한국소음진동공학회논문집 제 13 권 제 8 호, pp. 645~650, 2003.

# 한국인 앉은 자세에 대한 수직 진동 응답특성의 실험적 연구 : (I) 겉보기 질량(Apparent Mass)

# Experimental Investigation of the Response Characteristics of Korean-seated Subjects under Vertical Vibration : (I) Apparent Mass

정 완 섭† · 김 영 태* · 권 휴 상** · 홍 동 표***

Wan-Sup Cheung, Yong-Tae Kim, Hyu-Sang Kwon and Dong-Pyo Hong

(2003년 5월 29일 접수 : 2003년 7월 1일 심사완료)

**Key Words** : Apparent Mass(겉보기 질량), Whole-body Vibration(전신진동), Human Vibration(인체진동), Human Response to Vibration(인체의 진동 응답특성)

## ABSTRACT

This paper introduces attempts to obtain the 'representative' characteristics of the apparent mass (or dynamic mass) of seated Korean subjects under vertical vibration. Individual responses of driving-oint apparent masses obtained from forty one Korean subjects are illustrated. Four kinds of vibration levels and three different sitting postures are selected to collect the characteristic responses of each subject. Those individual responses are used to estimate the 'mean' apparent mass, which may be expected to be a representative model to Korean subjects. Several interesting features of the estimated apparent mass are suggested and compared to those of ISO 5982.

## 1. 서 론

기계적 진동은 손과 발, 엉덩이, 그리고 등 부위와 같이 인체의 접촉부를 통하여 전신으로 전달된다. 이러한 인체 전달 진동 특성의 이해는 자동차 및 철도를 포함한 육상교통 수단, 선박 및 항공우주 산업 뿐 아니라 국방관련 산업에서 직면하는 많은 인체진동 문제들의 접근에 기반을 제공한다.[1] 이러한 운송 수단으로부터 인체로 전달되는 가장 주된 진동은 엉덩이를 통하여 전달되는 전신(whole-body) 진동이며, 주로 앉은 자세로 경험하는 상하진동이 주성분을 이루고 있다. 앉은 자세에 대한 인체진동의 특성규명에 대한 실험적 연구가 많이 시도되어 오고 있으며,[1~10] 이들 연구는 엉덩이 접촉부에서 측정되는 기계적 구동 점 임피던스(mechanical driving-point impedance)와 겉보기 질량 측정과 이들의 특성 규명에 기반을 두고 있다.

상하진동에 대한 앉은 자세의 기계적 구동 점 임피던스는 1981년 국제표준규격(ISO 5982)으로 채택 소개되었다. 본 규격은 국제표준규격 기술위원회(ISO/TC 108)의 기계진동 및 충격의 인체피폭 소위원회(SC4)의 주관하에 개정작업을 2001년 완료하였으며,[3] 개정내용은 이전의 규격에 최근의 겉보기 질량과 기계적 임피던스의 연구결과 들의 보완을 포함하고 있다. 주요 개정 내용은 49 kg에서 93 kg까지 피시험자의 몸무게 범위 확장, 진동 가진 레벨이 5 $m/s^2$(r.m.s.) 이하의 범위로 한정, 그리고 0.5 Hz에서 20 Hz까지의 주파수 범위 확장을 포함하고 있다. 특히, 주파수 범위에 따른 구동 점 임피던스의 상한선

† 책임저자, 정회원, 한국표준과학연구원 음향진동 그룹
E-mail : wawsup@kriss.re.kr
Tel : (042) 868-5302, Fax : (042) 868-5643
* 한국표준연구원 음향진동 그룹
** 정회원, 한국표준연구원 음향진동 그룹
*** 정회원, 전북대학교 정밀기계과

(upper limit)과 하한선(lower limit)을 각각 제시하고 있으며, 이들 상/하한 선들은 기존 연구들의 결과에 대한 범위를 이해하는데 도움을 주고 있다. 그리고, 부록 C에는 대표적 세 종류의 질량(55 kg, 75 kg, 90 kg)에 대하여 1/3-옥타브 대역에 대응되는 각각의 겉보기 질량의 크기와 위상 값을 제시하고 있다.

이러한 국외의 활발한 인체진동 특성연구와는 달리 국내의 관련연구는 매우 미흡한 실정이다. 국제표준규격 기술위원회(ISO TC 108)의 인체진동 소위원회(SC4)에 아직 국내 인체진동 특성연구 결과가 보고되지 않고 있으며, 이웃 일본에서 조차도 인체진동 특성연구 결과의 공식적 보고가 없는 실정이다. 따라서, 최근 개정된 ISO 5982[3]에는 아시안인의 인체진동 특성은 전혀 고려되지 않고 있다. 이러한 한국인의 인체진동 특성연구에 대한 국내외적 필요성 때문에 본 연구팀은 2001년부터 한국인 피시험자들에 대한 인체진동 전달특성 시험에 착수하였다.[10] 본 논문에서는 41명의 피시험자에 대한 겉보기 질량의 일차적 실험 결과를 소개한다. 그리고, 한국인의 주요 특성과 개정작업이 진행 중인 표준안 ISO 5982에 제시된 결과를 서로 비교 분석한다. 끝으로 본 논문의 주요 내용에 대한 요약과 더불어 향후 관련연구 분야에 대한 의견을 제시한다.

## 2. 실험 장치 및 방법

앉은 자세에 대한 인체의 겉보기 질량에 대한 실험적 규명 방법은 이미 국내에 소개된 바 있다.[5,6] 강체형 의자에 앉은 피 시험자의 상하 진동을 발생하는 장치는 TEAM사의 유압 가진기 모델(TEAM model 80)로 최대 복 진폭이 0.25 m(10 inches), 최대 동적 힘이 100 kN, 최대 시편 하중이 1,000 kg, 그리고 0.1 Hz부터 500 Hz의 진동 가진 주파수 범위를 갖는다. Fig. 1은 유압 기진기, 진동 테이블 위에 설치된 강체 의자, 의자에 앉은 피시험자, 그리고 인체 진동측정 장치들의 모습을 보이고 있다.

피 시험자가 앉는 좌석은 엉덩이를 받치는 평평한 강체 바닥면(rigid flat seat)과 피시험자의 등을 수직으로 받치는 수직형 등받이(backrest)로 구성되어 있다. 피시험자의 발은 가진기의 테이블 면과 접촉한 상태를 유지하였다.

유압 가진기에 의한 상하 방향 진동의 주파수 범위는 1.0 Hz에서 50 Hz까지의 주파수 대역에서 균일한 가속도 PSD(power spectral density)를 갖는 Gaussian random 신호를 입력으로 주었다. 좌석과 피시험자의 엉덩이 접촉 부위에서의 가속도는 강체 바닥면(rigid flat seat)의 중심부 바로 아래에 탑재된 B&K 4321 가속도계를 사용하여 측정하였다. 피시험자의 엉덩이에 전달되는 가진력은 바닥면과 인체의 엉덩이 사이에 탑재된 Kistler 9281B 힘 측정 판(force platform)으로 측정하였다. 피시험자에게 전달되는 엉덩이 접촉부의 힘과 가속도를 Sony DAT PCCX-32AX를 이용하여 동시에 기록 저장하였다.

앉은 자세에 대한 피시험자의 겉보기 질량은 측정된 가속도와 힘의 신호로부터 다음과 같이 cross-spectral 밀도 함수를 이용하여 구한다.

$$M(f) = \frac{G_{fa}(f)}{G_{aa}(f)} \tag{1}$$

여기서 $M(f)$는 주파수 $f$에서의 겉보기 질량, $G_{fa}(f)$는 측정된 힘과 가속도 간의 cross-spectral 밀도함수, $G_{aa}(f)$는 가속도 신호의 auto-spectral 밀도 함수이다. 두 밀도함수의 주파수 분석은 1 Hz에서 50 Hz까지의 대역에서 수행되었다.

금번 연구에서는 한국인의 인체진동의 전달특성을 파악하고자 진동의 크기와 앉은 자세의 두 가지 요인

**Fig. 1** Experimental set-up for measuring the characteristics of the apparent mass of Korean-seated subjects

을 변화하면서 실험을 수행하였다. 첫째로 0.25, 0.5, 1.0, 2.0 m/s$^2$의 네가지 실효치(r.m.s.)를 갖는 좌석의 가속도 입력에 대해서 각각의 기계적 임피던스를 측정하였다. 둘째로 피 실험자의 앉은 자세는 다음과 같은 세 가지의 자세를 고려하여 각각의 기계적 임피던스를 측정하였다.

(1) 정상적 자세('normal' posture) : 등을 곧게 펴고 앉은 정상적 자세,

(2) 등받이 자세('backrest' posture) : 등받이에 등을 대고 곧게 앉은 자세,

(3) 이완적 자세('relaxed' posture) : 요추 부위의 근육 경직이 없이 편하게 앉은 자세.

위의 정상적 자세와 이완적 자세에서는 등받이(backrest)를 사용되지 않았다. 세 가지의 자세 시험에서 피시험자의 발은 진동 테이블과 접촉한 상태를 유지하게 하였으며 손은 허벅지 위에 편안하게 올려 놓았다. 좌석 바닥면과 진동 테이블 사이의 높이는 400 mm로 고정하였지만 피시험자의 허벅지는 최대한 수평을 유지하도록 하였다. 앉은 자세 및 가진 레벨에 대한 인체특성 시험은 90초 동안 각각 시행하였으며, 시험 시 피 실험자는 정면을 바라보도록 하였다. 그리고, 시험 중에는 피 시험자의 머리 움직임과 자세 변화를 최소화하도록 협조를 요청하였다.

## 3. 실험 결과 및 고찰

### 3.1. 피시험자의특성

금번 연구에서 참여한 피시험자의 수는 총 41명(남자 22명과 여자 19명)이며 이들의 체격의 특성은 Table 1과 같다. 피시험자의 체격 특성 치로는 키, 몸무게, 그리고 앉은 자세에서 엉덩이 밑에서 측정한 몸무게(weight on the seat, "앉은 몸무게"라 호칭)을 선정하였으며, 이들의 평균값, 표준편차(S.D., standard deviation), 그리고 최소와 최대 값은 Table 1과 같았다.

남녀가 구분된 그룹별 신장, 몸무게, 앉은 몸무게의 표준편차는 전체 남녀의 표준편차보다 낮게 나타났다. 이는 남녀 평균 신장의 차이 (약 12.5 cm), 평균 몸 무게 차이 (20.2 kg), 그리고 평균 앉은 몸무게의 차이(14.8 kg)로 나타나는 성별 체격의 차이 때문으로 사료된다. 그리고, 남자 그룹의 몸무게와 앉은 몸무게에 대한 각각의 표준편차는 여자 그룹의 표준편차의 2배에 근접하게 나타났다. 그러나, 피시험자의 전체 몸 무게와 앉은 몸무게의 비는 여자의 경우 78.8 %, 남자의 경우 77.2 %, 그리고 남녀 전체의 평균 몸무게 비는 77.8 %로 매우 유사하게 나타났다.

### 3.2. 한국인의 겉보기 질량의 특성

금번 연구에 참여한 모든 피시험자는 앞서 소개한 세 종류의 앉은 자세(정상적, 등받이, 이완된 자세)에 대하여 각각 진동 시험에 참여하였다. 이들 앉은 자세에서 대하여 1 Hz에서 50 Hz 범위의 일정 가속도 레벨을 갖는 네 종류 (레벨 1 = 0.25 m/s$^2$ r.m.s., 레벨 2 = 0.5 m/s$^2$ r.m.s., 레벨 3 = 1.0 m/s$^2$ r.m.s., 레벨 4 = 2.0 m/s$^2$ r.m.s.)의 진동을 이용하여 시험을 수행하였다. 정상적 자세와 등받이 자세에서 각각 남자 9명과 여자 12명에 대하여는 네 종류의 진동레벨 시험을 그리고 남자 13명과 여자 7명에 대하여는 세 종류의 진동레벨(레벨 1 제외) 시험을 각각 수행하였다. 그리고, 이완된자세의 실험은 남자 9명과 여자 12명에 대하여는 한 종류의 진동레벨 3과 남자 13명과 여자 7명에 대하여는 세 종류의 진동레벨(레벨 1 제외) 시험을 각각 수행하였다. 따라서, 41명의 피시험자로부터 측정된 겉보기 질량 측정치는 정상 자세와 등받이 자세에 대한 144종과 이완자세에 대한 81 종으로 구성된 총 369종의 겉보기 질량을 수집하였다. Fig. 2는 41명으로부터 수집된 369개의 겉보기 질량의 측정결과를 보이고 있다.

**Table 1** Characteristics of Korean subjects

| Subjects | | Height [cm] | | | | Weight [kg] | | | | Weight on the seat [kg] | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Group | Number | Mean | S.D. | Min. | Max. | Mean | S.D. | Min. | Max. | Mean | S.D. | Min. | Max. |
| Female | 19 | 162.7 | 5.3 | 155 | 176 | 53.8 | 6.6 | 45 | 67 | 42.4 | 5.8 | 35.6 | 55.3 |
| Male | 22 | 175.2 | 5.3 | 163 | 182 | 74 | 12.1 | 57 | 98.7 | 57.2 | 10.8 | 42.9 | 78.2 |
| Total | 41 | 169.4 | 8.2 | 155 | 182 | 64.7 | 14.7 | 45 | 98.7 | 50.4 | 11.5 | 35.6 | 78.2 |

S.D.: Standard deviation Min.: Minimum Max.: Maximum

한국인의 겉보기 질량의 평균적 특성 치를 추정하기 위하여 Fig. 2의 측정결과에 대한 통계적 처리를 수행하였다. 각각의 측정 겉보기 질량($M_i(f)$; $i=1, \cdots, 369$)에 대하여 산술적 평균치와 메디안 평균치의 환산, 그리고 각 주파수 대역별 최대 및 최소 겉보기 질량 값들을 탐색하였다. Fig. 3과 Table 2는 주파수 대역에 대한 겉보기 질량의 산술적 평균치, 메디안 평균치, 그리고 최대 및 최소 값들의 범위를 보이고 있다.

겉보기 질량의 크기에 대한 산술적 평균값과 메디안 평균값과는 확연한 차이를 관찰할 수 없었으나, 메디안 평균에 의한 겉보기 질량의 위상 특성은 산술적 평균에 의한 위상 특성 결과보다 많은 피크를 수반하는 위상변화를 보였다. 위상의 급속한 변화 보다는 완만한 주파수 변화를 갖는 겉보기 질량 모델이보다 물리적 현상과 유사하다고 판단되므로 산술적 평균치를 한국인의 대표 값으로 선택 사용하는 것이 보

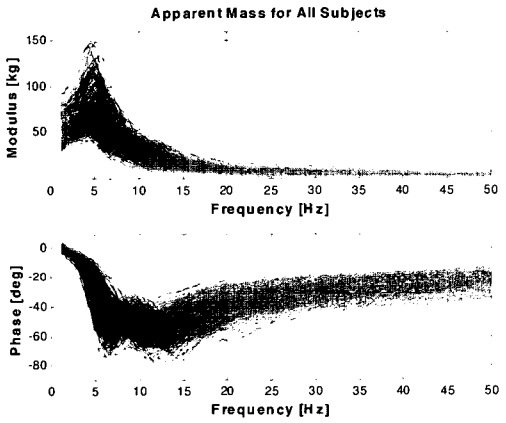


**Fig. 2** Total measurement set of Korean seated mechanical impedances under vertical vibration

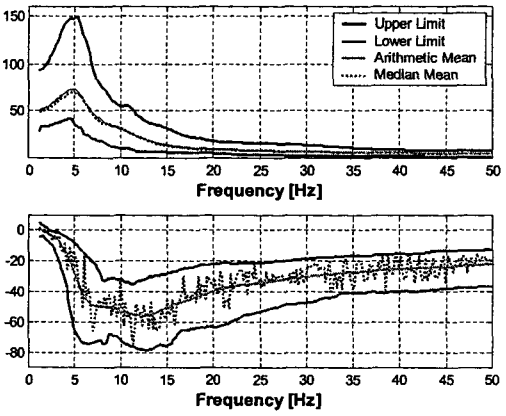


**Fig. 3** Characteristics of apparent mass under vertical vibration

**Table 2** Apparent mass averaged over 41 seated-Korean subjects.

| Apparent mass : All subjects | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1/3 Octave band [Hz] | Modulus [kg] | | | | | Phase [degree] | | | |
| | Arithmetic mean | Median mean | Lower limit | Upper limit | Standard deviation | Arithmetic mean | Median mean | Lower limit | Upper limit |
| 1.00 | 50.9 | 49.4 | 28.1 | 92.6 | 11.4 | 0.3 | 1.7 | -4.4 | 4.9 |
| 1.25 | 51.6 | 49.8 | 33.6 | 94.1 | 11.4 | -0.1 | -0.2 | -3.6 | 3.8 |
| 1.60 | 53.2 | 51.0 | 33.6 | 97.2 | 11.7 | -1.2 | -1.6 | -5.0 | 2.3 |
| 2.00 | 55.2 | 52.9 | 34.2 | 103.5 | 12.4 | -2.4 | -2.9 | -7.7 | 0.5 |
| 2.50 | 57.7 | 55.0 | 35.3 | 111.3 | 13.2 | -3.6 | -5.8 | -9.7 | -0.6 |
| 3.15 | 64.0 | 61.1 | 37.9 | 128.0 | 16.0 | -7.5 | -3.9 | -21.2 | -1.8 |
| 4.00 | 70.7 | 66.6 | 40.5 | 144.1 | 20.9 | -15.2 | -25.3 | -37.3 | -4.5 |
| 5.00 | 72.3 | 69.9 | 35.2 | 148.7 | 26.0 | -30.0 | -17.0 | -66.2 | -8.7 |
| 6.30 | 54.8 | 54.0 | 24.6 | 118.9 | 20.9 | -46.2 | -38.5 | -74.9 | -17.9 |
| 8.00 | 39.5 | 37.3 | 18.3 | 75.3 | 12.0 | -49.6 | -51.4 | -73.8 | -32.3 |
| 10.00 | 30.3 | 30.9 | 10.0 | 54.8 | 9.6 | -53.0 | -44.1 | -73.2 | -32.7 |
| 12.50 | 19.8 | 19.1 | 7.1 | 39.5 | 7.7 | -55.7 | -55.7 | -78.6 | -31.4 |
| 16.00 | 12.5 | 11.9 | 6.2 | 27.3 | 4.3 | -48.0 | -49.5 | -69.0 | -26.5 |
| 20.00 | 9.2 | 9.0 | 5.0 | 17.9 | 2.7 | -39.3 | -31.4 | -63.3 | -21.9 |
| 25.00 | 7.7 | 7.8 | 3.1 | 16.0 | 2.2 | -33.9 | -34.9 | -53.1 | -21.1 |
| 31.50 | 6.4 | 6.4 | 2.2 | 13.1 | 1.8 | -29.2 | -24.7 | -44.8 | -17.9 |
| 40.00 | 5.3 | 5.3 | 1.8 | 8.6 | 1.4 | -25.5 | -24.7 | -40.0 | -15.2 |
| 50.00 | 4.1 | 4.2 | 1.1 | 7.5 | 1.1 | -22.1 | -22.8 | -36.4 | -12.2 |

**Table 3** Mean and range of apparent mass of the seated body under vertical vibration

| Apparent mass: ISO/DIS 5982 | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1/3 Octave band [Hz] | Modulus [kg] | | | | Phase [degree] | | |
| | Arithmetic mean | Lower limit | Upper limit | Standard deviation | Arithmetic mean | Lower limit | Upper limit |
| 1.00 | 52.0 | 43.0 | 73.0 | 8.9 | -5.1 | -9.7 | -0.1 |
| 1.25 | 53.0 | 43.5 | 73.5 | 8.5 | -5.4 | -9.8 | -0.4 |
| 1.60 | 55.0 | 45.0 | 78.5 | 7.4 | -6.3 | -10.1 | -1.8 |
| 2.00 | 57.9 | 47.4 | 81.1 | 10.3 | -7.6 | -11 | -3.7 |
| 2.50 | 61.6 | 52.3 | 91.7 | 10.8 | -10.8 | -14.7 | -6.2 |
| 3.15 | 68.8 | 56.8 | 102.1 | 12.6 | -16.3 | -22.6 | -10.1 |
| 4.00 | 75.4 | 59.9 | 107.6 | 14.7 | -29.3 | -38.9 | -19.4 |
| 5.00 | 70.1 | 52.7 | 92.9 | 13.5 | -51.4 | -61 | -35.2 |
| 6.30 | 52.6 | 40.8 | 71.6 | 8.9 | -62.1 | -69.1 | -51.7 |
| 8.00 | 41.5 | 32.0 | 55.7 | 7.4 | -64.8 | -69.7 | -53.1 |
| 10.00 | 33.3 | 27.8 | 41.5 | 4.5 | -71.2 | -76.3 | -54.1 |
| 12.50 | 27.0 | 23.2 | 31.3 | 3.3 | -79.5 | -84.5 | -63.3 |
| 16.00 | 18.9 | 17.1 | 21.9 | 1.7 | -81.4 | -85.6 | -69.8 |
| 20.00 | 15.3 | 13.4 | 16.5 | 2.5 | -77.9 | -85.2 | -64.5 |

다 적절하다고 사료된다. Fig. 3에 보인 산술적평균에 의하여 얻어진 겉보기 질량의 최대값은 4.7 Hz 부근에서 73.3 kg임이 확인되었다. 산술적 평균결과(Fig. 3)와 피 시험자의 개별적 결과들(Fig. 2)에서 한국인의 겉보기 질량의 위상 특성을 관찰할 수 있었다. 우선 영어 알파벳 "W"자 형태 즉 두 지점(6 Hz와 12.5 Hz 부근)에서 최소값을 갖는 위상특성이 관찰되었다. 그리고, 일반 기계적 진동계와는 달리 15 Hz 이상 주파수영역에서 겉보기 질량의 위상은 점차 증가되어 저주파 영역의 위상과의 차이가 50 Hz 부근에서는 약 20 도 정도로 줄어들었다. 특히, 20 Hz 이하의 저주파수 영역에서 알파벳 "W"자 형태의 위상 특성과 15 Hz 이상 주파수영역에서 위상이 증가되는 인체 특성은 아직 원인의 규명을 통한 학술적 이해가 되지 않고 있는 실정이다.

### 3.3 한국인의 임피던스 특성과 ISO 규격의 비교

2001년 개정이 완료된 ISO 5982[3]은 인체 겉보기 질량의 평균 값, 상/하한 값을 각각 제시하고 있으며, Table 3은 1/3-옥타브 중심주파수에 대하여 평균 값, 상/하한 값을 나타내고 있다. ISO 5982는 0.5 Hz부터 20 Hz까지의 주파수 범위만을 제시하고 있다. 따라서 금번 연구와 중복이 되는 주파수 범위인 1.0 Hz부터 20 Hz 범위의 두 결과를 비교 분석하였다. Table 3의 ISO 5982의 겉보기 질량 $M_{ISO}(f)$과 Table 2의 한국인의 겉보기 질량 평균치 $M_{KOREAN}(f)$와 상대적 비율 $M_{KOREAN}(f)/M_{ISO}(f)$은 두 질량 값의 크기와 위상 비교를 가능하게 한다

Fig. 4는 한국인과 체격특성이 다른 ISO 5982와 한국인의 겉보기 질량의 평균값 크기와 상/하한 값들의 비율을 각각 백분율로 나타낸 결과이다. 그림 중앙에 위치한 실선(사각형 모형)은 두 산술 평균 값에 대한 상대적 크기를 나타내고 있다. 4.0 Hz 이하의 범위와 8 Hz 이상의 범위에서는 한국인의 겉보기 질량 값이 ISO 모델보다 적게 나타났으며, 반면에 5~7 Hz 주파수 범위에서는 한국인의 질량의 크기가 ISO 모델보다 약 4 % 정도 크게 나타났다. 특히 12 Hz 이상의 주파수 범위에는 ISO 모델이 한국인 측정치보다 20 % 이상의 큰 겉보기 질량을 갖는다는 점을 확인할 수 있었다. 한국인의 측정 겉보기 질량 값의 상하한 범위가 ISO의 상하한 범위보다 넓다는 점을 Fig. 4에서와 같이 확인되었다. 우선 주파수 대역별 최대값의 비가 5~6 Hz 영역에서는 한국인의 겉보기 질량 최대값이 ISO 최대값보다 1.6배 이상 크게 나타났다. 그리고 1~16 Hz의 범위에서 한국인의 최대값이 ISO 최대값보다 1.2배 이상 큰 범위를 보였다. 주파수 대역별 최소값의 비는 Fig. 4의 아래 실선(역삼각형)과 같이 나타났다. 모든 주파수 영역에서 백분율이 100 %보다 적다는 것은 한국인의 측정 겉보기 질량 최소값이 ISO 모델보다 적다는 것을 의미한다. 2~8 Hz의 주파수 범위에서 한국인의 측정 겉보기 질량의 최소값이 ISO 모델의 최소값의 60~80 % 정도로 나타났으며, 10~20 Hz 범위에서는 40 % 이하로 매우 낮은 값이 측정됨을 확인하였다. 한국인의 측정 평균 겉보기 질량 값과 ISO 5982 모델과의 적지 않은 차이가 10 Hz 이상에서 관측되었으며, 이는

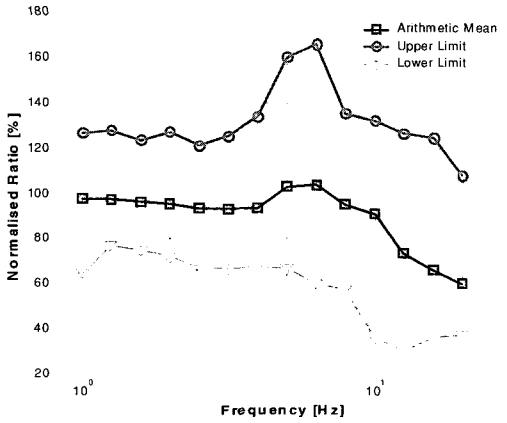


**Fig. 4** Normalised modulus ratio of measured Korean apparent mass to ISO 5982 model

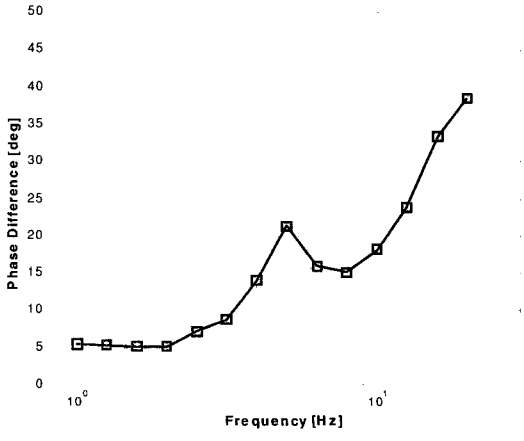


**Fig. 5** Phase difference between Korean and ISO apparent mass models

한국인의 체격과 서양인의 체격의 차이에서 나타나는 것으로 사료된다.

Fig. 5는 주파수 대역별 ISO 5982의 겉보기 질량에 대한 한국인의 평균 겉보기 질량 값의 상대적 위상 즉 한국인의 위상 값에 ISO 위상 값을 뺀 상대적 위상차이를 보이고 있다. 모든 주파수 영역에서 한국인의 위상이 ISO 모델보다 위상이 크다는 점을 확인하였다. 겉보기 질량의 위상은 실수부와 허수부의 비에 대한 arc-tangent 함수로 정의기 때문에 위상이 크다는 점은 실수부에 비해 허수부의 상대적크기가 한국인이 더 크다는 것을 의미한다. 4 Hz 이상의 주파수 범위에서 한국인의 평균 겉보기 질량의 위상은 ISO 모델보다 15도 이상 앞서 있다는 점이 Fig. 5에서 확인되었다.

## 4. 결 론

본 논문에서는 한국인 남자 22명과 여자 19명의 앉은 자세에 대한 수직진동의 응답 특성인 겉보기 질량의 시험결과를 소개하였다. 피시험자는 세 종류의 앉은 자세 (정상적 자세, 등받이 자세, 이완 자세)와 3~4 종류의 진동레벨에 대한 시험에 각각 참여하였다. 자세와 진동 가진 레벨의 차이를 갖는 피시험자들의 모든 겉보기 질량의 시험 결과들로부터 주파수 대역별 산술적 그리고 메디언 평균, 최소 및 최대 크기에 따른 겉보기 질량의 상하한 범위에 대한 결과를 소개하였다. 메디언 평균 결과 보다는 산술적 평균 겉보기 질량을 한국인의 대표적 모델로 사용하기를 본 연구팀은 권장하고 있다. 한국인의 평균 겉보기 질량의 특성과 ISO 5982에 제시된 국제표준 모델의 상호비교 분석 내용 또한 소개하였다.

한국인의 앉은 자세에 대하여 수직진동 응답특성에 대한 실험적 접근과 실험 결과들에 대한 데이터베이스가 매우 부족한 한계를 극복하기 위하여 본 연구가 시작되었으며, 본 논문에서 제시한 산술 평균적 겉보기 질량 값은 한국인의 대표적 특성 모델 개발에 첫 결과로 활용될 수 있다는 점이 금번 연구의 가장 큰 기여도라 사료된다.

## 후 기

본 연구는 과기부 감성공학과제의 단위 과제인 "소음진동에 대한 인체 영향 연구"와 차세대 환경부 단위과제인 "소음진동의 인체 피폭량 및 위해성 평가 기술" 과제의 지원을 받아 수행된 연구결과의 일부이다.

## 참 고 문 헌

(1) Griffin, M. J., 1990, Handbook of Human Vibration, Academic Press, London: UK.

(2) Fairley, T. E. and Griffin, M. J., 1989, "The Apparent Mass of the Seated Human Body: Vertical Vibration," Journal of Biomechanics, Vol. 22, No. 2, pp. 81~94.

(3) International Organization for Standardization, 2001, Mechanical Vibration and Shock Range of Idealized Values to Characterize Seated-body Biodynamic Response Under Vertical Vibration, ISO 5982.

(4) Mansfield, N. J., Holmlund, P. and Lundstrm, R., 2001, "Apparent Mass and Absorbed Power During Exposure to Whole-body Vibration and Repeated Shocks," Journal of Sound and Vibration, Vol. 248, No. 3, pp. 427~440.

(5) 정완섭, 박용화, 1999, "한국인 앉은 자세에 대한 동적 질량의 실험적 연구," 한국소음진동공학회 추계학술대회논문집, pp. 312~317.

(6) 박용화, 정완섭, 2000, "한국인의 앉은 자세에 대한 동적 질량의 실험적 연구," 한국소음진동공학회논문집, 제 10 권, 제 6 호, pp. 1017~1021.

(7) Wei, L. and Griffin, M. J., 1998, "Mathematical Models for the Apparent Mass of the Seated Human Body Exposed to Vertical Vibration," Journal of Sound and Vibration, Vol. 212, No. 5, pp. 855~874.

(8) 조영건, 2000, "차량 승차감 평가를 위한 인체 진동 모델 개발,' 한국과학기술원, 박사학위논문.

(9) Mansfield, N. J. and Griffin, M. J., 2000, "Non-linearities in Apparent Mass and Transmissibility During Exposure to Whole-body Vertical Vibration, Journal of Biomechanics, pp. 933~941.

(10) 정완섭 외 19인, 2002, "소음진동에 대한 인체 영향 평가," 한국표준과학연구원 보고서 KRISS-2002-092, 한국표준과학연구원.