

현장조사를 통한 철근콘크리트 구조 부재의 시공오차에 관한 연구

Field Survey on the Construction Errors for the Members of Reinforced Concrete Structures

윤 상 천¹⁾ 지 남 용²⁾ 최 기 봉^{3)*}
Yoon, Sang Chun Jee, Nam Yong Choi, Ki Bong

Abstract

Information on the distribution characteristics of construction errors is very important to determine the member factors, which are to be introduced in a new Korean design code for reinforced concrete structures. The new design code, which is under development for reinforced concrete structures, is based on the performance design concept. The construction errors of reinforced concrete members are mainly caused by the firmness and dimensional accuracy of forms, the arranging condition of reinforcing bars, the pouring and compaction methods of concrete, the skills of field workers, and the experience of supervisors. To find out the construction errors of reinforced concrete structures already built in Korea, a field survey for cover thickness, effective depth of reinforcement, the thickness of slabs and walls, and the dimension of beams and columns has been performed. Based on the survey, which is the first time in Korea, the analysis results are presented. The measuring methods for the construction errors, which have been established through the laboratory tests, are also presented. In addition, the measured construction errors from the survey are compared with the allowable tolerances in the current domestic and foreign specifications.

Keywords : Beam, Column, Concrete construction, Field survey, Slab, Tolerances, Thickness, Wall

1. 서론

1.1 배경 및 목적

최근 국내외 콘크리트 구조설계기준은 구조안전성, 내구성, 내화성, 사용성, 부재 위치·단면치수 정도 및 마감상태 등 구조물의 요구성능을 중심으로 한 한계상태 설계법으로 전환이 진행되고 있다(日本建築學會, 2009).

한계상태 설계법이란 극한한계상태 및 사용한계상태에 대하여 구조체를 설계하는 것으로, 설계도에 명시된 콘크리트 강도, 철근의 항복강도, 부재의 단면치수 등을 그대로 이용하여 부재의 저항능력을 계산하는 확정론적인 설계법에 반하여, 각종 요구성능의 불확실성 또는 신뢰성 지수 등을 고려하여 구조체의 안전성을 평가할 수 있다.

한계상태 설계법의 합리화를 위한 일환으로 재료저항계수를 부재저항계수 차이에 따른 콘크리트 성능설계의 신뢰도지수 비교 연구, 재료, 시공오차 등 설계변수들의 통계적 특성을 이용한 콘크리트 부재의 구조안전성 평가 연구 등 성능설계 개념에 기초한 구조물의 신뢰성에 관한 연

구가 활발하게 이루어지고 있으며, 사용재료의 강도 및 시공오차 등 불확실한 요소에 대한 현황 파악이 중요한 과제로 대두되고 있다. 이 중 시공오차는 도면에서 요구하는 설계치수와 완성된 구조체 치수 사이에서 발생하는 차이로, 부재의 크기, 거푸집 재료 및 공법의 차이, 철근배근상태, 콘크리트 타설 및 다짐방법, 현장 근로자의 숙련도와 감독기사의 경험 등에 의해 발생된다.

우리나라의 경우 1989년 한국건설기술연구원에서 콘크리트 구조물의 시공오차에 관한 현장 조사가 이루어졌으나, 슬래브 및 벽 두께 측정방법을 중심으로 측정방법에 대한 개선이 필요한 것으로 판단되며, 또한 최근의 건설여건 및 시공 기술을 반영한 철근콘크리트 구조물의 시공오차에 대한 데이터의 확보가 필요한 실정이다.

이에 본 연구에서는 현장타설 철근콘크리트(이하 RC) 구조체에 대한 국내외 허용오차 관련기준을 검토하여, 현행 국내 허용오차 기준의 수준을 검토함과 동시에 합리적인 시공오차 측정방법, 측정도구를 선정한다. 또한 국내 RC 구조 부재의 시공오차를 조사하여 현재 국내 시공오차 허용범위 만족도를 검토하고, 구조체의 저항능력 평가

1) 정회원, 경주대학교 건축학부 교수

2) 정회원, 한양대학교 건축공학과 교수

3) 정회원, 경원대학교 건축공학과 교수, 교신저자

* Corresponding author : kbchoi@kyungwon.ac.kr 031-750-5338

• 본 논문에 대한 토의를 2010년 6월 30일까지 학회로 보내주시면 2010년 9월호에 토론결과를 게재하겠습니다.

Table 1 Outlines of field survey

Project		A	B	C	D	E
Location		Yongin City	Yongin City	Seongnam City	Yongin City	Yongin City
Type of structure		RC(Wall-slab system)				
Construction period		07.04 -09.10	07.04 -09.11	07.03 -09.10	07.09 -10.08	07.10 -10.07
Surveyed no.of floors		3 floors	4 floors	5 floors	-	-
		basement	basement	-	basement	basement
Sampels (Dimensions)	Slab	360(210)	110(210)	91(180)	-	-
	Wall	71(180)	60(180)	90(150)	-	-
	Column	30(500)	36(600)	-	36(600×600)	108(500×600)
	Beam	30(500)	36(400)	-	36(500×1100)	108(400×900)
Measurement Period		'08.10	'08.10	'08.11	'09.03	'09.04

Table 2 Cross-sectional tolerances for cast-in-place concrete elements

Standards Elements	KASS JASS 5	ACI 117-06		ISO 22966:2009	
Walls	+20mm, -5mm	305mm or less	+10mm, -6mm	class 1	The larger of t/30 or 15mm but not more than 30mm
Columns		More than 305mm, and not more than 0.90m	+13mm, -10mm	class 1	$l_i < 150\text{mm}, \Delta \leq \pm 10\text{mm}$
Beams		More than 0.90m	+25mm, -19mm		$l_i = 400\text{mm}, \Delta \leq \pm 15\text{mm}$
slabs		suspended slabs		-6mm	$l_i \geq 2500\text{mm}, \Delta \leq \pm 30\text{mm}$
		slabs-on-ground	Average	-10mm	class 2
	Individual sample		-19mm	$l_i = 400\text{mm}, \Delta \leq \pm 10\text{mm}$	
					$l_i \geq 2500\text{mm}, \Delta \leq \pm 30\text{mm}$

시, 부재크기 오차의 불확실성을 고려한 합리적인 안전성 평가를 위한 자료를 제공하고자 한다.

1.2 연구범위 및 방법

본 연구에서는 RC 구조 부재의 단면치수 허용기준 및 허용오차 측정방법에 대한 국내외 관련 자료를 검토하여, 국가별 허용치의 차이점을 비교하고 이를 근거로 건축물의 시공오차 측정방법 수립한다.

구조 부재는 슬래브, 벽, 기둥, 보를 대상으로 하고, 단면치수의 허용기준은 건축공사 표준시방서(KASS; Korean Architectural Standard Specification) 및 콘크리트표준시방서, 일본 건축공사표준시방서(JASS; Japanese Architectural Standard Specification), 미국 콘크리트협회(ACI; American Concrete Institute), 국제규격협회(International Organization for Standardization)의 자료를 비교 검토한다.

조사 대상 현장은 서울을 중심으로 한 경기 일원에서 공사가 진행 중인 공동주택을 대상으로 하며, 측정항목(슬래브 및 벽의 두께, 보 및 기둥의 단면치수)에 대한 최소-최대값, 평균 및 표준편차를 산출하여, 국내외 시공오차 허용기준에 대한 만족도를 평가함과 동시에, 시공오차

에 대한 통계적 분포 특성을 나타냄으로서 단면 크기 오차의 불확실성을 고려한 합리적인 신뢰성 평가가 가능하도록 한다. 조사현장의 개요는 Table 1과 같다.

2. 시공오차 관련기준

RC조 건축물에서 구조체 및 부재의 단면치수에 대한 허용차는 의장성, 구조 안전성, 내외장재, 마감재, 건구, 2차 제품, 설비부품 등 구조체에 설치되는 부재·부품 등의 마감성, 시공방법·시공성 또는 경제성에서의 요구 등을 고려하여 결정할 필요가 있다. 이러한 것들은 건축물의 종류·용도·형상, 구조체 및 부재의 종류·부위·마감방법 등에 따라 다양하므로 허용차를 일률적으로 정하는 것은 바람직하지 않고, 설계 요구사항으로서의 허용차를 각 부재별로 특기에 의해 정하는 것이 합리적인 것으로 평가되고 있다.

그러나 실제로 허용치에 대해 정해진 값이 없다면 설계자도 결정할 수 없을 것이므로 현재의 기술수준에서 가능한 범위로 건축물의 필요한 성능이 확보될 것으로 생각되는 값을 표준치로 나타내고 있는 실정이며, 각국에서 규정하고 있는 부재의 단면치수 허용오차 범위는 Table 2와 같다.

우리나라의 경우 1979년 이후 건축공사 표준시방서(KASS, 05010.3.6.2 콘크리트 부재의 위치 및 단면치수 허용차)에서 콘크리트 부재의 위치 및 단면치수 허용오차는 공사시방서(특기시방서)에 따르고 공사시방서에 정한 바가 없을 경우의 기둥, 보, 벽, 슬래브의 단면치수 허용차는 $-5 \cdot +20\text{mm}$ 로 규정하고 있다. 또한 한국콘크리트학회(Korea Concrete Institute)에서는 1999년 건축·토목 분야에서 공히 사용 가능하도록 새로운 체계의 콘크리트 표준시방서를 제정하면서 처음으로 부재단면 치수의 허용오차를 정량적으로 규정하였으나, 2003년 이후 허용오차의 표준을 제시하지 않고 그 구조물의 특성에 적합한 별도의 규준을 실시하여야 하는 것으로 규정하고 있다.

일본의 경우 당초 콘크리트의 치수에 대한 직접적인 정밀도를 규정하지 않고 공법 규정으로 거푸집 조립 시 정밀도를 규정하는 것에 의해 간접적으로 정밀도를 확보할 수 있도록 하였다. 1975년 JASS 5에서 처음으로 콘크리트의 치수에 대한 직접적인 오차를 규정하기 시작하였으며, 1986년 거푸집 위치 및 단면치수의 허용차는 $\pm 5\text{mm}$ 로 하는 것이 적당하다는 앙케이트 조사결과(日本建築學會, 1997)에 근거하여 현재의 값을 정하였으며, 1997년 개정에서는 시공오차에 대한 각종 조사자료(末吉康一 등, 1988; 伊藤正義 등, 1994), 제외국의 규정치를 참조하여 단면치수의 허용차를 설정하였다.

미국의 경우 1962년 콘크리트 공사의 허용차와 관련된 활동을 하는 ACI committee 117(Tolerances)가 구성되었다.

ACI에서는 콘크리트 재료·시공에 관한 허용차의 표준시방(ACI 117-90:06)을 정하고 있으며 그 중 현장타설 철근콘크리트 건축부재의 치수정도 및 허용차는 Table 2와 같다.

국제 규격과 관련해서는 콘크리트, 철근콘크리트 및 프리스트레스트 콘크리트에 관한 국제규격의 제정활동을 하는 ISO TC 71(제 71전문위원회) SC 3(제 3분과위원회) WG 2에서 콘크리트 구조물의 시공에 관한 국제표준 ISO 22966: 2009(Execution of concrete structures)을 제정하였다.

기둥, 보 바닥의 단면치수(l_i)에 대한 허용오차(Δ)는 Table 2에서와 같이 허용차의 레벨을 class 1(설계시방·요구성능을 만족 가능한 범위의 일반적인 허용차)과 class 2(보다 높은 정도가 요구되는 레벨)의 2등급으로 구분하여 규정하고 있다.

벽의 경우 단면치수에 대한 허용차는 없으며, 벽의 중심위치(deviation between center: 벽두께/30, 15mm 중 큰 값) 및 경사(벽 높이/300, 15mm 중 큰 값)에 대한 허용차를 규정하고 있다.

부재의 종류별 단면치수 허용차와 관련된 국내외 규격에 대한 검토 결과, 일본의 경우 우리나라와 같이 모든 부

재에 대하여 $+20, -5\text{mm}$ 의 동일한 허용차를 규정하고 있으며, 미국의 경우 부재의 종류별로 다르게 구성하고 있으나 큰 차이는 없다고 생각된다. 또한 국제규격의 경우도 class 1의 경우 국내의 표준치보다 큰 허용차를 제시하고 있다.

이상에서 시공오차는 국가별로 미적 가치관, 시공방법 및 기타 조건이 다르므로 반드시 일치해야 할 필요가 없으며, 현재의 기술수준을 고려하고 가능한 범위로 건축물의 필요한 성능이 확보될 것으로 생각되는 값을 표준치로 나타내는 것이 바람직하다고 판단된다.

3. 시공오차 조사항목 및 측정방법

일반적으로 건축물에서 부재 전체에 대한 시공오차 검사는 불가능하므로, 부재의 중요도·사용환경조건·마감의 종류 등에서 측정 대상으로 하는 부재를 선정하고 각각의 측정개소·측정방법을 적절하게 정할 필요가 있다.

본 연구에서는 2002년 제정된 KS F ISO 7976-1(건축물의 공차-건축물과 건축 자재의 측정 방법-제1부 방법과 장비) 및 KS F ISO 7976-2(건축물의 공차-건축물과 건축자재의 측정 방법-제2부: 측정점의 위치), 및 외국의 관련규격(BS 5606 등)을 참고로 하여 규격에 명시된 측정방법을 원칙으로 적용하고, 현재 현장에서 일반적으로 사용가능한 측정방법과 장비 또는 기구를 활용할 수 있도록 하였다.

3.1 슬래브 두께

KS F ISO 7976-1, “4. 구성재의 크기”에서는 줄자, 직각자와 직선자, 슬라이딩 캘리퍼스 등을 사용하여 구성재의 나비 및 두께를 구하는 측정방법에 대한 사례가 소개되어 있으며, 이 방법에 의해 슬래브에 개구부가 있다면 그 주변의 인쪽에서 단면 두께를 측정할 수 있다고 생각된다.

일본의 연구(井野智 등, 1990)에서는 드릴로 슬래브를 천공하여 슬래브 두께를 측정하는 방법과 일정한 길이의 측정척(강선)을 콘크리트가 굳지 않은 상태의 슬래브에 매립하고, 다음 날 그 나머지 길이를 측정하는 방법 등을 소개하였다.

그러나 개구부 주변에서의 슬래브 단면 두께가 전체 슬래브의 대표값이 될 수 없으며, 일본에서 소개된 방법도 현장 여건상 측정에 많은 어려움이 있는 것으로 판단된다.

따라서 본 연구에서는 KS F ISO 7976-1, “9. 레벨오차”에서의 측정방법을 응용하여 현장에서 용이하게 슬래브의 두께를 측정할 수 있는 방법을 확립하였으며, 그 방법에 대한 개요는 Fig. 1 및 Fig. 2과 같다.

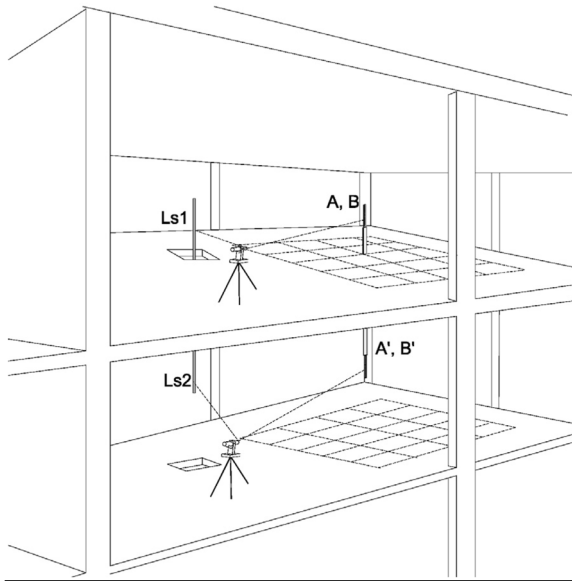


Fig. 1 Measurement of the thickness of slab

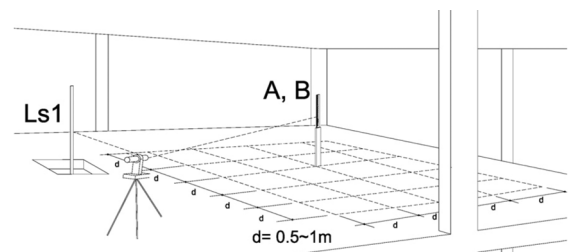


Fig. 2 Grid lines on the slab(location of measurement)

측정에는 테오도라이트 또는 표면지시 레이저, 레벨 표척 또는 막대자 등을 이용하였다.

Fig. 1, Fig. 2에서와 같이 슬래브 상·하부층으로 관통되어 있는 설비용 개구부를 이용하여 각 층에서 측정을 위한 기준점을 설정하고 기준점으로부터 0.5~1.0m 간격의 격자점을 띄매김하여 측정위치를 설정한다.

각 측정점에서의 측정에 우선하여 Fig. 3에서와 같이 개구부 주변에서 상부층 바닥의 레벨(Ls1), 슬래브 두께(Ts), 하부층에서 천장의 레벨(Ls2)을 측정하여 식(1)에 의해 기준선간의 거리(Ls)를 구한다.

슬래브의 두께(Ts(A), Ts(B))는 각각의 지정된 격자점에서 Fig. 3에서와 같이 상부층 바닥의 레벨(A, B) 및 하부층에서 천장의 레벨(A', B')을 측정하고, 식(2) 또는 식(3)에 의해 구할 수 있다.

$$Ls = Ls1 + Ls2 \quad (1)$$

$$Ts(A) = Ls - (A + A') \quad (2)$$

$$Ts(B) = Ls - (B + B') \quad (3)$$

Ls: 개구부 주변 슬래브 상·하부 기준선 사이의 거리

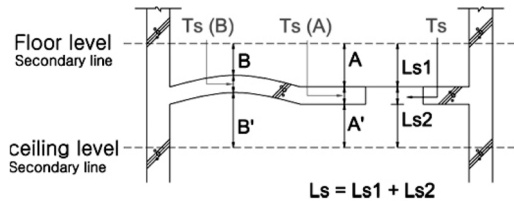


Fig. 3 Thickness of slab (Ts(A), Ts(B))

Ts(A), Ts(B): 측정 위치(A, B)에서 슬래브 두께
A, B: 측정 위치(A, B)에서 슬래브 상부층의 바닥 레벨
A', B': 측정 위치(A, B)에서 슬래브 하부층의 천장 레벨

3.2 벽 두께

벽 두께는 KS F ISO 7976-1, “10. 수직도”에서 수직도 검사방법을 응용하여 측정방법을 수립하였으며, 방법에 대한 개요는 Fig. 4 및 Fig. 5와 같다.

측정에는 테오도라이트 또는 표면지시 레이저, 레벨 표척 또는 막대자 등을 이용하였다.

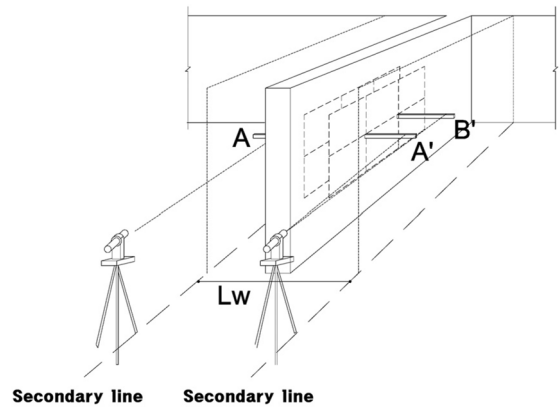


Fig. 4 Measurement of the thickness of wall

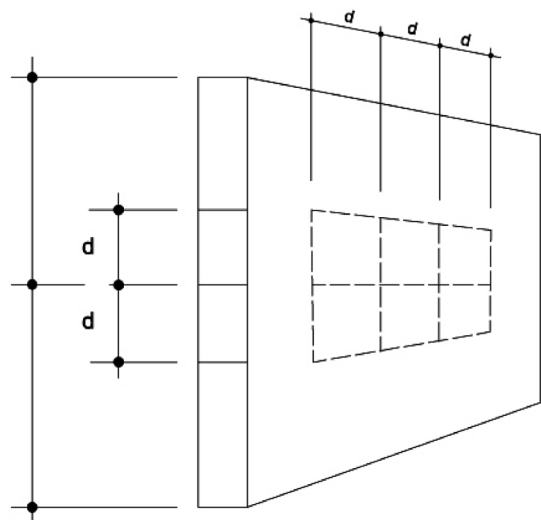


Fig. 5 Grid lines on the wall(location of measurement)

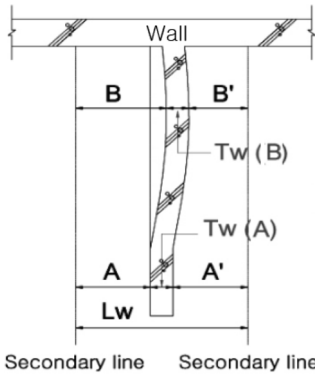


Fig. 6 Thickness of wall ($T_w(A)$, $T_w(B)$)

측정대상 벽체는 Fig. 4에서와 같이 한쪽 또는 양쪽 끝단이 노출된 벽을 선정한다. 벽 거푸집 설치 시의 기준 먹선을 활용하여 슬래브 면에 벽과 평행하고 약 1m 정도의 거리(L_w)를 유지하도록 기준선을 정하고, 테오도라이트 또는 표면지시 레이저의 시준축을 일치시킨다.

또한 벽에 기준점을 설정하고 Fig. 5에서와 같이 벽의 양쪽면 상·중·하부에 0.5~1m 간격의 격자점을 먹매김하여 측정위치를 설정한다.

벽 두께는 벽의 양측면 격자점(측정위치)으로부터 Fig. 6에서와 같이 시준축까지의 거리(A 및 A' 과 B 및 B')를 레벨 표적 또는 측정 막대자를 이용하여 측정한다. 측정 결과로부터 벽 두께는 식(4) 또는 식(5)에 의해 구할 수 있다.

$$Tw(A) = Lw - (A + A') \quad (4)$$

$$Tw(B) = Lw - (B + B') \quad (5)$$

L_w : 기준선 사이의 거리

$T_w(A)$, $T_w(B)$: 측정 위치(A, B)에서 벽 두께

A , A' : 측정 위치(A, A')에서 시준축까지의 거리

B , B' : 측정 위치(B, B')에서 시준축까지의 거리

3.3 기둥 및 보의 단면 치수

기둥 및 보의 단면치수는 KS F ISO 7976-1, “4. 구성재의 크기”의 검사방법을 응용하여 측정방법을 수립하였다.

기둥의 경우 거푸집 설치 시의 기준 먹선을 활용하여 Fig. 7에서와 같이 기둥의 열과 평행하게 1m 정도의 거리(L_c)를 유지하도록 슬래브 면에 기준선을 정하고, 테오도라이트 또는 표면지시 레이저의 시준축을 일치시킨다.

기둥 양측면에 높이별로 상·중·하부의 위치에 동일하게 3개의 측정점을 설정하고, 레벨 표적을 위치시켜 기둥의 표면에서 시준축까지의 거리를 측정한다. 기둥 단면치수는 식(6) 또는 식(7)에 의해 구할 수 있다.

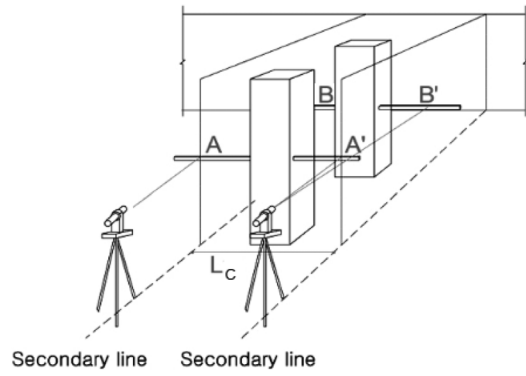


Fig. 7 Measurement of dimensions of column

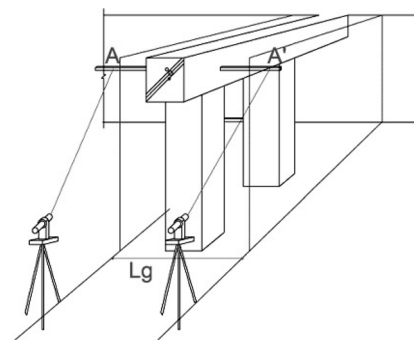


Fig. 8 Measurement of dimensions of beam

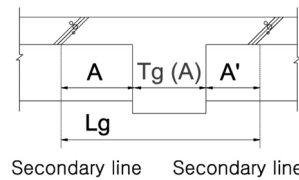


Fig. 9 Width of beam

$$Tc(A) = Lc - (A + A') \quad (6)$$

$$Tc(B) = Lc - (B + B') \quad (7)$$

L_c : 기준선 사이의 거리

$T_c(A)$: 측정위치(A, A')에서 기둥의 치수

A , A' : 측정 위치(A, A')에서 시준축까지의 거리

B , B' : 측정 위치(B, B')에서 시준축까지의 거리

보의 경우에도 Fig. 8에서와 같이 기둥 거푸집 설치 시의 기준 먹선 및 기둥의 열과 평행한 기준선을 활용하고, 테오도라이트 또는 표면지시 레이저의 시준축을 일치시킨다.

보의 양측면 동일한 위치에 높이별로 3개의 측정점을 설정하고, 이 지점에 레벨 표적을 위치시켜 보의 양측면에서 시준축까지의 거리를 측정한다. 보의 폭은 식(7)에 의해 구할 수 있다.

$$Tg(A) = Lg - (A + A') \quad (8)$$

Lg : 2차 기준선 사이의 거리

$Tg(A)$: 측정위치(A, A')에서 보의 폭

A, A' : 측정 위치(A, A')에서 시준축까지의 거리

4. 시공오차 측정결과 및 분석

서울을 중심으로 한 경기 일원의 공동주택 건설현장에서 슬래브 및 벽 두께, 보 및 기둥의 단면치수를 측정하였으며, 부재의 종류 및 단면치수에 대한 설계치와 측정치의 차이를 나타내는 오차에 대한 통계는 Table 3과 같다.

Fig. 11에서는 부재 종류별 오차의 허용범위(KASS 및 ACI)의 만족 여부를 나타냈다. 부재의 종류별 오차의 크기는 슬래브 두께, 보 폭, 기둥의 폭, 벽 두께의 순서로 나타났으며, 벽 두께를 제외하고 건축공사표준시방서의 단면치수 허용오차 범위인 +20mm, -5mm를 초과하는 경우도 나타났다. 이하에서는 측정결과에 대한 세부사항에 대하여 분석·고찰하고자 한다.

4.1 슬래브 두께

A, B, C 3개 현장을 대상으로 총 561개의 샘플을 수집하였으며, 오차 분석결과는 Table 4 및 Fig. 11과 같다.

전체 현장에 대한 측정치와 설계치 사이의 오차는 평균

Table 3 Deviation from cross-sectional dimensions of concrete elements

Elements Statistics	Elements			
	Slabs	Walls	Columns	Beams
Samples	561	221	210	210
Maximum(mm)	23	9	22	29
Minimum(mm)	-24	-8	-11	-16
Average(mm)	0.04	2.87	2.52	4.78
S.D.	11.62	3.38	8.06	9.58
C.V.(%)	0.34	84.93	35.23	49.89

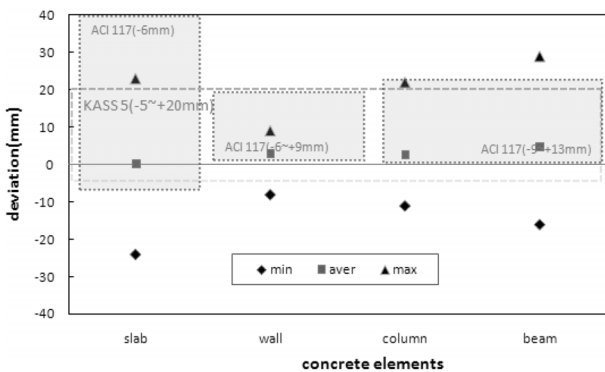


Fig. 10 Allowable deviations for cast-in-place concrete elements

0.04mm(최소 -24mm, 최대 23mm)이고, 측정치의 40.29%가 설계치수보다 작은 것으로 나타났다. 특히 B 현장의 경우 대부분의 슬래브 두께가 설계치수에 비하여 작은 것으로 나타났다.

Fig. 12에서와 같이 건축공사표준시방서의 허용오차 범위(+20mm, -5mm)를 초과하는 데이터가 전체 데이터의 33.69%를 점유하는 것으로 나타났다. 이 중 -5mm를 초과하는 데이터가 30.48%, ACI 기준인 -6mm를 초과하는 데이터는 28.52%로 나타나 향후 개선을 위한 노력이 필요할 것으로 판단된다.

4.2 벽 두께

A, B, C 현장을 대상으로 총 221개의 샘플을 수집하였으며, 오차 분석결과는 Table 5 및 Fig. 13과 같다.

전체 현장에 대한 측정치와 설계치 사이의 오차의 평균은 2.87mm(최소 -8mm, 최대 9mm)이고, 측정치의

Table 4 Deviations(mm) from the thickness of slabs

Project	Samples	Maximum (mm)	Minimum (mm)	Average (mm)
Total	561	23.00	-24.00	0.04
A	360	23.00	-19.00	3.48
B	110	-6.00	-24.00	-17.20
C	91	23.00	-3.00	11.3

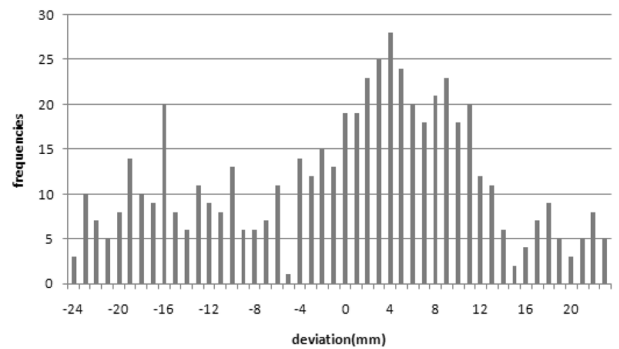


Fig. 11 Histogram of deviation for the thickness of slab

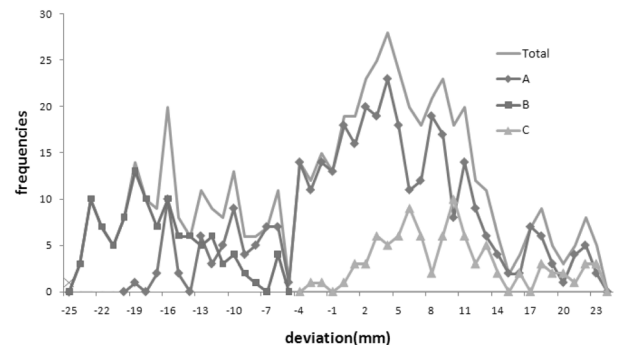


Fig. 12 Deviation frequencies of the thickness of slab

Table 5 Deviations(mm) from the thickness of walls

Project	Samples	Maximum	Minmum	Average
Total	221	9.00	-8.00	2.87
A	71	8.00	-5.00	3.03
B	60	8.00	0	4.13
C	90	9.00	-8.00	1.60

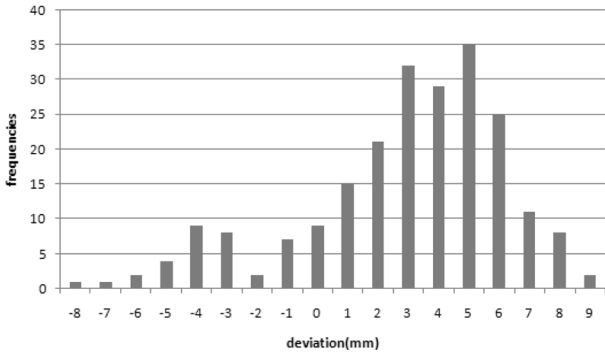


Fig. 13 Histogram of deviation for the dimension of wall

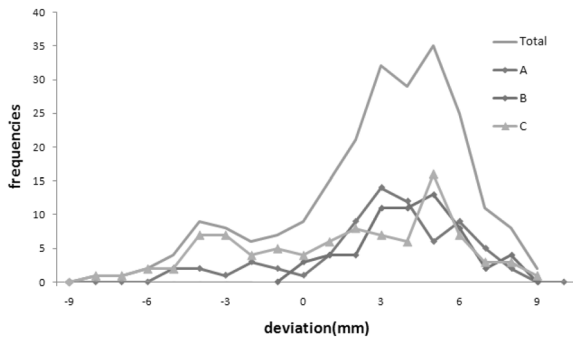


Fig. 14 Deviation frequencies of wall thickness

15.38%가 설계치수보다 작은 것으로 나타났다.

Fig. 14에서와 같이 건축공사표준시방서의 허용오차 범위(+20mm, -5mm)를 초과하는 데이터가 전체 데이터의 1.81%, ACI의 기준인 -6mm를 초과하는 데이터는 0.9%로 다른 부재에 비하여 시공오차 관리수준이 양호한 것으로 평가된다. 특히 A, B현장의 경우 매우 우수한 정밀도를 유지하고 있음을 알 수 있었다.

4.3 기둥 및 보 단면치수

기둥 및 보의 단면치수는 A, B, D, E 현장의 지하 구조물을 대상으로 각 210개의 샘플을 수집하였으며, 분석결과는 Table 6, Fig. 12 및 Fig. 13과 같다.

기둥 폭 오차의 평균은 각각 2.52mm(최소 -11mm, 최대 22mm)로 측정치의 43.81%가 설계치수보다 작고, 보 폭 오차의 평균은 4.78mm(최소 -16mm, 최대 29mm)로 측정치의 35.24%가 설계치수보다 작은 것으로 나타났다. 특히 E 현장의 경우 대부분의 측정결과가 설계값에

Table 6 Deviations(mm) from the cross-sectional dimensions of column and beams

Project	Samples	Maximum		Minmum		Average	
		Column	Beam	Column	Beam	Column	Beam
Total	210	22.00	29.00	-11.00	-16.00	2.52	4.78
A	30	22.00	29.00	-3.00	9.00	3.23	16.60
B	36	3.00	1.00	-5.00	-5.00	-1.03	-1.39
C	-	-	-	-	-	-	-
D	36	22.00	20.00	8.00	12.00	14.86	16.06
E	108	6.00	14.00	-11.00	-16.00	-2.47	-0.21

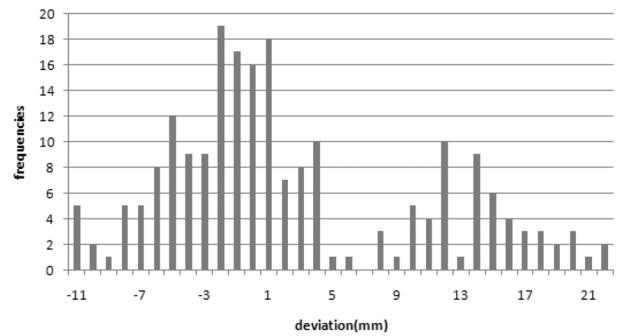


Fig. 15 Histogram of deviation for the width of column

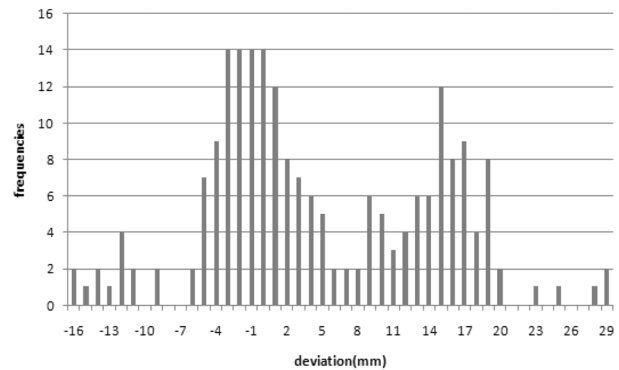


Fig. 16 Histogram of deviation for the width of beam

비하여 작은 것으로 나타났다.

Fig. 17 및 Fig. 18에 따르면 건축공사표준시방서의 허용오차 범위(+20mm, -5mm)를 초과하는 측정치는 기둥의 경우 13.81%, 보의 경우 10.00%로 나타났으며, E 현장에서의 측정치가 설계치수에 비하여 작은 경우가 많아 오차에 큰 영향을 미친 것으로 평가된다. 즉 기둥과 보의 단면치수에 대하여 A, B, D 현장의 경우 비교적 우수한 정밀도를 유지하고 있음을 알 수 있었다.

5. 결론

본 연구에서는 현장타설 철근콘크리트 구조체에 대한 국내의 허용오차 관련기준을 검토하고, 새롭게 수정한 시공오차 측정방법에 준하여 RC 구조 부재의 시공오차를

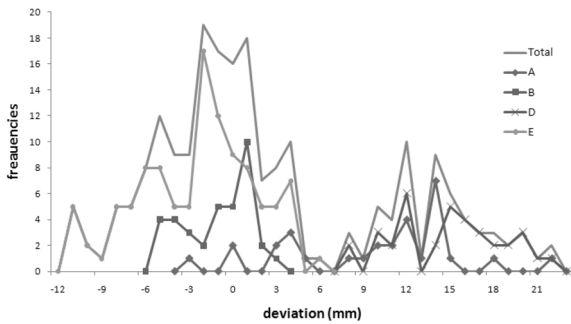


Fig. 17 Deviation frequencies of dimension of column

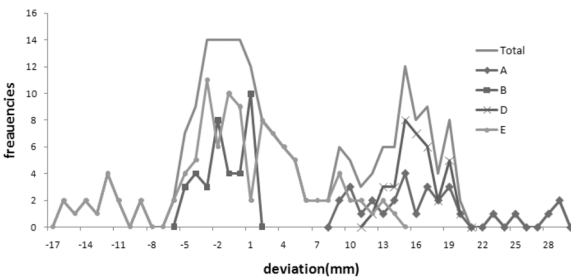


Fig. 18 Deviation frequencies of dimension of beam width

조사하였으며, 결론은 다음과 같다.

1) 부재의 종류별 단면치수 허용차와 관련된 국내 규격과 미국, 일본, 국제규격에 대한 검토 결과, 국가별 미적 가치관, 시공방법 및 기타 조건에 따라 다소의 차이는 인정되지만 그다지 큰 차이가 없는 것으로 판단된다.

2) 부재의 종류별 오차의 편차는 슬래브 두께, 보 폭, 기둥 폭, 벽 두께의 순서로 나타났으며, 슬래브의 경우 다른 종류의 부재에 비하여 상대적으로 오차의 관리가 어려운 것으로 평가된다.

3) 현장조사를 통하여 부재의 종류별 단면치수에 대한 실측치와 설계치 사이의 오차에 대한 분석결과를 제시하였다. 이는 구조체의 저항능력 평가 시 부재크기 오차의 불확실성을 고려한 합리적인 안전성 평가를 위한 자료로 활용될 수 있을 것으로 판단된다. 향후 다양한 시공오차에 대한 자료를 근거로 기술수준을 고려하고 가능한 범위로 구조체의 필요한 성능이 확보될 수 있는 값을 표준으로 제시하는 것이 가능할 것으로 생각된다.

감사의 글

이 논문은 건설교통 R&D 정책, 인프라사업 성능중심의 건설기준 표준화 과제 및 경원대학교의 지원으로 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. 건축공사표준시방서, 대한건축학회, 2006.
2. 김상호 외 2인, “구조물의 신뢰성에 관한 연구-고정하중, 적재하중 및 풍하중하에서의 R.C. 건물(중간)”, 한국건설기술연구원, 1988. 12.
3. 안용선, 강성찬, “시공오차 한계설정을 위한 현장조사 및 분석”, 대한주택공사, 1988. 12.
4. 콘크리트표준시방서, 한국콘크리트학회, 2009.
5. 한국표준협회, KS F ISO 7976-1~2:2002, 건축물의 공차-건축물과 건축 자재의 측정 방법-제1부: 방법과 장비-제2부: 측정점의 위치, 2002.
6. 建築工事標準仕様書同解説 JASS 5 鉄筋コンクリート工事, 2009, 日本建築學會.
7. 末吉康一·前田義一·横須賀誠一, “型枠についての實態調査報告”, 建築の技術 施工, 1988. 2, pp.23-36.
8. 伊藤正義·井野智·杉野目章·植松武是: 最近の建築現場における鉄筋コンクリート工事の施工精度に関する調査, 콘크리트工学年次論文報告集, Vol. 16, No. 1, 1994, pp. 1277-1282.
9. 井野智, 伊藤正義, 杉野目章, 布川信一: 非損傷鉄筋コンクリート床スラブの施工精度, 콘크리트工学年次論文報告集, Vol. 12, No. 2, 1990. 6, pp.615-620.
10. ACI 117-90:06 Standard Specifications for Tolerances for Concrete Construction and Materials.
11. ACI Committee 117, “Specification for Tolerances for Concrete Construction and Materials and Commentary (ACI 117-06)”.
12. David Kent Ballast, Handbook of Construction Tolerances, John Wiley & Sons, Inc., 2007.
13. ISO/FDIS 22966: 2009, Execution of Concrete Structures.
14. WonDong Lee, NamYon Jee, SangChun Yoon, KiBong Choi, “Field Survey on the Tolerance Of R.C Structure Wall and Slab Member”, ISAI, 08.10.16.

(접수일자 : 2010년 3월 2일)
(심사완료일자 : 2010년 4월 22일)

요 지

본 연구에서는 현장타설 철근콘크리트 구조체에 대한 국내의 허용오차 관련기준을 검토하여, 현행 국내 허용오차 기준의 수준을 검토함과 동시에 합리적인 시공오차 측정방법과 측정기기를 제시하였다. 또한 국내 공동주택을 대상으로 철근콘크리트 구조 부재의 시공 오차를 조사하여 현재 국내 시공오차 허용범위 만족도를 검토하고, 구조체의 저항능력 평가 시, 부재크기 오차의 불확실성을 고려한 합리적인 안전성 평가를 위한 자료를 제공한다.

핵심 용어 : 보, 기둥, 콘크리트 구조물, 현장조사, 슬래브, 시공오차, 단면크기, 벽