

자동차 브레이크 페달 배치의 인간공학적 설계

An Ergonomic Design of Brake and Accelerator Pedal Placement for Korean Driver

김 유 창*
Yu-Chang Kim

ABSTRACT

Optimum relocation of the brake relative to the accelerator can reduce stopping distance and may mean the difference between an accident and a near-accident. A driving simulator was used to examine efficiency of brake time. Brake time was measured for 30 participants in six conditions. Brake times were shown to improve as a result of moving the brake pedal from its typical heights above the accelerator to positions below the accelerator.

1. 서 론

현대산업사회에서 자동차의 수요가 폭발적으로 증가함에 따라 자동차 사고도 이에 비례하여 증가하고 있다. 자동차 사고중 많은 부분이 BP(Brake pedal)을 밟아야 할 시기에 잘못하여 AP(Accelerator pedal)을 밟았거나, 동시에 BP와 AP를 동시에 밟았을 경우에 발생한다.

Davis와 Watts(1970)는 AP에 대한 BP의 상대적 위치가 브레이크 이동시간에 영향을 미치기 때문에 AP에 대한 BP의 적절한 위치설계는 자동차의 제동거리를 줄일 수 있어 사고를 경감시킬 수 있다고 발표하였다. AP와 BP의 수평거리는 가까

울수록 브레이크 이동 시간이 짧아질 것으로 예상되나 AP와 BP를 동시에 밟을 가능성이 있으며, 수평거리가 멀리 떨어진 경우에는 브레이크 이동 시간이 길어질 것으로 생각됨으로 AP와 BP의 수평거리는 위 두가지 상황을 고려하여 설계하여야 한다. 또한 AP와 BP의 수직거리도 브레이크 이동시간에 영향을 미칠 것으로 예상된다.

실제로 자동차의 제동거리는 위험을 인지하고 BP를 밟기 위해 운동을 개시하기 까지의 반응시간, AP에서 BP까지의 이동시간, 브레이크 밟는 시간을 포함한 제동시간에 따라 좌우 된다. 따라서 본연구는 브레이크 제동시간을 최소로 하는 AP에 대한 BP의 최적위치를 설계하고자 한다.

* 충남전문대학 산업안전과

2. 실험장치

2.1 실험장치

본 연구를 위한 실험장치는 brake pedal board, timer, A/D converter, personal computer로 구성되어 있다. 이중 brake pedal board는 직접 제작하였다. 실험장치의 모습과 체계의 전반적 구성은 Fig. 1과 같다.

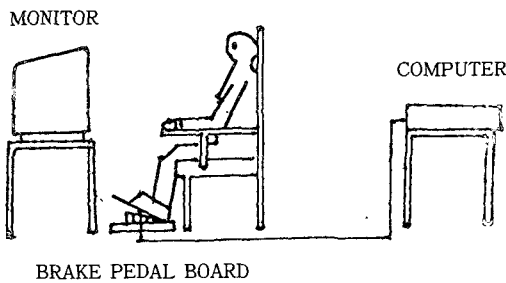
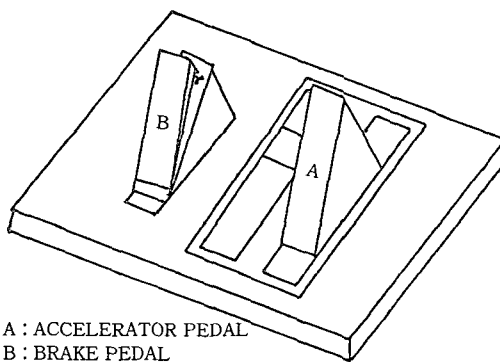


Fig. 1 Schematic diagram of experimental equipment

Fig. 2와 같은 brake pedal board에는 고정된 BP와 6개의 위치중 한 곳에 고정시킬 수 있는 AP가 있다. 피실험자의 발은 AP에 있다가 컴퓨터 모니터에서 빨간색 신호가 발생하면 발을 떼어 BP을 밟는다. 이때 빨간색 신호가 발생한 시기부터 BP을 밟는데 까지 걸리는 시간을 제동시간이라 하며 이를 측정한다. Ronald(1986)를 비롯한 많은 사람들은 AP에서 BP까지의 이동시간을 분석하였으나 이 이동시간보다는 제동시간이 더 효율적이



A : ACCELERATOR PEDAL
B : BRAKE PEDAL

Fig. 2 Brake pedal board

라고 생각된다. 실험하는 동안 피실험자의 앉은 위치와 AP, BP와의 상대적 위치는 고려하지 않고 피실험자가 편한 위치에서 실험을 하게 하였다. 이러한 이유는 현재 자동차의 의자를 운전자가 조절할 수 있게 되어 있기 때문이다.

2.2 실험계획

컴퓨터 모니터에 무작위(random)로 14가지 색을 계속 발생시킨다. 이때 피실험자는 편안한 자세로 앉아 빨간색의 신호가 발생했을때 AP에서 발을 떼어 BP를 밟아준다. 컴퓨터는 timer를 이용하여 빨간색 신호가 발생한 시기와 BP를 밟은 시기와와의 시간을 측정한다. 실험인자(experiment factor)는 AP와 BP 사이의 수평거리와 수직거리로 하였으며 Fig. 3에 나타내었다.

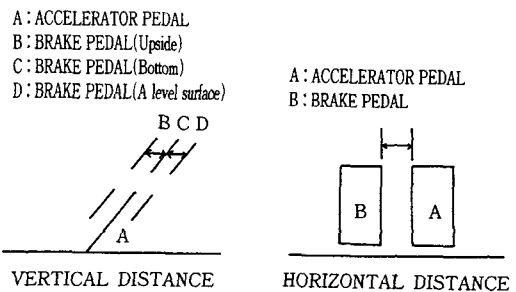


Fig. 3 Horizontal and vertical distance of brake pedal relative to accelerator pedal

AP와 BP사이의 수평거리 인자의 수준은 2가지로 하였고, AP와 BP사이의 수직거리 인자의 수준은 3가지로 하였다. 실험인자와 각 실험인자의 수준은 Table 1과 같다. BP와 AP사이의 수평거리 5.08Cm, 12.70Cm를 각각 수평거리 1, 2로 표시하며 BP에 대한 AP의 상대적위치 아래(-5.08Cm), 수평(0Cm), 위(+5.08Cm)를 수직거리 1, 2, 3으로 나타낸다.

Table 1 Experimental conditions

| A \ B | | B | | |
|-------|---|--------------|--------------|--------------|
| | | 1 | 2 | 3 |
| 1 | 1 | Experiment 1 | Experiment 2 | Experiment 3 |
| | 2 | Experiment 4 | Experiment 5 | Experiment 6 |

A : Horizontal distance

B : Vertical distance

그리고 실험모델은 아래와 같은 반복이 있는 이원배치법을 사용하였다.

실험 모델 :

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \epsilon_{ijk}$$

$$i=1, 2, j=1, 2, 3, k=1, 2, 3, 4$$

where

- μ : 총평균
- α_i : 수평거리의 i번째 수준의 효과로서 $\sum \alpha_i = 0$
- β_j : 수직거리의 j번째 수준의 효과로서 $\sum \beta_j = 0$
- $(\alpha\beta)_{ij}$: 수평거리의 i번째 수준의 효과와 수직거리의 j번째 수준의 효과의 교호작용의 효과로서 $\sum (\alpha\beta)_{ij} = \sum (\alpha\beta)_{ij} = 0$
- ϵ_{ijk} : 오차항으로서 서로 독립인 $N(0, \sigma^2)$ 확률변수

2.3 실험방법

피실험자는 대학생 30명을 무작위로 실험 1, 2, 3, 4, 5, 6에 대해 각각 5명씩 할당하여 각 피실험자로 하여금 모두 10번의 실험을 하게 하여 평균치를 구하여 분석을 하였다. 실험자료는 Table 2에 나타나 있다.

Table 2 Experimental data

(unit : msec)

| A \ B | 1 | 2 | 3 |
|--------|--------------|--------------|--------------|
| | 1 | Experiment 1 | Experiment 2 |
| 522.70 | | 416.93 | 405.52 |
| 444.83 | | 377.15 | 473.29 |
| 354.69 | | 417.19 | 379.35 |
| 311.04 | | 413.33 | 479.74 |
| 2 | Experiment 4 | Experiment 5 | Experiment 6 |
| | 512.84 | 628.24 | 428.52 |
| | 520.75 | 708.84 | 368.79 |
| | 436.52 | 475.54 | 434.86 |
| | 407.18 | 531.79 | 352.69 |
| | 473.24 | 415.23 | 346.63 |

A : Horizontal distance
B : Vertical distance

3. 실험결과 및 분석

위 실험결과는 SPSS PC+ 통계패키지를 이용하여 BP와 AP 사이의 수평거리와 수직거리가 브레이크 제동시간에 어떻게 영향을 미치는가를 조사하였다.

3.1 BP와 AP 사이의 수평거리

Table 3의 평균을 살펴보면, 수평거리가 클수록 브레이크 제동시간이 크다. 자료를 통계처리하면 Table 4의 ANOVA의 결과가 $F(1, 24, 0.05) < 5.428$ 이므로 유의수준 0.05로 수평거리가 길수록 브레이크 제동시간이 크다고 말할 수 있다.

3.2 BP와 AP 사이의 수직거리

Table 3의 평균을 살펴보면, AP가 BP 위에 있으면 BP가 AP와 수평으로 있는 것보다 브레이크 제동시간이 짧다. 자료를 통계처리하면 Table 4의 ANOVA의 결과가 $F(2, 24, 0.05) < 3.583$ 이므로 유의수준 0.05로 AP가 BP 위에 있으면 AP가 BP와 수평으로 있는 것보다 브레이크 제동시간이 짧다고 말할 수 있다.

Table 3 Means of movement time

(unit : msec)

| A \ B | 1 | 2 | 3 | Total |
|-------|--------|--------|--------|--------|
| | 1 | 404.56 | 413.35 | 411.00 |
| 2 | 470.11 | 553.93 | 383.30 | 470.11 |
| Total | 437.33 | 483.64 | 398.65 | - |

A : Horizontal distance
B : Vertical distance

Table 4 ANOVA

| Source of Variation | Sum of Square | DF | Mean Square | F | Signif of F |
|---------------------|---------------|----|-------------|-------|-------------|
| Horizontal distance | 27428.587 | 1 | 27428.587 | 5.428 | .029 |
| Vertical distance | 36214.918 | 2 | 18107.459 | 3.583 | .043 |
| Interaction | 34241.629 | 2 | 17120.815 | 3.388 | .051 |
| Error | 121277.911 | 24 | 5053.246 | | |
| Total | 219163.046 | 29 | 7577.346 | | |

그리고 Duncan multiple range test를 각 실험에 대하여 실험(1, 2, 3, 4, 6)과 실험(4, 5)로 나눌 수 있다. 즉, 실험 1, 2, 3, 4, 6은 유의수준 0.05에서 통계

적으로 유의하지 않으며 실험 4,5는 유의수준 0.05에서 통계적으로 유의하지 않다. 그러나 실험 1,2,3,4,6과 실험 4,5는 유의수준 0.05에서 서로 유의하다.

4. 결 론

이 실험을 통해 얻어진 결과로 판단해 볼때 AP와 BP사이의 수평거리와 수직거리가 브레이크 제동시간을 결정하는 중요한 요인임을 알 수 있다. 앞장의 분석자료에서 볼 수 있듯이 수평거리 1,2 중 수평거리 1(5.08Cm)의 브레이크 제동시간이 409.64ms로 수평 거리 2(12.70Cm)의 브레이크 제동시간 470.11ms 보다 작고 수직거리는 수직거리 3, 즉 AP가 BP 보다 5.08Cm 높은 경우의 브레이크 제동시간이 평균 380.30ms로 수직거리 1,2 보다 작았다.

전체적으로 볼때 수평거리와 수직거리의 교호작용 때문에 실험 6의 평균 브레이크 제동시간이 제일 작은 것으로 나타났다. 그러나 Duncan의 Multiple range test를 시행해 본 결과 실험 1,2,3,4,6과 실험 4,5간의 평균차이가 있는 것으로 평가되었고 실험 1,2,3,4,6간에는 평균차이가 없는 것으로 평가되었다.

따라서 실험 1,2,3,4,6 중 어느 조건으로도 설계를 해도 무방하겠지만 자동차의 BP와 AP의 위치를 설계할 때 주된 고려사항은 운전자가 동일한 발로 동시에 AP와 BP를 밟지 못하도록 그 위치를 설계해야 되기 때문에 수평거리 12.70Cm, BP가 AP보다 5.08Cm 아래에 있는 실험 6을 최적의 위치설계로 생각할 수 있다.

현재 제조되고 있는 브레이크 페달배치는 대부분 실험 1임을 고려하면 위 실험결과와 일치하지 않는다. 본 연구에서 얻은 배치로 브레이크 페달을 재배치하면 속도 120Km/h 일때 제동거리를 약 71Cm 줄일 수 있다. 이 차이는 사고 또는 무사고를 가져올 수 있으며 또한 사고가 났더라도 사고를 경감시킬 수 있다.

참 고 문 헌

- 1) Davies, B. t., and Watts, J. M., Jr, Further investigation of movement time between brakeand accelerator pedals in automobiles, Human Factors, Vol. 12, pp. 559~561, 1970.
- 2) Ronald W. Morrison, J. Geoffrey Swope, and Charles G. Halcomb, Movement time and Blake pedal placement, Human Factors, Vol. 28, pp. 241~246, 1986.
- 3) Hoffmann, E. R., Accelerator to brake movement times, Ergonomics, Vol. 33, No. 3, pp. 277~287, 1991.
- 4) Hoffmann, E. R., A comparison of hand and foot movement times, Ergonomics, Vol. 34, No. 4, pp. 397~406, 1991.
- 5) Snyder, H. L., Braking movement time and accelerator-brake separation, Human Factors, Vol. 18, pp. 201~204, 1976.
- 6) 박경수, 이동하, 마이크로 프로세서를 이용한 R-R 구간 측정, 대한인간공학회지, Vol. 4, No. 2, pp. 3~10, 1985.