

육상 단거리 출발을 위한 스타팅블록 정밀센서 개발 Development of precise starting block sensor of sprint starting

*이정태¹, #권현준¹, 송한욱¹

*Jeong Tae Lee¹, #Hyun Joon Kwon(hjkwon@kriss.re.kr)¹, Han Wook Song

¹ 한국표준과학연구원

Key words : Precise Starting Block sensor, Starting Block, Sprint, Precise sensor

1. 서론

육상경기종목 중 단거리 경주는 100 m, 200 m, 400 m로 이루어지며, 특히 단거리 경주는 짧은 시간 내에 경기가 종료되어 근소한 기록 차에 의해 승패가 결정되기 때문에 단거리 경주 기록에 영향을 미치는 요인에 대한 다양한 과학적 연구가 수행되고 있다[1]. 육상의 꽃이라 할 수 있는 100 m 종목의 우리나라 최고기록은 세계적인 수준과 현저한 차이를 보이며, 다른 인기 종목들에 비해 많은 관심을 받지 못하고 있다. 그러나 최근 들어 우리나라와 체력이 비슷한 중국과 일본 등은 100 m 종목에 지속적인 관심과 과학적인 훈련으로 꾸준한 기록 갱신을 이뤄내고 있다. 단거리 경기에서 출발기술은 전체 경기의 10 % - 30 %를 차지하는 주요한 기술로 수직력과 수평력의 적절한 조화를 통하여 빠른 시간 내에 최고속도에 도달하도록 해야한다[2-4]. 특히 출발기술은 과학적인 동작의 분석을 통하여 즉각적인 기록의 향상을 가져 올 수 있다[5,6]. 많은 연구자들이 스타팅블록 각도와 출발동작의 관계를 지면반력 분석을 이용하여 수행하였으며, 스타팅블록의 이상적인 각도(50°~55°)를 제시하였고, 효율적인 출발기술 훈련을 실시하기 위해서는 스타팅블록 자체에 반력 값을 측정할 수 있는 장비 개발의 필요성이 요구된다고 하였다[7-9]. 따라서 본 연구에서는 단거리 선수들의 출발 시 반력 및 반응시간을 측정하고, 선수 개인에 맞는 출발 기술의 과학적인 분석 정보를 제공하기 위하여 기존의 스타팅 블록을 이용하여 출발 반력과 반응시간을 정확히 측정할 수 있는 스타팅블록 정밀센서를 개발하였다.

2. 스타팅 블록 센서의 개발

육상 단거리 출발 시 수직 반력(F_v)과 수평 반력(F_h)을 모니터링 하기 위해서 스타팅 블록 발판의 반력(F_n)을 측정할 수 있는 스트레인 게이지 타입의 스타팅 블록 센서를 제작 하였다. 스타팅 블록은 고정 각도가 정해져 있으므로 반력(F_n)을 이용하면 식 1과 식2로 수직 반력(F_v) 및 수평 반력(F_h)을 계산할 수 있다.

$$F_v = F_n \cos \theta \quad (1)$$

$$F_h = F_n \sin \theta \quad (2)$$

F_v : 수직반력

F_h : 수평반력

F_n : 스타팅 블록 발판의 반력

θ : 스타팅 블록 발판의 각도

전체적인 기구부는 일반적으로 판매되고 있는 스타팅 블록을 이용하였고, 센서부인 발판은 탄성영역 내에서 반력에 따른 변형이 용이하도록, 설계해석 결과를 이용하여 후 가공하였다. 스타팅 블록 센서는 용량 5000 N, 정격출력 1 mV/V 의 조건으로 설계하였다. 구조 역학적으로 압축 스트레인게이지 부착방향에 대해 90° 방향은 Poisson ratio만큼의 변형을 갖게 되는데 본 설계에서는 이를 dummy 센서 개념으로 사용하여 반응하지 않는 것으로 간주하였다. 변형율의 크기를 계산해 보면 휘스톤 브리지를 사용했을 때, 센서의 출력과 변형율의 관계는 식3으로 표현된다. 일반적으로 구조해석 시 스트레스 해석을 하게 되므로 90° 스트

레스(Linear Stress, σ)로 표현하면 식4와 같다.

$$R.O = ke/2 \quad (3)$$

$$R.O = \sigma/E \quad (4)$$

R.O : 센서의 정격출력
k : 스트레인게이지 상수
e : 종단성변형률
E : Young's Modulus

스타팅 블록의 재질은 알루미늄으로 Young's modulus는 70 kN/mm² 이고, 사용된 스트레인게이지의 게이지 상수는 2로 식4에 대입하여 σ 를 구하면 70 N/mm² 이다. 따라서 Fig. 1의 변형 감지부의 L과 B의 구조치수를 변화시켜 5000 N의 하중을 가했을 때 σ 가 70 N/mm²이 되도록 설계하면 센서의 정격출력을 1 mV/V로 할 수 있다.

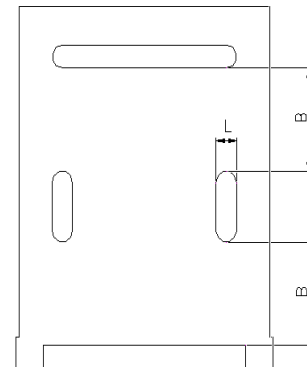


Fig. 1 Sensing point of vertical force sensor

하중 5000 N, Young's modulus 70 kN/mm², Poisson ratio 0.3의 조건으로 유한요소 프로그램(ANSYS)를 사용하여 해석한 결과를 Fig. 2에 나타내었다. 해석결과 L이 10 mm이고 B가 45 mm 일 때 σ 가 약 70 N/mm²으로 설계값을 만족하였다.

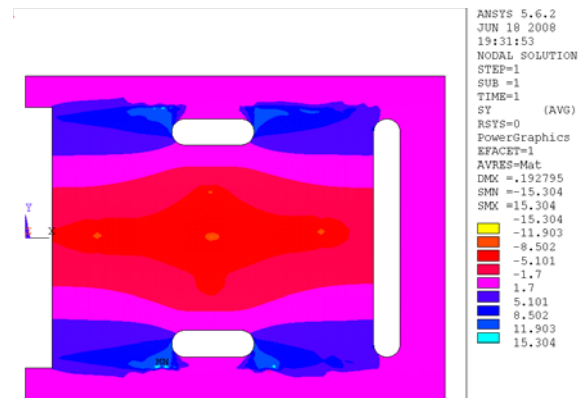


Fig. 2 Result of stress analysis for vertical force

설계된 치수를 이용하여 발판을 가공한 후 해석결과에 따라

8개의 90° T-Linear Pattern의 스트레인게이지를 부착하였다. 스트레인게이지는 상부 모서리부분과 하부 모서리부분에 위치하며 압축 8개의 스트레인게이지와, 인장 8개의 스트레인게이지를 휘스톤 브리지로 구성하였다. 완성된 스타팅 블록 센서를 Fig. 3에 나타내었다.

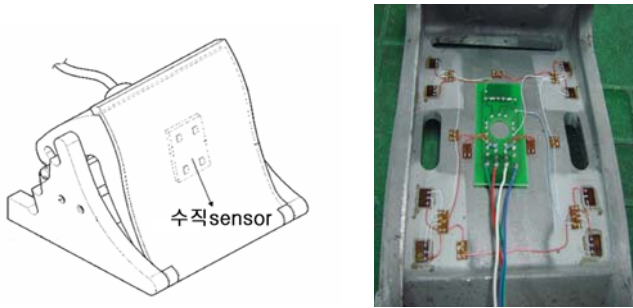


Fig. 3 Starting Block with Precision Sensor

제작된 스타팅 블록 센서는 Fig. 4의 전기식 힘측정기 교정 (KRISS, C-07-1-0040, 2002)에 의거 압축 교정하였다. 교정에 앞서 센서를 정격하중까지 3회 이상의 사전부하를 실시하였고, 30초를 유지하고 무부하 상태에서 2분을 유지하였다. 교정은 사전부하가 끝난 후 2분이 경과된 뒤에 시작하였고, 각 교정 하중점에서 신호는 부하된 하중이 안정화된 후 20초 뒤에 측정하였다. 교정은 다음 4단계 시리즈로 증가순 (0°, 증가순 (0°, 증가순 및 감소순 (120°), 증가순 및 감소순 (240°)으로 실시하였다. 평가결과 Table 1과 같이 최대 2.09 %의 상대확장 불확도를 나타내어 신뢰성 있는 육상 단거리 출발 반력 측정이 가능한 것으로 판단된다.



Fig. 4 Calibration for force sensor of starting block

Table 1 Calibration results

Dead-weight (N)	Number of test (Test condition)						Relative expanded uncertainty (%)
	1st (0°)	2nd (0°)	3rd (120°)		4th (240°)		
			Increase	Decrease	Increase	Decrease	
0	0	0	0	0	0	0	0.000
300	323	322	323	318	322	318	2.090
500	523	524	523	513	524	514	1.477
1000	1013	1014	1013	1005	1014	1006	0.437
1200	1203	1204	1203	1193	1204	1194	0.507
1500	1494	1495	1494	1486	1495	1485	0.378
2000	1967	1968	1967	1963	1968	1964	0.196
2500	2434	2435	2434	2433	2435	2433	0.087
3000	2898	2899	2898		2899		0.105

Fig. 5에 스타팅블록 센서 평가를 위한 장치를 나타내었다. 평가 장치는 (a)모터와 (b)다축 로드셀로 구성되었으며 (c)지그를 사용하여 스타팅블록의 각도와 거리를 변화 시켜가며 임의의

하중을 인가할 수 있도록 제작되었다. 모터의 구동과 신호의 수집은 National Instrument™ 사의 DAQ USB-6009를 사용하였고, 프로그램은 Boland Delphi를 이용하였다. 스타팅 블록 센서의 강건성 평가를 위해 제작된 평가장치를 이용하여 온도 23도, 습도 55 % 이내의 환경에서 100 - 1000 N, 5 Hz의 속도로 총 10⁵번의 피로 하중을 측정한 결과 일정한 출력을 나타내었다. 또한 발판의 반력(F_n)을 식 1과 2로 수직 반력(F_v)과 수평 반력(F_h)으로 계산하여 다축 로드셀의 신호와 비교한 결과 최대 3 %의 오차를 나타내었다.



Fig. 5 Test equipment of starting block

3. 결론

육상 단거리의 경기력 향상과 운동역학적 분석을 위한 스타팅 블록 정밀센서를 개발하였다. 상용화 되어있는 스타팅 블록을 사용하여 후 가공하는 방법을 사용하였으며, 발판 반력(F_n)의 측정을 이용하여 수직 반력(F_v)과 수평 반력(F_h)을 평가 할 수 있도록 하였다. 평가결과 뛰어난 상대확장 불확도와 강건성을 나타내어 신뢰성 있는 측정이 가능하고, 발판의 반력(F_n) 측정으로 수직 반력(F_v)과 수평 반력(F_h)을 정확히 평가 할 수 있음을 확인하였다. 향후 육상 단거리 선수를 대상으로 스타팅 블록 정밀센서를 이용한 훈련이 기록 향상에 미치는 영향에 대해 추가 연구를 수행 할 것이다.

참고문헌

1. 신보삼, 오봉석, “육상경기 크라우칭 스타트 종류별 제1보 폭이 가속질주구간기록에 미치는 영향”, 한국체육학회지, 41 (1), 417-428 (2002)
2. 성봉주, 스포츠 과학. 101 (2008)
3. Hoskisson. J. L., “Sprint start. Track and Field Quarterly Review.93 (1). 13-14”. Med Sci Sports Exerc., 24(11), 1257-63 (1992)
4. Meir, R., Colla, P. & Milligan, C., “Impact of the 10metre rule change on professional rugby league; implications for training”, Strength and Conditioning Journal, 23, 42-46 (2001)
5. 고석곤, “육상 단거리 크라우칭 스타트 동작의 운동학적 분석”, 성균관대학교 대학원 박사학위 논문 (2004)
6. 조필환, “단거리 스타트 동작시 신체분절의 각도와 각속도에 대한 숙련자와 미숙련자간의 운동학적 비교분석”, 한국스포츠리서치, 17(4), 143-148 (2006)
7. Hunter, J. P., Marshall, R. N. & McNair, P. J., “Interaction of step length and step rate during sprint running”, Medsci Sports Exercise s. 36(2), 261-271 (2004)
8. 권문석, 최명진, 신성휴, “단거리 스타트 시 스타팅블록 각도 변화에 따른 하지 관절의 기계적 에너지 기여도 분석”, 한국체육학회, 44(5), 549-557 (2005)
9. 최수남, “육상 100 m 출발시 Starting Block 조건에 따른 신체분절의 생체역학적 분석”, 충남대학교 대학원 박사학위 논문 (2008)