

VI-19

大深度ケーソン工事での蓄積的疲労徴候調査

(株)白石 技術本部 開発技術部

正会員 石井通夫

(株)白石 東京 支店

小田章治・中西哲也

日本道路公団 伊勢湾岸道路工事事務所 正会員 長井 正・正会員 広瀬 剛

(株)鴻池組 名古屋支店

福本修三・大平正美

東京医科歯科大学 医学部

眞野喜洋

1. まえがき

従来、ニューマチックケーソン（以下、ケーソンと呼ぶ）工事に従事する作業者は、劣悪な環境で過酷な労働を強いられているというイメージがあった。しかし近年、掘削・排土作業を大気圧下からの遠隔操作や自動運転で行う無人ケーソン工法が実用化され、高気圧作業は掘削機械などの維持・修理などに限定されてきている。そこでは窒素や酸素が多く含まれる高圧空気呼吸をしているので、高気圧障害発生率が大きくなる可能性があると言われている。作業気圧が3.0kgf/cm²を超える高気圧下において高圧空気呼吸の代わりに函内作業者の安全を保てる深海潜水技術を応用したヘリウム混合ガス呼吸システム（以下、Heシステムと呼ぶ）を掘削機械などの維持・修理などに併用した「大深度ニューマチックケーソン工法」が実用化され、一概にケーソン作業が過酷な労働とは言えなくなっていると考えられる。このことを実証するため、名港西大橋（下部工）東工事で採用された上記工法に従事する作業者を対象に、財団法人 労働科学研究所が考案した「蓄積的疲労徴候インデックス（CFSI）調査を実施したので、その結果を報告する。

2. 調査・分析方法

調査は1995年5月～10月の6ヶ月間、毎月1回 CFSI(Cumulative Fatigue Symptoms Index：蓄積的疲労兆候インデックス) 調査票に記入させる方法とした。また、調査対象者を、地上で呼吸ガスの供給やヘリウムロックの加減圧等を行う管制員、ロックテンダー等の「函外作業群（OGと略称）」とケーソン内で高気圧作業を行う「函内作業群（IGと略称）」とに分類した。CFSI調査票は労働者の心身の症状や、職場・生活の様子などに関する74の質問からなる。これらの質問は、一定時点での症状ではなく、何日間か停滞している症状・状態、または時々感じる心身の違和感について問うもので、表-1に示す3負荷領域と8特性の区分に分類されている。回答結果の分析は、5月から10月にかけての、各調査時点の特性別訴え率を下式により算出してその変化をグラフ化し（図-1）、Heシステム使用前後の両群を比較すること（図-2）で行う。

$$\text{特性別訴え率（\%）} = \frac{\text{当該特性における訴え総数}}{\text{各特性の項目数} \times \text{対象人数}} \times 100$$

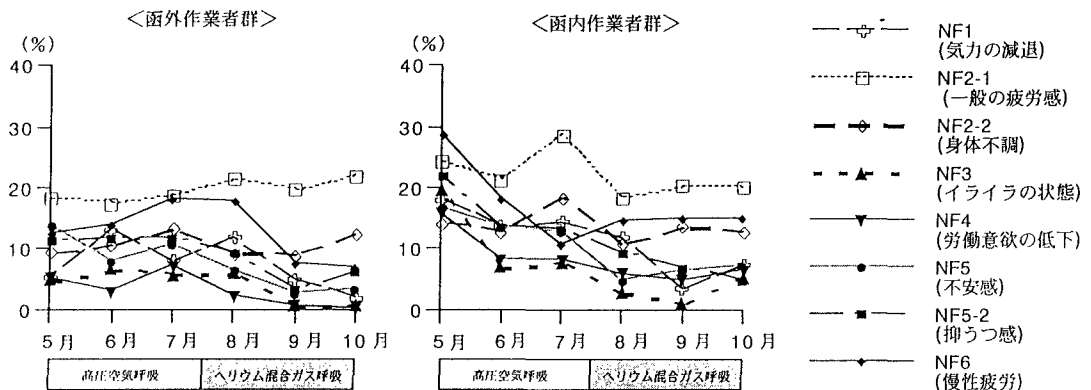


図-1 8特性の訴え率の変化

表-1 CFSIにおける負荷領域と特性の区分		
負荷領域区分	記号	特性区分：○内は質問数
身体的側面の負荷	NF 2-1	一般的疲労感(10)
	NF 2-2	身体不調(7)
	NF 6	慢性疲労(8)
精神的側面の負荷	NF 1	気力の減退(9)
	NF 5-1	不安感(11)
	NF 5-2	抑うつ感(9)
社会的側面の負荷	NF 3	イライラの状態(7)
	NF 4	労働意欲の低下(13)

基準パターン

Heシステム：函内

高圧空気呼吸：函内

函外：5～10月

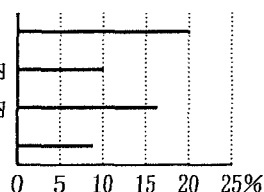


図-2 Heシステム使用前後の平均訴え率比較

3. 調査結果：調査結果の概要を表-2に示す。

表-2 調査結果の概要		O G (函 外)	I G (函 内)
年齢層：○内は平均		18～62歳(40.9)	21～63歳(38.9)
特性別訴え率の比較		訴え率が低い	訴え率が高い
訴え率基準パターンとの比較		全て下回っている。	5月以外は下回っている。
身体的訴え		他の訴えに比べ高く、総体的に変化はない。	他の訴えに比べ高く、減少傾向が見える。OG群より変化率が大。
精神的訴え：Heシステム使用前 同上使用後		IG群より低値	OG群より高値 OG群のレベルまで減少：変化率が大
社会的訴え：5～7月 ：8～10月			OG群より高値 8月に減少。NF3(イライラ)：OG群より下
総合的訴え：Heシステム使用後			OG群レベルまで減少：有意差を認む

注-1) 作業気圧は5月には2.4kgf/cm²、7月には3.0kgf/cm²となり、3.0kgf/cm²を超えた8月からHeシステムを使用し、9月末には最大3.7kgf/cm²に至った。

4. 考察 注-2) 基準パターン：1983年に調査された電機関連製造業で働く男女11,897名のデータ分析結果に基づく値

Heシステムの使用による窒素酔いの予防、呼吸気道抵抗の減少や酸素分圧の増大による疲労減少等がIG群に作用して、空気呼吸時に比べて特性別訴え率は減少することを調査前に予測した。結果をみると、OG群の身体的訴え率が5～10月ではほとんど無変化に対し、IG群は有意差はないものの7月から8月にかけて減少傾向にある。この時期は空気呼吸からHeシステムに移行した時期であり、その後作業気圧が増大しているにもかかわらず、これがほぼ一定値を保っていることから、上記の予測を実証したものと考えられる。

工事開始時にはHeシステムにおけるIGの疲労要因として、エアライン・マスクによる行動の制限、呼吸マスク装着による視野の狭小や通話の困難さ等を挙げ、また世界初のHeシステムの使用に対する不安や緊張感等が加わり、イライラや気力減退等の精神的・社会的負荷を増大させる危険性を危惧した。結果は、精神的訴え率は大きく減少しており、Heシステム使用前後で上記危惧を排除した結果と考えられる有意差を認めた。これは、工事前の講習会で作業員への教育・内容熟知が確実に行われたことと、また受講者が提案する設備・装備への改良意見を可能な限り反映して工事に臨んだことに対する作業員から我々への信頼性が与えた結果と考える。

社会的訴え率は、全期間を通して低値で減少傾向であった。IGの特性別訴え率はOGを上回っているが、基準パターンと比べると工程上特別に激しい函内作業を要した5月を除いてほぼ下回っていた。このことは、上述の事前の講習会等で十分にIGおよびOGへの健康・安全管理体制が確立していたためと考える。8月から9月にかけてIGの精神的・社会的訴え率が大きく減少した。この理由は、作業に全員が慣れ、新技術使用への不安解消も影響している。函外作業は管制員を除いて炎天下で、かつ鉄筋などの鋼材が熱せられた中で行うため外気温の影響からくる精神的負荷が大きいが、9月に入り外気温の低下に従い負荷が軽減されたことも訴え率減少の要因に挙げられる。現場は風通しのよい埠頭先端でもある。

5. 結論：①作業員全員に対する健康・安全管理（事前の教育・訓練も含めたもの）を官民連携して確実に実行したこと、それが作業員全員の安全意識向上を誘発し、Heシステム使用時の減圧症発症件数を0に抑える実績になった。以上から、作業環境の徹底した安全衛生管理とHeシステム使用が、身体的・精神的・社会的な負荷を減少させると結論する。これが今後の各種大深度地下開発事業計画推進の一支援策になる。
- ②正しい安全衛生管理体制の下では、ケーソン作業は従来言われている過酷な作業と言う評価を返上し、むしろ労作強度も日本における一般的な作業（基準パターン）より大幅に低位にあることを実証した。現時点でのHeシステム適用範囲は地下水圧70m相当の作業気圧までと公表されている。なお、空気呼吸で作業気圧が3.0kgf/cm²を超えると減圧症発症率は3%以上になるという報告があることを付記しておく。