

Research Reports of the Research Institute
of Industrial Safety, RIIS-RR-90, 1990
UDC 614.8:681.3

トンネル工事の作業工程から見た労働災害の発生傾向について*

鈴木芳美** 花安繁郎**

Analysis of Labour Accidents in Tunnel Construction Work

- According to its Work-Stages -

by Yoshimi SUZUKI** and Shigeo HANAYASU**

Abstract: In order to establish the effective safety countermeasures in the construction sites, it becomes necessary to understand actual situation of labour accidents thoroughly in accordance with its work-stage.

This paper deals with the accident investigation for the purpose of providing a better understanding of the basic nature of recent labour accidents in tunnel construction sites. The accident data were made available from the Industrial accident reports submitted in 1987 to the prefectural labour standard offices or the Labour Standards Inspection Offices involved, which totaled 161 injuries in number including 9 fatalities.

In this study, actual recent situation of labour accidents in accordance with the difference of the work-stage (i.e.; excavation work-stage, shaft work-stage, lining work-stage and so on) was firstly investigated. The tendency of the lost workdays due to accidents in accordance with difference of work-stage was also investigated, and expected lost workdays of each work-stage were obtained. According to the results of statistical analysis, the accident-type was one of main factors which strongly influenced on the difference in expected lost workdays. The results obtained in this study are described as follows;

(1) The actual situation of labour accidents in accordance with the work-stage was obtained (Fig. 2).

(2) The relationship between lost workdays due to accidents and their cumulative frequency can be expressed as a log-log liner straight line (Fig. 3).

(3) If the slope of a line mentioned above is exceed -1 , the expectation of the lost workdays including fatal accidents can be obtained within a limited value. The expectation of workdays lost with fatalities for accidents investigated in this study was about 90 days.

(4) About expected lost workdays, some distinguish difference in expected lost workdays was found between each tunnelling method (Fig. 4.)

(5) Similar tendency was also observed between each work-stage (Fig. 5).

(6) Difference in expected lost workdays according to age of workers was also distinguished, and that of middle aged group was larger than that of the others (Table 3, Fig. 6).

(7) According to the result of statistical analysis (Table 5 ~ 9, Fig. 8), one of the main factors which strongly influenced on the difference of expected lost workdays was attributable to the difference of accident-type.

Key Words: Labour accidents, Tunnel construction work, Statistical analysis, Workdays lost.

*平成 2 年 10 月 2 日土木学会年次学術講演会および平成 2 年 12 月 6 日
安全工学研究発表会において各々一部について発表

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

Table 1 Classification of work-stages in tunnel construction work.

トンネル工事種類別の工程区分（大分類）			
工事種類	山岳トンネル	シールドトンネル	推進トンネル
工程区分（大分類）	準備工	同左	同左
	明り・付帯工	同左	同左
	地盤改良工	同左	同左
	掘削工	同左	同左
	覆工	同左	同左
	坑内設備工	同左	同左
	坑外設備工	同左	同左
	運搬工など	同左	同左
	測量工など	同左	同左
	トンネル掘進工	トンネル掘進工	トンネル掘進工

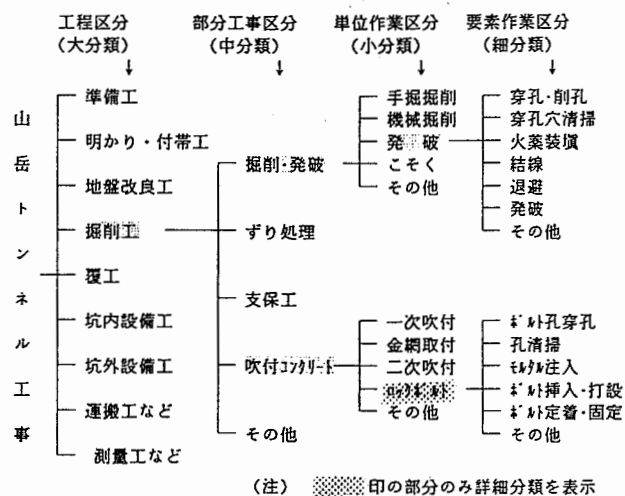


Fig. 1 An example of four hierarchical classification of work-stage in tunnel construction work
山岳トンネル工事における4階層の工程・作業区分の例

1. まえがき

建設工事で発生する労働災害の防止のためには、施工管理・作業管理等と一体化した合理的な労働災害防止対策を講じてゆく必要がある。そのために、実際の労働災害の発生状況と工事種類・作業工程・施工状況などとの関連づけた分析と考察とが必要になってくる。

特に昨今のトンネル建設工事では、トンネル建設技術の進展がめざましく、それに伴って工事の作業内容は最近10年間で大きく変化している。例えば、掘削工法に関しては、従来の工法（支保工建て込み・矢板工法）に代わって、ロックボルト打ち込み・コンクリート吹付け工法（いわゆる NATM 工法）が現在での標準工法となっている。また資機材・ズリ等の運搬に自動車輛を使用する工法（いわゆるタイヤ工法）が従来に比してひろく採用されるようになっている。

今回はこのようなトンネル建設工事に着目し、そこで発生した労働災害事例を取り上げ、最近のトンネル工事における労働災害の発生状況を把握するとともに、それらの災害記録から得られる災害内容や発生状況・被災状況の実態と、工事種類・作業工程などとの関連について分析を行った。本報はその分析結果について簡単に報告するものである。

2. 分析内容

労働災害事例としては、昭和62年にシールドトンネル工事・推進工事・山岳トンネル工事などで発生した労働災害161件を取り上げた。これらの災害事例については、労働基準監督署に提出された「死傷病報告書」に基づいて、災害発生状況および災害種類・起因物等の災害発生要因についての情報をデータベース化した。さらに、各事例ごとに後述する作業工程・作業内容等についての分析結果を加えて、後の諸分析に供することとした。

作業工程・作業内容については、各種資料¹⁻³⁾を参考として、トンネル工事における標準的な作業工程・作業内容等を階層的に位置づけた分類表を作成した。この分類表に基づき、災害発生時の作業工程・被災者の従事していた作業等を分類・同定したうえで、災害発生状況・被災状況等から判明する各種災害発生要因等の内容との相互の関連を分析した。

3. 作業工程分類表

今回分析対象としたトンネル工事を、シールドトンネル工事・推進工事・山岳トンネル工事の3種類に大きく分類した。各々について、幾つかの実際の工事に関して作成された施工計画書¹⁾をはじめ、各種

Table 2 Items for analysis
分析項目一覧

	項 目	項目の性質	項目の内容
死傷病報告書より得られた情報項目	災害発生状況	日本語文章	
	事故の型	カテゴリ分類 (14 種類)	墜落 ひかれ 激突 爆発・破裂 転倒 激しい動作 はさまれ 有害物接触 飛来落下 感電 切れ擦れ 自動車・機械 他
	起因物	カテゴリ分類 (14 種類)	建設機械 用工具 揚重装置 作業箇所 足場・支保工 通路・床 自動車 建構築物 トンネル装置・設備 梁・階段 自然環境 材料・荷 他
	災害の種類	カテゴリ分類 (11 種類)	墜落 爆発・火災 崩壊・落盤 自動車 飛来落下 取扱・運搬 電気 建設機械 倒壊 クレーン 他
	被災者の年齢	数値	(歳)
	被災者の経験年数	数値	(年)
	被災者の休業日数	数値	(日)
	死亡・傷害の別	カテゴリ分類	死亡 傷害
	被災者の職種	カテゴリ分類 (21 種類)	坑夫 とび 鉄筋工 コンクリート工 機械運転工 土工 大工 溶接工 軌道装置運転工 自動車運転手 防水工 試錘工 電工 職員 工長・監督 他
	不安全状態	カテゴリ分類 (9 種類)	物自体の欠陥 防護措置の欠陥 作業箇所の欠陥 保護具の欠陥 作業環境の欠陥 作業方法の欠陥 自然的な不安全状態 他
	不安全行動	カテゴリ分類 (13 種類)	装置を無効にする 必要措置の不履行 運転失敗 不安全な放置 危険状態を作り出す 指定外使用 運転中に接触 保護具の誤り 危険場所に接近 誤った動作 他
作業工程分類より得られた情報項目	工事の種類	カテゴリ分類 (3 種類)	山岳トンネル シールドトンネル 推進トンネル
	工程大分類	カテゴリ分類 (14 種類)	明り 掘削 覆工 シールド掘進 推進 立坑 運搬工 坑内設備 坑外設備 推進設備 立坑設備 他

の資料等^{2,3)}を参考にして、標準的な工事で実施される諸作業について作業工程・作業内容等を抽出・抜粋した。さらにそれらの作業の相互関係や従属関係を整理し、諸作業と工事の進捗状況の中でのそれらの位置づけや関係を階層的に捕らえ直す試みを行った。その結果、各工事種類ごとの作業工程・作業内容として、大分類として「工程区分」、中分類として「部分工事区分」、小分類として「単位作業区分」、さらに必要に応じて細分類として「要素作業区分」の4階層とする作業工程分類表を作成した。

Table 1 には、山岳トンネル工事における大分類としての「工程区分」を一覧表の形で示した。また

Fig. 1 には山岳トンネル工事における作業工程を4階層に分類した状況を示した。なお中分類以下の分類項目については煩雑になるので、代表的な(図中に $\square$ で示した)部分についてのみを取り上げ、詳細な分類項目を例示した。

4. 分析結果

4.1 分析対象項目

前述の「2. 分析内容」で簡単に触れたが、分析にあたって用意された分析項目とその内容は Table 2

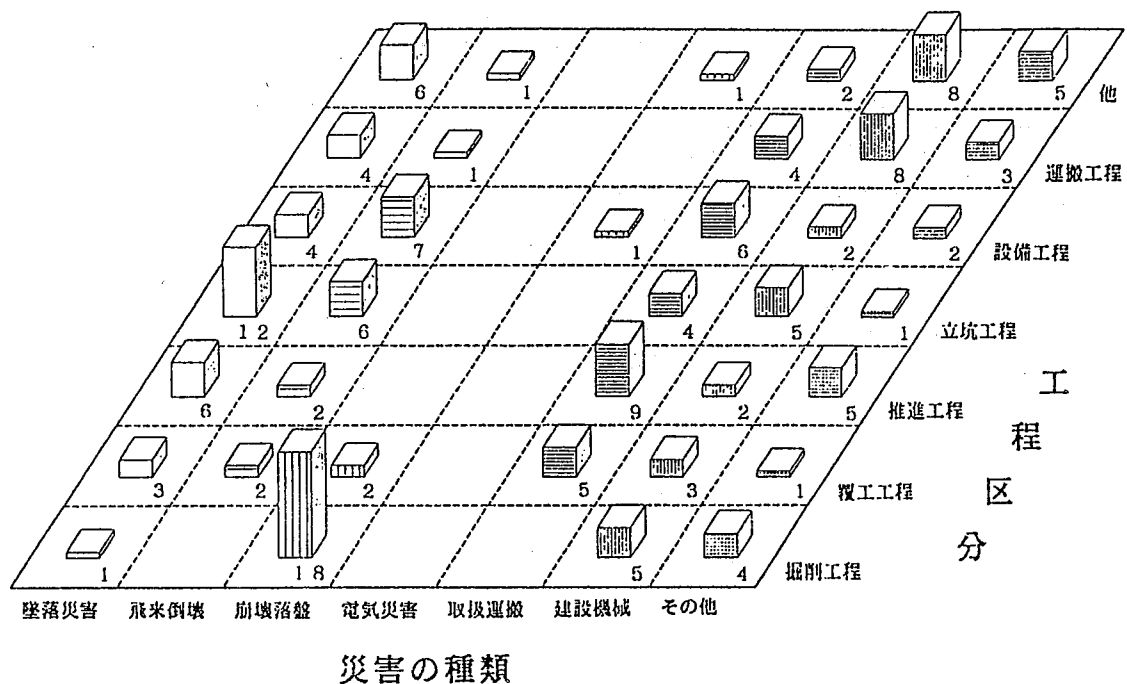


Fig. 2 Actual situation of labour accidents in accordance with the work-stage of tunnel construction work
トンネル工事における工程別の労働災害発生状況（件数）

に示すとおりで全部で十数項目になる。この中で「災害発生状況」項目の内容は日本語文章であり、他の項目のカテゴリ分類などに際して参考として用いた。しかし今回の分析では、「災害発生状況」の内容に詳細に立ち入って、直接的な分析を行うまでには至っていない。

これらの分析対象項目にはカテゴリカルな項目が多くを占めているが、その内容やサンプル数を考慮して、必要に応じてカテゴリの統合・再編などを行った二次データを作成して分析に供した。また、数値データについても分析に際しては、必要に応じて適宜、数値の大きさによるカテゴリデータへの変換などを行い、それらのカテゴリカルデータを用いた。

4.2 工程ごとの災害発生状況

トンネル工事における諸々の工程ごとに災害種類の発生件数を示したものが Fig. 2 である。

墜落災害は、各工程にまんべんなく発生しているが、中でも高所作業や上下作業を伴う立坑関係の作業工程で多く発生していることが確認された。飛来落下災害についてもほぼ同様のことが言える。また当然のことながら、崩壊災害は掘削工程で、取扱運

搬災害は推進工程・坑内設備・覆工など資材運搬が大きな比重を占める作業工程で頻発していることが確認された。

4.3 傷害程度累積頻度分布

労働災害による傷害程度（休業日数）とその累積頻度分布との関係を調べた結果、Fig. 3 に例示するように両対数紙上で直線となる関係が認められた。

4.3.1 傷害程度累積頻度分布曲線の考え方

この傷害程度累積頻度分布曲線の考え方については、既に別報でも詳しく述べてある^{4)~5)}。ここではその考え方と性情とを簡単に再掲する。

上記の傷害程度累積頻度分布曲線の関係が、両対数紙上で直線となることから、傷害程度の大きさを h 、ある傷害程度における発生頻度の密度関数を p 、また n, K を定数として (1) 式に示すような関係を仮定する。

$$h^n \cdot p = K \quad (1)$$

すると、ある傷害程度区間 ($h_1 \sim h_2$) における労働災害の発生頻度 $P(h)$ は $n \neq 1$ の時 (2) 式で、 $n = 1$ の時 (3) 式で示される。

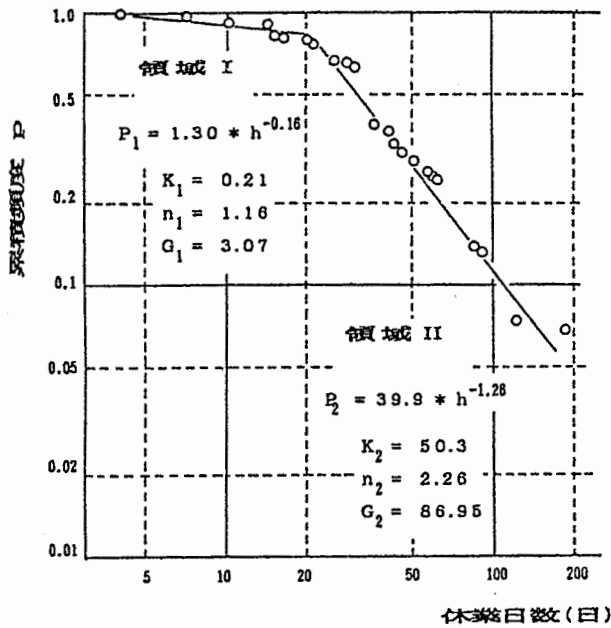


Fig. 3 Cumulative frequency of lost workdays by accidents in tunnel construction work
傷害程度累積頻度分布曲線

$$P(h) = \int_{h_1}^{h_2} p \, dh = \frac{K}{1-n} \cdot (h_2^{1-n} - h_1^{1-n}) \quad (2)$$

$$P(h) = \int_{h_1}^{h_2} p \, dh = K \cdot \log e (h_2/h_1) \quad (3)$$

同じようにある傷害程度区間($h_1 \sim h_2$)における傷害程度の大きさ $G(h)$ は $n \neq 2$ の時(4)式で、 $n = 2$ の時(5)式で示される。

$$G(h) = \int_{h_1}^{h_2} p \cdot h \, dh = \frac{K}{2-n} \cdot (h_2^{2-n} - h_1^{2-n}) \quad (4)$$

$$G(h) = \int_{h_1}^{h_2} p \cdot h \, dh = K \cdot \log e (h_2/h_1) \quad (5)$$

この時さらに、 $n > 1$ あるいは $n > 2$ であれば、ある傷害程度 h 以上の累積頻度 $\overline{P(h)}$ (ただし $n > 1$)およびその時の傷害程度の大きさ $\overline{G(h)}$ (ただし $n > 2$)は、各々(6)式、(7)式で表される。

$$\overline{P(h)} = \int_h^{\infty} p \, dh = \frac{K}{n-1} \cdot h^{1-n} \quad (n > 1) \quad (6)$$

$$\overline{G(h)} = \int_h^{\infty} p \cdot h \, dh = \frac{K}{n-2} \cdot h^{2-n} \quad (n > 2) \quad (7)$$

すなわち、 $n > 1$ であれば、傷害程度無限大(死亡災害)を含めた累積頻度分布を求めることができ、また、 $n > 2$ であれば、傷害程度無限大(死亡災害)を含んだ傷害程度の大きさを有限値として求めるこ

とができる。

4.3.2 傷害程度累積頻度分布の分析結果

今回の分析から得られた結果では、Fig. 3に示す例の場合で言うと、傷害程度22日あたりで曲線が屈曲し2つの領域に分かれるものの各々両対数紙上で直線となり、各々の領域における労働災害の発生頻度を P_1, P_2 、また定数を各々 K_1, n_1, K_2, n_2 とすると、

$$P_1 = 1.30 \cdot h^{-0.16}, K_1 = 0.21, n_1 = 1.16$$

$$P_2 = 39.9 \cdot h^{-1.26}, K_2 = 50.27, n_2 = 2.26$$

となった。

また各々の領域での傷害程度の大きさを求めた結果、

$$G_1 = 3.07, G_2 = 86.95, G = G_1 + G_2 = 90.02$$

となり、今回の分析結果によるトンネル工事における労働災害1件あたりの傷害程度の大きさは約90日であることがわかった。この値は上越新幹線でのトンネル建設工事における値⁴⁾とほぼ一致するものであった。

4.4 傷害程度累積頻度分布曲線の比較

4.4.1 工事種類別の比較

前節に示した傷害程度累積頻度分布曲線を工事種類別に比較すると(Fig. 4)、図中の右側領域の曲線の傾きなどから判明するように、山岳トンネル工事と推進トンネル工事ではかなりの差が認められる。シールド工事は両者の中間を示している。これらからトンネル工事の中でも工事内容の種類により傷害程度の大きさにはかなり差があることが判明した。

4.4.2 工事の諸工程別の比較

前項に示された傾向差は、工事の諸工程別に比較して見ても顕著に認められ(Fig. 5)、各工程における危険度に差異のあったことを示している。特に、掘削工程での曲線の傾きは小さく、掘削工程における労働災害の傷害程度の大きさは他の工程におけるものと比較しかなり大きい値をとることが判明した。

前節および本節に示した工事内容の種類あるいは工事の諸工程別に傷害程度 ∞ (すなわち死亡災害)までを含めた傷害程度の大きさを求め、それらをまとめたものをTable 3に示した。

4.4.3 被災労働者の年代別による比較

同じく、被災労働者の年代別の違いによるこれらの傾向を比較した結果、Fig. 6に示すとおり、30才

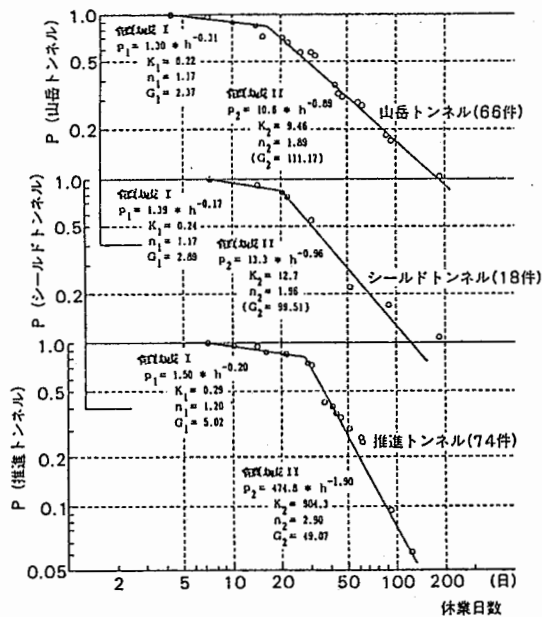


Fig. 4 Cumulative frequency of lost workdays
(According to Tunneling Method)
傷害程度累積頻度分布曲線 (トンネル工事種類別)

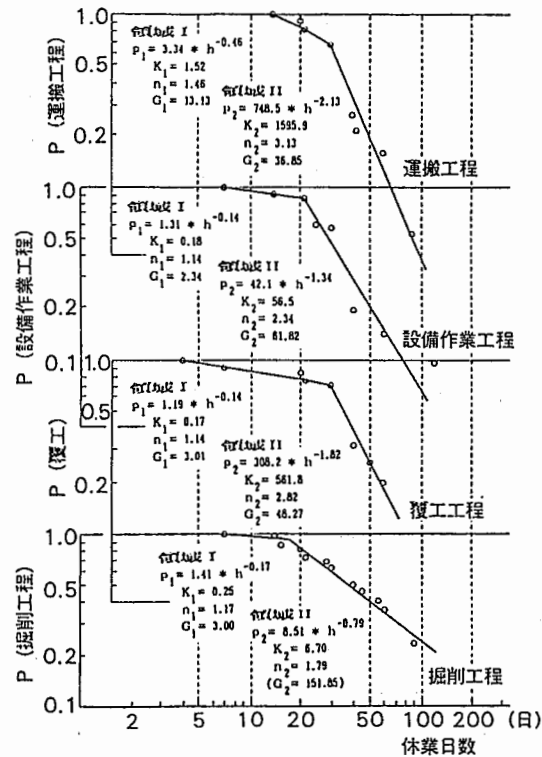


Fig. 5 Cumulative frequency of lost workdays
(According to work-stage)
傷害程度累積頻度分布曲線 (工程区分別)

Table 3 Expected value of lost workdays (According to tunnelling method / work-stages).
傷害程度の大きさ (工種別・工程別)

	区 分	事例数	傷害程度の大きさ
全体	161 (件)		90.02 (日)
工事 種類 別	山岳トンネル	66	113.54 (日)
	シールドトンネル	18	102.40
	推進トンネル	74	54.08
工程 区 分 別	設備関係工程	20	64.16 (日)
	運搬工程	22	49.98
	立坑工程	26	47.05
	推進工程	24	84.02
	覆工工程	16	51.28
	掘削工程	23	154.85

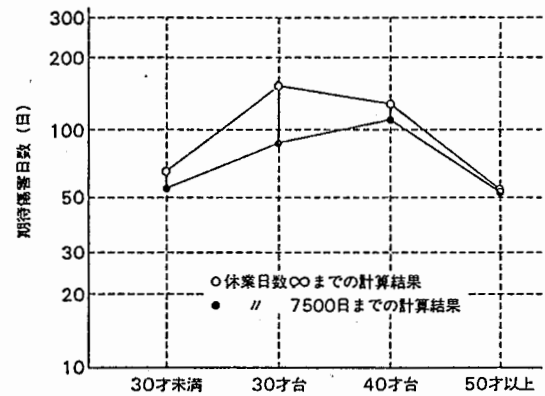


Fig. 6 Expected value of lost workdays
(According to age of injured workers)
傷害程度の大きさの期待値の比較 (被災者の年代別)

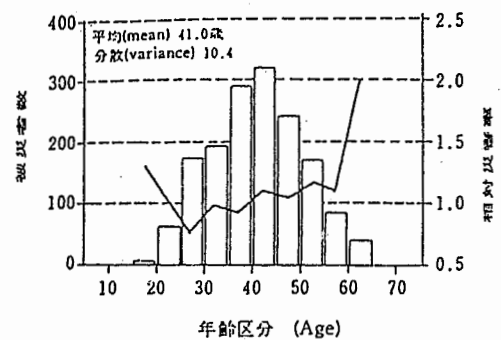


Fig. 7 Frequency distribution of age of injured workers
and relative accidents rate
(Cited from reference⁴⁾)
被災者の年代別被災件数および相対被災率の比較
(文献⁴⁾より引用)

Table 4 Actual situation of labour accidents in tunnel construction work (According to age of injured workers).
被災者の年代別に見た労働災害の被災状況)

年 代	被災件数*	相対被災率*	傷害程度の期待値
25 歳未満 25～29 歳	少 (4.4%) 多 (15.4)	大 (1.04) 小 (0.71)	小 (66.82 日)
30～34 歳 35～39 歳	多 (12.3) 多 (19.8)	小 (0.98) 小 (0.92)	大 (126.35 日)
40～44 歳 45～49 歳	多 (18.5) 多 (14.5)	大 (1.09) 大 (1.05)	大 (151.65 日)
50～54 歳 55 歳以上	少 (8.8) 少 (6.2)	大 (1.21) 大 (1.30)	小 (54.23 日)

注) *印: 文献 4) に示したデータのオリジナルデータを引用し換算した値である。

代・40 才代の中年層の傷害程度が重い傾向にあることが示された。これまで中年層については、Fig. 7 に示されるように、相対的な被災率は若年層・高年層と比較すると小さいものの被災件数が多い^{4),5)}ことが判明していた。今回の分析結果からさらに中年層の労働災害については、被災内容についても重大なものが多いことが確認された。これらをまとめると Table 4 に示したとおりとなる。

4.4.4 被災労働者の経験年数別による比較

また、被災者の経験年数の違いによるこれらの傾向を分析した結果では、経験年数が高くなるほど傷害程度の大きさも大きくなっていることが判明した。(図表は省略)

4.5 統計分析結果

前述した「傷害程度の大きさの変動」をもたらす要因が何であるかを検討するため、統計データ処理パッケージソフト (ANALYST) を用いて、以下に示すような統計解析を行った。

4.5.1 数量化Ⅰ類による傷害程度の大きさの変動をもたらす要因についての分析

前節「4.4 傷害程度累積頻度分布曲線の比較」で述べた工程区分ごとの「傷害程度の大きさ」を外的基準とした数量化Ⅰ類による分析を行い、多くの要因の中で傷害程度の大きさの変動に大きな役割をもたらす要因が何であるかを検討した。

その結果は Table 5 に示す通りで、各分析項目のレンジの大きさ・偏相関係数の大きさ等からわかる

とおり、傷害程度の大きさの変動に大きなウェイトを占めている要素は「災害の種類」であることが判明した。その中では、「落盤・崩壊災害」が傷害程度の大きさを大きなものに、また「墜落災害」や「取扱運搬災害」が比較的小さなものにしている現状が読み取れる。

4.5.2 数量化Ⅱ類による工程区分の分析

前項で述べた数量化Ⅰ類による分析結果を確認するため、外的基準を「傷害程度の大きさ」と言った数値データではなく、カテゴリ項目である「工程区分」そのものを外的基準と見なして、数量化Ⅱ類による分析を行って見たところ、結果は Table 6 に示すように前項に示した数量化Ⅰ類の結果とは細部で多少の差異はあるものの、ほとんど同様の傾向があることがわかった。

すなわち、各工程区分での労働災害についての差異をもたらしていると考えられる要因のうち最も強い要因としては、各アイテムのレンジの大きさ・偏相関係数の大きさなどから「災害種類」が、まず第一に挙げられる。その中では、前項での結果と同様に「落盤・崩壊災害」が強い要因となっていることが窺える。

4.5.3 数量化Ⅰ・Ⅱ類による休業日数の分析

さらに、実際の個々の労働災害における被災程度(休業日数)に対して大きな要因となっているアイテムが何であるのかを分析するために、以下の分析を行ってみた。すなわち、実際の休業日数を外的基準(死亡災害の休業日数としては便宜的に労災保険関係で用いられている数値=7500日を適用した)とした数量化Ⅰ類による分析、および休業日数の大きさを5段階(2週以下, 1ヶ月以下, 2ヶ月以下, 2ヶ月以上および死亡)にカテゴリ分類し、それを外的基準とした数量化Ⅱ類による分析の2種類の分析である。

結果は Table 7 および Table 8 に示すように、前項で述べた結果とほぼ同様で、「災害の種類」「事故の型」が強い要因であることが判明した。

以上の分析結果より、各工程ごとに傷害程度の大きさの変動に大きなウェイトを占めているのは「災害の種類」であることが判明した。

各工程とその中で発生した労働災害の災害種類別のクロスグラフは既に前述の Fig. 1 に示されたとおりであり、例えば「掘削工程」における「落盤・崩壊災害」や「立坑関連工程」における「墜落災害」のようにその工程における代表的な労働災害の存在とそ

Table 5 Statistical analysis of expected value of lost workdays by the quantification method of the first type (According to work-stages).

工程区分別傷害程度の大きさに関する数量化Ⅰ類による分析の結果

要因アイテム	カテゴリー	例数	カテゴリーに 付与する数量	範 囲	偏相関係数
不安全状態	防護措置／用具の欠陥	14	4.5	12.8	0.25
	作業箇所／環境の欠陥	28	－ 7.5		
	自然的な不安全状態	35	－ 0.5		
	作業方法の欠陥	43	5.3		
	その他	14	－ 4.7		
不安全行動	無効化／不履行／放置	14	－ 1.9	16.7	0.24
	指定外使用／他	11	7.4		
	誤用／運転失敗／他	15	－ 2.7		
	危険場所に接近	48	－ 4.5		
	誤った動作	31	0.7		
	その他	16	12.1		
災害の種類	墜落	30	－43.0	132.0	0.80
	飛来落下／倒壊	18	7.6		
	崩壊／落盤	20	89.0		
	取扱運搬	28	－19.6		
	クレーン／自動車／建設機械	22	－ 4.3		
	その他	16	1.1		
起 因 物	建設機械	5	37.2	78.0	0.50
	足場／支保工	9	15.6		
	トンネル装置／設備	9	－13.5		
	揚重装置	17	－ 5.3		
	自動車	3	－12.7		
	他の装置／設備	4	－ 4.8		
	用工具	11	10.5		
	作業通路／作業床	6	－15.6		
	梁／階段	10	6.7		
	他の作業箇所	14	－ 2.5		
	建築物／構築物	7	－ 2.2		
	材料／荷	22	5.6		
	自然環境	15	－ 9.2		
	その他	2	－40.8		
事故の型	墜落	28	24.5	40.9	0.50
	転倒	13	17.8		
	飛来落下	44	－16.2		
	激突／ひかれ	8	－ 6.0		
	はさまれ	32	－ 0.2		
	その他	9	－16.5		
被災者の年齢	30 歳未満	16	－17.5	27.8	0.39
	30 歳代	42	10.2		
	40 歳代	39	－ 5.1		
	50 歳以上	37	1.4		
被災者の経験	4 年未満	28	15.8	27.4	0.41
	4 ～ 9 年	13	－ 1.8		
	10 ～ 14 年	28	－ 7.7		
	15 ～ 19 年	30	3.2		
	20 ～ 24 年	20	－11.6		
	25 年以上	10	－ 8.0		
	不明	5	2.5		
被災者の職種	トンネル工	41	9.8	37.1	0.46
	シールド工	5	－25.6		
	推進工	60	－ 2.4		
	大工／とび／鉄筋工／他	10	－26.8		
	運転工	6	2.0		
	職員／工長／他	12	10.3		
外的基準（被災程度の期待値：休業日数）		定数項＝ 71.2		重相関係数 R ＝ 0.87	

Table 6 Statistical analysis of work-stages by the quantification method of the second type.
工程区分に関する数量化Ⅱ類による分析の結果

要因アイテム	カテゴリー数 (例数)	範 囲	偏相関係数
不安全状態	5 種 (16 ~53)	0.33	0.22
不安全行動	6 " (12 ~55)	0.67	0.38
災害種類	6 " (19 ~36)	2.53	0.74
起因物	14 " (5 ~24)	1.04	0.47
事故の型	6 " (14 ~46)	0.48	0.30
被災者の年齢	4 " (19 ~49)	0.67	0.37
被災者の経験	7 " (7 ~34)	0.89	0.51
被災者の職種	6 " (6 ~64)	1.02	0.64
外的基準： 工程区分	7 種 (16 ~28)	$\eta^2 = 0.83$	

Table 7 Statistical analysis of actual lost workdays by the quantification method of the first type.
休業日数に関する数量化Ⅰ類による分析の結果

要因アイテム	カテゴリー数 (例数)	範 囲	偏相関係数
不安全状態	5 種 (16 ~52)	1704.2	0.33
不安全行動	6 " (12 ~54)	874.5	0.20
災害種類	6 " (18 ~33)	4513.4	0.52
起因物	14 " (4 ~24)	4229.0	0.55
事故の型	6 " (14 ~44)	4664.9	0.60
被災者の年齢	4 " (19 ~47)	1096.7	0.33
被災者の経験	7 " (6 ~34)	1262.9	0.26
被災者の職種	6 " (6 ~62)	1517.7	0.30
外的基準： 休業日数	定数項= 461.8	重相関係数= 0.71	

の災害による傷害程度が、その工程における災害程度の大きさをある程度規定している関係があるように見受けられる。

なお、オリジナルデータでは傷害程度（被災内容）として明瞭な区別がなされる死亡災害と休業災害の別（カテゴリー変数）がある。これを外的基準とした数量化Ⅱ類の分析結果（図表は省略）でもほぼ同様の傾向が読み取れた。

4.5.4 主成分分析による情報集約の試み

今回の分析データはほとんどの分析項目がカテゴリーカルなデータである。そこで、各分析項目の相互関係を知り同時により少数次元での解釈の可能性を探るため、ダミー変数を用いた質的データの主成分分析を行った。

Table 9 および Fig. 8 はその結果であり、固有値が 1.0 以上の主成分が 4 つ得られた。これらの 4 成

Table 8 Statistical analysis of actual lost workdays by the quantification method of the second type.
休業日数グループ別の数量化Ⅱ類による分析の結果

要因アイテム	カテゴリー数 (例数)	範 囲	偏相関係数
不安全状態	5 種 (16 ~52)	0.96	0.26
不安全行動	6 " (12 ~54)	0.89	0.28
災害種類	6 " (18 ~35)	4.12	0.54
起因物	14 " (4 ~24)	3.21	0.55
事故の型	6 " (14 ~36)	4.20	0.61
被災者の年齢	4 " (19 ~47)	0.85	0.33
被災者の経験	7 " (6 ~34)	1.21	0.32
被災者の職種	6 " (6 ~62)	1.18	0.32
外的基準；休 業日数グループ	5 種 (9 ~62)	$\eta^2 = 0.51$	

分での全分散は全体の 62% であった。各主成分軸について解釈を試みると、主成分軸Ⅰは災害種類や事故の型など「災害のパターン」を示すもの、主成分軸Ⅱは経験・年齢などの「被災者の属性」を主に示す軸と考えられる。

そこで、これらの 4 主成分の因子パターン（主成分値）を用いて各分析項目のクラスター分析を行ったところ、各項目は Fig. 8 の図中に楕円線で囲ったようにグルーピングされた。各々、「災害パターン」「被災者属性」「不安全項目」「工程」などを主に示す項目と考えることができる。

いづれにせよ、本主成分分析では明瞭な解釈までには至っていないので、さらに今回の分析では未だ取扱いを行っていない文章項目「災害発生状況」に記載されている内容（災害発生状況の詳細）を加味した検討等が必要と考えている。

5. おわりに

以上本報では、トンネル建設工事における労働災害の被災状況の実態と工事種類・工程などとの関連を中心に分析した結果を述べた。

得られた結果として、

- 1) 工程ごとの労働災害の発生状況が Fig. 2 に示したように得られた。
- 2) 労働災害による傷害程度（休業日数）とその累積頻度分布との関係は Fig. 3 に示すように両対数紙上で直線となる関係が認められた。
- 3) 今回の分析結果では、災害 1 件あたりの傷害程度の大きさは約 90 日であった。

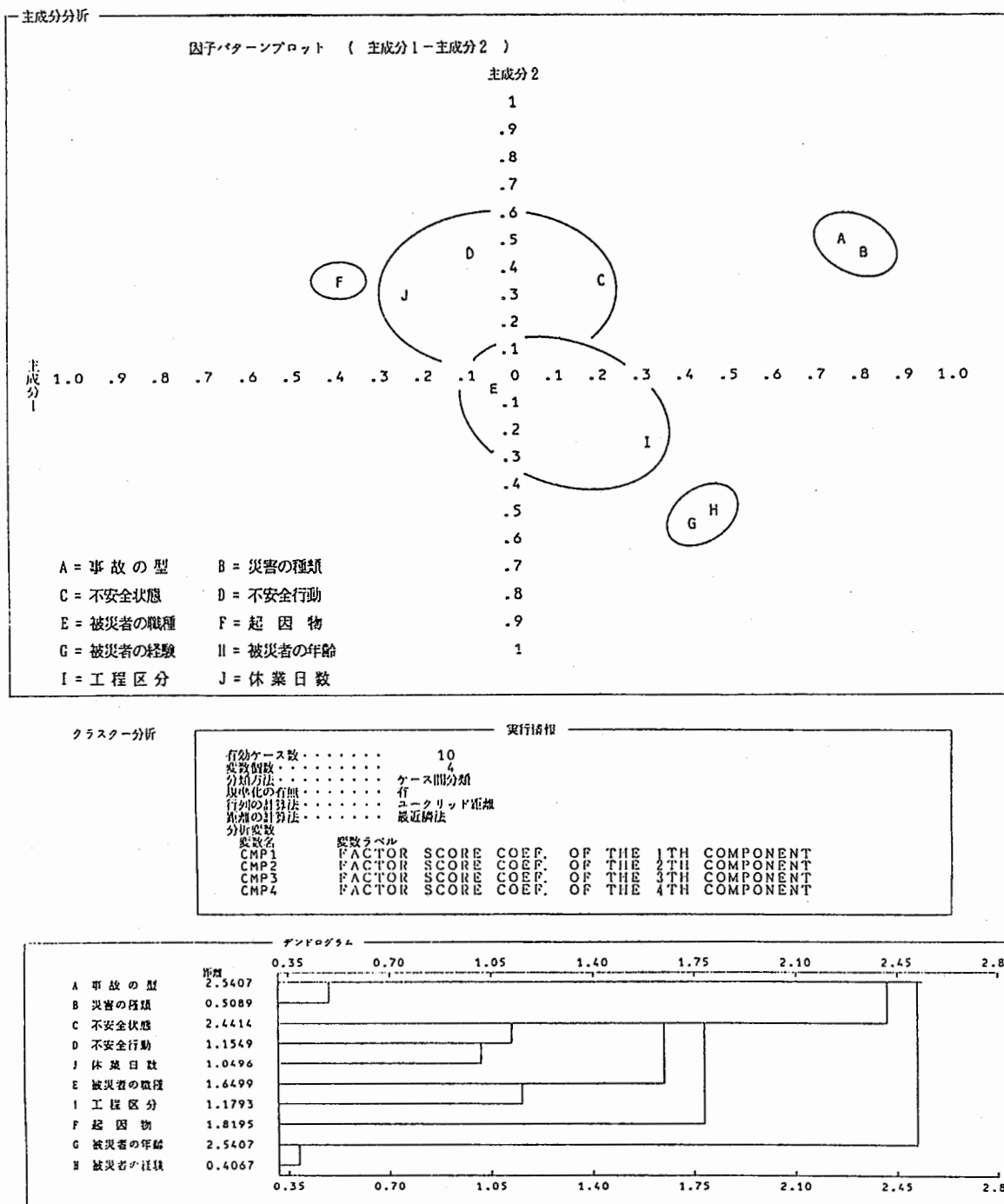


Fig. 8 Result of the cluster analysis by using factor score coefficient of the principal component analysis
主成分分析結果を用いたクラスター分析の結果

Table 9 Result of the principal component analysis.
主成分分析の結果

主成分	主成分 1	主成分 2	主成分 3	主成分 4	主成分 5
固有値	1.9267	1.5906	1.4415	1.2416	0.9385
寄与率	19.3%	15.9%	14.4%	12.4%	9.4%
累積寄与率	19.3%	35.2%	49.6%	62.0%	71.4%
事故の型	0.7560	0.4864	0.0384	-0.1788	略
災害の種類	0.8006	0.4293	0.0215	-0.0678	
不安全状態	0.1866	0.3495	-0.1753	0.3641	
不安全行動	-0.1162	0.4588	0.3018	0.5501	
被災者の職種	-0.0536	-0.0571	-0.6200	0.4478	
起因物	-0.4075	0.3600	0.4736	0.1694	
被災者の経験	0.4072	-0.5726	0.3581	0.3616	
被災者の年齢	0.4282	-0.4779	0.4840	0.3396	
工程区分	0.3066	-0.2316	-0.5875	0.2967	
休業日数	-0.2312	0.3064	-0.0352	0.4542	
備考	災害パターン？ 被災者？		工程？	状況全般？	

- 4) 傷害程度の大きさは、Fig. 4 に示すように工事内容の種類（山岳トンネル、シールド、推進トンネル）によりかなり差がある。
- 5) 同様に、工事の諸工程ごとに、傷害程度の大きさには Fig. 5 に示すように差異があり、掘削工程の傷害程度の大きさは他の工程に比較してかなり大きな値をとる。
- 6) 被災労働者の年代別に傷害程度の大きさを見ると 30 才代・40 才代の中年層の値が、若年層・高年層と比較して大きい傾向が認められる。
- 7) 傷害程度の大きさの変動に強く作用している要因として、「災害の種類」が挙げられる。

などのことが判明した。

今回の分析では、サンプル数が未だ少なく、十分な分析結果が得られたとは考えていないが、最近のトンネル工事における労働災害の傾向をある程度把握できたと考えている。今後分析事例数をさらに増やしてより詳細な検討を加えてゆくとともに、今回の分析では未だ取扱を行っていない文章項目「災害発生状況」の内容を加味した検討と分析とを予定している。

(受理 平成 3 年 3 月 22 日)

参考文献

- 1) 例えば、鹿島建設・間組共同企業体：九州自動車道肥後トンネル南（その 2）工事建設工事計画書，昭和 60 年，他工事計画書多数。
- 2) 例えば、田坂隆一郎：WBS による予算作成と WP の導入に関する一考察，第 5 回建設マネジメント問題に関する研究発表・討論会講演集，pp.215-224，1987。
- 3) 例えば、折田利昭：工程計画における WBS の活用，第 3 回建設マネジメント問題に関する研究発表・討論会講演集，pp.161-168，1985。
- 4) 花安繁郎，鈴木芳美：新幹線建設工事における労働災害の統計分析，産業安全研究所研究報告 RIIS-RR-87，pp.89-101，1987。
- 5) 花安繁郎，鈴木芳美：労働災害の強度特性に関する一考察，土木学会第 43 回年次大会 VI-15，1988。
- 6) 鈴木芳美，花安繁郎：トンネル工事における諸工程と発生労働災害の関連について，土木学会第 45 回年次大会 VI-46，1990。
- 7) 鈴木芳美，花安繁郎：最近のトンネル工事における労働災害の傷害程度の傾向に関する一考察，第 23 回安全工学研究発表会，1990。