

로봇식레스링훈련기재의 굴림힘교정오차의 분석과 굴림힘측정계통교정

윤창진, 최금혁

본문에서는 로봇식레스링훈련기재[1]에서 선수의 굴림힘평가를 위한 변형수감부에 기초한 힘모멘트수감체계[2, 3]의 교정실험에서의 오차를 분석하고 굴림힘측정계통의 전체적인 교정실험에 대하여 논의한다.

로봇식레스링훈련기재에서의 굴림힘측정을 위한 처리과정은 그림 1과 같다.

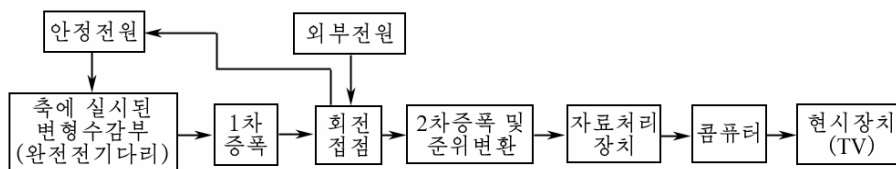


그림 1. 힘모멘트(굴림힘)수감체계도

힘측정에 대한 교정실험의 목적은 모멘트수감부로부터 출구되는 신호와 선수의 굴림힘사이의 정확한 대응관계를 찾아내는것이다. 여기서는 몸통대신 지레대를 설치하고 지레

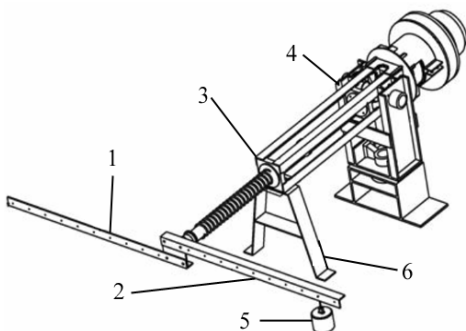


그림 2. 교정실험장치의 연결상태

1, 2-지레대, 3-지지부 1, 4-지지부 2, 5-추, 6-시험용보조지지부

대에 짐을 걸어주어 기준모멘트를 조성한다. 이때 고려할것은 기준모멘트를 조성하는데 리용되는 추의 무게가 베어링지지부에 걸려 보충적인 저항모멘트가 형성되고 실제로 모멘트수감부에 전달되는 모멘트가 줄어드는것이다.

교정실험장치의 연결상태는 그림 2와 같다.

추무게를 35kg까지 할수 있는데 이것이 지지부에서의 마찰힘모멘트를 조성하여 교정정확도에 영향을 줄수 있으며 이외에 축의 무게관련지점반력, 추의 무게관련지점반력, 추위치, 추진동, 지레대수평면기, 추무게, 량쪽지레대의 비직선성, 잡음들과

같은 오차들이 교정정확도에 영향을 줄수 있다.

이 마찰힘모멘트의 크기를 평가하면 그림 3에 보여준 크기를 고려할 때 다음과 같다.

$$M = M_1 + M_2 = (0.045/2) \cdot 1.872 \cdot 2fP = 0.0519fP$$

여기서 f 는 마찰계수, M , M_1 , M_2 는 각각 전

체마찰모멘트, 지지부 1, 2에 걸리는 마찰모멘트들, P 는 추의 무게이다.

리용되는 미끄럼베어링에서의 마찰상태는 적어도 반건조마찰과 반액체마찰의 중간에 있으므로 마찰계수는 최대한 0.1을 넘지 않는다고 할수 있다. 이로부터 전체적인 최대마찰모멘트는 $M = M_1 + M_2 = 0.0519fP = 0.0519 \cdot 0.1P = 0.0052P$ 와 같다.

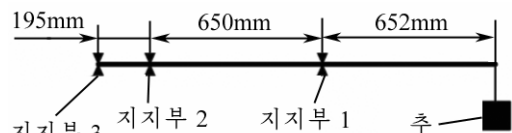


그림 3. 지지부와 추의 설치상태

지레대의 최소, 최대팔길이가 각각 0.1, 0.9m이면 최대팔길이에서 회전힘모멘트에서 마찰힘모멘트의 비율은 0.58~5.2%이며 최소길이를 0.6m로 제한하면 상대오차는 0.87%이하이다.

한편 마찰과 관련된 오차는 지지부의 마찰조건이 확정되면 추무계에 의해서만 결정되며 추무계가 고정되면 팔길이에 무관계하다. 모의자료에 기초하여 마찰과 관련한 오차의 영향을 평가하면 마찰에 의하여 조성되는 경사도의 저하는 0.68%라는것을 알수 있다.

축자체의 무게와 관련된 마찰모멘트에서 고려할 무게에는 기본축무게($P_{기} = 48.87N$), 중간축($P_{중} = 40.1N$), 축련결토시($P_{토} = 6.75N$), 지레대무게($P_{지} = 62N$)이며 모두 157.72N이다. 이 무게에 의한 마찰힘모멘트는 위의 경우와 유사하게 사전에 고려할수 있다. 그 값이 추의 무게와 무관계하게 일정한 값이며 그 값들은 다음과 같이 평가할수 있다.

지레대와 관련한 힘모멘트를 보면 $M_{지} = 0.0519fP_{지}$ 이다. 기본축의 무게는 기본축이 지지부 1에 관하여 앞뒤대칭이므로 기본상 지지부 1에 걸린다고 할수 있으며 그것과 관련한 힘모멘트는 $M_{기} = (0.0542/2) \times f \times (P_{기} + P_{토})$ 이다. 중간축의 무게와 관련한 반력은 추의 무게에 의하여 지지부 2에 생기는 반력의 방향과 반대이며 지지부 2에 발생하는 힘모멘트는 부호를 고려하면 $M_{중} = (0.045/2) \times f \times (P_{중}/2)$ 이며 축자체의 무게와 관련한 전체적인 모멘트는 $M_{축전} = 0.1752f$ 와 같다.

$f = 0.1$ 인 경우 $M_{축전} = 0.0175N \cdot m$ 이며 교정에 리용되는 힘모멘트의 최대값 $315N \cdot m$ 의 0.055%이다. 이와 관련된 경사도의 저하도 0.055%를 넘지 않는다고 할수 있다. 이 영향은 추무계의 경우와 마찬가지로 보상할수 있다.

지레대의 수평상태로부터의 편기와 관련한 오차는 설치각도의 편기에 관계되는데 설치각도의 편차는 수평으로 설치된 경우에 비하여 회전모멘트를 줄이는 작용을 한다.

관측자료에 따라 가능한 설치각도의 최대편차 2.1° 를 고려하면 이와 관련된 경사도의 상대오차는 0.06%이다. 짐을 제정된 위치에 설치하는것과 관련한 설치위치의 오차를 3mm이하로 할수 있다는것을 고려하면 이와 관련한 오차는 평균적으로 0.5%이다.

추의 진동과 관련한 오차는 추의 진폭과 진동수에 관계되는데 추의 진동을 줄이기 위하여 매달이줄의 길이를 짧게 하며 진동이 정지된 후에 측정을 하고 안정구간에서의 최대값과 최소값의 평균값을 측정값으로 하는 방법으로 진동의 영향을 줄인다.

잡음오차는 잡음에 대한 상사 및 수자려파와 평균화처리를 통하여 최소로 줄인다.

좌우지레대설치를 정확히 직선으로 하지 못하는것과 관련된 오차는 실제의 검측결과로부터 얻을수 있는데 좌우지레대의 직선맞춤편기각도는 $6.0 \sim 7.7^\circ$ 이다. 이와 관련된 오차는 지레대의 무게와 이 직선맞춤편기각도로부터 결정되며 전체 측정범위에서 0.0423%이다. 이 오차원천은 일정한 값을 가지며 경사도에는 영향을 주지 않는다.

이와 같은 분석에 기초하여 교정곡선의 경사도에 영향을 주는 주요인자는 추무계 및 축자체의 무게에 의한 지지부에서의 마찰과 관련된 오차, 지레대의 수평상태로부터의 편기와 관련한 오차이다. 지레대의 수평상태로부터의 편기와 관련한 오차는 0.06%이다.

축자체의 무게와 추무계에 의한 지지부에서의 마찰과 관련된 경사도의 저하는 비례결수의 0.88%를 그것에 가산하여 그 영향을 보상할수 있다.

결국 충분한 수의 실험자료에 기초하여 우연오차의 영향을 될수록 없애면 교정실험은 0.1%이하의 정확도를 가지고 실현된다고 할수 있다.

마찰결수값이 가정한 값 0.1의 절반이라면 이 오차는 0.05%정도로 된다.

다음으로 굴림힘측정에 대한 최종교정실험결과에 대하여 보자.

이 실험에서는 팔길이를 변화시켜 회전모멘트를 연속적으로 변화시킬 때의 출구굴림힘변화에 대하여 고찰한다.

실험자료들을 종합하여 보간하면 그림 4와 같다. 이때 입구모멘트와 힘값사이의 관계곡선의 경사도는 $p_1 = 3.534$ (3.463, 3.604)이다.(팔호안의 수값은 95% 믿음한계이다.)

몸통의 직경이 28cm라는것을 고려하면 굴림힘의 값은 모멘트값에 3.571 4를 곱하여 얻을수 있다. 이때 얻어지는 굴림힘은 한쪽팔이 내는 힘이라고 볼수 있다.

환산된 입구회전굴림힘값과 현시값사이의 관계는 그림 5와 같으며 경사도는 0.989 4 (0.969 6, 1.009)로 결정된다.

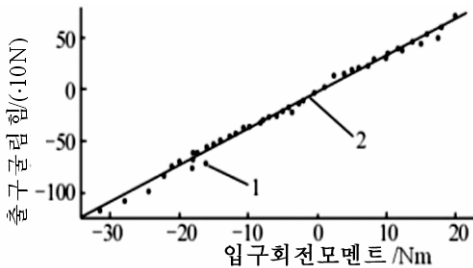


그림 4. 입구회전모멘트와 출구굴림힘사이의 관계
1-실험자료, 2-보간직선

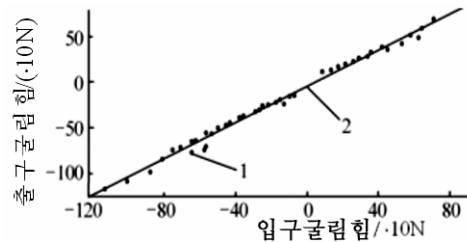


그림 5. 입구굴림힘과 출구굴림힘사이의 관계
1, 2는 그림 4에서와 같음

경사도값 0.989 4는 측정결과로 얻는 환산굴림힘값이 실제로 입구되는 환산굴림힘값과 비교적 일치한다는것을 보여준다. 0.97%를 비례결수에 가산하면 마찰에 의한 오차의 영향을 보상할수 있으며 이에 따라 $0.989\ 4 + 0.008\ 8 = 0.998\ 2$ 로 된다. 이로부터 마찰의 영향이 작은 선수가 직접 굴리는 측정상태에서는 입구량과 출구량사이에 0.998 2의 비례관계가 성립된다는것을 알수 있다.

참 고 문 헌

- [1] 최금혁 등; 기계공학, 2, 16, 주체106(2017).
- [2] Z. Foltá et al.; Transactions on Electrical Engineering, 2, 3, 77, 2013.
- [3] H. Kumar et al.; Indian Journal of Pure & Applied Physics, 49, 10, 653, 2011.

주체106(2017)년 8월 5일 원고접수

Analysis of Rolling-Force Calibration Error and Calibration of Rolling-Force Measurement System in Robot-Type Wrestling Training Equipment

Yun Chang Jin, Choe Kum Hyok

We carried out the analysis of calibration error of moment sensing system for evaluating rolling force of wrestler in robot-type wrestling training equipment. It was shown that the calibration error is confined below 0.1%. It was also shown that the correspondence between input and output could be realized in accuracy of 99.82%.

Key words: rolling force, moment sensing system