

防振手袋関連規格 JIS T8114 の ISO 整合化と国内防振手袋の対応状況
Measurement and Evaluation of Vibration Transmissibility of Anti-vibration Glove Available in Japan
Based on New JIS T8114

柴田延幸 前田節雄
Nobuyuki Shibata, Setsuo Maeda

独立行政法人 労働安全衛生総合研究所
Japan National Institute of Occupational Safety and Health

内容概要 防振手袋の振動軽減効果の測定および評価方法について規定した新 JIS T8114 が施行され、国際規格 ISO10819 に整合化された。本報では、新 JIS 適合防振手袋開発のためのプロトタイプ防振手袋の性能評価を新 JIS 施行前後において国内防振手袋メーカーと協力して行った結果を報告する。新 JIS 施行直前に行ったプロトタイプ防振手袋の性能評価試験では、大半の試験手袋が新 JIS T8114 に定める合格基準を満足することができなかったが、新 JIS 施行後の性能評価試験では、8 双の試験手袋のうち 6 双の試験手袋が新 JIS T8114 に定める合格基準を満足することができた。

1. 緒言

手や腕から伝わる振動は手腕振動と呼ばれ、通常、作業者が手持ち動力工具等の操作する際にばく露する。手腕振動のばく露は、白ろう病に代表される末梢循環機能・神経・運動器障害の原因のひとつとして知られており、その予防は労働衛生における重要な研究テーマのひとつである。通常、手腕振動ばく露量の軽減方法として、低振動性工具の使用、振動ばく露作業時間の制限および防振手袋の使用を総合的に考えるが、作業者および事業者双方にとって最も簡易かつ業務効率に影響しにくい対策方法が防振手袋の使用である。

2007年5月に防振手袋の振動軽減効果の測定および評価方法について規定した国内規格である新 JIS T8114 が旧規格に替わって施行され、同様の規定をしている国際規格 ISO10819[1]に整合化されることとなった。新 JIS T8114 は防振手袋の振動軽減効果の測定から評価方法にいたるまで旧 JIS T8114 と比較して大きく異なっており、国内防振手袋メーカー各社は現有製品の new JIS T8114 適合の可否の把握および今後の防振手袋の開発方針の変更等、多くの課題への対応を迫られている。

新 JIS T8114 に基づいた防振手袋の振動軽減効果の測定および評価を行うためには、同規格に準拠した手腕加振実験装置が必要となる。労働安全衛生総合研究所では、同規格に準拠した手腕加振実験装置を開発、現在、国内唯一の新 JIS T8114 準拠実験装置としてその果たすべき役割は大きく、国内外からの共同研究にも応えている。

本報では、まず旧 JIS T8114 と比較しながら新 JIS T8114 の概要について説明をするとともに、新 JIS 施行前後に国内防振手袋メーカー数社と共同で行った新 JIS 適合を目指して開発されたプロトタイプの防振手袋の評価試験結果についても報告する。

2. 新 JIS T8114 の概要

2.1. 新旧 JIS の主な違い

国際規格 ISO10819 への整合化を目的として施行された新 JIS T8114 は、測定および評価方法において旧 JIS T8114 と大きく異なる。まず、測定方法における両者の主な違いを Table I にまとめて示す。

また、新 JIS T8114 において振動軽減率の測定に使用する振動波形は、2 種類のブロードバンド振動

波形（スペクトルM/H）である。これに対して、旧JISにおいて使用される振動波形は、周波数が63、125、および250Hzの離散周波数による正弦振動または1/3オクターブバンドランダム振動としている。

表1. 新旧JIS T8114の比較

	新	旧
手袋の固定	被験者	人工手
加振波形	ブロードバンド ドスペクトル	正弦振動 63,125,250Hz
加振方向	Z _h	X _h

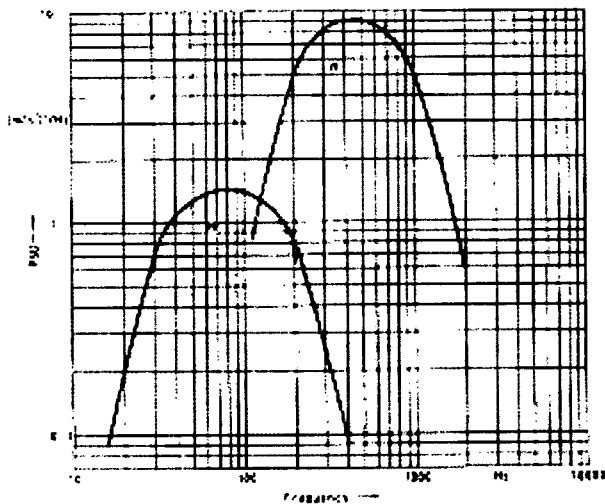


図1 新JISで使用される加振スペクトル(M/H)

新JIS T8114で定義されているブロードバンド振動波形のパワースペクトル密度(PSD)をFig. 1に示す。スペクトルMは16Hzから400Hzまでの周波数帯域を有し、スペクトルHは125Hzから2000Hzまでの周波数帯域を有する。実際に作業者が振動工具等を使用する際に発生する振動は、工具によって違いはあるもののやはりブロードバンドのランダムスペクトルである。

2.2. 新JIS T8114 準拠の測定装置

新JIS T8114では、データの解析方法を含めて測定装置の要求仕様を細かく規定している。図2は、同規格において要求される仕様を満たすべく労働安全衛生総合研究所において開発・設置された、新JIS T8114 準拠の防振手袋振動軽減効果測定装置の概略図である。

同規格では、力や加速度などの物理量の測定方法やセンサの配置方法さらには被験者が握る加振ハン

ドルの構造にいたるまで細かく規定している。

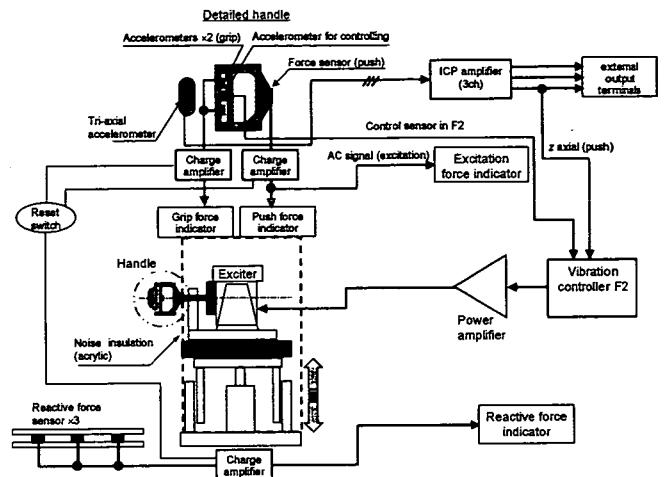


図2 新JIS 準拠防振手袋振動軽減効果測定装置

2.3. 新JIS T8114の測定方法

新JIS T8114では、被験者を用いて防振手袋の振動軽減効果を測定する。このため、測定データに影響を及ぼすと考えられるさまざまな因子、すなわち被験者の手のサイズから測定中の被験者の姿勢および加振ハンドルの握り方に至るまでが細かく規定されている。

被験者の手のサイズは、保護用手袋に関する要求仕様および測定・評価方法を定めた欧州規格EN420[2]において定めるサイズ7からサイズ9までの大きさの手を有する人を被験者として採用することとしている。

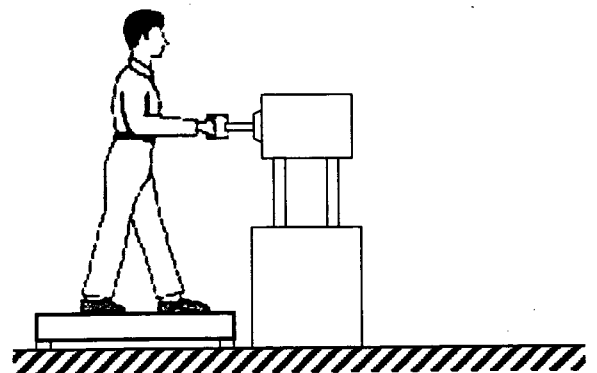


図3 測定中の被験者のとるべき姿勢

測定中の被験者の姿勢を図3に示す。被験者は、水平な台の上に直立姿勢をとり、右手で加振ハンドルを握る。その際、上腕部は胴体部に触れぬよう脇の下に若干の隙間を維持する。また、肘の角度を

90±10°に保ち、肘から先をほぼ水平に保つようにする。手首は中立（曲げていない状態）を基本とし、最大40°の屈曲を許容する。

ハンドルの握り方は、ハンドルを握る力（把持力）とハンドルを押す力を規定しており、把持力は30±5 N、押す力は50±8 Nの範囲に収まるように、装置に取り付けられたモニターにおいて被験者自ら確認・制御する。

2.4. 新 JIS T8114 の評価方法

新 JIS T8114 では、加振ハンドルおよび掌で測定された二つの加速度の値から振動伝達率を計算することによって防振手袋の振動軽減効果を評価する。防振手袋の平均振動伝達率の算出方法は以下の通りである。素手による振動ばく露における振動伝達率 TR_{sb} は、手のひらで測定される加速度 a_{nsPb} およびハンドル側で測定される加速度 a_{nsRb} を用いて次式で表される。

$$TR_{sb} = a_{nsPb} / a_{nsRb} \quad (1)$$

また、防振手袋装着時の振動ばく露による振動伝達率 TR_{sg} は、手のひらで測定される加速度 a_{nsPg} およびハンドル側で測定される加速度 a_{nsRg} を用いて次式で表される。

$$TR_{sg} = a_{nsPg} / a_{nsRg} \quad (2)$$

式(1)(2)より、各振動スペクトルにおける防振手袋の振動伝達率 TR_s は次式で計算される。

$$TR_s = TR_{sg} / TR_{sb} \quad (3)$$

この値は3人の被験者ごとに得られるので TR_s を算術平均することにより平均振動伝達率 $\langle TR_s \rangle$ が得られる。

$$\langle TR_s \rangle = (TR_{s1} + TR_{s2} + TR_{s3}) / 3 \quad (4)$$

式(4)にしたがって得られた振動スペクトル M および H ごとの平均振動伝達率 $\langle TR_s \rangle_M$ および $\langle TR_s \rangle_H$ が、それぞれぞ式を満たした場合に新 JIS T8114 適合の防振手袋と判断することになる。

$$\langle TR_s \rangle_M < 1.0, \quad \langle TR_s \rangle_H < 0.6 \quad (5)$$

3. 測定結果

3.1. 第1期開発防振手袋の測定結果

新 JIS T8114 適合を目指して新規開発された第1期プロトタイプの防振手袋に対する新 JIS T8114 に

基づいた防振性能の測定結果を防振材の種類別に表2および表3にまとめて示す。ちなみに防振材としてスポンジ状の軟質系高分子材料を使用し、手のひら側全体に同材料が縫合してあるものをタイプAと称し、ゴム状の硬質系高分子材料を防振材として使用し、同材料を手のひら側に突起物としてコーティングしたものをタイプBと称した。

タイプAの防振手袋では、サンプル No.1 のみスペクトル M および H 両方において評価基準を満足した。それ以外のサンプルは、いずれもスペクトル H において平均振動伝達率が0.85以上の値を示し、評価基準を満足することができなかった。

タイプBの防振手袋では、すべてのサンプルがスペクトル M のみ評価基準を満たした。スペクトル H に対しては、平均振動伝達率が0.77~0.81を示し新 JIS の評価基準を満たさなかったものの、タイプAよりも優れた振動軽減性能を示した。

両タイプの防振手袋においてその使用性を被験者に検討してもらったところ、タイプAの防振手袋に対して指先の細かな作業に対する使用性が問題として指摘された。

表2. 振動軽減効果の測定結果 (タイプA)

Sample No.	Spectrum	TRs				Results
		Subject 1	Subject 2	Subject 3	Average	
1	M	0.792	0.803	0.837	0.811	OK
		0.791	0.803	0.838		
	H	0.772	0.469	0.506	0.582	OK
		0.772	0.469	0.506		
2	M	0.955	0.934	0.996	0.962	OK
		0.955	0.934	0.997		
	H	0.926	0.931	0.962	0.94	NG
		0.926	0.931	0.962		
3	M	0.982	0.973	1.00	0.985	OK
		0.982	0.973	1.00		
	H	1.00	1.02	1.12	1.05	NG
		1.00	1.02	1.12		
4	M	0.918	0.887	0.994	0.916	OK
		0.918	0.887	0.994		
	H	0.903	0.794	0.841	0.846	NG
		0.903	0.794	0.841		
5	M	0.993	0.92	0.975	0.963	OK
		0.993	0.92	0.976		
	H	0.997	0.891	0.98	0.956	NG
		0.997	0.891	0.98		

表3. 振動軽減効果の測定結果 (タイプB)

Sample No.	Spectrum	TRs				Results
		Subject 1	Subject 2	Subject 3	Average	
6	M	0.964	0.854	0.928	0.916	OK
		0.964	0.855	0.929		
	H	0.886	0.751	0.760	0.799	NG
		0.886	0.751	0.760		
7	M	0.962	0.826	0.898	0.895	OK
		0.962	0.825	0.899		
	H	0.866	0.777	0.791	0.811	NG
		0.866	0.777	0.791		
8	M	0.994	0.765	0.875	0.878	OK
		0.995	0.767	0.875		
	H	0.903	0.676	0.752	0.777	NG
		0.903	0.676	0.752		
9	M	0.961	0.833	0.940	0.911	OK
		0.962	0.833	0.940		
	H	0.882	0.644	0.820	0.782	NG
		0.882	0.644	0.820		

表4. 振動軽減効果の測定結果 (タイプA)

Sample No.	Spectrum	TRs				Results
		Subject 1	Subject 2	Subject 3	Average	
10	M	0.983	0.868	0.865	0.905	OK
		0.983	0.87	0.866		
	H	0.457	0.54	0.462	0.486	OK
		0.457	0.54	0.462		
11	M	0.953	0.873	0.844	0.89	OK
		0.954	0.875	0.843		
	H	0.304	0.522	0.371	0.399	OK
		0.304	0.522	0.371		
12	M	0.963	0.912	0.908	0.937	OK
		1.015	0.914	0.909		
	H	0.566	0.554	0.565	0.562	OK
		0.566	0.554	0.565		
13	M	1.021	0.942	0.921	0.961	OK
		1.021	0.942	0.922		
	H	0.76	0.773	0.815	0.783	NG
		0.76	0.773	0.815		

3.2. 第2期開発防振手袋の測定結果

表4および表5に新JIS T8114 適合を目指して新規開発された第2期プロトタイプの防振手袋に対する新JIS T8114に基づいた防振性能の測定結果を示す。

スポンジ様の軟質系高分子材料を掌に縫合したタイプの防振手袋では、サンプルNo.13のみスペクトルHにおいて評価基準を満たさなかった(平均振動伝達率:0.783)がそれ以外のサンプルはいずれもスペクトルMおよびH両方において評価基準を満足した。特に、サンプルNo.10および11では、スペクトルHに対する平均振動伝達率が0.486および0.399を示し、高周波数領域におけるきわめて優れた振動軽減性能を呈した。

ゴム系高分子材料を掌に突起状に配置させたタイプの防振手袋では、サンプルNo.15のみスペクトルHにおいて評価基準を満たさなかった(平均振動伝達率:0.625)がそれ以外のサンプルはいずれもスペクトルMおよびH両方において評価基準を満足した。特に、サンプルNo.16および17では、スペクトルHに対する平均振動伝達率が0.429および0.449を示し、高周波数領域におけるきわめて優れた振動軽減性能を呈した。

4. 考察

表5. 振動軽減効果の測定結果 (タイプB)

Sample No.	Spectrum	TRs				Results
		Subject 1	Subject 2	Subject 3	Average	
14	M	0.995	0.928	0.946	0.957	OK
		0.995	0.93	0.947		
	H	0.461	0.512	0.719	0.564	OK
		0.461	0.512	0.719		
15	M	1.05	0.937	0.815	0.935	OK
		1.051	0.938	0.817		
	H	0.531	0.638	0.705	0.625	NG
		0.531	0.638	0.705		
16	M	0.995	0.891	0.858	0.915	OK
		0.996	0.892	0.859		
	H	0.376	0.505	0.405	0.429	OK
		0.376	0.505	0.405		
17	M	1.015	0.91	0.798	0.908	OK
		1.015	0.91	0.798		
	H	0.34	0.471	0.537	0.449	OK
		0.34	0.471	0.537		

新JIS T8114 施行前に行った、国内流通している防振手袋に対する新JIS T8114 準拠評価試験では、すべての防振手袋がスペクトルHに対する評価基準を満足することができなかった。これらのうち国内メーカー製の防振手袋は、いずれも旧JISを念頭に開発されたものである。同一の防振手袋について、旧JISに基づいた防振性能の評価試験の結果とISO10819(新JIS T8114に対応)に基づいた防振性

能の評価試験の結果を比較あるいは片方から他方を予測することは困難であることが報告されており[3]、今回得られた測定結果は、新 JIS T8114 を念頭に置いた新たな防振手袋開発の必要性を示すものとなった。

新 JIS T8114 施行の前後に新 JIS 適合を目指して行われたプロトタイプの開発では、各社とも新 JIS 適合の防振手袋を開発することができた。これらはその防振構造の実現方法により大きく二つに分けられた。特にゴム系高分子材料を掌に突起状に配置させたタイプの防振手袋では、優れた防振性能のみならず、良好な使用性も実現できていた。

これらの新 JIS 適合防振手袋では、比較的廉価な開発を可能にしており、対価格性能が極めて高い。これに対して、米国等で国際規格 ISO10819 の評価基準を満足している防振手袋は、防振材にジェルやエアを用いるタイプの物が多く、ジェルタイプはジェルの製造コストや固定などにコストがかかりエアタイプでは、エア調節用に小型ポンプを必要とするなどともコスト面で大きな問題があった。防振手袋使用者としては、手袋を選択する上で価格は重要であり、この点において今回開発された新 JIS 適合防振手袋は、振動工具等使用者への普及が大いに期待される。

プロトタイプの開発過程において、当初見受けられた新 JIS 評価基準の満足を第一義とする開発姿勢も、徐々に防振手袋ユーザが求める使用性や操作性を十分考慮したり、さらなる高防振性を追及したり、と大きな変化が見られ、新 JIS 適合防振手袋にも多様性が見受けられるようになった。複数の国内防振手袋メーカーが複数の新 JIS T8114 適合の防振手袋の開発に成功したことで、ユーザサイドから見れば選択の余地が広がる。したがって、ユーザは新 JIS 適合防振手袋の中からより使用性の良好なものを選ぶことも可能である。一方、メーカーサイドから見れば複数社からの新 JIS 適合防振手袋が供給可能になったことで、適合の可否だけでは自社製品を差別化することができなくなる。したがって、更なる高防振性能の手袋の開発や高度な使用性の追求、あるいはより廉価な供給を可能にすることにより対価格性能を向上させる等、何らかの特徴化を指向するこ

とにより自社製品の差別化を図る必要がある。

5. 結論

防振手袋の防振性能評価に関する測定・評価方法を規定した国際規格 ISO10819 に完全に整合した国内規格である新 JIS T8114 が 2007 年 5 月に施行されたことにともない、国内流通防振手袋の新 JIS 適合の有無について、新 JIS 施行前と後で調査を行った。その結果、以下のことが明らかとなった。

- ・ 新 JIS 施行前の国内流通防振手袋では、新 JIS T8114 において定められているスペクトル M および H においてともに同規格の評価基準を満足する防振手袋はなかった。
- ・ 新 JIS 施行前の国内流通防振手袋では、スペクトル H に対する評価基準を満足する防振手袋は皆無であった。
- ・ 新 JIS 施行をにらんで行われた、国内防振手袋メーカー数社による次世代防振手袋開発により、最終的に 6 双のプロトタイプが新 JIS T8114 に定める評価基準を完全に満足した。

参考文献

- [1] ISO10819 (1997), International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland.
- [2] EN420 (2003), European Committee for Standardization, Brussels, Belgium.
- [3] 前田節雄, セーフティダイジェスト 51(3), 2-11 (2005)