

産業安全研究所技術資料

TECHNICAL NOTE OF
THE RESEARCH INSTITUTE OF INDUSTRIAL SAFETY

1974

トンネル建設工事における労働災害の動向

前 郁 夫
花 安 繁 郎

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動向

前 郁 夫*
花 安 繁 郎*

1. ま え が き

近年我が国におけるトンネル建設工事は、新幹線トンネル、高速道路トンネルをはじめ、鉄道、道路の輸送部門、水路、上下水道等の公益事業部門での工事量の拡大に伴って急激に進められ、その工事量の増加、規模の拡大は、めざましいものがある。これに応じて、トンネルの施工技術も年々進歩を遂げており、特に我が国特有の湧水、軟弱地盤、断層破碎帯等悪質な地質構造の区間の掘削技術に就いての進歩は著しい。

しかし残念ながら、トンネル工事の宿命とも言える施工途上の危険性は、依然として存在し、毎年トンネル工事において発生する労働災害は、他産業に比して高率とされ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、かつその災害程度も、死亡に至る様な重篤なものを多数含んでいる。

施工技術が進み近代化され、掘進速度の増加、悪質地盤の克服等が図られる一方で、この様な高率の労働災害を発生させている事は、はなはだ不幸な事と言わざるを得ない。

我々は、トンネル建設工事^{*1}における労働災害の防止の有効な対策について、研究を進める計画をたて、災害の実態を把握するため、種々の調査分析を行なっているが、その一つとして、過去20年間におけるトンネル工事労働災害の動向について、統計資料に基づき、調査を行なった。

本報告は、調査結果と、それに対する分析、考察を加えたものである。以下2章において、労働災害の背景としての、トンネル工事の施工技術の変遷と工事量の拡大、労働力の不足について概括し、3章では労働災害の動向の分析と、その考察を行なった。

2. トンネル工事と労働災害

2.1 トンネル施工技術の変遷

我が国では、明治以来鉄道網の完備という国策に沿った鉄道建設工事が行なわれ、狭あいな山岳地帯の多い国土の地形上の制約から、必然的に山岳トンネルの建設を余儀なくされ、その結果として、鉄道トンネルの施工技術が発達した。笹子トンネル、丹那トンネル、清水トンネル、関門トンネル等は、その代表的なものであるが、いずれも幾多の難関を克服し、完成されたものである。

これらの難工事を施工する過程において、湧水、軟弱地盤等の、悪質な地質条件下における施工技術が生まれ、かつ育成されてきた。この間、機械力の導入など近代技法が取り入れられてきたものの、それらは、熟練技能工の木製支保工の組立による一寸刻みの作業が主体であり、職人の技能に依存する部分が多く、施工技術の発達と言うよりも、施工技能の発達と言った方が適切であるかも知れない。

戦後、電源開発の要求から、水力発電所の建設が、土木工事の主役として登場し、水路トンネルの施工量が、急激に増加してきた。水路トンネルは、断面も比較的小さく、施工技術も第二次世界大戦前の踏習に過ぎなかったが、昭和20年後半に至り、米国の機械化施工の技術が導入され、同時に、機械化施工の前提となる鋼アーチ支保工が採用され、トンネル施工技術の近代化が始まった。昭和30年代半ばからは、鋼アーチ支保工の使用が定着し、従来の伝統的な木製支保工による施工は姿を消し、切羽空間の拡大により大型機械の投入を容易にした。鋼アーチ支保工の材料も、当初の古レール、坑梓鋼からH型钢へ変り、かつ標準化され、その断面も地山の状態に応じて、各種選択できる様になってきた。

* 土木建築研究部

*1 ここで取扱うトンネルは山岳トンネルを対象としている。

鋼アーチ支保工を使用する掘削方式も、当初の全断面方式から、我が国のトンネルの特長である、途中の地質変化に対応する方式が、考察された。現在では、底設導坑先進上部半断面工法を主流とする幾つかの掘削方式が産み出されている。

更に長大トンネルに対しては、斜坑、堅坑を掘削し、小区間に分割施工する事により、工期の短縮化に成功した。

この間、湧水や膨張地盤対策として、水抜きボーリング、ウェルポイント、迂回坑の掘進等による湧水処理、注入工法による地盤改良、強大支保工の設置、吹付コンクリート等数々の技術を開発し、成功を収めてきた。

この他、ドリル、ジャンボ等掘削系機械に限らず、ずり搬出機械の大型化、コンクリートポンプ、移動式型枠支保工等幾多の周辺関連機器の改良と相俟って、現在のトンネル施工技術に到達した。

更に、従来の爆破方式に代る、トンネル掘進機(R.T.M.)、ロードヘッダー等による機械化掘削方式も、地質の条件によっては採用され、成果を収めている。

2.2 トンネル工事量の増大と労働力の不足

前節に述べたごとく、過去の施工実績と、それらに基づく施工技術の進歩は、従前のトンネル施工の困難性に対する認識が打破され、一方新幹線、高速道路は、その線形、勾配等の制限から、必然的にトンネル区間の増大化が要求され、更に用地買収、公害問題から、この傾向は加速されている。このため、トンネルの工事量は、近年飛躍的に増加し、今後さらに増加する事が見込まれている。参考までに、鉄道、道路トンネルに限ってみても、表1、表2に示す様な結果となっている。

次に、労働力の問題にふれてみると、建設業は元来労働力集約型の産業であり、工事量の増大に伴って、労働力の不足が叫ばれている。過去の建設業就労者の推移をみると、昭和30年の約195万人から、昭和47年の約430万人へと倍増しているが*1、この間に、建設工事の投資額は、名目で30倍以上であり、工事量の拡大からみて、明らかに労働力は不足している。勿論、

表1 新幹線の線路構造物種別比較

単位 km () 内%

線 名	区 間	トンネル	橋 梁	その他*	計
東 海 道	東京～新大阪	68 (13)	57 (11)	390 (76)	515 (100)
山陽(1期)	新大阪～岡山	57 (35)	14 (8)	94 (57)	165 (100)
山陽(2期)	岡 山～博 多	218 (55)	14 (4)	166 (41)	398 (100)
東 北	東 京～盛 岡	123 (25)	32 (6)	341 (69)	496 (100)
上 越	大 宮～新 潟	103 (38)	15 (6)	152 (56)	270 (100)

注 * 「その他」には高架橋盛土切取りが含まれる。

表2 鉄道、道路トンネル工事量推移 (km)

トンネル種別			昭和41～ 45・完成	昭和46年工事	昭和47～ 昭和51年*
鉄 道	在 来 線	単線	237	100	410
		複線	89	53	60
	新 幹 線		57	190	290
道 路**			147	129	180
計			530	482	940

* 着手予定を含む

** 建設省道路公団、地方公共団体施工のすべてを含む

この問題に対して、機械力の導入等により省力化が進められ、労働力集約型から、近代の施工方式に脱皮しながら対処してきた。しかし、建設工事の性格上省力化には限度があること、また建設工事の労働環境が、他産業に比し劣悪であるために、労働力を集め難い事等があり、依然深刻な問題となっている。

なかんずくトンネル工事では、その災害危険性が高いためにこの傾向は著しい。従って必然的に、季節労働者への依存率が高まり、未熟練、高年令労働者を採用せざるを得ない状況である。現在トンネル工事の施工者は、いかに労働力を確保するかという点に、頭を悩ませている。

以上のことから、労働力の量的、質的問題解決のため、技能労働者の確保、トンネル工事の省力化は、今後増々重要な課題となるであろう。

2.3 トンネル工事と労働災害

既に述べた様に、我が国のトンネル施工は、かなりの

*1 総理府「労働力調査」による。

進歩を遂げ、その技術水準も世界的評価を得るに至っている。しかし、トンネル建設工事の危険性は、依然として高いことも事実である。このことは、施工技術の近代化が行なわれて、我が国特有の地質構造に基づく悪質地盤に対する掘削工法の開発、改良や機械化による省力化、および施工速度の向上等がもたらされたが、トンネル施工全般を見ると、未だ改善を要する多くの諸問題が、存在することを示している。

他の工事と比較して、危険性が高い理由として、一般に工事の対象である岩盤の、力学理論の不備による岩盤挙動の不明確さや、狭い地下空間であるがゆえに、作業環境整備に限界があること、労働力不足等いくつかの問題点が挙げられている。

1970年米国において開催された O. E. C. D. トンネル会議でも、作業環境と安全が、議題の一つに取り上げられ、今後この問題について、研究を進めるよう勧告もなされている。このことは、洋の東西を問わず、トンネル工事が危険性の高い工事であり、各国とも施工の安全に対して関心を寄せ、その重要性を認識していることを示すものであろう。

3. トンネル工事の労働災害の動向

本章においては、過去20年間にわたって、トンネル工事中に発生した労働災害の推移について述べる。データは、毎年労働省により編纂される労働統計年報、あるいは各種安全資料より必要な項目について収集した。なお昭和48年以降労働省における災害分類対象が、休業4日以上の災害となり、昭和47年以前の休業8日以上の災害より広げられ、また分類方式も同時に変更になったことから、ここでは度数率、強度率、死亡者等の一部を除き、原則として昭和47年以前のデータについて考察を行なった。以下第1節において災害実数の推移、各種災害指標の動向について述べ、第2節では細かに原因分類された災害の分析を通して、トンネル工事災害の変遷についての考察を述べる。

3.1 トンネル工事災害の全般的動向

我が国の労働災害は、毎年の労働災害保険新規受給者数を取ってみても、100万人以上を超えているが^{*1}、このうち災害分類の対象となるのは、昭和47年迄は、伴業8日以上所謂重傷災害である。以下では、この

重傷災害を対象として分析を進める事とする。

図1は全産業計、建設業および今回分析の対象であるトンネル工事の各災害の発生人数について、また図2は、その中での死亡災害の推移について調べたものである。同図より全労働災害の推移は、昭和30年代の基幹産業の進展と共に増加し、昭和36年に全産業計で481,686人、内死亡6,712人の頂点に達した。

以降災害数は毎年減少しているが、死亡災害は目立った減少が見られず、昭和46年に至ってようやく5000人台に下ったという状態である。

建設業は災害において、発生数では全産業災害の約30%、死亡災害では約40%を占める産業であり、特に死亡災害では毎年2,400人前後と多く、ほとんど減少をみせていない。一方、トンネル工事災害は、過去20年間のうち前半10年（昭和28～37年、平均4,015人）と後半10年（昭和38～47年、平均2,551人）の差が示す様に、全体としてかなりの減少がみられる。また死亡災害は、毎年100名前後の発生で、昭和30年代と40年代との差は明確でない。

図3は、全産業、建設業、トンネル工事の発生災害に含まれる死亡災害の割合（死亡率）を調べたものである。死亡率は全般として、ゆるやかな増加の傾向にあり、建設業災害の死亡率は、全産業平均よりも約1.4倍大きい値である。またトンネル災害の死亡率は、昭和30年代前半は、ばらつきが大きかったが、後半以降高まったまま余り減少の気配はみられない。

次に災害に関する指標として良く使用されている、度数率および強度率について、その実数を表3にまとめ、図4には度数率、図5に強度率を示した。

災害の発生頻度を示す指標である度数率は、全産業平均では、比較的順調に減少が続けている。建設業は全産業平均の1.5～2.0倍位高く、昭和30年代は通減が続けていたが、昭和40年頃より目立った減少はみられない。このことは、トンネル工事災害についても同様な事が言える。トンネル災害の度数率は、昭和30年前半まで極端に大きく、昭和40年以降でも、建設業の中で一、二を争う大きさで⁸⁾、常に建設業平均の2～3倍位の大きさである。

一方発生した災害の程度を表わす強度率は、全産業平均では、度数率同様通減が続ぎ、昭和44年から1以下の値である。建設業は昭和38年までの減少期と、同年以降の停滞期に分けられ、これは度数率と似た傾向である。停滞期の強度率は、3前後と全産業平均の3

^{*1} 昭和48年度新規労災保険受給者数は1,365,059人である。

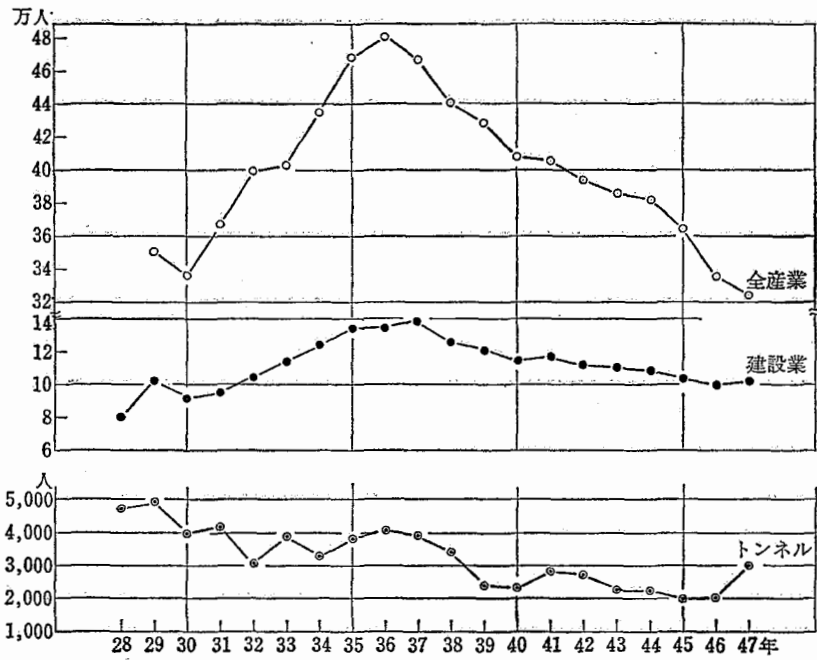


図 1 労働災害死傷者数 (作業 8 日以上災害)

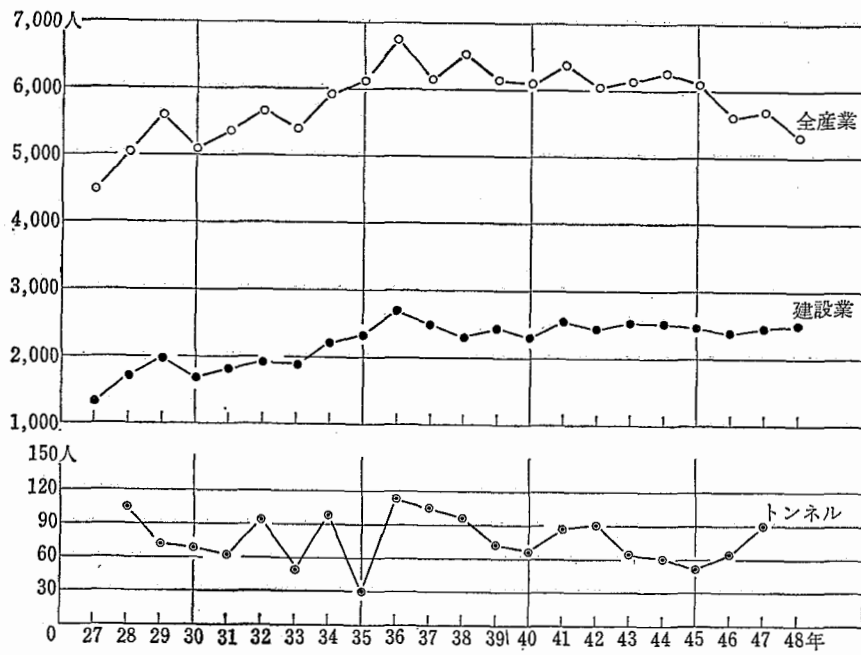


図 2 労働災害死亡者数

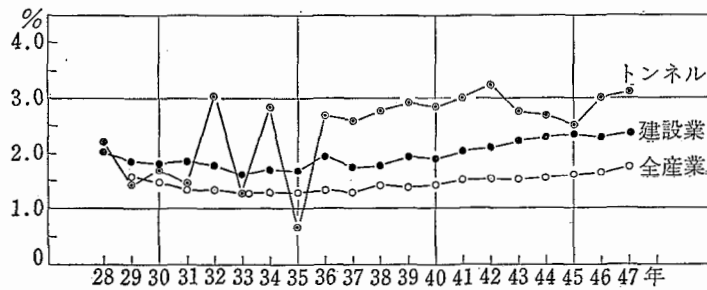


図 3 労働災害死亡率

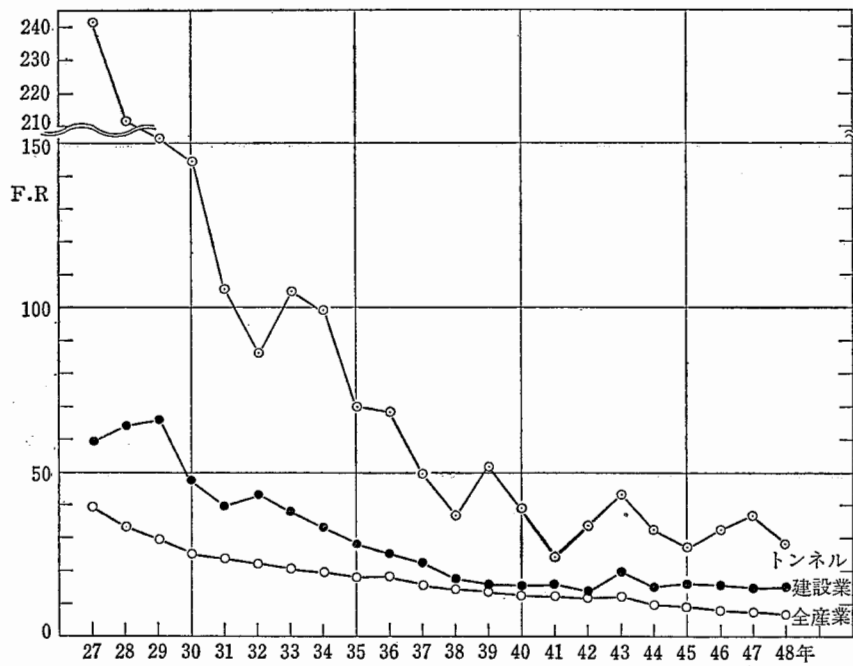


図 4 労働災害度数率 $\text{度数率} = \frac{\text{労働災害発生数}}{\text{延労働時間数}} \times 1,000,000$

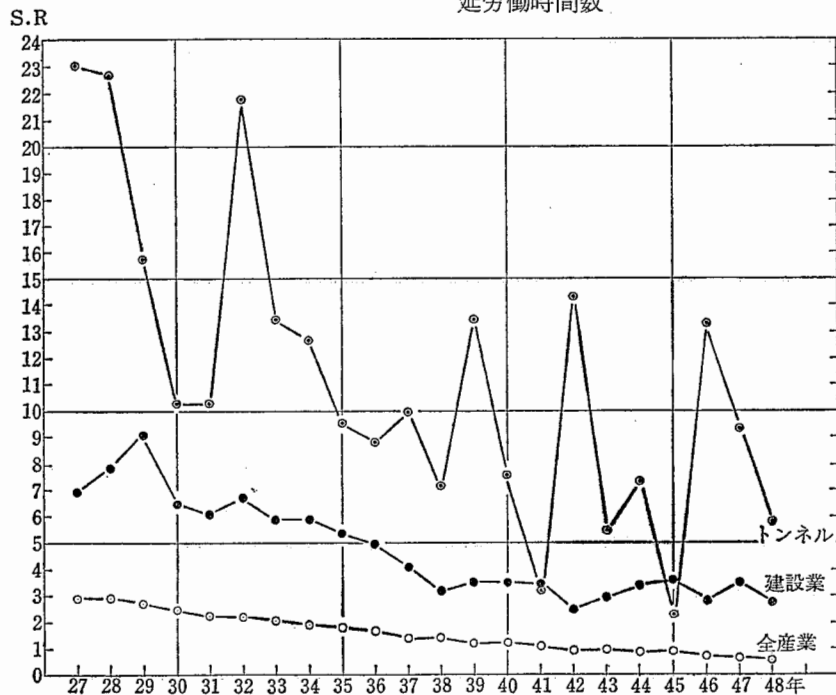


図 5 労働災害強度率 $\text{強度率} = \frac{\text{労働損失日数}}{\text{延労働時間数}} \times 1,000$

～4倍の差がある。次に、トンネル災害の強度率は、これまた際立って大きく、度数率同様建設業災害の中でも高い値であり⁸⁾、かつ、ばらつきも大きく、特に昭和38年以後の変動は非常に大きい。トンネル工事災害の強度率が、大きく変動する理由には次の事が考えられる。

1. 調査を行なった事業場の数が少ない事による変動（トンネル事業場の調査数は毎年ほぼ50内外であり、変動の大きい昭和40年代は、鉄道、道路建設を中心にトンネル建設の事業場が増えた事が考えられる。）
2. 強度率算定に際して、労働損失日数が掛けられ

表 3 度数率，強度率経年変化

年	度 数 率			強 度 率		
	全 産 業	建 設 業	ト ン ネ ル 工 事	全 産 業	建 設 業	ト ン ネ ル
28	32.96	63.85	210.50	2.95	7.89	22.80
29	29.53	65.44	150.28	2.85	9.20	15.82
30	24.49	47.28	143.98	2.59	6.73	10.29
31	22.99	39.64	104.65	2.35	6.18	10.40
32	22.36	42.97	85.48	2.38	6.87	21.79
33	20.29	37.69	104.82	2.05	5.92	13.51
34	18.71	33.26	98.22	1.91	5.94	12.70
35	17.43	27.88	69.14	1.83	5.44	9.55
36	17.40	25.53	67.77	1.73	5.02	8.89
37	15.46	22.71	49.08	1.51	4.22	9.98
38	13.76	17.76	36.48	1.54	3.22	7.20
39	13.45	17.39	51.43	1.25	3.62	13.52
40	12.38	16.24	38.80	1.30	3.63	7.60
41	12.46	15.53	24.23	1.13	3.45	3.21
42	11.81	13.93	33.67	1.02	2.76	14.41
43	11.08	19.86	43.01	1.00	3.10	5.41
44	10.37	15.61	32.26	0.90	3.47	7.25
45	9.20	15.44	26.29	0.88	3.56	2.24
46	8.14	15.50	32.12	0.73	2.85	13.26
47	7.25	14.14	36.28	0.72	3.62	9.28
48	6.67	14.22	27.68	0.64	2.86	5.87

注 1) 全産業は労働者を 100 人以上使用する規模の事業所を対象としており建設業は含まれていない。

2) 建設業は請負金額 3,000 万円以上又は労災保険 20 万円以上の事業所を対象としている。

3) いずれも休業 1 日以上 の災害を対象としている。

るが、死亡率が高まると大きな日数が掛けられる率が高くなり、サンプリングの変動も加わって、ばらつきが更に大きくなる。

トンネル災害強度率は、元来高い値の上に、上記の要因等が重なり図 5 の結果となったと考えられる。

トンネル災害、あるいは建設業災害の全体が、度数率、強度率において、昭和 40 年代に入り、特に大きな減少が見られず、ほぼ一定に近い状態であるが、この事は発生災害数や労働損失日数が、延労働時間(工事量)のみの関係で表現される事を意味しており、経済活動の活発であった昭和 40 年代におけるトンネル、建設業の災害が、共に発生数、死亡数で目立った減少が見られなかった理由でもあろう。またそこで起こった災害は、わずかながらではあるが、死亡率が年々上昇している事は既に述べた通りである。

我々が今後努力せねばならない事は、こうした一定に近い状態にある度数率、強度率をいかに低下させるかという問題であろう。なかんずくトンネル工事災害は、両指標とも極めて高く、かつ死亡率も高いので、一層この努力が重要な分野である。

なお参考の為に、米国の度数率、強度率を、日本と比較すると図 6 の通りである⁴⁾。データは昭和 40 年前半までであるが、同図より、米国の両指数がいかに低く、変動も小さく安定していたかが、また日本の災害率が高く、その程度も高かったかが知られる。日本の度数率が米国並になったのは、昭和 40 年以降であるが、その変動は米国に比べて大きい。この事は、強度率の場合更に顕著である。米国との差をみても、日本の災害は、まだまだ改善される余地があると思われる。

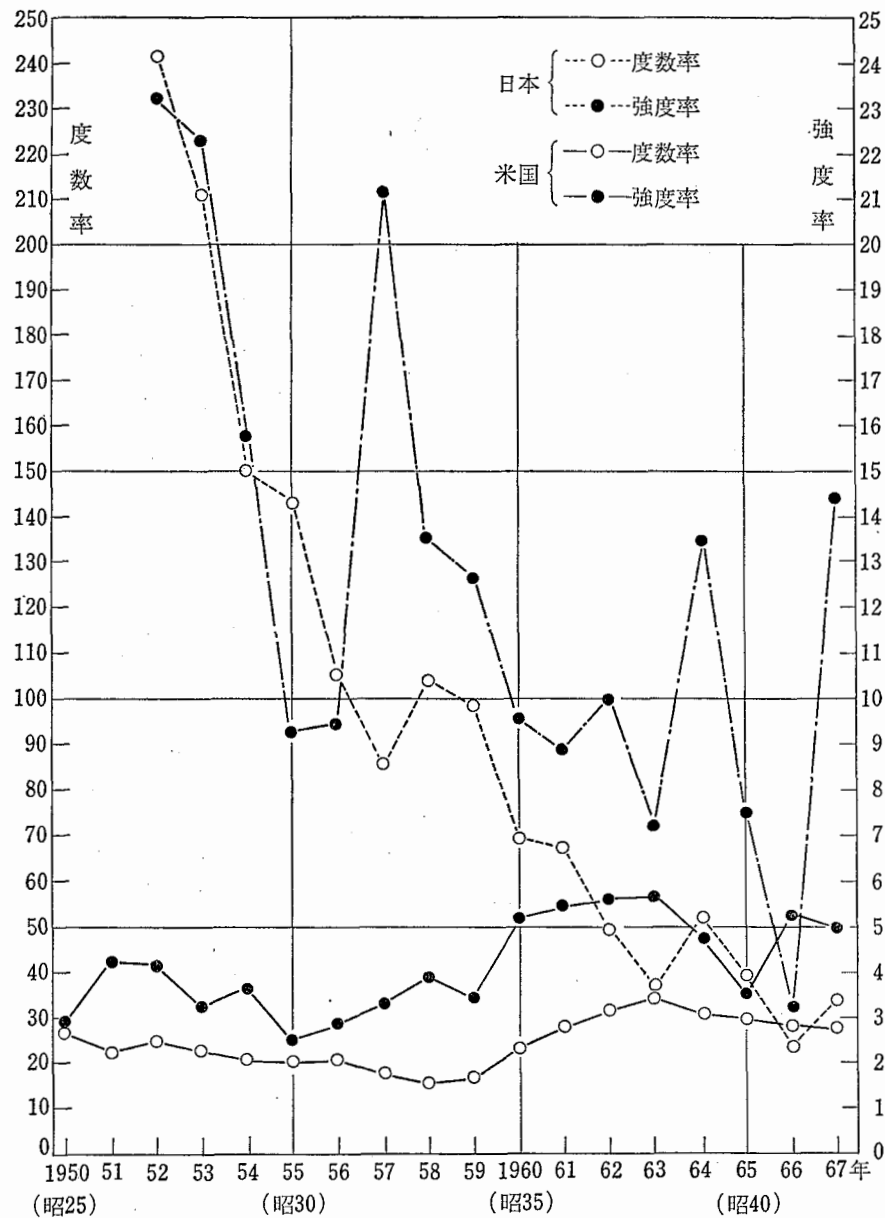


図 6 トンネル工事災害度数率、強度率日米比較

3.2 トンネル工事災害原因別分類

3.1 節では、トンネル工事災害の実数、災害の各指標について、全産業、建設業と比較しながら、全般的動向について考察を行なったが、本節では、トンネル工事災害を、細かく原因分類されたデータによって考察を進めることとする。

災害原因分類には、昭和24年労働省産業安全研究所により制定された分類方式が採用されている*1)。この

方式は、直接加害物件により分類することを原則としており、これに人力による取扱い、運搬、墜落等の加害物件以外の災害に関連した人の行為に基づくものと、災害の状態とみなされる区分および雑原因等が加えられている。この方式は上の説明に従い、災害を大きく4つの分類に分けており、その内容は以下の通りである。

1. 動力運転災害（動力機械の機械的エネルギーに基づく災害）
2. 作業行動災害（動力によらない物的、人的な原因による災害）

*1 この方式は、昭和47年まで使用されたが、昭和48年から災害分類は「起因物—事故の型」を中心に、全面改訂が行なわれた。

3. 特殊危険災害（電気、毒物、爆発等特別に定められた危険性に基づく災害）

4. 雑原因災害（火災、倒壊及び上記三災害に区分されない災害）

この分類方式は、全産業災害を対象としており、必ずしも建設業、トンネル工事の災害に適したものではないが、他に細かく分類され、かつ長期にわたって計測されたデータが無いので、ここではこの分類の中でトンネル工事に関連があると思われる項目を取り上げて考察を行なった。抽出した災害の項目（種類）は次の通りである。災害の主な内容およびトンネル工事での具体的災害についても一部併記しておく。

A) 動力運転災害関係

1. 動力運搬機災害（運転中の動力運搬機等による災害。トンネルでは、軌道関係災害が主力）

2. 一般動力機災害（運転中の一般動力機等による災害。トンネルでは、削岩機等による災害）

B) 作業行動災害関係

3. 手動揚重、運搬機災害（同機械類による災害。トンネルでは、滑車、ウインチ、また最近では余り無いが手押車等による災害）

4. 取扱運搬災害（手または道具により物体を取扱い中あるいは運搬中受ける災害）

5. 飛来崩壊災害（物体の飛来、落下、崩壊等による災害。トンネルでは落盤、落石等の災害）

6. 墜落災害（墜落により墜落者の受ける災害）

C) 特殊危険災害関係

7. 爆発破裂災害（物質の爆発、容器の破裂による災害。トンネルでは火薬類の爆発による災害）

以上の7種類の災害を取り上げたが、これらによってトンネル工事の全災害の85%、死亡災害の90%が含まれ、災害の傾向がほぼ知られるものと思う。

3.2.1 災害原因別分類

まず災害の大まかな動向を調べる為に、前述した大

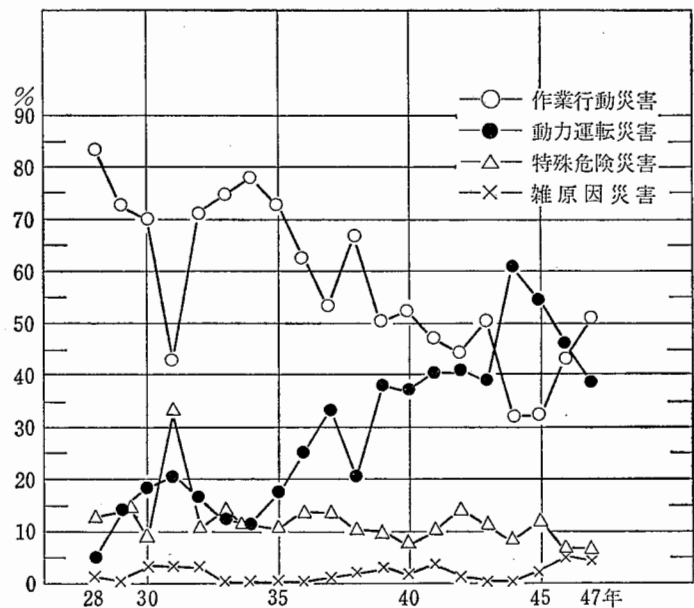


図 7 (a) 災害原因別（大分類）発生割合（死亡災害）

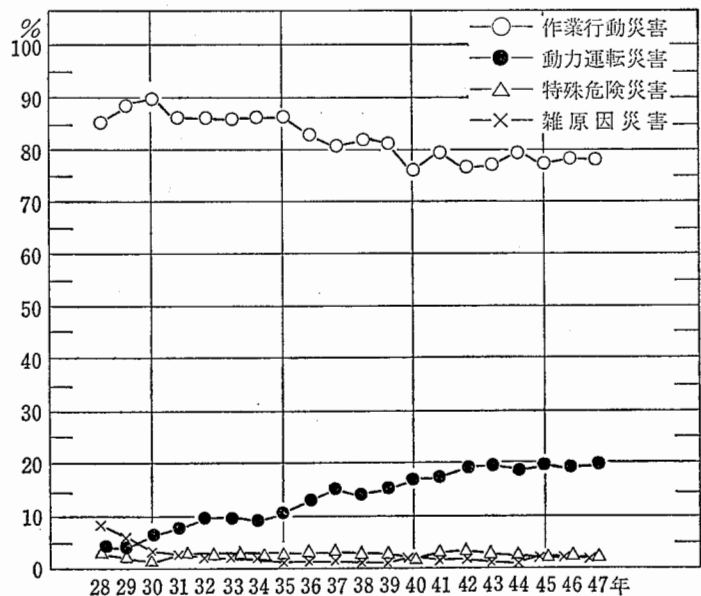


図 7 (b) 災害原因別（大分類）発生割合（死傷災害）

分類災害別に、その発生割合を発生数、死亡災害別に就いて調べたのが、図 7 (a, b) である。一般にこの分類方式は、建設業災害では作業行動災害にかたより過ぎる傾向があると言われているが、トンネル工事災害についても同様に、図 7 (b) に示される通り、全災害の80~90%が作業行動災害に集中して発生している。また各災害の発生割合の変化は同図より、作業行動災害が若干減少しており、代って動力運転災害が増加している事が分る。他の特殊危険災害、雑原因災

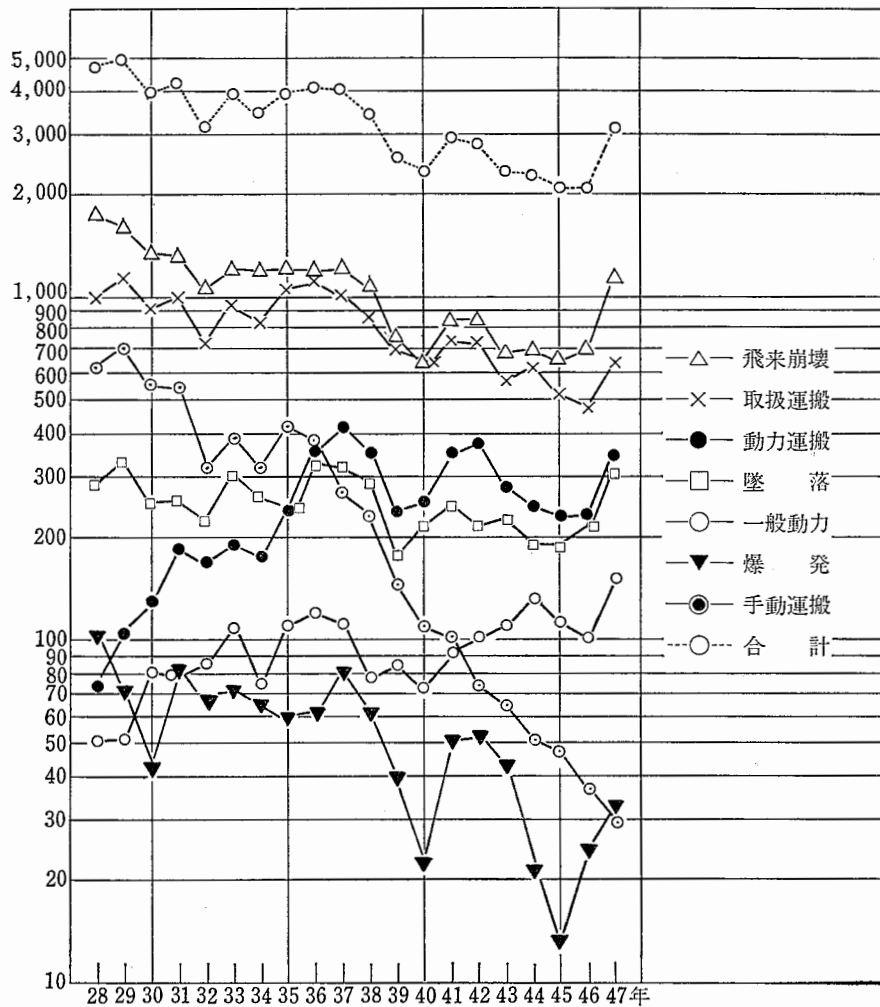


図 8 トンネル工事災害種類別発生件数

害は、発生割合も低く、ほとんど横這い状態である。

トンネルの施工が、年を追って機械力の導入により行なわれてきた事は、機械エネルギーに基づく動力運転災害の増加が示す様に、災害にも反映されている事で分る。この事は、図7(a)の死亡割合の変化で、一層はっきりと示されている。同図より、作業行動災害の割合が当初70～80%であったのに対し、昭和40年後半では約30～40%と半減するに至っているが、動力運転災害は年々増加し、最近では作業行動災害に匹敵ないしは陵駕するに至っている。また爆発災害を中心とする特殊危険災害は、毎年10%前後の発生であり、余り大きな変化はない。雑原因災害はここでも低い。

次に前述の7種類の災害項目に就いて、その発生数の推移を調べたのが図8である。各災害の実数の間かなりの差があるので片対数のグラフで表わした。対数グラフで表わすと、数値の増減の比率の対数がグラフ上に差として示されるので、数値増減の比較には便

利である。同図より、発生災害数は全体として通減しているが、全体の減少率とほぼ等しいか、あるいは大きい災害としては、飛来崩壊、取扱運搬、手動揚重・運搬機、および爆発の各災害である事が分かる。この四災害のうち、特殊危険災害である爆発を除けば、いずれも作業行動災害に属している。次に災害数の変動が、増加率となって表われている災害は、動力運搬機、一般動力機による災害で、いずれも動力運転災害に属する災害である。災害実数、増加率ともに、動力運搬機災害の方が、一般動力機災害よりも大きい。また災害の増減が余り見られないのは墜落災害である。

図9、10は、これらの災害の発生割合を死傷別、死亡別に調べたものである。図10には、死亡災害の実数を実線で加えておいた。災害全体の減少率とほぼ等しい飛来崩壊、取扱運搬の災害は、図9より、毎年30%、25%前後とほぼ一定の割合で発生していることが知られる。他の作業行動災害である手動揚重・運搬機災害

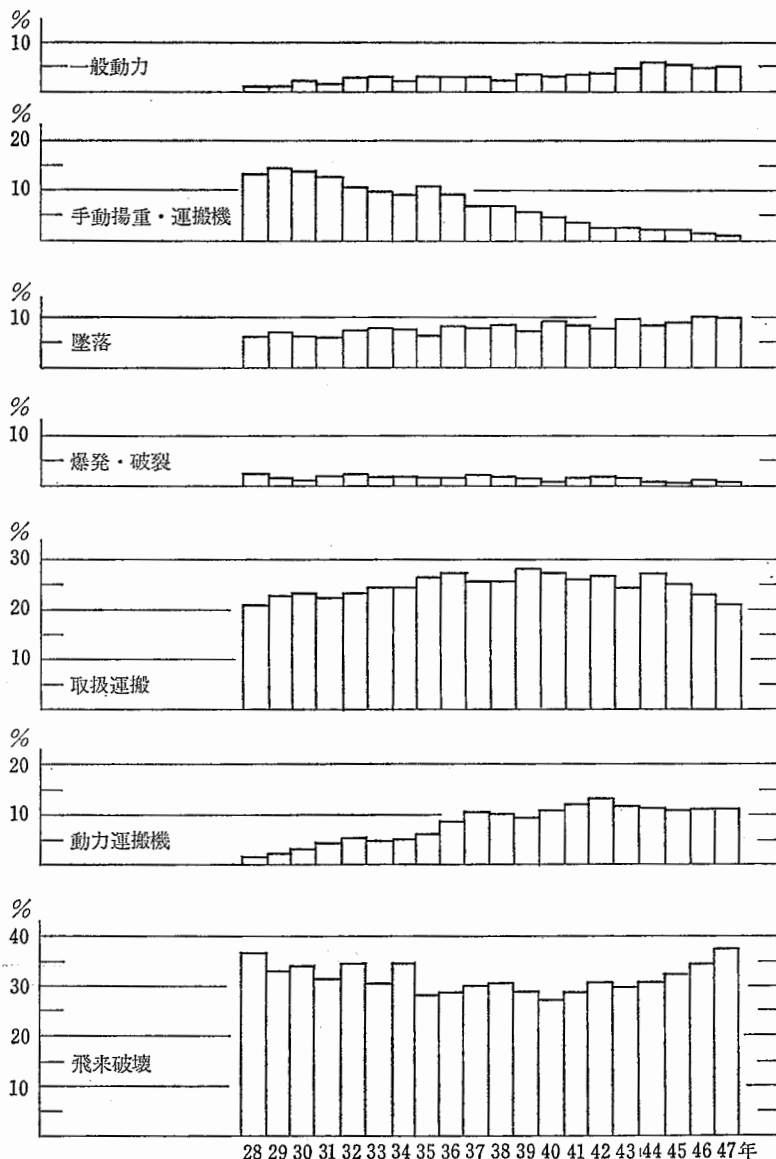


図 9 トンネル工事災害種類別発生割合（死傷災害）

は、10%台から1台へと1/10以下に減少しているが、墜落災害は若干増加し、10%前後の発生となっている。一方災害数の増加が認められる、動力運搬機災害と一般動力機災害の発生割合は、年々増加し、それぞれ11%、5%と昭和30年前半はと大きな開きを有する様になった。

図10より、死亡災害とその発生割合をみると、まず死亡災害が毎年発生している災害は、墜落、爆発破裂、動力運搬機、飛来崩壊の各災害である。次に、昭和30年代を中心に発生し、昭和40年代に入ってからは見られなくなった災害としては、手動揚重・運搬機災害である。これとは逆に、昭和30年代では余りないが、昭和40年代に入ってから発生が続けて起こっているの

は、一般動力機災害および取扱運搬災害である。

この一般動力機、取扱運搬および手動揚重・運搬機の死亡災害の年代的变化は、やはり機械化施工、機器の大型化によるものと考えられよう。

機械化施工の導入により、作業員が日常的に取り扱う道具も機械化され大型化された機器類となり、この結果が一般動力機死亡災害の発生であり、また手動揚重運搬機災害の減少であろう。またトンネルの加背が、単線断面、複線断面、更には新幹線断面と大きくなるに従い、使用されるアーチ支保工の断面、長さも次々と大きくなってゆき、建込作業中に支保工の倒壊や、挟まれる事故による死亡も年に何件か起き、取扱運搬災害に計上される様になった。

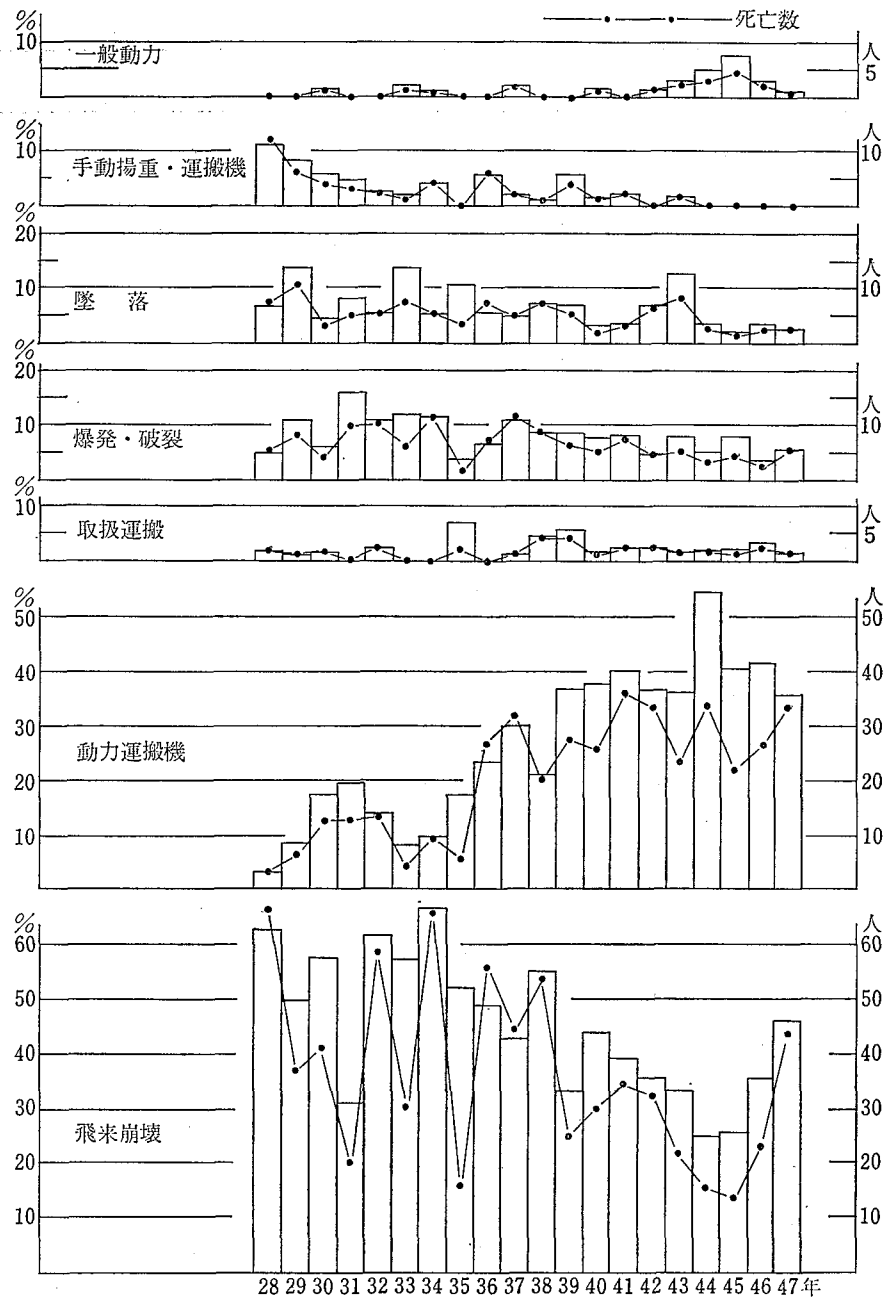


図 10 トンネル工事災害種類別発生割合（死亡災害）

次に、死亡災害の発生割合の変化を同図の棒グラフで見ると、上記の機械化を反映して、運力運搬機災害が大きく増加していることが分る。減少の顕著な災害は飛来崩壊災害である。昭和40年以降動力運搬機災害は、飛来崩壊災害とほぼ等しいか、あるいは大きな発生割合を示す様になっている。他の死亡災害が毎年発生している墜落および爆発災害は、若干減少の傾向にあるといえる。死亡災害の少ない一般動力機、取扱運搬、および手動揚重運搬機の各災害は、死亡数の変化で述べた事と同様である。

また、図11は、これらの災害の死亡率について調べたものである。爆発破裂災害は、災害の特性上死亡率も高く、またばらつきも大きい。次いで死亡率が高いのは、動力運搬機災害である。年々高まる傾向をみせ、昭和40年以後10%を越す年も現われる様になった。飛来崩壊災害の死亡率は、昭和30年代前半にばらつきが大きく、比較的一定に近い状態となっているのは、昭和30年後半以後である。また墜落災害は、2%台から1%へと半減している。他の災害も2%内外と大きな値でなく、特に取扱運搬災害は、1%以下と極めて低

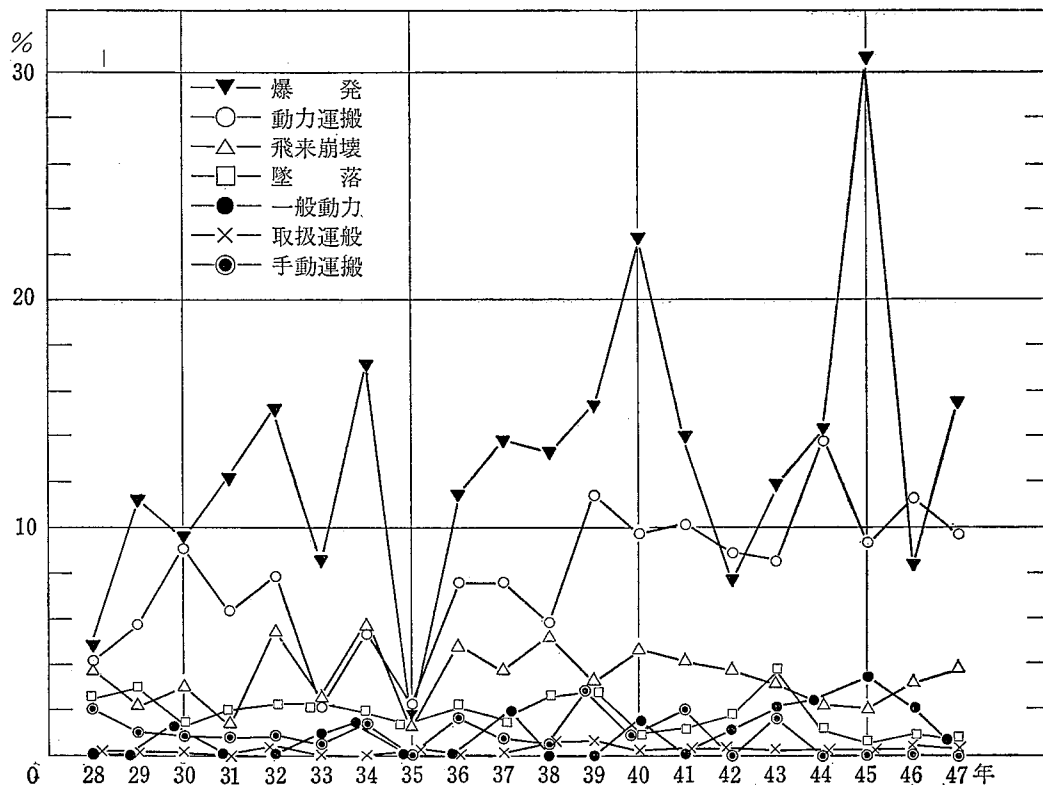


図 11 トンネル工事災害種類別死亡率

い値である。

以上ここでは、トンネル工事における災害を原因別に分類し、その動向について調べてきたが、その結果をみると、発生災害数は、全体として減少の傾向にあり、それは主に作業行動災害を中心にしたものであるが、作業行動災害の中でも災害の種類により、減少率は異なっており、飛来崩壊、取扱運搬の災害は、全災害の30%、25%を占め、依然として多数発生している。また死亡災害でも作業行動災害が減少し、とりわけ飛来崩壊災害は災害割合で半減する様になった。一方ここで、取り上げた二種類の動力運転系災害は、いづれも発生数、死亡数で増加しており、特に動力運搬機災害は、発生数、死亡数共著しく増え、死亡災害では、飛来崩壊災害に等しいか、それ以上になり、また死亡率も年々高まり重篤化してきている。他の爆発災害は毎年ほぼ同じ傾向にあると言えよう。

上記の事より、トンネル工事災害の動向で、大きな変化は、動力運搬機を中心とする災害が、発生件数、死亡災害共に大きく増えている事である。またこの結果、死亡災害の減少が見られる飛来崩壊災害が、相対

的に死亡発生割合で、大きく下った事である。しかし飛来崩壊災害は、依然として発生数が多く、また死亡率も余り変化はみられない。従って以下では、この飛来崩壊災害と動力系の災害に関して、新たに項を設けて、考察を行なうことにした。

3.2.2 飛来崩壊災害

飛来崩壊災害は、毎年全災害の30%以上を占め、一番発生数の多い災害であり、また死亡数も以前よりは減っているが、現在なお30%以上を占めている災害である。災害は主に掘削中の岩石崩壊を中心としており、トンネル工事災害の代名詞でもある落盤災害も、この分類に属する。特に落盤は、一たび発生すると、被災者が多数であることと、死亡率も極めて高く、非常に悪質な災害である。

図12は、トンネル工事災害の全死亡者数、飛来崩壊災害死亡者数、および重大災害（一度に三人以上の死傷者を含む災害）における落盤災害の発生件数の推移を調べたものである。落盤災害は、昭和30年代前半を中心に発生しており、最近では年に一、二件と極めて稀な発生となった。また同図より、死亡全数の変動は、

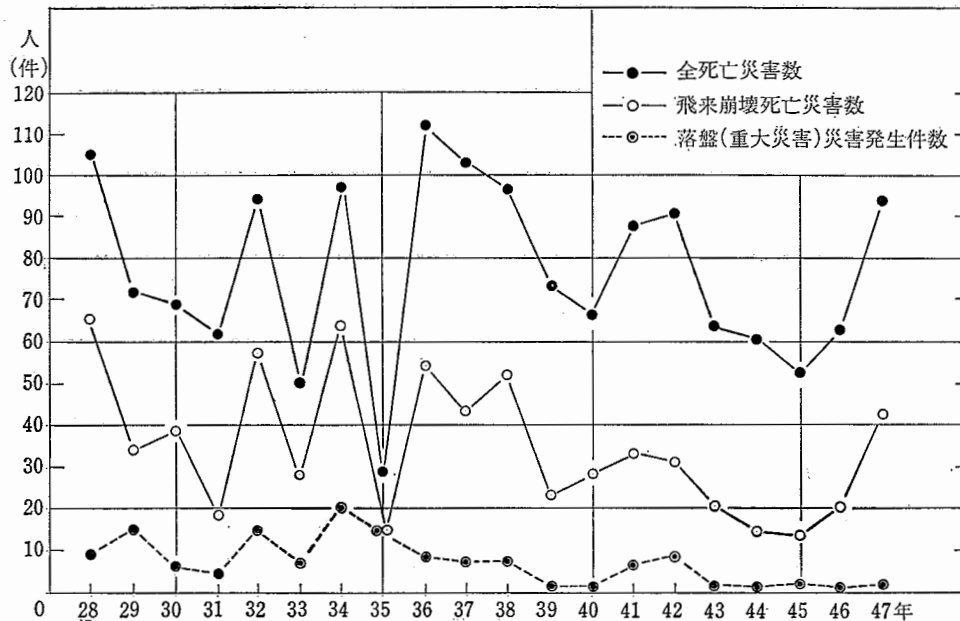


図 12 飛来崩壊関係災害

飛来崩壊災害の死亡数の変動にはほぼ一致しており、落盤の多かった昭和30年代前半の飛来崩壊災害の変動は、落盤件数の変化に合致し、落盤による災害の影響が大きい事が示されている。昭和35年以降の落盤災害が減少した理由には、この当時から本格的に使われ始めたアーチ支保工の採用が、災害防止に大きな役割を果たしたものと考えられる。

ところで、落盤重大災害のほとんど無い昭和40年後半、特に昭和46、47年に飛来崩壊死亡者が、また発生件数も増えていることが、同図および図8から知られるが、この理由として、

1. 昭和46、47年には、山陽新幹線二期工事（岡山—博多間）を中心に、大規模トンネルが次々と建設されているが、この地域の岩質は主に花崗岩であり、掘削作業中における落石、肌落ちの災害が多かった。
2. 鉄道建設の工期は、トンネル建設が左右すると言われている様に、上記トンネル等が、工期上の制約から工事が急がれ、切羽のこそくや点検が十分に行なわれなかった事や、掘削作業に不慣れた作業員が、多数使われたことによるもの。

などが考えられる。

以上の事から、飛来崩壊災害では、落盤という極端に劣悪な災害は減少し、特に死亡災害の減少に貢献したものの、発生災害の割合が一定で30%前後もある事が示す様に、依然として小規模な落石等による災害は

頻発し、特に最近では増加しつつあると言える。つまり、飛来崩壊災害は、従来の落盤等の大規模偶発型から、岩石等の小規模頻発型へ移行しつつ、あるいは移行したのである。またこの変化が死亡割合の低下の理由であろう。

今後こうした状況の元で、飛来崩壊災害を防ぐには、切羽におけるこそく作業を十分に行ない、地山の安全を確かめた後に作業を行なうという態度を徹底させることや、将来的には、切羽に作業員をおかない機械掘削の開発を急ぐこと等が考えられる。

3.2.3 動力系災害

トンネル工事における災害が、掘削を行なう地山の岩質に影響される事は論を待たない。この岩質との関連において論議される災害対象は、落盤を含む飛来崩壊災害が、その典型的な災害であろう。この災害に関しては、既に前項で述べた通りである。

ところで、こうした外的条件だけでなく、掘削方式、ずり資材の運搬システム、覆工方式等の施工方法（条件）もまた災害に関して、大きな要素であると考えられる。なかんずくトンネル建設工事は、施工技術の変遷の所で述べた通り、以前の人力を中心にしたものから、機械力による施工へと面目を一新している。機械化・大型化は、掘削、覆工、運搬のトンネル施工全般にわたるものであり、こうした施工法（技術）の大きな変化は、当然災害発生にも影響しており、今回の場合は、動力系の各災害の変化に、端的に表現されていると考

えられる。すなわち、例えば掘削作業では、昔の小規模なピックやハンマー（削岩機）に、大型ドリルを取り付けたジャンボーが取って代り、作業員は、大きな機械エネルギーをもつ機器を扱うこととなり、一般動力機災害の増加となって現われる様になる。またこれらの機械による掘削能力向上の結果、運搬能力拡充のために、バッテリーカーの重量化や、ずりトロ、台車では 3m^3 、 4.5m^3 、 6m^3 と次々に大容量化されたり、ベルトコンベアーによるずり捨て方式の採用等が行なわれ、トンネルという限られた狭い空間での作業を一層危険なものとなし、動力運搬機災害を大きく増やす事となった。特に、軌道関係の災害は、死亡災害を多く含むので、同災害の死亡率を高める結果となった。

また最近の長大トンネルは、堅坑、横坑、斜坑等を利用した分割施工により、以前には考えられない速度で完成されてゆが、同時にこれは一つの工区をとってみても、工事の幅員を一層激しいものとなし、例えば斜坑と本坑との交点付近で、主に運搬関連の災害を引き起こす等、新たな災害要因を生んでいる。

省力化、機械化、新技術の採用等は、今後もトンネル施工の大きな要素であることに変わりはないが、同時に労働災害にとっても大きな要因であることは、これ等の災害の増加が示す通りである。

4. 結 論

以上トンネル建設工事に関する技術的、社会的な動き、およびそれに伴うトンネル工事労働災害の推移について考察を行ってきたが、ここでは主に災害動向について要約し結論とする。

1) 建設業災害は、全産業災害の3割、特に死亡災害では4割と非常に多くを占め、またその死亡率も全産業平均の1.4倍と高い。災害の指標である度数率、強度率も全産業平均より数倍高く、また昭和40年以降両指標共目立った減少はみられない。

2) トンネル工事の災害は死亡率も建設業平均より高い。また度数率、強度率も極めて高く、建設業災害同様度数率は昭和40年代大きな変化はなく、強度率はその変動が大きい事が特徴である。また米国の度数率、強度率を比べると、日本の両指標は昭和40年まで、大きくかつ変動も激しい。

3) トンネル工事災害は全体として減少しているが、それは主に作業行動災害によるものであり、動力運転

災害は、機械化を反映し、災害数は増加している。

4) 災害を種類別にみて、発生数の多いのは飛来崩壊、取扱運搬災害である。減少の大きな災害は、手動揚重・運搬機および爆発災害で、逆に増えているのは、一般動力機、動力運搬機災害で、特に動力運搬機災害は災害数の増加と同時に、死亡率も高い。発生数の増減の余り無いのは墜落災害である。

5) 死亡災害は、動力運搬機災害が増え、飛来崩壊災害が減少している。手動揚重・運搬機災害は昭和30年代を中心に、一般動力、取扱運搬災害は昭和40年代に発生している。墜落、爆発災害による死亡災害は、やや減少しつつある。

6) トンネル工事の代表的災害であった落盤災害は、近年ほとんど皆無に近い状態となったが、小規模な落石等による飛来崩壊災害は、相変わらず続発している。

あ と が き

トンネル工事における労働災害の動向については以上のとおりであるが、すでに述べたごとく、鋼アーチ支保工、機械化工法の採用以後の労働災害は、それ以前に比べるとかなりの改善がみられる。しかし、工事規模の拡大、工事量の増大などの影響もあって、その発生率は低減しておらず、その重篤性は増加の傾向さえみせている。このことは今後のトンネル建設工事において安全問題を重点的に見直す必要のあることを教えている。昭和39年に制定され、昭和44年に改訂された土木学会トンネル標準示方書は、その趣旨としてトンネルを安全にかつ経済的に建設するための技術基準を示すものとされているが、現在再改訂の準備がなされている。これを機会に、特に安全に関して計画、設計、施工の各面にわたって、より具体的な提案がなされることを期待したい。

今後ますます機械化、省力化の努力が続けられようが、わが国の地質条件からして、R・T・Mの使用は限定され、現在の爆破による掘削システムが主流を占めるものと考えられる。この施工システムの安全対策として重視すべき課題の主なものは、

1. 地質条件の予測精度の向上のための技術開発
2. 換気、照明、騒音等坑内環境の改善
3. 工程管理、施工管理と安全管理の一体化
4. 労働者の教育、訓練の充実、賃金体系の改善などが挙げられる。これらの解決はいずれも経済性と

の関連において多くの困難が予想されるが、関係者の理解と努力を望むものである。

(昭和50年2月22日受理)

参 考 文 献

- 1) トンネル施工の省力化と環境対策, 土木学会, 昭和48年
- 2) 「トンネルと地下」技術講演会テキスト, トンネルと地下, 昭和47.4
- 3) O E C Dトンネル会議の全貌と現場視察報告書, 土木学会, 昭和46年
- 4) Development of Tunneling Methods and Controls E. L. Armstrong Proceedings of A. S. C. E. Vol.96, No. co 2. OCT. 1970
- 5) 労働統計年報(昭和28~48年), 労働省統計調査部
- 6) 産業安全年鑑(昭和28~48年), 中央労働災害防止協会
- 7) トンネル工事における労働災害の分析 前, 花安, 鈴木, 第28回土木学会講演概要集, 昭48.10
- 8) 土木工事における労働災害の動向 前, 花安, 産業安全研究所技術資料(未発表)

産業安全研究所技術資料 RIIS-TN-74-6

昭和50年3月31日 発行

発行所 労働省産業安全研究所
〒108 東京都港区芝5丁目35番1号
電話 (03) 453-4441(代)

印刷所 新日本印刷株式会社
