



中华人民共和国国家标准

GB/T 13441.2—2008/ISO 2631-2:2003

机械振动与冲击 人体暴露于全身 振动的评价 第2部分:建筑物内的振动 (1 Hz~80 Hz)

Mechanical vibration and shock—Evaluation of human exposure to whole-body
vibration—Part 2:Vibration in buildings(1 Hz to 80 Hz)

(ISO 2631-2:2003, IDT)

2008-09-27 发布

2009-05-01 实施

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局
中国国家标准化管理委员会 发布

目 次

前言	I
引言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 建筑物振动的测量	2
5 人体对建筑物振动的反应	2
附录 A (规范性附录) 频率计权值 W_m 的数学定义	4
附录 B (资料性附录) 收集有关人体对建筑物振动反应数据的指南	7
参考文献	9

前 言

GB/T 13441《机械振动与冲击 人体暴露于全身振动的评价》分为四个部分：

- 第1部分：一般要求；
- 第2部分：建筑物内的振动(1 Hz~80 Hz)；
- 第4部分：振动和旋转运动对固定轨道运输系统中的乘客及乘务员舒适影响的评价指南；
- 第5部分：包含多次冲击振动的评价方法。

本部分为 GB/T 13441 的第2部分。

本部分等同采用 ISO 2631-2:2003《机械振动与冲击 人体暴露于全身振动的评价 第2部分：建筑物内的振动(1 Hz~80 Hz)》(英文版)。

为便于使用,本部分做了如下编辑性修改：

- 用“本部分”代替“ISO 2631 本部分”；
- 用小数点符号“.”代替作为小数点的“,”；
- 对 ISO 2631-2:2003 引用的其他国际标准,有被等同采用为我国标准的,用我国标准代替对应的国际标准,其他则直接引用国际标准。

本部分的附录 A 为规范性附录,附录 B 为资料性附录。

本部分由全国机械振动、冲击与状态监测标准化技术委员会(SAC/TC 53)提出并归口。

本部分起草单位：中国铁道科学研究院、北京理工大学。

本部分主要起草人：马筠、焦大化、高利、孙成龙、郭俊宇、吴绍斌、赵亚男、陈雪梅。

引 言

人体暴露于建筑物中的结构振动,居住者能够觉察到而且在多方面影响他们。更为重要的是居住者的舒适性和生活品质会因此而降低。

为了进行建筑物内振动对人舒适性和烦恼影响的评价,优先使用振动总计权值。通过给出建筑物中某一位置适宜性的指示,用适当的频率计权得到的值来表示人在建筑物内的位置或地点的特征。

本部分旨在鼓励采用统一的人体对建筑物振动响应的数据采集方法。

机械振动与冲击 人体暴露于全身 振动的评价 第2部分:建筑物内的振动 (1 Hz~80 Hz)

1 范围

GB/T 13441 的本部分涉及与居住者舒适和烦恼相关的建筑物内暴露于人体全身振动与冲击,规定了测量和评价方法,包括测量方向和测量位置的确定。定义了适用于 1 Hz~80 Hz 频率范围内的频率计权值 W_m ,在此频率范围内不需明确建筑物内居住者的姿势。

注 1: 如果明确居住者的姿势,可应用 GB/T 13441.1 中给定的频率计权值 W_m 。

虽然通常对一个建筑物进行试验研究很有效,但在建筑物的设计阶段或者不可能进入现有建筑物的情况下,本部分所包含的概念应等效应用于该建筑。在这些情况下,必须用某些方法对建筑物振动响应进行预测。

对建筑物可能存在的结构破坏情形,本部分不提供指南,相关内容见 GB/T 14124。另外,本部分不适用于对人体健康及安全影响的评价。

本部分也没有规定容许振动值。

注 2: 在收集到与本部分相关的更多的信息之前,目前尚不能给出容许振动值的指南。

在附录 A 中给出了频率计权值 W_m 的数学定义,在附录 B 中给出了有关抱怨的建筑物振动数据采集指南。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过 GB/T 13441 的本部分的引用而成为本部分的条款。凡是注日期的引用文件,其随后所有的修改单(不包括勘误的内容)或修订版均不适用于本部分,然而,鼓励根据本部分达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件,其最新版本适用于本部分。

GB/T 13441.1—2007 机械振动与冲击 人体暴露于全身振动的评价 第1部分:一般要求 (ISO 2631-1:1997, IDT)

ISO 8041 人体振动响应 测量仪器

IEC 61260:1995 电声学 倍频程和分数倍频程滤波器

3 术语和定义

下列术语和定义适用于 GB/T 13441 的本部分。

3.1

评价 evaluation

包括调查、测量、处理、排序、描述、分级及对相关数据表达的一系列活动。

3.2

建筑物 building

用于人类居住或进行其他活动的静态结构,包括办公室、工厂、医院、学校和日托中心。

3.3

工作时间 work time

由一天内开始和结束时刻确定的振源活动周期或作用时间。

3.4

暴露时间 exposure time

暴露于振动作用下的时间。

4 建筑物振动的测量

4.1 一般要求

有关信号适调和测量持续时间的一般要求,应遵循 GB/T 13441.1—2007 中 5.4 和 5.5 分别给予的说明。

4.2 测量方向

振动应在三个正交方向上同时测量。振动方向应相对于建筑物而不是相对于人体来确定。相对于结构的 X、Y、Z 轴的指向应是 GB/T 13441.1 中给定的立姿人体的指向。

4.3 测量位置

关于人体反应的评价分别取决于居住者预期在室内停留的时间、居住者所从事的工作和预计抗干扰的能力。每个相关的地点或房间都应按照这些准则进行评定。振动测量位置应选取房间中发生频率计权振动最大幅值处或者专门指定的建筑结构表面上的适当位置。

注:有时需要对建筑物内的若干不同位置进行测量以确定振动的局部变化。

4.4 频率计权

按照 4.2 和 4.3 的要求,应对相关位置测量得到的三个方向的振动进行频率计权。GB/T 13441 的本部分采用频率计权加速度来表示振动量级(GB/T 13441.1 也是如此)。

不考虑测量方向时推荐使用附录 A 的频率计权系数 W_m 。

注 1:只要确定了居住者的姿势,就可使用 GB/T 13441.1 给出的频率计权系数。

附录 A 给出了频率计权 W_m 的精确定义。表 A.1 列出了将加速度作为输入量的计权值,用 1/3 倍频程中心频率计算得出,而且包括了 1 Hz~80 Hz 的频率范围。频率计权 W_m 和中心频率的关系曲线见图 A.1。

注 2: W_m 以前定名为 W. B. 组合。

4.5 振动评价

4.5.1 振动测量

振动值采用 GB/T 13441.1 给定的方法确定。用最大频率计权振动幅值确定振动轴,并应用该方向上得到的振动幅值进行评价。

为了适应将来不同类型的评价,无论操作与否,建议使用一种测量技术记录至少在 1 Hz~80 Hz 频率范围内未计权的随时间变化的振动过程。

4.5.2 振源分类

为进行评价,有必要依据实践中引起不满评论的振源的主要类型进行分类。不同类别会有不同的可接受的振动量级。为确定一个国际惯用的方法,定义分类如下:

- a) 连续或不完全连续过程,如工业类;
- b) 持续的间歇性活动,如交通类;
- c) 有限时段(非持续的)活动,如建筑行业。

选定这些分类以便反映人们对不同振源的感受。但这并不是唯一的分类,而是为了给出本部分的应用指南。

4.6 测量仪器

应遵循 ISO 8041 规定的包括容差在内的测量仪器要求。

5 人体对建筑物振动的反应

许多国家的经验表明,当建筑物的振动幅值只要稍微超过人的感知水平(见 GB/T 13441.1—

2007,附录 C)时,就会引起居住者对居住场所的建筑物振动产生不满,有些情况是由于振动的二次影响,如二次辐射噪声(见附录 B)所引起的。一般来说,令人满意的振动幅值很可能与大众的期望值以及经济、社会和其他环境因素有关。它们并不取决于诸如短期的健康危害和工作效率等因素。实际上,所有的情况表明,这种振动幅值与直接由运动导致疲劳的幅值是非常不一样的。

人可以忍受较高振动幅值的情况确实存在,特别是在暂时的干扰和瞬态事件发生时尤其如此。例如一些建筑项目,通过一个合理的与公众联系沟通的程序,比如警告标识通告或者定期公示就可减少居民受惊扰的因素。只有在极端个别情况下才有必要考虑 GB/T 13441.1 给出的“健康”准则。对于振动时间过长的情况,长期接触振动就有可能引起厌倦感阈值的改变。

附录 A
(规范性附录)

频率计权值 W_m 的数学定义

频率 $f_i (i=1\sim 3)$ 是确定总频率计权 W_m 的传递函数的参数。传递函数 $H(p)$ 表示为三部分的乘积[高通滤波函数 $H_h(p)$, 低通滤波函数 $H_l(p)$ 和纯计权函数 $H_i(p)$], 式中 $\omega_i = 2\pi f_i, p = j2\pi f$ 。

频带限制(具有二阶 Butterworth 特性的滤波; f_1 和 f_2 是拐点频率):

a) 高通

$$H_h(p) = \frac{1}{1 + \sqrt{2}\omega_1/p + (\omega_1/p)^2} \dots\dots\dots (A.1)$$

$$|H_h(p)| = \frac{f_1^2}{\sqrt{f^4 + f_1^4}} \dots\dots\dots (A.2)$$

式中:

$$f_1 = 10^{-0.1} \text{ Hz} = 0.7943 \dots \text{ Hz}$$

b) 低通

$$H_l(p) = \frac{1}{1 + \sqrt{2}p/\omega_2 + (p/\omega_2)^2} \dots\dots\dots (A.3)$$

$$|H_l(p)| = \frac{f_2^2}{\sqrt{f^4 + f_2^4}} \dots\dots\dots (A.4)$$

式中:

$$f_2 = 100 \text{ Hz}$$

纯频率计权(加速度为输入量)

$$H_i(p) = \frac{1}{1 + p/\omega_3} \dots\dots\dots (A.5)$$

$$|H_i(p)| = \frac{f_3^2}{\sqrt{f^2 + f_3^2}} \dots\dots\dots (A.6)$$

式中:

$$f_3 = \frac{1}{0.028 \times 2\pi} \text{ Hz} = 5.684 \dots \text{ Hz}$$

受频带限制的频率计权值 W_m 的传递函数 $H(p)$, 是由高通滤波函数 $H_h(p)$, 低通滤波函数 $H_l(p)$ 和纯计权函数 $H_i(p)$ 的乘积给出:

$$H(p) = H_h(p) \cdot H_l(p) \cdot H_i(p) \dots\dots\dots (A.7)$$

注: 通常此方程理解为(在频域内)作为虚角频率 $p = j2\pi f$ 的函数的复函数的模(幅值)和相位。有时用符号 s 代替 p 。用 p 表示时, 可以将 p 理解为 Laplace 变换的变量。

模(幅值) $|H(p)|$ 示于图 A.1 中。

表 A.1 给出了包括频段为 1 Hz~80 Hz, 以中心频率计算得出的 1/3 倍频程频率计权 W_m 值, 其中加速度为输入量。

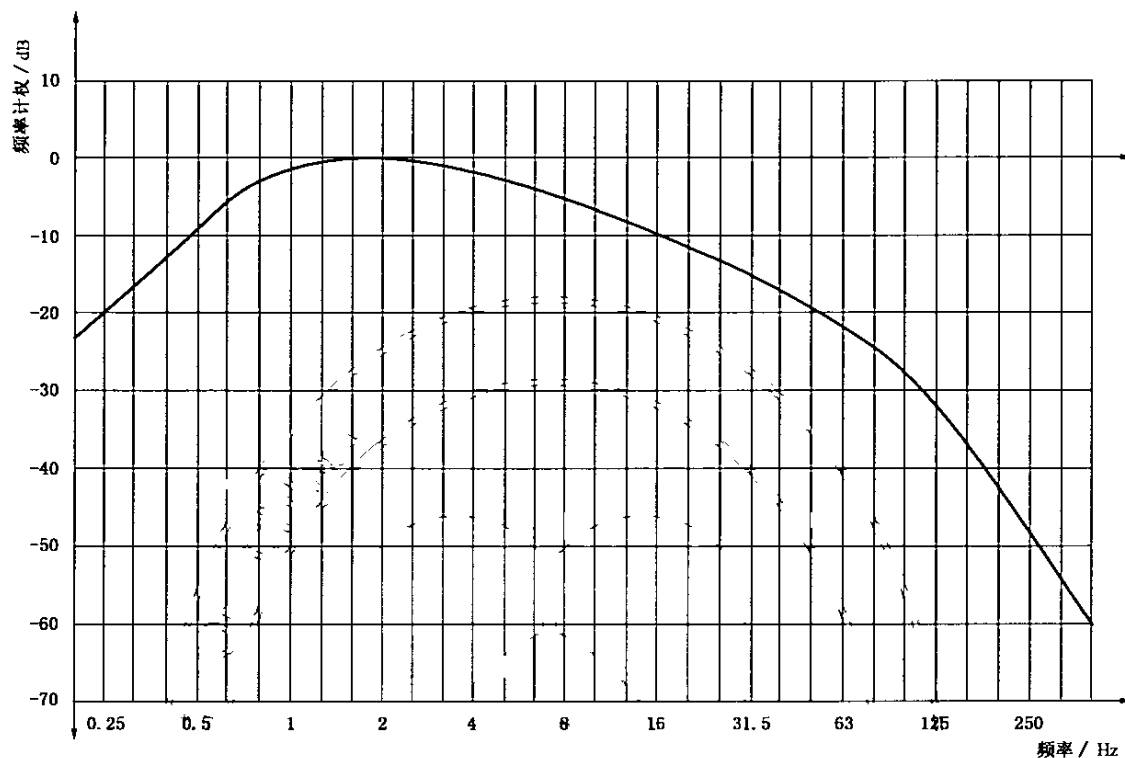


图 A.1 加速度作为输入量的频率计权值 W_w 示意图

表 A.1 加速度作为输入量的频率计权 W_w 值

(以 1/3 倍频程, 在 1 Hz~80 Hz 频带界限内用准确中心频率计算)

x	频率/Hz		W_w 因子	W_w /dB
	标称值	准确值		
-7	0.2	0.199 5	0.062 9	-24.02
-6	0.25	0.251 2	0.099 4	-20.05
-5	0.315	0.316 2	0.156	-16.12
-4	0.4	0.398 1	0.243	-12.29
-3	0.5	0.501 2	0.368	-8.67
-2	0.63	0.631 0	0.530	-5.51
-1	0.8	0.794 3	0.700	-3.09
0	1	1.000	0.833	-1.59
1	1.25	1.259	0.907	-0.85
2	1.6	1.585	0.934	-0.59
3	2	1.995	0.932	-0.61
4	2.5	2.512	0.910	-0.82
5	3.15	3.162	0.872	-1.19
6	4	3.981	0.818	-1.74
7	5	5.012	0.750	-2.50

表 A.1 (续)

x	频率/Hz		W_m 因子	W_m /dB
	标称值	准确值		
8	6.3	6.310	0.669	-3.49
9	8	7.943	0.582	-4.70
10	10	10.00	0.494	-6.12
11	12.5	12.59	0.411	-7.71
12	16	15.85	0.337	-9.44
13	20	19.95	0.274	-11.25
14	25	25.12	0.220	-13.14
15	31.5	31.62	0.176	-15.09
16	40	39.81	0.140	-17.10
17	50	50.12	0.109	-19.23
18	63	63.10	0.083 4	-21.58
19	80	79.43	0.060 4	-24.38
20	100	100.0	0.040 1	-27.93
21	125	125.9	0.024 1	-32.37
22	160	158.5	0.013 3	-37.55
23	200	199.5	0.006 94	-43.18
24	250	251.2	0.003 54	-49.02
25	315	316.2	0.001 79	-54.95
26	400	398.1	0.000 899	-60.92

注： x 是 GB/T 3241 中规定的频带数。

附录 B

(资料性附录)

收集有关人体对建筑物振动反应数据的指南

B.1 引言

产生不满情绪是居住者对建筑物振动的基本反应。本部分的主要内容是关于人体全身振动的测量和评价。此附录旨在鼓励使用者收集数据时能充分考虑到对那些建筑物内居住者的影响和产生抱怨的因素。

人对建筑物内的振动的反应很复杂。多数情况下,烦恼和抱怨的程度并不仅仅由所检测到的振动量值所决定。在某些振幅和频率的条件下,虽然全身振动的测量值低于可感知水平,但抱怨却已产生。

对这些不满反应的分析显示,其他一些与振源有关的(如工作时间)或是由暴露区域的振动引起的(如二次辐射噪声)因素也可以是造成住户不满的原因。

对测量到的振动参数,通过补充相关现象的评估后,就可以更好地定量分析建筑物内振动对人产生的烦恼程度。

建筑物内外的振源都可以产生全身振动,并产生一些相关的现象:结构噪声、空气噪声、嘎吱声、家具或其他物件的移动以及视觉影响(如悬挂物体的晃动)。为了对居住者的抱怨进行评价,应考虑所有这些影响。

收集这些相关现象数据的目的是,便于最后定义一个更为通用的评估振动产生的烦恼指标。这个指标可能用于更新本部分的未来版本。

B.2 需要考虑的参数

B.2.1 一般要求

以下因素应予以考虑,并做适当记录。

B.2.2 与振源有关的参数

报告中应记录测量期间振源每日开始和结束的时间。

整个振动的持续时间、每日或每周发生的次数以及振动性质都要予以记录。例如:

- 连续性振动:昼、夜或者昼夜;
- 间歇性振动:总振动的持续时间、振动次数/昼(夜);
- 独立的或偶发的振动,振动的持续时间、振动次数/昼(夜、周、月)。

B.2.3 与被测振动有关的参数

B.2.3.1 振动的测量

测量的位置、方法及加权处理都应该符合本部分的相关要求。

B.2.3.2 振动特性

主观反应也是振动特性的函数。振动特性是根据被测振动的类型定义的,如:

- 振动可以是连续性振动,其量值随时间变化或为恒定值;
- 振动可以是间歇性振动,其每次量值随时间变化或为恒定值;
- 振动可以是脉冲,如冲击。

B.2.3.3 暴露时间

人在振动中的暴露时间对振动的评估也很重要。应记录人在建筑物内的停留时间。应记录发生振动的实际时间和持续时间。

B.2.4 相关现象

B.2.4.1 结构噪声

与建筑物内振动相关的主要现象是结构噪声(如地板噪声),它可以转变为可听的二次辐射噪声。该噪声与现场的振动有关。

结构噪声测点宜选在室内认为干扰影响最大的位置上。但因该噪声常被周围其他声源噪声所掩盖,故不易准确确定其位置。对这种噪声的评估应该参照周边环境来确定其性质和幅值。

B.2.4.2 空气噪声

空气噪声可由其有关的振动和振源产生。噪声测量应符合 ISO 1996-1 的要求。

测量空气噪声的声级时,应考虑窗户是开或关,须小心窗户自身可能因振动而嘎吱作响,并由此改变其特性。

低频空气噪声也常被认为是由振动引起的,从而让人产生抱怨。典型的振源包括高速公路和铁路的高架桥梁以及建筑空调系统。调查中应注意准确确定各种噪声源,确保正确的区分低频噪声和振动。

B.2.4.3 诱发的嘎吱声

窗户和装饰物的嘎吱声的效应可能由振动或声激励引起。它们的发生说明了振动的存在,并应该记录。

B.2.4.4 视觉影响

在低频振动的条件下(小于 5 Hz),可以观察到视觉影响,例如悬挂物的晃动。这些因素可加重振动导致的烦扰程度,并应该记录。

B.3 报告内容

除了振动幅值,还应报告相关信息。如:

- 噪声级;
- 观察到的视觉现象;
- 公众不满的描述,例如可通过采访或问卷调查方式得出。

参 考 文 献

- [1] GB/T 3222.1—2006 声学 环境噪声的描述、测量与评价 第1部分:基本量与评价方法 (ISO 1996-1:2003, IDT).
- [2] GB/T 14124 机械振动与冲击 结构物的振动 振动测量及其对结构物的影响评价指南 (ISO 4866:1996, IDT).
- [3] BS 6472 Guide to evaluation of human exposure to vibration in buildings(1 Hz to 80 Hz).
- [4] DIN 4150-2 Erschütterungen im Bauwesen—Teil 2: Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden(Vibrations in buildings—Part 2: Effects on persons in buildings).
- [5] ERIKSSON, P.-E. Vibration of low-frequency floors: Dynamic forces and response prediction. PhD thesis, Chalmers University of Technology, Sweden, 1994.
- [6] GAMBER, A. Probleme bei der Beurteilung der Wirkung stoßartiger horizontaler Schwingungen auf Menschen in Gebäuden. Berichte der Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg, 1, 1991:90-94.
- [7] GRIFFIN, M. J. Handbook of human vibration. Academic Press, London, New York, 1996.
- [8] GROß, E., NOTBOHM, G., ZIMMERMANN, P. AND SPLITTGERBER, B. Arbeitspsychologische Bewertung von Ganzkörperschwingungen; Experimentelle Untersuchungen zur Wirkung von mechanischen Schwingungen auf den Menschen. Veröffentlichungen aus Lehre, angewandter Forschung und Weiterbildung, Fachhochschule Wiesbaden, 1991.
- [9] HOWARTH, H. V. C. A review of experimental investigations of the time dependency of subjective reaction to whole-body vibration. United Kingdom Group on Human Response to Vibration, 1986.
- [10] HOWARTH, H. V. C. and GRIFFIN, M. J. Subjective response to combined noise and vibration; summation and interaction effects. Journal of Sound and Vibration, 1990.
- [11] HOWARTH, H. V. C. and GRIFFIN, M. J. The annoyance caused by simultaneous noise and vibration. Journal of the Acoustical Society of America, 1991.
- [12] HUBBARD. Noise-induced house vibrations and human perception. Noise Control Engineering Journal, 1982.
- [13] INNOCENT, P. R. and SANDOVER, J. A pilot study of the effects of noise and vibration acting together, subjective assessment and task performance. United Kingdom Group on Human Response to Vibration, Sheffield, 1972.
- [14] JAKOBSEN. Buildings: Vibration and shock, Evaluation of annoyance, Nordtest Method, 1991.
- [15] MELKE, J. Durchführung Von Immissionsprognosen für Schwingungs- und Körperschalleinwirkungen. Landesanstalt für Immissionsschutz Nordrhein-Westfalen, Essen, 1992.
- [16] MELONI, T., and KRUEGER, H. Wahrnehmung und Empfindung von kombinierten Belastungen durch
Lärm und Vibration. Zeitschrift für Lärmbekämpfung, 37, 1990:170-175.
- [17] MIVA, T. and YONEKAWA, Y. Measurement and evaluation of environmental vibrations, Part 2: interaction of sound and vibration. Industrial Health, 11, 1973.
- [18] MIWA, T., YONEKAWA, Y. and KANADA, K. Thresholds of perception of vibration in recumbent men. Journal of the Acoustical Society of America, 75, 1984:849-854.

- [19] OBORNE, D. J. Whole-body vibrations and international standard ISO 2631: a critique. *Human Factors*, 25(1), 1983: 55-69.
- [20] OKADA, A. and KAJIKAWA, Y. Factors affecting the perception of low-level vibrations. *Eur, J. Appl. Occup. Physiol.*, 47(2), 1981: 151-157.
- [21] PARSONS, K. C. and GRIFFIN, M. J. Whole-body vibration thresholds. *Journal of Sound and Vibration*, 121(2), 1987.
- [22] PAULSEN and KASTA, Effects of combined noise and vibration on annoyance. Medical Institute of Environmental Hygiene at the Heinrich-Heine-University, Düsseldorf, 1994.
- [23] RUFFELL, C. M. and GRIFFIN, M. J. Effects of 1 Hz and 2 Hz transient vertical vibration on discomfort, *Journal of the Acoustical Society of America*, 98(4), 1995.
- [24] SEIDEL, H. and HEIDE, R. Long-term effects of whole-body vibration; a critical survey of the literature. *International Archives of Occupational and Environmental Health*, 58(1), 1986: 1-26.
- [25] SPLITTGERSBER, H. Whole-body vibration perception thresholds for some complex vibrations. Institut National de Recherche et de Sécurité, Vandoeuvre-les-Nancy, 1988.
- [26] STARK, J., PEKARINEN, J., PYYKKOE, I., AALTO, H. and toppila, E. Transmission of vibration from support surface to human body in the evaluation of postural stability. *Journal of Low-Frequency Noise and Vibration*, 10(1), 1991: 17.
- [27] TANTAWY, T. Investigation technique concernant les vibrations de iêtre humain dans le bâtiments CERS, Research Reports for the Ministry of Environment, France, 1991.
- [28] TANTAWY, T. Investigation sur la determination des paramètres de la gêne par vibrations dans les bâtiments CERS, Research Reports for the Ministry of Environment, France, 1993.
- [29] TANTAWY, T. Investigation en vue de la quantification d'un indicateur de la gêne par vibrations de iêtre humain dans le bâtiments CERS, Research Reports for the Ministry of Environment, France, 1994.
- [30] WOODROOF, H. J. and GRIFFIN, M. J. Annoyance caused by railway- induce building vibration to residents living within 100 meters of railway lines in Scotland, UK. United Kingdom Group on Human Response to Vibration, Derby, 1985.
- [31] WOODROOF, H. J. and GRIFFIN, M. J. A survey of the effect of railway-induced building vibration on the community. ISVR Technical Report, No. 160, 1987.
- [32] YAMADA, S., SUEKI, M., HAGIWARA, S., WATANAE, T. and KOSAKA, T. Psychological combined effects of low-frequency noise and vibration. *Journal of Low-Frequency Noise and Vibration*, 10(4), 1991: 130-136.
- [33] YOKOYAMA, T., OSAKO, S. and YAMAMOTO, K. Temporary threshold shifts produced by exposure to vibration, noise and vibration plus noise. *Acta Otolaryng*, 78, 1974: 207-212.
-