

# 철근의 설계기준 항복강도

## Specified Yield Strength of Steel Reinforcement

이재훈 Jae-Hoon Lee  
영남대학교 건설시스템공학과 교수

박홍근 Hong-Gun Park  
서울대학교 건축학과 교수

### 1. 머리말

콘크리트구조기준은 철근의 최대 설계기준항복강도를 철근의 용도에 따라 달리 규정하고 있다. 현행 기준에서는 휨부재 주철근에 설계기준항복강도 550 MPa 이하를 적용하도록 하고 있으나 셸과 절판부재, 내진 특수모멘트골조는 휨부재 주철근으로 400 MPa 이하를 적용하도록 하고 있다. 휨부재 전단철근에는 설계기준항복강도 400 MPa 이하를 적용하도록 하고 있으나 용접 이형철망은 550 MPa까지 허용한다. 압축부재의 주철근으로는 설계기준항복강도 550 MPa 이하를 적용하도록 하고 있으며, 압축부재의 횡방향 철근이 전단이나 비틀림 보강용이 아닌 경우에 띠철근은 550 MPa 이하로, 나선철근은 700 MPa 이하로 규정하고 있다. 그러나 압축부재의 횡방향 철근이 전단이나 비틀림 보강용인 경우는 400 MPa 이하로 규정하고 있다. 따라서 압축부재의 횡방향 철근으로 설계기준항복강도가 550 MPa인 띠철근이나 700 MPa인 나선철근을 사용할 수 있으나 설계에서 설계전단강도를 계산할 때에는 철근의 항복강도가 400 MPa인 것으로 계산하여야 한다. 이러한 철근의 최대 설계기준항복강도 기준은 오랫동안 큰 변화 없이 규정되어 왔으나 개정되는 구조기준에서는 철근의 최대 설계기준항복강도가 상향조정되었다.

### 2. 철근 설계기준항복강도의 개정 배경

지식경제부 산업기술평가관리원에서 중기저점기술개발사업으로 2004년 9월부터 5년의 예정으로 시행한 산업기술개발사업 ‘차세대 초대형 구조물용 강재 개발’의 제1세부 과제인 ‘초고장력 H 형강 및 철근 기술개발’ 과제(연구기관-현대제철, 동국제강)에서 1단계 3년(2004년 9월 ~ 2007년 8월)의 연구 성과로서 항복강도가 600 MPa과 700 MPa인 두 가지 종류의 고강도 철근이 개발되었다. 이 연구의 2단계 연구과제로서 연구기관인 현대제철과 동국제강은 한국콘크리트학회에 위탁연구과제 ‘콘크리트 구조물에 대한 고장력 철근의 적용성 연구’(2007년 9월 ~ 2010년 2월, 이재훈 외 10인)를 의뢰하여 항복강도가 600 MPa과 700 MPa인 고강도 철근을 적용한 콘크리트 구조의 구조성능실험과 설계기준 분석연구가 수행되었다.

한국토지주택공사에서는 항복강도 500 MPa 철근을 휨부재의 전단철근으로 사용할 목적으로 한국콘크리트학회에 연구과제 ‘고강도 철근 설계·시공 지침안 작성 연구’(2008년 10월 ~ 2009년 2월, 김진근 외 3인)를 의뢰하여 구조성능실험과 설계기준 분석연구가 수행되었다.

또 한국토지주택공사에서는 항복강도 500 MPa과 600 MPa 철근의 적용을 위한 연구과제 ‘휨-압축철근을 위한 Ultra-Bar(SD600)의 적용성 연구 및 스티럽과 타이 철근을 위한 Ultra-Bar(SD500 및 600)의 적용성 연구’

(2009년 7월 ~ 2010년 8월, 정란 외 8인)를 의뢰하여 구조성능실험과 설계기준 분석연구가 수행되었다.

이러한 연구에서 수행한 성능 검증 및 설계기준 분석의 주요 항목은 다음과 같다.

- (1) 일반구조용 철근: 단조 증가 인장시험에 의한 철근의 역학적 성능, 철근 규격
- (2) 내진구조용 철근: 압축-인장 반복 하중 시험에 의한 철근의 저주파 피로 저항성능, 내진용 철근 규격
- (3) 휨: 휨강도, 부재연성, 최대철근비, 균열, 처짐
- (4) 압축 및 휨-압축: 부재 압축강도, 휨-압축강도
- (5) 전단: 전단강도, 전단철근비
- (6) 정착 및 이음: 정착각이, 표준갈고리 정착성능, 이음 성능, 기계적 연결장치(coupler) 성능
- (7) 내진성능: 골조의 내진성능, 보-기둥 접합부의 내진성능, 교각의 내진성능

이러한 연구결과, 설계기준의 몇 가지 항목을 수정하여 선별 적용한다면 항복강도가 600MPa인 철근을 사용한 철근콘크리트 구조물의 설계에 현행 설계기준의 수식이나 강도해석방법을 적용하여도 큰 무리가 없는 것으로 평가되었

다. 따라서 이번 설계기준 개정에 항복강도 600MPa 철근에 대한 규정이 반영되었으며, 500MPa 철근의 전단철근 적용도 반영되었다. 연구결과로는 600MPa 철근도 전단철근으로의 적용이 가능하지만, 400MPa이나 500MPa의 전단철근을 적용한 경우보다 안전율이 다소 감소된다고 평가되었다. 따라서 600MPa 전단철근의 설계기준 적용은 충분한 연구결과가 축적되어 다수의 의견으로 정리될 때까지 시간을 두고 신중하게 진행되는 것이 바람직할 것이므로 이번 개정에는 반영되지 않았다.

항복강도가 700MPa인 철근에 대해서도 600MPa 유사한 결과가 도출되었으나 수행된 실험 연구가 700MPa 철근을 적용한 부재의 기초적인 구조성능에 국한된 제한적인 연구로서 모든 항목에 대하여 충분한 연구가 수행되지 못한 상태이므로 이번 개정에 반영될 수 없었다.

한편 이와 같은 고강도 철근에 대한 연구의 성과 중 하나로서 철근에 대한 새로운 KS 표준인 KS D 3688 ‘고성능 철근 콘크리트용 봉강(High performance steel bars for concrete reinforcement)’이 제정(2011년 10월 26일)되었다. 이 표준에서 다루는 고성능 철근은 내진용 철근을 의미하는 것으로서 요구사항으로 항복강도 상한기준, 항복비(항복강도와 인장강도의 비율) 기준, 화학 성분 및

표 1. 철근의 설계기준항복강도 개정사항

관련조항	2007년 기준(2007)	개정기준												
제 3장 설계하중 및 하중조합														
3.3.4 철근의 설계강도	긴장재를 제외한 철근의 설계기준항복강도 $f_y$ 는 550MPa를 초과하지 않아야 한다.	긴장재를 제외한 철근의 설계기준항복강도 $f_y$ 는 600MPa를 초과하지 않아야 한다.												
제 4장 사용성 및 내구성														
4.3.2 2방향 구조	표 4.3.3. 내부에 보가 없는 슬래브의 최소 두께				표 4.3.3. 내부에 보가 없는 슬래브의 최소 두께									
	설계기준 항복강도 $f_y$ (MPa)	지판이 없는 경우		지판이 있는 경우		설계기준 항복강도 $f_y$ (MPa)	지판이 없는 경우		지판이 있는 경우					
		외부 슬래브	내부 슬래브	외부 슬래브	내부 슬래브		외부 슬래브	내부 슬래브	외부 슬래브	내부 슬래브				
		테두리보가 없는 경우	테두리보가 있는 경우	테두리보가 없는 경우	테두리보가 있는 경우		테두리보가 없는 경우	테두리보가 있는 경우	테두리보가 없는 경우	테두리보가 있는 경우				
	300	$l_n/32$	$l_n/35$	$l_n/35$	$l_n/35$	$l_n/39$	$l_n/39$	300	$l_n/32$	$l_n/35$	$l_n/35$	$l_n/35$	$l_n/39$	$l_n/39$
	350	$l_n/31$	$l_n/34$	$l_n/34$	$l_n/34$	$l_n/37.5$	$l_n/37.5$	350	$l_n/31$	$l_n/34$	$l_n/34$	$l_n/34$	$l_n/37.5$	$l_n/37.5$
	400	$l_n/30$	$l_n/33$	$l_n/33$	$l_n/33$	$l_n/36$	$l_n/36$	400	$l_n/30$	$l_n/33$	$l_n/33$	$l_n/33$	$l_n/36$	$l_n/36$
								500	$l_n/28$	$l_n/31$	$l_n/31$	$l_n/31$	$l_n/33$	$l_n/33$
								600	$l_n/26$	$l_n/29$	$l_n/29$	$l_n/29$	$l_n/31$	$l_n/31$
4.4.2 피로에 대한 검토	표 4.4.1. 피로를 고려하지 않아도 되는 철근과 긴장재의 응력 범위				표 4.4.1. 피로를 고려하지 않아도 되는 철근과 긴장재의 응력 범위									
	강재의 종류와 위치		철근 또는 긴장재의 응력 범위(MPa)		강재의 설계기준항복강도와 위치		철근 또는 긴장재의 응력 범위(MPa)							
	이형철근	SD 300 SD 350 SD 400	130 140 150	이형철근	300 MPa 350 MPa 400 MPa 이상	130 140 150								
긴장재	연결부 또는 정착부 기타 부위	140 160	긴장재	연결부 또는 정착부 기타 부위	140 160									

〈표 1〉 다음페이지에 계속.

위치	2007년 기준(2007)	개정기준
제 7장 전단과 비틀림		
7.4.1 전단철근의 형태	(3) 전단철근의 설계기준항복강도는 400 MPa를 초과할 수 없다. 다만, 용접 이형철망을 사용할 경우 전단철근의 설계기준항복강도는 550 MPa를 초과할 수 없다.	(3) 전단철근의 설계기준항복강도는 500 MPa를 초과할 수 없다. 다만, 용접 이형철망을 사용할 경우 전단철근의 설계기준항복강도는 600 MPa를 초과할 수 없다.
7.6.1 비틀림강도	(4) 비틀림철근의 설계기준항복강도는 400 MPa를 초과해서는 안 된다.	(4) 비틀림철근의 설계기준항복강도는 500 MPa를 초과할 수 없다.
7.7.2 전단마찰 설계 방법	(5) 전단마찰철근의 설계기준항복강도는 400 MPa 이하로 하여야 한다.	(5) 전단마찰철근의 설계기준항복강도는 500 MPa 이하로 하여야 한다.
제 8장 정착 및 이음		
8.2.2 인장이형철근 및 이형철선의 정착	추가사항	(5) 설계기준항복강도가 550 MPa를 초과하는 철근직경 D22 이상의 철근에 대해서는 $c$ 가 70 mm 이상이거나 또는, 60 mm 이상의 $c$ 를 확보하고 정착길이 전 구간에 최소 철근량 이상의 스티럽 또는 띠철근을 배치하여야 한다.
8.2.5 표준갈고리를 갖는 인장이형철 근의 정착		(6) 설계기준항복강도 550 MPa를 초과하는 철근을 사용하는 경우에는 (3) ②와 ③의 보정계수 0.8을 적용하지 않아야 한다.
제 21장 내진설계 특별 고려사항		
부록 II.3.5 지진력에 저항하는 부재의 철근	II.3.5 지진력에 저항하는 부재의 철근 (1) 지진력에 의한 휨모멘트 및 축력을 받는 골조나 구조벽의 경계 요소에 사용하는 보강철근(KS D 3504, 3552, 7017)은 다음 (2)와 (3)을 만족하여야 한다.	21.2.5 지진력에 저항하는 부재의 철근 (1) 지진력에 의한 휨모멘트 및 축력을 받는 골조나 구조벽의 경계 요소에 사용하는 보강철근(KS D 3504, 3552, 7017)은 설계기준 항복강도 $f_y$ 가 휨철근과 전단철근에 각각 600 MPa, 500 MPa 까지 허용되며, 다음 (2)와 (3)을 만족하여야 한다.
부록 II.6.1 일반사항	II.6.1 일반사항 (4) 보의 종방향 철근이 보-기둥 접합부를 통과하여 연장되는 경우에 보의 종방향 철근에 평행한 기둥변의 길이는 보통 콘크리트인 경우 종방향 철근의 가장 큰 지름의 20배보다 작지 않아야 한다. 경량콘크리트인 경우 철근 지름의 26배보다 작지 않아야 한다.	21.5.1. 일반사항 (4) 보의 종방향 철근이 보-기둥 접합부를 통과하여 연장되는 경우에 보의 종방향 철근에 평행한 기둥변의 길이 $h$ 는 보통중량 콘크리트인 경우 다음 식을 만족하여야 한다. $\frac{h}{d_b} \geq 20(f_y \leq 400\text{MPa}),$ $\frac{h}{d_b} \geq 25(f_y \geq 400\text{MPa}) \quad (21.5.1)$ 경량콘크리트인 경우는 다음 식을 만족하여야 한다. $\frac{h}{d_b} \geq 26 \frac{f_y}{400} \geq 26 \quad (21.5.2)$

탄소당량 기준을 명기하고 있다.

콘크리트구조기준 개정안의 철근 설계기준항복강도에 관련된 구체적인 개정 내용은 3장에 정리하였다.

### 3. 철근 설계기준항복강도의 개정 내용

콘크리트구조기준 개정안에서 철근 설계기준항복강도의 증가에 관련되어 개정된 조항은 <표 1>에 나타나 있으며, 2007년 기준과 비교되어 있다.

제 3장 설계하중 및 하중조합의 3.3.4 철근의 설계강도에서는 긴장재를 제외한 철근의 설계기준항복강도의 상

한선을 규정하고 있는데, 이 최대항복강도가 550 MPa에서 600 MPa로 상향조정되었다. 제 4장 사용성 및 내구성에서 4.3.2 2방향구조의 표 4.3.3에서는 내부에 보가 없는 무량판 슬래브의 최소두께를 규정하고 있는데, 철근의 항복강도가 증가하면서 철근의 사용단면적이 줄어서 슬래브의 강성이 감소하고 처짐이 증가할 수 있으므로 슬래브의 두께를 증가시키도록 규정하고 있다. 2007년 기준에서는 최대 400 MPa 철근에 대한 슬래브 두께만을 규정하였으나 개정안에는 500 MPa과 600 MPa 철근에 대한 규정을 보완하였다. 4.4.2 피로에 대한 검토의 표 4.4.1에서는 철근의 항복강도별로 피로파괴를 고려하지 않아

도 되는 철근의 응력범위를 규정하고 있다. 그러나 현재로서는 500 MPa과 600 MPa 철근에 대한 충분한 연구 결과가 축적된 상태가 아니므로 개정기준에서는 보수적으로 400 MPa 철근에 적용되는 응력범위를 500 MPa과 600 MPa 철근에도 적용하도록 개정되었다.

제 7장 전단과 비틀림에서는 7.4.1 전단철근의 형태 (3)에서 전단철근의 항복강도를 정의하고 있는데, 개정 기준에서는 전단철근의 최대항복강도를 기존의 400 MPa에서 500 MPa로 상향조정하였으며, 용접이형철망의 경우에는 600 MPa로 상향조정하였다. 7.6.1 비틀림강도 (4)에서 비틀림철근의 최대항복강도를 규정하고 있는데, 전단철근과 마찬가지로 최대항복강도를 500 MPa로 상향조정하였다. 7.7.2 전단마찰설계방법 (5)에서도 전단마찰철근의 설계기준항복강도를 500 MPa로 상향조정하였다.


제 8장 정착 및 이음에서는 8.2.2 인장이형철근 및 이형철선의 정착에서 철근의 기본정착길이를 규정하고 있는데, 600 MPa 철근에 대한 실험연구결과 D22 이상의 굵은 철근에 대해서는 피복두께가 작은 경우 현행기준의 정착길이 산정식이 안전측이 아닐 수 있다는 것이 밝혀졌다. 이 실험결과에 근거하여 D22 이상의 철근에 대해서는 60 mm 이상의  $c$ 값(부재표면에서 해당 철근의 직경까지의 거리)을 사용하고 스테럽이나 띠철근을 배치하도록 개정되었으며, 스테럽이 없는 기초 등의 부재설계에서는  $c$ 를 70 mm 이상으로 증가시키도록 하였다.

8.2.5 표준갈고리를 갖는 인장이형철근의 정착에서는 표준갈고리의 일반정착길이를 갈고리정착길이를 규정하고 있는데, 600 MPa 철근에 대한 실험연구결과, 횡방향 철근으로 구속되어 있는 경우에도 갈고리정착의 성능이 향상되지 않는다는 것이 밝혀졌다. 이 연구결과에 근거하여 600 MPa 철근을 사용하는 경우에는 정착길이를 감소시키는 보정계수 0.8을 적용하지 않도록 개정되었다.

제 21장 내진설계 특별 고려사항(2007년 기준 부록 II)의 21.2.5 지진력에 저항하는 부재의 철근에서는 내진설계에 사용되는 철근의 항복강도를 규정하고 있다. 개정 기준에서는 실험연구결과에 근거하여 휨철근과 전단철근에 각각 600 MPa과 500 MPa 철근을 사용할 수 있도록 철근의 항복강도를 상향조정하였다. 이로써 일반구조 뿐만 아니라 내진설계에서도 동일하게 상향된 항복강도를 적용할 수 있다. 21.5.1 일반사항에서는 특수 모멘트 골조의 보-기둥접합부에서 보철근의 미끄러짐을 억제하기 위

하여 기둥변의 길이 대 보휨철근직경의 비  $h/d_b$ 를 규정하고 있다. 개정기준에서는 철근의 항복강도가 400 MPa를 초과하는 철근에 대해서는  $h/d_b$ 를 25 이상으로 하도록 하여 보다 엄격히 규정하였다.

위에서 언급된 바와 같이 개정기준에서는 전반적으로 철근의 최대항복강도를 휨철근에 대해서는 600 MPa로 전단철근에 대해서는 500 MPa로 상향 조정하였으나 몇 개의 조항에서는 예외로 하였으므로 주의하여야 한다. 8.2.6 확대머리 이형철근 및 기계적 인장정착에서는 고강도 철근에 대한 실험연구결과와 부족으로 인하여 확대머리 이형철근의 설계기준항복강도를 400 MPa 이하로 제한하고 있다.

또한, 7.12.3 전단철근에서는 슬래브와 기초판에 사용되는 편칭전단철근의 항복강도를 규정하고 있는데, 기존의 실험연구결과에 의하면 편칭전단과 불균형모멘트를 동시에 받는 접합부에서는 전단철근이 항복하지 않는다는 것이 밝혀졌다. 이 연구결과에 근거하여 고강도 철근을 사용할 때 편칭강도와 불균형모멘트강도의 과대평가를 방지하기 위하여 전단철근의 항복강도를 400 MPa로 제한하였다. 

저자약력



**이재훈 교수**는 Univ. of Wisconsin-Madison에서 철근콘크리트 장주설계를 주제로 박사학위를 취득하였고, 삼성건설 근무를 거쳐 1994년부터 영남대학교 교수로 재직하고 있다. 토목구조기술사, 미국 PE이며, 주 관심 연구 분야는 고강도 철근콘크리트 구조, 내진설계, 프리캐스트 RC 및 PSC, FRP 합성구조 및 강 합성구조이다. 현재 우리학회 휨압축위원회 위원장을 맡고 있다.  
jhl79@ynu.ac.kr



**박홍근 교수**는 서울대학교 건축학과에서 학석사를 취득한 후 미국 오스틴 텍사스 대학에서 박사학위를 취득하였다. 전우구조 기술사사무소에서 구조설계업무를 수행하였으며, 1997년 이후 서울대학교 건축학과 교수로 재직중에 있다. 주요 연구분야는 콘크리트와 합성구조의 구조해석 및 설계방법의 개발, 내진성능평가이다.  
parkhg@snu.ac.kr