

Specific Research Reports of the Research Institute
of Industrial Safety, RIIS-SRR-NO.14 (1995)
UDC 624.131.38:624.131.551:624.132.3:624.131.53

1. 序 論

小川勝教*

1. Introduction

by Katsunori OGAWA*

Abstract ; The accident associated with earth failures (e.g. trench failures and slope failures) is one of the three major accidents in construction work. These accidents occasionally involve serious accident in which more than 3 workers are injured. The numbers of accident in construction work have been gradually decreasing, yet they still account more than 1000 accidents in every year. Among them, trench failures and slope failures are major causes of accidents that account for 6~8 % of accidents in construction work.

In recent years, construction work has been increasing in number because of development of infrastructures as water works, etc. In addition, excavation work is very common to construction works since most of construction works have to be performed on the ground. For these reasons, hazardous situations due to both trench failures and slope failures during excavation work have been especially increasing. Considering these situations, it is necessary to establish the effective countermeasures for preventing trench failure and slope failure.

According to the investigation of fatal accidents caused by earth failures, almost 40 % of these accidents occurred during trench excavation work. So, this report focused on prevention of trench failure accidents.

Main objectives of this research project are to understand the situation of accident in trench excavation works, to clarify the characteristics of ground vibration induced by construction machines, to investigate the effects of such vibration on geotechnical characteristics of soil and to understand of failure mechanism of trench.

For this purpose, comprehensive research work have been carried out as follows :

- (1) Analysis of fatal accidents caused by trench failures.
- (2) Field test to measure the ground vibration and earth pressure induced by construction work.
- (3) Effects of cyclic loading due to construction machinery on geotechnical characteristics of soils.
- (4) Deformation and failure behaviors of trench in geotechnical centrifuge model tests.

Keywords ; Accident analysis, Trench failure, Slope failure, Earth failure, Construction machinery, Vibration, Centrifuge model test, Geotechnical characteristics, Soil

*土木建築研究部 Construction Safety Research Division

1.1 はじめに

土砂崩壊災害は、建設業の三大災害の一つに数えられ、毎年多数の労働者が被災している。また、一度に3人以上被災する重大災害となることも多く、社会的影響も大きい。

Table 1.1 に、建設業における死亡災害数と土砂崩壊等による死亡災害数の推移を示した。ここ数年減少傾向が見られるものの、依然として建設業における死亡災害の6～8%にあたる年間約60人近くの労働者が土砂崩壊等により死亡しており、社会的・経済的損失は甚だしいものがある。今後、社会基盤整備拡充のための公共投資等の増大により、建設工事量がさらに拡大することが予想される。これに伴い土砂崩壊災害が多発することが懸念され、その防止対策の確立は緊急な問題となっている。

このような土砂崩壊等による死亡災害の大多数は、Table 1.2によると、上下水道工事等における比較的小規模な溝掘削工事および道路工事等における斜面の切取り工事で発生しており、このうち溝掘削工事での災害が最も多く、全体の約4割を占めている。

溝掘削工事における土砂崩壊の原因は種々考えられるが、その主なものとして、

- 1) 建設現場近傍の交通・輸送用大型車両の通行や掘削用建設機械の走行・作業等による地盤振動および、これらの大型車両の重量による地盤内での土圧の増大に起因する掘削溝の不安定化。
- 2) 掘削地盤の事前調査の不足。
- 3) 土止め支保工の計画・施工法の不備・不良などが挙げられ、なかでも大型建設車両等による地盤振動や過大な重量による荷重によって土砂崩壊が発生したものと考えられる事例が多い。

しかしながら、このような掘削溝近傍における建設車両等による地盤振動および荷重と掘削溝の崩壊との関係については、現在のところ十分に解明されるまでには至っておらず、土砂崩壊災害を防止するための技術的対策の開発が遅れたままになっている。

このような状況から、建設車両等の走行・作業に起因する地盤振動特性の解明、これらの地盤振動が作用した場合の地盤の強度特性の変化(劣化)と掘削溝の安定性の関係および掘削溝の崩壊発生メカニズムの解明等の研究を早急に実施し、

Table 1.1 Number of fatal accidents in construction works (1981-1993)
建設業における死亡災害数の推移

年 別	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993
災 害 数	1173	1113	1106	1083	960	927	983	1106	1017	1075	1047	993	953
土砂崩壊等によるもの	97 8.3%	82 7.4%	68 6.1%	84 7.8%	62 6.5%	58 6.3%	80 8.1%	69 6.2%	56 5.5%	76 7.1%	75 7.2%	61 6.1%	61 6.4%

Table 1.2 Number of fatal accidents associated with earth failures in construction works (1984-1992)
建設業における土砂崩壊等による死亡者数

工事の種類 災害の種類	土木工事											建築工事				設備工事				分類不能	総計			
	ダム	トンネル	地下鉄	鉄道	橋梁	道路	河川	砂防	土地整理	上下水道	港湾	その他	小計	ビル	木造	建築設備	その他	小計	電気通信			機械	その他	小計
土砂崩壊による災害	4	6	0	3	5	98	23	40	46	186	1	54	466	20	4	3	4	31	3	0	8	11	2	510
岩石崩壊による災害	2	6	0	0	0	7	1	4	1	3	0	2	26	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	27
岩石の崩落による災害	1	4	0	0	1	16	6	20	2	3	1	8	62	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	64
小 計	7	16	0	3	6	121	30	64	49	192	2	64	554	21	4	3	4	32	4	1	8	13	2	601

溝掘削作業中における土砂崩壊災害の有効な防止対策の確立が急務となっている。

1.2 研究の概要

本特別研究で行った研究テーマ、およびその研究結果の内容は以下のとおりである。

(1) 溝掘削工事における土砂崩壊による死亡災害の分析

過去に発生した溝掘削工事における土砂崩壊災害について、災害発生状況、掘削の規模および地質の状況等の災害発生要因の調査、建設機械等の稼働状況等の調査を行った。その結果、以下のことが明らかになった。死亡原因は、窒息 (33%) が最も多く、次いで圧迫死 (21%)、骨折 (18%)、内臓破裂 (13%) の順となっている。死亡原因は多様であるが被災状況から見ると胸部や腹部に土圧を受けたために起きた、いわゆる圧迫死がほとんどである。崩壊パターンは大まかに、①表層すべり型、②はくり倒壊型、③滑動・円弧すべり型、④落下型の4種類に分類できた。崩壊災害が発生した溝の深さは、3 m 以内のものが75%であり、2 m 以内でも23%の災害が発生しており、小規模な溝掘削工事での災害が多いことが明らかとなった。

(2) 溝掘削工事に伴って発生する建設振動と土圧測定のための現場実験

本研究所内において、代表的な車両系建設機械(ブルドーザー、バックホウ)を使用して、これらの建設車両の走行、シートパイルの打設および掘削作業時に周辺地盤へ伝達する振動の振幅、振動数および振動の伝達状況等についての実測実験を行った。現場実験から、建設車両の走行時の振動周波数は20 Hz~30 Hzであり、振動加速度は地盤表面で10 gal程度で、深さ3 mの位置では3 gal程度であった。

シートパイルの打設時には10 Hz~20 Hzの振動周波数が卓越していた。振動加速度は地盤表面で最も大きく現れており、深さとともに急激に減少していた。振動加速度は地盤表面で500 gal程度、地盤内の1~2 mでは200~300 galにデータが集中している。地盤表面付近の振動はシートパイルの打ち込み深さが浅い時ほど大きく、地盤内に伝達する振動成分は、振動を測定した地盤深さが深いほど鉛直成分の振動加速度が水平成分に

比べて大きくなることがわかった。

(3) 建設車両等による振動が土の土質力学的特性に及ぼす影響

(2)の現場振動計測実験によって明らかとなった振動特性を有する振動が土の変形、強度等の力学的特性に及ぼす影響について、電気・油圧サーボ式3軸圧縮試験機を使用して実験的に検討した。その結果、建設車両等による地盤振動を模擬した動的载荷によって、供試体中の過剰間隙水圧は载荷とともに急激に発達する。また、この過剰間隙水圧は载荷周波数が1 Hzより小さい場合には、動的载荷中にほぼ最終値まで発達する。動的载荷履歴を受けることにより、非排水せん断強度は明らかに減少するが、その減少割合は動的载荷中に発生する過剰間隙水圧が大きいものほど著しい、また、大ひずみ域でのせん断剛性も同様に減少することなどが確認された。

(4) 遠心模型実験による掘削溝の変形・崩壊特性の解明

この研究では、遠心模型実験装置を使用して、掘削過程を再現した溝崩壊実験を行った。実験の結果、①すべり面が円弧となるのり先破壊、②すべり面が直線となるくさび形状で崩壊する斜面内破壊、③掘削に伴う溝壁部の上部からの連続的な崩壊の3種類の崩壊形態が観察された。また、本研究では、斜面が崩壊にいたるまでの変形過程を把握するため、ひずみ分布の変化を連続的に調べている。その結果、せん断ひずみは溝壁背後の比較的大きな領域で発生すること、のり先周辺部から斜め上方へひずみが集中することで崩壊が始まり、このせん断層が地表面まで発達する進行性破壊現象を確認した。また、のり先破壊の場合は、すべり面が円弧状に近い形状となり、変形はゆっくりと進行する。これに対し、斜面内破壊の場合はすべり面が直線的となるくさび形状で崩壊することなどが明らかとなった。

以上、本特別研究で実施した4つのテーマの研究の概要を述べた。これらの研究成果は、時間的制約やその他の条件から、必ずしも満足すべきものではないが、今後の溝掘削工事における土砂崩壊災害防止対策に対して、直接、間接に有用な情報を提供していると考えられる。安全な掘削断面の設計法、土止め支保工を使用する場合の設計荷重の設定、大型車両等の進入禁止区域の設定、ま

た、崩壊予知のための土圧計や変位計による現場計測システムの開発等の課題については、さらに研究を進めていきたいと考えている。

発生した溝掘削工事における土砂崩壊による死亡災害の事例を Table 1.3 に参考として示した。

(平成7年2月20日受理)

1.3 災害事例

本特別研究を行うにあたって調査した、過去に

序 論

Table 1.3 Case histories of trench failure accidents
溝掘削工事における災害事例

事業内容 (工事の種類)	都道府県	災害発生日	災害の概要	死傷者数 (死亡者数)
上下水道工事	大阪	平成2年3月	地下に埋設していた工業用水道管の継手ボルトを交換するため、幅約1m、長さ約3.8m、深さ約2.4mまでパワー・ショベルで掘削していたところ、地山の側面が崩壊し、土砂に埋まった。	3 (1)
上下水道工事	愛知	平成2年4月	排水路修繕工事において、ヒューム管埋設作業を行うため、ドラグ・ショベルを使用して長さ5m、幅2m、深さ3mにわたって道路を掘削した後掘削面の修正作業を行っていたところ掘削面が崩壊し、作業員が土砂に埋まったので、他の作業員が救出しようとしたところ再度土砂崩壊が起こり土砂に埋まった。	3 (1)
上下水道工事	福井	平成2年8月	道路に幅1.4m、深さ5m、長さ10mの溝を掘り、下水管を敷設した後、簡易土止め支保工のパネルを外すため、ワイヤーロープを取付中、土砂が崩れ、救出に入った作業員も再度の崩壊により土砂に埋まった。	3 (3)
道路建設工事	茨城	平成3年1月	ドラグ・ショベルによる路面掘削中、溝中に入りドラグ・ショベルの誘導を行っていたところ、背後の溝壁面が崩壊し、崩壊土砂中のアスファルト片の下敷きとなった。	1 (1)
上下水道工事	栃木	平成3年1月	工事現場において、深さ2.1m、幅1.1m、長さ16.9mの溝を掘削し、土止め支保工を設けていない状態の溝に立ち入ったところ、東側法面が崩壊し、生き埋めとなった。	1 (1)
上下水道工事	北海道	平成3年5月	污水管新設工事において、掘削した幅1.8m、深さ約2mの掘削溝に立ち入って土止め支保工の組立作業中に、掘削面の片側の地山が長さ3.1m、高さ約1.8mにわたって崩壊し、土砂に埋まった。	3 (0)
土地整理土木工事	北海道	平成4年5月	深さ2mの掘削箇所、污水管を敷設するため基礎砂を入れてならしていたところ、掘削面の土砂が崩壊した。	1 (1)
上下水道工事	宮城	平成4年9月	上水管理設工事現場において、ドラグ・ショベルで溝(幅約1m、深さ約2.4m)を掘削後、溝底部で送水管連結箇所の側面をスコップで掘削中、反対側面の土砂が崩壊した。	1 (1)
道路建設工事	静岡	平成4年12月	町道の側溝設置のため型枠を組み立て中、側溝横の地山が崩壊(約5m ³)した。	1 (1)
管路敷設工事	広島	平成5年1月	管路敷設のため溝(深さ2.2m)の底部において床ならし作業をしていた作業員が、溝側壁の崩壊により生き埋めになった。さらに助けに入った作業員も2次崩壊により生き埋めとなった。	3 (1)
上下水道工事	静岡	平成5年2月	掘削箇所(長さ17m、幅0.9m、深さ2.4m)に下水道管を敷設後、土止め支保工を掘削溝内部で解体中、土砂が崩壊し、倒れてきた腹起しと地山の間に挟まれた。	1 (1)