原著

鉄塔組立作業の安全対策に関する 労働衛生学的研究

等々力達也*

AN INDUSTRIAL HYGIENIC STUDY ON THE SAFETY COUNTERMEASURES FOR THE IRON TOWER CONSTRUCTION WORK

Tatsuya TODOROKI†

We have continuously been studying on the occupational health conditions of the tower construction workers, and have already pointed out that their working conditions are severe.

This time, I observed that their heart rate clearly decreased by using an automatic elevator which was made by our suggestion for the tower construction work, and further studied on the worker's heart beat situation which would be affected with psychogenic stress caused by work at high places. The results obtained are as follows:

1. In the case of using the automatic elevator, increase of the heart rate was not remarkable, and consequently, their working burden was lightened as compared with the customary method, which uses the step-bolt for ascending and descending the tower.

2. Using an elevator in the tower construction work has to be valued highly on the safety control for work at high places, and this kind of the elevator has to be introduced in such work in the future.

3. Observations were made, on the heart rate variation caused by continuous psychogenic stress by work at a place as high as 65 meters. But further, observations are thought to be necessary.

I. 緒 言

昭和46年度におけるわが国の災害統計¹⁾によると、鉱山を除く全産業において、墜落を原因とする休業8日以上の死傷数の割合は、全死傷数の10.8%を占めているが、これが、死亡者の割合となると、19.5%に飛躍する。とくに、建設業においては、全体の災害死亡数2,323人のうち、約30%のものが墜落を原因とするもので、依然として、災害死亡原因のトップを占めている。

また、このような墜落による死亡災害は、昭和36年度を100とした場合、昭和45年度は107であって、最近に至って漸増の傾向にある。以上のように、墜落を原因とする災害の防止は、いまだに、安全管理上の重要な課題

と考えられる。

ところで、墜落事故に限らず、作業者の行動に基因しておこる、いわゆる行動災害について、最近心理学的にはもちろん、行動科学的なさまざまな検討が活発に行なわれている²⁻⁵⁾。しかしながら、もちろん労働衛生学的なとらえ方も試みられてはいるものの⁶⁾、直接的に墜落事故に結びつく高所作業についての、この方面からの研究は、いまだに多いとはいえない。

われわれは、昭和40年以来、ほとんどの作業を高所で行なう、送電線用の鉄塔組立作業を中心として、高所作業に関する一連の労働衛生学的な検討を試み⁷⁾、その作業の労働量が著しく多いことを指摘してきた。今回は、さらにステップボルトによる鉄塔の昇降時と、われわれの指摘にもとづいて新たに用意された、自動エレベーターの試用による昇降時の両者から、鉄塔作業に要する生理的負担の相違と、鉄塔上の休憩時と、地上休憩時とを比較し、作業する場所が高所であるがための精神的緊張

* 琉球大学保健学部保健管理学教室

昭和49年1月30日受付

† Department of Health Administration, College of Health Science, University of the Ryukyus

Received for publication January 30, 1974

状態を検討しようと試み、二、三の知見を得たので報告する。

II. 調査方法

1. 調査対象鉄塔

栃木県芳賀郡益子町の市街地より東南約 1.5 km の丘陵部の山頂にある、東京電力福島幹線増設工事のうち、古河電工第18工区現場 J 24, K 4 鉄塔での組立て作業を調査の対象とした。完成時の塔頂高80m。作業は塔頂部の組立て作業中であつた。

2. 調査月日および天候

調査は昭和 47 年 8 月 8, 9 日の両日にわたり行なつた。天候は両日とも晴、ほとんど無風、気温はほぼ 28°C であつた。

3. 調査対象者

この現場で働いていた鉄塔組立工のうち、主として塔上で作業するもの 6 名を選んだ。

4. 調査項目

今回の調査も、われわれが過去 4 回にわたって行なってきた、鉄塔工事に関する一連の調査と同様に、被検者個々の身体的状況と、実際の作業時の生理的な傾向について調査を行なつた。

個々の身体的状況については、被検者らの飯場において簡単にできる項目として、既往歴およびあらかじめ記入させた CMI を中心とした問診、現症をとらえるための聴打触診、血圧測定、検尿として糖、蛋白、ウロビリノーゲン、四肢運動器系および運動機能検査等について調査した。

作業時の調査は、今回もハートレイトテレメーター (NEC 製) より得られる心搏数の経時的変化を中心として調査した。すなわち、作業者の心臓部の上下につけた

電極端子によってとらえられる、心臓収縮時電位差を単一棘波として、作業者の腰につけた小型送信機より発信させ、これを地上の受信記録計の 5 mm/sec の速さの記録紙の上にとらえて分析に用いた。

心搏数のとらえ方としては、1 時点の前 10 秒の棘数と、後 10 秒の棘数、計 20 秒間の合計棘数を 3 倍して 1 分間値の心搏数とした。経時的に 10 秒間隔の心搏数の変化を求めた場合にも同様に、前後 20 秒間の棘数より求めた。したがって、10 秒間隔で示された心搏数の変動は常に、前後 10 秒間値が重複して数えられていることとなる。

III. 調査成績

Table 1 は、被検者 6 名の身体的状況を示したものである。表に示されたとおり、被検者の健康状態は総体的に良好である。CMI においては、深町Ⅲ型が 2 人いるが、われわれの過去における同種作業者の成績とくらべて大差はないと考えられる。運動機能も同様に差異は認められず、今回の被検者らの身体的状況には、特異な傾向はなかったと考えられる。

Fig. 1 は、被検者 C.T. について、従来行なわれているステップボルトによる、塔の昇降時の心搏数の増加を、安静時のそれと比較して、何%増加したかを経時的に示したものである。図中の数字およびローマ字は、そのときの被検者の状態を示したものである。

図によると、昇塔時、はじめの 20 m の高さまでは、心搏の増加がはなはだ急激であるが、それ以降は一定の高い水準を保っている。図中数字の 5 以降は、増加率がやや低下しているが、ここからは、被検者はステップボルトではなくて、塔中に備えられた鉄梯子を利用している。

Table 1. Physical condition of the workers.

Name	Age	Experience (year)	Weight	Height	Anamnesis	Status (Pre- sent)	CMI	Blood Pressure Rest. Pulse Freq.	Urine			Athletic Function
									Sugar	Pro- tein	Urobili- nogen	
M. S.	27	5.0	70.0	172	naught	good	Ⅲ	160— 48 60	—	—	—	rather good
H. T.	45	17.0	56.5	160	naught	good	I	124— 70 78	—	—	—	rather poor
Y. N.	39	20.0	56.0	161	before 5y. Femur Fract.	good	I	126— 82 84	—	—	—	average
N. A.	24	1.5	62.0	166	naught	good	Ⅲ	104— 76 96	—	—	—	rather poor
C. T.	24	1.0	59.0	162	naught	good	I	130— 86 72	—	—	—	above
A. K.	18	1.5	57.0	167	naught	good	I	114— 60 82	—	—	—	rather good

Fig. 1. Heart rate variation in case of the step-bolt. (C.T.)

Ascending ;

1. starting, 2. at 20 m altitude, 3. 1'30" passing after starting, 4. resting for 15" on the low iron arm, 5. starting again by the ladder, 6. arriving at the middle iron arm, 55 m altitude, 7. arriving at the upper iron arm, 65 m altitude.

Descending ;

a. starting (65 m altitude), b. arriving at the middle iron arm, c. arriving at the low iron arm, d. starting again for the low iron arm, e. descending at 20 m altitude, f. coming down on the ground.

降塔時に要した時間は同じ 65 m の昇塔時間より短く、しかも心搏の増加率も少ない。しかし、地上に近づくにしたがって、やや増加する傾向にある。

Fig. 2 は、被検者 M.S. について、前図と同様にステップボルトを利用したときの、昇降時の心搏の増加の傾向をみたものである。

昇塔開始の直後の心搏数の急激な増加の傾向は、前図の被検者 C.T. の場合よりさらに急激である。以後の一定化した増加水準においてもさらに高水準である。1 分間の休憩による心搏増加率曲線の谷がみうけられ、昇塔再開と同時に、再び曲線の急上昇がみられる。なお、被検者 M.S. はすべてステップボルトのみにて昇塔し、昇塔の高さは C.T. より低く、約 58 m である。

降塔時は、約 70 m のところより下降した。降塔時の傾向も多少の波を形成しているが、ほぼ C.T. の場合と大差なく、同じように地上に近づくにしたがって心搏数の増加が認められる。もちろん、昇塔時にくらべて心搏数の増加は著しく少ない。

同じステップボルトによる昇降例として、C.T. と M.S. の両人の心搏数の増加率を比較すると、両者の間

Fig. 2. Heart rate variation in case of the step-bolt (M.S.)

Ascending ;

1. starting, 2. arriving at the landing place (30 m altitude), and 1 min resting, 3. arriving at the low iron arm, 4. arriving at the middle iron arm, 5. arriving at the working place, 3 m altitude, from the middle iron arm.

Descending ;

a. starting (70 m altitude), b. arriving at the upper iron arm, c. arriving at the middle iron arm, d. arriving at the low iron arm, e. descending at 30 m altitude, f. coming down on the ground.

に顕著な差のあることが判明する。すなわち、昇塔時において、C.T. では最高で 100% の増加であるが、M.S. では 150% から 160% を示している。降塔時においても、とくに地上に近づくにしたがって、両者の差がわかりきってくる。いずれの場合も C.T. より M.S. のほうが、心搏数の増加が著しいことが指摘される。

昇塔時における、途中の休憩の影響としては、わずかに 15 秒間休んだ C.T. の場合には曲線上にその効果をほとんど認めたいが、1 分間休んだ M.S. の例では、休憩の効果と考えられる、増加曲線上の谷が認められる。

次に、自動エレベーターを利用した例として、Fig. 3 は被検者 H.T. について心搏数の変化を示したものである。

72 m の高さのぼるのに、ほぼ 3 分間かかっているが、このときのエレベーターの上昇速度は正規速度の約 2 倍である。この場合の昇塔時の心搏数の変化は、上昇につれて心搏数は減少し、最後にやや増加している。下降時は 50 m のところから正規速度でほぼ 1 分 30 秒で地

Fig. 3. Heart rate variation in case of the elevator. (H.T.)

Ascending ;

1. walking to the elevator from the resting place,
2. getting on the elevator,
3. start of ascending by the elevator,
4. 2 min after start,
5. getting off the elevator (72 m altitude).

Descending ;

- a. getting on the elevator (50 m altitude),
- b. start the engine movement,
- c. start of descending,
- d. 1 min after start of descending,
- e. coming down on the ground.

上に到着しているが、心搏曲線は昇塔時と同じスプーン形を示している。また、昇塔時と下降時の心搏数の増加率にはほとんど差がない。

Fig. 4 は Fig. 2 と同一被検者である M.S. について、同じくエレベーターを使用させたときの成績である。この場合の昇塔時は、エレベーターにさらにもう一人の作業者を同乗させ、正規速度で上昇させた例で、70 m の上昇に約 5 分 30 秒を要している。しかし、この例における、心搏増加率は多少の波はあるが、前例の H.T. の場合と大差なく、同様に最後において上昇し、その上昇率は著しい。

降塔時は正規速度で下降しているが、心搏数の変化は少なく、やはり前例に類似しているが、全般に増加率の水準が高い。

Fig. 3, Fig. 4 から自動エレベーターの上昇時の速度の差による影響は、被検者が違うことなどにより、今回ははっきりとした点を指摘できない。

しかし、ここでたいせつなことは、Fig. 1, Fig. 2 と Fig. 3, Fig. 4 を比較することによって、ステップボルト利用時による昇降にくらべて、自動エレベーター利用時が、いかに心搏数の増加が少なくてすむかという点が、明瞭に確認できることである。

Fig. 5 は、被検者 N.A. をステップボルトで昇塔さ

Fig. 4. Heart rate variation in case of the elevator. (M.S.)

Ascending ;

1. walking to the elevator from the resting place,
2. start of ascending by the elevator,
3. 1 min after start,
4. 2 min after start,
5. ascending at 30 m altitude,
6. ascending at 60 m altitude,
7. arriving at the upper iron arm (70 m altitude).

Descending ;

- a. start of descending by the elevator (70 m altitude),
- b. descending at 40 m altitude,
- c. descending at 20 m altitude,
- d. coming down on the ground.

せたあと、鉄塔から約 8 m はなれた送電線上にまたがらせて休憩させ、C.T. については、はじめステップボルトで昇塔し、途中から鉄梯子を利用して昇塔し、鉄塔最上部に近いところにあるプラットホームに腰をおろさせ、ともにできるだけ楽にして休ませたときの、心搏数の増加率を休憩開始時点より経時的にとらえた曲線 (tw) と、これらの被検者が、同じくステップボルトで地上におり立ち、鉄塔から約 20 m はなれた休憩地点で、腰をおろして休ませたときの心搏曲線 (gr) とを比較した図である。なお、鉄塔上の休憩地点の高さは、兩人とも地上よりほぼ 65 m で、作業に必要な命づなをはじめ諸作業用具はいずれの場合も装着させた。また、天候に恵まれ、塔上での風による影響はほとんどなかったと考えられる。

この図から、被検者 N.A. の例では、塔上、地上の両曲線の経時的变化に大差なく、わずかに 4 分後において、地上での曲線が塔上のそれより低水準で移行している。被検者 C.T. においては、塔上での休憩開始時点の水準がすでに地上のそれより高く、このへだたりは、経時的に多少縮まっているものの、10 分経過後においても、地上ではすでに安静時心搏数にもどっているが、依然として約 10% の高水準を示している。しかし、兩人とも、塔上であれ、地上であれ休憩効果はよく示され、時間とともに心搏増加率は急激に低下している。

Fig. 5. Comparison of the heart rate variation between relaxation on the tower and the ground.

IV. 考 察

われわれは、すでに過去4回にわたり、送電線鉄塔組立作業について種々観察し⁷⁾、ステップボルトによる鉄塔昇降の際しての、心搏変化のパターンをとらえてきた。

すなわち、組立工のほとんどが、昇塔時には、はじめの10数mから20mくらいの高さまでに登る速さは実に速く、ほとんど一気にのぼってしまうが、それ以降は、自己の呼吸にあわせながらのぼるようになり、のぼる速さもおそくなる。Fig. 1の図中数字2以降が、一定の高水準で保たれ、それ以上増加しないのは、前述のような、作業者自身によるコントロールに起因すると考えられ、このような心搏増加のパターンは、われわれの過去の成績と一致する。

また、降塔時に、地上に近づくにしたがって、心搏数の増加がみられるのは、やはり、これら作業者が一般に地上に近づくにしたがって、下降速度が著しく速くなるためと考えられ、これも従来のパターンと一致する。すなわち、この鉄塔の組立に従事している作業者も、彼等に共通したパターンによって、昇降しているといえよう。

Fig. 1の図中数字5以降の心搏増加がやや低くなっているが、これは昇塔方法がステップボルトから梯子にかわった影響と考えられるが、この場合に、梯子のほうが本当に生理的負担が軽いものなのか、あるいは、労作の強さとしてはステップボルトと変わりはないが、不安定なステップボルトにくらべて安定性がよいための、心理的影響によるものなのか、鉄塔組立時の昇塔手段としての優劣をきわめたいところであるが、今後の課題といえよう。

ところで、Fig. 1, Fig. 2にみられる、被検者 C.T. と M.S. の心搏増加水準の差は、個人の体質的差か、経験によるものか、あるいは運動量が根本的に違うのか、

いろいろと考えられる。体質的には、M.S. は体格がよく、やや肥満している。C.T. は比較のバランスがとれた体格である。運動機能はやや C.T. のほうが良いが、この点が心搏数に、これほどの影響を与えるものではないと考えられる。ただ、心搏数が一定の高水準に達する時間は、C.T. はほぼ70秒、M.S. は40秒で、昇塔開始から一気にのぼる高さが同じとすれば、昇塔速度に大きな差があるようで、経験、年齢などからして、M.S. のほうがのぼり方が速いのであろう。とすれば、M.S. のほうが高水準の増加があつて当然と考えられるが、後述のエレベーター下降時に、M.S. が他の被検者より高水準を示していることと考えあわせると、たんに運動量の問題だけでは説明されえないようである。

しかし、本研究の目的にそつた要点として、今回もステップボルトによる鉄塔の昇降には、以前指摘したと同様な、著しい心搏数の増加がみられる。

次にエレベーターを試用して昇降した場合の心搏数の変化であるが、Fig. 3, Fig. 4では、昇塔のため、休憩地点よりエレベーターまで歩く場合に、心搏数の増加がみられるが、エレベーターが上昇しはじめるにしたがって、心搏数が徐々に減少している。このことは、エレベーターに搭乗して上昇している間は、あたかも休憩をしているのと同じことと考えられる。しかも、この場合、被検者 H.T. と M.S. とに増加率の水準に差がほとんど認められない。しかし、エレベーターが塔頂部に近づき、やがて到着する時点では、両者とも心搏数がふえるが、これは明らかに、エレベーターから足場の悪い鉄塔に渡るときの精神的緊張感に由来するものと考えられる。とくに、M.S. においてこの傾向が強く、このことは、ステップボルトでの昇塔時に、M.S. が他の被検者にくらべて、全般に心搏数の増加水準が高かったことと軌を一にしているのかもしれない。また、エレベーターによる下降時においても、M.S. のほうが H.T. にくらべて、全般に高水準であるが、いずれにせよ、この点の個人的差違についての理由ははっきりとはつかみえない。

以上述べてきたなかから、明瞭なことは、ステップボルトによる昇降にくらべ、エレベーターでは昇降時の心搏増加が著しく減少することで、したがって、エレベーターを使用することによって、昇降時の作業者の生理的負担を著しく軽減することができることである。このことは、昇降のあとにつづく、作業負担をも軽減することが想像できる。

送電線の鉄塔組立工事は一つの代表的高所作業であり、労働省の災害発生モデル⁸⁾に述べられているところ

Table 2. Specifications of the elevator developed for the work of iron tower construction and inspection for maintenance.

Model	SVE-170
Carrying capacity	170 kg
Number of passengers	2
Driving method	Fuji-Robin-Engine 1.8 PS/4500 rpm 2 driving wheel paralleled Pin-Rack Mode
Ascending speed	12~14 m/min
Descending speed	18~20 m/min
Emergency descending speed	15—22 m/min
Size of the cage	1000×600×(1000)
Operation	Hand & auto-worked
Safety devices	Fourfold
Weight of the cage	120 kg
Overrun stoppers	Upper and lower ends

の「墜落・転落」, 「飛来・落下」, あるいは鉄材等による「激突され」などの事故が, いつでもおこりうるような, 非常に高い災害のポテンシャルを, その作業の特質としてもっている. さらに, 頻回な昇り降り, 狭隘な足場とそれに伴う不自然な姿勢といった作業条件も加わって, 作業側はさらにいちだんと強い, 物的条件に由来する束縛をしいられている.

すなわち, このような災害のポテンシャルの高い作業には, 人間側の条件を目標とする対策よりも, 1にも2にも物的環境の絶対的安全化をめざすべきであることが, 多くの安全専門家達によって, くり返し指摘されている⁹⁻¹³⁾. この意味において, 今回のように, エレベーターを試用してみたことは, その効果が明らかとなった現在, 安全対策上高く評価されるべきことと考えられる.

以上のように, この種のエレベーターを導入したことは, 高所作業としての鉄塔組立工事の物的環境の改善として, 著しく役だったことは明らかであるが, ただ残念なことは, 現在のエレベーターの昇降速度がおそく, ともすると作業者に敬遠されることである. したがって, この点の改良を急ぐとともに, なんらかの使用の義務づけが必要であろう. なお, 今回試用したエレベーターの

詳細は, Table 2 に示したとおりである^{14,15)}.

今までのわれわれの調査では, 送電線鉄塔組立作業は, 単純肉体労働としては, かなり強度の強いものであると推定することができた. ただし, この作業は地上はるかな高所で行なわれるものであるゆえ, そのための精神的緊張も無視することはできないと考えられる. このことから, 特別な精神的緊張を与えないよう, リラックスした状態で, もし鉄塔上と, 地上とで心搏数の変動に差があるとすれば, 鉄塔上, すなわち, 高所にいるというだけの理由による, 持続的な精神緊張からくる影響が観察できるものと考え, その検討も試みた.

その結果については, Fig. 5 に示したとおりであるが, 今回は心搏の回復の過程の中で, 塔上と地上とでどのような差がみうけられるかを検討した.

まず, 塔上の休憩地点に達する過程として, N.A. はステップボルトで昇塔後, 碍子上を渡って送電線に出るため, 命づなの付けかえに時間がかかっていることと, 同時に動作も著しく緩慢となり, その間に心搏数の減少が著しかった. C.T. はステップボルトで昇塔後, 中部アームから上は鉄梯子でのぼり, 上部プラットフォームに到着後ただちに休憩させた. この間, 多少の心搏数の減少がみられたが, なおも地上での休憩開始時より高水準であった.

被検者 N.A. の成績では, 休憩開始時点の心搏増加水準は, 塔上も地上も同じで, 時間とともに休憩効果による急激な減少が, ほぼ同じような経過でみられ, 4分後に至って, 地上での水準が塔上のそれを下まわった. しかし, この例は観察時間がわずかに5分間にすぎず, 明確な差異を指摘できるには至っていないと考えられる.

C.T. については, 休憩開始時の水準差が, 時間とともにわずかずつ狭まらいつつ, ともに急激に下向曲線を描き, 10分後に, 地上での休憩効果は, 心搏数を安静時のそれに回復させているが, 塔上ではいまだに約10%の増加水準にある. このことから, 塔上ではいくぶんかの高所に由来する緊張の影響がうかがえるようであるが, もともと休憩開始時において塔上例の心搏増加水準が高かったための酸素債の影響が, いつまで続いているかが判然としないことから, 早急な結論は出しえないと考えられる. したがって, この例においても, もっと長時間にわたる観察が必要ではなかったかと考えられる. しかし, 組立て作業の最中という制約の中で, 満足したとらえ方はできなかったが, この課題については, 今後さらに検討を加え, 明らかにしたいと考えている.

最後に, このような現場作業の実態をつかむ方法として, ハートレートテレメーターはその片鱗をとらえる手

段として、有効であると考えらる。

V. 結 論

われわれは、鉄塔組立作業に関する一連の労働衛生学的調査を行なってきたが、今回は自動エレベーターを利用した場合の、作業時の心搏数の変化に与える影響と、高所由来の持続的精神緊張による心搏の状態について観察し、次の結論を得た。

1) 自動エレベーターを利用した場合、従来のステップボルトにくらべ、鉄塔昇降時の心搏数の増加を著しくおさえることができ、作業者の労働負荷を著しく軽減する。

2) このような作業に自動エレベーターを使用した試みは、安全管理上高く評価される。今後この種の作業にはぜひ自動エレベーターの導入を考慮すべきである。

3) 地上 65 m の高所での、高所由来と考えられる持続的精神緊張による心搏変動について観察を試みたが、今後の検討が必要である。

稿をおえるにあたり、本調査にご協力いただいた、古河金属白土清実氏、古河電工福田昌之氏、古河電設竹村東虎氏、および種々ご便宜をはかっていたいただいた東京電力安全担当諸氏のご厚情に対しまして深謝いたします。

文 献

- 1) 労働省労働基準局：安全の指標，99—111，中央労働災害防止協会，東京，1973。
- 2) 近藤英一郎：安全と人間関係，安全，23(6)：45—50，1972。
- 3) 井上威恭：安全管理技術の体系化，安全，23(12)：6—11，1972。
- 4) 岩谷不二男：安全管理技術の体系化，組織面からみた体系化，安全，23(12)：12—16，1972。
- 5) 市村昭二：人間要因を重視せよ，安全，23(10)：6—7，1972。
- 6) 森川利彦：災害発生者の身体条件の分析，安全，23(4)：21—23，1972。
- 7) 等々力達也，白土清実：高所作業者の健康診断，労働衛生，11：20—24，1970。
- 8) 労働省：死傷災害の事故の型および起因物分類，安全，23(7)：58—63，1972。
- 9) 房村信雄：本質安全化による不安全状態の解消，安全，23(9)：6—7，1972。
- 10) 野原石松：災害ポテンシャルの排除，安全，24(6)：10—13，1973。
- 11) 住谷自省：原因分析の考え方，安全，23(4)：8—12，1972。
- 12) 森清善行：注意と行動，安全，24(8)：8—11，1973。
- 13) 安倍北夫：災害の心理，安全，24(8)：21—25，1973。
- 14) 三和鉄軌：SVE-170 型説明書，1—5，東京，1972。
- 15) 三和テッキ：自走式鉄塔昇降機説明書，1—13，東京，1973。