

고강도강재의 고온인장특성에 관한 실험적 연구

A Experimental Study on High Temperature Tensile Property of High Strength Steel

장 경호*, 이 진형**, 신영의

* 중앙대학교 공과대학 건설환경공학과

** 중앙대학교 공과대학 토목공학과

*** 중앙대학교 공과대학 기계공학부

ABSTRACT In this study, high temperature tensile properties of high tensile strength steels(POSTEN60, POSTEN80) were investigated by elevated temperature tensile test.

According to the results, high temperature tensile strength of POSTEN60 deteriorated slowly to 100°C. As the temperature went up the tensile strength became better because of blue shortness and it deteriorated radically after reached to the maximum value around 300°C. For the POSTEN80, high temperature tensile strength deteriorated slowly to 200°C. As the temperature went up the tensile strength became better and it deteriorated slowly to 600°C after reached to the maximum value around 300°C. Strain of high tensile strength steels at the elevated temperature increased radically after the mercury rose to 600°C. The strain hardening ratio of POSTEN60 was larger then that of POSTEN80 at the elevated temperature as in the case at the room temperature and it became smaller radically after the mercury rose to 400°C.

1. 서 론

국가 기간산업 및 지역의 균형적인 발전을 위한 인적 및 물류의 원활한 수송을 위해서는 도로 및 철도 등 사회기간산업이 중요한 역할을 담당하며, 이러한 구조물의 건설에는 불가피하게 교량구조물의 건설이 필요하게 된다. 특히, 우리나라의 지형적 특성을 고려한다면 교량구조물의 중요성은 더욱 크리라고 판단된다. 교량구조물은 크게 사용재료에 따라 강교량과 콘크리트교량으로 분류되는데 교량이 장기간화될수록 대부분 강교량 형식이 채택되고 있다. 이것은 교량의 지간이 장대화될수록 고정하중의 경감이 교량형식을 결정하는데 중요한 요인이 되기 때문이다. 따라서, 장대교량에서는 고정하중의 경감을 위해 담금질 및 뜨임의 열처리를 통하여 입자의 조질화 및 세립화를 실시하여 높은 인장강도와 소정의 인성이 확보된 고강도강재의 사용이 불가피하다. 이와 같은 고강도강재의 적용은 상부구조 및 하부구조의 경량화를 가져와 일반적인 용접구조용강재를 사용한 경우와 비교하여 경제성을 도모할 수 있다.

또한, 최근에는 일반교량에서도 강교량의 합리화를 목적으로 주형의 단면적을 대형화시킨 2주형교가 경제성 및 시공성을 고려하여 적극적으로 도입되고 있는 추세이다. 이 교량형식은 주형의 개수를 최소

화하는 대신 교량의 단면을 대형화시키므로 주형의 자중경감을 목적으로 고강도강의 사용을 적극적으로 추진할 수 있는 교량형식이다.

한편, 교량분야에서의 교량의 장대화 이외에도 압력용기의 대용량화, 파이프라인이나 펜스톡(Penstock) 직경의 대형화·대규모 등에서 보여지는 것과 같이 강구조물의 대형화와 함께 보다 강도가 높은 고성능·고강도강을 적용하는 움직임이 각 산업전반에 걸쳐 높아지고 있다. 이것은 고강도강을 적용하면 설계강도를 높게 설정할 수 있고, 중량 경감에 의해 시공능률이 향상되어 전체구조물의 제작 비용을 저감할 수 있는 등의 장점이 있기 때문이다. 그러나, 국내의 경우 교량분야에 있어서 최근 건설된 장대 강교량에 극히 일부분의 고강도강재가 사용되어 왔다. 그리고 이들 교량에서는 SM570강재만이 사용되고 있을 뿐이며, 그 이상의 강도를 갖는 고강도강재의 사용실적은 아직 국내의 강교량에는 전무한 실정이다. 이는 아직 고강도강의 특성을 충분히 활용할 수 있는 설계기법이나 제작, 가설 기술 등이 충분하게 확보되어 있지 않은 것은 물론 고강도강의 기본적인 성질이나 그 특징에 대한 이해 부족 등이 중요 요인이라고 생각된다. 또한 강구조물의 접합은 대부분 용접에 의해 수행되어 지는데 용접시에는 필연적으로 용접잔류응력과 용접잔류변형이 발생하

여 구조물에 악영향을 미친다. 그리고 고강도 강재의 경우에는 일반강재와는 다른 용접잔류응력과 용접잔류변형이 발생하리라고 판단된다. 따라서 용접시에 발생하는 이들의 정량적인 크기와 그 생성 메카니즘을 규명하는 것은 대단히 중요하다. 잔류응력과 잔류변형의 크기 및 그 생성 메카니즘의 규명은 실험에 의해서는 그 한계가 있으므로 수치해석을 통하여 이루어져야 할 것이다. 그리고 수치해석에 의한 용접 시뮬레이션에는 재료의 비선형 현상을 재현하기 위해 반드시, 강재의 고온시의 기계적 성질을 알아야 한다. 따라서 본 연구에서는 실험을 통하여 고강도강재(POSTEN60, POSTEN80)의 고온시의 기계적 특성을 평가하였다.

2. 사용재료 및 실험방법

2.1 사용재료

본 실험에 사용한 재료는 현재 국내에서 생산되고 있는 인장강도 600MPa급의 POSTEN60 강재와 인장강도 800MPa급의 POSTEN80 강재이며, 두께 30mm인 판에서 인장시험편을 채취하였다.

2.2 고온인장실험 방법

U.T.M에 전기로를 설치한 후 전기로의 온도를 변화시키면서 실험을 실시 하였다. 인장시험편은 KS D 0026의 철강재료 및 내열 합금의 고온인장 시험 방법에 따라 제작하였으며, 그 치수 및 형상은 Fig.1에 나타내었다. 고온인장시험은 상온(20℃) ~ 900℃의 시험온도에서 1시간동안 전기로를 사용해서 가열하고, 시험편 평행부의 온도를 균일화시키기 위하여 시험온도에서 20분간 유지 한 후, 1mm/min의 인장속도로 시험을 행하였다.

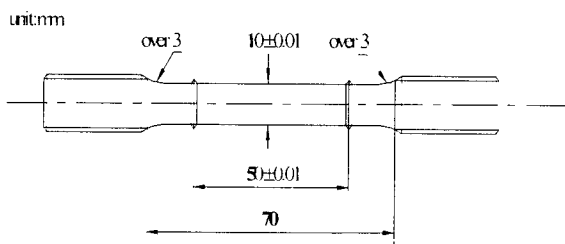
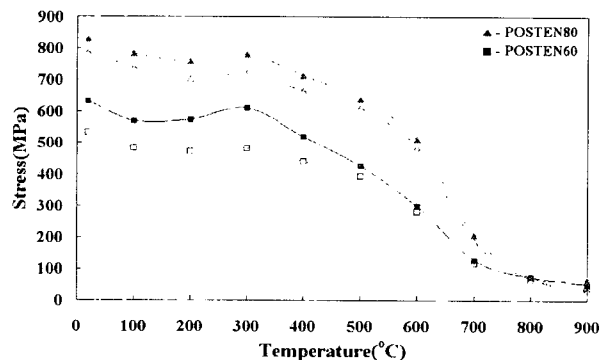


Fig.1 Specimen for Tensile test at the elevated temperature

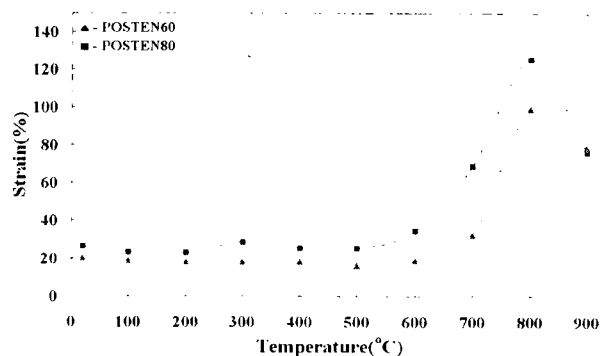
3. 실험결과 및 고찰

3.1 실험결과

고강도강재의 고온에서의 강도저하 및 연신율의 변화를 Fig.2에 나타내었다. POSTEN60 강재의 경우 인장강도는 구조용강재와 같이 100℃까지는 완만하게 저하되다가 온도가 올라가면 인장강도가 증가하기 시작하여 300℃부근에서 최대치가 된 후(청열취성) 급격하게 작아지는 것을 알 수 있다. 반면에 POSTEN80 강재의 경우는 200℃까지 완만하게 인장강도가 저하되다가 온도가 올라가면 인장강도가 증가하기 시작하여 300℃부근에서 최대치가 된 후 600℃까지 완만하게 감소함을 알 수 있다. 그리고 600℃이후에는 급격히 인장강도가 감소함을 알 수 있다. POSTEN60 강재의 고온시의 항복응력은 500℃까지 완만하게 저하되다가 계속해서 온도가 올라가면 급격하게 작아지는 것을 알 수 있다. 그리고



(a) Tensile Strength



(b) Strain

Fig.2 High temperature tensile properties of high tensile strength steels

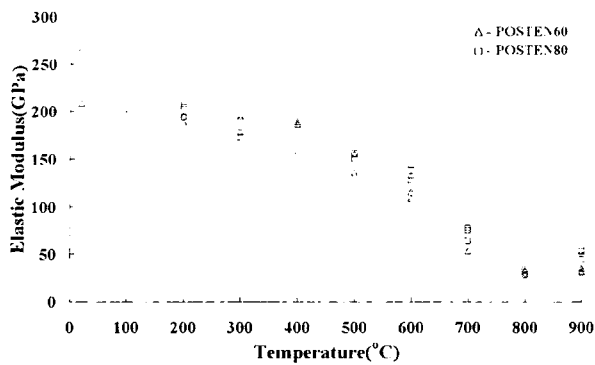


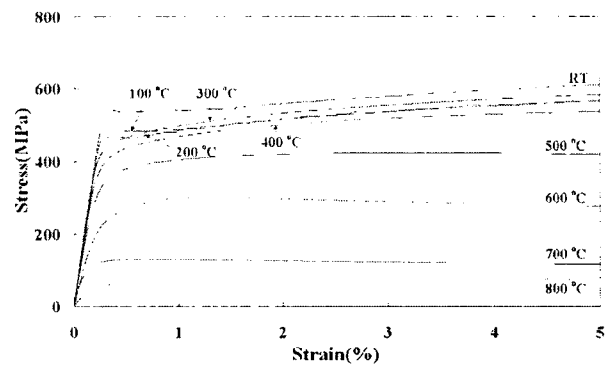
Fig.3 Elastic modulus of high tensile strength steels

POSTEN80 강재의 경우는 항복응력의 저하 경향이 인장강도와 비슷함을 알 수 있다. 고강도강재의 고온인장에 따른 연신율은 POSTEN60, POSTEN80 강재 모두 600°C 이후에 급격히 증가하다가 800°C 부근에서 감소함을 알 수 있다. Fig.3에 고강도강재의 고온시의 탄성계수의 결과를 나타내었다. POSTEN60, POSTEN80 강재 모두 400°C 까지 완만하게 저하되다가 600°C 이후 급격히 감소함을 알 수 있다. Fig.4는 고강도강재의 고온시의 응력-변형률 선도를 나타낸 것이다. 상온에서와 마찬가지로 고온에서도 POSTEN60 강재가 POSTEN80 강재보다 경화구배가 더 크며, 두 강재 모두 400°C 이후에 경화구배가 급격히 감소함을 알 수 있다.

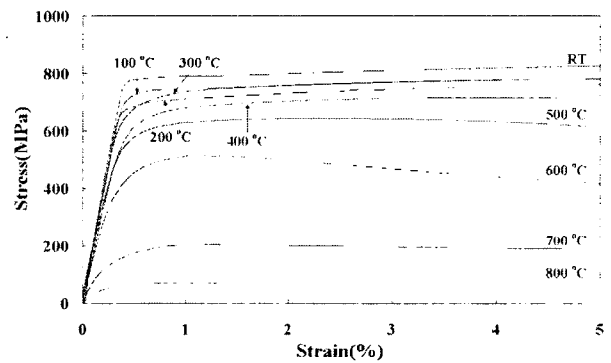
4. 결 론

본 연구에서는 실험을 통하여 고강도강재의 고온시의 기계적특성을 조사하였다. 주요 결과를 요약하면 다음과 같다.

- 1) POSTEN60 강재의 고온시의 인장강도는 100°C 까지 완만하게 저하되다가 온도가 올라가면 청열취성으로 인해 인장강도가 증가하기 시작하여 300°C 부근에서 최대치가 된 후 급격하게 작아진다. POSTEN80 강재의 경우는 200°C 까지 완만하게 인장강도가 저하되다가 온도가 올라가면 인장강도가 증가하기 시작하여 300°C 부근에서 최대치가 된 후 600°C 까지 완만하게 감소한다. 그리고 600°C 이후에 급격히 인장강도가 감소한다.
- 2) 고강도강재의 고온인장에 따른 연신율은 POSTEN60, POSTEN80 강재 모두 600°C 이후에 급격히 증가하다가 800°C 부근에서 감소한다.
- 3) 고강도강재의 고온시의 탄성계수는, POSTEN



(a) POSTEN60



(b) POSTEN80

Fig.4 Stress-strain curve of high tensile strength steels

60 강재의 경우 400°C 까지 완만하게 저하되다가 이후 급격히 감소한다. POSTEN80 강재의 경우에는 100°C 까지 급격히 감소하다가 온도가 다시 올라가면 600°C 까지 완만하게 저하된 후 다시 급격히 감소한다.

참고문헌

1. Dae Up Kim, Chung Yun Kang : High Temperature Tensile Property of Transient Liquid Phase Bonded Joints of MI-base Single Crystal Superalloy, Journal of KWS, 18-3 (2000), 367-374 (in Korean)
2. 지남용, 서치호 : 고온에서의 기계적 특성을 개선한 내화강, Feature Articles of KSSC, 10-2 (1998), 30-38 (in Korean)
3. Dowling, Norman E. : Mechanical Behavior of Materials(2nd Edition), Prentice Hall, inc., 1999, 102-125