

ACI와 AISC 앵커볼트 시방서의 상이점과 해결방안

Anchor Bolt Specification Conflicts: Resolving Difference between ACI and AISC Tolerances



이득원*
Deuk-Won Lee



천성철**
Sung-Chul Chun

본 기사는 Concrete International 2006년 12월에 수록된 기사를¹⁾ 번역한 것이다. 국내에서는 처음으로 2007년 개정된 “콘크리트구조설계기준” 에²⁾ 앵커 설계법이 신설되고 이에 따른 예제집이³⁾ 발간되어 보다 안전한 앵커설계가 가능하게 되었다. 앵커는 콘크리트 구조물과 강구조물을 연결하는 요소로, 콘크리트 구조설계와 강구조설계 요건을 모두 만족시켜야 한다. 충분한 설계 내력의 발현을 위해서는 정밀한 시공이 필요하지만, 아직 관련 시방서가 완전히 마련되지는 않았다. 더욱이 앵커에 관한 콘크리트 구조물의 시방서와 강구조물의 시방서가 일치하지 않아 현장에서 혼란이 야기될 수 있다. 본 기사는 미국콘크리트학회(ACI, American Concrete Institute)와 미국강구조학회(AISC, American Institute of Steel Construction)의 앵커 설치를 위한 시방서의 차이점을 설명하고, 그 해결방안을 제시하고 있어 현장 기술자에게 많은 도움이 될 것으로 기대된다.

1. 머리말

콘크리트 구조물과 강구조물의 시공 허용오차는 ACI 117-06 파⁶⁾ AISC 303-05에⁷⁾ 명확히 규정되어있어, 각 구조물의 시공 시 각각의 규정을 준수하며 된다. 그러나 콘크리트 구조물과 강구조물이 만나는 부분에서는 시방서 간의 충돌이 발생하게 된다. 앵커볼트 위치의 허용오차에 대한 ACI와 AISC 규정은 제2장에서 설명된 것과 같이 호환성이 없다.

강구조가 콘크리트 구조 위에 시공되는 경우 시방 규정이 상충하는 것은 당연한 일이다. 그러나 보다 안전하고 높은 품질의 구조물을 시공하기 위해서는 허용오차의 불일치를 줄여야 한다. 본 기사에서는 앵커볼트 위치의 허용오차에 대한 시방 규정들 간의 상이점을 해결하기 위한 몇 가지 방안을 제시하고자 한다.

* 정회원, 힐티코리아(주) 이사
leedw@hilti.com

** 정회원, (주)대우건설 기술연구원 책임연구원

2. 현행 ACI와 AISC 앵커볼트 허용오차

2.1 ACI

앵커볼트 위치에 대한 허용오차는 매우 다양하다. ACI 117-90 “Standard Specifications for Tolerances for Concrete Construction and Materials” 에서는⁵⁾ 앵커볼트에 대하여 특별히 허용오차를 규정하지 않았으나, 앵커를 포함한 매립 철물에 대한 수직과 수평 배열 및 높이에 대해 25 mm의 허용오차를 요구하고 있다. 최근에 발행된 ACI 117-06은⁶⁾ ASCC (American Society of Concrete Contractors)⁸⁾ 2.3.4절에 기초하여 앵커볼트 위치에 대한 세부적인 허용오차를 다음과 같이 규정하고 있다.

| | |
|--|----------|
| 2.3.4.1 앵커볼트의 최상부에 대한 수직 오차 | ± 13 mm |
| 2.3.4.2 기준된 위치에서 각 앵커볼트 중심까지 거리의 수평 오차 | |
| 지름 19, 22 mm | ± 6 mm |
| 지름 25, 32, 38 mm | ± 9.5 mm |
| 지름 44, 51, 64 mm | ± 13 mm |

2.2 AISC

AISC는 AISC 303-05 “Code of Standard Practice for Steel Buildings and Bridges” 에서⁷⁾ 앵커볼트 위치에 대하여 다음의 허용오차를 규정하고 있다.

7.5 앵커볼트 설치

7.5.1 앵커볼트는 발주처에 의해 선정되며, 도면에 지정된 위치의 허용오차는 다음과 같다.

- (a) 앵커 그룹에서 어떤 두 앵커의 중심간 거리의 차이는 3 mm보다 작거나 같다.
- (b) 인접한 앵커 그룹의 중심간 거리의 차이는 6 mm보다 작거나 같다.
- (d) 기둥선을 따라 설치된 앵커 그룹들의 중심선 거리의 누적 오차는 10,000 mm당 2 mm보다 작거나 같다. 그러나 전체 25 mm를 초과할 수는 없다.

(e) 앵커 그룹 중심에서 기둥선까지 치수의 오차는 6mm보다 작거나 같아야 한다.

(해설: 이 규정의 오차는 "AISC Manual of Steel Construction"의¹²⁾ 베이스 플레이트에 대한 볼트 구멍 규격과의 호환성을 위해 선정된 것이다. 만약 특별 조건들에 의해 더 엄격한 허용오차가 요구되면, 앵커볼트 설치를 맡은 시공사는 계약서류에 그 내용을 표기해야 한다. 앵커볼트가 슬리브에 설치될 때는, 요구되는 앵커볼트 설치 허용오차를 만족하기 위한 특별한 조정장비가 사용될 수 있다.)

7.5.2 계약도면에 특별히 규정된 사항이 없다면, 앵커볼트는 원칙적으로 표면에 수직하게 길이방향으로 설치되어야 한다.

3. 측정 자체의 정확성

허용오차가 적당할지를 다루기 위해서 우리는 현장에서 설치되는 앵커볼트의 측정 방법을 먼저 논의할 필요가 있다. 앵커볼트의 위치는 2개의 기준선으로부터 줄자를 사용하여 측정한다. 앵커 배열의 정확성은 측정의 정확성 뿐만 아니라 기준선 자체의 정확성에도 기인한다. 따라서 최종 배열의 정확성은 다음 항목의 정확성에 달려 있다.

- 1) 1차 기준선
- 2) 2차 기준선
- 3) 작업선
- 4) 작업선에서 볼트까지의 거리

1차 기준선은 그 프로젝트의 시작에서 끝까지 존재하는 가장 기초가 되는 선이다. 1차 기준선은 일반적으로 현장의 가장자리에 설치되어 있거나 멀리 떨어진 장소에 설치된다. 1차 기준선의 정확성이 매우 중요하지만, 시공 현장에서 1차 기준선은 2차 기준선의 시작점으로만 사용되기 때문에 1차 기준선은 허용오차 상충에 관한 문제를 유발하지는 않는다.

2차 기준선은 설치될 앵커까지 줄자로 측정이 가능한 거리(일반적으로 8m 이내) 안에 설정된 반영구적인 기준선이다. 일반적으로 하나의 구조물 시공에 여러 개의 2차 기준선이 설치되고, 이 2차 기준선들을 주간, 월간 또는 전체 공사기간 동안 사용한다. 현장 관리자는 2차 기준선을 자주 설정하고 모든 공정들이 같은 선을 기준으로 작업하도록 요구함으로써 측정의 정확성에 관한 논쟁을 최소화시킬 수 있다. 2차 기준선은 일반적으로 3mm의 허용오차를 가진다.

작업선은 임시선으로 자주 제거되거나 후속 작업에 의해 가려질 수도 있다. 작업선 자체의 허용오차는⁹⁾ 목표 작업의 허용오차의 1/2이다. 예를 들면 ±1.6mm의 허용오차를 가지는 앵커를 설치하기 위한 작업선 자체의 허용오차는 ±0.8mm가 된다.

3.1 측정 위치

앵커볼트의 위치가 무엇을 기준으로 측정되는가는 매우 중요하다. 주로 현장 기술자는 콘크리트 상부면을 앵커볼트 위치의 기준으로 선정한다. 그러나 실제 검사에서는 볼트 상단을 기준으로 측정한다. 만일 앵커볼트가 정확히 수직이 아니면, 그 앵커볼트의 위치는 측정되는 부위에 따라 변화된다. 예를 들어, 5° 각도 기울어지고 콘크리트 면에서부터 150mm 돌출된 앵커는, 측정위치(앵커볼트 상단 또는 콘크리트 상부면)에 따라 13mm의 차이가 날 수 있다.

또 다른 측정의 문제점은, 앵커볼트의 중심을 기준으로 측정된다는 점이다. 따라서 앵커볼트 중심선을 표시하거나(실제는 거의 이루어지지 못함), 줄자를 어림잡은 중심선에 맞춰 측정해야 한다. 앵커볼트 지름은 25~75mm이므로, 어림잡은 중심선의 정확도는 ±0.8mm보다 더 좋을 수는 없다.

3.2 측정 오차

최종 앵커볼트 위치에 대한 표준편차 T는 2차 기준선(SCL), 작업선(WCL), 어림잡은 볼트중심선(ECL)들의 표준편차를 SRSS (square root of the sum of the squares)로 추정할 수 있다.

$$T = \sqrt{SCL^2 + WCL^2 + ECL^2} \quad (1)$$

현장의 모든 작업은 1차 기준선을 기준으로 이루어지기 때문에 식(1)에서 1차 기준선의 정확성을 고려할 필요는 없다. 만약 2차 기준선과 작업선의 99.7%가 ±3mm 이내의 범위에 위치하고 있다면, 2차 기준선과 작업선의 표준편차는 1mm가 된다. 마찬가지로 어림잡은 중심선이 ±0.8mm의 정확성을 가진다면, 표준편차는 0.26mm로 볼 수 있다. 식(1)로부터 총 표준편차 T는 1.5mm가 된다.

이 값은, 비록 앵커가 완벽하게 시공되었더라도, 허용오차 이내에 설치될 확률을 95%로 설정하고자 한다면 허용오차는 ±2T 즉 ±3mm가 되어야 한다는 것을 의미한다. 그리고 이 값에는 앵커 설치 및 콘크리트 치기에 의한 시공 오차는 포함되어 있지 않다. 그러므로 최종상태에서 아무리 최선의 기술을 도입하여 측정하더라도 대략 ±3mm의 오차를 가지지 않을 수 없다.

시공오차는 보통 측정오차를 포함하고 있다. 예를 들어 PCI 허용오차 매뉴얼에서는¹¹⁾ 치수 측정에 사용되는 기술은 콘크리트 치기 후후에 상관없이 규정된 오차 값의 1/3 이내의 정확성을 가져야 한다고 명시하고 있다. 일반적으로 총 오차는 측정오차의 3~4배이다. 즉 위에서 산정된 앵커 볼트 측정에 대한

정확도의 예상치 $\pm 3\text{ mm}$ 를 근거로 하면, 총 오차는 9 ~ 12 mm가 된다.

4. ACI와 AISC 허용오차 비교

앵커볼트의 허용오차에 대해 2장에서 설명한 ACI와 AISC의 규정을 비교해 보면 두 기관이 허용오차에 대해 접근하는 방식에서 다소 차이가 있음을 알 수 있다. ACI에서는 정해진 위치에 대한 개별 앵커의 오차 한도를 정하고 있는 반면에, AISC는 앵커 그룹내의 볼트들(예를 들어, 기둥 베이스 플레이트에 사용된 모든 앵커) 사이의 편차나 앵커 그룹 중심선들 사이 편차의 한도를 정하고 있다. AISC에서 정하는 허용오차는 설치 후 구조물을 수정하거나 허용오차에서 벗어나지 않게 구조물 설치 가능하게끔 그 한도를 정하고 있다. ACI와 AISC의 차이를 직접 비교하는 것은 어렵기 때문에 허용오차의 한도가 한 기관에 대해 만족할 경우 이것이 다른 기관의 규정도 만족하는 지를 결정하는 것은 불가능하다.

간단한 예를 들어 보면, 기둥 베이스 플레이트가 원 위치에서 6 mm 벗어나 있을 경우, ACI 허용오차 규정은 만족한다. 만약 베이스 플레이트 내의 앵커볼트들이 같은 방향으로 6 mm 벗어나 있는 경우는 AISC 규정을 충족한다. 그러나 개별 볼트들 간의 거리의 오차가 3 mm 이상인 경우는 AISC 규정을 만족한다고 볼 수 없다.

ACI와 AISC에서 정하고 있는 규정을 모두 충족시키기 위한 방법은 정해진 위치에서 $\pm 1.6\text{ mm}$ 이내에 볼트를 설치하는 것이다. 앞서 본 바와 같이 이 정도의 정확성을 유지하면서 볼트를 설치하는 것은 매우 어렵다. <그림 1>은 앵커볼트 지름(안쪽 원), 허용오차(굵은 선), 볼트 구멍크기(바깥쪽 원)을 보여주고 있으며, ACI와 AISC 허용오차를 모두 만족하고자서는 강구조물 시공이 불가능함을 보여주고 있다.

3 mm의 오차 범위 내에 시공하기 위해 템플릿 강판(steel templates)을 사용하더라도 AISC 허용오차 규정을 만족할 것이라고 확신할 수는 없다. 템플릿 강판의 치수와 볼트 구멍의 위치는 1.6 mm의 오차보다 클 것이며, 또한 볼트 구멍은 적절한 설치를 위해 볼트 지름보다 1.6 mm 이상 더 크게 뚫어야 한다. 결국 각 앵커 볼트는 3 mm 오차만큼 잘못 위치할 수 있으며 두 앵커 사이의 간격은 원래 간격보다 6 mm 벗어날 수 있다.

5. AISC 볼트 구멍 치수와 앵커볼트 시공 오차와의 비교

1994년 제정된 하중저항계수설계법(AISC-LRFD)에 앞서 AISC에서 추천했던 볼트 구멍의 지름은 <표 1>에서와 같이 볼트 지름보다 8 ~ 25 mm 더 크게 천공하는 것이었다. 현재에는

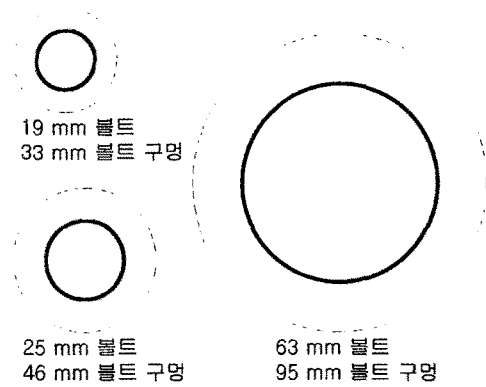


그림 1. 앵커볼트 지름(안쪽 원), ACI와 AISC를 모두 만족하는 허용오차(굵은 선), 볼트 구멍크기(바깥쪽 원)

볼트 구멍을 볼트 지름보다 14 ~ 32 mm 더 큰 값을 추천하고 있다. 구멍 치수는 증가했지만 AISC의 볼트 위치에 대한 허용오차는 변하지 않았다.

AISC 305-05에서는⁷⁾ 앵커볼트의 확인은 시공사(GC, general contractor)나 건설관리자(CM, construction manager)가 하도록 책임을 위임하고 있다. 측정시스템, 정확도, 앵커볼트가 측정되는 높이 등 아직 분명히 명시되지 않은 부분들이 많으며 ACI와 AISC 규정들 간의 적절한 조화도 앞으로 해결해야 할 과제이다.

또한 AISC “Design Guide 1-Base Plate and Anchor Rod Design” 2판에서는¹³⁾ ACI의 허용오차 규정 대신에 AISC의 앵커볼트 허용오차 조건을 사용하도록 요구하고 있다. 이 규정은 콘크리트 공사자에게 중요한 문제가 될 수 있다. 즉, 시공사(GC)나 건설관리자(CM)가 앵커볼트 허용오차를 만족하지 않은 시공 도면을 준비해서는 안되며, 철골 세우기 작업에 아무런 문제를 주지 않도록 볼트를 설치할 책임이 있다.

마지막으로, 강구조 교육위원회(Structural Steel Educational Council)에¹⁴⁾ 따르면, 볼트가 13 mm까지 잘못 시공되더라도 볼트 구멍 치수가 크기 때문에 베이스 플레이트나 기둥을 제 위치에 설치할 수 있으며, 만약 볼트가 13 mm 이상 어긋나면 수정이 필요하다

표 1. AISC에서 제안한 볼트 구멍 치수

| 볼트지름(mm) | 1994년 이전(mm) | 현재(mm) |
|----------|--------------|--------|
| 19 | 27 | 33 |
| 22 | 30 | 40 |
| 25 | 38 | 46 |
| 29 | 44 | 52 |
| 38 | 50 | 59 |
| 44 | 57 | 70 |
| 50 | 63 | 83 |
| 63 | 88 | 95 |

다고 제시하고 있다. 이러한 내용은 강구조물 설치자들에게 볼트 위치의 허용오차가 13mm까지라고 제안하고 있지만, AISC 규준에서는 시공사들이 보다 엄격한 오차 범위를 준수해야 한다고 요구하고 있다. 즉 콘크리트 시공사들이 강구조물 설치회사들보다 엄격한 기준을 따르고 있는 셈이다.

6. 볼트 구멍 치수에 대한 새로운 제안

ACI, ASCC 그리고 AISC의 대표들이 최근 만남을 가졌다. 회의에 참석한 강구조물 시공사들은 강구조물 가공과 설치에 대해서 <그림 2>에 명시된 허용오차를 제안하였다. 강구조물 설치를 위해 시공사들이 제안하는 세가지 허용오차의 SRSS는 대략 3mm이다. ASCC의 허용오차에⁸⁾ 근거하여, 콘크리트구조물 시공사들은 앵커볼트 배치에 대한 합리적인 허용오차로 9.5mm를 제안하였다. 각각의 앵커볼트 지름과 구멍 치수에 대해서, <표 2>는 11mm의 SRSS 조합 허용오차를 제공하기 위해 필요한 볼트 구멍 치수를 나타내고 있다.

44mm 이상의 지름을 가지는 볼트에 대해 AISC 의해 현재 추천된 구멍 치수는 제안된 허용오차에 대해 충분하다. 지름이 25mm와 29mm인 볼트에 대해 AISC에 의해 현재 추천된 구멍 치수는 제안된 허용오차를 수용하기 위해 필요한 값보다 단지 2mm만큼 작으므로 만족한다고 볼 수 있다. 지름이 19mm와 22mm인 볼트에 요구되는 구멍 치수만 제안된 허용오차를 수용하기 위해 증가되어야 한다. 두 가지 볼트 지름에 대한 AISC 구멍 치수의 변경과 앵커볼트 허용오차의 요구 조건 변경은 강구조와 콘크리트 구조 모두에서 합리적인 절충안이 될 것 같다.

7. 새로운 수직도 허용오차

제안된 수직도 허용오차는 2단계 허용오차 개념에 근거를 두고, ① 볼트 중심선의 허용오차 규정, ② 볼트 중심선 허용오차

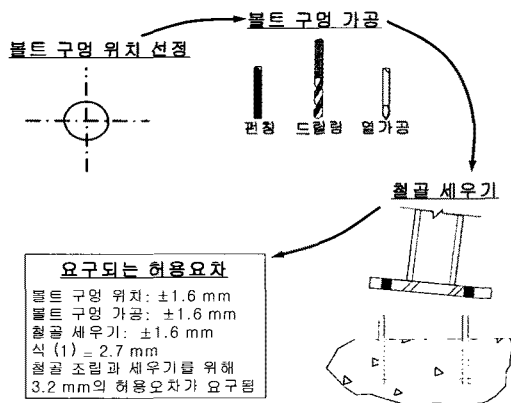


그림 2. 철골 세우기를 고려한 제안된 허용오차

표 2. 제안된 허용오차를 만족하기 위해 요구되는 앵커볼트 구멍 치수

| | | | | | | | | |
|------------------|------|------|--------|--------|--------|------|------|------|
| 앵커볼트 지름(mm) | 19 | 22 | 25 | 29 | 38 | 44 | 50 | 63 |
| 현재 구멍 치수(mm) | 33 | 40 | 46 | 52 | 59 | 70 | 83 | 95 |
| 현재 구멍 공차(mm) | 7.1 | 8.7 | 9.5 | 9.5 | 9.5 | 16 | 16 | 16 |
| 강구조물 허용오차(mm) | ±3.2 | ±3.2 | ±3.2 | ±3.2 | ±3.2 | ±3.2 | ±3.2 | ±3.2 |
| 콘크리트 허용오차(mm) | ±9.5 | ±9.5 | ±9.5 | ±9.5 | ±9.5 | ±9.5 | ±9.5 | ±9.5 |
| SRSS 조합 허용오차(mm) | ±11 | ±11 | ±11 | ±11 | ±11 | ±11 | ±11 | ±11 |
| 요구되는 구멍치수(mm) | 41 | 44 | 48 | 54 | 60 | 67 | 73 | 85 |
| 제안 | 확대 | 확대 | 대체로 만족 | 대체로 만족 | 대체로 만족 | 만족 | 만족 | 만족 |

내에서 볼트 수직도 규정으로 구성된다. 현장 기술자가 앵커볼트를 측정하는 위치(상부, 하부, 중간)에 상관없이, 만약 강구조물 설치자가 요구하는 허용오차를 인정한다면, 앵커볼트부터 기준선까지의 거리는 9.5mm보다 클 수 없다. 그러나 단지 볼트 위치를 제한한다면, 볼트는 <그림 3>에서 보여준 것과 같이 볼트 상단부터 콘크리트 상단까지 19mm만큼 기울어질 수 있다. 이것이 앵커볼트에서 너트를 적정하게 조이고 설치하는 것을 어렵게 한다.

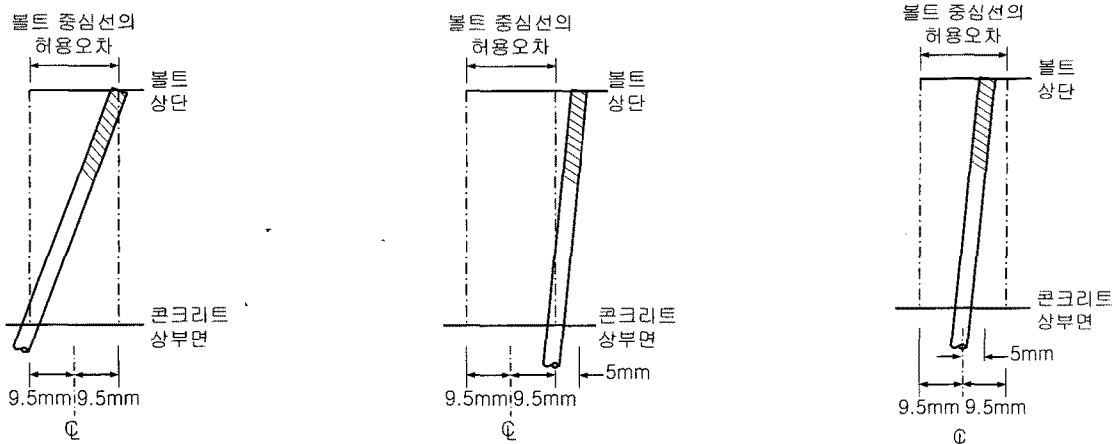
그러나 오차에 대한 여분을 주기 위해 그리고 콘크리트 구조물 시공사에게 수직 허용오차를 주기 위해, 볼트 중심선 허용오차의 1/2 즉 5mm가 볼트 수직도에 따른 수평 허용오차로 적정하다. 다른 높이 두 곳에서의 측정은 수직도 허용오차가 만족되었는지를 검토할 수 있다. 또한 이 두 곳의 측정은 위치 허용오차가 만족되었다는 것을 증명하기 위해서도 사용될 수 있다.

8. 앵커볼트 설치에 관한 새로운 요구사항

ACI 301-05 “Specifications for Structural Concrete”¹⁵⁾ 2.3.1절에는 매립되는 철물에 대한 다음 조항을 규정하고 있다.

- 2.3.1.10 콘크리트 치기 전에 작업에 필요한 슬리브, 삽입물, 앵커 등을 설치하라.
- 2.3.1.11 팽창줄눈, 지수판, 매립물은 정확한 위치에 고정될 수 있도록 보강되어야 한다. 설치되는 매립물 내부의 빈 공간에 콘크리트가 유입되는 것을 방지하기 위해, 빈 공간을 제거 가능한 재료로 채워야 한다.

본 기사에서 제안된 허용오차를 반영하기 위해, ACI 301에 다음 사항이 추가되어야 한다.



(a) 볼트 중심선의 허용오차 내에서 볼트 수직도가 허용오차를 벗어나는 경우
 (b) 볼트 중심선의 허용오차 밖에서 볼트 수직도를 만족하는 경우
 (c) 볼트 중심선의 허용오차 내에서 볼트 수직도를 만족하는 경우

그림 3. 볼트 중심선의 허용오차(± 9.5 mm)와 볼트 수직도에 의해 콘크리트 상부면에서 볼트상단까지 발생하는 허용오차(5 mm)

- 2.3.1.10.1 앵커 그룹의 볼트들은 템플릿 강판을 사용하여 설치되어야 한다. 앵커 설치사는 견고한 재료로 템플릿을 직접 제작하거나, 철골 세우기 작업자가 제공하는 템플릿을 사용해야 한다. 콘크리트 상부면에서 600 mm 이상 올라오는 앵커 그룹의 볼트는 2개의 템플릿 강판을 이용한다. 한 개의 템플릿 강판은 콘크리트 표면에서 75 mm 이내에 설치하고, 다른 하나는 앵커볼트 상단에서 75 mm 이내에 놓여야 한다. 앵커 시공사는 앵커 그룹 설치를 위한 다른 방안을 제시할 수 있으며 설계자/책임기술자의 승인을 받아야 한다.
- 2.3.1.10.2 각각의 앵커볼트는 콘크리트가 굳은 후 앵커볼트 위치를 맞추기 위해 사용된 슬리브에 설치되어야 한다. 앵커 시공사는 슬리브 내부가 콘크리트가 굳는 동안 채워지지 않도록 해야 하며, 볼트가 최종적으로 위치를 잡은 후에 슬리브 내부를 그라우팅 한다. 앵커 시공사는 슬리브 재료를 승인받아야 한다. 앵커 시공사는 각각의 앵커볼트의 정확한 위치 선정을 위한 대안 계획을 세울 수 있으며 설계자/책임 기술자의 승인을 득해야 한다. ☑

참고문헌

1. Bruce A. Suprenant, "Anchor Bolt Specification Conflicts: Resolving differences between ACI and AISC tolerances", Concrete International, Vol.28, No.12, 2006. 12, pp.29 ~ 35.
2. 한국콘크리트학회, "콘크리트구조설계기준", 2007.
3. 한국콘크리트학회, "콘크리트용 앵커 설계법 및 예제집", 2006. 12, 150pp.
4. Masterformat 2004 Edition, Construction Specifications Institute, Alexandria, VA, 2005, 516pp.
5. ACI Committee 117, Standard Specifications for Tolerances for Concrete Construction and Materials(ACI 117-90) (Reapproved 2002), American Concrete Institute, Farmington Hills, MI, 2002, 12pp.
6. ACI Committee 117, Specification for Tolerances for Concrete Construction and Materials and Commentary(ACI

- 117-06), American Concrete Institute, Farmington Hills, MI, 2006, 70pp.
7. AISC Committee on the Code of Standard Practice, Code of Standard Practice for Steel Buildings and Bridges, ASIC 303-05, American Institute of Steel Construction, Inc., Chicago, IL, 2005, 69 pp.
8. "Anchor Bolt Tolerances", ASCC Position Statement NO.14, American Society of Concrete Contractors, St. Louis, MO, 2004.
9. Crawford, W.G., Construction Surveying and Layout, Creative Construction Publishing, West Lafayette, IN, 1995, Ch. 24, pp.28 ~ 31.
10. Latte, J.K., "Inaccuracies in Construction", Canadian Building Digest, CBD-171, 1975. 4.
11. Tolerance Manual for Precast and Prestressed Concrete Construction, MNL 135-00, Precast/Prestressed Concrete Institute, Chicago, IL, 2000.
12. Manual of Steel Construction Load & Resistance Factor Design, 2nd ed., American Institute of Steel Construction, Inc., Chicago, IL, 1994.
13. Fisher, J.M., and Kloiber, L.A., "Steel Design Guide 1-Base Plate and Anchor Rod Design", 2nd Ed., AISC 801-06, American Institute of Steel Construction, Inc., Chicago, IL, 2006.
14. Putkey, J.J., "Common Steel Erection Problems and Suggested Solutions", Steel Tips, Structural Steel Educational Council, Moraga, CA, Dec. 1993.
15. ACI Committee 301, Specifications for Structural Concrete(ACI 301-05), American Concrete Institute, Farmington Hills, MI, 2005, 49pp.