

## 콘크리트 앵커 및 정착·이음장치 현황

State-of-the-Art on Anchoring to Concrete, Mechanical Anchorage and Splices of Reinforcement



최동욱\*  
Dong-Uk Choi



김길희\*\*  
Kil-Hee Kim

### 1. 머리말

철근콘크리트구조에서 앵커 볼트, 이형철근의 기계적 정착장치, 이음장치 등의 사용은 매우 빈번하고 또 구조적으로 중요함에도 불구하고 우리나라에는 이에 대한 설계기준 등의 제도적 장치가 상대적으로 미흡한 실정이다. 특히 건설구조물의 보수보강이 잦은 우리나라 현장에서는 확장 앵커, 부착식 앵커 등 후 설치 앵커가 빈번하게 사용되고 있다.

1995년 판 ACI 318을 근간으로 한 우리나라 콘크리트구조 설계기준에는 현재 콘크리트 앵커 설계법이 포함되어 있지 않으나, 향후 콘크리트구조설계기준의 개정을 거쳐 ACI 318-05 수준의 개정 작업이 이루어지면 수 년 내에 선진국 수준의 앵커 설계법이 포함될 전망이다<sup>1-5)</sup>. 단, 이렇게 앵커 설계법이 제정되더라도 앵커 자체에 대한 별도의 시험방법 및 콘크리트에 매립된 앵커의 표준 시험방법 등이 필요하게 되므로 콘크리트 앵커에 대한 학회 및 정부 차원의 지속적인 관심이 요구된다.

우리나라 철근콘크리트 구조물의 대형화는 필연적으로 기계적 정착장치 및 이음장치의 필요성을 동반하고 있다. 특히, 원자력 발전소, LNG 저장기지, 대형 교량 등에서는 직경 51 mm 이상의 대형 기계적 정착장치 및 이음장치의 사용이 현실적으로 많이 요구되고 있으나 앵커와 마찬가지로 이에 대한 시험 및 시험방법 등의 제도적 장치는 매우 미흡한 실정이다.

이에 따라서 본고에서는 콘크리트 앵커, 기계적 정착장치, 이음장치 등 콘크리트 매립철물의 국내외 사용 및 연구 현황에 대하여 설명함으로써, 비교적 관심이 미흡한 이 분야에서 구조적으로 필요하다고 사료되는 정보를 제공하고자 하였다.

### 2. 콘크리트 앵커

#### 2.1 콘크리트 앵커의 종류

콘크리트 앵커는 시공시 설치하는 현장 타설 앵커(cast-in-place anchor)와 콘크리트가 굳은 후에 설치하는 후 설치 앵커(post-installed anchor)로 대별된다<sup>6,10)</sup>. <그림 1>에 나타낸 대표적인 현장 타설 앵커는 콘크리트와 강재 밀판 연결에 흔히 사용되는 헤드 볼트 및 헤드 스테드와 J형, L형 갈고리 볼트이다. 현장 타설 앵커는 강도 연성 등 일정한 재료 품질을 만족시키는 금속재료를 사용하고 정착에 유리하도록 구조설계자가 설계할 수 있다.

후 설치 앵커는 기계적 앵커(mechanical anchor)와 부착식 앵커(adhesive anchor)로 대별된다. 부착식 앵커는 굳은 콘크리트에 적절한 직경의 구멍을 천공하고, 천공된 구멍을 소제한 후, 접착제(adhesive)를 사용하여 이형철근, 볼트 및 강봉을 고정시키는 방법으로 시공된다. 부착식 앵커는 천공 구멍을 적절히 소제한 작업이 매우 중요하고, 또한 사용된 접착제의 종류(에폭시, 비닐에스터, 폴리에스터 등의 화학적 접착제와 고강도 시멘트 그라우트 등)에 따라서 경화 시간, 앵커 강도, 화재 시 내화 성능 등에 영향을 받는다.

기계적 앵커는 콘크리트가 굳은 후에 구멍을 천공하고, 앵커를 설치한 후에 앵커 단부를 확장시켜 앵커 단부와 콘크리트의 기계적 맞물림에 의한 앵커 성능을 발휘하는 확장 앵커(expansion anchor)와 확장 앵커와 유사하지만 특수한 천공 기구를 사용하여 구멍 하부를 미리 크게 천공한 후 앵커를 설치하는 보다 신뢰성이 높은 언더컷 앵커(undercut anchor)로 나누어진다. <그림 2>에 나타낸 확장 앵커는 단부를 확장시키는 방법에 따라서 비틀림제어 확장앵커(torque-controlled expansion anchor) 및 변위제어 확장앵커(displacement-controlled expansion anchor)로 구분되는 등 다소 종류가

\* 정희원, 한경대학교 건축학부 교수  
choidu@hknu.ac.kr

\*\* 정희원, 공주대학교 건축공학부 교수  
kimkh@kongju.ac.kr

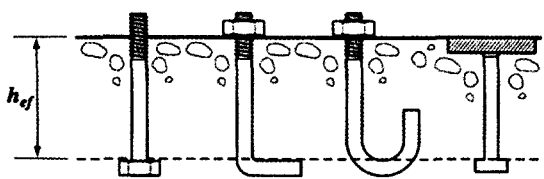


그림 1. 현장 타설 앵커<sup>3,4)</sup>

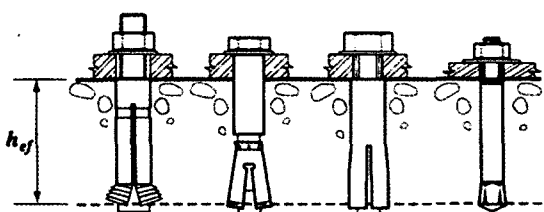


그림 2. 후 설치 앵커: 확장 앵커<sup>3,4)</sup>

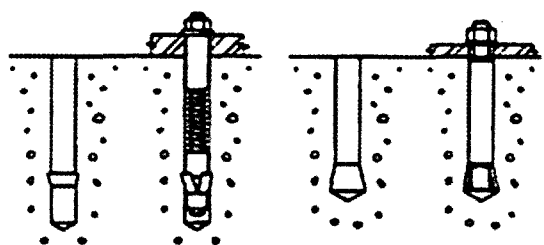


그림 3. 후 설치 앵커: 언더컷 앵커<sup>7)</sup>

많고 분류가 다양한 편이다. <그림 3>에는 언더컷 앵커를 나타내었다.

## 2.2 콘크리트 앵커 설계법

현재 국내외에서 사용되고 있는 앵커 설계법은 대부분 현장 타설 앵커와 후 설치 기계적 앵커를 포함하고, 부착식 앵커는 제외하고 있다. 이는 전술한 바와 같이 부착식 앵커의 성능이 천공 구멍의 소재 유무와 사용된 접착제의 종류에 따라서 영향을 받기 때문인 것으로 사료되며, 부착식 앵커에 관한 설계법 제정에는 미국의 경우 향후 수 년 정도의 기간이 더 소요될 것으로 예상되고 있다.

### 2.2.1 CCD 설계법<sup>7)</sup>

1995년 독일 Stuttgart 대학의 Eligehausen 등은 기존 앵커 실험 데이터를 면밀히 분석하고, 인장을 받는 단일 앵커 원추형 파괴면의 수평투영면적을 원형에서 정사각형으로 치환하여 서로 인접하여 파괴면이 중복되는 다수 앵커의 성능을 효과적으로 예측할 수 있도록 Concrete Capacity Design Approach(CCD 설계법)를 제안하였다. CCD 설계법은 단일 앵커 및 다수 앵커 설계에 모두 적용할 수 있고, 인장과 전단 및 인장-전단 상관관계가 고려되어 있으며, 파괴역학에 근거하

여 크기효과를 포함한 설계식의 계수를 제시하였고, 또한 기존의 국내의 실험 데이터와 설계결과를 비교할 때 매우 우수한 앵커 설계법인 것으로 사료된다.

### 2.2.2 ACI 349 부록B<sup>8,9)</sup>

원자력발전 시설 관련 콘크리트 구조물의 설계법을 규정한 1990년도 ACI 349 위원회 보고서의 부록B는 국내에서 가장 많이 사용된 앵커 설계법이었으나, 본 설계법은 인장을 받는 단일 앵커 원추형 파괴면의 수평투영면적이 원형으로 정의되므로 다수의 앵커가 인접되어 있는 경우 파괴면적의 산정이 어려우며, 2001년 개정을 거쳐서 현재는 CCD 설계법과 거의 동일한 형태를 갖추고 있다. 단, CCD 설계법에는 규정되어 있지 않은 앵커의 시험, 설치민감도, 신뢰도 등을 규정하고 있고, 충격하중에 대하여 역시 규정하고 있으며, 갈고리 볼트는 사용되지 않는다.<sup>10)</sup>

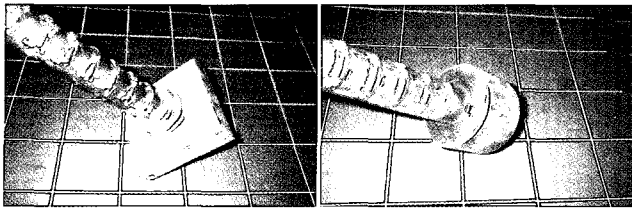
### 2.2.3 ACI 318 부록D 및 ACI 355.2<sup>3,4,11,12)</sup>

ACI 318-02의 부록D는 CCD 설계법에 근간을 둔 앵커 설계법을 포함하고 있으며 또 다른 위원회 보고서인 ACI 355.2-02는 후 설치 앵커의 시험에 대하여 별도로 규정하고 있다. ACI 349를 제외하고 콘크리트 앵커에 관련한 ACI 위원회의 첫 번째 출판물인 이 두 개의 보고서는 현재 ACI 318-05, ACI 355.2-04 등으로 각각 개정되어 사용되고 있다. 콘크리트에 매립된 앵커의 실험방법에 대하여는 ASTM E488을 사용할 수 있다.<sup>13)</sup>

## 3. 기계적 정착장치

### 3.1 헤드 철근(Headed Reinforcement)

기술적 내지는 경제적인 이유로 인하여 이형철근을 직선 정착 또는 갈고리를 사용하여 정착시키지 못하는 경우에 대하여 콘크리트구조설계기준 8.2.6항은 “콘크리트에 손상을 주지 않고 철근의 강도를 발휘할 수 있는 어떠한 기계적 정착장치도 정착방법으로 사용할 수 있다”라고 규정하고 있다<sup>1)</sup>. 현재 국내외에서 활발히 연구되고 있는 대표적인 기계적 정착장치로서 헤드 철근(headed reinforcement)을 들 수 있다. 헤드 철근은 원래 원양 석유 시추선에서 콘크리트 플랫폼을 시공할 때 대구경 철근의 과밀화로 인한 시공성 문제를 해결하기 위하여 고안된 것으로 알려져 있고, 이형철근의 단부에 사각형 또는 원형 단면의 강관을 용접 또는 볼팅하여 제작한다. 미국, 캐나다 등에서는 이미 상용화된 제품이 시판되고 있으며 이 중에서 마찰용접(friction weld) 방식으로 용접된 헤드와 tapered 방



a. 용접된 헤드      b. tapered 방식으로 볼팅된 헤드

그림 4. 상용 헤드 철근의 예

식으로 볼팅된 두 가지 헤드를 <그림 4(a), (b)>에 나타내었다. 헤드 철근은 향후 다양한 용도에서 직선 정착 및 갈고리 정착을 대체할 수 있을 것으로 예상된다. 현재 국내외에서는 건축구조물의 외부 보-기둥 접합부, 마넨 단부(dapped end) 등의 철근이 밀집된 불연속 영역 등에서 이형철근을 정착하기 위하여 많이 연구되고 있다. 현재까지의 연구결과는 헤드 철근의 사용으로 인하여 정착길이가 소폭 감소될 수 있고, 반면에 철근이 밀집된 지역에서 시공성이 대폭 향상됨으로써 경제적인 효과가 있는 것으로 알려지고 있다<sup>14~19</sup>. 또한 더블 헤드드 바(double headed bar)를 벽체의 띠철근으로 사용하는 경우, 헤드 철근을 사용하여 겹침 이음길이를 줄이기 위한 연구도 진행되고 있다.<sup>20,21)</sup>

### 3.2 헤드 철근 설계 방향

헤드 철근의 현장 적용에 관련하여, 특히 외부 보-기둥 접합부에 정착되는 보 주철근의 기계적 정착에 관한 체계적인 연구

가 많이 이루어졌고 또한 접합부의 파괴 형태에 대한 많은 연구 성과가 축적되었다. 이를 바탕으로 일본에서는 헤드 철근을 사용한 외부 보-기둥 접합부의 파괴 형태로서 접합부에 인접 설치된 다수 헤드의 지압 저항에 의한 콘크리트 파괴와 헤드 주위 콘크리트의 측면 파열 등 파괴 형태를 가정하고 이들 파괴 형태에 대응하는 콘크리트의 내력이 헤드 철근의 항복 시 인장력을 상회하도록 하여 보 단부에 소성 항복 힌지를 형성하는 것을 목표로 하는 설계가 이루어지고 있으며<sup>22,23)</sup>, 건축센터의 성능평가를 받은 헤드 철근을 사용한 구조물의 신축이 허용되고 있다<sup>22)</sup>. <그림 5>에 이와 같은 헤드 철근의 시공 사례를 도시하였다. 미국 및 유럽에서 헤드 철근의 향후 설계 방향은 전술한 CCD 설계법을 근간으로 하고 CCD 설계법에 대한 수정계수를 제안하는 방법이 고려되고 있는 것으로 알려져 있으며, 또한 이와는 별도로 스트럿-타이 모델을 이용한 이론적 연구도 국내외에서 활발히 진행 중이다.<sup>23~26)</sup>

## 4. 철근 이음장치

### 4.1 철근 이음의 필요성

철근콘크리트구조에서는 구조물 내부에 발생하는 인장력에 대해 철근이 저항하는 역할을 하고 있다. 구조물 내에서 철근은 부재 축방향과 횡방향으로 모두가 연결되어 있는 것이 이상적이다. 그러나 철근의 제조, 운반, 시공 등의 다음과 같은 이유로 모든 철근이 연속된 완전한 하나의 구조체로 만드는 것은 불가

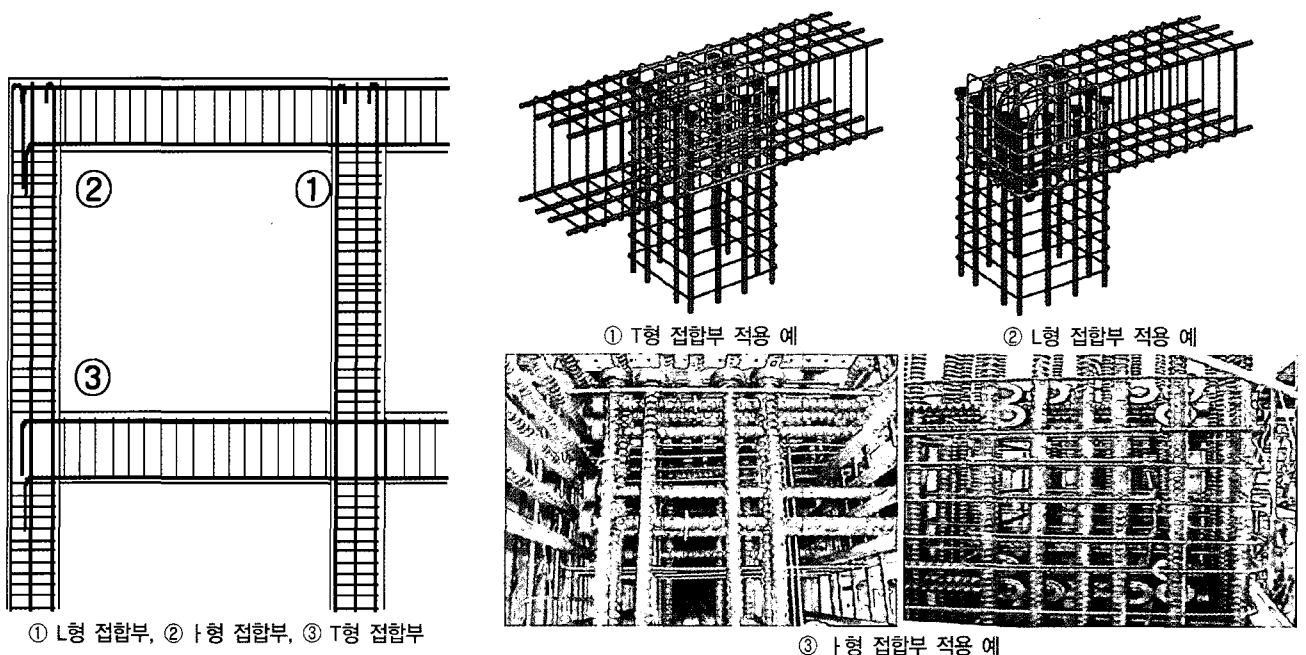


그림 5. Headed Reinforcement 현장 적용의 예

능하다. 철근을 '잇는다'는 수단은 정해진 길이의 철근을 건설현장에서 연속된 것으로 하기 위해 중요한 요소라 할 수 있다.<sup>28)</sup>

- ① 철근제조 상의 길이 제한
- ② 철근운반 상의 길이 제한
- ③ 철근가공 상의 길이 제한
- ④ 철근시공(배근) 상의 길이 제한
- ⑤ 공업화공법 채용 및 건축생산 시스템의 합리화에 따른 제한

### 4.2 철근 이음의 종류

철근의 이음은 철근 주위의 콘크리트와의 부착에 의해 철근의 응력을 전달하는 겹침 이음과 철근의 응력을 직접 전달하는 가스압접 이음 및 기계식 이음으로 크게 나눌 수 있다.<sup>22,26)</sup> 현재 사용되어지는 주요한 철근이음의 종류 및 특징을 <그림 6, 7>에 나타내었다. 또한 겹침 이음과 가스압접 이음을 제외한 각종의 이음은 구조체 각부의 요구성능에 대응하여 선택·채용된다.

#### 4.2.1 겹침 이음

종래로부터 채용되어온 공법으로 철근의 직경에 따라 필요한 겹침 길이를 확보하는 것으로 콘크리트의 부착력을 통해서 응력을 전달하는 이음방법이다. 그러나 콘크리트구조설계기준<sup>1~5)</sup>에서는 D35 이상의 직경이 큰 철근에는 겹침 이음을 원칙적으로 설치하지 않을 것, 다시 말해 직경이 D32 이하의 철근에서 채용이 가능하지만 직경이 클수록 기둥이나 보의 부재 폭에 대해 적절한 철근간격을 확보하기 어려워 콘크리트의 충전성에 문제가 발생한다.

#### 4.2.2 가스압접 이음

가스압접 이음공법은 철근과 철근을 가열·가압하는 것으로 접합면 금속결정의 재배열을 촉진하여 접합시키는 것으로 용착 금속을 사용하지 않는다. 경제적으로도 비교적 저렴하며 시공용 장비 또한 편리하여 직경이 큰 철근을 사용하는 경우 일반

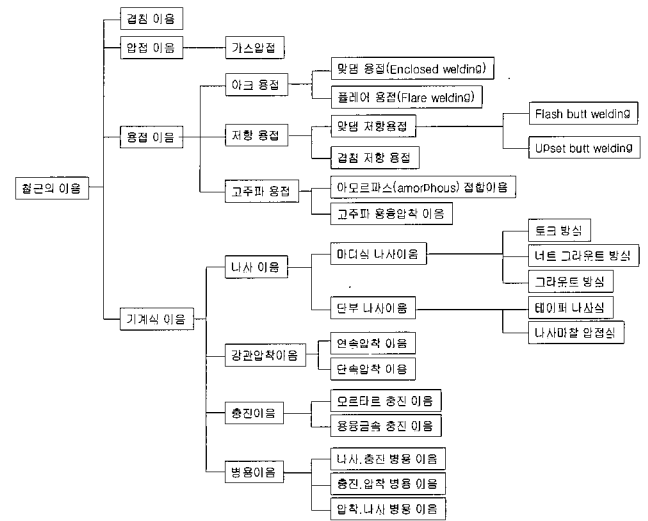


그림 6. 철근 이음의 분류<sup>28)</sup>

적으로 이용되고 있는 방법이지만, 용접공의 기량이나 날씨 등의 시공조건이 접합부의 강도를 좌우할 수 있기 때문에 시공관리에 세심한 주의가 필요하다.

#### 4.2.3 기계식 이음

기계식 이음은 건물의 대형화나 고층화 공업화 시공에 따라 발전해온 이음공법으로 나사식, 강관 압착식, 썬기식, 모르타르 충전식 등의 공법이 개발되어 현재 그 사용이 지속적으로 증가하고 있는 추세이다. 접합부의 강도는 작업자의 기량이나 날씨 등에 그다지 영향을 받지 않지만 가스압접 이음 등에 비해 다소 경제적인 면에서 불리하다.

#### 4.2.4 용접 이음

철근과 철근을 용융금속을 매개로 접합하는 공법으로 작은 직경의 겹침 아크용접이나 보·기둥 부재의 PC화 된 대구경 철근의 맞댐 접합에 이용된다. 그러나 가스압접 이음과 마찬가지로 작업자의 기량이나 용접자세, 날씨 등의 시공조건이 접합부의 강도를 좌우하기 때문에 시공관리가 매우 중요하다.

항목/종류 적용부위	겹침 이음 모든 부위	가스압접 이음 기둥, 보	기계식 이음 기둥, 보	용접 이음 기둥, 보
시공품질의 균질성확보	어려움	용이(기능공, 날씨에 영향)	용이	어려움
이음부 신축	-	철근 수축	-	-
공구/장비	-	가압기, 압접기	토크렌치, 압착 유압기	용접기
적용 예				

그림 7. 철근이음의 특징 및 적용 예

## 5. 맺음말

최근 진행되고 있는 콘크리트 앵커 설계법, 철근의 정착과 이음에 관한 새로운 기술동향 및 연구개발 방향에 대해 개략적으로 살펴보았다. 철근콘크리트구조물에서 앵커 및 철근의 정착·이음에 대해서는 콘크리트구조설계기준 및 보고서에 소개된 여러 가지 기술동향 등을 참고로 시공성이나 합리성, 나아가 경제성도 고려하여 설계자가 결정할 수 있을 것이다. 그러나 아직 우리나라에는 앵커 볼트, 이형철근의 기계적 정착장치, 이음장치 등의 사용에 대한 설계기준 등의 제도적 장치가 상대적으로 미흡한 실정으로, 학회 및 정부 차원의 지속적인 관심이 요구된다. □

## 참고문헌

1. 한국콘크리트학회, "콘크리트구조설계기준·해설", 2003.
2. ACI Committee 318, "Building Code Requirements for Structural Concrete(318M-95) and Commentary(318RM-95)," 1995.
3. ACI Committee 318, "Building Code Requirements for Structural Concrete (318M-02) and Commentary (318RM-02)," 2002.
4. ACI Committee 318, "Building Code Requirements for Structural Concrete (318-05) and Commentary (318R-05)," 2005.
5. 日本建築學會, "鐵筋コンクリート構造計算基準·同解説", 日本建築學會, 1999, pp.170~202.
6. 한국콘크리트학회, "전문위원회 연구발표집", KCI-M-04-005, 2004.
7. 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.
8. ACI Committee 349, "Code Requirements for Nuclear Safety Related Concrete Structures(ACI 349-90) and Commentary(ACI 349R-90)," 1990.
9. ACI Committee 349, "Code Requirements for Nuclear Safety Related Concrete Structures(ACI 349-01) and Commentary(ACI 349R-01)," 2001.
10. 한국콘크리트학회, "콘크리트 앵커 설계지침 연구보고서", KCI-M-04-007, 2004.
11. ACI Committee 355, "Qualification of Post-Installed Mechanical Anchors in Concrete(ACI 355.2-02)," 2002.
12. ACI Committee 355, "Qualification of Post-Installed Mechanical Anchors in Concrete(ACI 355.2-04)," 2004.
13. ASTM, "Standard Test Methods for Strength of Anchors in Concrete and Masonry Elements," American Society of Testing Materials, E488-88, 1988.
14. 천성철, 김대영, "철근 기계적 정착장치의 설계 고려사항과 인발특성", 콘크리트학회 논문집, 14권 6호, 한국콘크리트학회, 2001, pp.593~601.
15. 김용곤, 임원석, 최동욱, "단부 기계적 정착장치를 갖는 철근의 뽑힘 강도", 콘크리트학회 논문집, 14권 3호, 한국콘크리트학회, 2002, pp.430~439.
16. D.-U. Choi, S.-G. Hong, C.-Y. Lee, "Test of Headed Reinforcement in Pullout," KCI Concrete Journal, Vol.14, No.3, 2002, pp.102~110.
17. 최진혁, 이창훈, 이주하, 윤영수, "헤드드 바와 강섬유로 보강한 Dapped Ended Beam의 구조 실험", 2005년도 봄 학술발표회 논문집, 한국콘크리트학회, pp.39~42.
18. 김인규, 유승룡, "프리캐스트 보-기둥 헤드철근 연결부 반복하중 실험", 콘크리트학회 논문집, 15권 3호, 한국콘크리트학회, 2003, pp.369~376.
19. 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.
20. Dillger W.H. and Ghali A., "Double-Head Studs as Ties in Concrete," ACI Concrete International, June 1997, pp.59~66.
21. Thomson M. K. "The Anchorage Behavior of Headed Reinforcement in CCT Nodes and Lap Splices," Ph.D. Dissertation, The University of Texas at Austin, 2002.
22. The Building Center of Japan, "Building Letter for BCJ Partners," No. 014, 2003.
23. 中澤春生 他, "RC梁主筋の機械式定着部野コーン狀破壊に對するマクロモデル", 日本建築學會構造系論文集, 第575号, 2004, pp.89~96.
24. DeVries, R. A., Jirsa, J. O., and Bashandy, T., "Anchorage Capacity in Concrete of Headed Reinforcement with Shallow Embedments," ACI Structural Journal, Vol.96, No.5, 1999, pp.728~736.
25. Hofmann J. and Eligehausen R., "Development Length of Headed Reinforcing Bars," Bond in Concrete - from research to standards, Budapest, 2002, pp.477~484.
26. 박종욱, 홍성걸, "부착파괴를 고려한 Headed Reinforcement의 파괴메카니즘", 2003년도 가을학술발표회 논문집, 한국콘크리트학회, pp.234~237.
27. 기술표준원, "철근 콘크리트용 봉강의 기계식 이음의 검사 방법", KS D 0249, 산업자원부, 2003.
28. 建築技術, "はじめから見直す鉄筋工事のポイント", 建築技術 2003, pp.87~175.
29. ACI Committee 439, "Mechanical Connections of Reinforcing Bars (ACI 439.3R-83)," ACI Structural Journal, Jan., 1983, pp.24~35.
30. ACI Committee 439, "Mechanical Connections of Reinforcing Bars(ACI 439.3R-91)," ACI Manual of Concrete Practice, Vol.5, 2005.