

도르래식 장력조정장치 개발

Development of a Pulley-type Tensioning Device

이기원[†] · 조용현* · 박영**

Kiwon Lee · Yong Hyeon Cho · Young Park

Abstract In the electrical railway, the increase of tensions in an overhead contact lines is essential to speed-up of train, because current collection quality largely depends on the ratio of a wave propagation speed to a train speed. For Kyungbu high-speed line, a pulley-type tensioning device is required to have a tension variation of maximum 3%. Therefore we developed a pulley-type tensioning device in order to meet tension variation requirement of the high-speed tensioning device. To verify the performance of the developed device, a performance test, overload test and failure test were carried out according to the factory test procedure of the Kyung-Bu High-speed line. Furthermore, we also performed reliability performance through not only a fatigue test in a factory, but also on-line verification test in Chungbuk line for over 1 year. These tests verified that the tensioning device had reliability and applicability to a main line.

Keywords : Tensioning device, Overhead line

요 지 전기철도에서 열차의 속도향상을 위하여 전차선의 장력상승은 필수적이며, 전차선로의 집전성능은 장력에 따라 크게 좌우한다. 경부고속철도에서 사용하고 있는 도르래식 장력장치는 장력변동율이 3% 이내로 규정되어 있고, 전량 수입에 의존하고 있다. 따라서 고속선에서의 장력변동을 요구조건을 만족하는 도르래식 장력조정장치를 개발하였다. 개발한 장력조정장치의 성능을 확인하기 위하여 경부고속철도 장력조정장치의 규격에 따라 성능시험, 내하중 시험 및 파단시험을 수행하였다. 장력조정장치의 신뢰성을 확보하기 위하여 공장에서의 피로시험과 충북선 본선에서 1년 이상을 시범설치, 운영하였다. 이들 시험을 통하여 개발된 장력조정장치가 신뢰성을 가지며 본선에 적용할 수 있다는 것을 입증하였다.

주 요 어 : 장력조정장치, 전차선로

1. 서 론

전기철도에서 전기차의 지붕에 설치되어 있는 팬터그래프가 원활하게 집전하기 위하여 전차선 및 조가선에 항상 일정한 장력을 유지하게 한다. 전기차의 속도향상을 위하여 전차선로 측면에서 파동전파속도를 올리는 것이 필수적이며, 파동전파속도를 올리기 위해 장력을 증가시켜야 한다[1 - 4]. 전차선 및 조가선의 온도 변화에 관계없이 일정 장력을 유지하기 위하여 자동 장력조정장치를 사용한다.

우리나라의 경우 기존선에는 전차선과 조가선에 장력을 일괄 부여하기 위하여 주로 활차식 장력조정장치[5]를 사용하고 있다. UIC 799[6]에 따르면 열차 속도가 230 km/h 이상의 경우에는 전차선과 조가선의 장력을 개별 부여할 것을 요구하고 있다. 그러므로 경부고속철도에서는 전차선과 조가선에 장력을 개별적으로 정밀하게 부여하기 위하여 전량 도르래식 장력조정장치를 사용하고 있다. 활차식 및 도르래식 장력조정장치는 온도 변화로 인하여 전차선과 조가선이 신축하여도 장력추가 상하로 움직여서 전선의 장력을 일정하게 유지하도록 한다.

프랑스의 경우에는 도르래식 장력조정장치를 300km/h 급 고속선에서 개별적으로 사용할 뿐만 아니라 200km/h 전차선로에서도 일괄적으로 사용하고 있다. 도르래식 장력조

[†] 책임저자 : 정희원, 한국철도기술연구원, 전철전력연구실, 선임연구원
Email : kenlee@krii.re.kr

Tel : (031)460-5422 Fax : (031)460-5459

* 정희원, 한국철도기술연구원 책임연구원

** 정희원, 한국철도기술연구원 선임연구원

정장치는 장력 변동 비율이 3% 이내를 만족하도록 규정하고 있다[7]. 최근에 유지보수의 노력을 절감하기 위하여 스프링식 장력조정장치가 개발되어 기존선에 적용되고 있다 [8-11].

경부 기존선과 같이 현재 일괄 방식으로 장력이 부여되어 있는 구간을 속도 향상하기 위해서는 전차선과 조가선의 장력을 개별적으로 증가시켜야 한다. 이러한 경우에도 개별식으로 장력을 부여할 수 있는 장력조정장치를 적용할 필요가 있다. 그러나, 개별식 장력조정이 가능하고 장력변동율이 3% 이내인 도르래식 장력조정장치는 국내에서 개발된 바 없어서 전량 외국에서 수입하여 사용되고 있는 실정이다. 그러므로 본 연구에서 기존선의 속도 향상 뿐만 아니라 고속선에 적용할 수 있는 도르래식 장력조정장치를 국산화하였다.

본 논문에서는 도르래식 장력조정장치의 개발 과정, 즉 도르래식 장력조정장치의 설계 및 제작, 공장 성능시험, 충북선 본선에서의 시범설치/운영에 대하여 논하고 최종적으로 결론을 도출하였다.

2. 도르래식 장력조정장치 설계 및 제작

2.1 적용범위 및 용량

기존선의 속도 향상 뿐만 아니라 고속선에 적용할 수 있도록 개발하는 도르래식 장력조정장치의 용량을 정하였다. 호남선에서는 전차선(Cu 110)과 조가선(Bz 65)에 각각 12 kN의 장력을 일괄식으로 부여하므로 호남선 적용을 위해 장력조정장치는 최대 24kN의 장력을 줄 수 있어야 한다. 그리고 경부고속철도에서 사용되는 선종은 전차선 Cu150 및 조가선 Bz65로 전차선에는 20kN, 조가선에는 14kN의 장력이 개별적으로 부여되고 있다. 고속선에 적용하기 위해서는 장력조정장치 개발품이 20kN의 장력을 줄 수 있어야 한다.

따라서, 본 연구에서는 장력조정장치 개발품이 기존선 속도향상 및 고속선에 모두 적용될 수 있도록 최대 운용 장력이 24kN이 되도록 개발하였다.

2.2 형상 및 소재

도르래식 장력조정장치는 Fig. 1과 같이 도르래, 장력추와 장력을 전달하는 와이어로프로 구성된다. 경부고속철도에서 사용하는 장력조정장치의 하중 비 즉 장력추의 무게 대 장력은 5 : 1이다.

도르래 ⑤, ⑥, ⑦의 소재는 알루미늄이고, 암 ①, ②의 소재는 강이며, 와이어 로프(③)는 스테인레스 재질을 사용하였다.

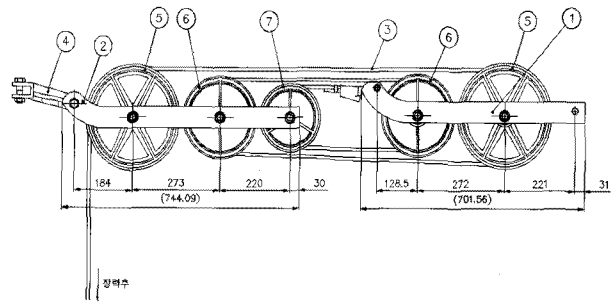


Fig. 1. Pulley-type tensioning Device

2.3 작용하중 검토

장력 20kN이 작용하는 경우 장력추가 연결되는 도르래에 대하여 와이어에 작용하는 장력을 T라 놓으면 Fig. 2와 같이 자유물체도를 그릴 수 있다. 와이어에 작용하는 장력 T는 4kN이고 도르래 1의 베어링에 작용하는 힘은 5.657kN임을 알 수 있다. 2개의 볼 베어링이 힘을 지지하고 있으므로 하나의 볼 베어링에 작용하는 힘은 2.828kN이다.

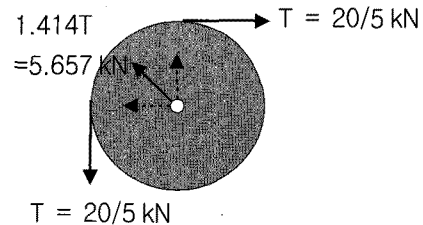


Fig. 2. The force on the pulley(5) (counter weight side)

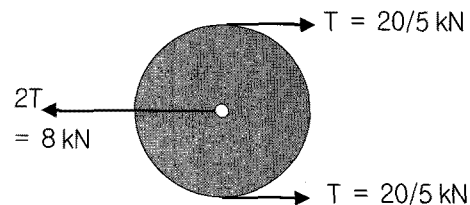


Fig. 3. The force on the pulley(6)

또한, 장력추가 연결되지 않는 기타의 도르래에 대하여 장력 20kN이 작용하는 경우 와이어에 작용하는 장력을 T라 놓으면 Fig. 3과 같이 자유물체도를 그릴 수 있다. 와이어에 작용하는 장력 T는 4kN이고 도르래의 베어링에 작용하는 힘은 8kN임을 알 수 있다. 2개의 볼 베어링이 힘을 지지하고 있으므로 하나의 볼 베어링에 작용하는 힘은 4kN이다.

장력이 20kN을 초과하는 경우 베어링에 작용하는 정 등가하중은 앞서 검토하였던 장력 20kN이 작용할 때의 정 등가하중을 기초로 장력의 비례 관계를 이용하여 Table 1과 같이 구할 수 있다.

Table 1. Lumped force for the bearing

장력	장력추 연결 도르래의 베어링 정 등가하중	기타 도르래의 베어링 정 등가하중	비고
20kN	2.828kN	4kN	고속선개별식
24kN	3.4kN	4.8kN	호남선일괄식
40kN	5.657kN	8kN	20kN의 과하중
48kN	6.8kN	9.6kN	24kN의 과하중

2.4 구조강도해석

24kN의 장력이 작용하는 전차선로에 사용할 수 있는 장력조정장치는 경부고속철도 장력조정장치 공장성능시험 사양[7]을 준용하여 정상 장력의 2배 즉 48kN의 장력을 받는 상태에서 소재가 탄성을 유지해야 하고, 100kN의 장력을 받은 상태에서 파단이 발생되지 않도록 설계하였다.

장력조정장치에서 가장 응력이 많이 작용하는 부분은 구조용 강 소재로 제작한 Anchor Arm이다. 장력조정장치에는 2개의 Anchor Arm이 있는데 그 중에서 전선에 가까운 쪽의 Anchor Arm에 더 큰 하중이 작용한다. 따라서 본 연구에서는 전선에 가까운 쪽의 Anchor Arm를 해석 대상으로 상용 유한요소 해석 툴인 ANSYS 10.0을 이용하여 응력 해석을 수행하였다.

Anchor Arm에 대한 유한요소 모델링은 Fig. 4와 같고, 응력이 많이 작용할 것으로 보이는 표면에 유한요소를 고밀도로 배치하였다. 사용된 유한요소는 평면응력을 표현할 수 있는 2차원 요소이다. 요소 특성으로 Anchor Arm의 두께 9t를 입력하였다.

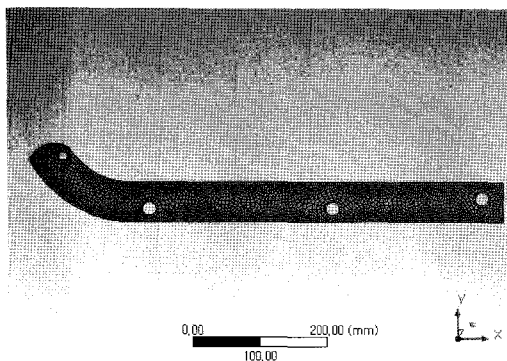


Fig. 4. FEM model for anchor arm

48kN의 내 하중 특성을 평가하기 위하여 Fig. 5와 같이 Anchor arm에 작용하는 하중을 유한요소체에 적용하였다. 적용 위치는 베어링이 끼워지는 각각의 구멍으로 하중의 크기는 장력이 48kN인 경우 각각 9,600N이다. 집중 하중의 방향이 일직선이 아니므로 모멘트 불 평형이 발생하게 된

다. 이러한 모멘트 불 평형으로 인한 원치 않는 응력 발생을 막기 위하여 전차선로가 연결되는 구멍 주변에 모멘트를 부여하였다. 경계조건으로 최 좌단 구멍은 위치를 고정하고 최 우단 구멍은 y축 방향 변위만을 구속하였다.

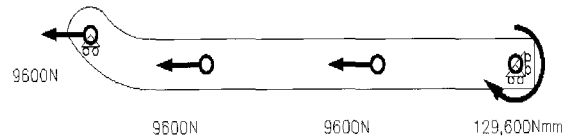


Fig. 5. Boundary conditions for Anchor arm

위와 같은 조건에서 해석한 결과는 Fig. 6 및 7과 같다. 응력분포를 나타내는 Fig. 6에서는 최대 응력이 최 좌단 구멍(와이어를 고정하는 크래프 설치 위치) 내면에 나타나는데 이것은 구멍의 수직 변위를 구속했기 때문에 나타나는 것이다. 이것은 강체 운동을 없애기 위한 경계조건으로 인하여 발생한 응력이므로 큰 문제가 없는 것으로 판단된다. Fig. 7은 anchor arm의 상면에서 발생하는 응력을 보여 주고 있다. 힘을 받아 변형되면서 최대 인장응력이 직선부와 곡선부가 만나는 위치에서 발생한다. 48kN의 장력이 작용할 때의 최대 응력은 157MPa로 항복응력인 250MPa 이내이므로 Anchor arm은 48kN의 장력이 작용하더라도 여전히 탄성 상태를 유지할 수 있을 것이다. 따라서 48kN은 본 연구에서 목표로 하는 최대 표준장력 24kN의 두 배이므로 본 연구에서 개발되는 장력조정장치를 사용할 때에 구조 안전의 문제를 발생하지 않을 것임을 예상할 수 있다. Table 2에서 해석 조건, 결과 등을 정리하였다.

또한, 최소 파단하중인 100kN의 장력이 작용하는 경우에는 Anchor arm에 327MPa의 응력이 작용하게 된다. 이 값은 항복응력을 초과하지만 인장한도 이내이다. 따라서 파단이 발생하지 않는 것으로 보아 규격[7]을 만족하는 것으로 예측할 수 있다.

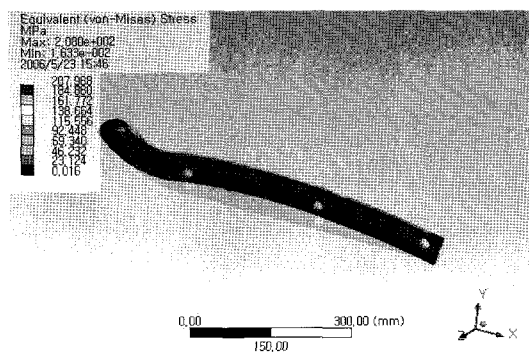


Fig. 6. Stress distribution on anchor arm(side view)

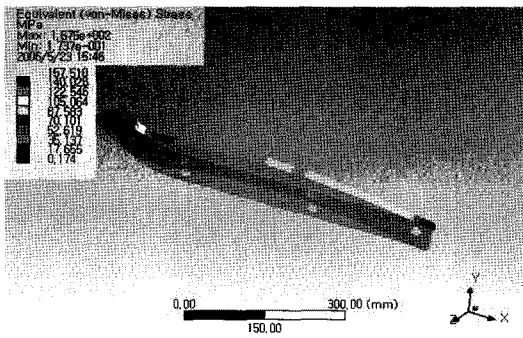


Fig. 7. Stress distribution on anchor arm(top view)

Table 2. Stress analysis results for the anchor arm

하중 조건	최대 응력	기준 응력
48 kN(내하중)	157 MPa	250 MPa
100 kN(파괴하중)	327 MPa	400 MPa

2.5 제작 및 조립

Anchor arm을 제외한 도르래 등의 부품은 주조 금형을 만들어 제작하였다. 도르래의 형식은 총 3가지이므로 3 종류의 금형을 제작하여 중력 주조방식으로 도르래를 제작하였고, 도르래를 지지하는 Anchor arm는 구조용 강판을 레이저로 절단하여 제작하였다. 또한, Anchor arm의 부식을 막기 위하여 절단된 강판을 아연도금으로 처리하였다.

3. 공장 성능 시험

장력조정장치의 공장성능을 측정하기 위하여 접촉상태 점검, 운영 시험, 과하중 시험, 파단시험 및 피로시험을 수행하였다. 위 시험 중 경부고속철도 폴리타입 장력조정장치 사양에서 제시하고 있는 시험은 운영시험, 과하중 시험 및 파단시험이다.

3.1 접촉 상태 점검

도르래식 장력조정장치는 여러 개의 크기가 다른 도르래가 와이어로프로 연결되어 있다. 장력조정장치에 장력추를 매달게 되면 도르래의 히브와 와이어로프의 접촉상태가 변하게 된다. 장력이 20kN 혹은 24kN이 걸릴 때 도르래와 와이어로프 사이의 접촉상태가 양호한지를 확인할 필요가 있다.

접촉면의 상태 확인을 위하여 도르래 내면에 화이트를 바르고 나서 장력추를 장력이 20kN과 24kN이 될 때까지 장력조정장치에 올려 놓고 나서 접촉면을 검사해 보았다. 검사 결과는 Fig. 8과 같이 접촉상태가 원활하였다. 원주방향의 접촉 상태는 와이어로프와 도르래가 접촉하기 시작

한 부분과 접촉이 끝나려는 부분에서 강한 접촉이 있음을 확인할 수 있었고 그 중간 부분에서는 접촉 강도는 상대적으로 약하지만 균일한 접촉 상태를 보였다. 원주방향으로 접촉 상태는 다음 그림과 같이 9시 방향을 중심으로 대칭 형태를 띠고 있었다. 접촉 상태가 양호한 것을 볼 때 모든 움직임 도르래가 헛 돌지 않고 제대로 힘을 전달하고 있다고 판단된다.

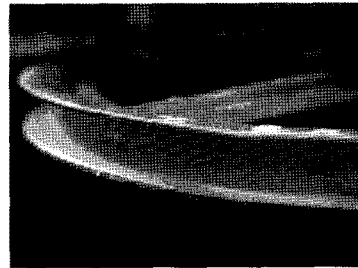


Fig. 8. Analysis of contact between pulley and wire rope

3.2 운영 시험 및 과하중(overload) 시험

운영시험(operating) 및 과하중(overload) 시험은 경부고속철도 장력조정장치 공장성능시험 사양에서 제시하고 있는 시험으로, 국내에 시험설비를 갖추고 있지 않아서, 스위스의 Furrer+Frey사에서 시험을 수행하였다. 경부고속철도에서 전차선의 장력은 20kN이다. 경부고속철도 도르래식 장력조정장치의 사양에 나와 있는 운영시험 및 과하중 시험 절차는 다음과 같다.

- ① 장력장치는 4kN의 추 무게를 사용하여 정상적인 상태로 설치
- ② 추에 의해 작용하는 힘 P는 검교정된 저울을 사용하여 측정
- ③ 전차선 인류 케이블은 추의 상승, 하강을 위하여 견인장치에 고정
- ④ 전선의 장력 T는 장력장치에 가까운 위치에서 검교정된 로드셀로 측정
- ⑤ 견인장치를 사용하여 20cm씩 추의 높이 변화를 주면서 추를 0 → 4m 및 4m → 0m의 위치로 이동
- ⑥ 4m를 한 번에 이동할 수 없을 때에는 2m씩 2번으로 나누어 시험을 할 수 있음
- ⑦ 매 20cm 이동을 한 후 추가 안정화된 이후에 장력을 측정하여, 성능지수는 각 측정마다 다음 식으로 계산된다.

$$Ff = \frac{T}{P \times r} = \frac{T}{5P}$$

여기서, r은 장력조정장치의 힘 증폭비이다

- ⑧ 성능지수는 항상 0.97 이상이 되어야 하고, 또한, 추의 연속적인 두 위치에서 장력 T의 차이는 두 값 중 작은

것의 1% 이내이어야 함

- ⑨ 과하중 시험의 경우, 전선의 장력이 40kN이 되도록 추를 매달아, 장력장치의 부품들이 변형되지 않는지를 육안으로 확인한 후, ①-⑧을 반복함

Table 3. Operating and overload test results

Step	L [cm]	Up		Down		After overload			
		T[N]	Pf	T[N]	Pf	Up		Down	
1	0	20,267	1.01	19,973	1.00	20,267	1.01	19,934	1.00
2	20	20,346	1.02	19,973	1.00	20,248	1.01	19,934	1.00
3	40	20,346	1.02	20,032	1.00	20,287	1.01	19,993	1.00
4	60	20,326	1.02	20,032	1.00	20,248	1.01	19,973	1.00
5	80	20,385	1.02	20,071	1.00	20,307	1.01	19,954	1.00
6	100	20,326	1.02	19,993	1.00	20,267	1.01	20,012	1.00
7	120	20,326	1.02	20,052	1.00	20,248	1.01	19,895	0.99
8	140	20,228	1.01	19,914	1.00	20,248	1.01	19,875	0.99
9	160	20,346	1.02	19,993	1.00	20,248	1.01	19,934	1.00
10	180	20,346	1.02	20,052	1.00	20,267	1.01	19,973	1.00
11	200	20,424	1.02	20,032	1.00	20,366	1.02	20,052	1.00
12	220	20,326	1.02	19,934	1.00	20,189	1.01	19,855	0.99
13	240	20,248	1.01	19,914	1.00	20,307	1.01	19,914	1.00
14	260	20,326	1.02	20,012	1.00	20,248	1.01	19,934	1.00
15	280	20,248	1.01	19,993	1.00	20,209	1.01	19,914	1.00
16	300	20,267	1.01	19,973	1.00	20,307	1.01	19,973	1.00
17	320	20,189	1.01	19,914	1.00	20,150	1.01	19,934	1.00
18	340	20,267	1.01	19,934	1.00	20,209	1.01	19,934	1.00
19	360	20,287	1.01	19,973	1.00	20,209	1.01	19,934	1.00
20	380	20,307	1.01	19,993	1.00	20,267	1.01	20,012	1.00
21	400	20,228	1.01	19,954	1.00	20,267	1.01	19,954	1.00
		20,267				20,209			

전차선 장력을 20kN과 24kN일 경우에 대하여 상기 절차에 따라서 Fig. 9와 같은 시험장비를 이용하여 운영시험과 과하중시험을 수행하였다. Table 3은 운영하중 20kN에 대하여 시험절차 ①~⑨에 따라 수행한 시험결과이다.

결과에서 보는 바와 같이 허용기준을 만족함을 확인할 수 있었다. 이 때 과하중은 운영하중의 2배를 부여하였다. 시험에 사용한 로드셀은 Dynafors사의 50 kN용(모델명: LLX-5) 이다. 성능지수는 0.97 이상이 나왔다.

3.3 파단(breaking) 시험 및 피로 시험

경부고속철도 장력조정장치 공장성능시험 사양에서 파단 시험의 경우 장력조정장치가 최소 100 kN 이상의 장력에 견디도록 설계되어야 한다고 규정한다. 장력장치를 사용 상태로 설치한 후 장력장치의 부품 중의 하나가 파괴될 때까지 힘을 가하여 파단 하중이 100kN 보다 커야 한다. 따라서, Fig. 10과 같이 장력조정장치를 사용 상태로 설치하였다. 장력추 대신에 와이어를 정반에 고정하고 액츄에이터를 이용하여 Fig. 11과 같이 3번의 가력을 실시하였다. 첫 번째는 110kN까지 단계적으로 하중을 증가시켜 정적인 거동을 확인하였으며, 두 번째는 약 124kN까지 급작스런 하중을 가력하였다. 마지막으로 세 번째는 두 번째 가력과

마찬가지로 급작스런 하중을 가하되 부품이 파단될 때까지 가력하였다. 130kN 이상에서 볼트로 힌지가 되는 앵커 클래비스(④)에서 파단이 일어나 시험합격기준을 만족함을 알 수 있었다.

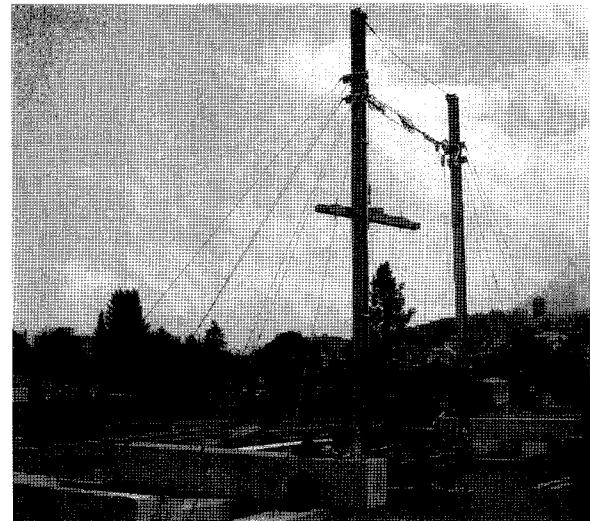


Fig. 9. Test rig for operating and overload test

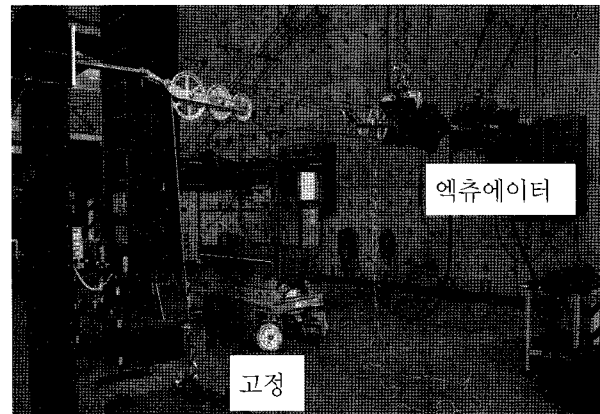


Fig. 10. Fracture test

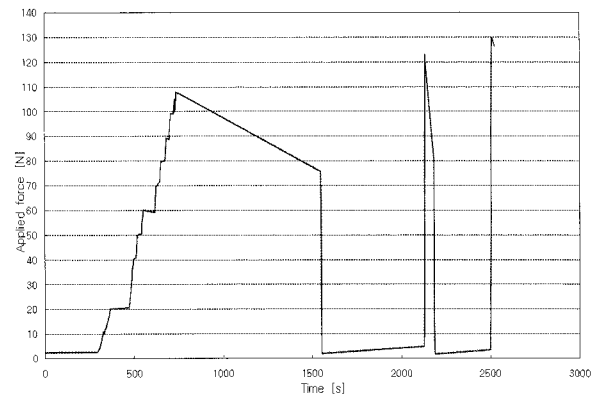


Fig. 11. Test stroke during fracture test

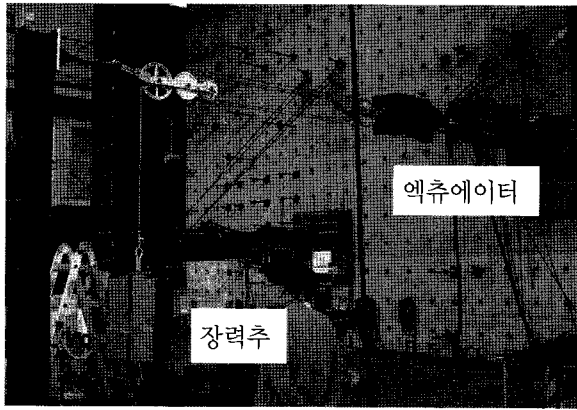


Fig. 12. Fatigue test

피로시험의 경우 사양에서 특별히 정의하고 있지 않지만, 전차선 및 조가선이 아침/저녁으로 온도변화에 의해 신축되기 때문에 사용기간 동안 베어링, 스테인레스 스틸 선 및 도르래 슈브의 마찰 등에 대한 내구성을 확인하기 위하여 수행하였다. 경부고속철도 사양에는 내구 성능과 관련한 형식 (type) 시험 기준이 제시되어 있지 않으므로, 본 연구에서는 도르래 장치의 추가적인 조사(investigation) 시험으로 장력조정장치 사용기간을 20년 이상으로 보고 아침/저녁으로 한번 신축한다고 가정하여, 장력조정장치를 Fig. 12와 같이 장력조정장치를 사용상태로 설치하고 장력추를 0.1Hz로, ±35cm 상하 이동을 11,000회(여유율 포함) 연속으로 움직이도록 액츄에이터를 가진하였다. 시험 후 도르래는 시험 전과 마찬가지로 원활히 회전하였고, 도르래 슈브와 와이어 로프는 눈에 띄는 마모를 보이지 않았음을 확인할 수 있었다.

4. 현장 시험

장력조정장치의 현장 성능확인을 하기 위하여 기존선인 충북선에서 Fig. 13과 같이 설치하여 약 1년 1개월간 시범 운영을 하였다. 설치한 선로를 요약하면 다음과 같다.

- 전주: 12-16D 전주(청주역과 오근장역 사이 본선 하선)
- 총 장력길이: 1,307m
- 장력: 전차선과 조가선에 일괄 장력(총 19.6 kN) 부여
- 열차 최고 운영 속도: 약 90 km/h

Fig. 14는 온도에 따른 추위치(Y)의 변화를 약 1년간 동안 측정한 그래프이다. 설치한 전주의 인류구간 길이는 1,307m(장력길이 650m)이고, 도르래식 장력조정장치 장력비 5:1을 기초로 온도에 따라 Y값의 변화를 계산하여 보면 온도 10°C 변화시 Y값이 약 55cm 변화하고, X값이 약 11cm 변화한다. 그래프에서 알 수 있듯이 제한된 측정 조건에서 온도에 따라 측정된 Y값의 변화가 거의 계산결과와

부합하고, Y값의 변화가 선형적으로 변동되어 장력조정장치가 정상적으로 작동함을 확인할 수 있었다. 약간의 오차는 온도 측정시 바람 및 직사열 등의 영향으로 주변 온도가 약 ±2°C 정도 편차를 보였기 때문이라고 판단된다.

장력 길이가 650m이면 온도 10°C 변화시 Y값(추의 수직 이동거리)이 약 55cm 변화한다. 도르래에서 로프가 미끄러지지 않으면 X값(도르래 중심간 거리)이 약 11cm 변화하게 될 것이다. 본 연구에서는 도르래와 로프 사이의 미끄러짐이 발생하는지를 확인하기 위하여 고해상도 이미지를 처리하여 X값(도르래중심거리)을 측정하였다. 이미지 처리 기법을 이용한 X값의 측정 오차를 확인하기 위하여 직접 측정된 X값과 이미지 처리로 계산한 결과를 비교하였다. 줄자를 이용하여 X값을 직접 측정한 결과는 82.2cm이고, 카메라를 이용하여 측정된 값은 83.2cm(아래 그림 참조)로 약 1cm 정도의 오차를 보였다.

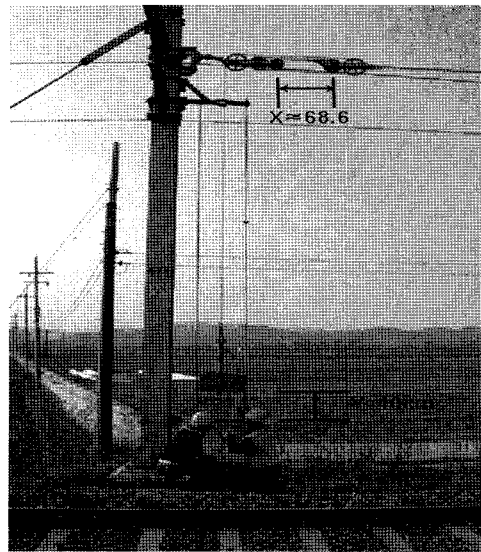


Fig. 13. Measurement of counterweight height(Y)

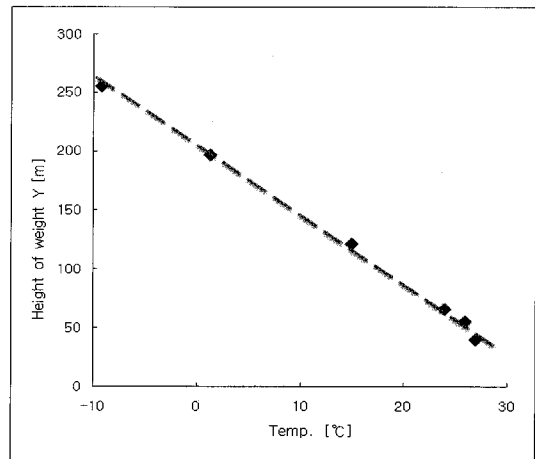


Fig. 14. Y values according to temperature variation

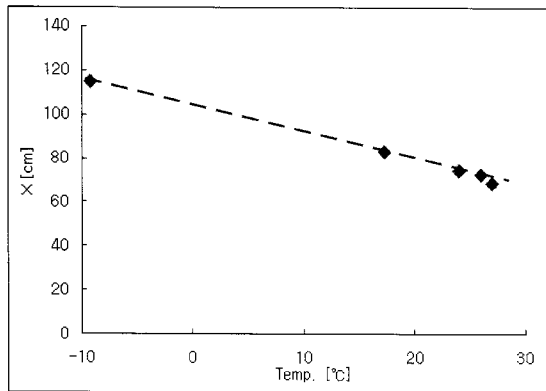


Fig. 15. X values according to temperature variation

Fig. 15는 고 해상도 카메라를 이용하여 온도변화에 따라 X 값을 측정된 결과이다. X값의 변화가 Y값과 유사하게 선형적으로 변동되고 있으므로 장력조정장치의 도르래와 로프는 미끄러지지 않고 있다는 것을 확인할 수 있었다.

5. 결론

본 연구에서 기존선의 속도 향상을 위하여 경부고속철도에서 사용하고 있는 도르래식 장력조정장치를 국산화 개발하였다. 개발한 장력조정장치는 고속철도에서 사용하는 개별식(20kN용) 혹은 호남선 등 기존선에서 사용하고 있는 일괄식(24kN용)으로 장력을 조정할 수 있어 활용 범위가 넓고, 장력 변동 비율도 3% 이내로 맞추어 고속철도에도 적용이 가능하다.

설계단계에서 하중 분석을 수행하여 Anchor Arm 등의 안전성을 검토하였고, 공장성능시험 단계에서 경부고속철도 장력조정장치 사양에 따라서 운영 시험, 과하중 시험 및 파단시험을 수행하여 고속철도 뿐만 아니라 기존선 속도 향상에 적용할 수 있는 성능을 확보하였음을 확인하였고, 보다 완벽한 성능 확보를 위하여 사양에 나와 있지 않은 정적 장력측정, 접촉상태 점검 및 피로시험을 추가로 수행하였다. 또한, 본선 시범설치 단계에서는 충북선에 1년 1개월간 시험설치하여 현장 적용성 및 신뢰성을 확인하였다. 그러므로 개발된 도르래식 장력조정장치는 기존선 속도 향상을 장력 부여에 활용될 수 있으리라 판단된다. 아울러, 국산화 개발된 도르래식 장력조정장치의 고속철도 적용을 위

하여 향후에 경부고속철도 본선에 시범설치, 운영을 추진할 계획이다.

본 연구에서 개발한 도르래식 장력조정장치에 대한 고속철도 본선에서의 시범설치가 성공리에 완료되어 기존선 고속화 및 호남선 고속철도 건설 등에 적용하게 된다면 수입 대체 효과가 클 것으로 기대된다.

감사의 글

본 연구는 국토해양부에서 주관하는 미래철도기술개발사업 탈팅열차 시험선 전차선로 성능평가연구의 연구결과입니다.

참고 문헌

1. Siemens(2001), "Contact Lines for Electric Railways."
2. 小林輝雄 외 5인(1997), "425km/h走行時における架線・パンタグラフ系の集電性能," T.IEE Japan. Vol. 117-D, No. 5.
3. 真鍋克士(1996), "架線・パンタグラフ系の技術開発 現状と課題," RTRI REPORT Vol. 9, No. 9.
4. (財)鉄道総合技術研究所/研究開発推進室/真鍋克士(2002), "電車線とパンタグラフ(3) - 電車線・パンタグラフ系の基本運動特性 -," 鉄道と電気技術 Vol. 13, No. 6.
5. KRS PW 0011-08(R)(2006), "한국철도표준규격 활차식 자동장력 조정장치(3톤)."
6. International Union of Railways(2002), "UIC 799, Characteristics of a.c. overhead contact systems for high-speed lines worked at speeds of over 200km/h."
7. Korea TGV Consortium(1999), "Technical Specification for the supply of pulley type tensioning devices."
8. 임금광, 윤용한(2004), "전차선로 자동 장력 조정 장치의 개선 방안," 한국철도학회 춘계학술대회 논문집.
9. 윤용한, 임금광, 신승식(2005), "스프링식 자동장력 조정장치의 소개 및 경제성 분석," 한국철도학회 춘계학술대회 논문집.
10. 윤용한, 임금광(2006), "전기철도 시스템에서의 스프링식 자동장력 조정장치 설치 및 운영에 관한 고찰," 한국철도학회 춘계학술대회 논문집.
11. KRS PW 0012-08(R)(2006), "한국철도표준규격 스프링식 자동장력조정장치."

접수일(2009년 3월 16일), 수정일(2009년 7월 22일),
 게재확정일(2009년 9월 25일)