

# 정착과 이음, 그리고 콘크리트용 앵커

Development and Splice of Reinforcement,  
and Anchoring to Concrete

천성철 Sung-Chul Chun  
목포대학교 건축공학과  
교수

최석환 Sokhwan Choi  
국민대학교 건설시스템  
공학부 교수

최동욱 Donguk Choi  
한경대학교 건축학부  
교수

김승훈 Seung-Hun Kim  
한밭대학교 건축공학부  
교수

문도영 Do-Young Moon  
경성대학교 토목공학과  
교수

이대용 Dae-Yong Lee  
포항산업과학연구원  
책임연구원

## 1. 머리말

철근 정착과 이음은 건설 공사의 상당 부분을 차지하는 중요한 사항으로, 이번 개정에는 국내 건설현장의 특성과 국내 연구진의 연구결과를 반영하여 개정이 이루어졌다. 주요 개정 사항은 갈고리 철근을 대체할 수 있는 확대머리 이형철근의 정착 설계법 도입과 압축을 받는 철근의 이음길이 설계법 개정이다. 이외에도 횡방향 철근지수 산정식, 단순 받침부와 변곡점에서 정모멘트 철근 지름의 제한 규정, 지름이 다른 철근의 이음길이 산정법이 개정되었으며, 경량콘크리트와 고강도 철근에 관한 사항이 관련 장의 개정에 맞춰 수정되었다. 2007년 「콘크리트구조설계기준」에 새로 도입되었던 콘크리트용 앵커는 콘크리트 파괴강도가 낮은 경우를 보완하기 위해 앵커철근을 활용하는 방법이 신설되었다. 또한 지진하중에 대한 강도감소계수가 일부 수정되어 보다 일관성 있는 설계가 가능하게 되었다.

## 2. 확대머리 이형철근

직선 정착길이 확보가 용이하지 않은 외부 보-기둥 접합부 등에는 갈고리 철근이 주로 사용된다. 그러나 접합부와 같이 철근이 과밀한 곳에서는 갈고리로 인해 배근 작업이 어렵고, 콘크리트 충전성이 저하될 우려가 있다. 확대머리 철근(headed reinforcement)은 지압판(확대머리)을 철근 단부에 부착하여 정착길이를 확보하는 방법으로, 과밀 배근 해소를 목적으로 갈고리 철근 대신 사용될 수 있다.

국내외에서 확대머리 철근의 성능에 대한 다양한 연구<sup>1~10)</sup>가 수행되어 왔으며, 이중 텍사스 오스틴 대학에서 수행된 Thompson의 연구<sup>1~3)</sup>를 바탕으로 식 (1)의 정착길이 설계식이 수립되었다. 식 (1)은 직선 정착길이 그리고 갈고리 정착길이 설계식과 같은 형태이며, 갈고리 정착길이의 80%가 된다.

$$l_{dt} = 0.19 \frac{\beta f_y d_b}{\sqrt{f_{ck}}} \tag{1}$$

여기서,  $\beta$ 는 에폭시 도막철근이 경우 1.2, 그 외는 1.0이며, 정착길이는  $8d_b$  그리고 150 mm 이상이어야 한다.

이 식은 실험적으로 평가된 확대머리 철근 정착강도의 하한값으로 결정되었으며, 설계식 개발에 사용된 실험체의 한계값인 다음 조건을 충족한 경우에만 적용될 수 있다.

(1) 철근항복강도 400 MPa 이하

- (2) 철근 직경 35 mm 이하
- (3) 일반 콘크리트 사용(경량콘크리트에 적용 불가)
- (4) 확대머리의 순지압면적( $A_{brg}$ )이 철근 단면적의 4배 이상
- (5) 순 피복두께는 철근 지름의 2배 이상
- (6) 철근 순간격은 철근 지름의 4배 이상
- (7) 콘크리트 강도는 40 MPa 이하

이중에서 철근 순간격  $4d_b$  규정은 과도하게 엄격한 규정으로, 보-기둥 접합부와 같이 철근이 과밀하게 배근되는 부재에는 완화될 필요가 있다. 따라서 접합부에 정착된 확대머리 철근의 국내 연구결과<sup>5,8,9,10</sup>를 반영하여 해당 접합부의 상하에 기둥이 있는 보-기둥 접합부의 보 주근으로 사용되고, 접합부의 횡보강근이 체적비 0.3% 이상 배근되며 확대머리의 뒷면이 횡보강근 바깥면에서부터 50 mm 이내에 위치하면 철근 순간격을  $2.5d_b$ 로 완화하였다. <그림 1-(b)>는 철근 순간격을

$2.5d_b$ 로 할 수 있는 예를 보여주고 있다. 확대머리가 횡구속된 코어의 후면까지 최대한 연장되면, 접합부에 압축 스트럿이 적절히 형성되어 접합부의 성능과 확대머리 철근의 정착성능이 모두 향상된다<sup>5,8~12</sup>.

순간격과 피복두께는 확대머리가 아닌 철근을 기준으로 산정한다. 그러나 확대머리도 철근의 일부분이므로 콘크리트 충전과 내구성을 위해 철근 상세에서 규정하고 있는 피복두께는 확대머리를 기준으로 평가하여야 한다.

압축을 받는 확대머리 철근에 대한 연구결과가 없기 때문에 갈고리 철근과 마찬가지로 확대머리 철근은 압축을 받는 철근의 정착에는 효과적이지 않는 것으로 본다. 실험을 통해 철근의 강도를 발현할 수 있다고 증명된 확대머리 철근 또는 기계적 정착은 상기 조건에 위배되어도 사용될 수 있다. 충전성 향상을 위해 순지압면적이 철근 단면적의 4배보다 작은 확대머리 철근이 필요할 경우, 실험을 통해 적절한 강도를 발현할 수 있음을 증명하면 사용이 가능하다.

확대머리 철근의 KS는 아직 제정되지 않았다. 실무에서 확대머리 철근을 사용하기 위해 필요한 제작 방법, 시험 항목과 방법, 그리고 형상에 관한 사항은 개정된 기준의 해설에 수록하였다<sup>13</sup>. 그리고 형상에 대한 기본적인 사항은 개정된 기준 2장에 설명되어 있으며, <그림 1-(c)>와 같다.

### 3. 압축철근의 이음

철근은 주로 인장력을 받으므로 근래에는 인장이음길이에 대한 연구만이 집중적으로 이루어졌다<sup>14</sup>. 즉, 압축을 받는 철근의 이음길이 설계법은 1963년 PCA에 발표된 연구<sup>15</sup>를 바탕으로 제정된 이후 추가적인 개정없이 현재까지 사용되고 있다<sup>16</sup>.

일반적으로 압축이음길이는 철근 단부의 지압력으로 인해 인장이음길이보다 짧아도 설계기준항복강도를 발현할 수 있다. 그러나 기존 구조설계기준에서는 압축이음길이 산정에서 콘크리트 강도의 영향을 고려하고 있지 않기 때문에 <그림 2>와 같이 고강도 콘크리트를 사용할 경우 기준에서 요구하는 압축이음길이가 인장이음길이보다 길어진다.

따라서 개정된 구조기준에서는 최근 국내 연구결과<sup>17~19</sup>에 따라 콘크리트 압축강도를 고려한 식 (2)로 압축이음길이 설계식을 개정하였다.

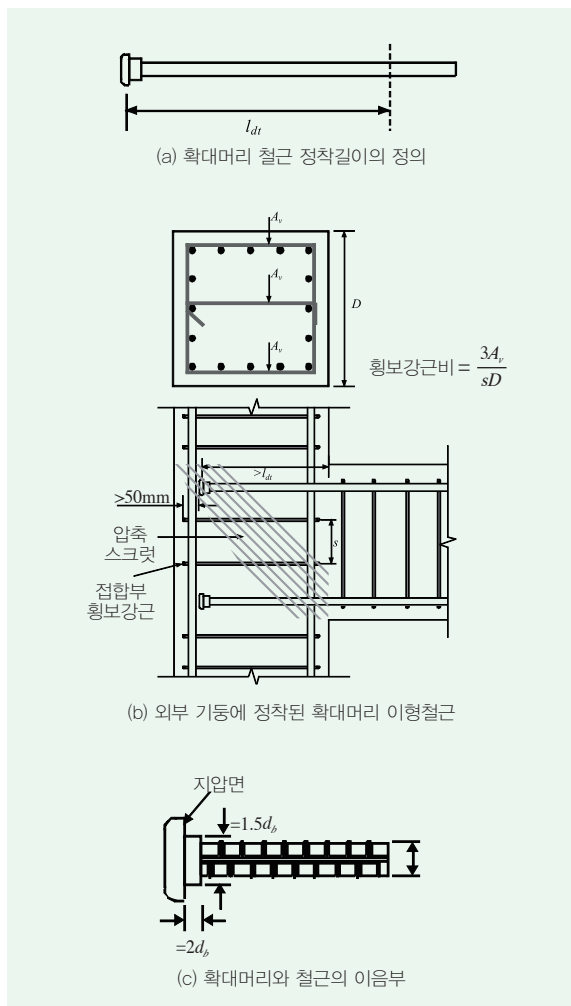


그림 1. 확대머리 철근의 정착

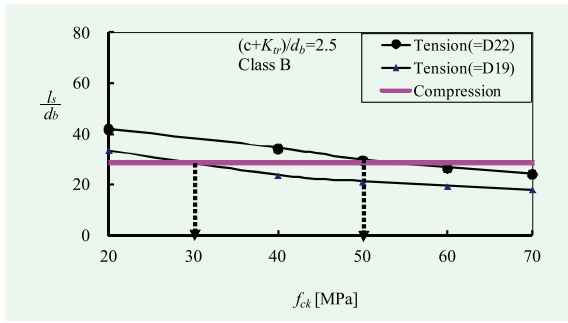


그림 2. 인장이음길이와 압축이음길이의 비교

$$l_s = \left( \frac{1.4f_y}{\lambda \sqrt{f_{ck}}} - 52 \right) d_b \quad (2)$$

여기서, 압축이음길이는  $f_y$ 가 400 MPa 이하인 경우  $0.072f_y d_b$ 보다 길 필요가 없고,  $f_y$ 가 400 MPa를 초과하는 경우에는  $(0.13f_y - 24)d_b$ 보다 길 필요가 없다. 이 때 겹침이음길이는 300 mm 이상이어야 하며, 인장 철근의 이음길이가보다 길 필요가 없다. 콘크리트의 설계기준압축강도가 21 MPa 미만인 경우는 겹침이음길이를 1/3 만큼 증가시켜야 한다.  $\lambda$ 는 경량콘크리트계수이다.

실험결과<sup>17)</sup>에 의하면, 압축이음길이는  $(f_y^2 / f_{ck})$ 에 비례하는 것으로 평가되었다. 그러나 설계자의 편의성을 고려하여 인장이음길이 및 갈고리 철근 정착길이 설계식과 같은 형태로 식 (2)를 구성하였으며, 괄호 안의 두 번째 항은 단부 지압 효과를 고려한 것이다. 횡보강철근이 있는 경우에는 압축이음길이를 더욱 줄일 수 있지만 실용적인 측면을 고려하여 이번 개정에서는 반영하지 않았다.

이 밖에 정착과 이음에 관한 개정으로는 인장정착길이 산정식에서 횡보강철근의 영향을 나타내는 계산식이 식 (3)으로 개정되었다. 실험<sup>20)</sup>에 의하면 횡보강철근이 거의 항복하지 않는다는 결과에 따라 항복강도를 없앴다.

$$K_{tr} = \frac{40A_{tr}}{sn} \quad (3)$$

#### 4. 앵커철근을 이용한 콘크리트 파괴강도 설계

2007년 구조설계기준에 처음 제정된 콘크리트용 앵커 설계법은 장 번호가 부록 IV에서 부록 II로 변경되었다. 이번 개정의 가장 큰 변화는 앵커철근(anchor reinforcement)의 설계법 신설이다.

콘크리트용 앵커의 설계강도는 여러 가지 파괴강도 중

가장 낮은 값으로 결정되는데, 주로 콘크리트 파괴강도가 지배한다. 그러나 구조기준에서 채택하고 있는 Concrete Capacity Design(CCD) 방법<sup>21)</sup>은 2007년 이전까지 사용하던 원추형 파괴 강도 산정법<sup>22)</sup>에 비해 강도를 낮게 평가한다. 따라서 큰 하중을 받는 앵커의 경우 지지부재의 치수를 증가시켜야하는 경우가 발생하였다. 따라서 이번 개정에서는 <그림 3, 4>와 같이 앵커 주변에 배근된 철근(앵커철근)을 이용하여 콘크리트 파괴강도를 증가시키는 방법이 신설되었다.

즉, 앵커철근이 <그림 3>과 같이 앵커 중심에서  $0.5h_{ef}$ 이내에 위치하고, 예상 파괴면에서 양쪽 방향으로 적절히 정착되었다면 앵커철근의 항복강도를 공칭강도로 할 수 있다. 이 방법은 Eligehausen<sup>23)</sup>의 실험결과에 따른 것으로 실험에서 사용된 16 mm 철근까지 설계에 적용할 수 있다. 앵커철근은 가급적 앵커에 가깝게 그리고 콘크리트 표면에 가깝게 배근할수록 효과적이다. 강도감소계수는 스트럿-타이 모델에서 사용하는 0.75를 사용한다.

이 외에 지진하중이 고려된 콘크리트용 앵커의 설계에서 콘크리트파괴와 관련된 강도에 대해서만 강도감소계수 외에 0.75를 추가적으로 곱하도록 개정되었다. 즉, 기존 구조설계기준에서는 지진하중이 고려되면 앵커의 강재강도도 75%로 감소시켰으나 개정된 구조기준에서는 앵커의 강재강도에는 이 규정의 적용을 제외하였다.

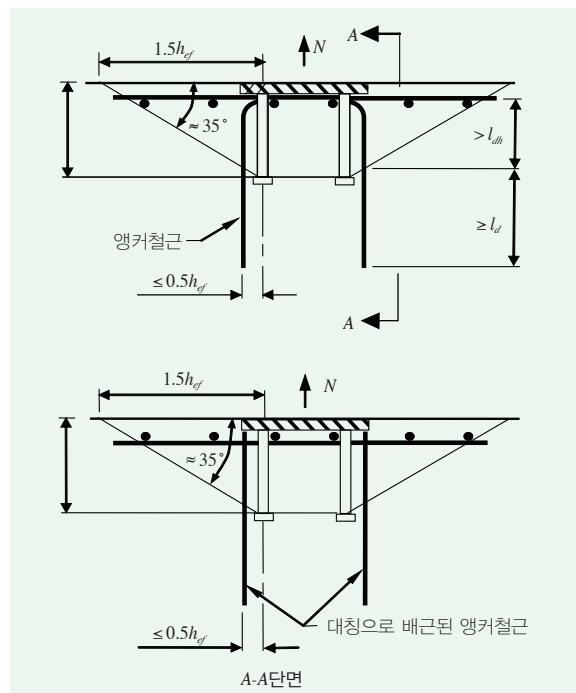


그림 3. 인장을 받는 앵커의 앵커철근

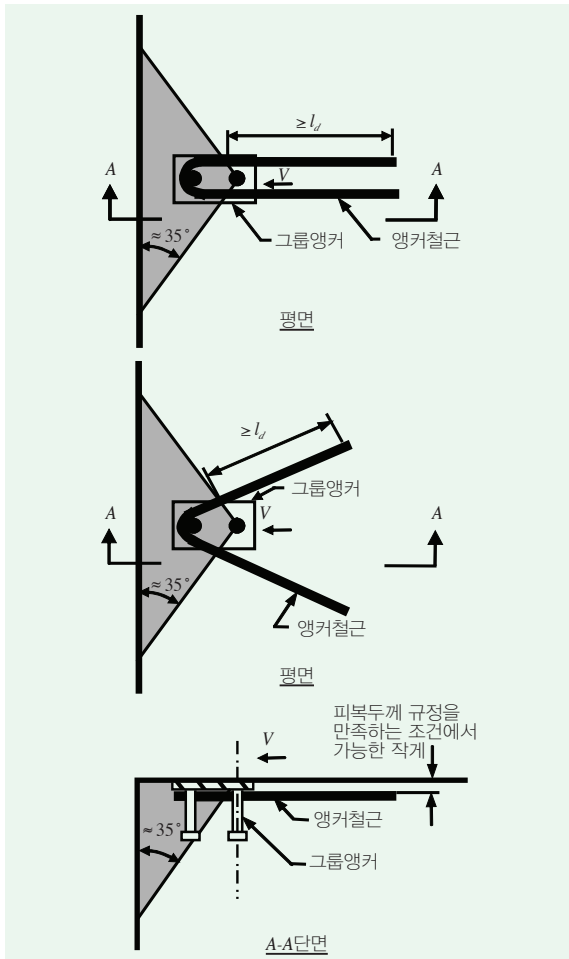


그림 4. 전단을 받는 앵커의 앵커철근

지진하중에 대해 앵커 강제강도가 특별히 저하되지 않기 때문이다.

## 5. 맺음말

이번 개정에는 새로운 건설재료에 대한 최신의 국내외 연구결과를 바탕으로 많은 개정이 이뤄졌다. 확대머리 철근과 앵커철근의 도입은 철근공사와 앵커공사의 설계 및 시공의 자유도를 높일 것으로 예상된다. 또한 압축이 음길기 설계법은 고강도 콘크리트가 적용되는 구조물의 철근공사를 개선할 것이다. 이 기사가 개정된 정착과 이음 그리고 콘크리트용 앵커 구조기준의 배경을 이해하고, 새로운 건설재료의 효과적인 적용에 도움이 되기를 기대한다. 📄

## 참고문헌

1. 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, Nov.-Dec. 2005, pp. 808 ~ 815.
2. 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, Jan.-Feb. 2006, pp. 65 ~ 73.
3. 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, Mar.-Apr. 2006, pp. 271 ~ 279.
4. Dong-Uk Choi, "Test of Headed Reinforcement in Pullout II: Deep Embedment", *International Journal of Concrete Structures and Materials*, Vol. 18, No. 3E, Dec. 2006, pp. 151 ~ 159.
5. 하상수, 최동욱, 이창호, '반복하중을 받는 외부 보-기둥 접합부에서 작은 헤드를 사용한 Headed Bar 적용', 한국콘크리트학회 논문집, Vol. 19, No. 4, 2007. 8, pp. 411 ~ 420.
6. 양준모, 권기연, 최홍식, 윤영수, '헤디드 바, 고장력 철근 및 CFRP 바로 전단보강된 세장 고강도콘크리트 보의 전단 거동 평가', 한국콘크리트학회 논문집, Vol. 19, No. 6, 2007. 12, pp. 717 ~ 726.
7. 윤승조, 이우진, 김상구, 윤용대, 서수연, 김성수, 'Head로 형구속된 편심하중을 받는 R/C기둥의 띠철근비의 영향', 한국콘크리트학회 봄학술발표대회, 2006, pp. 62 ~ 65.
8. Kang, T. H.-K. Ha, S. S. and Choi, D.-U. "Bar Pullout Tests and Seismic Tests of Small-Headed Bars in Beam-Column Joints", *ACI Structural Journal*, Vol. 107, No. 1, Jan.-Feb. 2010, pp. 32 ~ 42.
9. 천성철, 이성호, '외부 보-기둥 접합부에 정착된 확대머리 철근의 파괴유형과 강도', 대한건축학회논문집 구조계, Vol. 25, No. 5(통권247호), 2009. 5, pp. 47 ~ 54.
10. 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*, Jan.-Feb. 2007, pp. 102 ~ 112.
11. 日本建築学会, "鐵筋コンクリート構造計算規準・同解説", 2010. 2, 526 pp.
12. Joint ACI-ASCE Committee 352, Recommendations for Design of Beam-Column Connections in Monolithic Reinforced Concrete Structures (ACI 352R-02), *American Concrete Institute*, Farmington Hills, Mich., 2002, 37 pp.
13. 천성철, 최동욱, 김승훈, 최석환, 문도영, 'ASTM A970-09 확대머리 철근의 표준과 시험방법', 한국콘크리트학회지, Vol. 23, No. 4, 2011. 7, pp. 64 ~ 66.
14. ACI Committee 408, "Bond and Development of Straight Reinforcing Bars in Tension (ACI 408R-03)", ACI, Farmington Hills, Mich., USA, 2003, 49 pp.
15. Pfister, J. F. and Mattock, A. H., "High Strength Bars as Concrete Reinforcement, Part 5: Lapped Splices in Concentrically Loaded Columns", *Journal, PCA Research and Development Laboratories*, Vol. 5, No. 2, May 1963, pp. 27 ~ 40.
16. ACI Committee 318, "Building Code Requirements for Structural Concrete (ACI 318-11) and Commentary", ACI, Farmington Hills, Mich., USA, 2011, 503 pp.
17. Chun, S. C., Lee, S. H. and Oh, B., "Compression Splices

in Confined Concrete of 40 and 60 MPa Compressive Strengths”, *ACI Structural Journal*, Vol. 107, No. 4, July, August 2010, pp. 476 ~ 485.

18. 천성철, 이성호, 오보환, ‘40 ~ 70 MPa 콘크리트에서의 철근 압축이음 길이’, *한국콘크리트학회 논문집*, Vol. 21, No. 4, 2009. 8, pp. 401 ~ 408.
19. Chun, S. C., Lee, S. H. and Oh, B., “Simplified Design Equation of Lap Splice Length in Compression”, *International Journal of Concrete Structures and Materials*, Vol. 4, No. 1, June 2010, pp. 63 ~ 68.
20. Azizinamini, A. Chisala, M. and Ghosh, S. K., “Tension Development Length of Reinforcing Bars Embedded in High

Strength Concrete”, *Engineering Structures*, Vol. 17, No. 7, 1995, pp. 512 ~ 522.

21. 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.
22. ACI Committee 349, Code Requirements for Nuclear Safety Related Concrete Structures(ACI 349-90) and Commentary(ACI 349R-90), American Concrete Institute, 1990, 124 pp.
23. Eligehausen, R., Mallée, R. and Silva, J., Anchorage in Concrete Construction, Ernst & Sohn (J. T. Wiley), Berlin, May 2006, 380 pp.

저자약력



**천성철 교수**는 서울대학교 건축학과에서 철근 기계적 정착의 스트럿-타이 모델에 관한 연구로 박사학위를 취득하였다. 대우건설 기술연구원에서 14년간 근무하였으며, 2010년부터 목포대학교 건축공학과 교수로 재직하고 있다. 주 관심 연구분야는 철근을 비롯한 보강재의 이음과 정착, 앵커, 리모델링 구조 보강, 접합부 거동이며, 우리학회 정착이음 전문위원회 위원장을 맡고 있다.

scchun@mokpo.ac.kr



**김승훈 교수**는 한양대학교 건축공학과에서 RC 띠장-철골 보 접합부의 구조적 거동에 관한 연구로 박사학위를 취득한 후 한양대학교 초대형구조시스템연구소 및 GS건설 기술본부에서 건축구조 분야 연구를 수행하였다. 2005년부터 국립한밭대학교 건축공학과에 전임강사를 시작으로 현재 부교수로 재직하고 있다. 주 관심 연구 분야는 복합구조 부재 및 접합부의 성능평가 및 이를 활용한 건축 신공법이다.

kimsh@hanbat.ac.kr



**최석환 교수**는 미국 노스웨스턴대학교에서 콘크리트 파괴역학 연구로 박사학위를 취득하였다. ACBM 센터(Post. Doc.) 및 한국해양연구원을 거쳐 1999년부터 국민대학교 건설시스템공학부에 재직하면서 콘크리트 재료, 설계 분야의 교육 및 초고성능콘크리트 연구를 수행하고 있다. 현재 콘크리트구조설계기준위원회 간사, 국문논문집편집위원회 부위원장을 담당하고 있다.

shchoi@kookmin.ac.kr



**문도영 교수**는 한양대학교 토목환경공학과에서 GFRP 보강근의 부착거동에 관한 논문으로 박사학위를 취득하였고, 캐나다 퀘벡의 Univ. of Sherbrooke에서 Post Doc.을, 삼표 E&C기술연구소에서 책임연구원 근무한 경험을 가지고 있으며, 현재에는 경성대학교 토목과에 재직하고 있다. 현재 수행중인 주된 연구/개발과제는 강섬유보강 콘크리트 세그먼트의 개발이다.

mdy8762@empal.com



**최동욱 교수**는 미국 텍사스주립대(오스틴)에서 박사학위를 취득하였고, 1996년부터 한경대학교 건축학부 교수로 재직 중이다. 주요 연구분야는 확대머리 철근을 포함한 콘크리트용 앵커, FRP 보강근 및 시트 등의 혁신적인 구조 재료이며, 최근 지속가능성 분야에 집중하고 있다. 우리학회 대외협력위원장, 국제교류위원장을 역임하였고 현재 국제 담당 부회장으로 활동 중이다.

choidu@hknu.ac.kr



**이대용 박사**는 Univ. of Michigan(Ann Arbor)에서 주각부 내지진 거동해석 및 설계에 관한 연구로 박사학위를 취득하였고, Univ. of Minnesota(Twin Cities)에서 약 3년간 미국의 강재 보-기동 모멘트 접합부 설계기준 평가에 관한 연구를 수행하였으며, 2003년부터 포항 산업과학연구원에서 책임연구원으로 재직중에 있다. 주 연구대상은 강재-콘크리트 하이브리드화기술, 강구조물 조립식 모듈화기술, 해상 풍력 Substructure 설계기술이다.

dylee@rist.re.kr