수가 적지 않으며 정해진 규격으로 채취가 어려운 경우가 많다. 코어채취는 일반적으로 기둥이나 보 부재에서는 채취가 불가능하여 벽이나 슬래브에서 채취를 해야 하는데 코어 채취 시 철근이 포함되지 않도록 규정하고 있다. 그래서 벽이나 슬래브에서 코어를 채취하기 위해서는 철근탐지기 등을 통하여 배근상태를 미리 파악하고 철근을 피하여 코어를 채취해야 하는데 현장에서는 철근탐지기의 사용 없이 코어를 채취하고 또한 철근 탐지기를 사용한다고 할지라도 철근 배근이 밀실한 경우 철근을 포함하지 않고 코어를 채취하기가 쉽지 않은 실정이다. 그래서 규정은 다르게 강도평가시 철근이 포함되어 있는 코어를 사용하는 사례가 적지 않은 실정인데 이런 경우 코어 강도를 평가할 수 있는 정량적인 규정이 존재하지 않아 콘크리트 강도에 대한 정량적인 판단이 불가능 해진다(Fig.1).



Fig. 1. A cored specimen within a reinforcing bar

따라서 본 연구에서는 콘크리트 구조물의 건전성을 평가하고자 하는 안전진단 및 보수·보강관련 업체에 철근이 포함된 코어 공시체에 대한 콘크리트 강도를 정확하게 평가할 수 있도록 다양한 철근 배근을 변수로 한 공시체에 대한 기초적인 강도실험을 통하여 우리나라 실정에 맞는 정량적인 강도판정기준을 제시하고자 한다.

1.2 콘크리트 코어에 관련된 기존연구

철근이 포함된 코어에 대한 해외기준을 살펴보면 채취방향과 평행인 방향으로 철근이 배근되어 있는 경우 채취된 코어의 강도시험은 불가능한 것으로 규정하고 있다. 채취방향과 수직방향으로 철근이 배근된 경우 일본 기준(JIS A 1107:2012)]과 미국기준(ASTM C42/C42M-04)]은 채취된 코어를 사용하지 않도록 권고하고 있다 [2,3]. 콘크리트 코어 강도에 영향을 미치는 철근 배근에 대한 기준이 나라마다 상이하고 정량적인 기준설정이 아직 미흡하다고 할 수 있다. 그러므로 이에 대한 정량적인 실험과 평가가 매우 필요하다고 할 수 있다. 철근이 포함된 코어 강도에 대한 해외 연구 사례를 살펴보면 Gaynor(1965)와 Tamura 외(1980) 등에 의한 연구를 꼽을 수 있다[6,7]. 두 연구 모두 다양한 종류의 배근방식의 코어에 대하여 압축강도를 조사하여 철근이 콘크리트 강도에 미치는 영향을 조사하였으나 Gaynor의 연구는 150 X 200mm인 공시체를 사용하였으며 Tamura의 연구는 100 X 100mm인 코어로 한정되어 있다.

국내의 연구 사례를 살펴보면 정희효(2006), 김성원(2010) 등의 연구가 있으며 정희효는 배근된 공시체에 대하여 반발경도, 탄성파, 압축강도 시험을 실시하였으나 2가지 배근형식만을 채택하였으며 김성원의 연구는 철근이 포함된 공시체 및 코어 시험을 실시하였으며 연구는 비교적 체계적으로 이루어져 있으나 배근 조건이 다양하지 못하다[8,9]. 그래서 본 연구에서는 다양한 배근 조건을 가진 가장 일반적으로 사용되는 100 X 200mm인 공시체에 대하여 연구를 진행하였다.

2. 실험내용

코어에 대한 정량적인 강도판정기준을 제시하기 위한 기초실험연구로서 2종류의 콘크리트배합(15, 24MPa)과 2종류의 철근직경(10, 13mm)에 대하여 무배근 공시체

와 14종류의 배근을 가진 공시체에 대한 압축강도 시험을 실시하였다.

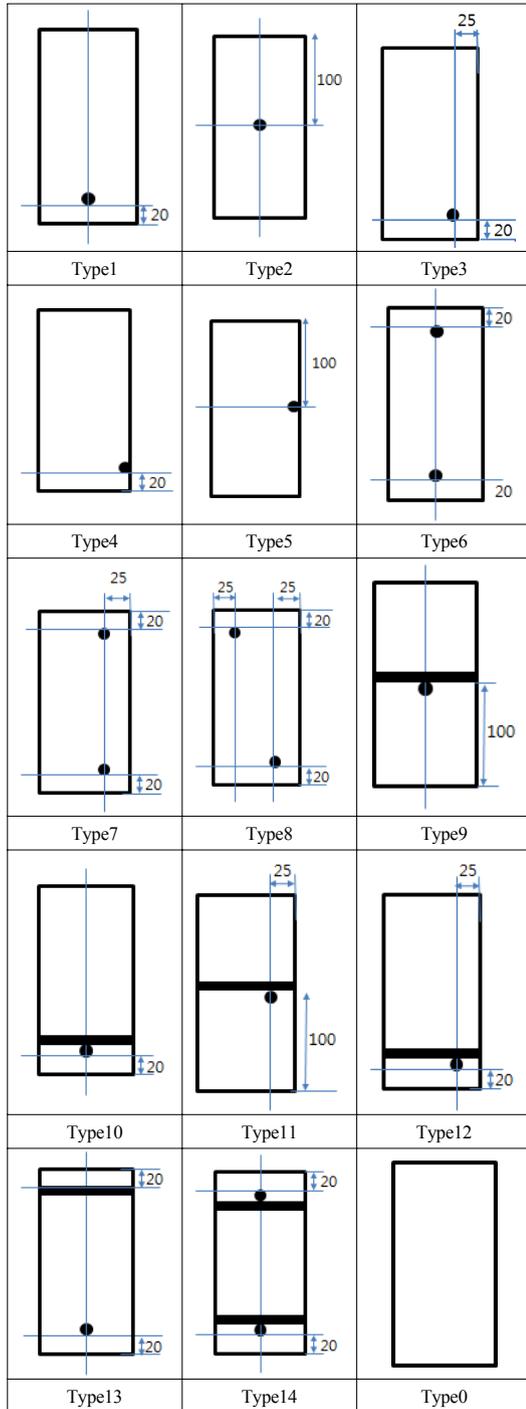


Fig. 2. Configuration of reinforcement arrangement

2.1 실험개요

철근이 포함되어 있는 콘크리트 공시체의 압축강도를 살펴보기 위하여 Fig. 2와 같이 무배근 공시체와 14 종류의 배근 방식을 갖는 공시체를 시험대상으로 결정하였다. 실험에는 노후화된 건축물의 콘크리트 강도를 예상하여 최대골재크기 25mm인 2종류의 콘크리트(15MPa-물결합제비 57%, 24MPa-물결합제비 43%)를 사용하였으며 일반적으로 코어를 채취할 부재가 벽이나 슬래브인 경우가 대부분이어서 벽이나 슬래브에 가장 많이 쓰이는 2종류의 철근(SD 400 직경 10, 13mm)을 선택하였다. 공시체의 크기는 직경 100mm×높이 200mm이며 각각의 Type에 대하여 3개씩 공시체를 제작하고 압축강도시험을 실시하였다.

2.2 실험준비

공시체에 철근을 배근하기 위해 공시체 형틀에 미리 철근지름에 해당하는 크기로 천공하고 각 배근방식에 따라 결정된 길이에 따라 절단된 철근을 구멍에 고정시켰다. Fig. 3은 배근이 완료된 공시체의 한 예를 보여주고 있다. 공시체는 콘크리트를 타설 후 7일간 실내에서 습윤 양생을 실시하고 재령 28일에 탈형하여 압축강도시험을 실시하였다.

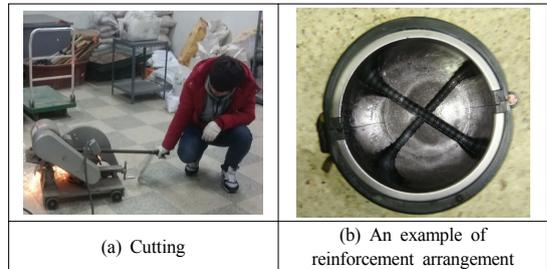


Fig. 3. Process of reinforcement arrangement

3. 실험결과 및 고찰

3.1 압축강도 실험 결과

Table 1과 2는 공시체에 대한 압축강도 실험결과를 보여주고 있다.

각각의 강도(15, 24MPa)에 대하여 배근 종류별(10, 13mm)로 콘크리트 압축강도를 나타내고 있으며 무배근 콘크리트(Type 0)강도를 100으로 가정할 때 강도비율도 함께 나타내었다. 기존 연구결과를 살펴보면 일반적으로

Table 1. Test results(15MPa)

Type	10mm		13mm		Ave.	
	MPa	%	MPa	%	MPa	%
0	12.5	100	12.5	100	12.5	100
1	12.1	97	14.9	119	13.5	108
2	12.1	97	10.4	83	11.3	90
3	13.5	108	14.7	117	14.1	113
4	13.0	104	14.7	117	13.8	111
5	13.1	105	11.4	91	12.2	98
6	13.3	106	13.0	104	13.2	105
7	13.2	106	13.6	109	13.4	107
8	13.2	106	13.2	106	13.2	106
9	11.5	92	11.4	91	11.5	92
10	13.3	106	13.9	111	13.6	109
11	10.8	87	9.1	73	10.0	80
12	12.7	102	13.7	110	13.2	106
13	11.5	92	11.4	91	11.5	92
14	13.5	108	9.9	79	11.7	94

Table 2. Test results(24MPa)

Type	10mm		13mm		Ave.	
	MPa	%	MPa	%	MPa	%
0	24.5	100	24.5	100	24.5	100
1	22.8	93	27.9	114	25.4	104
2	18.2	74	21.8	89	20.0	82
3	25.3	103	28.9	118	27.1	111
4	27.7	113	26.9	110	27.3	111
5	28.8	117	27.7	113	28.3	115
6	25.2	103	20.9	85	23.1	94
7	24.9	102	24.5	100	24.7	101
8	25.1	103	23.5	96	24.3	99
9	20.5	84	17.6	72	19.1	78
10	29.3	120	27.8	113	28.6	117
11	19.8	81	19.3	79	19.5	80
12	27.7	113	28.6	117	28.1	115
13	24.1	98	23.4	96	23.7	97
14	18.3	75	20.3	83	19.3	79

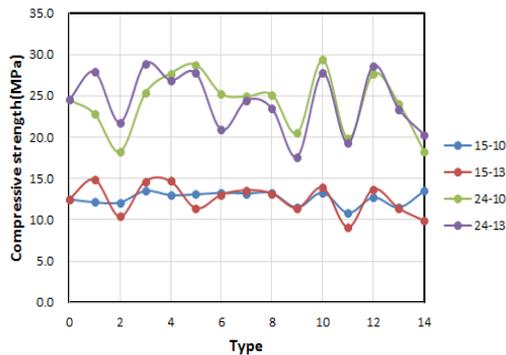


Fig. 4. Test results of all data

무근콘크리트(Type 0)의 압축강도 값이 철근이 삽입된 공시체 값보다 큰 경향을 보여 주는데 반하여 본 실험에

서는 무근 공시체가 조금 낮은 경향을 보여주고 있어 겨울철 실내에서 양생 시 무근 콘크리트 공시체를 철근 삽입 공시체와 구분하기 위해 공간적으로 분리한 것이 원인의 하나로 추정하고 있지만 확실하지는 않다[6-9].

Fig. 4는 Table 1과 2의 전체적인 실험결과를 그래프로 나타내었다. 배근종류별로 편차가 있기는 하지만 전체적으로 배근종류별 강도의 높낮이는 비슷한 경향을 보여주고 있다. 강도 높낮이의 편차는 24MPa인 공시체가 15MPa인 공시체보다 크게 나타나는 경향을 보여주고 있으며 각각의 강도에 대해서 직경 10mm의 배근보다 13mm 배근인 경우가 크게 나타나고 있다. 콘크리트 강도와 철근의 직경과 관계없이 대부분의 경우에서 Type 2, 9, 11, 14가 비교적 낮은 값을 나타내는 추세를 보여주고 있다.

3.2 실험 결과 고찰

압축강도 실험결과인 Table 1과 2를 바탕으로 각 배근방법에 따른 강도변화를 Fig. 5~8에 나타내었다.

Fig. 5인 경우 배근이 중앙부하단(Type 1), 중앙부 중앙(Type 2), 중앙부측면(Type 5)인 경우를 나타내고 있다. 강도와 상관없이 중앙부 중앙에 배근된 경우가 중앙부측면이나 하단에 배근된 경우보다 낮은 강도 값을 보여주고 있는데 결과적으로 중앙부 중앙에 배근된 경우가 콘크리트 강도에 가장 큰 영향을 준다고 할 수 있다.

Fig. 6은 공시체의 상하 끝단에 2단 배근으로 배근이 중앙인 경우(Type 6), 배근이 한쪽 측면에 배근이 된 경우(Type 7), 배근이 측면에서 엇갈린 경우(Type 8)를 나타내고 있는데 배근위치와 관계없이 전체적으로 비슷한 값을 보여주고 있다. Fig. 7은 교차된 중첩 2단 배근으로 중앙부 중앙교차배근(Type 9), 하단 중앙부 중앙교차배근(Type 10), 중앙부 중앙과 중앙측면 교차배근(Type 11), 하단 중앙부와 하단 측면 교차배근(Type 12)을 보여주고 있다. 콘크리트 강도와 상관없이 중앙부에서 교차된 배근 형식(Type 9와 11)이 상대적으로 낮은 값을 보여주고 있다. Fig. 8은 철근 개수에 의한 영향을 살펴보고자 철근이 중앙부를 벗어나게 배근된 경우로 철근 1개가 배근된 경우(Type 1), 철근 2개가 평행하게 배근된 경우(Type 6), 철근 2개가 교차되게 배근된 경우 (Type 13), 철근 4개가 상하부에서 교차되게 배근된 경우(Type 14)를 살펴보았다. 약간의 편차는 있으나 철근 개수가 많을수록 강도는 낮게 나타나는 경향을 보여주고 있다.

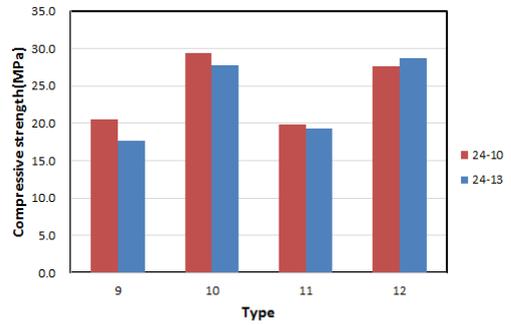
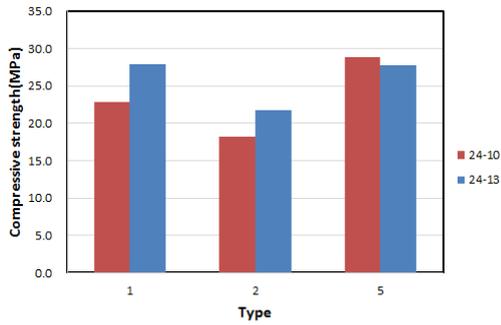
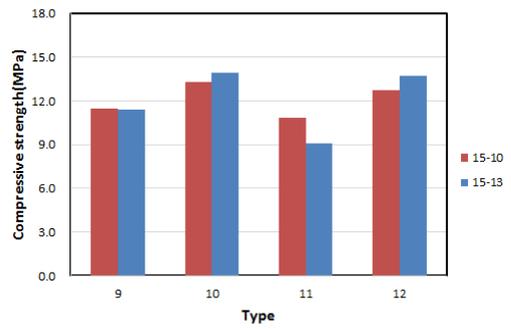
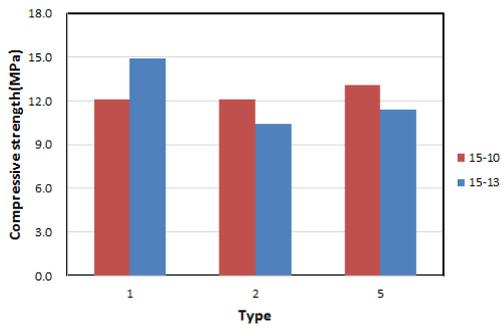


Fig. 5. Test results of type 1, 2, and 3

Fig. 7. Test results of type 9, 10, 11, and 12

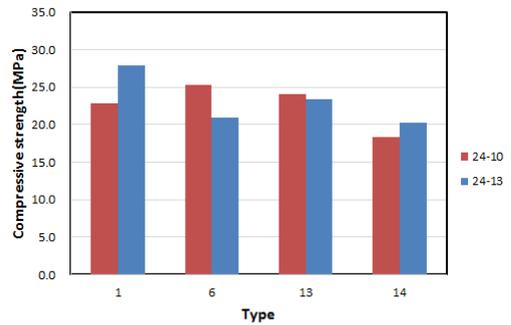
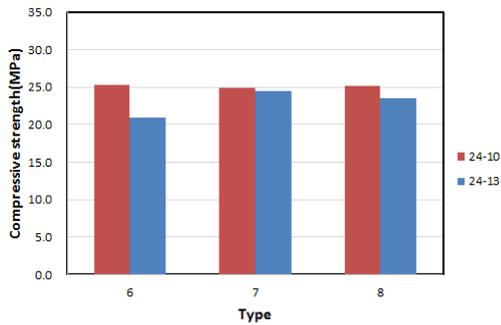
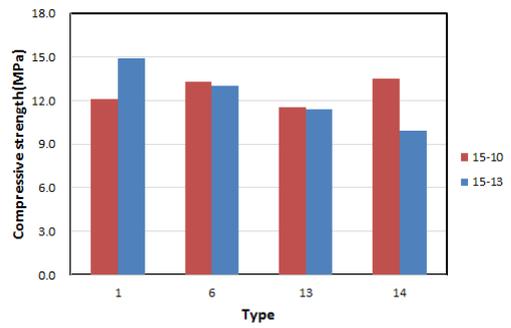
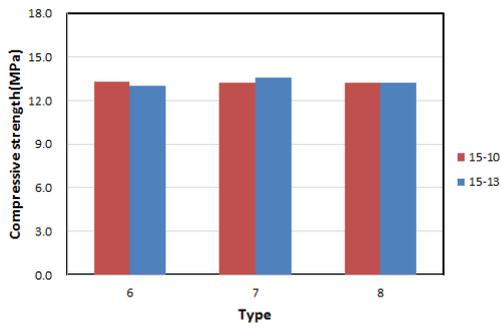


Fig. 6. Test results of type 6, 7, and 8

Fig. 8. Test results of type 1, 6, 13, and 14

Fig. 9는 공시체에 배근된 철근의 체적을 계산하여 콘크리트 강도와 비교한 값을 나타내었으며 각각의 콘크리트 강도와 철근직경에 따른 추세선도 함께 첨가하였다. 15MPa-10mm인 경우를 제외하면 전체적으로 철근체적이 클수록 콘크리트 강도는 낮게 나타나는 경향을 보여주고 있어 콘크리트에 포함된 철근량이 콘크리트 강도에 영향을 미치고 있다는 것을 확인할 수 있다.

Fig. 10은 무배근 공시체의 콘크리트 강도를 100으로 하고 종류별 배근에 대한 강도비를 나타낸 그래프로써 각각의 값은 직경 10mm와 13mm로 배근된 값의 평균값을 의미한다. 15MPa인 경우 강도비는 80~113%, 24MPa인 경우 78~117%인 분포를 보여주고 있다. 결과적으로 철근체적으로 약 50cm³까지 배근된 경우(직경 13mm인 철근 4개 정도)의 공시체강도는 일부 낮은 값을 보이고 있지만 전체적인 평균값으로 무배근 공시체 강도의 80%정도 이상이라는 것을 예측할 수 있다.

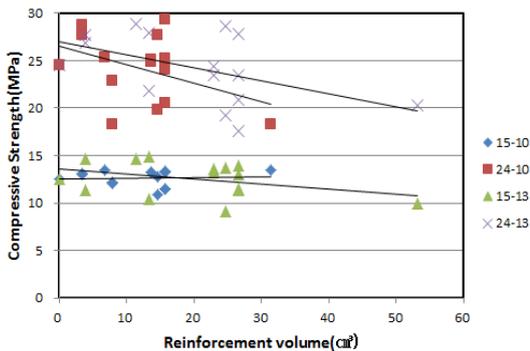


Fig. 9. Influence of reinforcement volume

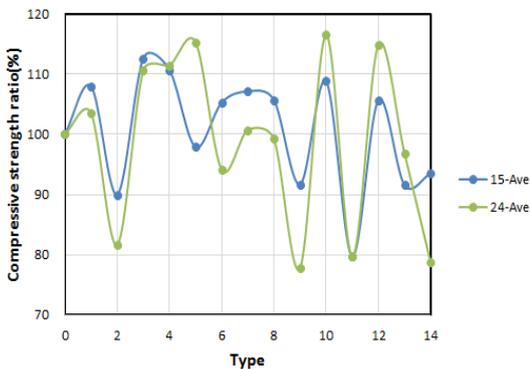


Fig. 10. Distribution of test results

4. 결론

본 연구에서는 철근이 포함된 코어 공시체에 대한 콘크리트 강도를 정확하게 평가할 수 있도록 다양한 철근 배근을 변수로 한 공시체를 제작하고 공시체에 대한 강도실험을 실시한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- (1) 철근이 중앙부 중앙에 배근된 경우가 콘크리트 강도에 가장 큰 영향을 준다고 할 수 있다.
- (2) 철근이 중앙부를 벗어나 상하부, 측면에 철근이 2개까지 배근된 경우 전체적으로 비슷한 값을 보여주고 있다.
- (3) 다른 연구자의 연구결과와 유사하게 전체적으로 철근 개수가 많을수록(철근체적이 클수록) 강도는 낮게 나타나는 경향을 보여주고 있는데 결과적으로 콘크리트에 포함된 철근량이 콘크리트 강도에 영향을 미칠 수 있다고 판단된다.
- (4) 철근체적으로 약 50cm³까지 배근된 경우(직경 13mm인 철근 4개 정도)의 공시체강도는 일부 낮은 값을 보이고 있지만 전체적인 평균값으로 무배근 공시체 강도의 80%정도 이상이라는 것을 예측할 수 있다.

향후 본 연구결과에 근거하여 실제 슬래브를 제작하여 코어를 채취하고 압축강도실험을 실시한 후, 본 연구결과와 비교분석하여 최종적으로 현장에 적용 가능한 철근이 포함된 코어에 대한 강도기준을 제시하고자 한다.

References

- [1] Korean agency for technology and standards, KS F 2422, "Method of obtaining and testing drilled cores and sawed beams of concrete", 2012.
- [2] JIS A 1107:2012, "Method of sampling and testing for compressive strength of drilled cores of concrete", 2012.
- [3] ASTM C42/C42M-04, "Standard test method for obtaining and testing drilled cores and sawed beams of concrete", 2004.
DOI: http://dx.doi.org/10.1520/C0042_C0042M-13
- [4] BS EN 12504-1:2009, "Testing concrete in structures: part 1: cored specimens - Taking, examining and testing in compression", 2009.
- [5] DIN 1048 Teil 2, "Testing concrete; testing of hardened concrete (specimens taken in situ)", 1991.

- [6] R. D. Gaynor, "Effect of horizontal reinforcing steel on the strength of molded cylinders," Journal of the American Concrete Institute, vol. 62, no. 7, pp. 837-840, 1965.
- [7] H. Tamura, T. Ueda, "An experimental study on the compressive strength of concrete core within rebar(in Japanese)", Proceedings of the Architectural institute of Japan, pp. 127-128, Nov. 1980.
- [8] H. H. Jeong, U. J. Kim, G. Y. Ahn, S. R. Lee, " An experimental study on the compressive strength of concrete cylinders to ascertain the influence of reinforcement(in Korean)", Proceedings of Korean society of civil engineers, pp. 984-987, Oct. 2006.
- [9] S. W. Kim, "Influence of steel reinforcing bars on concrete compressive strength of cored specimen for structure measurement", Master thesis, Department of architecture engineering, Graduate school, Yonsei university, December, 2011.

고 훈 범(Hune-Bum Ko)

[중신회원]



- 1992년 3월 : Kyoto대학교 대학원 건축학과 (공학석사)
- 2007년 3월 : Kyoto대학교 대학원 도시환경공학과(공학박사)
- 1992년 10월 ~ 1998년 2월 : 금호 건설 기술연구소
- 1998년 3월 ~ 현재 : 인하공업전문대학 건축과 교수

<관심분야>

건축시공, 건축재료