

第6章 まとめ

6.1 山岳トンネル工事の災害

6.1.1 災害の発生場所

5章で示した 災害発生場所割合 を再度掲載する。

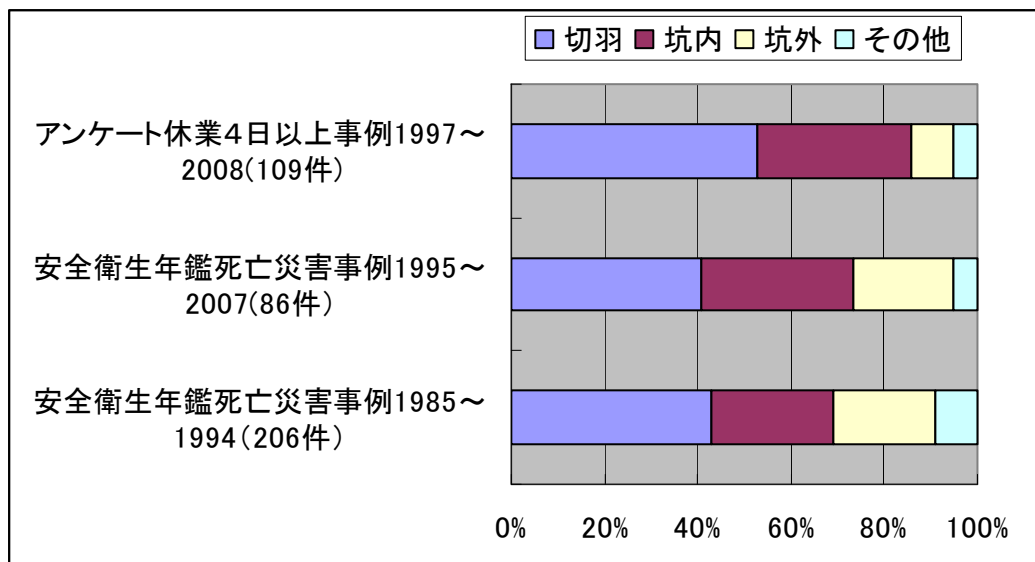


図 6.1.1 災害発生場所の割合

山岳トンネル工事での災害は切羽での災害が多い。切羽は作業が集中している場所であり、一番危険なところではあるがその災害の発生割合はほとんど変化していない。

6.1.2 切羽での災害原因について

5章で示した 切羽での災害原因別割合 を再度掲載する。

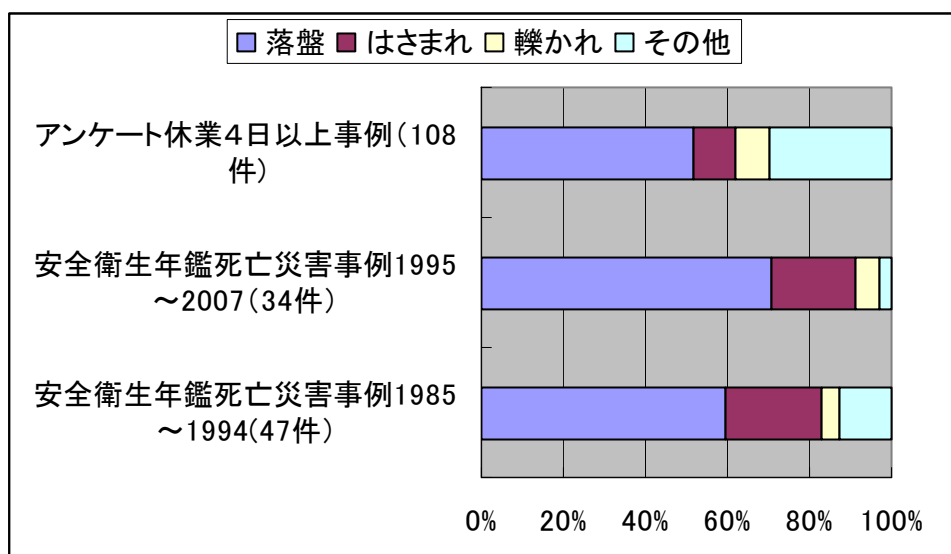


図 6.1.2 切羽での災害原因別割合

災害原因としては圧倒的に落盤が多い。落盤対策は昔から山岳トンネルの課題である。対策としては以下の3つの方法が考えられる。

- ① まずは落盤を起こさない
- ② 落盤があっても作業員が危険箇所に入らないで作業が進められる。
- ③ 見張り、検知、警報システム等を充実させる。

落盤防止のための切羽安定については2.3.9 補助工法の内訳の推移に示すように先受工や鏡補強といった補助工法が多く採用されるようになり最近ではほとんどのトンネルで採用されている。

6.1.3 切羽での災害と作業について

5章で示した 切羽での災害と作業 を再度掲載する。

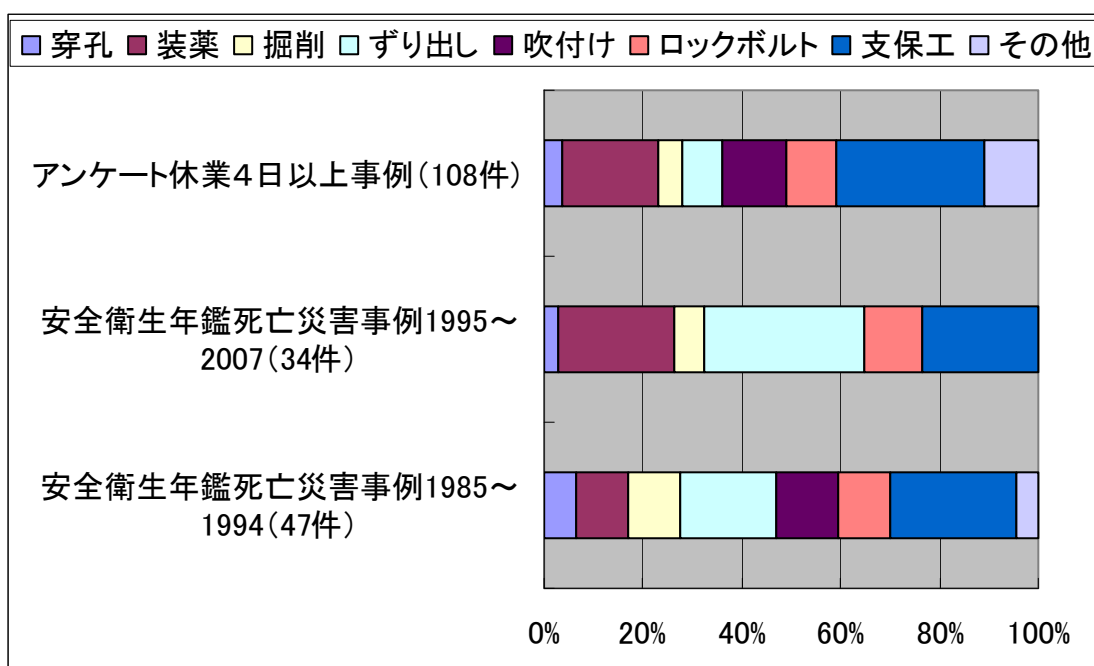


図 6.1.3 切羽での災害と作業

図からわかるように装薬、ずり出し、支保工の作業で災害が多く発生している。

装薬作業は現状では人力作業であり、作業員が切羽に入っでの作業となる。一方切羽面は一般には岩盤が露出しており落盤や肌落ちが発生する恐れがある。これらの対策としてコソクを実施している。また肌落ち防止のための鏡吹付けや鏡ボルト、切羽前方先受けボルトなどを行っている。しかし対策は程度が不明確であり 100%ではない。また肌落ちや崩落はわずかな時間で発生するため完全な防止は困難である。作業員が切羽に入らないで済む作業システムが望まれる。

ずり出し作業もその前後に切羽の点検やコソクで切羽に出入りする。また支保工作業も脚部の整地や位置決めなどで切羽部に立ち入る。

いずれも主原因は落盤や肌落ちである。

6.1.4 坑内での災害について

坑内での災害について図 6.1.4 坑内での事故割合 に示す。

ここでの特徴は、轢かれが多いことである。内容的には移動する重機やずり出しのダンプトラック等に轢かれる事故である。レール工法からタイヤ工法に変わり、坑内は資材運搬やずり出し等で車両の走行が多い。また機械も大型化している。通常は安全通路が整備されており、そこを歩行すれば安全なはずである。しかしながら、測量や点検、仮設機器の補修など非定常業務をしていて被災する例が多く報告されている。これら災害の背景としては

- ① 本来人がいないはずの場所、またはいてはいけない場所に人がいる。
- ② 騒音等で作業員は機械、重機の移動に気づかない。
- ③ 機械やダンプをバックさせる時、運転手は後方が見えない。

などが考えられる。これに対する対策が望まれる。特に機械、ダンプ等の後方視認装置の開発・普及が望まれる。

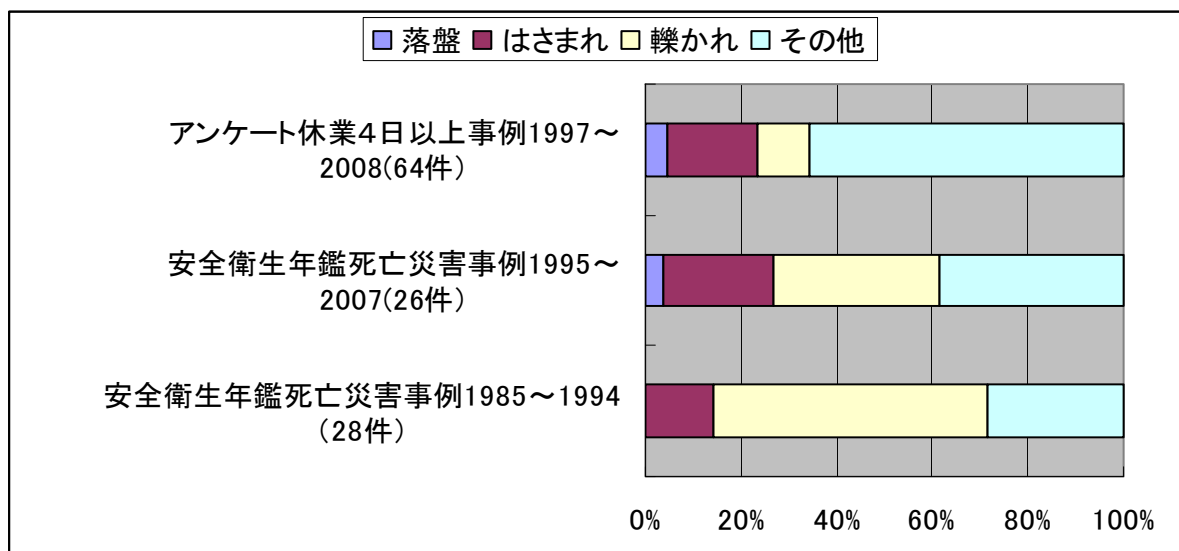


図 6.1.4 坑内での事故割合

6.1.5 人的、物的、管理的要因と災害発生割合

4章 17 節に災害の発生原因を人的、物的、管理的要因について分析している。これはアンケートの資料を分析したもので対照は休業4日以上の災害についてである。

各要因ごとの主要な点を改めて示す。

- ・ 人的要因 : 状況判断の誤り 27%、点検等の不足 24%、知識技術の未熟 15%
- ・ 物的要因 : 安全設備に欠陥 18%、作業環境の欠陥 17%、他の物的原因 15%
- ・ 管理的要因 : 作業手順の不備 54%、人員配置の不備 10%、連絡調整の不備 7%

点検不足や設備の欠陥、作業手順など基本的な点が欠落している。

原点に立ち返り再度安全作業の見直しと教育の充実が望まれる。

6.1.6 被災者の年齢

被災者の年齢を図 6.1.6 被災者の年齢 にしめす。

安全衛生年鑑の被災者の年齢は5歳をグループとして表示しているのにならった。年齢グループのカーブの形状はよく似ておりいずれも50～54がピークを示している。

ただし、安全衛生年鑑の資料ではピークが2つある。すなわち40～44歳と50～54歳である。中間の45～49歳が少し少ない。これが特別な意味をもつのかたまたまの結果かは不明である。いずれにせよピークは50歳代であり作業員の高齢化がうかがえる。

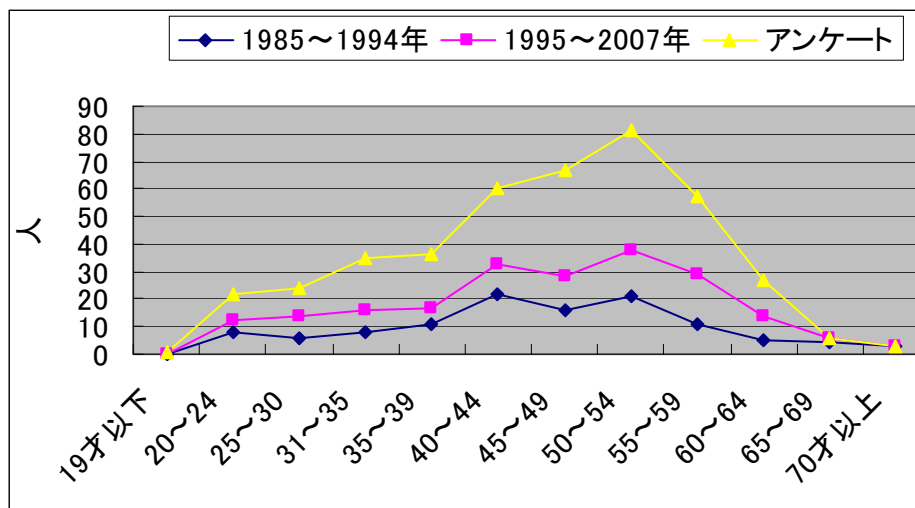


図 6.1.6 被災者の年齢

6.1.7 災害発生曜日

災害の曜日別の発生状況を図 6.1.7 災害の発生曜日に示す。

アンケートの結果からは特に週初めや週末に事故が集中するとは言えず、むしろ週の間が要注意日になりそうである。ただし安全衛生年鑑の死亡災害の発生曜日では特に傾向はなくどの曜日にも大差はなさそうである。なお 1985～1994 には千葉での水没事故（木曜）、1995～2007 には北海道での竜巻事故（火曜）が含まれている。

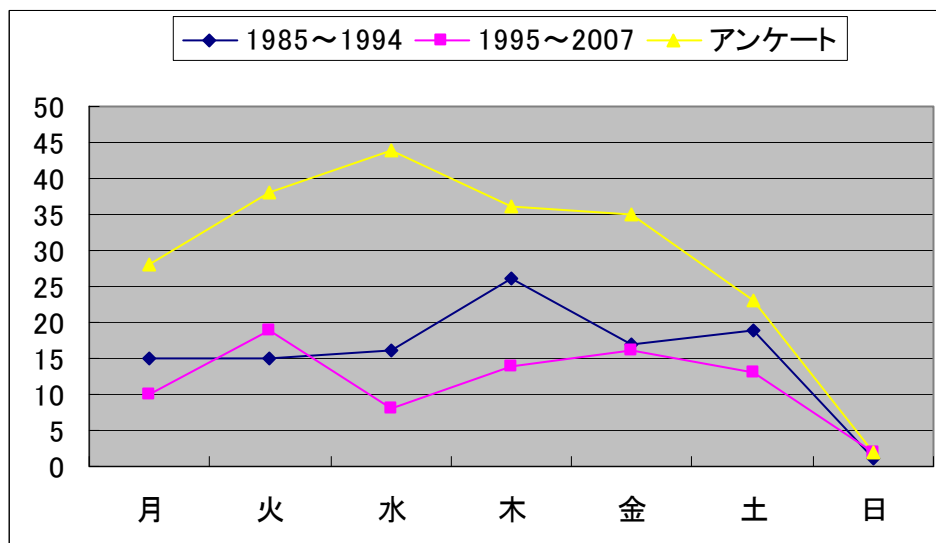


図 6.1.7 災害の発生曜日

6.2 全体のまとめ

6.2.1 今回の分析作業により判明したこと

山岳トンネル工事量と工事内容について

- ・ トンネル全体の工事量は、平成8年頃をピークにして減少傾向にある。最近の工事量は最盛期のほぼ50%である。山岳トンネルも同様の傾向である。
- ・ 平成19年の用途別施工量は、金額ベースでは道路トンネルが多く49%を占めている。ついで、鉄道トンネルが多く26%である。
- ・ 掘削方式は、発破工法が大体2/3を占めている。この傾向は、ここ10年ほぼ一定である。
- ・ 掘削工法は全断面、補助ベンチ付き全断面工法が多くおおよそ1/2程度となっている。
- ・ 補助工法の採用割合が最近20年で急激に増加している。特に先受け工法と鏡補強は多く、ほとんどのトンネルで採用されている。

山岳トンネルと災害数の傾向について

- ・ 山岳トンネルの災害の傾向は全建設業の傾向とほぼ同じである。両者の大きな傾向としては昭和時代後半に減少し、平成年代にはほぼ同程度の傾向が続き、平成10年頃以降減少傾向にある。平成10年頃以降の減少は工事量の減少と傾向が同じである。
- ・ トンネル工事での災害数は急激に減少している。木製支保工時代の災害度数率は100以上だったが、鋼アーチ支保工の時代になって80から20ぐらいまで減少した。さらにNATMの採用により、平成年代はほぼ5以下で推移している。ただし、全建設業に比較するといまだ倍近い度数率である。
- ・ 死亡者数も同じような傾向にある。ただし、突発的な事故により統計上は必ずしもそうはなっていない。ただ、平成16,17年の2年間は山岳トンネルの死亡災害それぞれ1件という実績だった。死亡災害0もあとわずかであり夢ではない。

山岳トンネルの災害内容について

- ・ 山岳トンネルの災害の発生場所は、主に切羽である。
- ・ 切羽での災害の原因は落盤が多く60~70%を占める。次いで機械のはさまれが多い。
- ・ 切羽では装薬、ずり出し、支保工での作業で落盤による災害が多く発生している。これらの作業では、いずれも切羽に作業員が立ち入るので災害も多いと考えられる。
- ・ 一方、切羽以外の坑内では、轆かれの災害が多い。本来安全通路を歩行していれば災害にはあわないのだが通路以外で被災している。

災害のその他の側面について

- ・ 山岳トンネルの被災者の年齢をみると50代が多い。
- ・ 災害発生の曜日や発生日、時間帯もそれぞれ調査した。曜日については、しいて言えば週半ばが多いが大きな視点からは特異日はなく平均しているようだ。時間帯は意外にも午前中が多く、夜間は少ない。
ただし、これらはサンプル数が少ないので早急な結論は控えるべきだろう。

災害の要因について

- ・ 人的要因としては、状況判断の誤りが多い(27%)、物的要因では、安全設備の欠陥(54%)
管理的要因では作業手順の不備(54%)が指摘されている。

- ・ この結果は災害が不可抗力によるものでないことを示している。逆に見れば努力すれば防げる事故や災害である。いずれも、訓練や教育計画の見直し等で改善できるものであると考えられる。

6.2.2 今後の課題

災害の原因に対して対策は3つの方法がある。1つは原因を発生させない。1つは原因が発生しても被災しない。1つは発生するところに立ち入らないことである。

災害をなくすための今後の課題や技術開発については、以下のようなものが期待される。

切羽の落盤対策

- ・ 切羽対策としては、まず落盤を起こさないことが求められる。そのためには鏡の補強としての鏡吹付けや鏡ボルト等の補助工法の充実が望まれる。
- ・ 切羽面に立ち入らない工法の確立が望まれる。装薬を機械化する。支保工の建て込みを機械化するなどがある。機械装薬そのものは技術的には既に開発されているが込め物等の課題が残っている。支保工建て込み台車も開発されている。機械の性能をアップさせ完全に切羽に入らないですむ実用化が望まれる。
- ・ さらには、監視体制や警報システムなどを充実する。肌落ちの直前にわずかな切羽面の変位に対応し、音や光などで作業員に認知させるシステムなどの開発も望まれる。

機械のはさまれ対策

- ・ 機械の運転時や、移動時にはさまれる災害も多い。
限られた空間内で大型重機が動く例が多いので、はさまれの危険性は高い。その点では小旋回型の油圧ショベルは、安全面に貢献していると思われる。
立ち入り範囲を明確にするのは当然ではあるが、機械のオペレーターが機械周辺を視認できる機械が望まれる。また運転、移動時には警報を発するなどの仕組みも欲しい。
さらには、小旋回型油圧ショベルのように災害の発生しにくい形状の機械類の開発も望まれる。

坑内の交通事故対策

- ・ 本来発生してはならないはずの事故ではあるが、実際にはかなり発生している。
トンネル内の作業を単一作業とし、掘削と覆工を同時施工しないなどが出来ればこの種の災害は減少すると思われるが、現在の施工上からは難しい。これについては、教育や安全ルール、作業手順などの充実を図るしかない。機械的には、全方向を運転手が確認できるのが望ましい。ずり出し方式を連続ベルコンにするのも一つの解決策ではあろう。

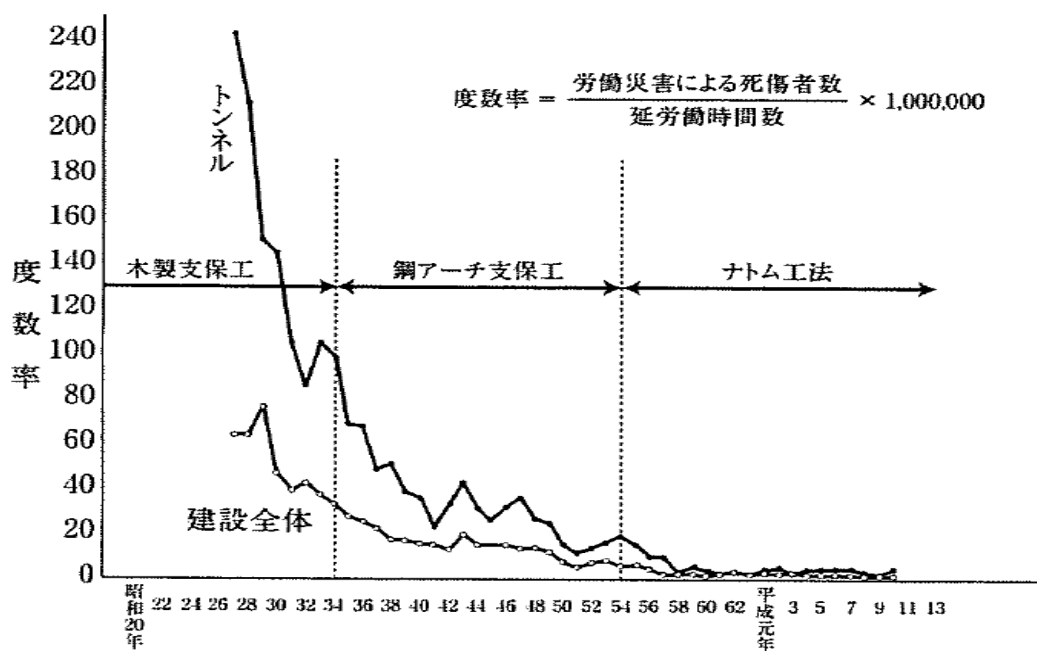
6.3 トンネルの災害件数と工法〈参考〉

3章の図3.3 死亡災害の推移、図3.7 強度率の推移、および図3.8の度数率の推移によれば災害件数は大幅に減少している。全建設業との比較においてもその差は大幅に縮まっており、そのうち全建設業と同程度になりそうである。

この原因の一部に技術革新による作業環境の変化があったことも見逃せない。山岳トンネルにおけるNATMの導入、シールド工事における密閉式マシンの開発がある。さらに、周辺機器をふくめて機械化、無人化等がなされ人間が被災する条件がかなり減少している。

一方、最近の山岳トンネルについてみると、断面が100m²を越えるトンネルも多くなり、地質的には土砂トンネルが増え環境問題で多くの制約をうけ機械類も大型化、高度化するなど技術的に難しいトンネル工事が多数あり災害の種は減っていないようである。より一層の安全作業の徹底と安全技術の開発が望まれる。

参考に、NATM導入による事故の減少の数値例を図6.3に示す。



トンネル災害度数率（建設全体との比較）

図6.3 トンネル工事の災害度数率の推移

出展 トンネル物語 山海堂 著者 横山 章、下河内 稔、須賀 武