

Research Report of the Research Institute of
Industrial Safety, RIIS-RR-86, 1986.
UDC 614.8-06 : 624.1 : 681.3 : 65.01

圧気工事に係るセーフティアセスメントに関する 2, 3 の考察
——危険性の評点算出式の係数決定に関する調査と
コンピュータ対話型アセスメント実施システム*——

鈴木芳美** 前 郁夫***

Considerations of the Safety Assessment of Construction
Work under Compressed Air Condition
—Determination of Coefficients in the Formula for Danger Potential and
Development of the Computer Interactive Safety Evaluation System—

by Yoshimi SUZUKI** and Ikuo MAE***

Abstract ; Detailed analysis of labour accidents on the construction sites indicates that one of the major causes responsible for these accidents is inadequate preparation for planning of the execution of construction work. In other words, if necessary measures for safety and health were established in the execution plan and carried out in accordance with it, many of the accidents could have been avoided.

Judging from this point of view, the Ministry of Labour has presented guidelines which give the simple method to evaluate the possible dangers occurring during execution of construction work, and to make sure of the necessary safety measures at the designing or planning stage. This notion is called "Safety assessment of construction work". As one of these guidelines, "Safety assessment of construction work under compressed air condition" was discussed in a committee and was made public in 1985.

Basic concept of this safety assessment is a comprehensive check system for setting up precautions at the stage of work planning prior to the initiation of work. The procedure of this safety assessment is to check the necessary safety measures against all anticipated accidents by predicting potential risks inherent to the site's characteristics of construction work under compressed air condition. This procedure consists of five steps (1st ; Collection of basic data, 2nd ; Check of basic matters, 3rd ; Ranking of potential risks of the anticipated accidents, 4th ; Check of the safety measures against inherent accidents, 5th ; Numerical expression of results of the assessment). In the 3rd step, the simple formula are adopted in order to estimate promptly and briefly the potential risks of accident.

This paper deals with, firstly, outlines of the "Safety assessment of construction work under compressed air condition". (Fig.1~2, Table 1~4)

Secondly, the results and considerations about questionnaires which were executed in order

* 1986 年 7 月 第 16.回安全工学シンポジウムにて一部発表

** 土木建築研究部 (Construction Safety Research Division)

*** 所長 (Director-General)

to determine coefficients in the formula for the danger potential. By these formula, the risk of a potentially serious, or more frequent accident specific to the construction work under compressed air condition in question (referred to as “specific accident” in this paper) is evaluated. This evaluation of the potential risk had to be desirably quantified in a scientific method for assessment. So authors proposed the investigation by questionnaires to technical experts engaging in construction work under compressed air condition. By means of the Delphi method, the results of these questionnaires were adjusted and the coefficients in the formula for danger potential were obtained. (Table 5~9)

Thirdly, this paper presented the outline of “The computer interactive safety evaluation system” substantiated in this study. Taking into account the progress of CAD (computer aided design) or CAM (computer aided management) in the construction industry, the guidelines mentioned above and its procedures are considered to be in need of the computer interactive support. The safety assessment would be effective to prevent labour accidents, if its procedures were combined with these CAM or CAD system in the planning stage or the management stage of execution work. From this point of view, the authors attempt to develop “The computer interactive safety evaluation system” as one of the prototype of sub-program of these systems. By this substantiated program, precautions against the labour accidents will be pointed out systematically and facilely according with site’s characteristics.

The contents of this system consist of four main operation modes in accordance with the steps of the assessment procedures. These modes of operations can be choiced by the menu-screens which were prepared beforehand. The current of operation can be contiuned or finished by selecting the sub-operation modes indicated on the sub-menu-screens which serve according to the datailed procedures of the assessment. The actual operation can be simply executed by inputting one character (alphabetical or numerical) on the menu-screens or the sub-menu-screens. (Fig.3~11)

Keywords ; Construction Work, Safety Assessment, Compressed Air, Delphi Method, Computer Interactive System

1. まえがき

建設工事で発生した労働災害の諸事例を詳細に分析すると、安全管理面や災害防止対策面での不備・欠陥・盲点等が、災害発生になんらかの形で係わっていることが再認識される^{1)~4)}。これらの事例の中には工事実施以前に十分な安全衛生対策についての検討が成されていれば災害発生を防止できたと考えられるものも数多い。

したがって工事着工以前の段階で、工事の危険性に対する問題点の所在を確認すること、危険性の程度を評価し相応の安全対策を実施すること、またそれらの対策の実施状況を把握することなどが必要と考えられる。さらに、災害防止には不可欠なこれらの作業を、一連の手続きとして積極的に行うことも要求されてく

る⁵⁾。

このような観点から、労働省で各種の建設工事セーフティアセメント指針^{6)~9)}が作成されている。これらの指針の目的は、施工計画の段階における災害防止対策の推進と安全衛生対策の実施とに対する意識の向上を図ることにある。

圧気工事セーフティアセメントもそれらの中のひとつとして、学識経験者・実務経験者等 17 名から成る委員会（委員長：丸安隆和東大名誉教授）での審議・検討の結果にもとづき昭和 60 年に作成された。本アセメントは実際には、圧気シールド工事セーフティアセメント指針⁶⁾および圧気ケーソン工事セーフティアセメント指針⁷⁾の 2 つに分別されて同年に公表されている。

この圧気工事セーフティアセメントは後述（第 2

章) するような4つの段階で構成されている。その第3番目の段階では、圧気工事の施工中に発生のおそれのある幾つかの災害(特有災害)についてその危険度を想定するために、簡単な算出式を用いた計算が行われる。その計算結果から、工事途上での各特有災害についての危険度ランクが決められることになっている。

筆者等は、この『危険度ランク付け』の中で用いられる『特有災害の危険性の評点算出式』の中の係数を決定するにあたって、専門技術者に対するアンケート調査とその結果をDelphi法¹⁰⁾を用いて整理する方法とを提案した。また、実際に調査結果の整理・考察をも担当した。

一方、圧気工事セーフティアセスメント指針の公表後、実際にアセスメントを実施するにあたっての実務的な作業を円滑に進めるための具体的な手段・方法について、諸方面からの要望が相次いだ。そこで筆者等は独自に、それらの手段のひとつとして、コンピュータと対話型でアセスメント実施の作業を進めるためのプログラムの開発を試みた。

本報は、圧気工事セーフティアセスメントの中に示

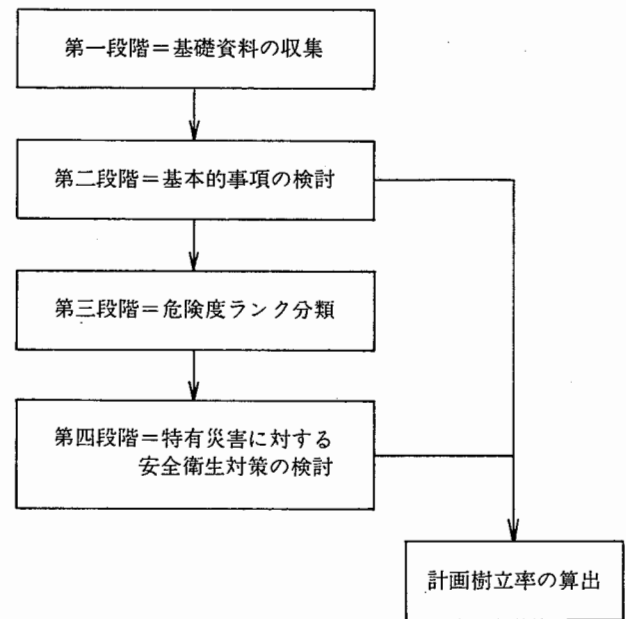


Fig.1 Outline of the safety assessment of construction work under compressed air condition.
圧気工事セーフティアセスメントの構成

Table 1 Safety measures for basic matters (a part)
基本的事項に関する安全衛生対策評価表(一部)

基 本 的 事 項	評 価 内 容												
§ 1 施工管理体制													
(1) 施工管理組織													
① 主任技術者 監理技術者	○圧気ケーソン工事に十分な経験・知識・技術を有する主任技術者又は監理技術者を現場に配置すること。												
② 管理組織規定	○職務内容が明確化された下請事業者を含む管理組織規定を作成すること。												
③ 下請事業者の選定	○下請事業者の選定に当たっては、施工成績、安全衛生成績等を考慮すること。												
(2) 安全衛生管理													
① 安全衛生管理体制	○次に掲げる者を選任すること。												
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>管理者等</th><th>対 象 事 業 場 等</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>総括安全衛生管理者</td><td>常時100人以上の労働者を使用する事業場</td></tr> <tr> <td>安全管理者</td><td>常時50人以上の労働者を使用する事業場</td></tr> <tr> <td>衛生管理者</td><td>常時50人以上の労働者を使用する事業場</td></tr> <tr> <td>産業医</td><td>常時50人以上の労働者を使用する事業場</td></tr> <tr> <td>統括安全衛生責任者</td><td>下請混在の作業が、同一の場所で行われ、下請事業者の労働者を含めて労働者の数が30人</td></tr> </tbody> </table>	管理者等	対 象 事 業 場 等	総括安全衛生管理者	常時100人以上の労働者を使用する事業場	安全管理者	常時50人以上の労働者を使用する事業場	衛生管理者	常時50人以上の労働者を使用する事業場	産業医	常時50人以上の労働者を使用する事業場	統括安全衛生責任者	下請混在の作業が、同一の場所で行われ、下請事業者の労働者を含めて労働者の数が30人
管理者等	対 象 事 業 場 等												
総括安全衛生管理者	常時100人以上の労働者を使用する事業場												
安全管理者	常時50人以上の労働者を使用する事業場												
衛生管理者	常時50人以上の労働者を使用する事業場												
産業医	常時50人以上の労働者を使用する事業場												
統括安全衛生責任者	下請混在の作業が、同一の場所で行われ、下請事業者の労働者を含めて労働者の数が30人												

された『危険度算出式の係数』決定にあたっての調査結果の整理・考案（第3章）と、独自に試作したコンピュータ対話型アセスメント実施システム（第4章）とについて、それらの概要を報告するものである。

2. 圧気工事セーフティアセスメントの構成とアセスメント作業の進め方

圧気工事セーフティアセスメントは、圧気を用いたシールド工事およびケーソン工事に適用され、工事開始以前に工事を施工する事業者が実施することとされている。

本論に入る前に、本アセスメントの構成とアセスメントの作業の進め方とについて、その概略を示しておくことにする。

2.1 圧気工事セーフティアセスメントの構成

アセスメントの作業の進め方としては、具体的には以下に述べる4段階の手続きで構成されている。(Fig. 1)

2.1.1 第1段階（基礎資料の収集）

圧気工事の安全性を評価するために必要な基礎資料の収集と整備を行う。基礎資料の主なものとしては、地形図・地質図・環境調査書・気象調査書等の各種調査成果物、設計図書等請負契約書に関する資料、現場付近及び類似圧気工事の記録、災害情報、労働安全衛生関係法令、各種安全衛生技術指針などがある。

2.1.2 第2段階（基本的事項の検討）

本アセスメントに示される『基本的事項に関する安

Table 2 A portion of the list of items to be checked for each accidents
(Case of pneumatic caisson).

特有災害に見合った安全衛生対策表の検討項目(圧気ケーソン工事の場合、一部)

異常沈下	ガス爆発	火災	酸素欠乏・有毒ガス中毒	高気圧障害
(1) 事前調査 ① 地質等の調査 ② 資料の収集 ③ 周辺状況の調査	(1) 事前調査 ① ボーリング調査 ② 資料の収集 ③ 周辺状況の調査	(1) 火気管理 ① 発火源となるものの持込み禁止 ② 可燃物の貯蔵取扱 ③ 溶接・溶断作業 ④ 電気設備	(1) 事前調査 ① 地質等の調査 ② 資料の収集 ③ 周辺状況の調査	(1) 高気圧業務管理 ① 圧気圧管理 ② 作業時間管理 ③ 環境測定
(2) 沈設作業 ① 沈下関係図 ② 掘削工法 ③ 漏気の観測 ④ 沈下の測定 ⑤ 記録・保存	(2) 可燃性ガスの測定 ① 測定器具 ② 測定方法 ③ 連絡体制 ④ 記録・保存	(2) 高圧室内設備の不燃化	(2) 酸素欠乏空気等の測定 ① 測定器具 ② 測定方法 ③ 連絡体制 ④ 記録・保存	(2) 加圧・減圧管理 ① 加圧・減圧操作 ② 減圧記録
(3) 作業気圧の管理 ① 作業気圧の測定 ② 測定器具 ③ 測定方法 ④ 記録・保存	(3) 可燃性ガス対策 (4) 換気 ① 設備 ② 取扱基準	(3) 警報装置 (4) 消火設備 (5) 緊急時の措置 ① 緊急措置用具 ② 消火・避難訓練 ③ 救護訓練	(3) 酸素欠乏等対策 (4) 換気 ① 設備 ② 取扱基準	(3) 健康管理 ① 健康診断 ② 健康管理基準 ③ 労働負荷条件と作業時間 ④ 休養設備

全衛生対策評価表』(Table 1 にその一部を例示) にもとづいて、評価内容に記された約 300 項目にのぼる事項(基本的な安全衛生対策)について、それらが施工計画に考慮されているかをチェックし、必要な場合は施工計画の変更等の措置を講ずる。

2.1.3 第3段階(危険度のランク付け)

圧気工事の施工中に発生のおそれのある特有災害についてその危険性の評価を行う。

この特有災害には、圧気シールド工事としては、切羽崩壊、噴発、ガス爆発、火災、酸素欠乏・有害ガス中毒、高気圧障害の6災害が、また圧気ケーソン工事としては、異常沈下、ガス爆発、火災、酸素欠乏・有害ガス中毒、高気圧障害の5災害が各々特定されている。

2.1.4 第4段階(特有災害に対する安全衛生対策の検討)

第3段階での評価にもとづき、特有災害に関する危険性に見合った安全衛生対策(Table 2, Table 3 にその一部を例示)を検討し、これが施工計画に考慮されているかを評価する。

2.2 各段階の役割と関連

本アセスメントでは、圧気工事の施工に際して安全衛生を確保するうえでの必要な基本的事項(一般建設工事と共通的な事項を含む)について第2段階で吟味され、考慮すべき対策についての検討が行われる。

実際にはこれらに加えて、工事内容の諸条件によっては、特有災害の防止対策などの点でさらに検討を要する事項が数多く存在する。そこで、これらの事項については第4段階で吟味され、必要な安全衛生対策を補足し災害防止策をより充実させることが検討される。

このため中間の第3段階では、施工される工事に対して、各種の特有災害の発生に伴う危険度のおおよその程度を、『危険度のランク付け』を行うことによって判断評価することを行う。その結果が第4段階での検討の際の手掛かりを与える形になっている。

以上のアセスメントの結果は、第2段階と第4段階とについて、アセスメントの実施時点でどの程度具体的に安全衛生に対する計画が樹立されているかを示す『計画の樹立率』(下式)で評価結果を数値表示するものとされている。この数値表示は、アセスメント実施時点での計画未作成の事項を確実に把握し、その後の施工計画立案・改変等の際に参考にするためのものである。

(計画樹立率)

$$= \frac{(\text{具体的な計画を樹立した項目数}) \times 100}{(\text{計画を樹立しなければならない項目数})} [\%]$$

2.3 特有災害の危険度ランク付け(第3段階)の考え方と作業の進め方

危険度の評価は、本来ならば、一義的にその評価結果が定まるような定量的手段によって行われるものが望ましい。しかし、そのために複雑で面倒な準備や手

Table 3 Safety measures against gas explosion (Case of pneumatic caisson, a part).
圧気ケーソン工事におけるガス爆発災害に関する対策(一部)

検 討 項 目	ラ ン グ I	ラ ン ク II	ラ ン ク III
(1)事前調査 ①ボーリング調査	ボーリング調査を行い地盤からの可燃性ガスの発生量を想定するとともに、ボーリングコアの分析、泥水の分析を行うことにより、可燃性ガスの成分、含有量等について精密な調査を行うこと。	ボーリング調査を行い地盤からの可燃性ガスの発生量の測定を行うこと。また、ボーリングコアの分析、泥水の分析を行うことについて検討すること。	
②資料の収集	周辺における過去の圧気ケーソン工事等における可燃性ガスの発生状況の資料を収集すること。		周辺における過去の圧気ケーソン工事等における可燃性ガスの発生状況の資料を収集することが望ましい。
③周辺状況の調査	施工区域周辺の環境、障害物、施工中の他工事等の調査を行うこと。		
(2)可燃性ガスの測定 ①測定器具	携帯式及び常時測定用の定置式の測定器を併用すること。	携帯式の測定器を備えること。	
	測定器具について点検・整備基準を定めること。		

続きを要するものでは実用性に乏しく、特に危険度のおおよその程度を知れば主たる目的が達成される場合などでは、簡略な方式のもので充分である。一方、すべての圧気工事に対して適用し得るような評価手法は今までには存在しない。

そこで、本アセスメントの場合では、ひとつの考え方として、危険度の評価を専門技術者の総合的な判断に基づいて簡易的・便宜的に決定する方法を考案し、それを危険度評価に採用することとした。

2.3.1 危険度ランク付けの基本的考え方

まず、施工される工事の諸条件を、後述する幾つかの基本的なファクターで代表させて表現することとした。本アセスメントではそれらを基本的工事要素と呼んでいるが、危険度ランク付けの際にはこの基本的工事要素を考慮してランク付けの作業が行われる。

考慮される基本的工事要素としては、圧気シールド工事の場合は、地質・圧気圧・断面の大きさ・延長距離・土被りの深さ・たて抗の深さの6要素が、また圧気ケーソン工事の場合は、地質・圧気圧・沈設深度・作業室面積（容積）の4要素があらかじめ選定された。

つぎに、これらの工事要素に対して、前述の各種の特有災害ごとに、工事条件から決定される素点を与えることとした。ただし、対象となる特有災害によって

は無関係となる工事要素もある。

さらに、各工事要素に与えられた素点を数値として、各特有災害ごとに定められた危険性の評点算出式に代入し、危険性の評点を計算する。この算出式では、あらかじめ、各工事要素の災害に対する影響の度を考慮し、素点に対して重みを与える係数を定めておくものとする。

2.3.2 危険度ランク付けの作業の進め方

したがって、この第3段階で行われる作業の具体的な進め方の概略は以下のとおりとなる。(Fig.2 参照)

① 考慮すべき特有災害を特定する。前述のように本アセスメントでは、圧気シールド工事としては、切

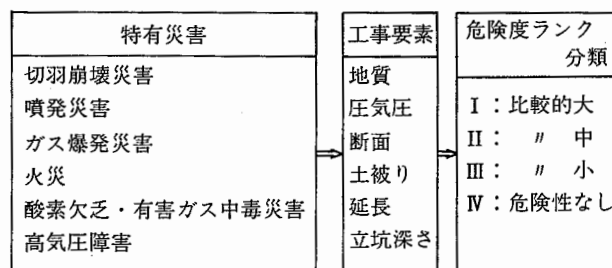


Fig.2 Outline of the 3rd step (Ranking of potential risk) of the assessment.

第3段階（危険度ランク分類）の構成概略

Table 4 Potential risk evaluation of gas explosion (case of pneumatic caisson).

圧気ケーソン工事におけるガス爆発災害に関する危険性の評点算出表

各要素が、下表の「条件」欄のいずれに該当するかにより素点を与え、次式に代入し、ガス爆発に関する危険性の評点を求める。

ガス爆発に関する危険性の評点： $g(p+a)$

要素	条件	素点	備考
地質 (g)	イ 施工区域に可燃性ガスが発生するおそれのある地質が存在する。	2	
	ロ 施工区域に可燃性ガスが発生するおそれのある地質が近接して存在する。	1	
	ハ 可燃性ガスが発生するおそれがない。	0	
圧気圧 (p)	イ 3 kg/cm ² 以上	3	
	ロ 1 kg/cm ² 以上 3 kg/cm ² 未満	2	
	ハ 1 kg/cm ² 未満	1	
作業室 面積 (容積 a)	イ 大 (200m ³ 以上)	1	
	ロ 中 (40m ³ 以上 200m ³ 未満)	2	
	ハ 小 (40m ³ 以上)	3	

ランク分類	ランク I12点～7点 ランク II 6点～4点 ランク III 3点～2点 ランク IV 0点	ランク IVは、ガス爆発に関する危険性がないものとして基本的事項の再確認を行う。
-------	---	--

- 羽崩壊などの 6 災害が、また圧気ケーソン工事としては、異常沈下などの 5 災害が各々特定されている。
- ② 上記の特有災害について、本アセスメントに定められた表（例として、圧気ケーソン工事：ガス爆発災害についての表の一部を Table 4 に示す）にしたがって、考慮すべき工事要素を確認する。
 - ③ 上記の工事要素について、工事計画・工事条件等から、同表に定められている条件区分にしたがって、各要素毎に素点を与える。（Table 4 の例参照）
 - ④ 上記により与えられた素点を、特有災害ごとに定められている『危険性の評点算出式』に代入して『危険性の評点』を求める。（Table 4 の例参照）
 - ⑤ 上記により求めた評点の値により、特有災害ごとに定められているランク分類を示す表を用いて相当する危険度ランクを求める。（Table 4 の例参照）

3. 特有災害の危険性の評点算出式の係数決定

3.1 係数決定の基本的考え方

危険性の評点算出式において問題となるのは、特有災害の危険度に対する各工事要素の重み付けをどのように見積もれば適当であるのかという点である。

これらは災害の種類・工事規模・立地条件等と、アセスメント実施者の考え方などによって左右されるもので、種々の意見・判断があり一概には決定できない。

そこで、本アセスメントでは、この各工事要素の重み付けを、現場経験の豊富な専門技術者に対してアンケート調査を行い、その結果を Delphi 法で整理¹⁰⁾し一般化したものを提案することとした。

3.2 アンケート調査

上記の調査のため、21 名の専門技術者等を対象として、2 回にわたってアンケート調査を行った。調査は、調査主旨を説明のうえ、下記の各項に示すような調査票を用いて行った。

3.2.1 第 1 回アンケート調査

Table 5 に示すような調査用紙を用いて第 1 回アンケート調査を行った。すなわち、各特有災害の危険性を考えた場合に、『圧気圧』要素を 10 としてこの値を基準として、その他の各工事要素には重み付けとしてどのくらいの値を与えるべきであるかの回答の記入を依頼した。

3.2.2 第 1 回調査結果のまとめ

第 1 回アンケート調査から、各特有災害ごとに各工

Table 5 Application form of the first questionnaire.
第 1 回調査用紙の例

下記の各特有災害の危険性を考える場合、『圧気圧』要素を 10 とした時、空欄のその他の各工事要素の重み付けは、どのくらいの値を与えるべきでしょうか？ 各特有災害ごとに記入してください。

工事要素 特有災害種類		地 質 (g)	圧気圧 (p)	断 面 (a)	土被り (h)	延 長 (l)	立坑深さ (d)
圧気 シールド 工事	切 羽 崩 壊		10				
	噴 発		10				
	ガ ス 爆 発		10				
	火 災		10				
	酸素欠乏・ガス中毒		10				
	高 気 圧 障 害		10				

工事要素 特有災害種類		地 質 (g)	圧気圧 (p)	作業室容積 (a)	沈設深度 (d)
圧気 ケーソン 工事	異 常 沈 下		10		
	ガ ス 爆 発		10		
	火 災		10		
	酸素欠乏・ガス中毒		10		
	高 気 圧 障 害		10		

Table 6 An example of the application form of the second questionnaire (Case of shield tunnelling work under compressed air condition: accidents by cave-in of facing)
第2回調査用紙 (圧気シールド：切羽崩壊災害の例)

圧気シールド工事：切羽崩壊災害

結果 工事要素	中央 値	+1/4 位 値	-1/4 位 値	回 答 欄
圧 気 圧	10			
地 質	30	50	20	
断 面	20	30	20	
土 被 り	30	30	10	
延 長	0	0	0	
立坑深さ	0	5	0	

- 第1回目の調査結果は左欄のとおりでした。21名の専門の方々の御回答を頂きました。
- 中央値というのは、回答を頂いた21個の数値を大きい順にならべ変えた時に、11番目(真中)になった数値です。
- +1/4位値というのは、同じく6番目、-1/4位値というのは、16番目の数値です。
- この結果を参考にされて、もう一度『圧気圧=10』とした時の、圧気シールド工事における切羽崩壊災害での各工事要素の重み付けを、おこなってみてください。

Table 7 An example of the results of the questionnaires (Case of shield tunnelling work under compressed air condition: accidents by blow off).
調査経過の例 (圧気シールド：噴発災害)

工事要素		圧気圧 (p)	地 質 (g)	断 面 (a)	土被り (h)	延 長 (l)	立坑深さ (h)
調査回番号		1 2	1 2	1 2	1 2	1 2	1 2
回 答 者 番 号	1	10 10	30 20	5 10	30 20	0 0	0 0
	2		20 20	10 10	30 20	0 0	3 3
	3		20 20	10 10	20 20	0 0	0 0
	4		10 10	5 5	10 10	5 5	0 0
	5		30 30	3 3	30 30	0 0	0 0
	6		30 30	20 20	20 20	0 0	10 10
	7		40 40	20 20	20 20	20 20	0 0
	8		10 10	10 10	10 10	0 0	0 0
	9		7 7	10 10	15 15	0 0	5 5
	10		30 30	20 20	20 20	0 0	0 0
	11		5 20	0 15	5 15	2 0	0 15
	12		8 20	5 15	5 15	5 0	5 15
	13		30 20	20 15	50 15	20 0	0 15
	14		50 20	50 15	80 15	0 0	0 15
	15		50 20	40 15	50 15	0 0	30 15
	16		10 10	10 10	20 20	10 10	10 10
	17		20 20	5 5	20 20	0 0	0 0
	18		20 20	10 10	20 20	0 0	0 0
	19		20 20	10 10	30 30	0 0	0 0
	20		20 20	30 30	10 10	0 0	0 0
	21		40 40	20 20	50 50	0 0	30 30
中 央 値			20 20	10 10	20 20	0 0	0 0
+1／4値			30 20	20 15	30 20	2 0	5 15
-1／4値			10 20	5 10	15 15	0 0	0 0

事要素についての重み付けの回答を大きい順に並べ替えて、各々の中央値・+1/4 位値・-1/4 位値を求めた。

3.2.3 第 2 回アンケート調査

第 2 回アンケート調査には Table 6 に示すような調査用紙を用いた。ここでは、第 1 回アンケートの結果を、各特有災害ごとに工事要素各々についての中央値・+1/4 位値・-1/4 位値の三つの値を参考資料として、回答者に通知し、改めて回答を求めた。

調査の簡略化のため、再考結果に変更のない場合は回答不要とし、また回答者間の何人かのグループによる代表回答も可とした。この場合はグループ内の回答者数を考慮して結果を整理することとした。

3.2.4 第 2 回調査結果のまとめ

第 2 回調査結果についても第 1 回調査結果と同様に、各々の中央値・+1/4 位値・-1/4 位値を求めた。調査経過の例を Table 7 に示す。

各回の調査結果の中央値・+1/4 位値・-1/4 位値を比較し、その変動傾向を検討した。調査経過例からもわかるとおり、第 2 回調査結果で既に中央値の変動は見られず、また多少の例外を除くと+1/4 位置・-1/4 位値についても中央値に収束する傾向が見られた。これからアンケート調査は 2 回で打ち切ることにした。

3.3 調査結果と係数の決定

前項に示したとおり、各特有災害ごとの各工事要素の重み付けについての専門技術者の諸意見が、アンケートを通じて総合・収束した形として数値にまとめられた。最終結果としては、第 2 回調査での中央値を採用することとした (Table 8 参照)。

これらは、各特有災害ごとに各工事要素が災害発生に関して与える影響の大きさの相対的な度合についての専門技術者の総意として示された値と考えて良い。

この数値を簡単な比率に直し、『危険性の評点算出式』に係数として導入することとした。

3.4 最終的な『危険性の評点算出式』

最終的な『危険性の評点算出式』の決定にあたってはさらに、各特有災害ごとに、危険性を支配する本質的な要素 (例えば、ガス爆発災害における『地質』要素など) について検討が加えられた。その結果、アセスメントに示された『危険性の評点算出式』は、前項までに示した各工程要素の重み付けについての調査結果を踏まえたうえで、これら本質的な要素については算出式の中では乗数項となるような設定を施し、最終的なものが提案された。これらをまとめて一覧表として Table 9 に示した。

4. コンピューター対話型アセスメント実施システム

4.1 開発の目的と背景

圧気工事セーフティアセスメントの実施にあたっての実際の作業は、指針に示された内容を各事項に従って順次チェックを進めれば格別の問題はない。

しかし一般的に、建設会社各社では施工計画立案にあたっては独自の方式やノウハウを有しており、安全衛生に関する部分についても例外ではない。したがって現況では、例えばアセスメントの実施結果の表示などでは、各社独自の結果表示シートを作成し、施工計画との整合性を図るなどの独自の工夫もされている。

また一方、現在では、資材管理・計測監視等を初めとする工程管理や計画作成業務などの分野で、CAD 化・CAM 化が大きな進展を見せている。現場事業所の OA 化や工事現場と本社・支店とのオンライン化が実現し

Table 8 Each coefficient in the formula (Shield tunnelling work under compressed air condition).
係数の重み付け比較一覧 (圧気シールドの例)

工事要素 特有災害種類	圧気圧 (p)	地 質 (g)	断 面 (a)	土被り (h)	延 長 (l)	立坑深さ (d)
切 羽 崩 壊	10	30	20	30	0	0
噴 噴	10	20	10	20	0	0
ガ ス 爆 発	10	30	10	0	10	0
火 災	10	0	5	0	10	5
酸素欠乏・ガス中毒	10	30	10	0	10	5
高 気 圧 障 害	10	0	0	0	0	0

Table 9 Final proposed formula for the potential risk of anticipated accidents.
特有災害の危険性の評点算出式（最終的に提案されたもの）一覧

特有災害種類	圧気シールド工事	圧気ケーソン工事
切 羽 崩 壊	$3g + p + 2a + 3h$	—
噴 発	$2g + p + a + 2h$	—
ガ ス 爆 発	$g(p + a + 1)$	$g(p + a)$
火 災	$2p + a + 21 + d$	$2p + a + d$
酸素欠乏・ガス中毒	$g(2p + 2a + 21 + d)$	$g(p + a + d)$
高 気 圧 障 害	p	p
異 常 沈 下	—	$2g + p$
記 号	g : 地 質 p : 圧気圧 a : 断 面 l : 延 長 h : 土被り d : たて坑深さ	g : 地 質 p : 圧気圧 a : 作業室面積（容積） d : 沈設深さ

ている例もめずらしくはない。

このような状況にあつては、工事計画の立案作成などに際して各社各様の方式の下でセーフティアセスメントの作業を含めて、コンピュータを利用する環境が大なり小なり整っていると考えられる。

このような諸状況を踏まえて、ここでは実際のセーフティアセスメント実施作業を想定したコンピュータ対話型プログラムを試作し参考にするものとした。

4.2 本プログラム作成にあつての基本的考え方

本プログラムでは、実際のセーフティアセスメント実施作業のみを想定した。したがって、セーフティアセスメント指針に示される事項についてのみを順次チェックをするような形式とし、余分な外部手続きは一切除外することとした。

すなわち、本プログラムは現段階では、施工計画の立案作業との関連を図った汎用プログラム、あるいは現場事業所に設置されたオフラインマイコン用の単独のシステムプログラム、などに転用するためには未だ多くの手直しを必要とするものといえる。

しかし本プログラムでは、アセスメント実施作業者が VDT 画面に表示される入力指示・選択指示のみにしたがえば、必要な作業を進めかつ終了できるように工夫してある。このためコンピューターの知識のない者でも本プログラムを活用することにより、アセスメントの作業を容易に遂行することができる。

なお、プログラム開発にあつては差し当たり、当

研究所の M 320 E システムを利用し、当システムの既存ソフト（特に、OS IV/X 8 FSP PFD の諸機能¹¹⁾など）を応用することとした。

4.3 システムの構成と基本概念

本プログラムではセーフティアセスメントの構成に対応させた業務内容を設定した。また、各業務の中で必要な作業を細分化し、その各々をメニュー画面としてあらかじめ用意しておくこととした。これらのメニュー画面を呼び出しあるいは取捨選択することにより、順次必要なアセスメントの作業を実施できるように処理の流れを設定することとした。

以下にその概要を示す。

4.3.1 システムの機能設計（処理設計）

本コンピュータ対話型アセスメント実施プログラムの実行にあつて必要となるシステム構成は、Fig. 3 に示すようなものとなる。このシステムでは、対話管理機能の諸機能を各々下記のような目的で使用するようになる。

- ① 選択機能：業務選択画面を表示し、必要な作業選択画面を呼び出す。また呼び出された作業選択画面を表示し、必要なアセスメント作業の処理プログラムの呼び出しを行う。
- ② 表示機能：アセスメント作業の処理画面の表示および入力を行う。
- ③ テーブル操作機能：必要な場合に、アセスメント結果を格納したデータベースの参照・更新を行う。

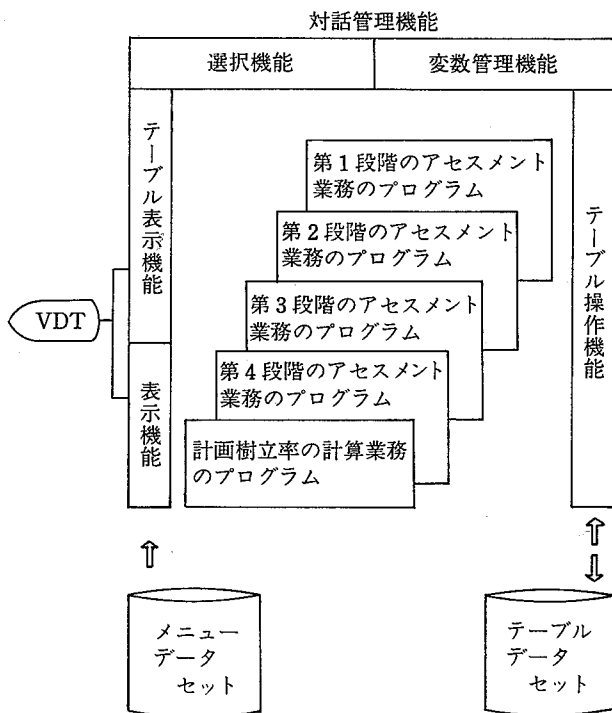


Fig. 3 Outline image of the function of the system.
コンピュータ対話型アセスメント実施システムの機能概念図

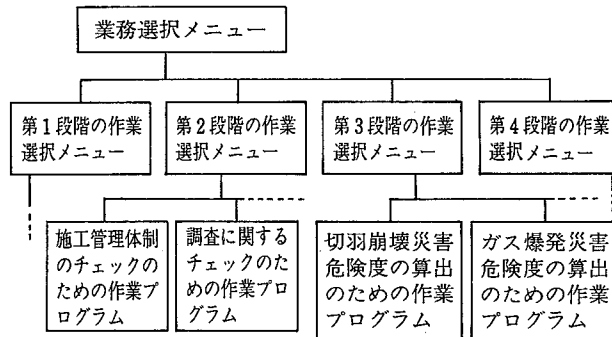


Fig. 4 Outline image of the operations in the system.
コンピュータ対話型アセスメント実施システムのプログラム構成概念図

通常のアセスメント実施業務では、当機能を使用することはあまりない。

- ④ テーブル表示機能：必要な場合に、アセスメント結果を格納したデータベースの表示を行う。通常のアセスメント実施業務では、当機能を使用することはあまりない。
- ⑤ 変数管理機能：各種のアセスメント作業の処理プログラムで、画面に入力されたデータなどの管理やデータベースの内容の参照時に用いる。

圧気シールド工事セーフティアセスメントを開始します

作業段階を選択してください

1. 第一段階：基礎資料の収集
2. 第二段階：基本的事項の検討
3. 第三段階：特有災害の危険度ランク付け
4. 第四段階：特有災害ごとの安全衛生対策の検討
5. 終了

選択（上記1～5の数字をKEY IN してください）

===>□

Fig. 5 An example of VDT-screens (Choice of operations).

VDT画面の例（業務選択モード）

圧気シールド工事セーフティアセスメント（第1段階）

基礎資料の収集

下記の資料が手元に揃っていますか？

1. 地形図、地質図、環境調査書、気象調査書
2. 設計図書、請負契約書に関する資料
3. 現場付近および類似圧気シールド工事における工事記録
4. 災害情報
5. 労働安全衛生法等関係法令
6. 各種安全技術指針
7. 終了

資料の詳細について知りたい場合は各項目の番号（1～6）を次段階へ進む場合、終了する場合は（7）をKEY IN して下さい

選択（1～6 OR 7）===>□

Fig. 6 An example of VDT-screens (Choice of sub-menu at 1st step).

VDT画面の例（第1段階サブメニュー選択モード）

4.3.2 システムの構成と処理の流れ

本システムではアセスメント作業の内容に合致させて大きく4つのモードから構成した。各々のモードはメニュー形式で動作させ、作業内容にしたがってさらに幾つかのサブモードから必要なサブメニューやプロ

グラムを動作させる形式とした。(Fig.4 参照)

以下に各モードについての概略を示す。

① 業務選択モード

アセスメント作業の実施は本モードからスタートする。

ここでは、アセスメント作業の内容にしたがって以下の5つの業務をメニュー画面から選択する。(Fig.5 参照)

- i) アセスメント第一段階の作業 (基礎資料の収集)
- ii) アセスメント第二段階の作業 (基本的事項の検討)
- iii) アセスメント第三段階の作業 (特有災害危険度リンク付け)
- iv) アセスメント第四段階の作業 (特有災害毎の安全衛生対策)
- v) アセスメント作業終了

② 第一段階の作業 (基礎資料の収集) モード

本モードから基礎資料の収集に関するチェックの作業が開始される。以下の7つのモードをメニュー画面から選択する。(Fig.9 参照)

- i) 地形図・地質図・環境調査書・気象調査書
- ii) 設計図書・請負契約書に関する資料
- iii) 現場付近および類似工事における工事記録
- iv) 災害情報
- v) 労働安全衛生法等関係法令

vi) 各種安全衛生技術指針

vii) 初期メニューにもどる

③ 第二段階の作業 (基本的事項の検討) モード

本モードから基本的事項の検討に関するチェックの作業を開始する。セーフティアセスメント指針にしたがって準備された以下の15モード(圧気シールド工事の場合)をメニュー画面から選択する。(Fig.7 参照)

ここでは各サブモードの中で対応するプログラムが動作する。また各サブモードの中でアセスメントの作業に対応したメニュー画面を順次表示し、その画面内でアセスメント結果の入力操作を行う。(Fig.8 参照) さらに入力されるデータをプログラム内で処理し、計画樹立率などの計算や結果表示も行う。(Fig.9 参照)

- i) 施工管理体制
- ii) 調査
- iii) 圧気設備
- iv) たて坑設備
- v) シールド機械
- vi) 坑内運搬設備
- vii) 電力設備
- viii) 給・排水設備
- ix) 施工
- x) 作業環境
- xi) 高圧室内業務

圧気シールド工事セーフティアセスメント (第2段階)

基本的事項の検討: 項目を選択してください

- 01. 施工管理体制
- 02. 調査
- 03. 圧気設備等
- 04. たて坑設備
- 05. シールド機械
- 06. 坑内運搬設備
- 07. 電力設備
- 08. 給・排水設備
- 09. 施工
- 10. 作業環境
- 11. 高圧室内業務管理
- 12. 緊急時連絡設備・避難通路等
- 13. 救護体制
- 14. その他
- 15. 終了

選択 (上記01~15の数字を KEY IN してください) ==>□

Fig.7 An example of VDT-screens (Choice of sub-menu at 2nd step).
VDT 画面の例 (第2段階サブメニュー選択モード)

圧気シールド工事セーフティアセスメント
(第2段階: 基本的事項の検討)

の作業を開始します

各項目について計画が策定されているものはY(YES)を未計画のものについてはN(NO)を KEY IN して下さい

§ 1 施工管理体制

① 施工管理組織

- 圧気シールドトンネル工事に十分な経験・知識を有する主任技術者又は監理技術者を現場に配置すること=====(Y/N)=>Y
- 職務内容が明確化された下請事業者を含む管理組織規程を作成すること=====(Y/N)=>N
- 下請事業者の選定に当たっては、施工成績・安全衛生成績等を考慮すること=====(Y/N)=>□

<訂正しますか? (Y/N) >====>

Fig.8 An example of VDT-screens (Operation of 2nd step).
VDT 画面の例 (第2段階の作業実行状況)

- xii) 緊急時連絡設備・避難用通路等
- xiii) 救護体制
- xiv) その他
- xv) 初期メニューにもどる

圧気シールド工事セーフティアセスメント
(第2段階：基本的事項の検討)

§ 2 調査

(1) 地形	2 / 2
(2) 地質	2 / 3
(3) 地下水	3 / 3
(4) 酸素欠乏の空気・有害ガス	2 / 2
(5) 気象	1 / 2
(6) 河象・海象	2 / 3
(7) 障害物	1 / 1
(8) 環境	3 / 5
(9) 交通	2 / 2
(10) その他(用水・電力)	1 / 2

§ 2 調査についての計画樹立率====>76.00 (%)

先に進みますか? ===== (Y/N) ==>□

Fig.9 An example of VDT-screens (Numerical expression of the results of a part of 2nd step).
VDT 画面の例 (計画樹立率の表示例)

圧気シールド工事セーフティアセスメント (第3段階)

特有災害の選択

1. 切羽崩壊災害
2. 噴発災害
3. ガス爆発災害
4. 火災
5. 酸素欠乏・有害ガス中毒災害
6. 高気圧障害
7. 終了

選択 ==>□

Fig.10 An example of VDT-screens (Choice of sub-menu at 3rd step).
VDT 画面の例 (第3段階サブメニュー選択モード)

④ 第三段階の作業 (特有災害危険度ランク付け) モード

本モードにおいて特有災害危険度ランク付けに関する作業を開始する。以下の7つのモード (圧気シールド工事の場合) をメニュー画面から選択する (Fig.10 参照)。

ここでは各サブモードの中で対応するプログラムが動作する。また入力されるデータ (Fig.11 参照) をプログラム内で処理し、危険度ランクの算出や結果表示および結果のデータベースへの格納なども行う。

- i) 切羽崩壊災害
- ii) 噴発災害
- iii) ガス爆発災害
- iv) 火災
- v) 酸素欠乏・有害ガス中毒災害
- vi) 高気圧障害
- vii) 初期メニューにもどる

⑤ 第四段階の作業 (特有災害毎の安全衛生対策) モード

本モードでは、データベースに格納された第三段階の作業 (特有災害危険度ランク付け) 結果を参照して、対応する安全衛生対策を各特有災害毎に表示する。以下の7つのモード (圧気シールド工事の場合) をメニュー画面から選択する。

切羽崩壊災害についての危険性 (圧気シールド工事)

下記の各工事要素について条件を選択して下さい。

地質 ==> 3

- (1: 施工区域全長にわたって切羽崩壊の恐れのある地質である。)
- (2: 施工区域の一部に切羽崩壊の恐れのある地質がある。)
- (3: 施工区域全長にわたって切羽崩壊の恐れのない地質である。)

圧気圧 ==> 2

- (1: 3kg/cm² 以上)
- (2: 1kg/cm² 以上 3kg/cm² 未満)
- (3: 1kg/cm² 未満)

断面 ==> 3

- (1: 大断面: 外径 6m 以上)
- (2: 中断面: 外径 3.5m 以上 6m 未満)
- (3: 小断面: 外径 3.5m 未満)

土被り ==> □

- (1: 深: 3D 以上)
- (2: 中: 1.5D 以上 3D 未満)
- (3: 浅: 1.5D 未満)

Fig.11 An example of VDT-screens (Operation of 3rd step).

VDT 画面の例 (第3段階の作業実行状況)

- i) 切羽崩壊災害
- ii) 噴発災害
- iii) ガス爆発災害
- iv) 火災
- v) 酸素欠乏・有害ガス中毒災害
- vi) 高気圧障害
- vii) 初期メニューにもどる

5. あとがき

本報では、圧気工事セーフティアセスメントに関連して、圧気工事セーフティアセスメント指針が示された背景と経過など(第1章)、圧気工事セーフティアセスメントの概要(第2章)、アセスメントで用いられる危険性評点算出式の係数の決定にあたっての調査・考察(第3章)、セーフティアセスメント実施のためのコンピュータ対話型システムの概略(第4章)とについて述べた。

セーフティアセスメントは様々なレベル(例えば、事業者の本社安全担当部門と現場事務所など)で、複数の時点で複数の人員で実施し、相互にチェックしつつ行うことによって効果が倍加すると考えられる。

ところで建設会社各社では、施工計画の立案などに際しては、各々独自の方式での作業・検討が行われる。したがって、計画作成にあたって、安全衛生に関する部分については必ずしもセーフティアセスメントと一対一に対応した検討がなされる訳ではない。そこで、必要なことは、セーフティアセスメントで検討される各事項の内容と施工計画書等に表示される内容とが、常に容易に対応参照でき得るようにしておくことであろう。

このような点を含めて、各社各様の独自の方式の下で、セーフティアセスメントの実施についても、それが盛り込まれた計画立案システム・工事管理システムなどの作成や実施も難しいことではないと考えられる。その意味で、本報に紹介したコンピュータ対話型アセスメント実施プログラムは、それらのプロトタイプとして参考となろう。

評点算出式に関しては、各特有災害ごとに工事の条件からその危険度のおおよその程度を簡便かつ迅速に知るための手段として、多くの専門技術者の意見や判断を総合的にまとめることを提案した。その中では各工事要素に対して係数としての重み付けを施す工夫が成された。

しかし、本来、これら特有災害の危険性は、固定的・

一義的に定められ得るべきものではなく、また限られた工事要素のみから危険性を判断することになる点や、各工事要素の素点の与え方・条件区分等にも改善の余地が残されていると考えられる。

したがって、得られる評点等の細かな数値にこだわるのは、かえって判断を誤らせる危険もある。あくまで危険度のおおよその程度を簡便かつ迅速に知るためのものであることを念頭に置いて、実際の施工状況・諸条件を十分に勘案して柔軟に算出式を利用する必要がある。

謝 辞

本報に示した Delphi 法による調査は、筆者等が圧気工事セーフティアセスメント検討委員会で作業を行ったものである。調査にあたっては、同委員会作業部会の各委員、特に、松下昭雄(大豊建設)、渡辺正(熊谷組)、喜志恭博(大成建設)、山崎弘志(建災防)、故山本悌二(同)の各氏の御協力を頂いた。

また、コンピュータ対話型アセスメント実施プログラムの開発・作成にあたっては、本望実、遠藤修一(ファコムハイタック)の両氏から有益な御助言を頂いた。

さらに、種々の資料の整理やデータの入力作業にあたっては、阿部真和、重廣美穂の両氏の御協力を頂いた。

上記の方々に心からの謝意を表する次第である。

(昭和 61 年 12 月 15 日)

参考文献

- 1) 鈴木芳美, C.T.A.を用いた災害分析法について, 産業安全研究所技術資料 TN-83-5 (1984)
- 2) 鈴木芳美, 労働災害の発生過程についての事例分析, 産業安全研究所研究報告 RR-85-10 (1986)
- 3) M.Meric, et al.: Techniques de gestion de la Sécurité, I.N.R.S. n° 234/RE (1976)
- 4) S.Hanayasu, Y.Suzuki, I.Mae, Accident Analysis and Safety Assessment for Tunnelling Works, IABSE Symposium Tokyo (1986)
- 5) 前 郁夫, トンネル工事のセーフティアセスメント, 安全工学 Vol.23 No.6, (1984)
- 6) 労働省労働基準局, 圧気シールド工事に係るセーフティアセスメントに関する指針 (1985)
- 7) 労働省労働基準局, 圧気ケーソン工事に係るセーフティアセスメントに関する指針 (1985)

- | | |
|--|---|
| 8) 労働省労働基準局, トンネル建設工事に係るセーフティアセスメントに関する指針 (1982) | 10) G.J.Briscoe, Risk Management Guide, System Safety Development Center SSDC-11 (1977) |
| 9) 労働省労働基準局, 鋼橋架設工事に係るセーフティアセスメントに関する指針 (1985) | 11) 富士通, FACOM OS IV/X8 FSP PFD 使用手引書 対話管理機能編 他 |