

Specific Research Reports of the Research Institute
of Industrial Safety, RIIS-SRR-NO.14 (1995)
UDC 331.821,331.826,368.41.016,624.134,624.537,624.54,614.822,614.8-027

2. 溝掘削工事における土砂崩壊による死亡災害の分析

豊澤康男*, 堀井宣幸*, 玉手 聡*

2. Analysis of the Fatal Accidents Caused by Trench Failure

by Yasuo TOYOSAWA*, Noriyuki HORII* and Satoshi TAMATE*

Abstract ; Trench failures cause a considerable number of deaths and injuries in Japan. For the purpose of establishing countermeasures, it is necessary to understand the basic information about fatal accidents due to trench failure. Little attention has been given to the fatal accidents due to earth failure, especially on the relations between the failure patterns and cause of death.

90 fatal accidents in trenches were examined with close examination of the situations surrounding these accidents which occurred during the period 1986 to 1988 in Japan.

The examination revealed the following characteristics of the fatal accidents due to trench failure :

- (1) Concerning the cause of death, suffocation accounted for 31 %, pressure 21 %, fractures 17 % and the rupture of internal organs 13 %. In each case, each worker who died experienced soil pressure on their chest or abdomen.
- (2) With regards to the buried portion, about 60 % of the workers who died were not entirely buried. The percentage of the workers who were buried entirely accounted for 31 %.
- (3) Trench failures could be divided into four types. They are ; ①Type-1 Failure due to surface slip, ②Type-2 Failure by toppling, ③Type-3 Failure by sliding or rotation and ④Type-4 Failure by falls or block failure.
- (4) Failure occurred as a clod or block of earth. The clod or block of earth kept its shape until it hit the worker. Because of the narrow space in trench, the worker could not escape and was trapped between the clod of earth and the trench wall.
- (5) 85 % of the fatal accidents were related to back-fill. In other words, fatal accidents occurred where the soil has been disturbed due to earlier earthwork.
- (6) Nearly 80 % of the accidents involving small-scale trench failure occurred when the height of the trenches was less than 3 m. 23 % of the accidents happened in trenches of less than 2 m depth.
- (7) Nearly 30 % of the workers died during the work for installing and dismantling trench supports. A safety procedure of installing and dismantling trench supports that dose not require workers in the trench needs to be developed.

Keywords ; Occupational Accident, Trench Failure, Excavation, Safety, Statistical Analysis, Case History

2.1 はじめに

土砂崩壊による労働災害の死亡者数は、近年においても、毎年60名前後で推移している。年によって若干の差はあるものの、発生件数はほぼ横ばいの状況である¹⁾。

土砂崩壊による労働災害を大別すると、上下水道工事等の掘削溝における小規模な開削部の崩壊によるものと、道路工事等において発生する切取り斜面の崩壊によるものとに分類できる。死亡災害の発生数でも、それぞれがおおよそ半数ずつを占めているのが現状である。

切取り斜面の崩壊についてはある程度解明され、崩壊形態の分類もされている²⁾。しかしながら、掘削溝の崩壊による災害については、切取り斜面の崩壊とは崩壊状況、被災の状況等において異なった特徴が見られ、同種の災害として一律に災害防止対策等を論じることが難しいにもかかわらず、ほとんど解明されておらず、その実態も知られていない現状にある。

こうした現状に鑑み、本報告では、溝崩壊災害防止のための基礎的知見を得ることを目的として、溝掘削工事中の土砂崩壊の実態を把握するため、死亡災害について基礎的な調査分析を行った。

2.2 調査対象及び調査項目

2.2.1 調査対象

調査の対象は、上下水道工事等の溝掘削のほか小規模な開削工事で、昭和61年から昭和63年の間に発生した死亡災害90件であり、災害調査復命書をもとに分析を行った。土砂崩壊のうち、切取り斜面の崩壊及び比較的大規模な開削工事における崩壊は対象から除外した。

2.2.2 調査項目

調査は、災害調査復命書の記述内容をもとに、次の項目について実施した。主な分析項目のコードをTable 2.1に示した。

2.2.2.1 死亡原因及び傷害部位

死亡原因及び傷害部位の分類項目を、Table 2.1の1及びTable 2.1の2にそれぞれ示す。災害調査復命書には、医師の診断等に基づく死亡原因が記載されている。この記述に従って、例えば、「胸部圧迫による窒息死」は、死亡原因は

「窒息（原因は圧迫）」、傷害部位は「胸部」とし、「脳挫傷」は、死亡原因は「挫傷」、傷害部位は「頭部」のように分類した。傷害部位が特定できないもの、つまり単に「圧死」とか「窒息」としか記載されていないものは、傷害部位を「全身又は不特定」に分類した。

「窒息死」については、同じ窒息による死であっても、原因は次の2種類が考えられる。

①圧迫等による窒息：胸部近辺を土砂で圧迫されたため、呼吸ができずに窒息または血行圧止による窒息

②酸素の不足による窒息：土砂に埋もれ、口、鼻の周りを土砂で覆われたため、吸引する酸素が不足したために起きる窒息

ここでは、記載事項の被災状況から判断して①の圧迫による窒息であることが明らかな場合をTable 2.1の1(a)「窒息（原因は圧迫）」と分類し、窒息であるがその原因が上記②又は不明瞭なものについては、Table 2.1の2(b)「窒息（原因は不明）」に分類し、「圧迫による窒息」を抽出することを試みた。

2.2.2.2 埋没状況

被災の実態を明確にするためには、被災者がどのように土砂に埋もれていたか、あるいは挟まれていたかなどを明らかにする必要がある。

ここでは、Table 2.1の3に示すように、埋没部位（死亡時に被災者がどこまで埋まっていたかを表す。）を次の5項目に分類した。

①「全身：全身が埋まった場合

②「首まで」：首までが埋まった、又は挟まれた場合。つまり、顔はでていたことを意味する。

③「胸又は腹部以下まで」：胸若しくは腹部以下までが埋まった、又は挟まれた場合。つまり、胸から上はでていた場合。

④「その他」：上記①、②又は③に当てはまらないもので土塊により打撃を受けたり、身体の一部が崩壊した土砂と溝壁に挟まれたもの等

⑤「不明」：記載事項等からは埋没状況が判断できないもの

2.2.2.3 崩壊パターンの分類

切取り斜面を含む斜面の崩壊については、詳細な崩壊パターンの分類がなされているが^{2,10)}、掘削溝における崩壊の場合には斜面の崩壊とは異なるいくつかの特徴が見られた。このため、本報告

Table 2.1 Code for analysis.
分析項目コード

1. 死亡原因	2. 傷害部位
a. 窒息 (原因は圧迫)	a. 全身又は不特定
b. 窒息 (原因は不明)	b. 頭部
c. ショック	c. けい部
d. 内臓破裂	d. 胸部
e. 骨折	e. 腹部又は腰部
f. 打撲	f. 足脚部
g. 圧迫	g. 複合部位
h. 挫傷	h. その他, 不明
i. その他, 不明	

3. 埋没部位	4. 崩壊原因
a. 全身 (全身が埋まった。)	a. 埋戻し土あり (造成地, 盛土等を含む。)
b. 首まで (頭部は埋まらず。)	b. 自然の地山
c. 胸部又は腹部以下まで	c. その他
d. その他 (崩壊土砂に激突される, 身体の一部が挟まれる等)	d. 不明
e. 不明	

5. 被災時作業の種類	6. 土止めの設置状況
a. 床ならし, 床面掘削	a. 設置済み
b. のり面掘削	b. 設置中
c. 土止めの設置作業	c. 設置なし (設置計画あり)
d. 土止めの組立て (腹起こし, 切梁の取付)	d. 設置なし (設置計画なし)
e. 配管等の本来の作業	e. その他, 不明
f. その他の本来の作業	
g. 点検調査	
h. その他	
i. 不明	

においては, 新たに崩壊パターンの分類を試みた。詳細は, 2.3.2.1 で述べる。

2.2.2.4 崩壊原因

掘削溝の崩壊事例の多くは, 市街地の掘削等, 以前に土工事をした近辺で発生している。英国 CIRIA の報告では, 35%の土砂崩壊災害事例が以前に人工的に乱された地盤と関連しているとしている³⁾。崩壊は種々の要因が複合して発生して

いるが, 本報告では, 埋戻し土等 (造成地, 盛土を含めた人工的に乱された地盤の存在) の有無に着目して分類した。(Table 2.1 の 4 参照)

2.2.2.5 掘削溝の規模等

掘削溝の大きさについては, 掘削溝深さ, 掘削溝の幅及び掘削壁 (掘削のり面) の角度を分析した。また, 崩壊の規模を捉えるため, 崩壊した土砂の体積 (土量) を分析した。

2.2.2.6 その他の分析項目

崩壊発生時に被災者が行っていた作業を Table 2.1 の 5 のように, また, 崩壊発生時の土止めの設置状況について Table 2.1 の 6 のように分類した。

上記の分類の他, 発注者, 工事の種類, 被災者の年齢, 経験年数, 職種等についても分析した。

2.3 分析結果

2.3.1 被災状況等

Fig. 2.1 に死亡原因について示す。死亡原因は, 窒息 (31%), 圧迫 (21%), 骨折 (17%),

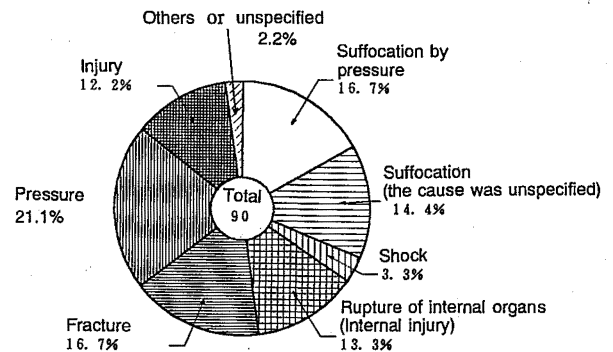


Fig. 2.1 Cause of death.
死亡原因

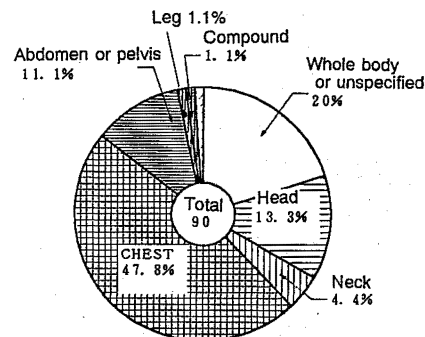


Fig. 2.2 Injured body part.
傷害部位

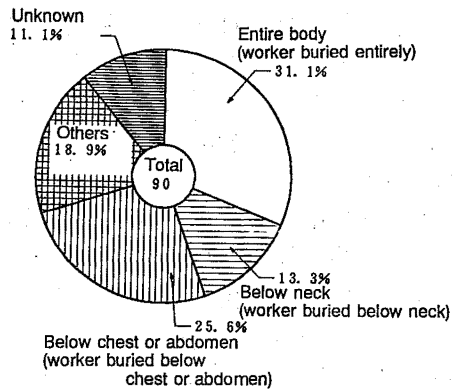
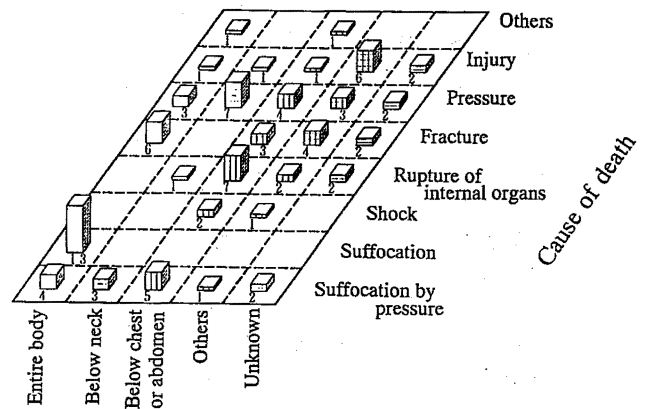
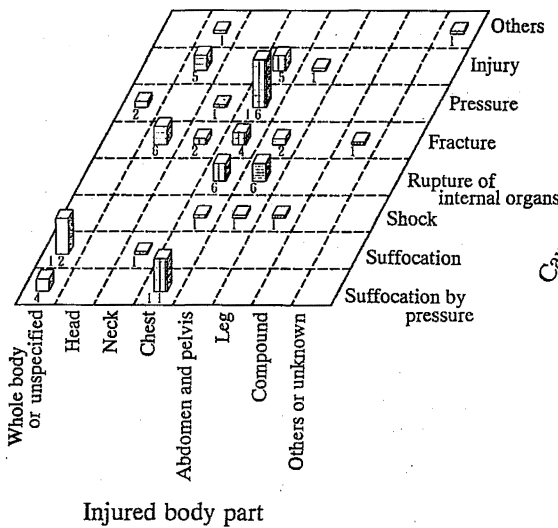


Fig. 2.3 Buried portion.
埋没部位



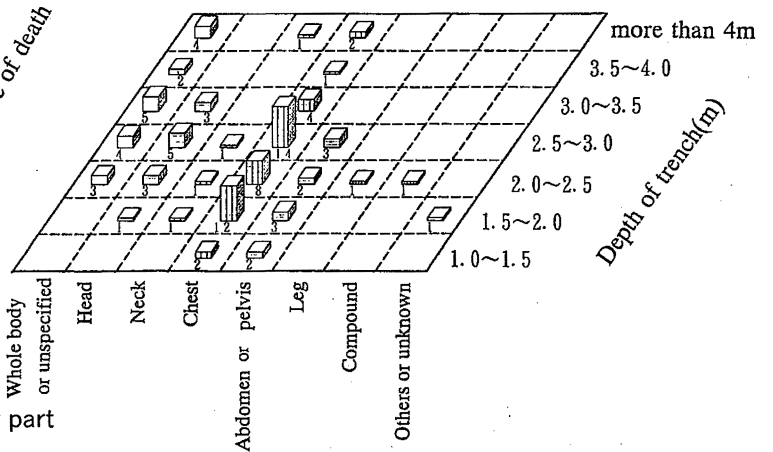
Buried portion

Fig. 2.5 The relationship between the buried portion and the cause of death.
埋没部位と死亡原因の関係



Injured body part

Fig. 2.4 The relationship between the injured body part and the cause of death.
傷害部位と死亡原因の関係



Injured body part

Fig. 2.6 The relationship between the injured body part and the depth of trench.
傷害部位と溝の深さの関係

内臓破裂 (13%), 挫傷 (12%) の順に多い。窒息死についてさらに原因をみると、圧迫によると明記されたものが半数近くあった。

Fig. 2.2 に傷害部位について示す。傷害部位では、「胸部」が多く、「腹部」と合わせると6割近くになる。そのほかの分類項目としては、「全身又は不特定」(20%), 「頭部」(14%) が多い。

Fig. 2.3 に埋没部位について示す。全身埋没して被災した事例は3割あった。しかしながら、「首まで」、「腰、胸まで」と「その他」(土塊により打撃を受けたり、身体の一部が崩壊した土砂と溝壁に挟まれたもの等)を合わせると、不明分を除いても、6割が全身が埋まっていないにもか

わらず死亡していることになる。「首まで」、「腰、胸まで」埋没し、明らかに顔がでていたと考えられる事例も4割に及んでいる。

Fig. 2.4 に、死亡原因と傷害部位の関係を示す。傷害部位が「胸部」の場合の死亡原因は「圧迫」、「窒息」、「内臓破裂」、「挫傷」が多いことがわかる。

傷害部位が頭部の場合、2.3.2.1の④で示すような落下型の崩壊 (Table-4) により、頭部を

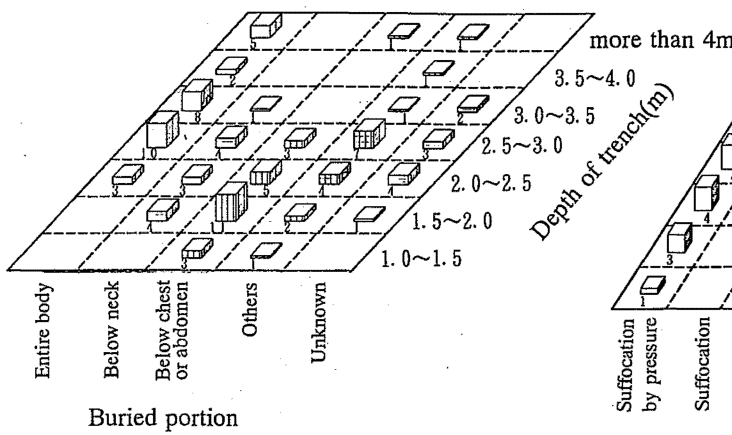


Fig. 2.7 The relationship between the buried portion and the depth of trench.
埋没部位と溝の深さの関係

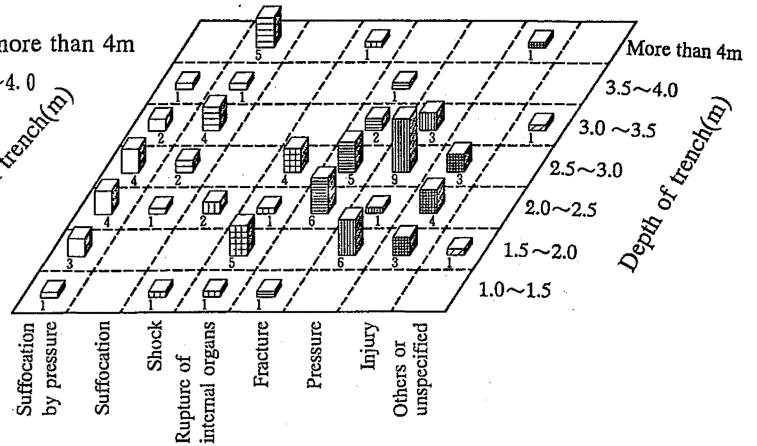


Fig. 2.8 The relationship between the cause of death and the depth of trench.
死亡原因と溝の深さの関係

強打したり、挟まれたことにより起きる頭蓋骨骨折、脳挫傷が死亡原因の事例が多い。

Fig. 2.5 に、死亡原因と埋没部位の関係を示す。全身埋没していない場合では、「圧迫」「内臓破裂」「窒息」が多い。全身埋没した場合は「窒息」が多い。

Fig. 2.6 に、傷害部位と掘削溝の深さの関係を示す。1.5 m から 3 m の溝深さでは「胸部」が傷害部位となっているものが多い。その中でも特に 2 m 以下の溝では、「胸部」又は「腹部又は腰部」が傷害部位となった事例がほとんどである。

さらに、Fig. 2.7 の埋没部位と掘削溝の深さの関係でみると 2 m 以下の溝では、「全身埋没」がなく、「首まで」又は「胸部又は腹部まで」埋まって被災したことがわかる。

Fig. 2.8 に、死亡原因と掘削溝の深さの関係を示す。浅い溝では、圧迫、内臓破裂、骨折、圧迫による窒息が多い。これらは、Fig. 2.6 に示したように胸部が傷害部位となったものである。胸部に土圧を受けての災害が多いことがわかる。

一般的に、土砂崩壊による死亡は土砂に全身埋まって窒息死すると考えられがちである。しかしながら、分析結果でみると、全身は埋まらなくても胸や腹部に土圧を受けたことが主な死亡原因となっている。胸や腹部に土圧を受けた場合は、圧迫による呼吸困難による窒息、肋骨骨折等による肺挫傷による窒息、内臓破裂等が死亡原因である。死亡原因は様々なものが挙げられているが、

窒息死を含めて、大部分は胸部又は腹部に土圧を受けたために起きるいわゆる圧死と考えられた。

特に、通常は重大な災害には至らないと考えられる 2 m 以下の比較的浅い掘削溝でも、胸部や腹部にまともに土圧を受けて死亡している災害が少なくないことがわかった。

2.3.2 崩壊状況等

2.3.2.1 崩壊形態の分類

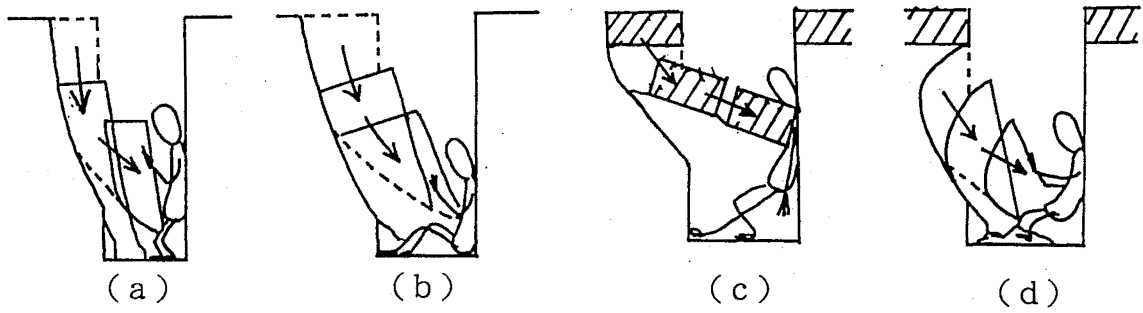
溝崩壊防止のための有効な対策を樹立するには、まず、どのような崩壊において死亡に至る災害となっているのかを知る必要がある。

本報告では、崩壊を Fig. 2.9 に示すように 4 種類に分類することを試みた。この分類は理解を容易にするためにそれぞれの崩壊の特徴を単純化したものであるが、実際にはこれらの型が複合的に発生しているものも多い。

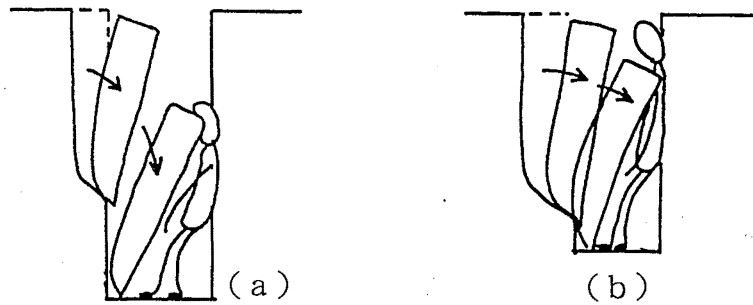
なお、崩壊現場の多くは救出活動等のため乱されており、正確に現場状況を把握することが困難な場合も多く、現場の写真や関係者の供述等をもとにある程度推測で判断したものもあった。今後はさらに情報を収集し、災害防止に有効に活用される方向で分類法の改善を図るべきものと考えられる。

① Type-1 表層すべり型

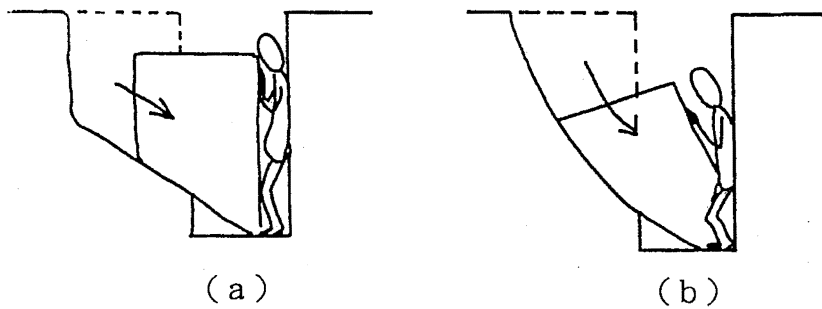
溝壁面の土砂の浅い部分が滑り落ちる崩壊の型である。典型的には、Type-1 (a) のような表層すべりで、いわゆる肌落ち、崩落等に類するも



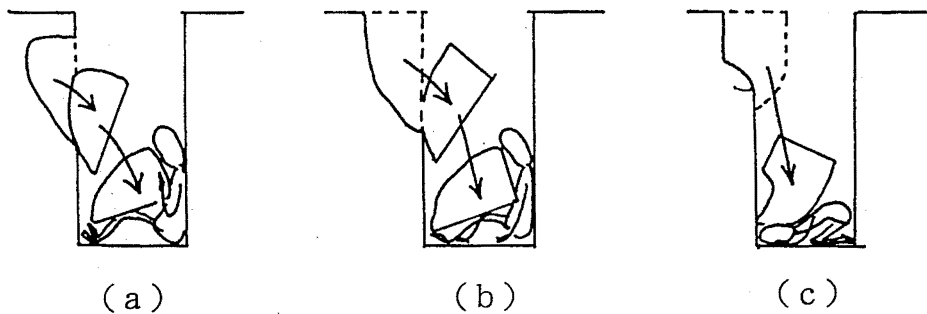
Type-1 Failure due to surface slip



Type-2 Failure by toppling



Type-3 Failure by sliding or rotation



Type-4 Failure by falls or block failure.

Fig. 2.9 Classification of trench failures
溝崩壊の型別分類

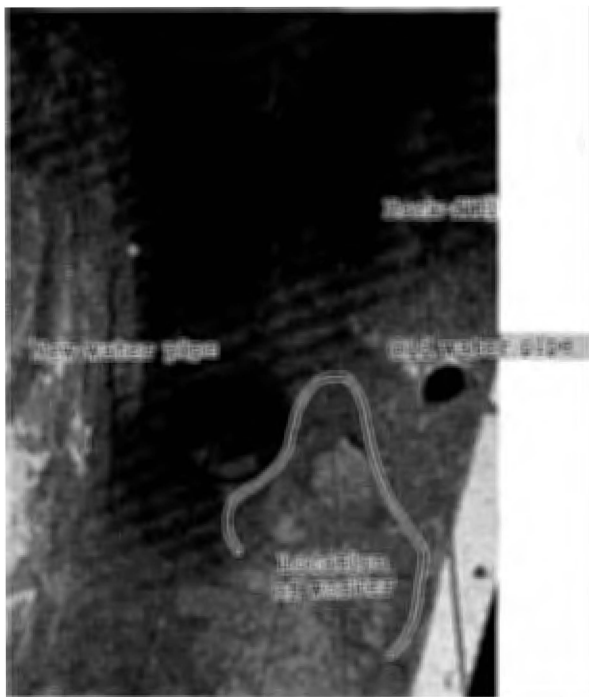


Photo 2.1 A fatal accident due to Type-1 (d) failure.
タイプ1 (d) による崩壊 (溝深さ2.6 m)
During setting a new water pipe, back-fill
around the old water pipe collapsed.

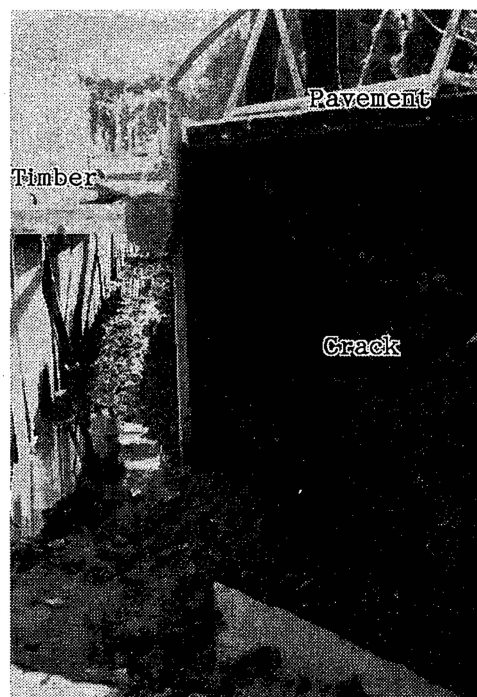


Photo 2.2 A fatal accident due to Type-2 failure.
タイプ2による崩壊 (溝深さ1.6 m)
A crack in the remained wall was observed.

のである。舗装面等とともに崩壊する場合は Type-1 (c)、舗装部等上層部が堅牢な場合は Type-1 (d) のような斜面内の崩壊が発生する。Photo. 2.1 は、古い水道管理設箇所の横に新しい水道管を布設する工事に際して、埋め戻し部が崩壊して作業者を直撃した災害事例である。

②Type-2 はくり倒壊型

Type-2は土塊がはくりして倒れるように溝内に崩壊する型である。目撃者が、「びょうぶや壁が倒れるように崩壊した。」と表現する崩壊である。崩壊の前兆として、地表面又は地盤内に亀裂が生じていたと考えられる。

Photo. 2.2では、崩壊部のすぐ横の崩壊せずに残った部分に亀裂が見られる。Photo. 2.3には、地盤が剝離して崩壊した際に残したと思われる痕跡が横の矢板上に見られる。溝壁面の地盤が倒れるように回転しながら倒壊した状況がよくわかる。

③Type-3 滑動又は円弧すべり型

上記①の Type-1 に較べて崩壊土塊が大きく、すべり面がより深部にある崩壊の型である。Fig.

2.9の Type-3の (a) のように基盤との境から滑落するように崩壊又は Type-3の (b) のように円弧すべり状に崩壊するものがある。円弧すべり状の崩壊は軟弱な地盤で主に発生する。Photo. 2.4は、造成地で発生した円弧すべり状の崩壊災害である。

④Type-4 落下型

溝壁面の一部の固まり (締まった土、岩石等) が抜け落ちるもので、落下箇所にいる作業者が被災するものである。Type-1及び Type-2は溝の長手方向にそった崩壊長さが長いものが多いのに対し、この Type-4は、崩壊規模が小さく、土量は 2 m^3 以下がほとんどである。

崩壊の型と溝の深さの関係を示したのが、Fig. 2.10である。Type-2の崩壊は深さ2.5 m以下の溝で、Type-3及び Type-4は深さ2.5~3 mの溝で多く発生している。



Photo 2.3 A fatal accident due to Type-2 failure.
タイプ2による崩壊



Photo 2.4 A fatal accident due to Type-3 (a) failure.
タイプ3による崩壊

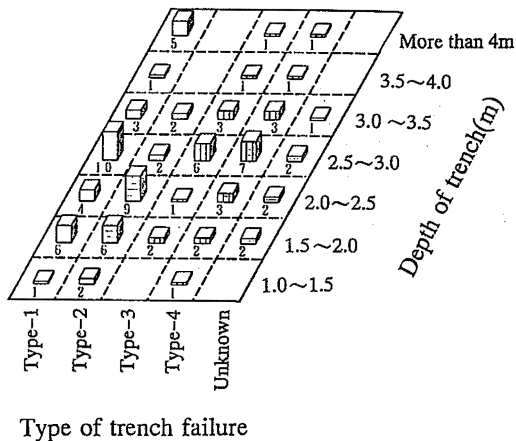


Fig. 2.10 The relationship between the type of failure and the depth of trench.
溝崩壊の型と溝深さとの関係

2.3.2.2 溝崩壊の特徴

切り取り斜面の崩壊災害と比べて、溝崩壊災害は次のような特徴があると考えられた。

- ①ほとんどの溝壁は鉛直であり、亀裂、剝離面等が生じ易いなど、崩壊し易い状態にある。
- ②崩壊土の移動距離が小さい。溝崩壊の場合は対面の溝壁まで崩壊土が移動した場合でも災害に至る危険がある。
- ③崩壊規模が小さく、崩壊部は固まりのままであることが多い。崩壊は、多くはひと固まりで発生し、移動距離が短いためその形状を保つ傾向がある。
- ④被災者は崩壊時に逃げる場所が限られ、土砂と溝壁の間に挟まれることにより、主に胸部等に土圧をまともに受ける。

2.3.2.3 崩壊の原因

崩壊は、建設機械の重量、振動、間隙水の影響、亀裂の有無等種々の要素が複合して発生している。しかしながら、多くの事例に共通してみられたのが埋戻し土、盛土等乱された土の存在であった。埋戻し土等の有無に焦点をあてて集計した結果を Fig. 2.11 に示す。死亡災害の実に 85 % において、すべり面やはくり面の一部に埋戻し土等人為的に乱された部分の存在が認められた。過去において土工事が行われ埋め戻されているなど、地盤中になんらかの弱点が存在していたことが崩壊の主因となっているものと考えられた。なかでも特に多いのが、既設の地下埋設物の

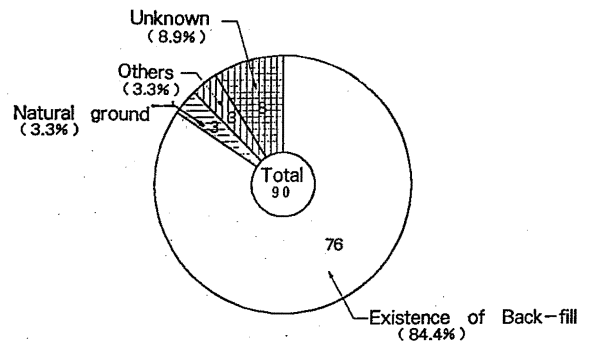


Fig. 2.11 Cause of failure. (soil classification)
崩壊原因 (崩壊部の土質)

ある箇所、つまり以前に土工事が行われた箇所の直近で掘削工事を行っていた場合である。

筆者等が行った遠心模型実験の結果^{4,5,6)}でも示されたように、掘削溝では、崩壊の前兆として掘削壁面の下部付近の地盤にひずみが集中する。基本的には、土砂崩壊が発生するかしないかは、土砂の重量と地盤を構成する土砂の強度との関係で決まる。掘削前は地盤中で釣りあっていた土圧が、掘削することでバランスが崩れる。掘削は水平方向の土圧を解放するという現象を引き起こす。つまり、掘削壁面は、水平方向の支えがなくなった状態になる。そのため、地盤の重量が最も作用する掘削下部にせん断応力が集中することになり、発生した応力に対して地盤の強度が小さい場合にはひずみが発達し、せん断破壊が生じ、最終的に崩壊が発生することになる。Photo. 2.1 の場合のように、掘削溝壁面に以前に埋設された配管等がある場合、その近辺が弱点となり崩壊に至ると考えられる。崩壊の型別に示したように崩壊状況は異なっているけれども、溝の壁面内部の強度が土重量等に対して十分でないことが崩壊の契機となるメカニズムは、共通しているものと考えられる。

さらには、崩壊の前兆のひとつとして挙げられる亀裂の発生も、崩壊を発生しやすくする重要な要因である。

掘削面が自然地盤であるため安全であるとみなして掘削中に、掘削面の裏部の埋戻し土部分から崩壊が発生した災害事例も散見された。一般的に、埋戻し土等的人為的に乱された部分は、自然に堆積した自然地山（シラス等の特殊な土を除

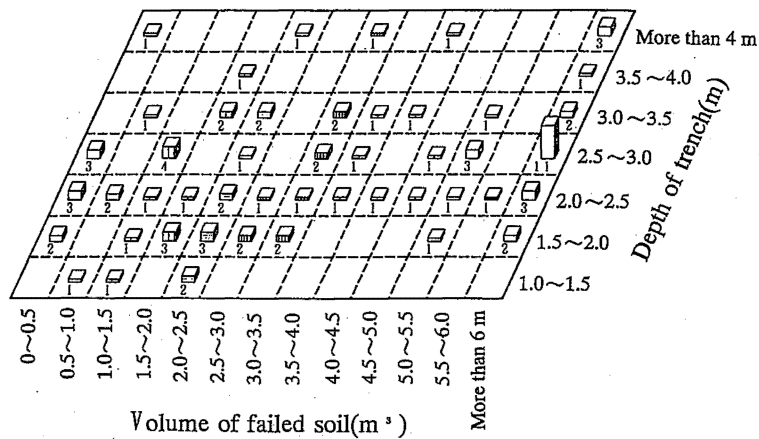


Fig. 2.12 The relationship between the depth of trench and the volume of failed soil.

溝深さと崩壊土量の関係

く。)と較べて、土が均等に締まっていななどのため地盤強度の弱い部分が生じ、また亀裂も発生し易いと考えられる。

2.3.2.4 溝の大きさ及び崩壊土量

溝の深さと崩壊土量の関係を Fig. 2.12 に示した。深さ 3 m 以下の溝掘削で 8 割近くが発生している。深さ 2 m より浅い溝においても、23% の死亡災害が発生していることがわかった。

一方、崩壊土量はばらつきが大きく、溝の深さとの間には明白な関係は見られない。溝の長手方向の長さが長い崩壊の場合は、崩壊土量も必然的に大きくなる。これが崩壊土量にばらつきが大きく、深さ 2 m 以下の溝においても崩壊土量が大きくなる理由のひとつと考えられた。

しかし、大まかにいえば深さ 2 m 以下の溝では土量 3 m³ 以下が多く、2.5 m³ を超える溝では 6 m³ を超える比較的大きい崩壊によるものが目立つ。

Fig. 2.13 に掘削のり面の角度を示す。9 割が 80 度以上であった。

2.3.2.5 土止めの設置状況

Fig. 2.14 に土止めの設置状況を示す。

土止めの設置中又は除去中 (29%) を含めると、土止めをしていないものが、9 割を超える。死亡事故に至った事例では、土止めの設置を終了していたものはごく少数にすぎないことがわかる。

作業の効率化等のため土止めを省略したり、設置しても簡略なものとしていることが災害の主因

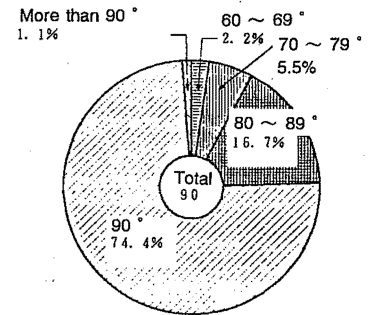


Fig. 2.13 Gradient of trench wall. 溝壁の角度 (度)

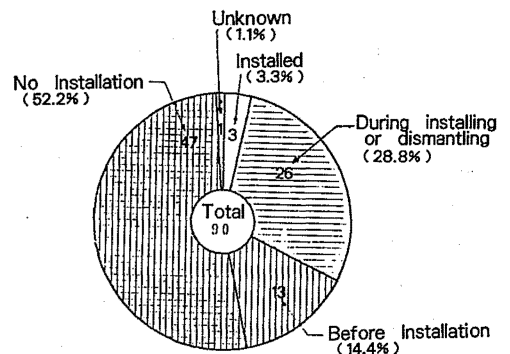


Fig. 2.14 Situations of trench support. 土止めの設置状況

となっていると考えられる。土止めを行う場合でも、溝内での土止めの取付け、取外し時は、崩壊の危険にさらされることになる。約 3 割が土止めの設置中又は除去中に被災していることから、溝

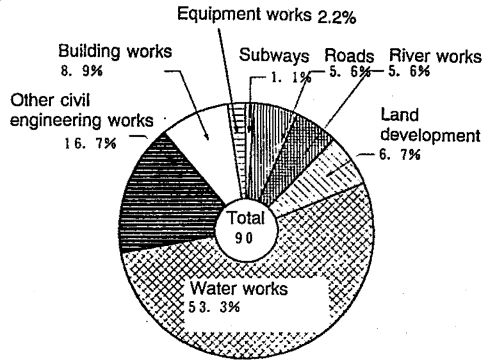


Fig. 2.15 Type of construction.
工事の種類

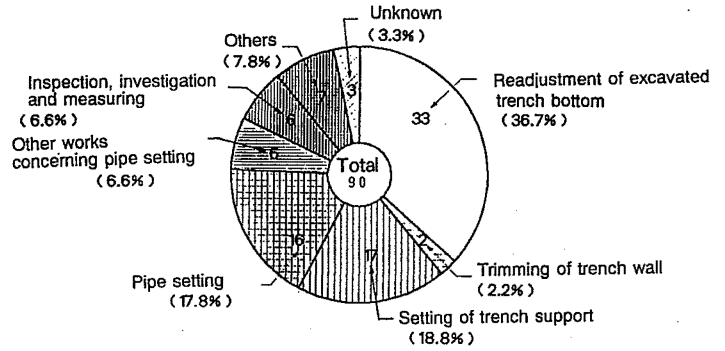


Fig. 2.17 Classification of works.
被災時の作業

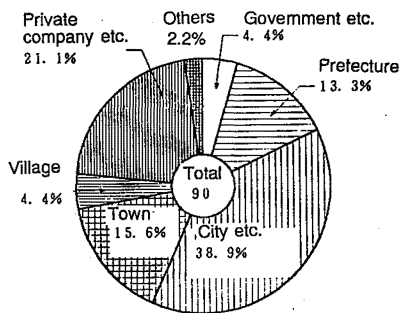


Fig. 2.16 Owner of the construction.
発注者

内に作業が入ることなく土止めを設置、除去する工法を開発し普及することが緊要であると考えられる。

2.3.3 工事の種類、被災者の属性等

2.3.3.1 工事の種類及び発注者

Fig. 2.15 に工事の種類を、Fig. 2.16 に工事の発注者を示す。

工事の種類では、上下水道工事が全体の5割を超えている。そのほかでは、その他の土木工事(17%)、土地整理工事(7%)、河川工事(6%)、道路工事(6%)で発生している。

工事の発注者では、地方公共団体等の公的機関が多い。多い順に、市(39%)、町(16%)、都道府県(13%)となっている。

上下水道工事における溝掘削は、通常、道路に沿って行われるため、埋戻し土等人為的に乱された箇所が存在するなどにより崩壊危険要因が多いと考えられる。市街地の掘削工事では、ガス管・水道管等の既設埋設物周辺の地盤に注意を払う必要があると言えよう。また、そのほかでは建物の

基礎部分、盛土、造成地等を掘削する場合も十分な対策を取ることが必要であると考えられる。

2.3.3.2 被災時の作業等

Fig. 2.17 に被災時の作業を示す。床ならし、のり面掘削(側壁掘削)時が39%、配管、敷設等の作業(本来の目的の作業)とその関連作業時で24%、土止めの設置等の作業時が19%であった。

2.3.3.3 事業所規模及び請負回数

従業員が15人以下の事業所での災害が7割を占めている。また、請負回数では、元請の事業所の作業員が多く被災しており、小規模な工事を直接に受注した小規模事業場で災害が発生していることを示している。

2.3.3.3 被災者の年齢、経験年数及び職種

被災者の年齢は、40才以上が8割、経験年数は10年以上が5割を占めており、中高年齢者で経験年数の長い者の被災例が多い。被災者の職業は、土工等の軽作業者が約8割を占めている。

2.4 結論

溝掘削工事における土砂崩壊による死亡災害(昭和61年から昭和63年の間に発生した90件)を分析した結果、次のことが明らかになった。

①死亡原因は、窒息(31%)、圧迫死(21%)、骨折(17%)、内臓破裂(13%)が多い。死亡原因は多様であるが、被災状況からみると、胸部や腹部に土圧を受けたために起きた、いわゆる圧死がほとんどである。

②全身が土砂に埋まって死亡した事例は約3割であった。4割は被災時に顔が出ていた。不明分を除いても、全体の6割は全身が埋まっていないに

もかかわらず死亡したことになる。

③崩壊パターンは、次の4種に分類できると考えられた。

- 1) 表層すべり型, 2) はくり倒壊型, 3) 滑動又は円弧すべり型, 4) 落下型
- ④いずれの崩壊パターンでも, 土砂はほぼ固まりのまま崩壊していると見られ, 被災者は, 溝の中で崩壊土と溝壁に挟まれて死亡している。
- ⑤85%の災害においてすべり面の一部に埋戻し土等の存在が認められた。以前に土工事等が行われ地盤中になんらかの弱点が存在していることが崩壊の要因となっている。
- ⑥溝の深さについては, 3m以内の溝での災害が75%あった。2m以内でも23%の災害が発生していた。
- ⑦土止めの設置又は除去作業中に被災したもの(約3割)を含めると土止めをしていない場合の災害が, 9割を超えていた。土止めの設置が必須であることと, 従来の作業方法では溝内での土止めの取付け及び取外し時は, 崩壊の危険にさらされることが明らかになった。

参考文献

- 1) 例えば, 安全衛生年鑑(平成6年版), 中央労働災害防止協会, pp.225, 1994.
- 2) 前郁夫, 鈴木芳美, 堀井宣幸: 切取り工事における土砂岩石崩壊による死亡災害の分析, 産業安全研究所技術資料, RIIS-TN-78-1, 1978.
- 3) D.J. Irvine and R.J.H. Smith: Trenching Practice, Construction Industry Research and Information Association U.K., 1983.
- 4) 堀井宣幸, 玉手聡, 豊澤康男: 遠心力載荷装

置を用いた飽和粘性土模型地盤の崩壊時の変形挙動, 労働省産業安全研究所研究報告, RIIS-RR-92-7, pp.63-74, 1993.

- 5) 豊澤康男, 堀井宣幸, 玉手聡: 遠心模型実験による掘削溝の変形・崩壊特性の解明, 労働省産業安全研究所特別研究報告, RIIS-SRR-NO.14 (1995), 1994.
- 6) Toyosawa Y., Horii N., Tamate S., Hanayasu S. and Ampdu S.K.: Deformation and failure characteristics of vertical cuts and excavations in clay, Proc. Int. Conf. Centrifuge 94, Singapore, Balkema, Rotterdam, pp.663-668, 1994.
- 7) 豊澤康男, 堀井宣幸, 玉手聡: 溝掘削工事中の土砂崩壊による死亡災害の発生状況, 土質工学会第28回研究発表会, pp.143-146, 1993.
- 8) 堀井宣幸, 鈴木芳美, 前郁夫: 溝掘削工事における土砂崩壊による労働災害について, 第35回土木学会年次講演会要旨, 1980.
- 9) Y. Toyosawa, N. Horii and S. Tamate: Analysis of Fatal Accidents Caused by Trench Failure, Third International Conference on Case Histories in Geotechnical Engineering, June, St. Louis, U.S.A., pp.751-758, 1993.
- 10) 切取り工事の安全, 建設業労働災害防止協会, 1979.
- 11) 開削工事の安全, 建設業労働災害防止協会, 1987.

(平成7年2月20日受理)