原 著

コンクリートパイプおよびパイル製造工場
における振動障害福地保馬*, 渡部真也*, 西山勝夫*
細川 汀**, 広沢巖夫***VIBRATION DISORDERS IN A FACTORY PRODUCING
CONCRETE PIPES AND PILESYasuma FUKUCHI†, Shinya WATANABE†, Katsuo NISHIYAMA†,
Migiwa HOSOKAWA†† and Iwao HIROSAWA†††

The investigations were carried out to estimate the actual conditions of exposure and health of workers using impact wrenches and vibrating long iron trowels (Fig. 1) in a factory producing concrete pipes and piles, and the following results were obtained:

- 1) Vibration acceleration levels of the impact wrenches and the trowels were in excess of the guideline of up to 30 minutes per day proposed by ISO (1979) (Figs. 3 and 4).
- 2) Daily amounts of time during which workers were exposed to vibration by using tools were roughly calculated to be about 60 minutes per worker.
- 3) As the results of the special health examinations for 35 workers, 5 cases (14.3%) were diagnosed as vibration disease, 8 cases (22.9%) were suspected of this disease, and white fingers were found in 14.3% of the workers.

It was suggested that the protection from vibration and the prevention of vibration disorders are necessary for all factories such that concrete pipes or piles are manufactured by similar processes.

I. 緒 言

近年わが国における振動障害の発生は、多くの産業・職場に広がっており、労働省通達(昭 50.10.20 基発第 608 号¹⁾)で、「予防対策を行うべき業務」と明示された以外の動力ミシンを取り扱う縫製業務従事者²⁾、モーターバイクに乗務する郵政外務員³⁾、茶刈機を取り扱う茶業農民⁴⁾などの業務でも振動障害の発生がみられる。

このような職場において、予防対策を確立し、発生患者の救済を行なうためには、それらの職場における振動

作業の衛生学的評価と労働者の健康状態に関する資料を整えていく必要がある。

本研究は、このような観点から上記の通達に明示されていない振動業務をもつ、コンクリートパイプおよびコンクリートパイルを製造する一工場の振動作業の実態と、特殊健康診断成績に基づいてこの種の作業の振動による障害の危険を評価しようとしたものである。

II. 作業の概要

本工場は、遠心力コンクリートパイプ(ヒューム管)およびパイルを製造する工場で、その製造工程は Fig. 1 に示すとおりである。

この工程のうち、作業者が振動にばくろされるのは、第1は鋼鉄製の型枠を組み立てる際と蒸気養生後に製品を型枠から脱型する際に、エア・インパクトレンチを用いボルトを締めあるいははずす工程であり、第2は回転させている型枠に生コンクリートを投入し遠心力によって締め固める際に、パイプの内面のならしあるいは仕上

* 滋賀医科大学予防医学教室

** 京都市衛生研究所

*** 山口大学医学部衛生学教室
昭和55年9月24日受付

† Department of Preventive Medicine, Shiga Medical University

†† Kyoto City Institute of Public Health

††† Department of Hygiene, Yamaguchi University School of Medicine

Received for publication, September 24, 1980

Fig. 1. Manufacturing process of concrete pipes and piles. Vibrating tools are used in processes marked * and **. * Impact wrench, ** iron trowel

げのために、鉄製の長いコテ（これを当工場では、「ヘラ」と称している。本稿でも、これに従い、これを「ヘラ」と呼ぶ）を用いる工程である。

「ヘラ」を使用する作業の様子は、Fig. 2 に示すようなもので、投入されたコンクリートをヘラでならす「内面ならし」工程、遠心力をさらにかけることによって、浮き出てきた水をヘラで管外へ引き出す「内面仕上げ」工程および水をひき出しながらセメント粉を散布し、内面の仕上げを行なう「最終仕上げ」工程の3段階からなっている。

本工場で使用されているヘラは、鋼鉄製で長さ2.8ないし3.1 m、直径13 mmのもので、先端部がヘラ状になっており、作業者は、ヘラ他端に近い部分を軍手をはめた両手で腰の高さ、あるいは場合によっては、頭部より上方でしっかり把持し、コンクリート面をヘラ先でおさえこむように力を加えており、石などの夾雑物を探知し除去しつつ水分を排除し、内面を平滑にするという作業を行なっている。この際、コンクリート面とヘラの摩擦でひきおこされる振動が手に伝播される。

III. 調査方法

1. ヘラおよびインパクトレンチの振動加速度の測定

1) 測定対象

ヘラの振動測定は、1,500 mm 推進管、800 mm 推進

Fig. 2. A scene of the smoothing work.

管および500 mm B型管の3種のヒューム管の作業について行なった。

インパクトレンチは、この工場で実際に使用している日本ニューマチック工業（株）製のNW 16 H, NW 19 AおよびNWH 320 Aの3種について測定した。

2) 測定方法

振動加速度ピックアップ（Rion PU 32）を、ヘラの場合にも、インパクトレンチの場合にも、握り部分の近傍に固定し、Rion VM 17 振動加速度計を介して、Sony Magnescale FRC 1402 N に記録した。収録状況はオシロスコープでモニタリングした。

ヘラの場合、ピックアップの軸の方向はXおよびZ方向のみとした。

周波数分析は、Rion SA 24 実時間分析器を用い、1/3オクターブ分析を行なった。

また、ヘラの場合、変動するレベルの統計処理をRion 多チャンネル騒音レベル処理装置XE-19 A, SV 70を用いて行なった。

3) 振動ばく露時間の推定

作業員1人1日当たりの振動ばく露時間を、タイムスタディ、振動測定記録および会社の生産記録にもとづいて推定した。

2. 振動障害に関する特殊健康診断

1) 対象

インパクトレンチを使用する作業に従事している男子作業員35名を対象とした。このうち、25名は現在ヘラ作業に従事しているか、または過去に従事したことがあるもので、対象者の年齢構成は33~54歳（平均41.9歳）、振動作業経験年数は1~20年（平均9.5年）であった。

2) 健康診断項目

労働省通達⁵⁾の第一次検診項目のほか5°C 10分間の冷水負荷試験、温度覚⁶⁾および触覚検査とした。負荷試

Table 1. Pass levels of vibration acceleration in the working process.

Diameter of pipe		Working process					
		Smoothing		Rough finishing		Fine finishing	
		X	Z	X	Z	X	Z
1,500 mm	L_5	137 dB	137 dB	139 dB	139 dB	135 dB	137 dB
	L_{95}	131	131	124	125	124	128
	L_{eq}	134.4	134.2	133.7	134.7	131.0	133.3
800 mm	L_5	136	135	136	133	137	134
	L_{95}	118	117	119	118	121	119
	L_{eq}	131.6	129.6	130.2	128.8	131.4	128.4
500 mm	L_5	136	132	137	133	135	132
	L_{95}	119	113	117	120	117	119
	L_{eq}	133.1	128.1	129.2	127.0	127.9	127.5

験中の室温は 22.2~25.6°C の範囲であった。

IV. 調査成績

1. ヘラおよびインパクトレンチの振動測定成績

1) ヘラの振動

ヘラ作業中の、総振動加速度レベルの変動は大きく、コンクリート中の石、横孔の口金、管の端面へのヘラの接触、ヘラを押しつける力などによってレベルが大きく変動する。

Table 1 に、ヒューム管の口径別、工程別に総振動加速度レベルの 90% レンジおよび等価振動加速度レベルを示した。概括的にみると、1,500 mm 管の場合がそれより小径管に比べて、内面ならし工程がその後の工程に比べて、X方向がZ方向に比べてそれぞれ総振動加速度レベルが大きい傾向が認められる。

代表的と思われる条件での 1/3 オクターブ分析結果の例を Fig. 3 に示した。

ヘラのX方向の振動は、どの管径や工程でも 200~250 Hz の周波数域に大きなエネルギーを示す。工程初期の回転の比較的遅い段階では低周波帯域のレベルも高い。

Z方向の振動は、管径が 1,500 mm および 800 mm の場合は 315 Hz 以上の周波数域に大きなエネルギーを示し、第2のピークが 80~160 Hz にあることが多い。低周波帯域の値はばらつきが大きい。

ISO (1970 年)⁷⁾ の手に伝播される振動のばくろ限界値のガイドラインと比較すると管径が 1,500 mm および 800 mm の場合、30 分以内の線をこえており、管径 500 mm の場合は 30~60 分の線上または時によってこの線

Fig. 3. Spectra of vibration frequencies of the smoothing work (1,500 mm propulsion type pipe). Each line shows: ●, smoothing process (at low velocity revolution); ○, smoothing process (at middle velocity revolution); ▲, rough finishing process (at middle velocity revolution); △, rough finishing process (at high velocity revolution); ■, fine finishing process.

をこえている。

2) インパクトレンチの振動

使用中の 3 種のインパクトレンチの Z 方向の総振動加

Table 2. Pass levels of vibration acceleration with impact wrenches.

Type of impact wrench	Side of grip	Loosen (counterclockwise)	Tighten (clockwise)
A	right	142-149 dB	146-149 dB
B	right	147-149	147-148
	left	145-148	147
C	right	141-146	not measured
	left	145-148	not measured

Table 3. Exposure time to vibration in the smoothing work.

Diameter of pipes	Number of pipes handling at the same time	Observed time of work (A)	Exposure time to vibration (B)	B/A
1,800 mm	1	3,240 sec	634 sec	0.20
1,500	1	2,174	492	0.23
800	1	1,120	209	0.19
500	3	1,572	335	0.21

速度レベルを Table 2 に示した。

どの機種においても、作業のいかんにかかわらず 140～150 dB の総振動加速度を示した。

他の軸方向の振動加速度成分は、1 機種では、Z 方向とほぼ同程度であったが、他の 2 機種では Y 方向の成分が極めて小さかった。

Z 方向の振動加速度の周波数分析結果の例を Fig. 4 に示した。

図の例に限らずどの機種においても、広帯域にわたって高いエネルギー分布がみられ、ISO のガイドラインに照らすと、低周波域において 30 分以内の線を大きく上まわっている。

2. 振動ばく露時間の推定

タイムスタディと振動測定記録の解析から算出した、1 単位のヘラ作業における振動ばく露時間を Table 3 に示した。作業時間の約 20% が、ヘラ使用による振動ばく露時間と推定された。

1 日の実労働時間を 7～8 時間とすると、約 90 分前後振動にばく露されていることになるが、昭和 49、50 年のコンクリートパイプ製造本数、部署別人員配置数から、部署別に 1 人 1 日当たりの平均取扱単位数を算出し、この値に Table 3 の 1 単位当たりの振動ばく露時

Fig. 4. Spectra of vibration frequencies of impact wrench (NPK 16 H, at right grip, Z-axis). Each line shows: ●, loosen at wing; ○, tighten at wing; ▲, loosen at tire; △, tighten at tire.

間を乗じると、平均 1 人 1 日当たり 55～70 分と推定された。

インパクトレンチによる振動ばく露時間は、コンクリートパイプの場合、製造本数、型枠 1 組当たりの平均ボルト数および部署別人員配置数にもとづき、1 回当たりのインパクトレンチの使用時間を 5 秒として計算すると、部署によってやや異なる値を示すが、1 人 1 日当たり、約 20～60 分と推定された。

コンクリートパイプの場合は、昭和 51、52 年の製造本数、パイプの平均長さおよび実測した単位当たりの平均インパクトレンチ取扱時間から、1 人 1 日当たり約 70～100 分と推定された。

以上から、当工場においては、一部の部署を除き、大略 1 人 1 日当たり約 1 時間前後の振動ばく露があるものと推定された。

なお、インパクトレンチとヘラの両者を使用する場合、その使用時間の比率は 2 : 1 ないし 3 : 1 であった。

3. 健康診断成績

主な自覚症状の訴え率を Table 4 に示す。

手指の蒼白発作の訴えが 5 名 (14.3%) にみられた。振動作業の経験年数が 10 年未満のものを A 群 (14 名、年齢 42.0 ± 6.4 歳：平均 ± 標準偏差) とし、10 年以上のものを B 群 (21 名、年齢 42.0 ± 3.6 歳) とすると、蒼白発作の出現率は両群とも同じであるが、A 群の 2 例は右の指にのみ発作が認められるのに対し、B 群の 3 例はすべて両側性であり、うち 1 例は蒼白現象が手掌におよんでいた。

訴え率の高い症状としては、「腰のだるさや腰痛」

Table 4. Prevalence of subjective complaints.

Complaint	Number (prevalence rate)	Experience of vibration work	
		Less than 10 yrs(A)	Over 10 yrs(B)
White finger	5 (14.3%)	14.3%	14.3%
Numbness in upper extremity	20 (57.1)	42.9	66.7
Pain in upper extremity	18 (51.4)	35.7	61.9
Numbness or pain in shoulder	16 (45.7)	28.6	57.1
Chills in hand or finger	7 (20.0)	7.1	19.0
Hyposthesia in hand	3 (8.6)	0	14.3
Stiff hand in morning	5 (14.3)	7.1	19.0
Dullness in arm	16 (45.7)	28.6	57.1
Difficulty in movement of elbow	4 (11.4)	0	19.0
Stiff in shoulder	17 (48.6)	42.9	52.4
Stiff in neck	17 (48.6)	42.9	52.4
Dullness or pain in low back	21 (60.0)	42.9	71.4
Easy fatigability	10 (28.6)	28.6	28.6
Headache or heavy in head	9 (25.7)	7.1*	38.1*
Insomnia	12 (34.3)	14.3*	47.6*
Hypersweating in palm	5 (14.3)	14.3	14.3
Very sensitive to the cold	7 (20.0)	0*	33.3*
Tinnitus	7 (20.0)	0*	33.3*
Impaired hearing	8 (22.9)	21.4	23.8
Dullness in leg	14 (40.0)	31.7	42.9

* Statistically significant between A and B ($p < 0.05$, Fisher's exact method)

「上肢のしびれ」, 「上肢の痛み」, 「肩こり」, 「頸部のこり」, 「肩のしびれや痛み」, 「腕のだるさ」があげられている。これらの症状をはじめ多くの症状で、A群に比べB群の訴え率が高い傾向が認められるが、5%以下の危険率で統計学的に有意差が認められたのは、「頭重頭痛」, 「睡眠障害」, 「寒さに弱くなった」および「耳鳴」の4項目であった。

Table 5に、他覚的検査での異常出現状況を示した。異常の判定は林業災害防止協会⁹⁾の基準に準拠した。

手関節可動制限 (85.7%), 冷水負荷試験異常 (いずれかの項目で異常を認めるもの 54.3%), 肘関節の圧痛 (45.7%), 温度覚異常 (42.9%) などが高率に認められた。

諸所見を前述のA, B群にわけて比較してみると、危険率5%以下で、A群に比べB群が統計学的に高い異常率を示した項目は、「肘関節の圧痛」のみであった。

なお、この検診の限りでは、「ヘラ」, 「インパクトレンチ」使用者に特異的な所見と考えられるものは、見い

だせなかった。

検診の結果は、労働省通達^{9), 10)}に準じて、5名 (14.3%) を「振動障害 (管理C)」, 8名 (22.9%) を「振動障害の疑い (管理B)」と判断できた。振動障害と判断した5名は、手指の蒼白発作を訴えた4名を含み、末梢神経障害の著しいものであった。

V. 考 察

今日、各種の産業職場に振動障害は広がりを見せているが、これに即応した労働衛生行政や、職場での健康管理体制の整備が遅れており²⁾、問題の発生をみてから対策が講じられているのが現実であろう。ここに取りあげた職場もその一つである。

予防対策を促進するためには、各種の産業で行なわれている振動作業と、それに従事する者の健康の実態を明らかにしていくことが必要であるとともに、それらの事例を集積し、疫学的に解析することによって振動の許容基準や衛生学的規制の条件を求めていくことが必要であ

Table 5. Abnormal findings in the objective examinations.

Examination	Criterion	Prevalence	
		Number	Rate
Temperature of finger skin	less than 30°C	10	28.6%
	less than 28°C	3	8.6
Nail press test	more than 2.0 sec	6	17.1
Pain sensation	more than 3 g	6	17.1
Vibratory sensation	more than 12.5 dB	3	8.6
	more than 7.5 dB	10	28.6
Temperature sensation	more than 40°C in warm sense	14	40.0
	more than 15°C in neutral zone	15	42.9
Grasping power	less than 40 kg	6	17.1
Tapping test	less than 50 times/10 sec	11	31.4
Cold water immersion test	abnormal in skin temperature	16	45.7
	abnormal in nail press test	4	11.4
	abnormal in vibration sense	4	11.4
	abnormal in pain sensation	10	28.6
Inspections and palpations	hardening of hand skin	9	25.7
	hypersweating in palm	16	45.7
	muscular atrophy in hand or forearm		
	with decrease of grasping power	4	11.4
	hypomobility in elbow joint	4	11.4
	hypomobility in forearm	8	22.9
	hypomobility in hand joint	30	85.7
	oppressive pain in hand joint	16	45.7

ろう。

インパクトレンチの振動が大きいことは、従来から指摘されてきたところである^{2,11,12)}。

しかし、労働省が、「昭50.10.20基発第608号通達」¹⁾で、振動障害の予防措置の適用対象とするチェンソー以外の振動工具取扱い業務として指定した6業種、および「昭52.5.25基発第307号通達」¹⁰⁾で業務上疾病の認定基準の適用対象とした18種の工具を使用する業務の中には、インパクトレンチを取り扱う業務は明記されていない。

本研究では、このような実状に鑑み、インパクトレンチ等を使用するコンクリートパイプおよびバイル製造工場の労働者の振動ばく露量の推定と衛生学的評価および健康への影響を明らかにした。

当工場における振動測定成績をISO⁷⁾の1労働日当たりの振動ばく露時間の限界値と比較すると、成績の項で述べたように、ヘラ作業ではパイプの管径が大きな場合は、30分以内の線をこえ、小径管の場合も30~60分の線をこえる場合がみられ、インパクトレンチ作業では、30分以内の線を大きく上まわっていた。

一方、作業員1人1日当たりの振動ばく露時間は、大略約60分と推定され、振動測定結果と照合すると、この工場における振動作業の有害性が首肯できる。

振動の被ばく状況から考えられた振動障害発生の危険性は、自覚症状や健康診断調査の成績によって明確に証明された。すなわち、手指の蒼白発作が14.3%、上肢のしびれが57.1%に認められ、「振動障害」または「振動障害の疑いがある」と診断したものが37.1%であ

った。このような症状や障害の発生率は、各種の振動作業職場における振動障害発生状況²⁾と比較してもけっして低率とはいえないものである。

本研究の対象とした工場の作業工程や使用工具は、コンクリートパイプまたはパイルを製造する工場としては一般的なものであるところから、他の多くの同種工場においても振動障害発生の危険が危惧され、適切な予防対策の実施が必要とされよう。

ヘラ作業は、いわゆる振動作業としては、据置式グラインダーによる研磨作業などに類似する作業であろう。従来、このカテゴリーには、据置式グラインダー作業以外には、具体的作業があまり明らかにされていなかったが^{2), 13)}、振動測定結果からヘラ作業は明らかに振動作業であるといえる。この工場では、ヘラ作業のみに従事するものがいなかったために、ヘラ作業による影響を単独にとらえることはできなかったが、このような作業条件での振動障害の危険については今後さらに注意を向けるべきである。

本研究で得られたインパクトレンチおよびヘラ作業者の振動障害の病像は、従来報告されている振動工具使用者の場合と比較して、とくに顕著な差異は認められなかった²⁾。ただし、肘関節の圧痛および手関節の可動制限が高率に認められたことは、インパクトレンチやヘラのように、低周波成分の大きな振動による障害の特徴を表わしたものとも考えられるが、今後比較しうる振動スペクトルを有する職場の集団を求めて、些細に検討することは有意義であると考えている。

また、労働者の過去の振動ばく露量を正確に把握することは非常に困難であったが、ごく大まかに振動作業経験年数を被ばく量の指標としてみると、経験10年以上の群には、多くの自覚症状有症率が経験10年未満の群よりも高率の傾向がみられ、これらの症状がこの職場における振動作業と関連があることを推測させた。

VI. 結 語

インパクトレンチおよび振動するヘラを使用するコンクリートパイプおよびコンクリートパイル製造工場を対象として、労働者の振動被ばくの実態調査と健康診断を行ない、次のような成績を得た。

1) 使用されているインパクトレンチおよびヘラの振動加速度は、ヘラ作業の一部をのぞき、ISOの30分以内の限界線をこえていることが認められた。

2) 当工場の作業記録とタイムスタディから、労働者の振動ばく露時間は、おおよそ1人1日当たり約60分で、インパクトレンチとヘラの使用割合は、2:1ないし3:1と推定された。

3) インパクトレンチおよびヘラの使用者の振動障害特殊健康診断の結果、手指の蒼白発作の経験が認められるものは14.3%、「振動障害」は14.3%、「振動障害の疑いあるもの」22.9%であった。

4) 当工場における研究結果から、他のコンクリートパイプまたはコンクリートパイル製造工場でも、振動障害発生の危険があるものと考えられ、これらの産業においては振動障害の予防対策がとられるべきである。

5) 本研究の対象としたヘラ作業のように、自らが発振体ではないが、作業をすることによって振動が伝播されるような作業について今後さらに注目していく必要がある。

本論文の要旨の一部は、1979年第52回日本産業衛生学会において発表した。

文 献

- 1) 労働省労働基準局長通達：チェンソー以外の振動工具の取扱い業務に係る振動障害の予防について（基発第608号），1975.10.20.
- 2) 日本産業衛生学会振動障害委員会：振動障害委員会報告，1980.9月.
- 3) 松本忠雄：オートバイ運転手の振動障害，労働の科学，33(12)：14-18，1978.
- 4) 細川 汀，福地保馬，西山勝夫，松野喜六：茶業農家における振動障害，産業医学，21：683，1979.
- 5) 労働省労働基準局長通達：振動工具の取扱い業務に係る特殊健康診断の実施手技について（基発第609号），1975.10.20.
- 6) 広沢巖夫，百々栄徳，細川 汀：振動障害の温冷覚について，第1報，温冷覚計の試作，第49回日本産業衛生学会講演集，328-329，1976.
- 7) ISO：Principles for the measurement and the evaluation of human exposure to vibration transmitted to the hand (ISO/DIS, 5349)，1979.
- 8) 渡部真也：振動障害対策の現状，労働安全衛生広報，7(138)：26-31，1975.
- 9) 労働省労働基準局長通達：チェンソー取扱い業務に係る健康管理の推進について（基発610号），1975.10.20.
- 10) 労働省労働基準局長通達：振動障害の認定基準について（基発第307号），1977.5.25.
- 11) 三輪俊輔：手持ち振動工具の振動計測，労働の科学，29(12)：6-10，1974.
- 12) 若葉金三：著者への私信.
- 13) ドロギチナ，エ・ア〔渡部真也監修，伊藤史子訳〕：産業における振動，75-153，労働科学研究所，東京，1974.

著者への通信先：福地保馬，〒520-21 大津市瀬田月輪町 滋賀医科大学予防医学教室 Reprint requests to Department of Preventive Medicine, Shiga Medical University, Seta Tsukinowa-cho, Ohtsu, 520-21 Japan (Y. Fukuchi)