

ACI 318-08 콘크리트용 앵커 설계법 개정, 확대머리 철근 도입 및 우리 기준의 기계적 정착 설계법에 대한 제언

Revisions to Anchoring to Concrete, Introduction of Headed Reinforcement in ACI 318-08 and Suggestions
on Mechanical Anchorages in KCI Design Code



전성철*
Sung-Chul Chun



이성호**
Sung-Ho Lee



오보환***
Bo-Hwan Oh



최동욱****
Dong-Uk Choi



이대용*****
Dae-Yong Lee

이 기사는 2008년 개정된 ACI 318 Building Code Requirements for Structural Concrete (ACI 318-08) and Commentary(ACI 318R-08)¹⁾ 중 Appendix D “Anchoring to Concrete”의 개정 내용과 신설된 제 12장 6절 “Development of headed and mechanically anchored deformed bars in tension”을 소개한 것이다. 콘크리트용 앵커는 2007년 개정된 콘크리트구조설계기준에²⁾ 부록 IV로 처음 도입되었으나, 기존 앵커 설계에 많이 사용되던 PCI³⁾, ACI 349-85⁴⁾ 식에 비해 강도를 낮게 평가하여 실무적으로 어려움이 많았다. ACI 318-08에서는 콘크리트 강도만으로 앵커 내력이 부족할 경우 앵커 철근(anchor reinforcement)을^① 활용할 수 있도록 개정하여 실무 적용에 많은 도움이 될 것으로 기대된다. 또한 12.6절에는 갈고리 정착을 대체할 수 있는 확대머리 철근(Headed reinforcement)의 정착 길이를 처음 도입하였다. 개정 전에는 확대머리 철근의 사용은 허용하면서도 설계식을 제공하지 않아 확대머리 철근 설계에 많은 어려움이 있었다. 명확한 설계식의 신설로 확대머리 철근의 적용이 증가될 것이다. 그러나 이 신설 규정들은 제한된 연구 결과만을 바탕으로 제정되어 원활한 실무 적용에 한계를 갖고 있다. 이 기사의 1절 및 2절에서는 ACI 318-08에서 새롭게 개정 내지 도입된 내용을 소개하고, 3절에서는 우리 연구 결과 및 실정에 맞는 기계적 정착 설계법의 향후 발전 방향을 제안하고자 한다.

1. 콘크리트용 앵커 개정 내용

1.1 2007년 콘크리트구조설계기준의 콘크리트용 앵커 설계법

* 정회원, (주)대우건설 기술연구원 책임연구원
bluebird@dwconst.co.kr
** 정회원, (주)대우건설 기술연구원 전임연구원
*** 정회원, (주)대우건설 기술연구원 수석연구원
**** 정회원, 한경대학교 건축학부 교수
***** 정회원, 포항산업과학연구원 책임연구원

2007년 콘크리트구조설계기준 부록 IV에 콘크리트용 앵커 설계법이 신설됨에 따라 앵커 설계에 대한 명확한 우리 기준이 정립되었다. 그러나 2007년 콘크리트구조설계기준에서 채택한 방법은 콘크리트의 파괴 역학에 기초한 CCD(Concrete Capacity Design)⁵⁾ 방법이고 또한 ACI 318-05 Appendix D와 동일한 방법으로, 기존의 설계법에 비해 낮은 강도가 산정된다. 또한 앵커 주변의 보강근 효과를 고려하지 않아 플랜트 기계 기초나 SRC 합성구조에서는 더 크고 깊은 기초판이 필요하게 되었다.

1.2 앵커 철근을 이용한 강도 산정법 신설(ACI 318-08 Appendix D)

콘크리트 파괴에 의해 콘크리트용 앵커의 강도가 결정되는 경우, 앵커 내력을 향상시키기 위한 방법으로 앵커 철근을 고려할 수 있도록 개정되었다.

1.2.1 인장력을 받는 앵커의 콘크리트 파괴 강도(ACI 318-08 D.5.2.9)

계수 하중이 콘크리트 파괴 강도보다 큰 경우, <그림 1>과 같이 앵커철근이 파괴면의 양쪽 방향으로 적절히 정착되었다면 앵커 철근의 강도를 공칭 강도로 할 수 있다. 앵커에 최대한 가까이 배치된 스테럽, 띠철근, 헤어핀 등이 앵커 철근이 되는데, 앵커 중심에서부터 $0.5h_{ef}$ 이내에 배치된 철근만이 유효하다. 이 규정의 바탕이 되는 Eligehausen 교수의 연구에서⁶⁾ 최대 지름 16 mm 앵커 철근이 사용되었으므로, 가급적 16 mm 이하 철근을 이용하여 설계하는 것이 바람직하다. 앵커 철근은 콘크리트 표면

① 앵커철근(anchor reinforcement)은 저자들이 명명한 용어로 추후 KCI 602 콘크리트용어위원회의 의결에 따라 변경될 수 있다.

가까이에 배근된 철근을 감싸도록 배근하는 것이 효과적이다. 강도 감소 계수는 스트럿-타이 모델에서 사용하는 0.75를 사용하며, ACI 318-08 Appednix C의 하중조합을 사용하는 경우 강도감소계수는 0.85를 사용한다. 실제 배근 상세를 고려하면 선설치앵커에만 적용이 가능하다.

앵커 철근의 정착은 예상 파괴선을 기준으로 양쪽으로 충분한 정착 길이를 확보해야 한다. 예를 들어 <그림 1>에서 예상 파괴선 위쪽으로는 표준갈고리 정착 길이를 아래쪽으로 직선 정착 길이를 확보해야한다.

1.2.2 전단력을 받는 앵커의 콘크리트 파괴 강도(ACI 318-08 D.6.2.9)

계수 하중이 콘크리트 파괴 강도보다 큰 경우 <그림 2>의 앵커 철근을 이용하여 공칭 강도를 산정할 수 있다. 이때 앵커 철근은 파괴면의 양쪽 방향으로 적절히 정착(혹은 한쪽으로 앵커를 감싸고 다른 한쪽으로 적절히 정착되어도 됨)되어 설계 강도를 발휘할 수 있어야 한다. 앵커 철근이 항복할 수 있도록 <그림 2(a)> 처럼 앵커를 감쌀 때는 앵커에 맞닿고 콘크리트 표면에 최대한 가까이 배근하여야 한다. 이러한 상세의 바탕이 되는 Eligehausen 교수의 연구에서⁶⁾ 앵커 철근의 최대 지름은 16

mm이었다. 굵은 철근을 사용하면 구부림 지름이 커지므로 앵커 철근의 효과가 급격히 저하될 수 있다. 따라서 지름 19mm를 초과하는 철근은 앵커 철근으로 적절하지 않다.

<그림 2(b)>와 같이 가장자리 철근(edge reinforcement)을 감싸고 콘크리트 파괴면에 걸쳐서 정착된 스테럽, 띠철근, 헤어핀으로도 앵커 철근을 구성할 수 있다. 이러한 철근은 가능한 한 콘크리트 표면에 가까이 배치해야 한다. 이때 앵커 중심으로부터 $0.5c_{a1}$ 과 $0.3c_{a2}$ 중 작은 거리 이내에 배치된 철근만이 앵커 철근으로 유효하다. 앵커 철근은 콘크리트 파괴면을 기준으로 양쪽으로 충분한 정착 길이를 확보해야 한다. 이러한 규정의 근거가 되는 연구에서는⁶⁾ 지름 19 mm 이하 앵커 철근만이 사용되었다.

<그림 2>처럼 앵커 철근은 작용되는 전단력보다 낮은 위치에 있으므로, 지렛대 효과(prying action)에 의해 앵커 철근에 작용되는 힘은 작용 전단력보다 크다. 강도 감소 계수는 전단력과 스트럿-타이모델에서 사용하는 0.75를 사용한다. ACI 318-08 Appendix C의 하중 조합을 사용하는 경우 강도 감소 계수는 전단력과 스트럿-타이 모델에서 사용하는 0.85를 사용한다. 실제 상황을 고려하면 이러한 앵커 철근의 사용은 일반적으로 선설치 앵커에만 적용이 가능하다.

1.3 전단력을 받는 앵커의 콘크리트 파괴 강도에 대한 부재 치수의 영향(ACI 318-08 D.6.2.8)

앵커가 설치되는 부재의 높이 h_a 가 $1.5c_{a1}$ 보다 작은 경우 콘크리트 파괴 강도 산정 시 다음의 수정 계수를 곱해야 한다.

$$\psi_{h,v} = \sqrt{\frac{1.5c_{a1}}{h_a}}$$

단, $\psi_{h,v}$ 는 1보다 클 수 없다.

유럽에서 수행된 연구^{6,7)} 결과에 따르면, $h_a < 1.5c_{a1}$ 인 콘크리트 부재에서 전단을 받는 앵커의 콘크리트 파괴 강도는 부재 두께 h_a 에 직접 비례하지 않는다. 수정 계수 $\psi_{h,v}$ 는 이러한 효과를 반영한 것이다.

2. 확대머리 철근 정착 길이 신설(ACI 318-08 12.6)

갈고리 정착 대신 사용가능한 확대머리 철근(일종의 기계적 정착 방법)의 정착 길이 산정식이 신설되었다. 확대머리 철근은 <그림 3>과 같이 철근이 과밀한 보-기둥 접합부에 매우 효과적으로 적용이 가능하며, PC 구조물이나 코어 선행 공법, 철근 선조립 공법의 시공성을 크게 개선할 수 있다. 또한 최근 강제 가격의

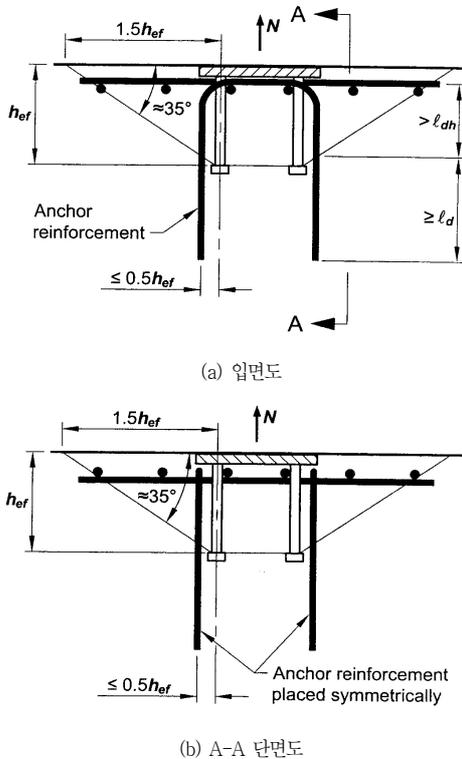


그림 1. 인장을 받는 앵커 철근

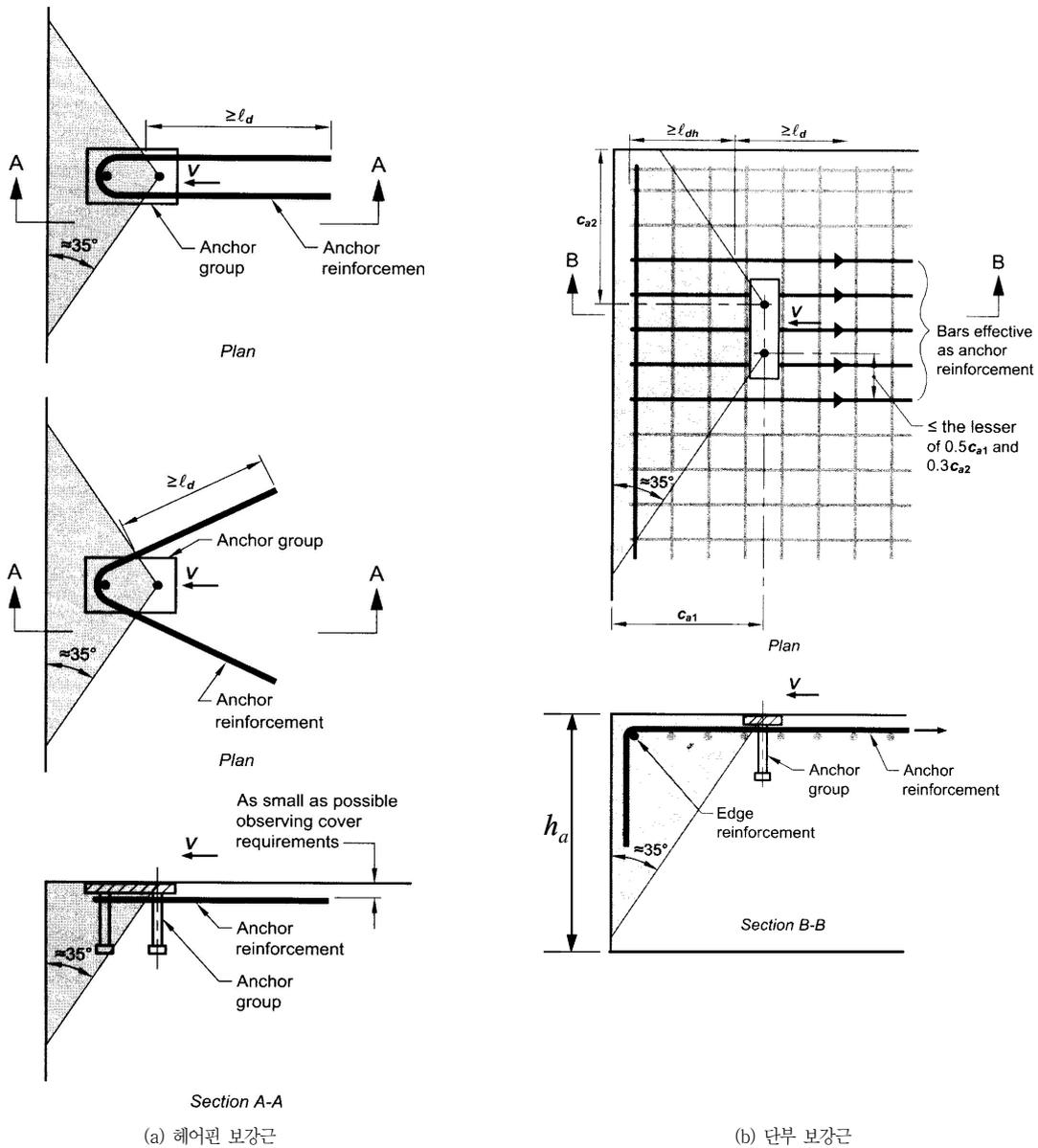


그림 2. 전단을 받는 앵커 철근

급등으로 대구경 철근이 많이 사용되는 대형 구조물에서는 자재비 절감의 효과도 기대할 수 있다.

2.1 이음 길이의 산정

확대머리 철근의 정착 길이는 <그림 4>와 같이 위험 단면에서 부터 확대머리의 전면까지이며, 표준갈고리 정착 길이의 80%로 다음 식에 의해 산정된다.

$$l_{dt} = 0.2 \frac{f_y d_b}{\sqrt{f_{ck}}} \geq 8d_b \text{ and } 150 \text{ mm}$$

이 식은 제한된 실험 결과를⁸⁻¹⁰⁾ 근거로 하기 때문에 실험의 한계값인 아래 조건을 만족해야한다.

- (a) 철근항복강도 420 MPa 이하
- (b) 철근 직경 35 mm 이하
- (c) 일반 콘크리트 사용(경량콘크리트에 적용 불가)

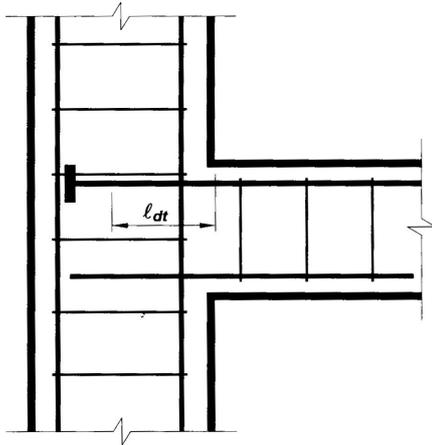


그림 3. 확대머리 철근의 정착

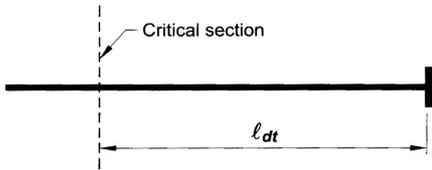


그림 4. 확대머리 철근의 정착 길이 l_{dt}

- (d) 확대머리의 순 지압 면적(A_{brg})이 철근 단면적의 4배 이상
- (e) 순 피복 두께는 철근 직경의 2배 이상
- (f) 철근 순 간격은 철근 직경의 4배 이상
- (g) 콘크리트 강도는 42 MPa 이하

순 간격과 피복 두께는 확대머리가 아닌 철근을 기준으로 산정한다. 그러나 확대머리도 철근의 일부이므로, 콘크리트 충전과 내구성을 위해 철근 상세에서 규정하고 있는 피복 두께는 확대머리를 기준으로 평가한다. 실제 시공에서는 확대머리 위치를 조금씩 교차시킴으로써 콘크리트 충전성을 향상시킬 수 있다.

직선 철근 및 갈고리 철근의 정착 길이와 마찬가지로, 구조 해석을 통해 산정된 철근량(소요 A_s)보다 실제 배근된 철근량(배근 A_s)이 많을 경우 산정된 l_{dt} 의 (소요 A_s)/(배근 A_s)배를 적용할 수 있다.

압축을 받는 확대머리 철근에 대한 연구 결과가 없기 때문에, 갈고리 정착과 마찬가지로 확대머리 철근은 압축을 받는 철근의 정착에는 효과적이지 않은 것으로 본다. 실험을 통해 철근의 강도를 발휘할 수 있다고 증명된 확대머리 철근 또는 기계적 정착은 상기 조건에 위배되어도 사용될 수 있다. 충전성 향상을 위해 순 지압 면적이 철근 단면적의 4배보다 작은 확대머리 철근이 필요할 경우, 실험을 통해 적절한 강도를 발휘할 수 있음을 증명하

면 사용이 가능하다.

철근의 강도는 확대머리의 지압력과 위험 단면으로부터 확대머리까지 철근의 부착력으로 발현된다. 확대머리 철근과 콘크리트 용 앵커의 강도 발현 특성을 구분하기 위해, 정착(development)과 지압 정착(anchorage)으로²⁾ 구분하고 있다. 정착(development)은 철근 표면의 부착력과 단부 확대머리의 지압력을 합한 경우를 의미하고, 지압 정착(anchorage)은 단부 확대머리의 지압력만으로 강도를 발현하는 것을 뜻한다. 지압 정착은 콘크리트용 앵커에 대한 ACI 318-08 Appendix D에서 다루고 있다.

예로서 도막 철근에 대한 수정 계수는 갈고리 정착 길이와 동일하게 1.2를 사용한다. 횡 보강근에 의한 정착 강도의 증진 효과는 갈고리 정착과 달리 거의 없는 것으로 실험 결과⁸⁻¹⁰⁾ 나타났다. 그러나 횡 보강근은 확대머리 주변의 균열 제어에 효과적이므로 배근하는 것이 바람직하다.

보와 슬래브의 주근으로 사용된 확대머리 철근이 기둥에 정착될 때 최대한 깊게 기둥 후면까지 정착시키는 것이 바람직하다. 소요되는 정착 길이보다 길더라도 최대한 깊게 정착시킴으로써 접합부에서 형성되는 압축 스트럿과 상호 작용을 통해 접합부의 거동을 향상시킬 수 있다.

2.2 확대머리의 형상과 철근과의 이음

확대머리 철근의 형상은 ASTM A970을¹¹⁾ 따르도록 규정하고 있다. ASTM A970은 확대머리를 철근에 부착하는 방법으로 용접(weld), 단조(forge), 나사(thread) 3가지를 다루고, 강도는 420 MPa 단일 강종만을 규정한다. 확대머리 그리고 확대머리와 철근 이음부의 인장 강도는 철근의 실제 항복 강도의 125% 이상을 확보해야 한다. 인장 시험에서 파괴는 철근 모재에서 발생해야 하며, 확대머리 또는 확대머리와 철근의 이음부에서 발생되어서는 안된다. 용접 확대머리 철근은 용접 이음부에 대해 굽힘 실험을 실시해야 한다. 이외에 실험 방법과 횡수, 시험에 대한 상세한 내용이 ASTM A970에 규정되어 있다.

ACI 318-08 3.5.9절에서는 확대머리 철근의 추가 조건을 규정하고 있는데, <그림 5>와 같이 이음부 길이는 $2d_b$ 보다 작아야 한다. 이러한 조건은 이보다 긴 이음 길이를 가진 확대머리 철근에 대한 실험 결과가 없기 때문에 규정되었다. 그리고 이음부가 길 경우 순 지압 면적을 신뢰하기 어렵다. 즉 순 지압 면적은 총 지압 면적(A_g)에서 철근 단면적(A_b)을 빼는 방법으로 산정하는데, 이음부는 철근 단면적보다 크기 때문에 이음부가 길어지면 유

²⁾ 지압 정착(anchorage)은 저자들이 명명한 용어로 추후 콘크리트용어위원회 의결에 따라 변경될 수 있다.

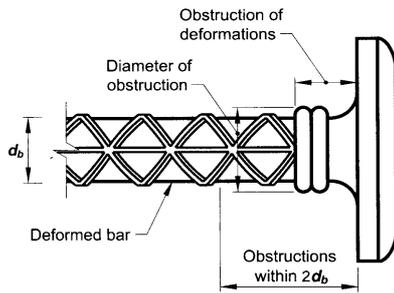


그림 5. 확대머리와 철근의 이음부

효 순 지압 면적이 작아질 수 있다. 그러나 이음부가 $2d_b$ 보다 긴 확대머리 철근도 실험을 통해 성능이 확인되면 사용할 수 있다.

3. 우리 실정 및 연구 결과를 고려한 향후 발전 방향

초고층 건물, 초장대 교량, LNG 저장 탱크, 원전 구조물, PC 구조의 증대 등 최근 구조물은 대형화, 비정형화되고 있으며, 플랜트와 특수 시설을 갖춘 구조물이 국내외에 많이 건설되고 있다. 다양하고 특수한 형태와 기능을 요구하는 구조물이 증가할수록 콘크리트용 앵커와 확대머리 철근의 사용은 점차 증가할 것으로 기대된다. 국내에서도 이러한 분야에 대한 연구가¹²⁻¹⁹⁾ 활발히 진행되고 있다. 국내의 연구 결과를 총합하여 보다 합리적이고 실용적인 구조 설계 기준의 도입이 필요한 시점이다. 이를 위해 다음 사항에 대한 고려와 연구가 필요하다고 사료된다.

3.1 KS 규격의 제정

현재 확대머리 철근에 관한 규격이 국내에는 제정되어 있지 않는데, 향후 기술 자립도 향상과 국산 제품의 품질 확보를 위해 관련 KS 규격의 제정이 조속히 추진되어야 할 것으로 사료된다. 또한 콘크리트용 앵커에 관련한 KS 규격인 기초 볼트²⁰⁾의 경우는 저급강 중심의 규격으로만 국한되어 있어 고강도 기초볼트의 사용을 위해 콘크리트구조설계기준에서는²⁾ 일반 나사볼트에 관한 규격을²¹⁾ 준용해서 함께 사용토록 하고 있다. 실무의 설계 편의성 및 경제성 제고를 위해 ASTM F1554-07²²⁾ 수준의 고강도 기초볼트의 개발 및 이의 KS 규격 추가를 위한 노력이 필요한 것으로 판단된다. 한편, 지금까지 금속 관련 KS 규격^{20,21,23)} 대부분은 금속 제조 분야의 전문가로만 구성된 심의 위원회에 의해 심의되고 제정되어 온 것이 사실인데, 건설 현장의 새로운 수요를 신속하면서도 정확하게 반영하기 위해 해당 건설 분야 전문가의 KS 규격 심의 참여 기회가 점차 확대되기를 기대해 본다.

3.2 확대머리 철근 순 간격 제한 규정의 개선

개정된 ACI 318-08 12.6절은 미국에서 수행된 일부 연구 결과에만 근거하여 제정된 것으로, 철근 순 간격에 대해 지나치게 보수적인 값 $4d_b$ 를 채택하고 있다. 우리나라와²⁴⁾ 미국에서²⁵⁾ 수행된 실험에서는 최소 $2.2d_b$ 의 철근 순 간격에서도 만족할만한 정착 강도가 발현되었다. 따라서 다양한 연구 결과를 반영하여 실용적인 설계기준의 정립이 필요하다.

3.3 최대 앵커 치수의 개정

실험 결과의 한계로 인하여 앵커 최대 지름을 50 mm로 제한하고 있다. 그러나 원자력 발전소를 비롯한 대형 플랜트에서는 이보다 큰 지름의 앵커가 필요하며, 우리나라에서는 지름 100 mm를 넘는 앵커에 대한 연구도^{12,13)} 수행하였다. 유가 급등에 따라 국내외에서 원자력 발전소 추가 건립의 중요성이 확대되고 해외 발전소에 대한 국내 기업의 진출이 준비되는 상황에서, 대형 앵커에 대한 설계 방법의 신설이 필요하다.

3.4 확대머리의 크기

확대머리 철근에 대한 우리나라 및 일본의 연구 결과는 주로 건축 분야의 보-기둥 접합부 적용을 중심으로 많이 이루어져 왔으며, 특히 철근이 조밀하게 배치되는 부재이므로 확대머리의 크기도 지압 면적이 철근 단면적 3배 정도인 경우에도 적절한 내력을 발휘하는 것으로 나타났다.^{14,15)} 따라서 현재 철근 단면적 4배 이상으로 규정되어 있는 ACI 318-08의 규정은 좀 더 철근이 조밀하게 배치된 부재에서도 사용이 가능하도록 개선의 여지가 있다고 사료된다. 향후 강제 가격의 상승을 고려할 때 확대머리 철근과 콘크리트용 앵커의 경제적 효율성은 더욱 향상될 것이므로, 건설 현장의 필요성을 충족시킬 수 있는 방향으로 지속적인 연구와 설계 기준의 개정이 진행될 것을 기대해 본다. ▣

참고문헌

1. ACI Committee 318, *Building Code Requirements for Structural Concrete (ACI 318-08) and Commentary (ACI 318R-08)*, American Concrete Institute, Farmington Hills, Mich., US, 2008, 465 pp.
2. 한국콘크리트학회, “콘크리트구조설계기준 해설,” 한국콘크리트학회, 2008, 523 pp.
3. *PCI Design Handbook, 5th Edition*, Precast/Prestressed Concrete Institute, Chicago, 1999.
4. ACI Committee 349, *Code Requirements for Nuclear Safety Related Concrete Structures (ACI 349-85)*, American Concrete Institute, Farmington Hills, Mich., US, 1985.

5. Fuchs, W., Eligehausen, R., and Breen, J., "Concrete Capacity Design(CCD) Approach for Fastening to Concrete," *ACI Structural Journal*, Vol. 92, No. 6, 1995, pp. 787 ~ 802.
6. Eligehausen, R., Mallée, R., and Silva, J., *Anchorage in Concrete Construction*, Ernst & Sohn (J. T. Wiley), Berlin, May 2006, 380 pp.
7. Design of Fastenings in Concrete, *Comite Euro-International du Beton(CEB)*, Thomas Telford Services Ltd., London, Jan. 1997.
8. Thompson, M. K., Ziehl, M. J., Jirsa, J. O., and Breen, J. E., "CCT Nodes Anchored by Headed Bars-Part 1: Behavior of Nodes," *ACI Structural Journal*, Vol. 102, No. 6, 2005, pp. 808 ~ 815.
9. Thompson, M. K., Jirsa, J. O., and Breen, J. E., "CCT Nodes Anchored by Headed Bars-Part 2: Capacity of Nodes," *ACI Structural Journal*, Vol. 103, No. 1, 2006, pp. 65 ~ 73.
10. Thompson, M. K., Ledesma, A., Jirsa, J. O., and Breen, J. E., "Lap Splices Anchored by Headed Bars," *ACI Structural Journal*, Vol. 103, No. 2, 2006, pp. 271 ~ 279.
11. ASTM A970-06, *Standard Specification for Headed Steel Bars for Concrete Reinforcement*, American Society of Testing and Materials, US, 8 pp.
12. 이남호, 김강식, 박광린, "대형 앵커의 인장 성능 평가," 한국콘크리트학회, 전문위원회 연구발표집, 2006, pp. 64 ~ 70.
13. Lee, N. H., Kim, K. S., Bang, C. J., and Park, K. R., "Tensile-Headed Anchors with Large Diameter and Deep Embedment in Concrete," *ACI Structural Journal*, Vol. 104, No. 4, 2007, pp. 479 ~ 486.
14. Dong-Uk Choi, "Test of Headed Reinforcement in Pullout II: Deep Embedment," *International Journal of Concrete Structures and Materials*, Vol. 18, No. 3E, 2006, pp. 151 ~ 159.
15. 하상수, 최동욱, 이창호, "반복하중을 받는 외부 보-기둥 접합부에서 작은 헤드를 사용한 Headed Bar 적용," 콘크리트학회 논문집, Vol. 19, No. 4, 2007, pp. 411 ~ 420.
16. 양준모, 권기연, 최홍식, 윤영수, "헤드 바, 고강력 철근 및 CFRP 바로 전단보강된 세장 고강도콘크리트 보의 전단 거동 평가," 콘크리트학회 논문집, Vol. 19, No. 6, 2007, pp. 717 ~ 726.
17. 윤승조, 이우진, 김상구, 윤용대, 서수연, 김성수, "Head로 횡구속된 편심하중을 받는 R/C기둥의 락철근비의 영향," 한국콘크리트학회 봄학술발표대회, 2006, pp. 62 ~ 65.
18. 천성철, 홍성걸, 오보환, "스트럿-타이 모델을 이용한 다수 헤드 철근의 정착내력," 한국콘크리트학회, 봄학술발표회논문집, 2007, pp. 405 ~ 408.
19. Hong, S. G., Chun, S. C., Lee, S. H., and Oh, B., "Strut-and-Tie Model for Development of Headed Bars in Exterior Beam-Column Joint," *ACI Structural Journal*, Vol. 104, No. 5, 2007, pp. 590 ~ 600.
20. KS B 1016 : 1997(2007 확인), 기초볼트, 14 pp.
21. KS B ISO 898-1 : 2003, 탄소강과 합금강으로 제작한 나사 부품의 기계적 성질 - 제 1부 : 볼트, 스크루 및 스테드, 29 pp.
22. ASTM F1554-07, *Standard Specification for Anchor Bolts, Steel, 36, 55, and 105-ksi Yield Strength*, American Society of Testing and Materials, US.
23. KS D 3504 : 2007, 철근콘크리트용 봉강, 20 pp.
24. Chun, S. C., Lee, S. H., Kang, T. H.-K., Oh, B., and Wallace, J. W., "Mechanical Anchorage in Exterior Beam-Column Joints Subjected to Cyclic Loading," *ACI Structural Journal*, Vol. 104, No. 1, 2007, pp. 102 ~ 112.
25. Wallace, J. W., McConnell, S. W., Gupta, P., and Cote, P. A., "Use of Headed Reinforcement in Beam-Column Joints Subjected to Earthquake Loads," *ACI Structural Journal*, Vol. 95, No. 5, 1998, pp. 590 ~ 606.

한국콘크리트학회 회원 가입 안내

1. 회원의 종류 및 회비

종류	회비
정회원	입회비 : 20,000원, 연회비 : 50,000원
특별회원	입회비 없음, 연회비 : 특급 1,000,000원/1급 500,000원/2급 300,000원
도서관회원	입회비 없음, 연회비 : 100,000원
명예회원	연회비 없음
종신회원	종신회비 : 600,000원

2. 회원 가입 방법 : 학회 홈페이지의 "회원가입"에서 가능합니다.

□ 홈페이지 주소 : <http://www.kci.or.kr>

3. 연락처 :

□ Add : (135-703) 서울특별시 강남구 역삼동 635-4 한국과학기술회관 신관 1009호

□ Tel : (02)568-5985 ~ 7, Fax : (02)568-1918

□ E-Mail : asa@kci.or.kr, 담당자 : 안선에 대리