

# 도시철도 건설종사자의 맥파 스트레스 지수와 작업능력 지수 분석

채정식\* · 이종빈\*\* · 장성록\*\*\*†

## Analysis of Macpa Stress Index and Work Ability Index on Subway Construction Workers

Joung Sik Chae\* · Jong bin Lee\*\* · Seong Rok Chang\*\*\*†

### †Corresponding Author

Seong Rok Chang

Tel : +82-51-629-6468

E-mail : srchang@pknu.ac.kr

Received : March 8, 2022

Revised : May 6, 2022

Accepted : July 30, 2022

**Abstract** : Metro subway construction is a field that requires a great deal of professional manpower. The aging of professionals has a negative impact on both productivity and health, owing to poor working environments, heavy lifting, underground work, and other factors. To address this issue, the government is progressively revising and enforcing health management law and regulation in the construction industry. Thus, the job stress and work ability of many professional subway construction workers, who are rapidly aging, are being analyzed to ensure their safety and improve their health. In this study, the Macpa stress index of Busan Metro Subway construction workers from Sasang to Hadan line was measured by using a Macpa measurement machine, and a work ability survey was conducted by using the questionnaire that was developed by the FIOH. The independent variables were age, years of service, job position, employment type, and occupation. While, the dependent variables were the Macpa stress index and work ability. The Kruskal-Wallis test was used because it was difficult to assume that the statistics of this study represented a normal distribution. The results showed that age, job position, and employment type affected Macpa stress index and revealed that as the age of the workers increased, their stress levels increased as well. Additionally, job position and employment type affected the work ability of the metro subway construction workers. In terms of job position, the technical engineers were under a lot of stress, and whereas the managers had the best work ability. The technical engineers were more stressed than the other workers because of a poor working environment. In terms of employment type, daily workers were under more stress and lower work ability than others.

**Key Words** : macpa stress index, work ability, urban subway construction

Copyright©2022 by The Korean Society of Safety All right reserved.

## 1. 서론

도시철도 건설공사는 많은 전문 인력을 필요로 하는 분야이며 전문 인력의 고령화는 건강상의 문제, 업무조건의 저하 그리고 중량물 작업과 지하 작업 등으로 인한 건강문제 뿐만 아니라 생산성에도 좋지 않은 영향을 미치고 있는 실정이다. 이에 따라 많은 전문 인력을 필요로 함과 동시에 고령화가 급속히 진행되

고 있는 도시철도 건설업 종사자들의 안전 확보와 건강 증진을 위하여 종사자들의 직무스트레스 및 작업능력에 대한 관리를 선제적으로 대처하고 있다. 이에 사업장에서는 종사자를 대상으로 간단한 측정을 통한 직무 스트레스와 작업능력을 측정하는 방안의 도입이 필요한 상황이다. 선행연구에서는 맥파 측정을 통한 도시철도 건설종사자의 맥파 스트레스 지수와 한국인 직무스트레스 지수와의 상관관계를 밝혔다<sup>1)</sup>. 즉, 사업

\*부경대학교 안전공학과 박사과정 (Department of Safety Engineering, Pukyong National University)

\*\*부경대학교 방재연구소 선임연구원(The Protection Research Center, Pukyong National University)

\*\*\*부경대학교 안전공학과 교수 (Department of Safety Engineering, Pukyong National University)

장에서 맥파 측정을 통해서 종사자들의 직무스트레스 정도를 파악할 수 있다는 것이다. 또한 직무스트레스는 작업능력에 영향을 미치는 것으로 선행연구에서 밝혀졌다<sup>2)</sup>.

본 연구에서는 부산도시철도 사상~하단선 건설종사자를 대상으로 맥파 측정기를 사용하여 맥파 스트레스 지수를 측정하고, 이와 동시에 작업능력 설문을 실시하여 이들의 상관관계를 확인하였다. 이러한 분석결과를 통해 도시철도 건설종사자의 작업능력에 영향을 주는 요인을 파악하여 도시철도 건설종사자의 스트레스를 낮추고, 작업능력을 높일 수 있는 관리방안을 도출하는 기초자료로 활용하고자 한다.

## 2. 연구대상 및 방법

### 2.1 연구대상

본 연구에서는 부산도시철도 사상~하단선 건설종사자 227명을 대상으로 맥파 스트레스 지수를 측정하고, 작업능력 지수 평가 설문을 실시하였다. 인구통계학적으로 분류하면 Table 1과 같다.

연구 대상자의 연령은 20~69세, 평균연령은 55세(표준편차 ± 9) 인 것으로 나타났다. 연령대별 분포는

Table 1. Demographic distribution of subjects

Classification		N
Age	45 lower	26
	46~55	70
	56~64	111
	65 higher	20
	mean (±std. dev)	55 (±9)
Year of service	5 lower	35
	6~10	49
	11~15	38
	16~20	47
	21 higher	58
	mean (±std. dev)	16 (±9)
Gender	man	215
	woman	112
Employment type	days worker	195
	etc	32
Working type	civil worker	21
	temporary worker	18
	tunnel worker	44
	waterproof worker	8
	structure worker	112
	etc	24

56~65세에서 전체 대상자의 48.9%로 가장 많았고, 근속년수 21년 이상에서 26%, 남성이 95%, 고용형태에서는 일용직이 86%로 가장 높게 분포된 것으로 나타났다.

### 2.2 연구방법

맥파 스트레스 지수 측정 및 작업능력 지수 설문은 자발적 참여자를 대상으로 2021년 02월 23일부터 05월 22일까지 이루어졌다. 측정 참여자는 측정 1시간 전부터 음주, 흡연, 음식물 섭취를 제한하였다. 맥파 스트레스 지수를 측정하기 위하여 10분 동안 안정을 취하고 측정기를 왼손 검지에 장치시켜 2분 50초 간 측정하였다. 측정 횟수는 3회 측정 평균값으로 하였다. 이후 작업능력 지수 설문을 수행하였다. 작업능력 설문지에는 설문결과는 학술적으로만 사용함을 설문지에 표기하였으며, 작성 전에 작성방법 및 학술적으로만 사용함을 설명하였다.

맥파 스트레스 지수를 측정하기 위하여 한국과학기술연구원 벤처재단 (주)바이오센스 크리에이티브에서 개발한 유비오맥파(uBioMacpa) 측정기가 사용되었다. 맥파는 말초 세동맥에 전달된 혈관 용적변동을 파형으로 표현한 것으로 맥파의 측정은 유럽 심장학회와 북미 심조율 전기생리학회의 심박동 변이(HRV-Heart Rate Variability) 신호의 분석방법과 표준 가이드라인<sup>3)</sup>을 근거로 하였다. 또한, 맥파 신호 분석을 이용하여 혈관건강 및 스트레스 검사에 이용할 수 있는 것으로 알려져 있으며<sup>4)</sup>, 본 연구에서 사용된 맥파 측정기에서 측정된 맥파 스트레스 지수는 맥박다양성의 수치, 심박분포, 자율신경균형도, 상세분석의 각 항목의 값을 종합하여 수치로 표현한 것이다<sup>5)</sup>.

즉, 맥파 스트레스 지수 25%이하는 스트레스가 거의 없는 상태, 25~35%는 일시적인 스트레스 상태, 35~45%는 초기 스트레스 상태, 45~60%는 스트레스 내성이 약해지기 시작하는 시기, 60% 이상은 만성 스트레스로 진행되는 상태로 평가하였다.

작업능력 평가는 1998년 FIOH(Finnish Institute of Occupational Health)에서 개발한 WAI(Work Ability Index)를 사용하였다<sup>6)</sup>. WAI 설문 문항 중 ‘병원에서 진단받은 질병의 개수’를 묻는 문항은 삭제하였는데, 이는 정확한 응답 결과를 기대하기 어렵고 질병의 범위가 모호한 부분이 존재하기 때문이다. 하지만 이 문항 외에 ‘질병으로 인해 업무에 어느 정도 지장이 있는지’를 묻는 문항이 별도로 제시되기 때문에 질병의 개수를 묻는 문항을 삭제 하더라도 질병으로 인한 작업수행 지장 여부 정도를 판단할 수 있다. 다만, 기존 문항을 삭제함으로써 결과의 총점은 차이가 발생하는데 본 조사

Table 2. Distribution by dimension of WAI

Dimension	Item	Number of questions	Scoring of the responses
WAI 1	Current work ability compared with the lifetime best	1	0~10 point
WAI 2	Work ability in relation to the demands of the job	2	2~10 point
WAI 3	Estimated work impairment due to diseases	1	1~6 point
WAI 4	Sick leave during the past year (12 months)	1	1~5 point
WAI 5	Own prognosis of work ability one years from now	1	1, 4 or 7 point
WAI 6	Mental resources (note: item 6 refers to the work's life in general, both at work and during leisure time)	3	1~4 point
Total			7~42 point

결과의 총 배점은 7 ~ 42점으로 산출하였다<sup>7)</sup>. 작업능력을 총 6개의 차원으로 나누고 각 차원마다 배정된 점수가 서로 다른 내용을 담고 있으며 설문 응답의 결과에 따라 작업능력 차원별 배점은 Table 2와 같다.

차원별 배점은 WAI 2를 제외하면 원칙적으로 비가중 합산치를 합산하는 방법으로 계산하였다. 예외인 WAI 2는 작업에 필요한 육체적, 심리적 부담 대비 현재의 작업능력을 측정하는 차원이다. 여기에 2개의 설문이 있는데 각각의 설문에 대해 응답자의 직무 종류에 따라 가중치를 달리하였다. 예를 들면 주로 육체적 노동을 하는 근로자가 첫 번째 설문에서 체크한 점수는 1.5의 부여하고, 심리적 부담에 대한 두 번째 설문에 대한 응답에는 0.5의 가중치를 부여하였다. 그리고 주로 정신노동을 담당하는 근로자의 경우에는 그 반대로 가중치를 부여하였다. 반면에 육체노동과 정신노동을 똑 같이 수행하는 근로자(예: 운전기사, 돌봄직업 등)는 가중치를 부여하지 않았다. 각각 1점을 배정한 두 개의 설문에 대한 응답치에 가중치를 산정해서 이를 합산하기 때문에 WAI 2의 총 배점은 다른 차원과 달리 최저 2점부터 10점까지 배점되어 있다<sup>7)</sup>. 설문결과로 나타나는 WAI 점수별 작업능력 수준 및 대응조치는 Table 2와 같이 최소 7점에서 최대 42점까지 분포한다. 통계분석은 SPSS 12.0K 통계프로그램을 사용하였다. 상관관계 분석은 Spearman correlation 통계분석법을 사용하였다.

### 3. 연구결과

#### 3.1 맥파 스트레스 지수 측정 결과

맥파 스트레스 지수를 분석한 결과는 Fig. 1과 같다.

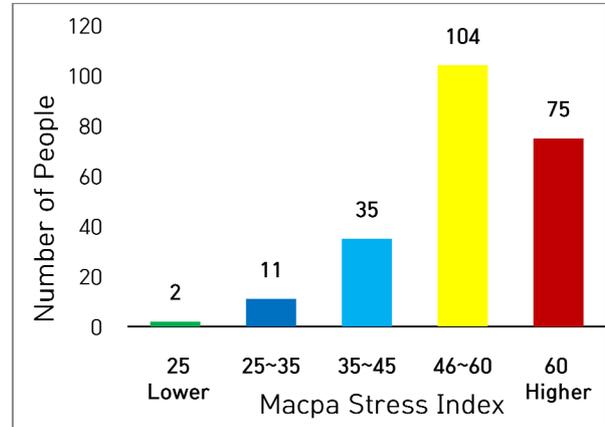


Fig. 1. Analysis of Macpa stress index.

맥파 스트레스 지수를 분석한 결과는 45~60이하에 104명(46%)으로 가장 많은 인원이 분포되어 있고, 다음으로 60이상에 75명(33%), 35~45이하에 35명(15%), 26~35이하에 11명(5%)이며, 25이하에 2명(1%)으로 가장 적은 인원이 분포되어 있는 것으로 나타났다. 맥파 스트레스 지수 평가 기준에 따르면 이 결과는 맥파 스트레스 지수가 45~60 일 경우 일시적인 스트레스가 반복적으로 쌓이며 스트레스 내성이 약해지기 시작하는 수준에 해당하며, 60 이상인 경우에는 만성 스트레스로 진행되는 상태인 것으로 평가된다. 따라서 이 결과는 연구 대상자의 79%(179명)가 일시적인 스트레스가 반복적으로 쌓이며 스트레스 내성이 약해지기 시작하고, 만성 스트레스로 진행되는 상태인 것으로 분석되었다. 즉, 도시철도 건설 종사자의 스트레스 수준이 매우 높은 것을 알 수 있다.

#### 3.2 작업능력 지수 측정결과

작업능력 지수 분석한 결과는 Fig. 2와 같다.

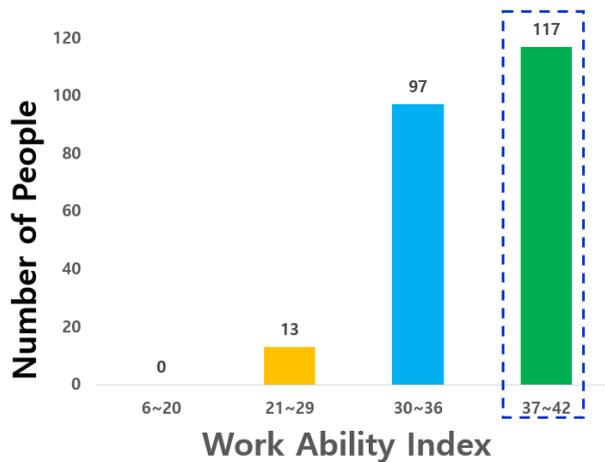


Fig. 2. Analysis of work ability index.

분석 결과 Excellent가 가장 많은 117명(52%), Good 97명(42%), Moderate 13명(6%), Poor 0명(0%)이 분포하는 것으로 나타났다. 이 결과는 2014년에 수행된 선행 연구에서 Excellent 43%, Good 36%, Moderate 17%, Poor 4%인 결과보다 작업능력지수가 높은 것으로 나타났다<sup>8)</sup>. 이는 2018년 근로기준법 개정으로 주 52시간 근로시간을 적용하여 07시 출근하고 16시에 퇴근함으로써 작업시간 단축 영향으로 작업능력은 향상 된 것으로 사료된다. 맥파 스트레스 지수와 작업능력 지수의 상관관계를 분석하였으나 두 지수간의 상관관계( $r = -0.038$ )는 통계적으로 유의하지 않은 것으로 나타났다.

### 3.3 연령에 따른 맥파 스트레스 지수 및 작업능력 지수 분석 결과

연구대상 근로자의 연령대를 구분하여 맥파 스트레스 지수와 작업능력 지수를 분석한 결과는 Table 3과 같다.

맥파 스트레스 지수는 95% 신뢰수준에서 연령에 따라 통계적으로 유의한 차이가 있는 것으로 분석되었다( $p = 0.002 < 0.05$ ). 65세 이상의 연령에서 맥파 스트레스 지수가 가장 높은 것으로 나타났으며, 46세~54세, 56~64세가 근소한 수치로 그 뒤를 이었다. 또한 45세 이하의 연령에서 맥파 스트레스 지수가 가장 낮은 것으로 분석되었다. 그러나, 작업능력 지수는 연령에 따라 유의한 차이를 보이지 않았다( $p = 0.2010 > 0.05$ ).

Table 3. Analysis of Macpa stress index and work ability index by age

Age	Number of people	Macpa stress index		Work ability index	
		Median	Mean	Median	Mean
45 younger	26	45	72.73	36.83	123.67
46-54	70	58	117.25	37.33	124.69
56-64	111	57	116.44	36.50	110.68
65 older	20	61	142.75	35.33	94.06
p-value		0.002		0.2010	

### 3.4 직책에 따른 맥파 스트레스 지수 및 작업능력 지수 분석 결과

직책에 따른 맥파 스트레스 지수와 작업능력지수를 분석한 결과는 Table 4와 같다.

맥파 스트레스 지수는 관리자부터 보통인부까지 직책에 따라 95% 신뢰수준에서 통계적으로 유의한 차이가 있는 것으로 분석되었다( $p = 0.015 < 0.05$ ). 그 중에서 연구 대상자의 62%인 기능공이 맥파 스트레스 지수가 가장 높게 나타났다. 분석 결과의 평균에서 맥파

Table 4. Analysis of Macpa stress index and work ability index by job position

Job position	Number of people	Macpa stress index		Work ability index	
		Median	Mean	Median	Mean
Manager	23	56.00	103.28	39.50	154.07
Skilled worker	141	59.00	124.72	36.67	116.72
Machine operator	26	52.00	89.92	36.08	113.15
Ordinary worker	37	51.50	96.74	34.17	79.31
p-value		0.015		0.0003	

스트레스 지수는 건설기계운전원이 가장 작게 받는 것으로 나타났다. 작업능력 지수는 95% 신뢰수준에서 통계적으로 유의한 차이가 있는 것으로 분석되었으며, 관리자가 가장 높고, 보통인부가 가장 낮은 것으로 분석 되었다( $p = 0.0003 < 0.05$ ).

### 3.5 고용형태에 따른 맥파 스트레스 지수 및 작업능력 지수 분석 결과

고용형태에 따른 맥파 스트레스 지수와 작업능력 지수를 분석한 결과는 Table 5과 같다.

고용형태에 따른 맥파 스트레스 지수와 작업능력 지수는 95% 신뢰수준에서 통계적으로 유의한 차이가 있는 것으로 분석되었다(맥파 스트레스 지수  $p = 0.035 < 0.05$ , 작업능력 지수  $p = 0.0094 < 0.05$ ). 맥파 스트레스 지수는 일용직이 높게 나타났고, 작업 능력 지수는 일용직을 제외한 그 외 고용형태에서 높게 나타났다.

Table 5. Analysis of Macpa stress index and work ability index by employment type

Employment type	Number of people	Macpa stress index		Work ability index	
		Median	Mean	Median	Mean
Daily worker	195	58.00	117.72	36.00	109.05
Others	32	50.50	91.31	40.00	144.16
p-value		0.035		0.0094	

## 4. 고찰 및 결론

본 연구에서 실시한 맥파 스트레스 지수 측정 및 작업능력 지수 설문 결과를 토대로 결론을 요약하면 다음과 같다.

1) 연령, 직책, 고용 형태는 맥파 스트레스 지수에 영향을 미치는 것으로 분석되었고, 작업능력에 영향을 미치는 요인은 직책과 고용형태로 분석되었다. 2) 도시철도 건설종사자의 맥파 스트레스 지수 분포는 45~59% 104명, 60%이상 33명으로, 맥파 스트레스 지수 45%이

상이 전체 연구 대상자의 79%를 차지하여 내성이 약해지면 질병형 스트레스로 진행될 수 있는 것으로 평가되었다. 이는 맥파 스트레스 지수 결과를 참고로 전문의의 진료를 받아 스트레스를 관리해야 할 것으로 사료된다. 3) 직책별 분석에 따르면 기능공이 스트레스를 가장 많이 받는 것으로 나타났으며, 작업능력은 관리자가 가장 높고, 보통인부가 가장 낮은 것으로 분석되었다. 이는 도시철도 건설 작업은 지하에서 이루어져 열악한 환경에서 작업하는 기능공이 다른 직책의 종사자보다 스트레스가 가중되는 것으로 사료된다. 기능공에 대하여 정기적인 맥파 스트레스 지수 측정을 통한 추적관리 통하여 스트레스를 저감시키는 방안을 도입하여 작업능력 증대를 기대 할 수 있을 것으로 사료된다. 4) 고용형태에 따른 분석 결과 일용직이 스트레스를 많이 받는 것으로 나타났다. 연구 대상자 227명의 86%인 195명이 일용직으로 고용 불안 해소를 위한 일정 기간 근속 근로자에 대하여 상용직 전환의 대책도 필요할 것으로 사료된다.

### References

- 1) J. S. Chae, Y. J. Lee, & S. R. Chang, “Analysis of the Relationship between Heart Rate Variability Stress and Korean Job Stress Level – Focusing on Subway Construction Workers”, *J. Korean Soc. Saf.*, Vol. 37, No. 1, pp.64-69, 2022.
- 2) Y. J. Lee and S. R. Chang, “Relationship between Job Stress and Work Ability”, *J. Korean Soc. Saf.*, Vol. 27, No. 3, pp. 125-130, 2012.
- 3) A. Camm, M. Malik, J. Bigger, G. Breithardt, S. Cerutti and R. Cohen, “Heart Rate Variability: Standards of Measurement, Physiological Interpretation, and Clinical Use”, *Task Force of European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology*, Vol. 93, pp. 1043-1065, 1996.
- 4) M. R. Ryuk, “Effect of Duty and Psychosocial Stress in Driver on Stress ring of Iris and Autonomic Nervous System.”, Dept of Beauty & Health Care, Master Thesis, Graduate School, Daejeon University, pp. 49-54, 2017.
- 5) Patent Number 10-0954817, “System and Method for Testing Blood Vessel’s Health and Stress through Signal Analysis of Pulse Wave”, Korea Intellectual Property Office, 2010.
- 6) K. Tuomi, J. Ilmarinen, A. Jahkola, L. Kataja-rinne and A. Tulkki, “Work Ability Index”, 2nd ed. Finnish Institute of Occupational Health, Helsinki, 1998.
- 7) K. H. Kim, M. K. Lee, K. Y. Kim and D. Y. Jung, “Analysis of Differences by Occupation and Age in Workers Work Ability - Focusing on Office Workers”, Ministry of Employment and Labor, Research Report, pp. 50-52, 2014.
- 8) J. S. Chae, “A Study on the Work Ability and Job Stress in City Railway Construction Works”, Department of Safety Engineering, Master Thesis, Graduate School, Pukyong National University, 2014.