

産業安全研究所技術資料

TECHNICAL NOTE OF
THE RESEARCH INSTITUTE OF INDUSTRIAL SAFETY

1976

トンネル建設工事における労働災害の分析（1）

（山陽新幹線六甲トンネルについて）

前	郁	夫
花	安	繁
鈴	木	芳

労働省産業安全研究所

トンネル建設工事における労働災害の分析 (1)

(山陽新幹線六甲トンネルについて)*

前 郁 夫**
花 安 繁 郎**
鈴 木 芳 美**

1. ま え が き

我が国における新幹線、高速道路は、産業基盤整備計画、特に運輸部門での輸送、交通網の整備拡充計画に基づき、高速及び大量輸送の手段として、昭和30年代後半より建設が行なわれてきた。これらの鉄道、道路の建設過程で、路線の線形上の制約と、我が国特有の地形、用地取得、公害環境問題などの関係から、必然的にトンネル建設の需要、特に長大トンネルの需要が大きく増加してきた。

長大トンネルの建設には、斜坑、立坑などの作業坑を中間に設ける分割施工が採用され、また高能率の掘削、運搬機械の投入による機械化施工が行なわれ、かなりの施工実績を上げてきたが、それらの積み重ねの中で、トンネル施工技術も大いに進歩を遂げ、工期の短縮、省力化、悪質地盤の克服等に成功し、その技術レベルは世界的にも高い評価を得ている。

一方これらのトンネル建設工事に伴う労働災害は、施工技術の進歩により、かなり改善されつつあるが、他の土木構造物建設工事中の災害に比較すると、度数率、強度率ともに依然として高い値を示している。これらの背景、及び災害の発生状況に就いては既に技術資料^{1),2)}に詳述した通りである。

今回、トンネル施工中の労働災害の実態をより明確に把握するため、山陽新幹線六甲トンネルを対象として、休業8日以上³⁾の災害について調査、分析を行ったが、本報告は、それらの結果および考察をまとめたものである。

2. 六甲トンネル工事概要³⁾

山陽新幹線は、東海道新幹線に引き続き、東京―博多を結ぶ全国新幹線網の一環として計画、建設されたもので、新大阪―岡山はその第一期工事として昭和42年3月着工、47年3月に完成、開業をみたものである。また引き続き行なわれた第二期工事(岡山―博多)も、昭和50年3月に完成し、営業を開始している。この山陽新幹線工事の特色としては、トンネル工事区間の占める割合が非常に大きいことである。即ち東海道新幹線では、全長の13% (68 km) であったのに対し、山陽新幹線第一期工事では35% (58 km)、二期工事に至っては55% (218 km) と、半分以上を占めている。

これは六甲山系、中国山系などの山岳が海岸まで迫り、平野部が狭いうえに、瀬戸内海沿岸の密集した市街地、工場地帯を避けて、路線が山間部を通過せざるを得なかったこと、高速運転に対する線形上の制限が、東海道新幹線に比べ、更に厳しくなったことによるものである。この様な状況のもとで、山陽新幹線第一期工事では31本ものトンネルが建設され、中でも六甲トンネルは、いくつかの大湧水を伴う断層破碎帯の突破に苦勞し、日本のトンネル建設史上でも、丹那トンネルに匹敵する大難工事のトンネルであった。

全長 16 km 250 m の六甲トンネルは、一期工事トンネルの中では最も長いトンネルであり、鉄道トンネルとしては、現在 (1975, 12) 世界第四位、日本では新関門トンネル (18.713 km) に次いで第二位の長大トンネルである。

同トンネルの通過する六甲山系の地質は、花崗岩類がほぼ全域にわたって露出しているが、造山活動の際

* 本報告の一部は昭和49年10月第29回土木学会年次講演会にて発表

** 土木建築研究部

生じた衝生断層が数多く存在し、花崗岩は著しい圧砕、風化を受けており、特に断層上盤部の破碎が甚しく、100m以上に及ぶ破碎帯も存在した。

トンネルは、大阪方坑口付近の洪積層、粘土、砂礫の互層を除くと、大部分は花崗岩中を掘進するものであったが、地質学上著名な甲陽、芦屋、渦ヶ森、五助橋、寒天橋、大月、土橋、布引、諏訪山などの主要断層のほか、無数の断層破碎帯に遭遇し、大量の被圧水の放出と、土砂流出に悩まされた。

工区割は、工期上の制約、地形・地質を考慮して、7工区に分割され、斜坑5ヶ所、立坑1ヶ所、横坑1ヶ所を設け施工された。

設計上内空断面は、将来の250km/hの運転を考慮した東海道新幹線曲線部断面に近いもので、山陽新幹線では直曲両方とした。上部半断面に使用する支保工は、150H、175H、200Hの鋼アーチ支保工2ピースを標準とし、一部試行的にロックボルトが使用された。覆工巻厚は50cm、70cmを基本として、断層破碎帯など特殊な場合90cmが用いられ、軟弱地盤層のある箇所ではインバートが打たれた。

掘削方式は底設導坑先進上部半断面掘削方式が主体

であったが、地質不良箇所では側壁導坑、リングカット、特殊サイロットなどさまざまな工法が用いられた。斜坑からのずり出方式は原則としてベルトコンベヤーによったが、一部斜坑底の地質を考慮して巻上げ方式としたものもあった。工期は昭和42年3月着工から46年7月竣工まで4年5ヶ月、全工区総延月数にして201ヶ月に及んだ。これら各工区の工事諸元を表-1に示す。

工区別では上ヶ原、芦屋、鶴甲の各工区が難工事であった。上ヶ原工区では、未固結の含水砂礫層に遭遇し、また土かぶりが薄い地表には人家が密集するという悪条件が重なり、掘削を極めて困難なものとした。このため、地下水位低下のため、頂設導坑、調査坑からウエルポイントが施工され、本坑は2段サイロット工法を主体として工事を完成させた。

芦屋工区は斜坑掘削半ばでの巾10mの断層破碎帯の突破が、最大の難工事であった。高圧滞水層は、大出水と大量の土砂の押流しを発生し、坑内を埋没させることが度重なった。このため多数の調査坑、水抜きボーリング、数次にわたる薬液注入など、10ヶ月を費し漸く断層を突破した。本坑に入ってから地質的には

表-1 六甲トンネルの工区割と各工区の概要

新幹線六甲トンネル (延長 16,250m)								
工 区 名	上 ヶ 原	甲 陽	北 山	芦 屋	鶴 甲	摩 耶	春 日 野	
延 長	1,230m	2,200m	2,750m	2,900m	2,500m	2,900m	1,770m	
横坑及び斜坑 (m)	斜区間	開 さ く	361.9	579.4	397.3	367.1	232.3	
	水平部	145.5	73.0	53.2	50.0	63.0	62.1	
	合 計	145.5	434.9	632.3	447.3	430.1	294.4	
ずり搬出方式	横 坑	立坑捲揚	鋼車捲揚	ベルトコンベア	鋼車捲揚	ベルトコンベア	ベルトコンベア	
コンクリート搬入	横 坑	立 坑	アジテーター捲下し	アジテーター捲下し	スキップカー捲下し	立 坑	アジテーター捲下し	
坑外設備面積 (m ²)	9,400	5,780	3,450	3,440	5,440	11,720	5,600	
コンクリート製造	プラント	プラント	プラント	レデーミクストコンクリート	プラント	レデーミクストコンクリート	レデーミクストコンクリート	
受 電 容 量 (KVA)	1,300	900	1,400	1,900	1,400	1,400	1,200	
主な掘削方式	開さく及特殊 (レール式)	底設上半レール式	底設上半レール式	底設上半レール式	側壁先進レール式	底設上半レール式	底設上半レール式	
工 期	着 手	43.11.17	43.1.11	43.1.11	42.3.3	42.3.3	42.3.3	
	竣 工	46.5.10	46.5.31	46.7.31	46.7.31	46.7.31	46.3.22	
工事費(百万)	2,183	2,192	2,810	2,936	3,743	2,860	1,786	

余り恵まれなかったが、労務者稼働人員400人/日というトンネル史上まれにみる大突貫工事を敢行することによって、工期内で完成をみた。

鶴甲工区も、芦屋工区と同様斜坑段階で巾15mの断層に遭遇し、4ヶ月半を費した。本坑では地質を考慮し、側壁導坑先進工法が採用され、主要断層に出会う度に迂回坑、大口径水抜ボーリング、薬液注入を繰返し、工事を終えた。

以上が六甲トンネルの建設工事の概要である。

3. 六甲トンネル労働災害

ここでは前記六甲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っているが、分析に当たっての労働災害の資料としては、工事着工以来、竣功までの期間中に、災害が発生した際、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、休業8日以上、重傷災害で全510件、うち死亡16件であった。特に死亡災害は、第一期山陽新幹線工事中のトンネル工事死亡者数(33人)の約半数を占めており、ほぼ1人/kmの災害率を示し、同じく第一期トンネル工事全体の死亡災害率が0.56人/kmであったことを考えると、いかに労働災害の面でも危険な工事であったかが示されている。また六甲トンネルの災害全体の発生率は、トンネル1kmにつき31.4人であり、また全災害数のうち死亡者数の割合は3.14%と高い値である。

以下いくつかの観点から考察を進めることとする⁴⁾。

3.1 作業別・起因物別分類

死傷病報告には、被害者の属性に関する年令、経験、職種などの他に、傷病名、傷害部位、傷病程度、発生時間や、災害発生時の概況の簡単な説明など幾つかの項目が記述されている。

これらの記述内容より災害原因分類を行う場合、原因としての分類法自体もさまざまな方法が考えられ、また分類内容も細かくしてゆけば、どこまでも細かくなってゆくが、ここでは災害の原因を、人間によって引き起された不安全な行動と、人間が取扱う機器類、設備類、作業を行う場所の作業環境、或いは作業対象である自然物や構造物などの諸々の物体により惹起せしめられた不安全な状態とが、単独ないしは相互に連成して起った場合に災害が発生するという観点に立

ち⁵⁾、まづ人間側の行動として、災害発生時に災害に関連した作業員が従事していた作業内容により分類することを考え、また物の側として、災害をもたらす主な要因となったものを起因物と定義し、この起因物の分類を考えた。これらの分類の項目は、余り細かくなり過ぎない様に、かつ現在のトンネル施工の実情を出来る限り反映する様に努め、試行錯誤的な努力を重ねた結果、最終的に作業別では47項目、起因物では41項目を設定した。なおこれらの項目で共通するものをまとめ、作業別では7区分、起因物別では9区分の大分類項目をそれぞれ設けた。

この作業別、起因物別の各分類項目に従い、災害データを各工区、各年度ごとに単純、クロス集計を行ったが、それらの項目および全災害に就いてのクロス集計を表-2に示す。また両分類を大区分に就いてまとめると表-3の通りである。ただし災害数の少ない、もしくは無かった場合、たとえば作業別での明り工事、その他を一まとめとし、起因物では設備類、火薬類を取扱系と併せて集計した。図-1は表-3の内容をグラフで表わしたものである。

全災害の大まかな発生傾向は、表-3、図-1より、作業別では掘削(47%)、運搬(26%)、覆工(15%)の順で災害が多く、トンネル工事の主力であるこの三作業で、全災害の9割近くを占めていることが分る。就中掘削作業中の災害が極端に多いことの背景には、作業対象である岩盤の力学性状の解明が未だ不十分であること、また六甲山系を含めた日本の山系地質全体が変化に富み、悪質地質、断層が随所にみられ、トンネルの掘削を進める場合、常に地山の様子を見ながら作業を行ない、特に悪質地盤箇所では試行錯誤的に作業を進めざるを得ない状況下であり、良質地盤に恵まれない限り、作業の標準化や、R.T.M. やビック・ジョン等による本格的機械化掘削が困難であることなどが考えられる。更にまた、最近のトンネル施工も大いに機械化施工が進められてはいるが、掘削関係では大型ジャンボ、ずり積ロッカー・ショベル等を中心にした機械化であり、こそく、浮石点検、支保工建込作業など人力に頼らざるを得ない部分が残されていることも理由として挙げられよう。

この掘削作業中の災害を、表-2の中分類で示した場合所別(切羽別)の発生割合を調べてみると、導坑・斜坑(28%)、上半(43%)、大背・土平(25%)と、作業断面の大きな上半に災害が集中していることが分

— 4 —

() 死亡

表-3 作業別・起因物別クロス集計（大区分）

作業別 起因物別	掘 削	覆 工	運 搬	設 備	共 通	明り・ その他	合 計	
掘 削 系	71	4	21	2	1	1(1)	100(1)	19.6%
覆 工 系	0	36(1)	5	1	1	0	43(1)	8.4%
運 搬 系	12(1)	4	64(7)	2	16(2)	1	99(10)	19.4%
設備・取扱系・火薬	22(1)	10	37	10	8	2	89(1)	17.5%
作業箇所	23	16	6	5	5	3	58	11.4%
自然環境・その他	114(3)	7	0	0	0	0	121(3)	23.7%
合 計	242(5) 47.5%	77(1) 15.1%	133(7) 26.1%	20 3.9%	31(2) 6.1%	7(1) 1.4%	510(16)	100%

() は死亡

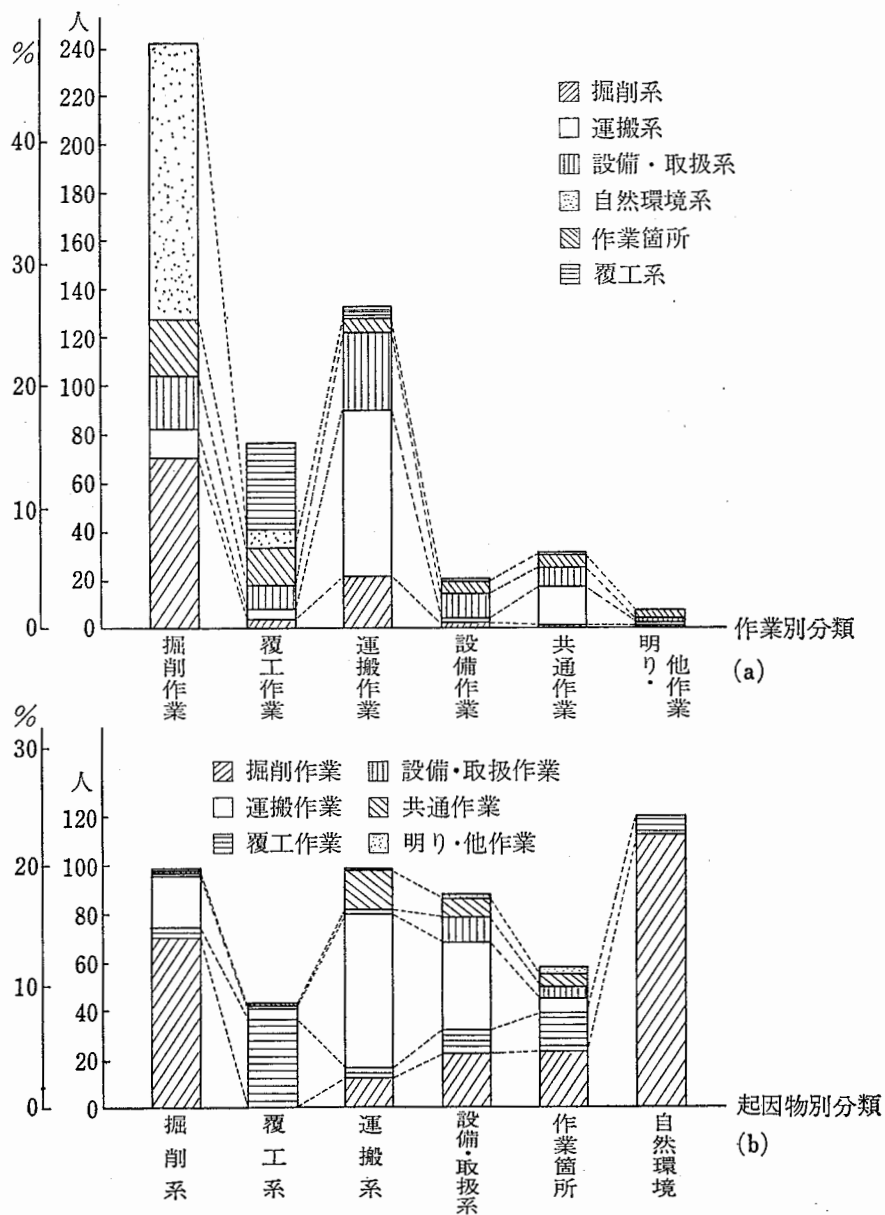


図-1 全災害作業別・起因物分類

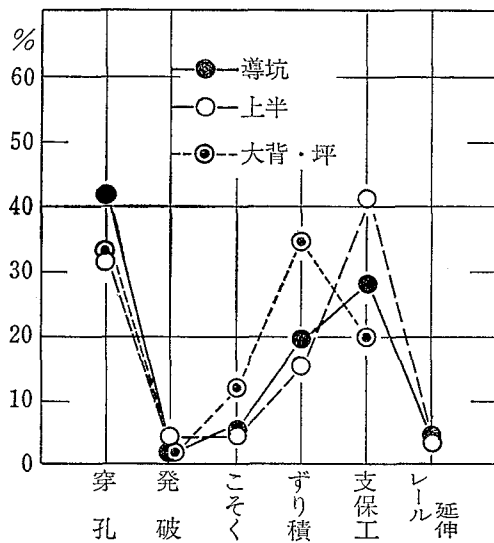


図-2 掘削場所の作業別災害発生割合

る。また図-2は、各掘削場所における掘削作業別（小分類項目による）災害の発生割合を示したものである。各場所ともほぼ似たパターンで災害が発生しているが、各掘削場所での災害数の多い作業は、導坑⇄穿孔、上半⇄支保工建込、大背・土平⇄ずり積と、各場所における災害と作業との関係が特徴づけられる。

覆工作業での災害は、場所別では側壁に多く、作業ではコンクリート打設(51%)、型枠組立・取付(39%)、型枠解体(10%)の順となっている。

運搬作業では、ずり、資材等の運搬走行中、積込、積卸作業、軌道装置の誘導、切替、連結作業に多発している。なおこの作業に死亡災害の約半数が発生していることも、運搬災害の特徴である。

次に起因物分類では、岩盤（岩石）を主体とする環境系が最も多く全体の1/4を占め、次で掘削系と運搬系がほぼ1/5ずつの発生数で、以下設備・取扱系、作業箇所、覆工系の順となっている。死亡災害は作業別の分類で示されたと同様、運搬系の起因物が6割以上の多くを占める。

岩盤（岩石）による災害の多発は、掘削作業に災害が多い理由として述べた事が、岩石災害についても同様であると考えられ、また運搬系起因物、或いは前述の運搬作業が、かなりの災害数を占め、とりわけ死亡災害に多発していることは、一部既に述べた機械化施工への移行によるものと思われる。

機械化施工自体も質的、量的な変革が著しく、例えば掘削関係では大型ドリル、ジャンボ等の出現により、穿孔速度の向上、作業断面の拡大など掘削能率を大い

に高め、その結果運搬関係では台車、トロッキ、バッテリーカ等軌道装置が次々と大容量化、重量化され、また覆工関係でも移動式型枠（セントル）やアジテーターカー、プレスクリート車等の機械力に頼る施工が普及している。こうした各種大型機械類の出現は、トンネルという限られた狭い空間での作業を、時として非常に危険なものとさせ、特に頻繁に往復する軌道装置による災害が続発するに至っている²⁾。

次に作業別・起因物別の相互関係をみると、環境系の岩盤（岩石）によるものが、殆んど掘削作業中に発生していることが目立つほか、掘削作業⇄掘削系起因物、運搬作業⇄運搬系起因物に多発していることも分る。他の覆工系、設備・取扱系および作業箇所の各起因物は、それぞれ覆工作業、運搬作業、掘削作業に集中して発生している。死亡災害は既に述べた通り、運搬作業⇄運搬系起因物に7件と偏っており、他は掘削作業中の岩石による3件が多い。

以上ここでは災害を作業別と起因物別に分類を行ない、考察を進めてきたが、岩盤の掘削という山岳トンネルの基本的命題から生ずる落石、肌落ち等岩石系の災害と、最近の機械化施工の量的、質的、変革の反映として示される災害、特に死亡災害に顕著に示されている運搬関連の災害とが、現在のトンネル建設時における災害で問題とされるべきものであり、これらについては後の節で更に検討を行うこととした。

3.2 工区別分類

六甲トンネルは施工概要で述べた通り、7工区に分割して施工が進められ、各工区別の延長、その他工事諸元の大要は表-1に示されている通りであり、各工区それぞれ掘削工法、運搬方式、コンクリート搬入法、覆工方法など種々選定され、特に断層破碎帯など難工事に直面した場合、調査坑、迂回坑、水抜きボーリング、薬液注入、ウエルポイントなどさまざまな工事が行なわれ、各工区の工事内容に大きな相違がみられる。

災害は、作業員の年齢や経験などの属性を含む、人間側の要因に大きくかかわる以外に、上に述べた地質の変化、掘削工法の種類、ずり・資材等の搬出入の運搬系統を始めとする施工条件、施工内容などの外的要因とも密接に関連しており、この施工条件、内容の変化に伴って、発生する災害の内容も異なってくることは十分に想像されることである。

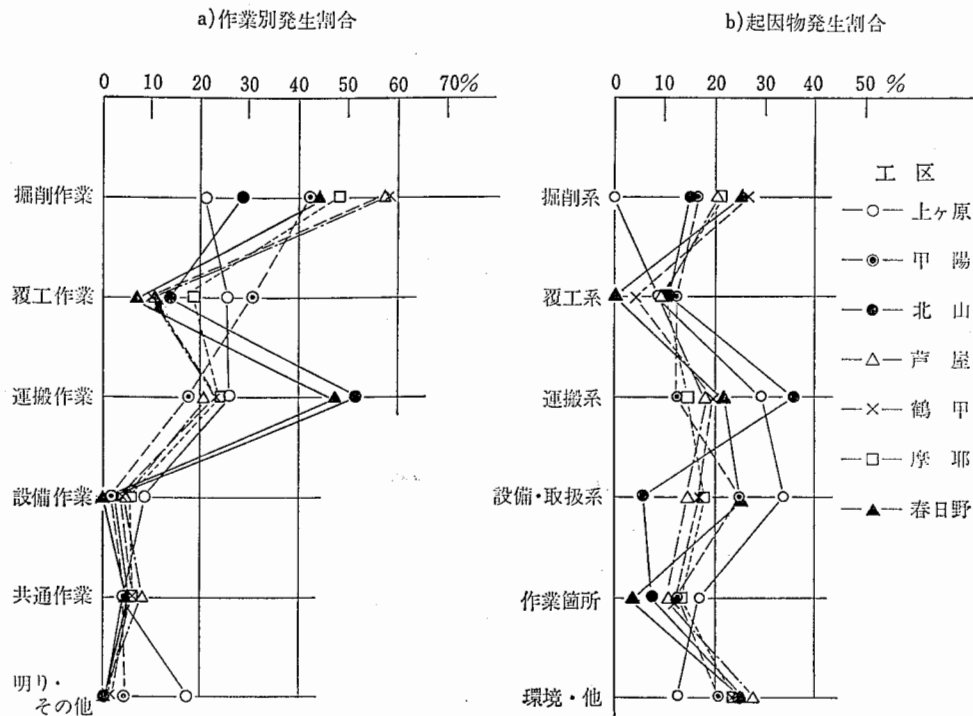


図-3 工区別作業，起因物発生割合

本節は上に述べた工事内容の変化に伴う，発生災害内容の差異に就いて考察を加えたものである。以下では作業員の人間側からの要因に就いては一応各工区ともほぼ同じ条件下にあるものとみなし，検討の対象からはずし，工事内容の差異に絞って考察を進めている。この場合工事内容の差異，例えば掘削工法別とか，岩種別とかに分け，それぞれの場合の災害発生状況を調べるべきであるが，今回の場合1トンネル，7工区とデータ数が限られたので，ここではこれら施工条件，工事内容の種々の相違を一括して工区間の施工内容の差異と想定し，この工区別による災害発生状況の変化を調べた。

さて，図-3(a, b) は，各工区において発生した災害を，前節で述べた作業別，起因物別に分け，それぞれの発生割合を求めたものである。同図(a)の作業別の発生割合に就いてみると，工区によりかなりの変化がみられ，特に掘削作業，運搬作業は大きなばらつきを示している。これは前節で述べた様に，全災害の約1/2が掘削作業中，1/4強が運搬作業中に発生しており，極めて多数であるため工事内容の変化の影響を大きく受けるためと考えられる。また実際の工事内容の差も，掘削作業を中心とした変化によるものが多い。

次に起因物別の発生割合（同図b）をみると，掘削系や覆工系などの起因物によっては災害の無かった工

区もあるが，全体としては，作業別の発生割合に比べて余り大きなばらつきはみられず，比較的まとまった巾の中で分布していることが分る。

従って工区別の差異を災害の面からみると，起因物別からは余りはっきりと言えないが，作業別ではかなり明確に示すことが出来ると言えそうである。そこでこのことをより詳しく調べるために，工区⇔作業別，工区⇔起因物別ごとの分類を， χ^2 検定による独立性の検定を行なってみると，工区⇔作業別で有意（5%危険率）な結果が得られ，工区別の災害発生パターンの相違を調べるには，作業別分類が有効な手段であることが分った。表-4は検定を行なった結果，期待値よりも多い災害数を発生した工区・作業を○で示したもの

表-4 工区・作業別分類

工区名	作業	作業別			
		掘削	覆工	運搬	設備・他
上ヶ原					○
甲陽			○		
北山				○	
芦屋		○			
鶴甲		○			
摩耶			○		
春日野				○	

である。他はほぼ期待値に近いものか、或いはそれ以下のものである。同表より工区別にみた災害発生パターンを、主に掘削作業災害による工区（芦屋、鶴甲）、覆工作業災害による工区（甲陽、摩耶）、運搬作業災害による工区（北山、春日野）、設備・その他の作業災害による工区（上ヶ原）に分けて考えることができる。

掘削作業災害の多い2工区は、難工事であった六甲トンネルの中でも特に難渋した工区であり、断層破砕帯からの大量の湧水と土砂崩壊の処理の為、調査坑、迂回坑、水抜きボーリングが多数施工され、掘削作業の比重が非常に高かったためと思われる。また設備関連作業災害の多かった工区は、未固結滞水砂礫層の排水の為に、多量のウエルポイントが施工された影響と考えられる。また7工区の中では最も安定した地質に

恵まれた春日野工区では、掘削作業に比し運搬作業災害が大きな割合を占めていた。覆工作業災害の多かった2工区は立坑によるコンクリート搬入方式が影響しているためと考えられるが、余り判然としない。

以上ここでは施工条件、工事内容の差異を工区別で代用し、災害特性の変化を調べたが、その結果、トンネル施工時の作業を考慮した作業別の災害分類で、災害の発生パターンが分類されることが分った。従って現場における安全管理も又、施工計画同様常に画一的なものではなく、作業全体の流れの中から立案、計画、実施という過程を繰返して行なわれることが必要であろう。

3.3 工事工程と災害

ここでは各工区の工事工程の進捗状況と、それに応

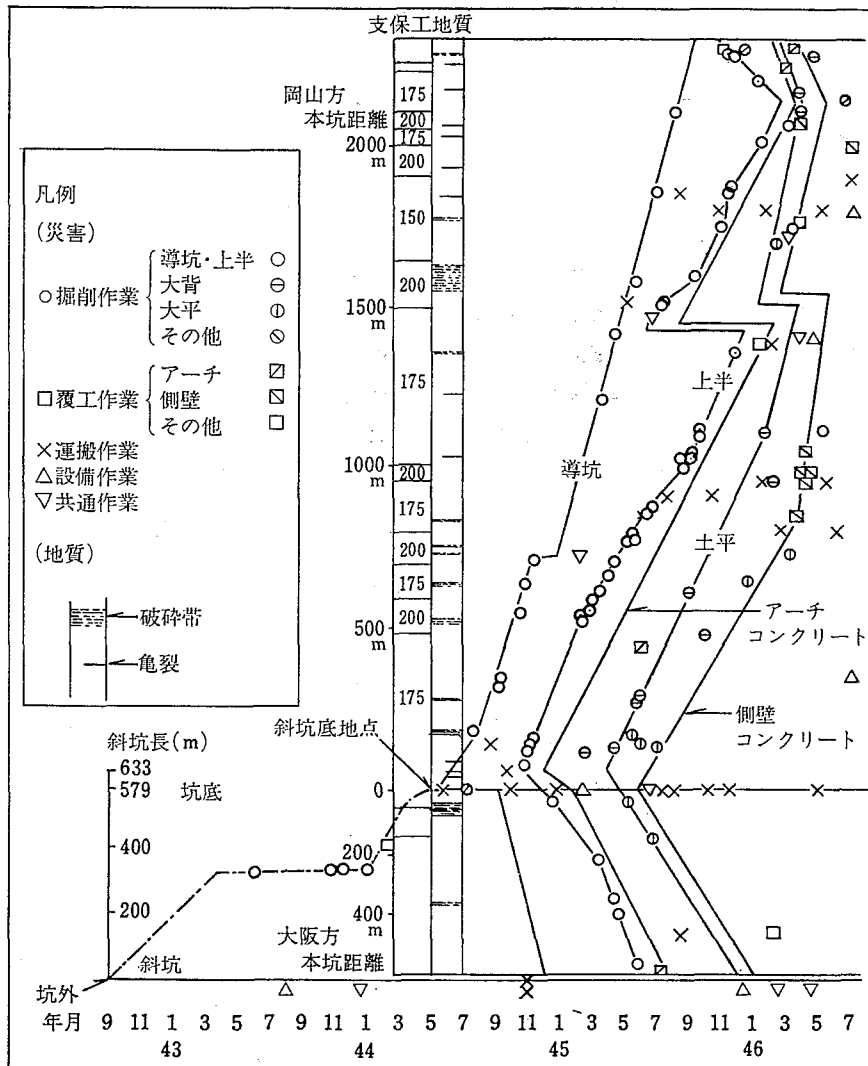


図-4 工事工程と災害

じた災害発生に就いて、考察を行なっている。一例として、或る工区の作業の進行状況と、その工区で発生した災害の年月日、災害の発生場所を調べ、前節の工区別分類を考慮し、災害を作業別に分類して工程図に加えてゆくと、災害発生の状況を示す図-4 が得られた。同工区は斜坑を利用して工事が進められた工区で、斜坑段階から既に断層に遭遇し、本坑は主に底設導坑上半断面工法を中心とした方法で掘削が進められたが、本坑でも数多くの破碎帯、亀裂などの悪地質に遭遇した。図-4には本坑各作業の他に、断層、亀裂などのおおよその位置及び上半で使われた鋼アーチ支保工の断面の大きさの種類も本坑距離に併せて記した。

図より、災害の発生した位置、時期は散漫に分布しているが、例えば斜坑交点より本坑 200m 位の区間は、各作業の初期段階であり、掘削関連の作業を中心に、比較的災害がまとまって発生していることが分る。また 500～1,000m 区間、1500m 付近の様に、断層、滞水層、亀裂などが多く存在する区域にも災害多発化の傾向がみられ、地質条件の悪化が掘削作業はもとより、他の覆工、運搬作業などにも影響を与え、工事全体の停滞、輻輳をもたらし、災害発生の要因となることが示されている。また 2000m 前後～工区終端の間も、災害の多い区域であり、これは工期的な制約から多くの作業が一斉に行なわれていたものと思われる、作業工程の競合が災害原因の大きな要素であると

考えられる。

この工区の場合斜坑底到達、本坑作業開始以来工事完了まで、殆んど毎月災害が発生しており、平均で約 5 人/月の割合であるが、災害数の最も多い月は 45 年 5 月 11 件で、総て掘削作業に伴う災害で、次で 46 年 4 月の 10 件で、掘削作業 3 件、覆工作業 5 件、設備作業 2 件と、工事の進行に応じて災害の形態も変ってゆく様子が示されている。死亡災害の多い運搬作業災害は、時期的には各作業が競合することの多い工期後半に多く、又区域的には斜坑交点を始め、殆んど同一場所で見られるケースが多いことが認められる。これは斜坑交点が運搬系統の不連続点であり、狭い作業空間内で車輛入替、ずり捨、資材積込・積卸しなど各種の作業が行なわれ、これらの作業が競合、錯綜する結果生じたものと思われる。

また本坑ではポイント付近の連輦の運行状態が変る際の衝突、追突や、同じくポイント付近の誘導、切替時による災害が多いことなどが、区域的に災害を集中させている原因と考えられる。

また各工区の災害発生の相違は前節で調べた通りであるが、工程とのからみから調べてみると、悪質地山による工事の停滞、輻輳に起因する災害の発生、及び運搬災害の区域的、時期的集中傾向などは、各工区ともほぼ共通していると言える。他に各工区とも共通的なことは、施工速度に変化の生じた時点、即ち施工条

表-5 落石・崩壊に関連した災害のわけ

a) 発生場所によるわけ				b) 落下岩石の大きさによるわけ				c) 落下高さによるわけ			
		件	%			件	%			件	%
切羽(かがみ)		57	45.6	0～10cm φ, 角 岩石		12(1)	9.6	～1m		7	5.6
天 端		30	24.0	～20 "		29	23.2	～2m		30	24.0
大 背		7	5.6	～30 "		20	16.0	～3m		30	24.0
中 割		2	1.6	～40 "		7	5.6	～4m		12(1)	9.6
土 平		15(2)	12.0	～50 "		7	5.6	～5m		5	4.0
側 壁		7(1)	5.6	50～ "		6	4.8	不 明		37(2)	29.6
そ の 他		7	5.6	～1m ³ "		10	8.0	湧水・他		4	3.2
合 計		125(3)	100	～2m ³ "		1(1)	0.8	合 計		125(3)	100
				湧 水		1	0.8				
				土 砂		1	0.8				
				崩 壊・崩 落		10	8.0				
				不 明		21(1)	16.8				
				合 計		125(3)	100				

() は死亡

表-6 トロ等に関連した災害のうちわけ（トロの運行状況と被災者の作業状態）

災害発生時のトロ等の運行状況 被災者が従事していた作業		運 行 中					停 止 中					合 計			
		接 触		脱 線	衝突・追突・急停止	トロ入替・連結等	待 期・停 止 等	修 理・点 検 中	礫 捨 て・礫 積	材 料 等 積 込 積 卸	機 械 等 の 運 転			脱 線 復 旧 中	
		直 接	間 接												
トロ等に 乗車す る作 業	運 転 作 業	2 (1)	4	5 (1)	5								16(2)	11.7%	
	トロ等に同乗して誘導作業		1	2									3	2.2%	
	トロ等に乗車	1	5	3	3 (1)								12(1)	8.8%	
	トロ等の乗降時		3								1		4	2.9%	
トロ等には乗車しない作業	トロ等と直接関連のある作業	入替・連結等	1 (1)		1		10 (1)						12(2)	8.8%	
		ポイント切替等誘導作業	7 (1)	2			1 (1)	2					12(2)	8.8%	
		点検・修理作業		1					3					4	2.9%
		礫・資材等の積込作業		1						3	16	1		21	15.3%
		礫・資材等の積卸作業								7	9			16	11.7%
		脱線復旧	1	1									13	15	10.9%
		コンクリート作業	1									1		2	1.5%
		通行中、待期中	10 (1)	2						1				13(1)	9.5%
	ト関連作業はな	掘削作業	1	1				1						3	2.2%
		そ の 他	4											4	2.9%
合 計		28 (4)	21	11 (1)	8 (1)	11 (2)	3	3	11	25	3	13	137(8)	100%	
		%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%			
		20.4	15.3	8.0	5.8	8.0	2.2	2.2	8.0	18.2	2.2	9.4			

() は死亡

件にとって過渡領域に属する区間における災害頻発傾向が見出されていることなどがある。

以上、工事の進捗状況と災害の関係を調べてきたが、災害が時間的、区域的な要素及びその時の作業内容と密接に関連しており、このことは前節で述べた安全管理計画の柔軟な運用の必要性を示唆しているものと思われる。

3.4 岩石および車輛関連災害

既に3.1節で、現在のトンネル施工における注目すべき災害として、一つには掘削作業を中心に起る、落石、肌落ち等の岩石災害と、他には機械化施工の内容

変革の反映として、特に死亡災害の多い運搬関連の災害であることを述べたが、本節ではこれらの災害に係りの深い落石、崩壊災害と連輸災害に就いて考察を行なった。落石崩壊災害は、表-2の分類では主に環境系起因物と、掘削系起因物中のずりが該当し、又車輛関連災害では同じく運搬系起因物の軌道装置、運搬作業での車輛運転に関係した項目がそれぞれ該当している。以下これらの災害に就いて、各種の分類を行ない考察を加えているが、ここで行なった分類内容、項目については未だ試案的な段階であり、将来的に更に改良を加えてゆく予定のものである。

まず落石崩壊災害を発生場所、落下岩石の形状、落

下高さ別（作業員が働いている床を基準）に分類したのが表-5(a, b, c)である。これによると、落石崩壊災害の内容は、20～30cm 径又は角以下の岩石が、2～3mの高さから落下するというパターンが大部分を占めており、それらの殆んどは天端を含めた切羽での災害と言える。これらの特徴は、トンネル建設工事における落石崩壊災害の趨勢が、以前にみられた落盤災害などの大規模偶発型から、比較的小さな岩石による災害が続発するという、小規模頻発型へと変ってきていることと軌を一にするものである²⁾。

次に車輛関連災害では、車輛（台車、トロ、バッテリーカー等）の運行状態と、被害者の作業状態の二元分類を行なった。その結果を表-6に示した。

まづ車輛の運行状態からみると、直接、間接を含めた車輛との接触による災害が際立って多い。これは狭い作業環境に加えて、騒音、照明不良などの作業環境の不良が大きな要因と考えられる。他方脱線、脱線復旧中、トロ入替、追突、衝突などの様に、軌道の保守、点検及び運行管理面の欠陥によるものと思われる災害も少なくない。

また被害者の作業状態別からみると、非乗車中が3/4を占め乗車中よりも多い。特に資材等の積込・積卸および脱線復旧作業などに多く、これらの作業は、アーチ支保工や車輛等の重量物を扱うことが多いにも拘らず、場所的な制約から機械力を使用できず、共同作業的な人力に頼らざるを得ないことに起因すると考えられる。

4. む す び

以上、新幹線六甲トンネル建設工事に際して発生した労働災害に就いて、いくつかの視点から分析、考察を行ない、その発生形態の概略を明らかにした。これらを要約すると、全労働災害のうち、約半数が掘削作業中のものであり、1/4強が運搬関連作数中の災害によって占められている。この比率は、発破工法によるトンネル掘削では、穿孔、発破、ずり出し、支保工建込みという一連の作業が、トンネル工事の主体をなしていることから当然とも言える。掘削作業災害のうち、落石、肌落等によるものが半数を占めていることに注目したい。アーチ支保工の採用により大規模な落盤災害が殆んど発生していないにも拘らず、依然として上記のような小規模な落石災害が頻発しているの

は、地質上の特性からくる影響もあろうが、能率第一主義による、こそく、点検等基本的な作業の軽視が大きな理由ではないかと思われる。

運搬関係では、施工速度の向上を図るため、坑内軌道装置の大型化、重量化が進められているが、これらが導坑等の限られた狭い空間を走行することから、必然的に軌道関係の災害の多発傾向がみられ、しかも死亡災害が多い。従って、照明、換気及び適切な空間保持など坑内環境の整備の努力が、より一層重要な課題であると考えられる。また同時に、厳密な運行管理、作業管理の実行により、入替・誘導時の災害が防止できるものと思われる。更に脱線に関連する災害に対しては、軌道保守、運行管理の両面からの対策が必要であろう。

工区別の災害発生状況をみると、工区毎にその発生率や種類等に差が認められるが、これらは例えば、断層破碎帯にぶつかり大湧水等に見舞れた工区では、工法及び工程に大巾な変更を余儀なくされるなど、各工区の地質条件、施工法、投入労働力等の相違によって生じたものと考えられる。このことは、作業別の災害発生パターンをみると、各工区の抱えている特異性が災害にも反映していることが明らかに示されている。これらのことから、工区別にみた労働災害対策の優劣を、一概に論ずることはむずかしい。

作業の工程と災害の発生状況を対比した結果、特徴的なことは、地質の悪化等による施工速度の停滞区間や、施工速度に変化の生ずる過渡領域的な地点、或いは運搬系統の不連続点である斜坑交点や、車輛の運行状態の変化の生ずるポイント付近などに災害の頻発傾向がみられることである。これらは、定常的、周期的に行なわれる作業が、地質条件の変化をはじめとする不確定要素により攪乱された際の安全管理が、より重要であることを物語っている。

なお、引き続き山陽新幹線二期工事（岡山―博多間）のトンネル建設工事における労働災害に就いて、調査、分析を進めており、我が国のトンネル建設工事の労働災害の実態についてより明確にしたいと考えている。

謝 辞

本研究を進めるに当り、死傷病報告の利用に御協力下さいました兵庫労働基準局並びに神戸東、西宮両労働基準監督署に謝意を表します。

(昭和51年1月7日受理)

参考文献

- 1) 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
- 2) 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
- 3) 日本国有鉄道大阪新幹線工事局編: “山陽新幹線新大阪・岡山間建設工事誌” 日本鉄道施設協会 昭和47年6月
- 4) 前郁夫, 花安繁郎, 鈴木芳美: “トンネル工事における労働災害の分析(第2報)” 第29回土木学会全国大会講演概要集(Ⅳ) 昭和49年10月
- 5) 労働省安全衛生部安全課編: “労働災害分類の手引” 中労労働災害防止協会刊, 昭和48年4月

産業安全研究所技術資料 RIIS-TN-75-8

昭和 51 年 2 月 20 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—8 4 4 1 番(代)

印刷所 新日本印刷株式会社

郵便番号 108