

産業安全研究所技術資料

TECHNICAL NOTE OF
THE RESEARCH INSTITUTE OF INDUSTRIAL SAFETY

1977

トンネル建設工事における労働災害の分析(2)
(山陽新幹線広島・山口県内のトンネル災害について)

前 郁 夫
花 安 繁 郎

トンネル建設工事における労働災害の分析(2)
(山陽新幹線広島・山口県内のトンネル災害について)

前 郁 夫*
花 安 繁 郎*

Accident Investigation in Tunnel Construction Sites
(2nd report)

—The case of New Sanyo Line Tunnels of Hiroshima
and Yamaguchi Prefectures—

Ikuo Mae*
Shigeo Hanayasu*

Abstract

It is well known that injury rates (frequency rates) in the construction industry are higher than in many other industries. Accidents associated with tunnel construction have a very high frequency rate and also are of extreme severity in the construction industry.

Furthermore, due to such considerations as noise pollution and difficulties in purchasing real estate, the trend has been toward increased construction of tunnels and other underground structures.

Thus, it is necessary to conduct accident investigation in this field. This paper deals with accident investigation for the purpose of providing a better understanding of the nature of recent accidents at tunnel construction sites.

New Sanyo Line Railway (from Osaka to Hakata) including many tunnels (142 in number, total length 275km) was constructed during the period 1967-1975. The tunnels under investigation at this time are part of the New Sanyo Line Railway tunnels belong to Hiroshima and Yamaguchi prefectures respectively. (88 in number, total length 158km) The available accident data (Reports on Industrial accidents) were gathered from Hiroshima and Yamaguchi Prefectural Labour Standard Offices and, also, information concerning the construction areas was given by the Japan National Railway. The data of this reports were coded and then analyzed and listed by computer. (FACOM 230-35)

The conclusions in this investigation are as follows ;

(1) The average age of injured workers was approximately 40. This reflects the fact that the age of workers in the construction sites has been increasing. The fewer the years of experience of

* Civil Engineering & Construction Research Division

the workers, the more occurrences of accidents. This would reveal that workers cannot adequately accept the rapid transition in technology of tunnel construction. (Fig.1, 2, 3, Table 1, 2)

(2) The characteristics of injuries such as severity and the part of body injured depend on the kind of occupation, working activities, and agents involved. (Fig.4, Table 3, 4, 5, 6)

(3) The frequency distribution of accidents with regard to time shows the peaks after 3 or 4 hours from beginning work or from rest periods similarly to other industrial accidents. (Fig.5)

(4) The cross classification of work activities and agents involved in the injury expresses that about half of the accidents occur in excavation work, 24% are in transportation work, 15% are in concrete lining work. The most frequent agents of injury are falling rocks. Transportation equipment is involved in a large percentage of fatal accidents. The average number of days charged for one work injury was 26.5 days. (Table 7, 8, 9)

(5) In excavation work, the highest risk area is Heading and the most dangerous activity is steel arch support setting. On the other hand, drilling and chopping of rock are the most dangerous activities in Upper half cut. (Table 10, 12, 13)

(6) Large scale collapses of roof rarely occurred, rather most of the injuries related to rocks resulted from rocks of less than 30 cm in diameter falling less than 3m. The injury rate due to rock falls was not influenced by the rock mechanical properties of the rock strata. It was approximately 3.0 accidents/km except in soil I. Also the injury rate was influenced not by the length of tunnel but by the method of excavation. (Fig.6, 7, Table 11, 14)

(7) One of the typical accidents caused by transportation equipment in the tunnel is being struck by or caught by locomotive, wagen, and other movable equipment or struck by any other construction materials moved by the contact with transportation equipment. The latter cause, i. e. struck by materials, includes about 40% of all contact accidents related to transportation equipment. Material handling in transportation work should be given much caution to prevent accidents because many injuries occur in connection with it. (Fig.8, 9, Table 15, 16)

(8) The classification of the location in tunnel where accidents related to transportation take place suggests that considerable numbers of accidents occur at the surface and entrance of a tunnel. They are more frequent than the accidents in heading. Tunnels which have plural entrances indicate higher injury rates than tunnels that have one entrance. (Table 17, 18)

(9) The injury rate with respect to transportation accidents is influenced by the systems of transportation such as rail systems or truck systems. The truck system's injury rate is about 1/3 less than that of the rail system's. Also, the injury rate is influenced by the method of excavation and the length of the tunnel. The longer the tunnel excavated, the higher the injury rate indicated. (Fig.10, Table 19, 20)

1. ま え が き

我が国のトンネル施工技術は、戦後昭和20年代後半より米国からの機械化施工の技術導入を皮切りに近代化が始まり、その後幾多の施工実績を踏まえる中で、地山に応じた掘削工法の開発、地質調査法の改善、湧水処理技術の改良と開発、施工関連機器の改良など施工全般に亘り大きな改革が行なわれ、その結果我が国特有の湧水、軟弱地盤、断層破碎帯等の悪質地盤の克服や、省力化、施工速度の向上など多くの成果をあげ今日に至っている。

一方トンネル建設時における労働災害は、施工技術の進歩と共に発生数、災害発生率はともかなりの減少がみられたものの、未だに他産業に比し高い災害発生率を示している建設工事の中でも一段と高い発生率を示しており、かつ災害程度も重篤なものが多い。

また近年の新幹線、高速道路トンネル工事に代表される工事量の増大と、施工規模の拡大は、労働力の質的低下、量的不足を招き、必然的に大型機械の投入による施工の能率化を急速に普及させる結果となった。大型機械による施工は省力化、施工速度の向上など能率面では大きく貢献したものの、反面労働災害の面では人間機械系システムの不備などによる新たな災害要因を生み出し、災害発生率の低下はここ数年鈍化、あるいは停滞の状態にある。

我々はこれまで、これらトンネル施工中の災害の実態を把握すべく調査、分析を進めてきているが¹⁾²⁾、今回山陽新幹線Ⅱ期工事(岡山一博多)中のトンネル建設工事において発生した労働災害に就いて、調査、分析を行なったので、それらの結果と考察をまとめて以下に報告する。

2. 山陽新幹線期(Ⅱ期工事)

トンネル工事概要³⁾

山陽新幹線Ⅱ期工事(岡山一博多)の工事は、第Ⅰ期工事(新大阪一岡山)に引き続いて行なわれた工事であり、昭和50年3月に完成、営業が開始された。

この工事の特色は、中国山脈が海岸まで迫っているという山陽路の地形的特徴からトンネル区間が多く、全長398kmのうち223km(56%)に達していることである。Ⅱ期工事では総数111本、延長223kmのト

ンネルが建設され、鉄道トンネルとしては現在(1977、1)日本最長かつ海底トンネルとして工事に特色のあった新関門トンネルや、安芸、北九州トンネルなどを始めとする長大トンネルが数多く施工されている。反面山口県下を中心に1km未満の短かいトンネルの数も多く、総数の半数以上を占めていたことも今回の工事の特徴であった。

岡山一博多間の地域は、広島を中心とする起伏のゆるい台地となっており、地質的には中国底盤を構成する花崗岩が基盤となっており、トンネル掘削の地質も大半が花崗岩であった。

これらの花崗岩は、風化作用を受け真砂化している場合もあるが、一般には施工上良質な地質であった。

トンネル断面は曲線半径が7km以上は直曲両用とし、7km未満のものに対しては、側壁部分の広げられた断面が採用された。

覆工コンクリートの厚さは50cm、70cmを基準とし、特に堅硬な地質区間では40cmを、また断層破碎帯などで重圧のかかる区間は90cmとされた。掘削断面積(加背)は巻厚50cmで約75m²、巻厚70cmで約80m²であった。掘削の基準工法は底設導坑先進上部半断面掘削工法であるが、地質、延長、工期などに応じて側壁導坑先進上部半断面工法、上部半断面先進工法(タイヤまたはレール方式)などが採用された。

上部半断面の支保工は、150H、175H、200H鋼アーチが基準であったが、特に地質の良好な区間に対しては、経済的、能率的な施工を図るためロックボルト工法、あるいは平均厚10cmの吹き付け工法が採用された。

長大トンネルの施工に当っては、これまでと同様に斜坑、横坑などの作業坑が多数設けられ、工期の短縮化がはかられた。また人手不足を反映して、施工全般に亘り一段と機械、設備の大型化がみられ、削岩機のジャンボ化、鋼車、機関車の大型化、ずり積機械にドーザーショベルの導入などが目立った。

尚今回の工事において試みられた新しい技術のうち注目すべきことは

1. ロックボルト、吹き付け工法の採用 従来試行的に用いられてきた吹き付け、ロックボルトが一次覆工として積極的に採用された。吹き付け工法は新関門トンネルを中心に、ロックボルトは巳斐、備後トンネルを主体に施工された。

2. 掘削工法の改良 従来の底設導坑に代り、幾つかの工法が試みられた。即ち堅岩部分のトンネルをサイロット工法で掘削し、上半、大背を大型機械で一度に掘削することにより省力化を図ろうとする堅岩サイロット工法、また従来は短距離に用いられてきた上半先進工法を長大トンネルにも適用した長大トンネル上半先進工法、あるいは下半掘削の能率をはかる下半ベンチカット工法、更には第一期工事においても一部採用されたピクジョンによる機械化掘削が更に押し進められたことなど、掘削工法での改革が行なわれた。

3. 災害分析と考察

ここでは前記山陽新幹線トンネル建設工事において発生した労働災害の考察を行なっているが、調査、分析の対象としたトンネルは、災害データが比較的良好に整備されていた広島、山口県内に建設されたもので、トンネル数88、延長距離約 158.8km である。調査分析に当たっての労働災害の資料には、災害が発生した際に各事業所より所轄労働基準監督署に報告された労働者死傷病報告を用いた。報告された災害数は、工事着工以来、殆どのトンネルが工事を終えた昭和48年12月末までで1,868件、うち死亡55件であった。ちなみに山陽新幹線Ⅱ期工事全体の死亡災害は116件であるが、このうちトンネル工事による災害は88件を占めており、非常に死亡事故の多い工事であった事が分かる。

また工事に関連した諸データは、国鉄資料、その他の文献を利用した。これらのデータは総てコード化された後、コンピューター（産業安全研究所 FACOM 230-35 システム）により処理が行なわれた。以下いくつかの観点から考察した結果を述べる。

3.1 被害者の属性および災害の特性に就いて⁴⁾

ここでは死傷病報告により明らかにされた被害者の属性等に関連した事例に就いて述べる。死傷病報告には被害者の属性および災害の特性に関連するものとして、被災者の年齢、性別、経験年数、業務種類（職種）、傷病名、傷害部位、症状および傷害程度などが記載されており、そのほか災害発生時刻や、災害発生時の概況などが簡単に記述されている。

3.1.1 年齢、経験年数別災害発生特性

作業中に被災した労働者の年齢別の構成を調べてみると図1に示すような結果となった。やや左に歪んでいるきらいはあるが、平均年齢約40才を中心にほぼ正規分布に近い分布をしていることが分かる。実際の建設に従事した労働者全体の年齢構成は不明であるが、被災者の平均年齢が約40才が示すように、発生の中心が40才台の中年令層にあることは、トンネル工事も含めた建設工事全体が、作業労働環境が劣悪なために若年労働力の吸引に弱く、中高年齢層に労働力を頼ると言われている一般的事実が、そのまま災害にも反映しているものと思われる。

また被災者の経験年数の分布を調べてみると図2の通りであるが、同図より経験年数が長くなるにつれ、

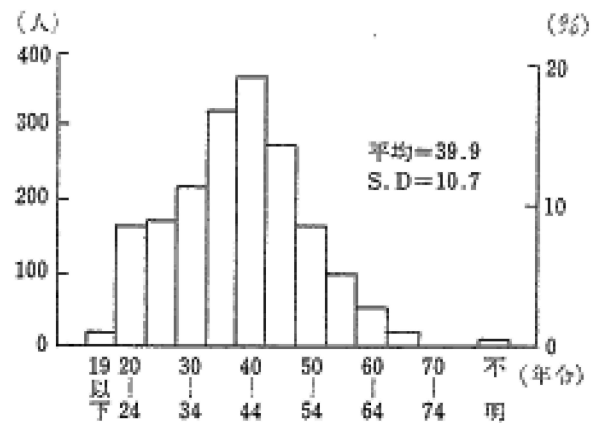


図1 災害者年齢分布

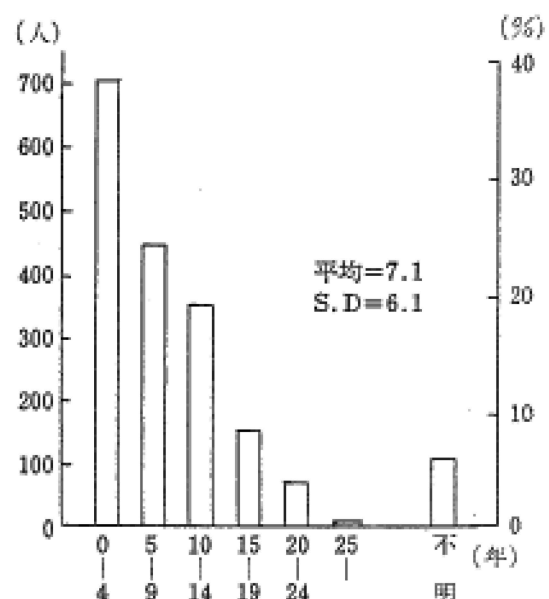


図2 災害者経験年数分布

ほぼ指数関数的に災害が減少していることが分かる。経年数に浅い者に災害発生数が多い裏には、前述の労働力の高令化と並んで、出稼ぎなどによる比較的建設工事の経験の浅い者が実際の作業に従事する機会が多くなったことや、トンネル建設工事が以前の人力を中心とした施工から、大型掘削機、重量運搬機などの機械力を大幅に取り入れた施工に変遷しつつある中で、人間側の不慣れや人間機械系の調和の不備などが存在すること、また複雑多岐な機械類の出現で、オペレーターを中心とした技能工の不足が目立ち、経験の余り無い者が大型機械類を取扱うようになったことなどが背景として考えられる。

被災者の年齢構成、経験年数の分布は図1、2の通りであるが、各年齢層、各経験年数区分毎の危険性の評価のための災害発生率を求めるには、作業員全体の年齢、経験年数の構成を知る必要がある。しかしこれらの資料が得られなかったため、上越新幹線のあるトンネル建設現場において作業員の年齢、経験年数構成の調査を行ない、ここで得られた結果を、今回の調査対象とした工事全体の労働力の構成とほぼ同じであるとみなし、年齢別、経験年数別の災害発生率を推定したのが表1、2である。但しここでの災害発生率とは、作業員全体の災害発生率と、各年齢区分、経験年数区分における災害発生率との比で示される、いわゆる相対災害率⁹⁾である。同表より、年齢別では20才台前半までの若年層と、60才以上の老年層がそれぞれ平均の2～3倍もの高い災害発生率を示しており、また経験年数別では0～4年の経験年数の浅いグループが平均よりも3倍近い高い発生率を示している他は、経験年数が長くなるにつれ発生率は低くなる傾向にある。次に年齢別、経験年数別の傷病程度の変化を調べたのが図3である。同図は、年齢別、経験年数別に死亡災害数と、一件当たりの傷害日数(死亡災害は除く)を調

表1 年齢別相対災害率

年齢区分	人数	%④	山陽トンネル災害		相対災害率 A/B
			人数	%⑤	
～19	1	0.44	18	0.96	2.18
20～24	9	3.96	161	8.62	2.18
25～29	35	15.42	171	9.15	0.59
30～34	28	12.33	214	11.46	0.93
35～39	45	19.82	320	17.13	0.86
40～44	42	18.50	365	19.54	1.06
45～49	33	14.54	272	14.56	1.00
50～54	20	8.81	164	8.78	1.00
55～59	11	4.85	97	5.19	1.07
60～64	2	0.88	52	2.78	3.16
65～69	1	0.44	23	1.23	2.80
合計	227	100.0	(1,868)	(100.0)	1.00

表2 経験年数別相対災害率

経験年数区分	人数	%④	山陽トンネル災害		相対災害率 A/B
			人数	%⑤	
0～4年	32	14.10	705	37.74	2.68
5～9	54	23.79	442	23.66	0.99
10～14	44	19.38	352	18.84	0.97
15～19	38	16.74	160	8.57	0.51
20～24	44	19.38	80	4.28	0.22
25～29	15	6.61	12	0.63	0.10
合計	227	100.0	(1,868)	(100.0)	1.00

べたものであるが、年齢別では災害発生率と同様に、20才未満の傷害程度が高いことと、年齢が高くなるにつれて傷害程度もやや高くなる傾向にあると言え、また経験年数別では、未経験者層に死亡災害が多いことや、発生数は少ないが30年以上のベテラン層の傷害

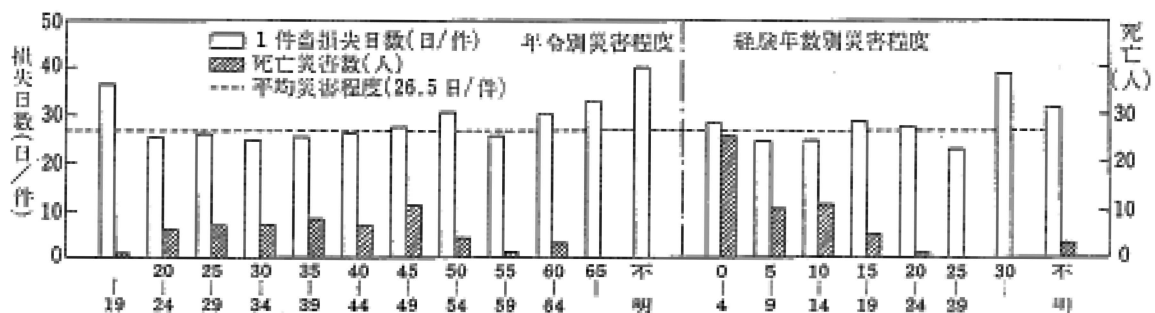


図3 年齢別、経験年数別災害程度

表 3 災害者の職種別分類

職 種	職員	世話役	坑 夫	土 工	大 工	誘導員	運転手	電 工	機械工	雑 役	女 役	その他	不 明	合 計
件 数 (死 亡)	16	87	1,079	481	71	8	49	10	36	18	4	2	7	1,868 (55)
%	0.9	4.7 (3.6)	57.8 (61.8)	25.7 (27.3)	3.8 (1.8)	0.4 (1.8)	2.6 (1.8)	0.5	1.9	1.0 (1.8)	0.2	0.1	0.4	100.
死 亡 率	0	2.30	3.15	3.12	1.41	12.5	2.04	0	0	5.55	0	0	0	2.94%
損失日数	63.8	31.0	25.5	25.2	32.0	41.6	25.3	50.9	26.6	31.2	29.5	14.0	16.6	26.5日/件

程度が高いことなどが特徴である。

以上ここでは年齢別、経験年数別に災害の特性を調べてみたが、言うまでも無く、労働力の量的、質的問題は労働災害と密接に関連しており、特に労働力の高令化と熟練層の不足の問題は、今回の調査においても明確に反映されている。これらは今後も尾を引く問題であることは十分に予想されることであり、労働環境の改善、作業訓練、安全教育など広範かつきめ細かな対策がより重要な課題となってくると思われる。

3.1.2 職 種 別 分 類

被災した作業員を職種別に分類し、発生件数、発生割合、死亡率（死者数/災害発生数）、および死亡災害を除いた一件当りの傷害程度（損失日数）を調べたのが表3である。トンネル建設作業の中心である坑夫および土工と言われる職種が、当然のことながら発生数、死亡数とも全体の8割以上を占めており、かつ死亡率も比較的高い値を示している。傷害程度の高い職種は、発生数では少ない職員（元請）、誘導員、電工などで、従事する作業内容によって災害の質（強度）に変化がみられる。

3.1.3 傷害程度、傷病名、傷害部位別分類

災害によって受けた傷害について幾つかの分類を試みたが、まず傷害程度（休業日数）の分布を調べたのが表4である。休業8日以上いわゆる重傷災害が全体の9割近くを占め、傷害程度の高いトンネル工事災害の特徴を示している。また死亡率も2.94%と建設業平均の2.12%（昭和48年）よりも高く、トンネル建設工事の災害強度率が建設業の中でも一、二位を争う高い値であることを裏づけている。

また表5は傷害内容（傷病名）について災害の分類を行なったものである。同表より骨折、打撲傷による災害が圧倒的に多く、両災害で発生数、死亡数とも全体の7割もの多くを占めていることが分かる。また内

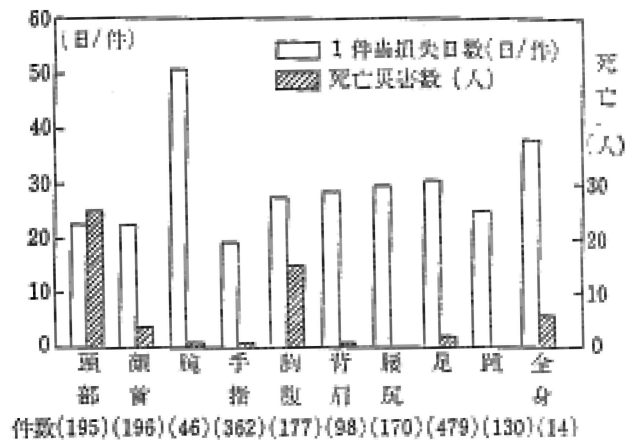


図 4 傷害部位別災害程度

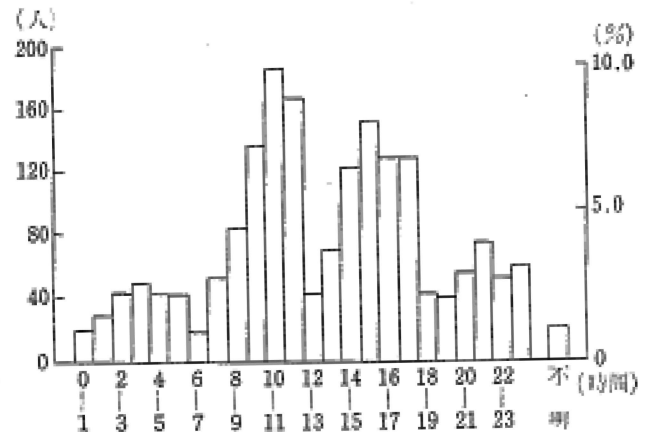


図 5 労働災害発生時間別分布

臓破裂による災害が、死亡率、傷害程度の両方共極めて高い値であることなども目立っている。骨折や打撲傷などの災害が多い理由には、作業対象が主に岩石であるので、落石等による災害が多いことや、取扱い機械類が大型化、重量化することによって、機械的エネルギーの大きな物体により災害を受けることが増えたためと考えられる。

また表6では傷害部位別に災害分類を行ない、図4

表4 傷害程度発生頻度(損失日数)

程 度	0~7	8~14	15~20	21~29	30~59	60~89	90~179	180~	死 亡	不 明	合 計
件 数	200	462	286	306	362	96	69	22	55	10	1,868
(%)	10.7	24.7	15.3	16.4	19.4	5.1	3.7	1.2	2.9	0.5	100.0

表5 傷害内容別分類

傷病名	骨 折	擦 傷	創 傷	挫 傷	打 傷	内臓	眼傷	火傷	感電	その他	不明	合 計
件 数 (死 亡)	840 (28)	39	307 (8)	186 (3)	426 (10)	10 (5)	27	14	3	6 (1)	10	1,868 (55)
%	45.0 (50.9)	2.1	16.4 (14.6)	10.0 (5.5)	22.8 (18.2)	0.5 (9.1)	1.5	0.8	0.2	0.3 (1.8)	0.5	100.0
死亡率	3.33	0	2.61	1.61	2.35	50.0	0	0	0	16.7	0	2.94%
損失日数	34.4	23.8	21.7	17.3	17.9	90.0	81.1	27.4	17.0	20.6	30.4	26.5日/件

表6 傷害部位別分類

傷害部位	頭 部	顔・首	腕	手・指	胸・腹	背・肩	腰・尻	足	踵	全身	不明	合 計
件 数 (死 亡)	195 (25)	196 (4)	46 (1)	362 (1)	177 (15)	98 (1)	170	479 (2)	130	14 (6)	1	1,868 (55)
%	10.4 (45.5)	10.5 (7.3)	2.5 (1.8)	19.4 (1.8)	9.5 (27.3)	5.3 (1.8)	9.1	25.6 (3.6)	7.0	0.8 (10.9)	0.1	100.0
死亡率	12.8	2.04	2.17	0.28	8.47	1.02	0	0.42	0	42.9	0	2.94%
損失日数	22.9	22.5	51.3	19.4	27.7	28.9	29.9	30.7	24.8	38.0	—	26.5日/件

には部位別に一件当りの傷害程度(休業日数)と死亡災害数を示したものである。発生数では手、足の災害で約半数を占めているが、死亡災害では頭部と胸腹部における災害が多い。死亡災害以外で傷害程度の大きな災害は腕と全身によるものであるが、主に骨折や打撲傷による損傷の大きな災害が多いためである。

3.1.4 時間別災害発生分布

作業員の属性とは若干趣は異なるが、災害の時間別発生頻度を調べてみると図5の通りであった。現在のトンネル建設工事は、昼夜連続交代制が通常のようなものであるが、一般に夜方は主に掘削作業に限られるためか、昼方に比べると災害発生数は少なく、全体の3割近くが夜方の災害である。また時間別にみて10~11時、15~16時、21~22時、3~4時のように昼方、夜方を問わず、いずれも作業開始後あるいは休息を挟んでの後3~4時間後の時間帯に発生数のピークがみられ、この発生パターンは、一般の工場等における労働災害の発生パターンとほぼ同様である⁷⁾。

3.2 作業・起因物別分類

死傷病報告書には既に述べてきた被害者の属性に関する項目の他に、災害発生の原因および状況について簡単な概況説明が記載されている。これらの記載内容より、災害の発生特性をより明確に把握するための原因分類にはさまざまな分類法が考えられるが、ここでは前報³⁾で試行的に行なった作業・起因物別の分類を全災害について分類調査を行なった。すなわち作業別では現在のトンネル施工の実情をできる限り反映すべく47の小項目を設定し、共通するものをまとめて7区分(大分類)とし、起因物でも同様に41小項目、9大分類項目をそれぞれ設定した。これらの分類項目に従いがい、全災害を分類集計した結果を表7(小分類)、表8(大分類)に示す。

災害の大きな傾向は表8より、作業別では掘削(48%)、運搬(24%)、覆工(15%)の順で災害が多く、トンネル工事の三大主力作業で全災害の約9割を

表 7 作業別、起因物

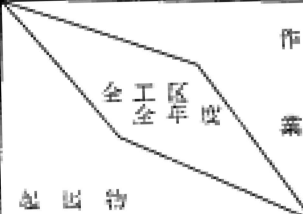
		掘削作業																			
		導坑・斜坑					上半					大背・土平					その他				
		穿	発	こ	積	レール延	穿	発	こ	積	レール延	穿	発	こ	積	支保工解体	穿	発	こ	積	
孔	破	く	積	伸	孔	破	く	積	伸	孔	破	く	積	体	孔	破	く	積			
掘削系起因物	積込																				
	トラクター系					3	1			1	2				1				1		
	ショベル系		1		3					4			1		2				1		
掘削系起因物	ロックショベル	2	1	1	3					1			1		2				2		
	その他積込				2									1							
	掘削機	11		1						25					20	1			6		
掘削系起因物	ジャンボ	3								8	1	2	1	5		1			1		
	トンネル掘削機									1											
	すい道支保工	1			1	23					2			28				5			
掘削系起因物	すり	2	1		8	2	2			5				2		10	2		2		
	グラウト機械																				
	コンクリート機械												1								
掘削系起因物	すい道型枠支保工					5						1	3	1		1					
	軌道																				
	バッテリーカー	1			2						1							1			
運搬系起因物	台車・トロ	1			2	2	1			4							3				
	動力物上げ	1			2									6			1	1			
	手動物上げ																				
運搬系起因物	すり拵て機																				
	コンベアー																				
	運搬機(車)																1				
設備	電気設備									1				1							
	他に属さぬ装置	1														1					
取扱系起因物	工																				
	動力工具																		1		
	手工具	1	1			1	3	2			1			2			1		1		
	用具	2	1							3				1	3			1			
	資																				
	ケーブル					1				4				5	1						
	パイプ	1					1														
	その他金属材料																	1	1		
材料	石材・コンクリート																				
	角材・丸太	2					5	1						1			1				
	矢板・足場板						3	1						4					1		
作業箇所	火薬類	3	6							2	8				1	4			3	2	
	通路				2	1	1				1										
	作業床		1				7	8	4		1		1	6	1	1	2		1	1	
環境	本米足場でない足場					4	1		1	1		1	2	1			2				
	足場・梯子	1					1	5		1	1		8	3		1	1	1	1		
	開口部							1			1		1	1					1		
その他	岩盤(石)	40	9	12	8		50	76	21	34	17	1	83	46	3	11	12	3	15	2	3
	湧水	1																			
	ガス				2		1	3				1									
小計	74	21	14	35	2	111	147	34	36	45	10	151	84	11	14	39	15	32	3	3	9
合計																					890

表 8 作業別・起因物別クラス集計 (大分類)

() 死亡災害数

起因物 作業	起 因 物 別 (大分類)										合 計	(%)
	掘削	覆工	運搬	設備	取扱	火薬	作業箇所	環境	その他			
作業別 (大分類)	掘削	(4) 220	12 (2)	30	4	59 (4)	29 (1)	81 (13)	454	1 (24)	890	47.6
	覆工	13 (1)	106 (1)	12	2	53	0	61	30	1 (2)	278	14.9
	運搬	(1) 59 (1)	31 (16)	200	8	110	0 (1)	26	5	2 (19)	441	23.6
	設備	9	0	7	4	27	0	22	7	1	77	4.1
	共通	(1) 18 (2)	10 (3)	19	5	41	0 (2)	35	4	3 (8)	135	7.2
	明り	2	0	1	0	6	0	9 (1)	2	1 (1)	21	1.1
	その他	0	1 (1)	4	2	13	0	4	0	2 (1)	26	1.4
合 計	(6) 321	(4) 160 (23)	273	25	309 (4)	29 (4)	238 (14)	502	11 (55)	1,868	100.0	
(%)	17.2	8.6	14.6	1.3	16.5	1.6	12.7	26.9	0.6	100.0		

表 9 作業・起因物別 1 件当り災害程度 (日/件)

起因物 作業	起 因 物 (大分類)										平 均
	掘削	覆工	運搬	設備	取扱	火薬	作業箇所	環境	その他		
作 業 (大 分 類)	掘削	23.9 (4)	20.3	34.9 (2)	15.5	20.5	57.1 (4)	25.2 (1)	23.9 (13)	30.0	25.0 (24)
	覆工	24.8	22.1 (1)	32.8 (1)	45.5	20.1	0	28.5	22.7	15.0	23.9 (2)
	運搬	30.5 (1)	23.1 (1)	33.2 (16)	37.5	23.4	0	24.5 (1)	21.4	17.0	28.9 (19)
	設備	24.3	0	52.3	8.7	19.3	0	39.1	26.1	10.0	28.8
	共通	28.6 (1)	22.0 (2)	50.1 (3)	25.2	25.1	0	33.3 (2)	11.5	22.3	30.2 (8)
	明り	40.0	0	60.0	0	34.0	0	49.2	60.0 (1)	21.0	43.4 (1)
	その他	0	15.0	21.7 (1)	17.0	19.2	0	54.3	0	75.0	29.2 (1)
平 均	25.5 (6)	22.1 (4)	35.0 (23)	26.6	22.2	57.1 (4)	29.8 (4)	23.8 (14)	29.7	26.5 (55)	

() は死亡災害数

占めており、これらの傾向は前回調査を行なった新幹線六甲トンネルとほぼ同様である。

掘削作業中の災害が全体の約半数を占めている背景には、前報²⁾でも既に述べた通り、岩盤力学性状解明の不十分さや、地質構造の不規則による作業の標準化や本格的機械化掘削の困難性、あるいはこそく、浮石点検、支保工建込作業など未だに人力に頼る作業がかなり残されていることなどが考えられる。

運搬作業では、ずり、資材等の運行走行中、積込・

積卸作業、軌道装置の誘導・切替・連結作業に災害が多発している他、掘削作業と並んで死亡災害が多いのもこの作業の特色である。

次に起因物別分類では岩盤(岩石)を主体とした環境系の起因物が最も多く(27%)、次いで掘削系(17%)と取扱系(17%)がほぼ同様な割合で発生し、以下運搬系(15%)、作業箇所(13%)の各起因物が比較的まとまった発生数を示している。一方死亡災害では軌道装置、運搬機(車)を中心とした運搬系起因物

が圧倒的多数(23件, 41%)を占めている他, 岩石(14件, 25%)による災害も目立っている。

岩石災害の多発は, 前述の掘削作業に災害が多いことと表裏の関係にある理由の他, 今回の場合新幹線広島・山口県内の地質が花崗岩を主体としたものであったことも影響しているのではないかと考えられる。

作業・起因物相互間では, 環境(岩石)系起因物の発端が掘削作業中に発生していることや, 掘削作業中の掘削系機械, 運搬作業中の運搬機械による災害が比較的まとまった発生をみせている。

また表9は, 作業起因物別に非死亡災害一件当りの休業日数と死亡災害の発生状況を示したものである。起因物での死亡災害は運搬系, 環境系に集中し, 傷害程度では火薬類による災害が高い他に, 死亡災害の多い運搬系の起因物が各作業とも高い値を示している。また作業別では掘削, 運搬災害に死亡災害が集中し, 傷害程度の高いのは発生数が比較的少ない共通, 閉り作業などである。

以上ここでは災害を労働者の従事した作業別と, 災害の元となった起因物別に原因分類を行ってきた。トンネル建設工事は岩盤を穿つと言う作業から総ての作業が始まるのであり, この基本的な掘削作業が工事の主流をなしていると同時に, 労働災害の面でも掘削作業中における災害, なかんづく落石, 肌落ち等の岩石災害がその主流をなしていることは今回の分析の結果からも明らかである。一方近年のトンネル建設工事の趨勢としての機械化施工の一層の普及は, その質的, 量的な変革の反映として, 労働災害の面では特に死亡災害に顕著に示される運搬関連災害の増加として顕在化してきた。岩石災害が古いタイプの災害とすれば, 運搬災害は新しいタイプに属する災害と言えよう。従って, これらの災害については, 工事関連要素も混じえ後節で詳しく論ずることとした。

3.3 掘削関連災害の分析⁶⁾

全災害の約半数を占める掘削関連災害およびこれに含まれる落石, 肌落ち災害について以下の様な分析を行なった。トンネル建設工事の主力は掘削作業であるので, ここに災害が集中することは当然とも言えるが, 掘削時の岩盤の挙動については未だ十分解明されておらず, 特に落石, 肌落ち等の予知, 防止については, 従来の経験的判断に委ねられているのが現状である。しかも今回の調査対象とした山陽新幹線トンネルは, 冒頭にも述べた様に, 大半が花崗岩系の地質であったために, この種の岩の特質である節理や割れ目等の発達により, 落石の発生し易い条件にあったと指定される。

3.3.1 切羽別掘削関連災害の分析

掘削関連全災害件数890件について, 発生した切羽の場所毎に分類したのが表10である。掘削方式によっては表に示された場所に該当しない場合があるが, 一応標準工法であり, 全距離の70%以上を占めた底盤導坑先進上部半断面工法による切羽分類を用いた。各切羽の断面積はそれぞれ異なるので, 切羽別の災害危険性を調べるために, 全断面積に対する各切羽の面積比率と, 各切羽における災害発生割合の比較を行なったが, この場合断面積の計算には上述の標準工法における巻厚50cmと70cmの場合の掘削断面積の平均値を用いた。なお斜坑での災害は導坑における災害として分類した。これによると切羽別では, 導坑が他の上半, あるいは大背, 土平等に比し高い災害危険性を有していることが示されている。

3.3.2 落石・肌落ち等災害の落下岩石の分類

落石, 肌落ち等による災害について, その落下高さ, 落下岩石の大きさ, 形状について分類すると表11に示すような結果となり, 落下高さ別では1~2mの高さが圧倒的に多く, 次いで2~3mであり, 3m未

表 10 切羽別災害発生状況

切 羽	全災害件数(落石等災害件数)		(A)	(B)		A/B
			全災害に対する比	掘削断面積(全断面積に対する比)		
導 坑	257	(119)	28.9%	14.0m ²	17.5%	1.65
上 半	423	(232)	47.5	37.3	46.5	1.03
大背, 土平	163	(75)	18.3	28.9	36.0	0.65
そ の 他	47	(20)	5.3	—	—	—
合 計	890	(446)	100.0	80.2	100.0	1.00

表 11 岩石の落下高さ～形状分類

形状 大きさ	最大直径 (cm)						容 積 (m ³)				土砂 押し出し	落盤 崩落	不 明	合 計	%
	落下高	10	10	20	30	40	50	0.5	1.0	2.0					
0～1m	10	12	14	3	4		2	1	3				3	52	10.8
1～2	34	43	57	9(1)	9	6	11	7(1)	3(1)		2	7(1)	17	205(4)	42.7
2～3	24	19	39	8	9(1)	3	8	5	3(2)	3	1	6	12	140(3)	29.2
3～4	1	10	13				8	4	(1)	(1)		3(2)	2	43(4)	9.0
4～5	5	7	3	2			2			1			2	22	4.6
5～		1		1			(1)							3(1)	0.6
不明	1	3	4								1	1	5	15	3.1
合計	75	95	130	23(1)	22(1)	9	30(1)	19(1)	10(4)	5(1)	4	17(3)	41	480(12)	100.0
%	15.6	19.8	27.1	4.8	4.6	1.9	6.3	4.0	2.1	1.0	0.8	3.5	8.6	100.0	

() は死亡者数

表 12 掘削作業災害, 作業サイクル別発生状況

		発生数 (A) (人)	比率%	サイクル タイム	(B) 比率%	A/B
導	穿孔	74	28.8	59分	26.9	1.07
	発破	21	8.2	30	13.7	0.60
	こそく	14	4.7	20	9.1	0.52
	ずり積	35	13.6	60	27.4	0.50
	レール延伸	2	0.8	10	4.6	0.17
坑	支保工建込	111	43.2	40	18.3	2.36
	小計	257	100.0	219	100.0	1.00
上	穿孔	147	34.8	67	21.9	1.59
	発破	34	8.0	50	16.3	0.49
	こそく	36	8.5	20	6.5	1.30
	ずり積	45	10.6	64	20.9	0.51
	レール延伸	10	2.4	—	—	—
半	支保工建込	151	35.7	105	34.3	1.04
	小計	423	100.0	306	100.0	1.00

表 13 落石等災害, 作業サイクル別発生状況

		発生数 (A) (人)	比率%	サイクル タイム	(B) 比率%	A/B
導	穿孔	40	33.6	59分	26.9	1.25
	発破	9	7.6	30	13.7	0.55
	こそく	12	10.1	20	9.1	1.11
	ずり積	8	6.7	60	27.4	0.24
	レール延伸	—	—	10	4.6	—
坑	支保工建込	50	42.0	40	18.3	2.30
	小計	119	100.0	219	100.0	1.00
上	穿孔	76	32.8	67	21.9	1.50
	発破	21	9.1	50	16.3	0.56
	こそく	34	14.7	20	6.5	2.26
	ずり積	17	7.3	64	20.9	0.35
	レール延伸	1	—	—	—	—
半	支保工建込	83	35.8	105	34.3	1.04
	小計	232	100.0	306	100.0	1.00

満の高さで全体の80%以上を占めている。なおこの落下高さは被災者の位置を基準として算出している。

落石の大きさ、落盤の規模については、原データでは径 (cm)、容量 (m³)、重量 (kg) 等で記載されているものを適宜換算し、表に示すような区分に分類した。これによれば、落盤、崩落と呼称される大規模の災害は少なく、通常肌落ちと言われている落石によるものが殆んどであり、その大きさも 30cm 径程度

以下のものが全体の 2/3 近くに達しており、10cm 径以下の小落石でも 15% 以上を占めていることが分かる。

3.3.3 切羽掘削作業サイクルと災害の関係

掘削作業中に発生した災害のうち、導坑 (斜坑も含む)、上部半断面切羽で発生したものについて、切羽作業に含まれる各種作業毎の災害発生状況と、そのサイクルタイムを比較、対比したものが表12である。表

中のサイクルタイムは底設導坑先進工法における岩Ⅲに対する標準値で、損失時間は除いてある。単位時間当りの災害発生比率(A/B)の大きいのは、導坑切羽では支保工建込み作業であり、上部半断面切羽では穿孔作業、こそく作業となっている。

また表13は、上記掘削作業災害のうち落石、肌落ち等の災害についてサイクルタイムを考慮した発生比率を同様に求めたものである。導坑切羽では支保工建込み、穿孔、こそくの各作業が、上部半断面切羽ではこそく、穿孔、支保工建込みの各作業の順に落石災害の比率が高いことがわかる。

以上表12、表13より掘削作業中の災害は、切羽の場所および作業により災害危険性が相違していることが明らかとなった。

3.3.4 落石肌落ち災害と岩種

落石、肌落ち災害の全件数480件について、起因となった岩石を国鉄における岩分類^{*1}による岩の種類別に分類すると図6に示す結果となる。同図は発生数であるので、調査対象の岩種別の施工距離を考慮し、岩種別に施工距離1km当りの災害発生率をみると表14の通りであり、土Iの場合を除くと岩種による相違はとくにみられない。この岩分類は岩の硬さを基準としたものであり、必ずしも落石、肌落ち等の難易を表わすものではない。したがって、落石災害は岩種の相違に拘らず、ある一定比率で発生する結果となっている。なお死亡災害は岩Ⅳで6件、岩Ⅱで4件、岩Ⅲで2件それぞれ発生している。

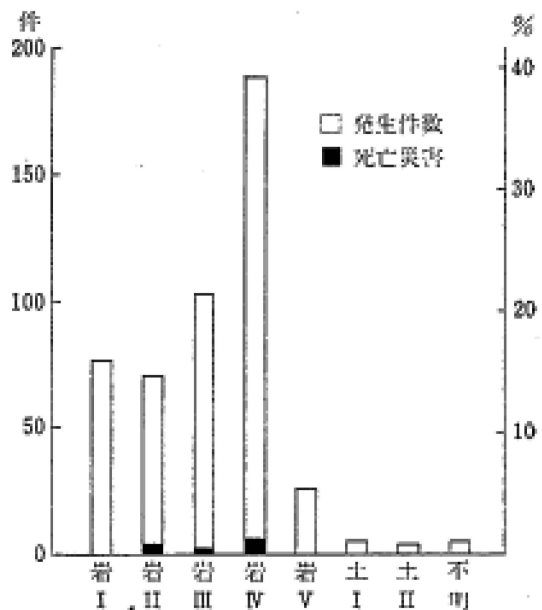


図6 岩種別落石災害発生状況

表14 岩種別災害発生率 (件数/km)

岩種	災害数	施工長(km)	件数/距離
岩種 I	77	25.5	3.03
〃 II	71	22.5	3.16
〃 III	103	33.7	3.06
〃 IV	189	63.7	2.97
〃 V	26	9.8	2.65
土 I	5	0.2	30.20
〃 II	4	1.3	3.14
不明	5	2.2	2.25
合計	480	158.8	3.02

*1 種別では岩石の硬軟、割れ目の状態などによりトンネルの岩種を分類しており、岩I～岩IV等の名称をつけている。

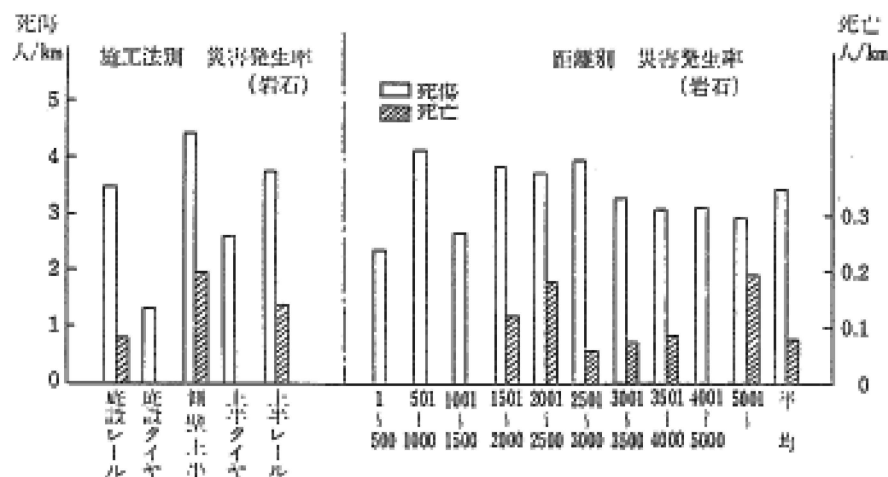


図7 施工法距離別災害発生率 (岩石)

3.3.5 施工法別・工区距離別落石災害

落石、肌落ち災害を施工法別、工区距離別の災害発生率で示したのが図7である。施工法別では側壁導坑先進工法で高い値を示しているが、これは地質条件の影響、切羽の数が関与しているためと思われる。また距離別でみると、発生数（死傷災害）に対する災害率は、とくに工区の長短には無関係に災害が発生していることを示しており、1,500m以上の工区において死亡災害の発生がみられている。

3.4 運搬関連の災害分析⁴⁾

既に3.2節で明らかにしたように、運搬作業中の災害は全災害件数の約1/4を占め、かつ起因物別では死亡災害の発生順位が第1位、1件当りの損失日数も平均を超えており（表-8、9）、現在の我が国のトンネル建設工事における労働災害防止にとって、特に重要な課題となっている。運搬関連災害の発生形態は多種多様に互っており、これらをより明確にするために、以

下に述べるような分析を行なった。

3.4.1 運行車輛状態・被災者作業別発生状況

災害発生の因となった車輛がどのような状態であったか、また被害者の従事していた作業が何であったかを示すのが表15の車輛状態別、被災者作業別クロス集計である。また車輛状態別、作業別に発生数を円グラフで示すと図8、図9のとおりである。表15、図9より車輛の状態別では、走行時についてみると接触による災害がやはり多数を占め、特に誘導作業における接触災害が多い。また衝突、追突による便乗者の災害もかなりの発生をみせている。停止時については、資材の積込み、積卸し作業が大半であるが、脱線復旧中の災害、ずりの積込み、ずり捨て時の災害、修理点検中における災害等も無視できない。

被災者の作業別の発生割合は図8より、資材の積込み、積卸しの際の災害が多いが、これは台車、トロ等による重量物の取扱いが、坑内では人力に頼らざるを得ない実情を反映している結果と思われる。この災害

表 15 運搬車輛災害の作業別・車輛状態別分類

作業 (被災者)	車 輛 状 態										計	%	
	走行 接触	脱 線	衝 突・ 追 突	入 換・ 通 結	徐 行	待 機・ 停 止	修 理 点 検	積 積・ 積 捨	資 材 積 卸	脱 線 復 旧			
運 行 業 務	運 転	17	7	10(1)				(1)			35	(2)	7.8
	乗 車 誘 導	8(1)		4							12	(1)	2.7
	便 乗	18(2)	5	26(2)					1		50	(4)	11.1
	乗 降 時	4	3		2	4	9	1	1		24		5.3
	入 換 ・ 通 結	2(1)			3		1				34	(1)	7.5
	下 車 誘 導	25(6)	3	1	4	4(2)	3	1			41	(8)	9.1
運 行 業 務 以 外	点 検 修 理	7					20				27		6.0
	ずり積ずり捨	3(1)	1				(1)	20(1)			25	(3)	5.5
	資 材 積 卸	3							125		128		28.4
	脱 線 復 旧									32(1)	32	(1)	7.1
	掘 削	8							1		9		2.0
	覆 工	4(1)	1	(1)							6	(2)	1.3
通 行 待 機	14(3)									14	(3)	3.1	
そ の 他	12(1)	2								14	(1)	3.1	
計	125 (16)	22	42 (4)	37	8 (2)	13	21 (1)	23 (2)	128	32 (1)	451	(26)	
%	27.6	4.9	9.3	8.2	1.8	2.9	4.7	5.1	28.4	7.1			100.0

() は死者数

表 16 接触災害分類

種別	非乗車員			運転または同乗員			障害物	計
	直接		間接	直接		間接		
	ト	口積荷		ト	口積荷			
死傷者	45	7	17	17	6	19	14	125
%	36.0	5.6	13.6	13.6	4.8	15.2	11.2	100%
死亡者	12	0	0	1	0	2	1	16
%	75.0	0	0	6.3	0	12.5	6.3	100%

表 17 運搬関連災害 発生場所一起因物別分類

発生場所 起因物	発生場所									合計	%
	坑外	坑口	斜坑	斜坑底 交点	本坑	上半	導坑	その他 (公道)	不明		
コ	19(2)	7	1	5	41(5)	0	31(4)	0	0	104(11)	23.06
鋼車	23	3(1)	1	6(1)	49(1)	3	44(2)	0	2	131(5)	29.05
台車	20	6	(3)	6	28	3	31(1)	0	1	98(4)	21.73
人車	0	1	18	0	0	0	0	0	0	19	4.21
コンクリート運搬車	5	2	1	3	10(1)	0	0	0	1	22(1)	4.88
軌道類	1	0	0	0	3	0	2	0	0	6	1.33
ダンプ	12	3	0	0	5(2)	2(1)	0	4(1)	1	27(4)	5.99
トラック	6	1	0	1	4	1	0	2	1	16	3.55
ミネサー車	0	1	0	0	2(1)	0	0	1	0	4(1)	0.89
コンベアー	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0.22
ブルドーザー類	2	0	0	0	5	2	0	0	1	10	2.22
揚重機	8	0	2	0	0	2	1	0	0	13	2.88
合計	96(2)	24(1)	26(3)	21(1)	147(10)	13(1)	110(7)	7(1)	7	451(26)	100.00
%	21.29	5.32	5.99	4.66	32.59	2.88	24.39	1.33	1.55	100.00	

() は死亡者数

を除くと車輛の誘導中(乗車、下車誘導)、便乗、運転の順となり、特に誘導時の死亡災害が多いことが注目される。

3.4.2 走行時の接触災害の分析

前項で示したごとく、運搬車輛関連災害で発生数の多い接触による災害について分析を行なってみた。

接触の形態には、運搬車輛等に乗車していない人間が車輛に躓かれたり、挟まれたりする場合と、運転または誘導、あるいは便乗など乗車して、自分の乗っている車輛や積荷に接触する場合と、乗車している者が支保工その他障害物に当たる場合などがある。また車輛等に直接接触しなくても、車輛等が走行中に坑内の他の物体(資材その他)に接触し、これが転倒、移動し、人間に接触するという間接的な接触災害もある。

る。

表16は接触災害を上述の区分に従って分類したものであり、直接接触による災害が60%、間接接触や障害物による接触が40%という比率が示すように、後者による災害も無視できないことを示している。

3.4.3 運搬関連災害発生場所起因物別分類

災害の発生場所とその起因物についてクロス集計を行なったのが表17である。発生した場所別の順位は、本坑、導坑、坑外の順となっているが、ここで言う本坑とは、導坑、上半とも掘削が完了した未覆工区間、覆工区間の坑内を包括している。坑外における災害が予想外に多く、坑口付近を併せると導坑内での災害件数を超えている。これに反して、斜坑、斜坑交点のような比較的條件の悪い場所での発生数は少なく、これ

表 18 坑口形式別、災害発生場所分類

場所 形式	坑外		坑口		作業坑 斜坑底 交点	本坑	上半	導坑	その他	不明	合計%④	施工距離%⑤	相対 災害率		
	坑外	坑口	坑外	坑口											
普通坑口	70(2)	17(1)	—	—	—	100(6)	7(1)	68(3)	6	5	273(13)	60.53	103.39	65.11	0.93
斜坑	8	5	2	12	—	20(2)	4	19(2)	(1)	1	72(5)	15.96	24.92	15.69	1.02
横坑	7	2	3(2)	2	—	14(1)	2	14(1)	0	0	44(4)	9.76	13.32	8.39	1.16
立坑	4	0	2	0	—	(1)	0	1	0	0	8(1)	1.77	2.58	1.62	1.09
併用	7	0	19(1)	7(1)	—	12	0	8(1)	0	1	54(3)	11.97	14.58	9.18	1.30
合計 %	96(2) 21.3	24(1) 5.3	26(3) 5.8	21(1) 4.7	—	147(10) 32.6	13(1) 2.9	110(7) 24.4	7(1) 1.6	7 1.6	451 (26)	100.0	158.78 km	100.0	1.00 ④ ⑤

() 死亡災害

表 19 運搬システム別、直接起因物分類

起因物 システム	F		コ		鋼車	台車	人車	コンクリート車	軌道類	ダンプトラック	ミキサー車
	F	コ	F	コ							
レール方式	104(11)	—	131(5)	—	—	98(4)	—	—	6	21(1)	(1)
タイヤ方式	—	—	—	—	—	—	—	—	—	22(3)	3
合計 (%)	104(11) 23.1	—	131(5) 29.1	—	—	98(4) 21.7	—	—	6 1.3	43(4) 9.5	4(1) 0.9

起因物 システム	コンベアー			ブルドーザー	揚重機	合計%④	施工距離%⑤	相対災害率
	コンベアー	ブルドーザー	揚重機					
レール方式	1	7	12	422(23)	93.57	131.04	82.53	1.13
タイヤ方式	0	3	1	29(3)	6.43	26.86	16.92	0.38
合計 %	1 0.2	10 2.2	13 2.9	451(26) 100.0	100.0	158.78 km	100.0	1.00 ④ ⑤

() 死亡災害

は悪条件なるが故に運搬災害に対する管理面での規制が、他に較べて厳しく実施されているためと思われる。

3.4.4 運搬関連災害の坑口形式発生場所分類

一般に坑口形式は、トンネル延長の長短や坑外用地の取得の難易に関連して決定されるが、普通坑口以外の形式は、長大トンネルの分割施工に際して多く採用されている。表18は災害の坑口形式別、発生場所別のクロス集計の結果である。坑口形式の項で併用とあるのは、同一工区内に2箇所以上の普通坑口または作業坑を有するものを指す。

表中に示した相対災害率は、施工延長比率と災害発生比率とを比較したものであるが、斜坑、立坑等を利用したものは、前に述べたとおり一般に施工延長が長く、このほか運搬システムが本坑と作業坑で不連続となるため、災害の多発傾向が示されている。

3.4.5 運搬システムと直接起因物分類

運搬関連災害を、ざりおよび資材等の搬出入の運搬システムがレール方式（軌道装置）であるかタイヤ方式（ダンプカー）であるかに分け、かつそれぞれの起因物毎に分類したのが表19である。タイヤ方式に比しレール方式が発生数は圧倒的に多いが、これはそれぞれのシステムによる施工延長が異なるためで、相対災害率、すなわち施工延長比率と災害発生比率を比較することにより両システムの相違を調べてみた。これによるとタイヤ方式の場合の災害率は、レール方式の場合の災害率の約1/3となっており、運搬災害の面からみて、前者がかなり有利であることが分かった。

3.4.6 施工法別、工区延長別災害発生率

既に述べた様に運搬システム、坑口形式の相違によって災害の発生状況も異なっており、これらは施工法や工区延長などに関連した相違ともみられるから、運搬災害の施工法別、工区距離別の災害発生数および災害率（件数/km）を求め、それらを表20、図10に示し

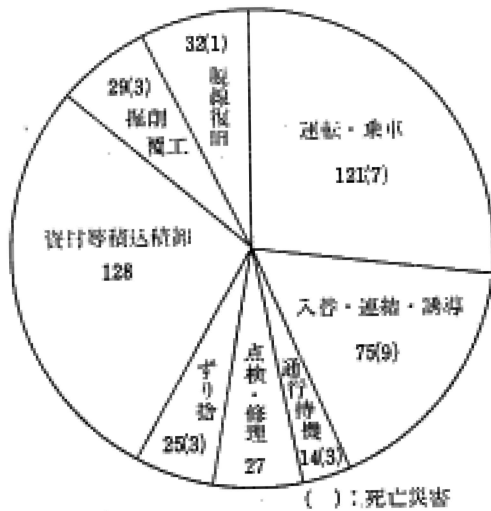


図 8 被災者作業状態別分類

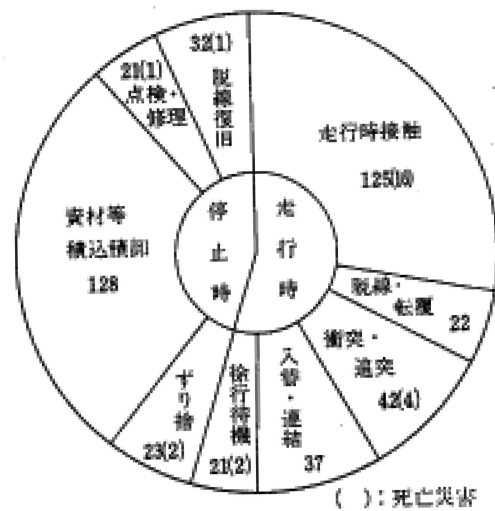


図 9 車輛運行状態別分類

表 20 施工法—工区距離別災害発生数

工 法	工区距離										計	%
	500	500 1,000	1,000 1,500	1,500 2,000	2,000 2,500	2,500 3,000	3,000 3,500	3,500 4,000	4,000 5,000	5,000		
底導上半(ルール)	4(1)	19	18	15(1)	85(2)	75(5)	52(5)	50(6)		22(1)	340(21)	75.4
底導上半(タイヤ)				2							2	0.4
側導上半		1			17		35(1)	8			61(1)	13.5
上半先進(タイヤ)	2	13(1)	9	2(1)							26(2)	5.8
上半先進(ルール)							13(2)	9			22(2)	4.9
計	6(1)	33(1)	27	19(2)	102(2)	75(5)	100(8)	67(6)		22(1)	451(26)	100.0
%	1.3	7.3	6.0	4.2	22.6	16.6	22.2	14.9		4.9	100.0	

() 死亡災害数

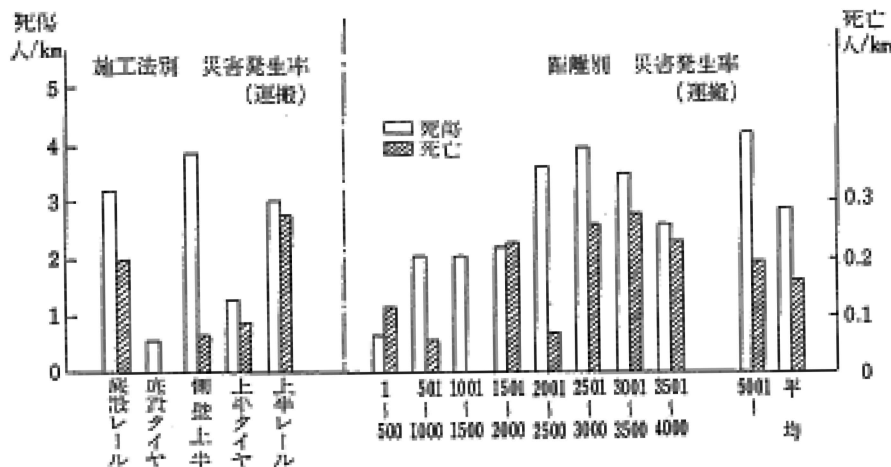


図 10 施工法距離別災害発生率 (運搬)

た。工法および工区距離の分類は、落石関係の場合(図7)と同様である。図10より工法別では側壁導坑先進工法の3.85人/km、底設導坑先進工法(レール)3.15人/km、上部半断面工法(レール)3.01人/kmが平均災害率の2.84人/kmを超え、以下上部半断面工法(タイヤ)1.12人/km、底設導坑先進工法(タイヤ)0.53人/kmの順となっている。このうち上部半断面工法(レール)は2工区であるが、いずれも全区間の4割程度を底設導坑先進工法(レール)を併用しており、そのために高い災害率を示したものと推定される。またこれらの結果をみると、側壁導坑先進工法はやはり運搬路の輻輳などにより高い災害率となっているのに対し、上半断面先進工法(タイヤ)では、工区距離の短い関係もあって低い災害率を示している。

次に工区延長別の災害率をみると、距離が長くなるに従いその発生率は増加する傾向が認められ、工区距離2km前後を境界としてその数値に差が生じている。すなわち全平均2.84人/kmに対し、500m以下では0.72人/km、500~2,000mに含まれる区分とも2.0人/km程度であるが、2,000m以上では3,500~4,000mの区分を除き3.5~4.2人/kmと言う値になっている。また死亡災害率についても同様に、1,500m以上のトンネルにおいて高くなる傾向がある。

以上運搬災害の災害発生率は、マク#的にみて工法、工区距離にも影響を受けており、その程度についても一応明らかとなった。

4. 結論およびあとがき

以上山陽新幹線Ⅱ期工事に含まれるトンネル建設工事のうち延長距離において約2/3強を占める広島、山口両基準局管内のトンネル工事中に発生した労働災害について分析、考察を行ない、その発生の実態を明らかにした。分析考察の結果得られた主なものを要約すれば、およそ次のとおりである。

1) 被災労働者の属性の分析の結果、トンネル建設に従事する労働者の年齢構成は正確には把握されていないが、被災労働者の年齢分布をみる限り、労働者の高齢化現象が進んでいること、また特殊な技能および作業環境の影響を受ける結果、経験年数の浅い者に災害の発生が集中しており、経験年数の増加と共に急激に減少している。これらの事実は、若年労働者の吸収および労働者に対する教育訓練の重要性を示唆してい

る。

2) 非死亡災害一件当りの休業日数は、平均で28.5日となっており、トンネル工事災害の被害程度が高いことを示している。これは機械化施工の影響と、落石等による骨折傷害が多いことに起因している。

3) 作業・起因物分類から得られた災害の各作業毎の順位は、掘削作業(48%)、運搬作業(24%)、覆工作業(15%)の順となり、この順位および発生割合は、第1報で報告した新幹線六甲トンネルの発生パターンとほぼ同様であり、我が国における発破工法によるトンネル建設工事の労働災害の発生様式が、ほぼ定着化しつつあることがうかがえる。

4) 災害の直接的な起因物としては、岩盤関係が圧倒的に多く(27%)、次いで掘削系、取扱系(それぞれ17%)、および運搬系(15%)などが目立っている。但し死亡災害については、運搬系が最も多く(41%)、次いで岩石(25%)という順位である。

5) 掘削作業中の災害のうち、落石、肌落ち等岩盤に起因する災害が約半数を占めているが、その内容は支保工の崩壊、掘削断面の閉塞といった大規模崩壊によるものは殆ど無く、いわゆる肌落ち、浮石落下によるものが圧倒的に多い。この種の災害は、トンネルの地質的要素にも関係すると思われるが、防止対策としてのこそく作業という技能的手段のみに頼るのではなく、何等かの技術的方策が必要であると思われる。

6) 死亡災害の首位を占め、また全災害の1/4を占める運搬関連災害の実態もかなり明確となった。すなわち、運行車輛の走行に起因する災害は、走行時の接触災害を筆頭に、衝突、追突によるもの、入替・連結時における災害の順となり、停止時においては、資材の積み込み積卸し作業時の災害が非常に多い。これらのことから、運搬車輛の大型化、スピードの向上に対応した坑内環境の整備の立ち遅れや、運行管理の不徹底が、災害の大きな要因となっているように思われる。また資材の積み込み、積卸し作業時の災害は、重量物の取扱いについて、坑内の作業条件から依然として人力に頼らざるを得ない状況で、運搬系設備と人間との接点に問題があるように思われる。

運搬災害をレール方式とタイヤ方式の相対災害率で比較すると、後者の優位性が認められるが、これは、施工方式、工区距離との関連で論ずる必要がある。すなわち、一般にタイヤ方式は上半先進工法で取り入れられ、坑内空間が比較的広いことと、工区距離が短い

ものが多いということを考慮に入れなければならない。

施工距離と運搬災害率とは、ほぼ比例関係にあり、とくに死亡災害率では工区距離1,500m以上で大きくなっている。

既にまえがきでも述べたように、我が国のトンネル施工技術は進歩を遂げつつあり、特にここに取りあげた山陽新幹線トンネル工事のような大きなプロジェクトでは、その成果がより鮮明に現われている。一方労働災害についても、このような技術的な進歩、省力化の恩恵を受け、かなりの改善の跡がみられている。すなわち、東海道新幹線、山陽新幹線Ⅰ期、および山陽新幹線Ⅱ期のそれぞれのトンネル工事における死亡災害率(1km当りの死亡者数)をみると、それぞれ1.36人/km、0.57人/km、0.40人/kmとなっており、このことを証明している。しかしながら、上記の数値はマクロ的な総括であり、個々の労働災害の発生状況を調べてみると、必ずしも楽観を許されないことが分かる。

本報告に示した分析結果からも、今後トンネル建設工事における労働災害の防止に当って留意、解決すべき多くの問題点が残されていることがわかる。とくに、省力化、機械の大型化に伴う運搬関連の災害防止対策と、切羽における落石、肌落ち防止対策、あるいは支保工建込みや重量物の取扱いにおける機械力の導入などが検討すべき課題であろう。

謝 辞

本研究を行なうに当り、災害資料として死傷病報告の利用には広島、山口の両労働基準局の御協力を得、また工事資料については国鉄新幹線建設局より提供を受けた。更に研究全般に亘り、田中哲、寺田俊夫、仲川宏之の3君(当時日大生産工学部)の御助力を得ました。ここに関係各位に対し、深謝の意を表する次第です。

(昭和52年1月31日受理)

参 考 文 献

- 1) 前 郁夫、花安繁郎：“トンネル建設工事における労働災害の動向”労働省産業安全研究所技術資料，昭和50年3月。
- 2) 前 郁夫、花安繁郎、鈴木芳美：“トンネル建設工事における労働災害の分析(1)”労働省産業安全研究所技術資料，昭和51年2月。
- 3) 日本国有鉄道(大阪工務局、広島新幹線工務局、下関工務局)：“山陽新幹線工事誌(岡山・大門間、大門・小瀬川間、小瀬川・博多間)”，昭和50年3月，昭和50年3月，昭和51年3月。
- 4) 花安繁郎、前 郁夫：“トンネル建設工事における労働災害の分析(1)(被害者の属性について)”第31回土木学会年次講演会概要集(M)，昭和51年10月。
- 5) 前 郁夫、花安繁郎：“トンネル建設工事における労働災害の分析(2)(発生状況と施工条件の関連について)”，参考文献4)に同じ。
- 6) 前 郁夫、花安繁郎、鈴木芳美：“建設工事における労働災害の動向”，労働省産業安全研究所技術資料，昭和50年10月。
- 7) 青島賢司：“災害防止科学”，pp.39,, 積書店，昭和45年4月。

産業安全研究所技術資料

RIIS-TN-76-7

昭和52年4月15日 発行

発行所 労働省産業安全研究所
東京都港区芝5丁目35番1号
電話(03)453-8441(代)

印刷所 新日本印刷株式会社

郵便番号 108