

콘크리트용 앵커

Anchoring to Concrete



최동욱*
Dong-Uk Choi



천성철**
Sung-Chul Chun

1. 콘크리트용 앵커 설계법의 배경

철근콘크리트 구조에서 콘크리트용 앵커 볼트(이하 앵커)의 사용은 매우 빈번하고 또 구조적으로 중요함에도 불구하고 우리나라에는 이에 대한 설계기준 등의 제도적 장치가 미흡한 실정이었다. 최근 우리나라에서도 한국콘크리트학회의 정착이음 위원회를 중심으로 여러 가지 콘크리트용 앵커에 대한 실험적 연구 등을 수행하고 있으며, 동시에 미국콘크리트학회(ACI) 등 국외에서 제시하고 있는 새로운 앵커 설계법의 국내 적용성을 검토하여 왔다¹⁾. 2007년도 콘크리트구조설계기준을 개정하면서, 미국의 기준을 참고하여 부록으로서 콘크리트용 앵커 설계법을 제시하게 되었다²⁾. 또한 신설된 부록 IV에 따른 원할한 실무 적용을 위하여 예제집을 발간하였다³⁾.

콘크리트용 앵커는 콘크리트 타설 시 함께 설치하는 선설치 앵커(cast-in anchor)와 콘크리트가 굳은 후에 설치하는 후설치 앵커(post-installed anchor)로 대별된다. <그림 1>에 나타난 대표적인 선설치 앵커는 콘크리트와 강재 밀접 연결에 흔히 사용되는 헤드볼트, L형 갈고리볼트, J형 갈고리볼트 및 헤드스터드이다. 후설치 앵커인 기계적 앵커(mechanical anchor)는 콘크리트가 굳은 후에 구멍을 천공하고, 앵커를 설치한 후에 앵커 단부를 확장시켜 앵커 단부와 콘크리트의 기계적 맞물림에 의한 앵커 성능을 발휘하는 <그림 2>의 확장 앵커(expansion anchor)와 확장앵커와 유사하지만 특수한 천공 기구를 사용하여 구멍 하부를 미리 크게 천공한 후 앵커를 설치하는 보다 신뢰성이 높은 언더컷 앵커(undercut anchor)로 구분된다.

이외에 후설치 앵커에는 굳은 콘크리트에 적절한 직경의 구멍을 천공하고, 천공된 구멍을 소제한 후, 접착제(adhesive)를 사용하여 이형철근, 볼트 및 강봉을 고정시키는 방법으로

시공되는 부착식 앵커(adhesive anchor)도 있지만, 이러한 부착식 앵커는 부록 IV 앵커 설계법의 범위에 포함되어 있지 않다. 부착식 앵커의 경우에는 천공 구멍을 적절히 소제하는 작업이 매우 중요하고, 또한 사용된 접착제의 종류(에폭시, 비닐에스터, 폴리에스터 등의 화학적 접착제와 고강도 시멘트 그라우트 등)에 따라서 경화시간, 앵커강도, 화재 시 내화성능 등에 영향을 받기 때문에 설계기준 제정이 지연되고 있다.

부록 IV 앵커 설계법의 제정 이전에는 원자력 발전 시설관련 콘크리트 구조물의 설계법을 규정한 1990년도 ACI 349 위원회 보고서의 부록B가 우리나라에서 가장 많이 사용된 앵커 설계방법이었다⁴⁾. 그러나 이 설계법은 인장을 받는 단일 앵커 원추형 파괴면의 수평 투영 면적이 원형으로 정의되므로 다수의 앵커가 인접되어 있는 경우 파괴면적의 산정이 어려우며, 2001년 개정을 거쳐서 현재는 부록 IV의 앵커 설계법과 유사한 형태를 갖고 있다⁵⁾.

부록 IV의 앵커 설계법은 1995년에 발표된 소위 CCD 방법(concrete capacity design method)에 근간을 둔 것이다⁶⁾.

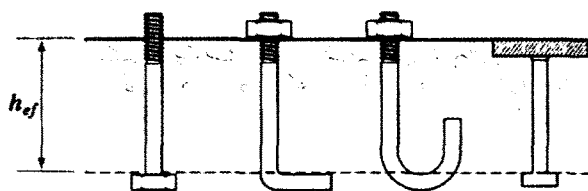


그림 1. 선설치 앵커(cast-in anchor)

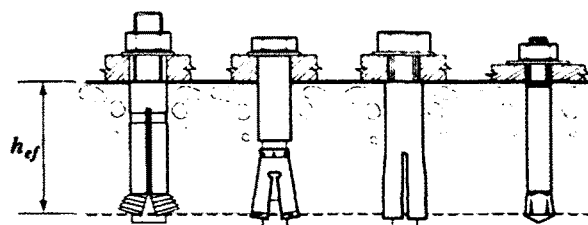


그림 2. 후설치 확장앵커(post-installed expansion anchor)

* 정회원, 한경대학교 건축학부 교수
choidu@hknu.ac.kr

** 정회원, (주)대우건설 기술연구원 책임연구원

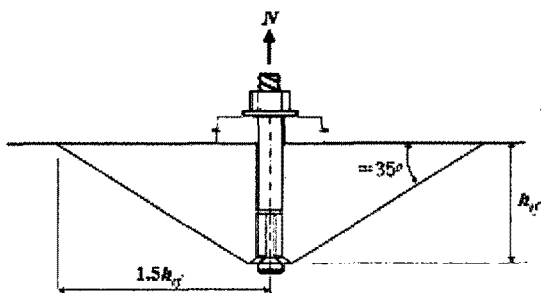
CCD 방법은 인장을 받는 단일 앵커에 대한 원추형 파괴면의 수평 투영 면적을 (그림 3)과 같이 원형에서 정사각형으로 치환해 서로 인접하게 하여 파괴면이 중복되는 다수 앵커의 성능을 효과적으로 예측할 수 있도록 고안되었고, 인장과 전단 및 인장-전단 상관관계가 고려되어 있으며, 파괴역학에 근거하여 크기효과를 포함한 설계식의 계수를 제시한 것이다. 또한 콘크리트의 균열 여부 및 콘크리트 파괴면을 구속하는 보조 철근의 영향에 대한 수정계수도 제시되어 있다.

단, 부록 IV의 앵커 설계법은 콘크리트용 앵커 자체에 대한 별도의 시험방법을 필요로 하는데, 이 부분은 금번 구조설계기준 제정 시 반영되지 않았으므로 앞으로도 콘크리트용 앵커에 대한 학회 및 정부 차원의 지속적인 관심이 요구되며, 콘크리트용 앵커 자체에 대한 별도의 시험방법은 당분간은 참고문헌 (7) 등을 사용하여야 할 것으로 판단된다. 한편 여러 가지 콘크리트용 앵커의 종류 및 앵커의 설계 및 시공에 관련한 용어의 정의는 참고문헌 (8)을 이용할 수 있다.

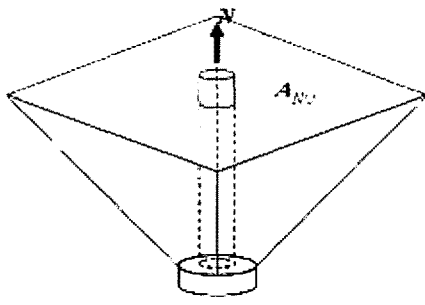
2. 콘크리트용 앵커 설계법

2.1 설계 일반

부록 IV의 앵커 설계법은 강도 설계법에 따르므로 인장, 전단, 인장 및 전단의 조합에 대한 앵커(단일 앵커)와 앵커 그룹



(a) 단면도



(b) 가정된 콘크리트 파괴체

그림 3. CCD 방법에서 가정된 인장을 받는 앵커의 콘크리트 파괴체 형상

(서로 인접한 다수의 앵커)의 설계 강도는 콘크리트구조설계기준 3.3.2절의 적용 가능한 하중조합에 의해 결정되는 최대 소요강도 이상이 되도록 설계하여야 한다. 앵커 설계법은 지진하중을 받는 콘크리트 구조물의 소성힌지 구간의 설계에 적용하지 않으며, 중진 또는 강진 지역에 있거나, 중진 또는 강진에 저항하는 성능 또는 설계 범주에 포함되는 구조물에 후설치 앵커를 사용하기 위해서는 모의 지진 실험을 통과하여야 한다. 기타 지진하중이 포함된 경우에는 부록 IV.2(3)의 추가 요구사항을 만족하여야 한다.

콘크리트 설계기준압축강도 f_{ck} 는 선설치 앵커의 경우 70 MPa, 후설치 앵커의 경우 55 MPa을 초과할 수 없다. 후설치 앵커를 사용할 때 콘크리트 강도가 55 MPa을 초과하는 경우 시험이 요구된다.

2.2 앵커 강도에 관한 일반 규정

앵커 설계는 인장 및 전단 하중에 대하여 각각 다음 식에 의하여 한다.

$$\phi N_n \geq N_{ua} \tag{IV.3.1}$$

$$\phi V_n \geq V_{ua} \tag{IV.3.2}$$

여기서, ϕ , N_n , N_{ua} , V_n , V_{ua} 는 각각 강도 감소계수, 앵커 또는 앵커 그룹의 공칭 인장강도, 계수 인장하중, 단일 앵커 또는 앵커 그룹의 공칭전단강도 및 계수 전단하중이다. 식 (IV.3.1)과 식 (IV.3.2)에서 ϕN_n 과 ϕV_n 은 모든 파괴 모드에서 산정된 가장 작은 설계 강도이다. 식 (IV.3.1) 및 식 (IV.3.2)에서 앵커의 강도감소계수 ϕ 는 콘크리트구조설계기준 3.3.2의 하중조합을 적용할 때와 콘크리트구조설계기준 부록 I의 하중조합을 적용할 때에 대하여 모두 규정되어 있다. 또한 N_{ua} 와 V_{ua} 가 동시에 작용하는 경우 상관 작용 효과가 고려되어야 한다. 또한, 콘크리트 쪼갬파괴를 방지하기 위해 IV.7에서 규정된 연단거리, 간격, 두께를 만족하여야 한다.

2.3 인장 하중에 대한 설계 조건

인장을 받는 앵커의 설계 강도 ϕN_n 은 인장을 받는 앵커의 강재강도 ϕN_{sa} (IV.4.1), 콘크리트 파괴강도 ϕN_{cb} 또는 ϕN_{cbg} (IV.4.2), 앵커의 뽑힘 강도 $\phi n N_{pm}$ (IV.4.3) 그리고 콘크리트측면 파열강도 ϕN_{sb} 또는 ϕN_{sbg} (IV.4.4) 중 가장 작은 값이다(그림 4).

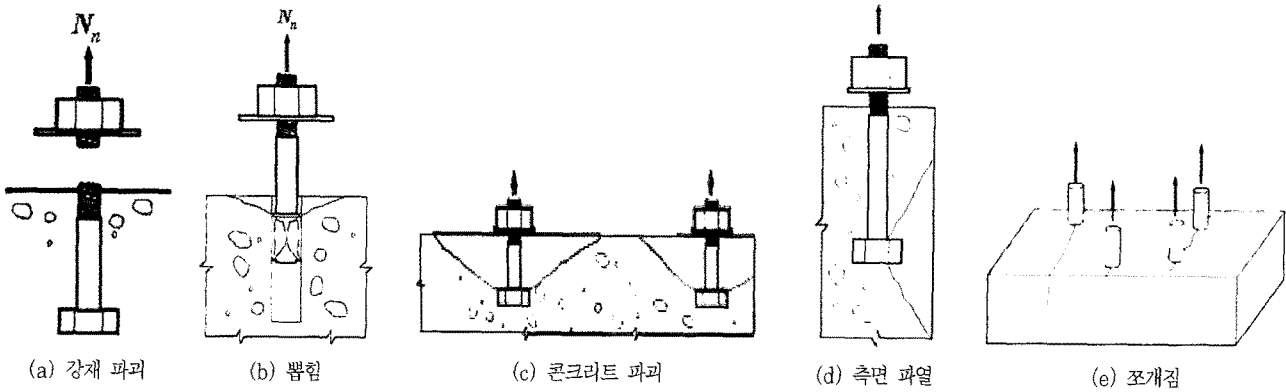


그림 4. 인장을 받는 앵커의 파괴모드

2.4 전단 하중에 대한 설계 조건

전단을 받는 앵커의 설계강도 ϕV_n 은 전단을 받는 앵커의 강재강도 ϕV_{sa} (IV.5.1), 전단을 받는 앵커의 콘크리트 파괴강도 ϕV_{cb} 또는 ϕV_{cbg} (IV.5.2), 그리고 전단을 받는 앵커의 콘크리트프라이아웃강도 ϕV_{cp} 또는 ϕV_{cpg} (IV.5.3) 중 가장 작은 값이다(그림 5). 인장 또는 전단을 받는 앵커의 여러 가지 파괴모드에 관련한 구체적인 설계 방법은 참고문헌 (3) 등을 사용할 수 있다.

경우($N_{ua} \leq 0.2 \phi N_n$) 전체 전단강도를 사용할 수 있고, 소요 전단강도가 작은 경우($V_{ua} \leq 0.2 \phi V_n$)는 전체 인장강도를 사용할 수 있으며, $V_{ua} > 0.2 \phi V_n$ 이고 $V_{ua} > 0.2 \phi N_n$ 인 경우에는 다음 식을 적용한다.

$$\frac{N_{ua}}{\phi N_n} + \frac{V_{ua}}{\phi V_n} \leq 1.2 \quad (IV.7.1)$$

2.5 인장과 전단의 상관 작용

인장 하중과 전단 하중이 동시에 작용하는 경우, 상관 작용 효과가 고려되어야 한다. 전단-인장 상관식은 전통적으로 아래의 식으로 표현된다.

$$\left(\frac{N_{ua}}{N_n}\right)^{\zeta} + \left(\frac{V_{ua}}{V_n}\right)^{\zeta} \leq 1.0$$

여기서 부록 IV의 3선형 제안식은 <그림 6>과 같이 $\zeta = 5/3$ 인식을 단순화한 것이다. 이 식은 소요 인장강도가 작은

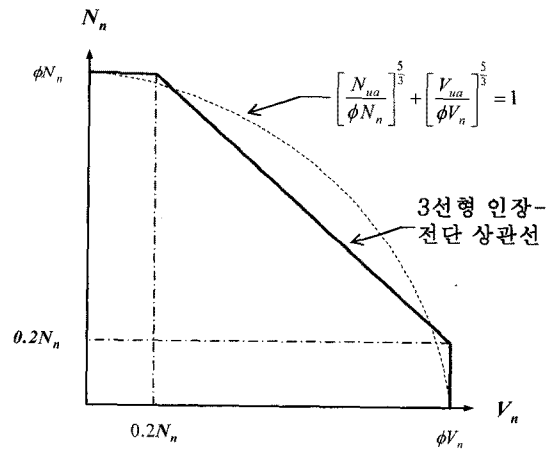


그림 6. 전단과 인장 상관식

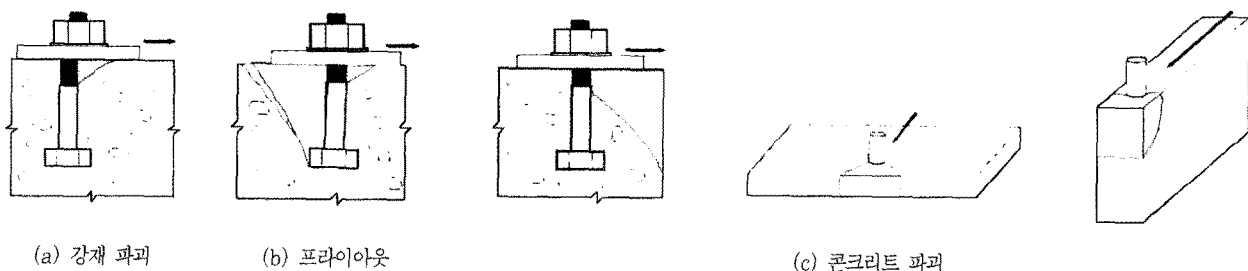


그림 5. 전단을 받는 앵커의 파괴모드

2.6 쪼갬파괴를 방지하기 위한 연단거리, 앵커 간격, 두께

앵커의 최소 간격, 연단 거리, 앵커가 설치되는 콘크리트 두께 등에 대한 요구 사항은 각 앵커의 특성에 따라 상이하다. 예를 들어서 후설치 확장앵커 중에서 많이 사용되는 종류인 비틀림 제어 확장 앵커(torque-controlled expansion anchor) 설치 시 작용하는 힘과 비틀림 등은 주변 콘크리트의 쪼개짐을 유발할 수 있다. 또한 이러한 쪼개짐은 선설치 앵커를 포함한 앵커들에 부착물을 접합하는 과정에서 발생하는 비틀림 등에 의해 발생될 수도 있기 때문에, 쪼개짐을 제어하기 위한 보조 철근이 배근되어 있는 경우와 있지 않은 경우에 대하여 앵커의 최소 간격과 연단 거리 및 부재의 최소 두께가 제한되어 있다.

3. 콘크리트용 앵커 설계법 소결

2007년 우리나라에서 처음 제정되는 부록 IV 콘크리트용 앵커 설계법의 내용을 개괄적으로 소개하였다. 그러나 콘크리트 구조설계기준의 해설이 출판되기까지는 충분한 도해가 부족한 면이 있다. 따라서 앵커 설계법의 보다 상세한 이해를 위해 참고문헌 (3) 또는 우리 학회 개최 전문위원회 발표집을 참고할 수 있다⁹⁾. 또한 전술한 바와 같이 부록 IV의 앵커 설계법은 후설치 앵커의 경우 콘크리트용 앵커 자체에 대한 별도의 시험 방법을 필요로 하는데, 이 부분은 금번 구조설계기준 제정 시 반영되지 않았으므로 앞으로도 콘크리트용 앵커에 대한 우리 학회의 지속적인 관심이 요구된다. 아울러 현재 부록 IV에 미 포함된 부착식 후설치 앵커의 설계법도 추후 보완되어야 한다. □

참고문헌

1. ACI Committee 318, *Building Code Requirements for Structural Concrete(318-05) and Commentary(318R-05)*, American Concrete Institute, Farmington Hills, MI, 2005, 430 pp.
2. 한국콘크리트학회, 콘크리트구조설계기준, 2007.
3. 한국콘크리트학회, 콘크리트용 앵커 설계법 및 예제집, 2006. 12, 150 pp.
4. ACI Committee 349, *Code Requirements for Nuclear Safety Related Concrete Structures(ACI 349-90) and Commentary(ACI 349R-90)*, American Concrete Institute, 1990, 124pp.
5. ACI Committee 349, *Code Requirements for Nuclear Safety Related Concrete Structures(ACI 349-01) and Commentary(ACI 349R-01)*, American Concrete Institute, 2001, 134pp.
6. Fuchs, W., Eligehausen, R., and Breen, J.E., "Concrete Capacity Design(CCD) Approach for Fastening to Concrete", *ACI Structural Journal*, Vol.92, No.1, 1995, pp.73 ~ 94.
7. ACI Committee 355, *Qualification of Post-Installed Mechanical Anchors in Concrete(ACI 355.2-04)*, American Concrete Institute, 2004, 31 pp.
8. (사)한국콘크리트학회, 제삼판 콘크리트용어집, 2006. 12, 335 pp.
9. 김익현, 이남호, 최동욱, 천성철, 김길희, 이득원, "콘크리트용 앵커의 설계(기준 및 예제)", 전문위원회 공개워크샵 발표집, (사)한국콘크리트학회, 2007. 5, pp.7 ~ 22.

도서소개



제삼판 콘크리트 용어집

: 1998년 콘크리트에 연관된 3,000여개의 용어를 정리해 첫 출간된 콘크리트 용어집은 2000년 추가로 1,500여개의 용어를 발굴하여 2차로 출간되었다. 그러나 출간된 용어집에 콘크리트와 연관성이 거의 없는 용어가 다수 수록되어 있을 뿐 아니라 제정된 용어 중 건축과 토목분야에 공통으로 사용하기에 어색한 용어들이 수록되어 있어 이를 삭제 또는 조정하였다. 또한 1, 2차 용어집 출간 시 발굴하지 못한 용어 및 새로 생긴 용어들은 학회 전문위원회의 도움을 받아 약 500여개의 용어를 추가하여 발간하였다.

- ✦ 저 자 : 한국콘크리트학회
- ✦ 출 판 : 태림문화사
- ✦ 정 가 : 12,000원(회원 : 9,500원)
- ✦ 발행일 : 2006년 12월 30일
- ✦ ISBN : 89-8205-217-8