

# 컴퓨터 키보드 키의 Stiffness 및 Damping 특성 측정

## Measurement of Stiffness and Damping Characteristics of Computer Keyboard Keys

\*권현준, #권영하

\*H. J. Kwon, #Y. H. Kwon(yhkwon@khu.ac.kr)

경희대학교 기계 산업 시스템 공학부

Key words : Computer Keyboard key, Load Cell, Tapping

### 1. 서론

손가락의 피부는 외부 환경과의 접촉과 촉감사이에 최전선에 있으며, 말초 감각 중추 신경의 기계적 수용기로서 중요한 촉감 정보를 제공한다.[1] 또한, 손가락의 피부는 동적인 접촉 동작에 있어 접촉 최대 하중을 감소시킨다.[2] 이러한 손끝 피부의 변형을 이해하는 것은 피부가 손끝에 가해지는 힘을 어떻게 흡수하는지와 이를 통하여 어떻게 촉감 정보를 인지하는지를 알 수 있게 해준다.[3] 인간은 일상생활에서 손끝을 통하여 다양한 물체와 접촉하게 된다. 특히 키보드, 핸드폰, 마우스 등을 누르는 동적인 행위는 매우 짧은 시간동안 발생하게 된다. 인간은 이러한 수 ms 동안의 접촉행위를 통하여 접촉감이라는 촉감을 인지하고 판단하게 된다. 최근 일상생활에서 거의 모든 문서 작업을 컴퓨터 키보드를 통하여 입력한다. 인체 공학적인 디자인을 통한 키보드의 디자인과 접촉감의 설계는 사용자로부터 입력시의 만족감과 함께 근골격계의 피로를 줄여 줄 수 있는 것으로 알려져 있다. 특히 컴퓨터 키보드 키의 입력 시 손가락에 가해지는 접촉 최대하중은 장시간의 컴퓨터 키보드 사용 시 근골격계의 질환을 유발하는 요인이 될 수 있다.[4, 5] 본 연구에서는 컴퓨터 키보드 키의 입력 시 동적 접촉하중을 측정하기 위하여 고정밀 로드셀을 이용하여 시스템을 구축하고 손끝과 키보드 사이의 동적 접촉특성을 분석하였다.

### 2. 실험장치

Fig. 1과 같이 키보드 키의 동적 접촉 특성을 측정 할 수 있는 장치를 구성하였다. 사용된 로드셀은 0.1%의 정밀정확도와 10 N 이내의 범위를 가지고 있는 strain gage 타입이다. 키보드 키는 대부분의 전자식 키보드에서 사용되는 Rubber Dome 타입을 사용하였다. 본 실험의 특성상 기계적 동작에 의한 것이 아니라 피험자가 자발적으로 손가락을 움직이며 접촉 특성을 측정하는 것이므로 실험의 정확성을 위하여 Fixing Plate를 구성하였다. Fixing Plate는 키보드를 누르는 손가락을 제외한 팔목, 손바닥, 손가락이 편안한 자세에서 고정될 수 있도록 하였다. 일정한 속도로 키를 누를 수 있도록 점등하는 불빛과 신호처리를 위하여 LabVIEW™를 이용하여 프로그래밍 하였으며, 신호는 DAQ를 통하여 2 KHz의 속도로 측정되어 처리되도록 구성하였다.

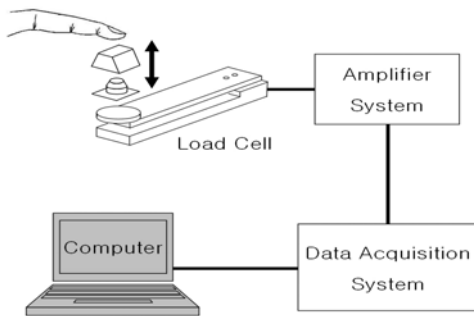


Fig. 1 Schematic diagram of measured system

### 3. 실험 및 결과

피험자는 평균나이 27세의 4명의 남성으로 실험 전 Fixing Plate에 적응할 수 있도록 Fixing Plate에 손을 고정한 상태에서 일정한 작업을 1시간에 걸쳐 수행하였다. 일정

한 속도로 키를 누를 수 있도록 모니터상에 점등하는 불빛에 맞추어 5회의 tapping을 실시하였으며, 10회 측정하였다. 또한 1회 실험 후 편안한 자세로 10분간 휴식을 취하게 함으로서 근골격계의 피로로 인한 영향을 배제하였다.

Fig. 2는 키보드 tapping 시의 힘-시간 그래프이다. 구간 1은 손가락이 키보드를 tapping하는 순간으로 순수한 압축 구간이다. 0 ms 부터 8 ms 까지는 손가락이 키보드를 누르기 시작한 순간부터 힘이 최대가 되는 순간까지의 힘의 증가를 나타내며 8 ms 에서 힘 0.75N으로 최대값이 된다. 8 ms 이후에는 손가락이 키보드에서 떨어지기 시작하여 키보드에 작용하는 힘이 제거되어 힘이 감소하는 구간이다. Fig. 3의 ㉔는 구간 1에서의 시간에 대한 힘의 변화율을 나타낸다. 이는 손끝 피부 표면이 변하지 않으려는 반력의 영향을 나타내며 힘의 변화율이 크다는 것은 반력이 작게 작용하는 것을 나타낸다. 0 sec 에서 8 msec 까지 시간에 대한 힘의 변화율이 250 N/s 만큼 감소한다. 8 ms 에서 힘의 변화율이 0이고 8 ms 부터 12.5 ms 까지 변화율이 -40 N/s까지 감소했다가 12.5 ms 이후로 변화율이 40 N/s 증가하여 17 ms 에서 변화율이 0이 된다. 구간 2는 tapping 후 키보드의 이완 속도가 손가락의 이완속도보다 빨라 키보드와 손가락 사이의 반력이 발생하여 힘이 한 번 더 증가하는 것을 나타낸다. Fig. 3의 ㉕에 구간2에서의 힘의 변화율을 나타내었다. 17 ms부터 45 ms 까지 힘의 변화율이 양의 값으로 감소한다. 이는 힘이 증가하지만 힘의 증가율이 감소하여 힘-시간 그래프의 기울기가 완만해지는 원인이 된다. 그리고 구간2의 시간 간격은 28 ms 로서 매우 짧은 시간이다. 구간 3은 키보드와 손가락 사이의 반력이 감소하는 것을 나타낸다. 이는 구간 2에서는 키보드의 이완 속도가 손가락보다 빠르지만 구간 3에서는 키보드의 이완 속도가 손가락보다 느려져서 손가락과 키보드 사이의 반력 감소한 것을 나타낸다. Fig. 3에 ㉖는 구간3에서의 시간에 대한 힘의 변화율을 나타낸다. 45 ms 부터 80 ms 까지 힘의 변화율이 음의 값으로서 감소한다. 이는 힘이 완만한 기울기를 가지고 감소함을 나타낸다. 구간 3의 시간 간격은 35 ms 로서 구간2와 비교했을 때 힘이 증가하는 시간보다 감소하는 구간이 tapping 시 대부분의 시간을 차지하는 것을 보여준다.

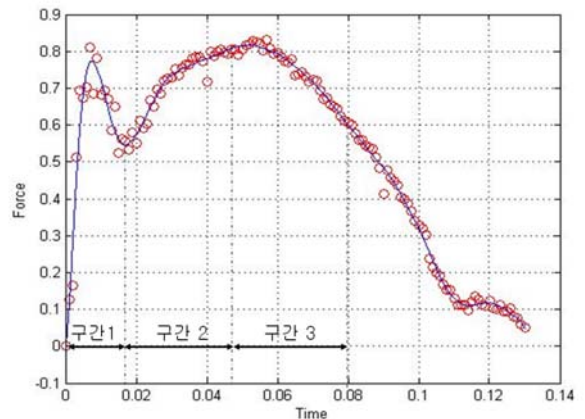


Fig. 2 Dynamic Force during tapping on the key

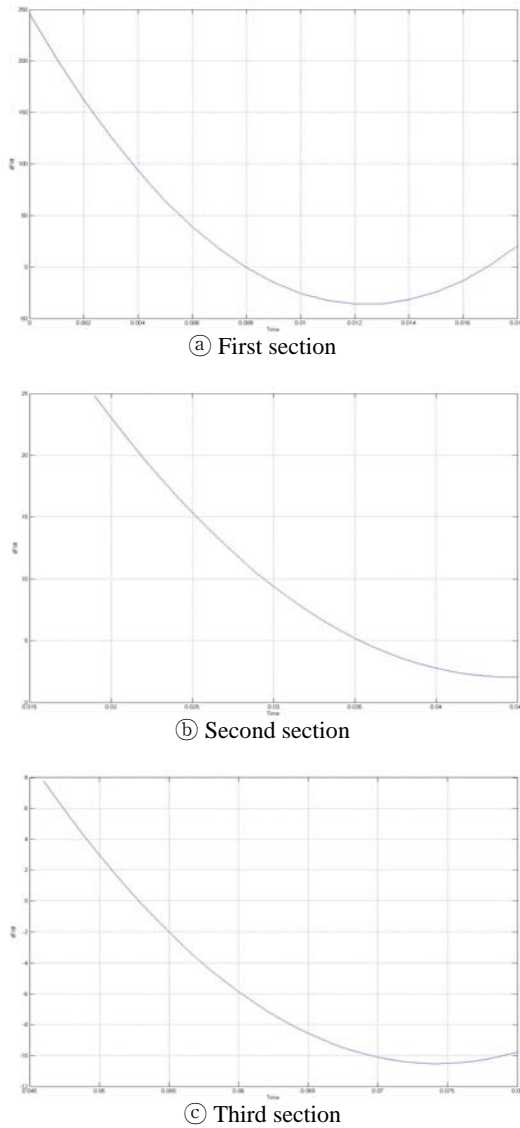


Fig. 3 Differential graph of Dynamic Force of three section during tapping on the key

## 2. 결론

본 연구에서는 키보드 키의 동적 접촉 특성을 분석하기 위하여 고정밀의 장치를 구성하였다. 측정 결과 키보드 tapping시 손끝과 키보드 사이에는 총 3단계의 접촉 현상이 발생하였다. 이는 Rubber Dome의 재료와 형상에 의한 것으로 설계에 의하여 구간 1,2,3의 반응 속도를 적절히 조절할 수 있고, 이를 이용하여 사용자의 편의에 맞는 다양한 키보드를 구현 할 수 있음을 의미한다. 빠른 타이핑을 원하는 사용자는 키보드의 탄성을 크게 함으로써 구간 2, 3의 시간을 짧게 하여 타이핑 능률을 향상시킬 수 있다. 반대로 타이핑에 능숙하지 못한 초급자들에게는 구간 2, 3의 시간을 길게 함으로써 편안한 타이핑 환경을 제공할 수 있다. 또한 타이핑을 많이 하는 직업을 가진 사용자들에게는 최대 순간 하중이 누적되 근골격계 질환의 원인이 될 수 있으므로 구간 1의 peak force를 완화 시킬 수 있는 설계로 키보드를 제작하여야 한다. 키보드 키의 동적 접촉 특성에 대한 측정은 컴퓨터 키보드 뿐 아니라 다양한 분야에서 입력 장치로 이용되는 장치의 설계에 유용하게 사용될 수 있을 것으로 판단된다.

## 참고문헌

1. Birznieks, I., Jenmalm, P., Goodwin, A., Johansson, R.S., 2001. Encoding of direction of fingertip forces by human tactile afferents. *Journal of Neuroscience* 21, 8222-8237.
2. Alexander, R.M., Bennett, M.B., Ker, R.F., 1986. Mechanical

- properties and function of paw pads of some mammals. *Journal of Zoology London* 209, 405-419.
3. Pawluk, D.T.V., Howe, R.D., 1999. Dynamic lumped element response of the human fingerpad. *Journal of Biomechanical Engineering—Transactions of the ASME* 121, 178-183.
4. Armstrong, T.J., Fine, L.J., Goldstein, S.A., Lifshitz, Y.R., Silverstein, B.A., 1987. Ergonomics considerations in hand and wrist tendinitis. *Journal of the Hand Surgery (American)* 12, 830-837.
5. Feuerstein, M., Armstrong, T., Hickey, P., Lincoln, A., 1997. Computer keyboard force and upper extremity symptoms. *Journal of Occupational and Environmental Medicine* 39, 1144-1153.
6. Serina, E.R., Mockensturm, E., Mote, C.D., Rempel, D., 1998. A structural model of the forced compression of the fingertip pulp. *Journal of Biomechanics* 31, 639-646.
7. Serina, E.R., Mote, C.D., Rempel, D., 1997. Force response of the fingertip pulp to repeated compression - effects of loading rate, loading angle and anthropometry. *Journal of Biomechanics* 30, 1035-1040.
8. Srinivasan, M.A., 1989. Surface deflection of primate fingertip under line load. *Journal of Biomechanics* 22, 343-349.