

# 차세대 구조용 강재



소재부품표준과 공업연구관 이종현  
(02)509-7293 leejh9@mocie.go.kr

## 1. 서론

미래 사회에서는 인구와 경제규모의 증가로 인하여 넉넉한 공간 확보 및 이를 효과적으로 활용할 수 있는 공간 활용성의 제고가 필요하며 이에 따라 구조물의 거대화가 필연적이다. 이를 반영하듯 최근 초고층 빌딩이 늘어나고 있으며 엄청난 길이를 자랑하는 교량, 큰 내부공간이 확보된 구조물, 거대한 해양 구조물이나 지하 구조물 등이 꾸준히 등장하고 있다. 이러한 차세대 구조물의 거대화 추세에 따른 구조물의 형태는 대부분 초고강도의 강재로 이루어지기 때문에 미래 사회의 수요 변화 및 요구에 대응할 수 있는 고부가가치의 고급 철강제품인 “차세대 구조용 강재”가 개발되어야 하고 관련 산업의 기술 발전이 따라야 할 것이다.

그러나 지금까지의 강구조물들은 강도, 성형성, 내식성, 내진성, 친환경성 등의 사용한계로 인하여 새로운 환경에 대한 초대형 구조물로 창출이 어려운 상황이었다. 특히 거대한 구조물의 건설 및 유지의 효율성

을 위해서는 주요 철강 건축자재인 압연 형강, 철근, 후판 및 강선 cable의 특성이 유사하여야 하나, 후판의 특성에 비하여 나머지 제품들의 특성이 열악하여 제한적으로 사용되어 왔다. 따라서 압연형강, 철근, 강선 cable의 특성을 이미 국내에서 개발된 차세대 구조용 후판재의 동등 이상 수준으로 개선시키는 것이 시급한 과제로 되어있다.

이밖에도 자국의 인프라 기반 건설에 따라 급성장하고 있는 중국의 철강산업이 이미 국내 철강산업의 강력한 경쟁상대로 부상함에 따라 아직은 대중국 기술 경쟁력에서 우위에 있는 강관, 형강 및 강선 cable 분야에 대한 차세대 구조용 강재를 앞서 개발하고 표준화를 선점하여 기술력 격차를 크게 벌릴 필요가 있다.

또한 향후 남북한 통일에 따른 막대한 사회간접자본 투자가 예상되며 이를 위해 물류산업과 자본투자의 효율성 증대 및 지속성을 위해서도 거대 인프라구조물의 필요성이 증대할 것이다.

여기서는 아직 초기단계에 머물고 있는 차세대 구

조용강제의 개발현황과 표준화동향을 간략히 소개하고자 한다.

## 2. 국내·외 기술개발 동향

일본, 유럽 등 선진국에서는 이미 강구조불형 인프라구조물에 대하여 신뢰성과 안전성을 동시에 달성할 수 있는 기술개발을 국가적 핵심과제로 진행하고 있다. 특히 2차대전 직후 건설된 건축물의 재건축 시기가 도래한 일본의 경우는 인프라구조물의 신규 및 보수와 대체에 필요한 투자가 현재의 28조엔 정도에서 2010년경에는 약 56조엔/년, 2020년경에는 60조엔 수준으로 크게 증가할 것으로 추정되고 있다.

경제개발의 오랜 역사로 인프라구조물의 노후화가 심한 유럽과 미국도 마찬가지로 새로운 사회간접투자가 늘어나고 있으며, 21세기에는 선·후진국에 관계없이 세계적으로 사회 간접시설에 대한 자본 투자가 대폭 증가할 것으로 예상되고 있다.

인프라구조물에 사용되는 강종의 추이를 살펴보면 일본에서는 압연형강의 수요가 후관용접 빔을 65:35로 앞서고 있다. 철도 선진국인 일본, 프랑스, 독일 등의 경우는 압축 형강재 생산을 통하여 고속전철의 고속화와 경량화를 이룰 수 있는 첨단 기술을 확보함으로써 에너지 절감 및 성능향상, 가공의 용이성, 재활용성의 다양한 이점을 얻고 있다. 미국의 경우 1990년대 초에 등장한 Minimill사와 세계 경영을 지향하는 Ispat 등의 대기업 출현을 계기로 지속적인 신기술, 신공정을 개발하고 있으며 현재는 Minimill사가 세계 형강 시장을 지배하고 있다.

고장력 철근은 일본과 유럽에서 선도적인 기술력을 보유하고 있는데 일본과 스웨덴은 이미 SD600, SD700의 봉강개발에 성공하였고, NSC(신일본제철)에서 개발한 SD685급(YS 70kgf/mm<sup>2</sup>급)이 아파트

등의 신축공사현장에 시범적으로 적용되고 있다.

특수용도용 강선 cable은 일본이 가장 앞선 기술력을 보유하고 있다. 특히 국립연구소인 NIMS에서 '차세대 초철강 개발 사업'의 일환으로 500 kgf/mm<sup>2</sup>급 강선을 개발 연구 중에 있으며, 1999년 4월에 개통된 일본 명석해협대교는 세계 최장 현수교로서 과거 40년간 사용되던 기존의 160 kgf/mm<sup>2</sup> 급 강선을 대체하여 세계 최초로 180 kgf/mm<sup>2</sup> 급 강선을 사용한 바가 있다. 일본은 이러한 초대형 인프라구조물을 건설 초기부터 국가적 차원에서 세계적인 관광명소로 육성하고 있으며, 현재 건설중인 동경대교에는 일부 200 kgf/mm<sup>2</sup> 급 강선을 사용하고 있다.

한편 강선 cable의 주요 용도 중 하나인 타이어 보강용 강선의 경우 세계적 타이어 회사인 Goodyear사에 신일본제철이 400kgf/mm<sup>2</sup> 급 강선을 독점 공급하고 있다.

국내의 경우 형강은 인장강도가 400~490 MPa 정도인 제품이, 철근은 항복강도가 약 400 MPa인 제품이 주종을 이루고 있는데, 판재류와 달리 형강 제품은 형상이 복잡하고 부위별 치수가 달라 열간압연 및 냉각 후 부분별로 재질의 편차가 발생하는 문제가 있어 균질한 강도의 제품을 만들어 내는 것이 관건이다.

PC 강선은 인장강도가 180 kgf/mm<sup>2</sup>급인 제품을 리비아 대수로관 보강용 강선으로 공급하고 있으며, 특수교량용 강선 cable의 경우 일본과 동등한 수준의 강선 wire를 제조할 수 있는 충분한 기술력을 갖고 있다. 이들 제품은 최근 개통한 부산 광안대교 및 서해대교에 공급되어 적용된 바 있는데 향후 장대 교량의 설계·시공에 사용이 증대할 것으로 예상된다.

PC 강봉의 경우 현재 고강도 연결봉 (High tension tie bar)은 인장강도 45~70 kgf/mm<sup>2</sup>급으로 국제공항 여객터미널, 고속철도 역사 및 월드컵경기장 강구조 건축용으로 사용되고 있으며, 고강도가 요구되는 PC

표 1. 국내·외 철강재료의 기술수준 비교

구분		선진국 대비 기술수준			개발현황	
		부족	동등	우월	선진국(일본)	한 국
형강	490,550MPa		○		600MPa 상용화 650MPa 초보연구단계	550MPa 상용 생산
	650MPa	○				
철근	400, 500MPa		○		685MPa 시험개발완료	500MPa 상용생산
	685MPa	○				
PC 강선	1,800MPa		○		2,000 MPa 상용화 2,400MPa 연구진행	1800MPa 상용화
	2,000MPa	○				
강봉	650MPa		○		800MPa 상용화 1,350MPa 연구진행	650MPa 상용화
	800MPa	○				
강관	500MPa		○		650MPa 상용화 저YR(0.80)상용화	500MPa 상용화 0.85YR 상용화
	650MPa	○				

(Precast Concrete) 압축용의 PC bar, 또는 지반강화를 위한 락앵커(rock anchor)용 및 특수교량 등에는 100~120 kgf/mm<sup>2</sup>급의 강봉이 사용되고 있으나, 이러한 고강도 PC 강봉들은 대부분 완제품 형태로 수입되고 있다.

건축 및 토목분야에서 강제 구조화 기술로 사용되는 용접은 대부분 수동으로 시행되기 때문에, 용접부의 품질수준은 작업환경 및 작업자의 숙련도에 의존하게 된다. 특히, 용접부의 품질은 미세조직적으로 개선

하는데 한계가 있을 뿐만 아니라 작업조건에 따라 차이가 커서 구조물의 안전도에 큰 영향을 미치고 있다.

그러나 우리산업 현장의 용접시공은 대부분이 외국 시방서에 따라 시행되고 있으며, 용접절차에 대한 표준화가 미진한 상태로서 개선의 여지가 크다. 이와 함께 용접분야의 발전을 위해서는 용접 후 인장강도가 50kg/cm<sup>2</sup> 인 내후성강에 대한 용접재료의 개발과 고강도의 특수용도용 재료 개발이 필요하다.

### 3. 개발 현황 및 표준화 추진계획

차세대 구조용강재의 개발에 대한 필요성을 절감하고 있는 국내 철강업체들은 초고장력 H형강, 철근, 강선 등 철강제품의 고부가가치화 및 기능성 확대를 목표로 세계 최고의 철강제조 기술 개발에 적극 나서고 있다. 포스코, INI스틸, 동국제강 등 주요 철강업체와 정부, 학계, 연구기관들이 협력하여 초대형 구조물용 강재의 개발 및 이를 이용하여 설계하는 구조화 기술 및 표준화 작업에 힘을 모으고 있는 것이다.

국내 구조용 철강재 제조 기술력은 최고의 기술을 보유하고 있는 일본과 비교하여 다소 열세이며 원천기술인 합금설계 및 제품 특성 분석 기술이 매우 부족한 것으로 평가되고 있다.

포스코에서는 구조용 강재 수명 안정성 등을 획기적으로 향상시킨 차세대 구조용 강 개발에 나서고 있으며 INI스틸과 동국제강 등도 초고장력 H형강 및 철근 개발을 진행하고 있다. 또한 포스코와 정부는 기존 50여년의 수명을 갖는 후판강재의 내부식성을 100년까지 확대하는 후판강재와 현재 최대 80 kgf/mm<sup>2</sup> 인발트용 인장강도를 최대 150 kgf/mm<sup>2</sup> 까지 늘리는 기술을 개발하고 있다.

INI스틸과 동국제강도 초고장력 H형강과 철근 개발에 나서고 있다. INI스틸은 연세대학교와 공동연구 중이며 2007년 8월까지 인장강도 650MPa급의 초고장력 H형강 개발을 마무리할 계획이다. 현재 상용 생산에 있는 최대 인장강도는 550MPa 수준이다. 동국제강은 인장강도 600MPa급 초고장력 철근을 개발하고 있는데, 금호공대와 함께 합금설계 공정을 연세대와 기계적성질 평가시험을 진행중이며 2007년 8월까지 마무리할 예정이다.

이들 차세대 구조용강 개발에는 총313억원(민간 187억원, 정부 126억원)이 투입되며 포스코와 한국생

산기술연구원 등 11개 기관이 참여하고 있는데 고려제강과 포스코, 세아베스틸등은 초대형 구조물용 고강도 강선 및 고강도 강봉 개발에 나서고 있다.

또한 국민대, 한밭대, 한국산업기술대 등이 위탁기관으로 참여하여 2,200MPa급 고강도 PC강선 및 2,200Mpa급 현수교용 및 사장교용 와이어와 1,100MPa급 고강도 구조물용 봉강개발을 추진하고 있다.

최근 세계 교역은 무역장벽을 해소하기 위한 WTO 체제 발효 이후 직·간접적으로 표준의 영향을 받고 있으며, 다국적기업이 많은 선진국의 경우 국제표준의 선점에 많은 노력을 기울이고 있다. 그동안 국제 표준화활동에 적극적이지 않았던 일본의 경우만 해도 자국이 개발한 내후성강재 및 지진용 건축강재 등을 국제규격으로 제안하여 거의 완성단계에 이르고 있다. 향후 우리나라도 차세대 구조용 강재에 대한 표준화 연구개발을 통하여 국가표준 및 국제표준화를 추진하여 수요창출 과 품질향상에 힘써야 한다.

차세대 구조용 강재와 관련된 국제표준 기술위원회는 TC17(강), TC44(용접), TC105(강선), TC132(철합금), TC164(재료시험), TC167(철구조물) 등이 있으며, 우리원을 중심으로 국제표준화 활동을 하고 있으나, 국내업체의 관심과 인식부족으로 아직은 미흡한 실정이다.

표 2. 차세대 구조용 강재의 연구개발 목표

구분		평가항목	단위	세계수준	국내수준	연구개발목표 (1단계)
초고장력 H 형강 및 철근개발	형강	인장강도	MPa	6000이상	490	650
		항복강도	MPa	4400이상	325	470
		충격치	Joule	47(-5℃)	27(0℃)	47
	철근	인장강도	MPa	650	620	750
		항복강도	MPa	500	500	600
초대형 구조 물용 고강도 강선 및 고강봉 개발	PC강선, 현수교용 와이어	인장강도	MPa	2200/일본	2000	2200
	PC 강봉	인장강도	MPa	1080	600~800	1100
		항복강도	MPa	930	500~700	930
초대형구조 물용 강재구 조화 기술 개발	용접재료	인장강도	MPa	800	540	800
	신용접 공정개발	-	용접속도 (2m/min)	1	1.5	2.5
	고강도 강 교량 설계	-	-	고강도 강교량 설계방안 확립	저강도 강교량 설계수준	고강도 강교량 설계방안 확립

분야	표준번호	2004	2005	2006	2007	2008	
차세대 구조용강 표준화	형강	1	고장력 형강(650 Mpa급)				
	복강	2	고장력 철근(600 Mpa급)				
		3	구조용 복강(1350 MPa급)				
	강선	4	PC강선(2200Mpa급)			ISO	
		5	교량용 강선(2000Mpa급)				
	강관	6	구조용 강관(600Mpa급)				
		7	저YR 강관(항복비:0.85)				
	용접재료	8	고효율FCAW용 선				
		9	고강도FCAW용 선				
		10	고강도 SAW용 선				
	시험방법	11	개재물 평가법		ISO		
		12			지연파괴 시험법		
KS 규격화		1건	2건	8건		1건	
ISO제안		1건				2건	

표3. 차세대 구조용 강재의 표준화 추진 일정

#### 4. 향후 전망

정부와 철강업체, 학계, 연구기관의 차세대구조용 강재의 공동 개발과 표준화가 마무리되면 후발 철강국인 중국과의 기술 차별성을 높임으로 기능성 강재 생산국으로 부상할 전망이다. 초고장력 형강 및 철근의 경우 구조용 강재 수요 급증이 예상되는 아시아로의 수출 확대 뿐 아니라 고부가가치 선재제품의 일관제조 기술 개발을 통해 경쟁제품인 일본제품보다 우수한 기

술력을 확보할 수 있을 것으로 기대된다.

또한 제품 성분 설계기술과 제어압연 기술확립 등을 통해 제품 및 시스템을 표준화함으로써 제품의 품질 고급화는 물론이고 구조물의 안정성을 확보하고 중국 등 후발 철강국과의 기술 및 제품의 차별성을 높여 국내 철강산업의 경쟁력을 크게 향상시킬 수 있을 것으로 전망되고 철강소재의 친환경성, 고기능화를 통해 철강제조, 가공 및 이용기술에 이르는 전·후방 산업 간의 균형적 기술발전이 기대된다. **표준**