

施工上

- 急勾配掘削
- 床掘りの掘削
- 上載荷重（重機等による）

自然原因

- 降雨・雪
- 地震
- 地下水・湧水

他に、予見可能性の有無（専門家から見た場合の崩壊の前兆の有無）、退避可能性の有無（現状として退避は可能であったか）、災害回避可能性の有無（何らかの改善処置により災害を免れることができたか）なども検討し、DB に記載することとした。

3. 崩壊形態・崩壊原因の傾向について

本報では、上述のような分類分けを1989年・1992年～1993年の3年間に発生した死亡災害事例51件中、詳細を確認することが出来た37件について実施した。以下に、斜面掘削工事中における土砂崩壊による労働災害の崩壊形態および崩壊原因の傾向を示す。

(1) 崩壊形態の傾向

規模別に分類した結果を図-3に示す。表層崩壊が21件あり、全体の60%弱を占めている。また表層崩壊と落石、浸食、表層剥落による災害を含めると87%となり、小規模な崩壊によって被災していることが多いことが分かる。既往の調査・分析結果²⁾でも労働災害となる崩壊規模は崩壊土量が50m³未満の崩壊が全体の6割を占めていることが分かっており、これらとも合致する。

地質別に分類した結果を図-4に示す。崩壊土・風化表層土がもっとも多く13件、その後に砂質土と固結度は高いが亀裂の多い岩が4件となっている。崩壊土・風化表層土に該当する災害事例の多くは、斜面下部に岩盤などの基盤層があり、その上部に堆積しているこれらの地質が崩壊している。この場合には、事前に簡易的に何らかの地盤調査を行ってれば未然に防げた可能性が高い。

(2) 崩壊原因の傾向

施工上による崩壊原因について分類した結果を図-5に示す。急勾配掘削が17件で全体の46%、床掘り掘削が13件で35%を占めており、これらの原因により崩壊していることが分かる。

自然現象による崩壊原因について分類した結果を図-6に示す。降雨・雪、地下水・湧水といった水に関連する原因によって崩壊した事例が全体の約6割となっており、水が崩壊に何らかの影響を与えていることが分かる。

(3) 予見可能性の有無について

地盤工学の専門家から見た場合の予見可能性について分類した結果を図-7に示す。不明や無しも多いが、同じ箇所を施工中に崩壊履歴があった事例や崩壊前に小石がパラパラと落ちるといった崩壊の前兆現象が報告された事例が22%存在しており、事前に何らかの処置をすれば、防げた可能性が高い。

4. 結論

斜面掘削工事中の土砂崩壊による死亡災害事例について、地盤工学に携わる技術者から見た崩壊形態・崩壊原因の傾

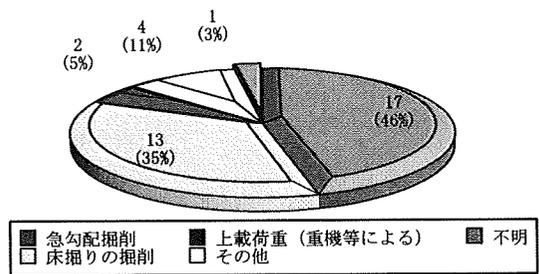


図-5 崩壊原因・施工上

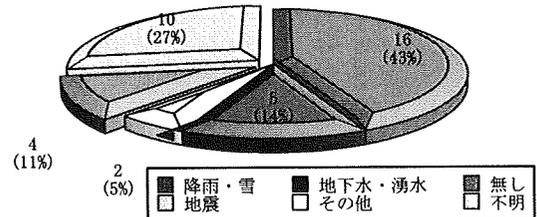


図-6 崩壊原因・自然

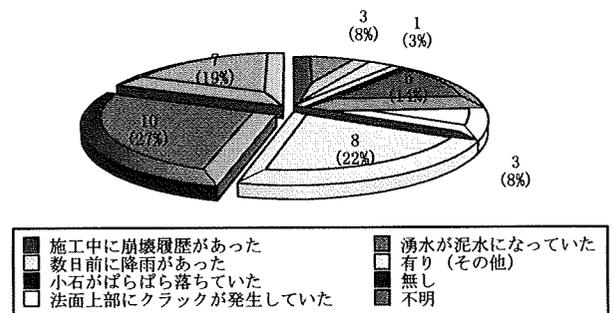


図-7 予見可能性の有無

向について分析を行った。その結果、崩壊形態として規模別には表層崩壊や落石のような小規模崩壊、地質別としては基盤層に堆積した崩壊土・風化表層土によって多くが被災していることが分かった。また、崩壊原因として降雨・雪、地下水・湧水など水が崩壊に影響を及ぼしている傾向が見られた。

今後、調査件数を増やすことにより、①施工法の問題、②発注形態の問題、③施工中の人員配置の問題（写真撮影や測量など）といった斜面掘削工事中の土砂崩壊による死亡災害の問題点が統計量として得られるものと考えている。

謝辞

本研究は、厚生労働省科学研究費補助金（労働安全衛生総合研究事業 課題番号H20-労働一般-001、代表研究者：日下部治）の補助を受けた。ここに記して謝意を表する。

参考文献

- 例えば、建設業災害防止協会：平成19年度版建設業安全衛生年鑑、建設業災害防止協会、216p、2007。
- 伊藤和也、豊澤康男、Tamrakar S. B., 堀井直幸：建設工事中の斜面崩壊による労働災害の調査・分析、日本地すべり学会誌、Vol. 41, No. 6, pp. 17-26, 2005。
- 奥園誠之：小規模崩壊は物性（土質）に、大規模崩壊は地質構造に支配される、これだけは知っておきたい斜面防災 100のポイント、鹿島出版会、pp. 7-9, 1986。

斜面掘削工事中の土砂崩壊による労働災害の特徴とその対策について

(独)労働安全衛生総合研究所 ○国際 豊澤康男, 国際 伊藤和也
東京工業大学 国際 日下部治, 国際 竹村次朗, 国際 高橋章浩, 国際 井澤淳

Keywords: 施工管理, 斜面, 掘削

1. はじめに

掘削工事における土砂崩壊災害によって年間約 20-30 人前後が死亡している。このうち約半数近くが斜面関連の工事中に発生している災害である。これらの工事では、斜面は最終的には安定な構造となるものの、その施工過程において不安定な状態で作業が行われていることがある(例えば写真-1)。このような労働災害は、計画・設計・施工の各段階において適切な対策を講ずることにより解決するものと考えられる。本報では斜面掘削工事における問題を指摘するとともに対策について考察する。

2. 災害発生状況

斜面を安定化する対策工としては、大別すると①擁壁工、②法面保護工がある。斜面崩壊による死亡災害の約7割は擁壁工の施工中のものが占めている現状であった。地山の掘削を始めてから切土斜面の崩壊危険性は徐々に増加していき、床付け・床均し、基礎作業時が最も危険性が高く、擁壁本体の施工まで危険性の高い状況が続くことになる(図-1参照)。

災害発生時に被災者が行っていた作業について 121 件の死亡災害等を分析したところ、擁壁工では、擁壁築造に関連する型枠の組立・解体(20 件)や床均し(11 件)、丁張り(8 件)、ブロック積み(6 件)のように、地山・斜面掘削には直接関係しないが、切取った斜面の近くで行う作業中において被災する機会が多いことが明らかになった²⁾。擁壁工には図-2 (1) のような「床掘り・床均し中の災害」および図-2 (2) のような「型枠の組立・解体作業中の災害」が典型的な災害である。

災害原因等について分析すると、主に次の諸点が指摘できることがわかった。①崩壊の前兆現象への適切な対応がなされていない、②十分な科学的知見を得る調査が不足している、③専門的な技術的知見が生かされていない、④小規模工事で土砂災害が多発している、⑤高齢な工事従事者が被災する例が多い、⑥施工時における安全な人的配置という視点が欠如している。

3. 斜面掘削工事における施工上の問題と対策

土砂災害を労働災害の視点から見ると、地盤の崩壊という力学的現象の解析・予測技術の不完全さに加えて、工事の発注形態、工事の規模、施工形態、工事従事者の技術力や年齢などの社会的・人的要因が死亡災害の原因となっている場合も見られ、土砂崩壊災害の防止に向けて社会動態と災害との総合的な視点が必須である。

ここでは、施工前、施工中の具体的な問題点に絞って考察する。

3.1 施工途上の斜面安定性の検討

完成後の安定計算はされているが、施工時の安定計算は

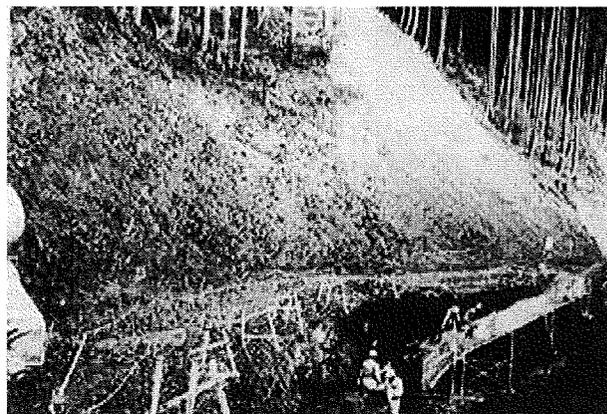


写真-1 斜面下での擁壁工の施工状況

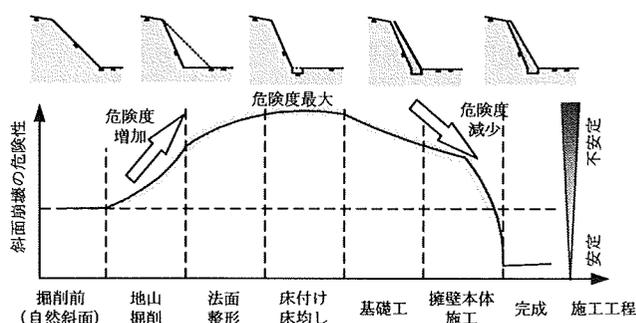
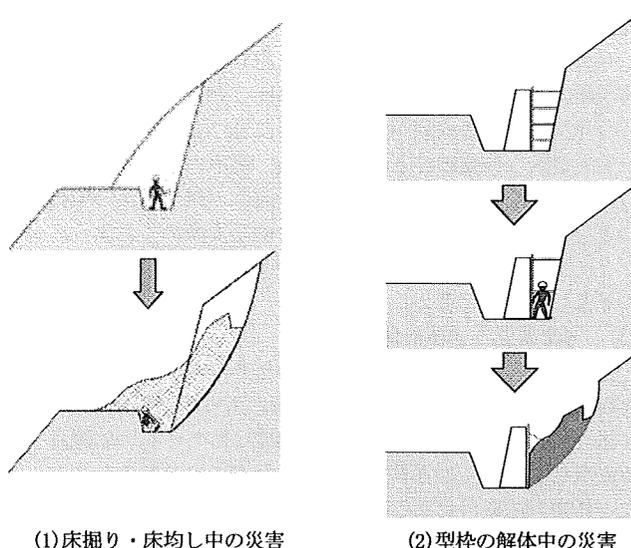


図-1 擁壁工施工途上の危険性変化の概念図



(1) 床掘り・床均し中の災害

(2) 型枠の解体中の災害

図-2 擁壁工における典型的な災害

Countermeasures for labor accidents due to slope failure during slope-cutting work

Y. Toyosawa and K. Itoh (National Institute of Occupational Safety and Health, Japan)

O. Kusakabe, J. Takemura, A. Takahashi, and J. Izawa (Tokyo Institute of Technology)

されていないことが多いなど、施工過程の安全が軽視されがちである。ボーリング等による科学的な事前調査に基づく斜面の安全性の検討が不足していると云える。①小規模な崩壊が起きた、②小石がパラパラと落ちた、③災害現場の近くで同じような崩壊が起こったなどの崩壊の前兆現象があったにもかかわらず対策を講ぜずに作業を続けて、土砂崩壊で死亡災害となったという事例も多い。このような場合は、崩壊の可能性のあることを考慮して設計・施工法等の見直しを図る必要がある。崩壊の前兆現象への適切な対応がなされていないことが窺える。

3.2 安全な施工方法の開発・普及

開削工事では土留めをすることがほぼ常識となっており、多くの土留めの種類から条件に応じて適する土留めが採用されている。しかしながら、斜面掘削工事では、必ずしも専門的な技術的知見が生かされていないと云える。崩壊の危険性がある場合は、地形・地盤状況等に応じて①斜面の勾配を緩くする、②アースアンカーの設置、③土留めの設置などの防護策を選定し、掘削から完成までを通して安全な状態とする必要がある。

3.3 切り取り斜面下で行う各種作業の見直し

施工時における安全な人的配置という視点も欠如していると考えられる。いわゆる「機械掘り」においても、作業者が斜面下の危険箇所近くにあることがある。例えば、床掘り箇所での床均し、写真撮影、計測、砂利等の敷詰め、布団籠内に石を詰める作業、型枠の組立・解体作業などがある。崩壊の危険性のある斜面下でのこのような作業の必要性を見直し、作業者が危険にさらされる斜面下での作業を行わずともすむような施工法を採用することが望ましい。

(1) 床掘り・床均し

図-2 (1) に示すような床掘り・床均し作業に関しても人が斜面下に入って寸分たがわず仕上げる必要性があるのか疑問のあるところである。①床掘りの必要がない擁壁の形式・構造とする、②バック・ホウなどで構造上必要な精度で仕上げてもいいとする、などの対策を考える必要があると思われる。

(2) 型枠の組立・解体

写真-2 および 3 は型枠の解体・組立て中に発生した災害現場の写真である。切り取った斜面と型枠の間に行う作業は、斜面崩壊が発生した際に逃げるできない最も危険な作業のひとつといえる。排水の確保など解決しなければならない問題もあるが、裏側(斜面側)の型枠などを埋め殺す(取り外さないでそのまま埋めてしまう)ことにより、人が入らなくてもいいようにするなど、工法の見直しが必要と考える。

(3) 写真撮影・寸法計測など

発注者に提出する施工管理資料のため、床均しが終わった現場(一番危険な状態)で、斜面下に入っての写真撮影・寸法計測時での災害も多い。少々精度は落ちるものの離れた安全な場所からの写真撮影や寸法計測で足るものとするなど作業方法を再考する必要があると思われる。

(4) 布団籠の設置など

布団籠による土留めの設置に当たっては、作業者が布団籠の内側に入って、一個ずつ石をきれいに並べていくという作業を行っている。不安定だからこそ布団籠を設置するような斜面の下で、法尻に布団籠を置き人がその中に入って石を並べるという作業は見直すべきものと云える。



写真2 型枠解体中の災害事例

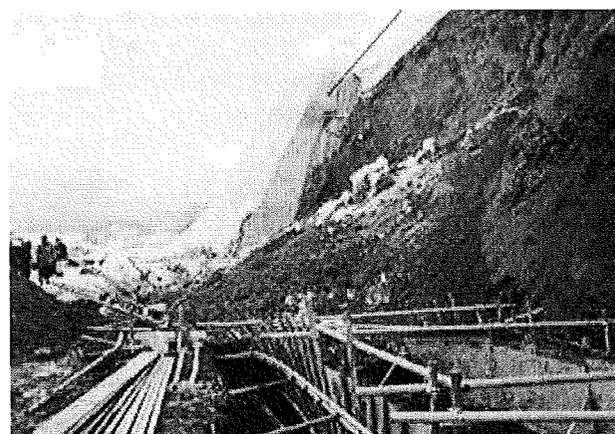


写真3 型枠施工中の災害事例

3.4 計測施工の普及

安全な工法で施工することがまず必要であるが、長大斜面などでは上記施工法の効果が不明確な場合もある。安全を担保するには目視点検による状況把握とともに、データに基づく定量的な判断が必要である。崩壊前の変位・角度変化は微小であることから、高精度な伸縮計・傾斜計などの計測値の変化の絶対量と変化の度合いから地山の状況を判断する情報化施工(計測に基づき危険性を予測しながら工事を進めること)を実施すべきものと考えられる。

4. まとめ

斜面掘削工事の安全化を図るには、①施工途上の斜面安定性の検討、②安全な施工方法の開発・普及、③計測施工方法の開発・普及および④切り取り斜面下で行う各種作業の必要性の見直しなどによる計画・設計から施工に至るまでの適切な安全対策が必要である。

謝辞

本研究は、厚生労働省科学研究費補助金(労働安全衛生総合研究事業 課題番号H20-労働-一般-001, 代表研究者: 日下部治)の補助を受けた。ここに記して謝意を表す。

参考文献

- 1) 例えば、建設業災害防止協会:平成19年度版建設業安全衛生年鑑, 建設業災害防止協会, 216p, 2007.
- 2) 伊藤和也, 豊澤康男, Tamrakar S. B., 堀井宣幸:建設工事中の斜面崩壊による労働災害の調査・分析, 日本地すべり学会誌, Vol. 41, No. 6, pp. 17-26, 2005.

Preventive Strategy for Labor Accidents Caused by Slope Failures

Yasuo TOYOSAWA*, Kazuya ITOH**, Osamu KUSAKABE***, Jiro TKAKEMURA****,
Akihiro TAKAHASHI***** and Jun IZAWA*****

*Department of Research Planning and Coordination, National Institute of Occupational Safety and Health, 1-4-6, Umezono, Kiyose, Tokyo, Japan, toyosawa@s.jniosh.go.jp;

** Construction Safety Research Group, National Institute of Occupational Safety and Health, 1-4-6, Umezono, Kiyose, Tokyo, Japan, k-ito@s.jniosh.go.jp

Department of Civil and Environmental Engineering, Tokyo Institute of Technology, 2-12-1 Ookayama, Meguro-ku, Tokyo, Japan kusakabe@cv.titech.ac.jp, *Ditto, jtakemur@cv.titech.ac.jp, *****Ditto, takihiro@cv.titech.ac.jp,
*****Ditto, jizawa@cv.titech.ac.jp

Abstract: Slope failures have caused a number of fatalities and economic loss throughout time in Japan. It is necessary to provide specific and effective risk assessment concerning the site investigation and evaluation for stability of slope under construction, safe construction procedures, slope monitoring and review of the necessity of operations on the excavated slopes in the construction sites. This paper presents effective risk assessment procedure and some safe construction procedures to prevent the labor accidents caused by slope excavation.

Keywords: Labour Accident, Slope Excavation, Slope Failure, Risk Assessment

INTRODUCTION

Slope failures have caused a number of fatalities and economic loss throughout time in Japan. There are two main causes of the slope failure: 1) natural phenomena such as heavy rainfall or earthquakes, and 2) human-induced slope failure. Most of the human-induced slope failure occurred due to destabilization of slope when the lower part of a natural slope is removed or a part of the slope is steepened during construction works as shown Figure 1, especially during the slope excavation. In general, no clear signals appear before slope failure and in many cases slope failure occurs rapidly [Okuzono 1986], the workers have insufficient time to escape from the construction sites immediately and hence, the labour accidents generally take place.

A total of 865 fatal accident cases occurred during the excavation for road construction, land formation and etc. including trench failure were recorded in the construction safety and health yearbook [The Japan Construction Safety and Health Association] during the period of 1989 to 2007. The number of slope failure accidents fluctuated between 13 and 20 cases per year during the period of 1989 to 1995; however, this number has decreased from 1996 onwards and it was about 7 to 10 cases per year. The possible reasons for the decrease in the number of labour accidents

were development of laws relating to safety measures on construction sites and impacts of economy and employment conditions[1-3]. In order to establish effective measures to prevent the labour accidents caused by slope failure during the slope excavation, this paper proposes some strategies for preventing these accidents.

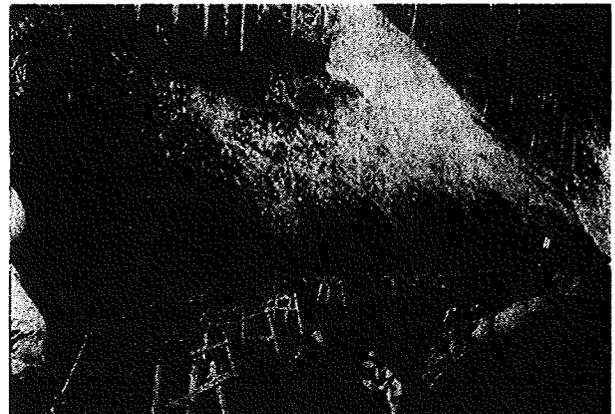


Fig. 1 Overview of the construction site

CHARACTERISTICS OF LABOUR ACCIDENTS BY SLOPE FAILURES

SCALE AND TYPE OF CONSTRUCTION WORK

Figure 2 shows the number of labour accidents classified by the project cost. The possibility of accident is lower in the construction work with a higher amount of project cost. It was found that about 30% of accidents involving the construction work with the project cost less than 20 million yen. By considering the number of accidents related to the construction period, about 60% of the accidents occurred in the construction project with construction periods of less than 6 months. Figure 3 shows the number of workers present at the time of accident; 84% of the accidents occurred in construction project with less than 8 workers on the construction site. Because the number of workers can be related to the size of the contractor, therefore, the possibility of accident is higher with the small contractor. This is probably due to the fact that the small contractors may not have operation chief and/or worker with appropriate knowledge concerning safety and health management and they may not have sufficient budgets to provide adequate safety equipment. Based on these findings, it can be concluded that the labour accidents are likely to occur in the small construction project with small project cost and relatively short construction period conducted by the small contractor.

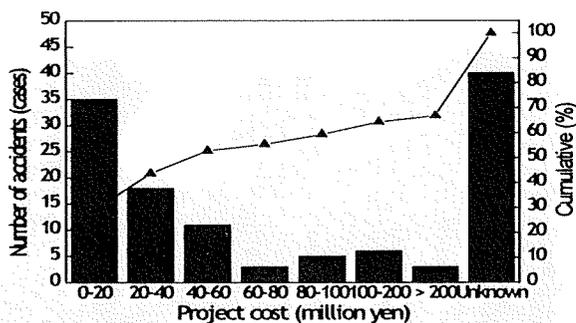


Fig. 2 Project cost

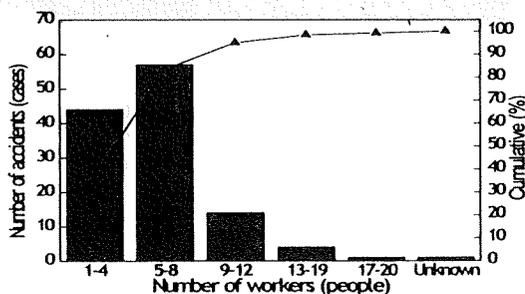


Fig. 3 Number of workers present at the accident

There are two general construction methods for stabilizing slope: retaining wall and slope protection methods. Based on the investigation conducted in this paper, it was found that about 73% of the labour accidents occurred during works involving slope stabilization by the retaining wall method. In contrast, the number of accidents that occurred during works using the slope protection method was smaller (about 12%). This is probably due to the fact that the retaining wall construction generally includes the excavation of steep and unstable slope (Figure 4 (a) and Figure 5 show), and it also requires construction works to be done in a narrow space between the retaining wall and the excavated ground such as assembling/dismantling of formworks (Figure 4 (b) and Figure 6 show), smoothing of base and etc. Therefore, workers do not have sufficient time to escape from such narrow space when slope failure occurred. The accident often occurred during the assembling/dismantling of formworks, ground/slope excavation, smoothing of base, excavation of the base and during erection of concrete block masonry. Figure 7 shows the relationship between slope failure risk and construction process of retaining wall construction works.

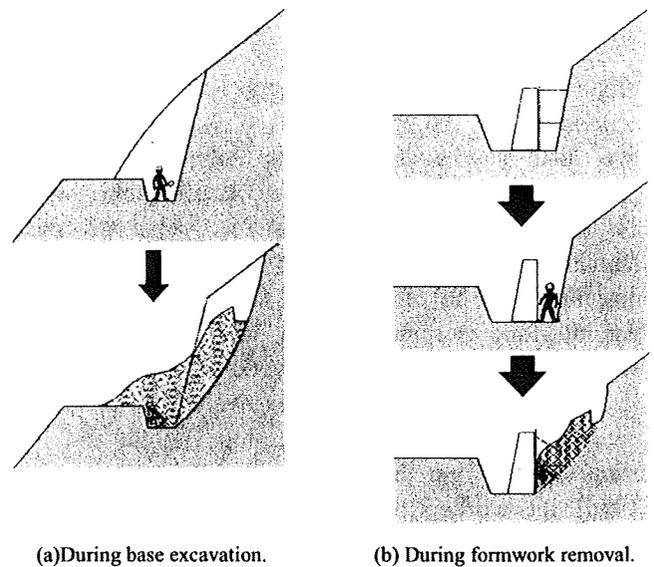


Fig. 4 Typical accident during retaining construction work

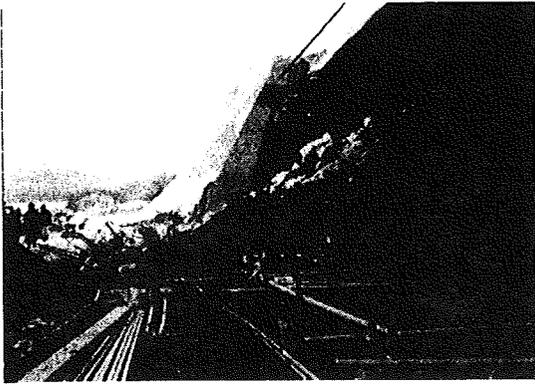


Fig. 5 Accident site at concrete frame construction work

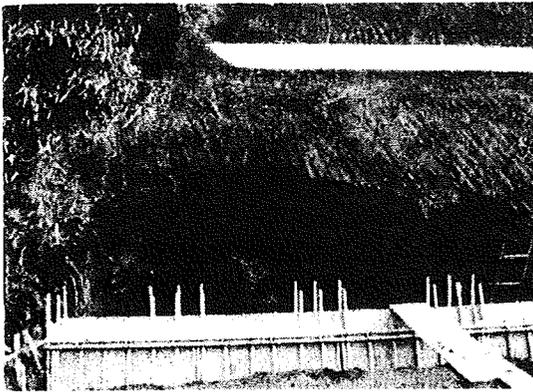


Fig. 6 Accident site at frame dismantling work

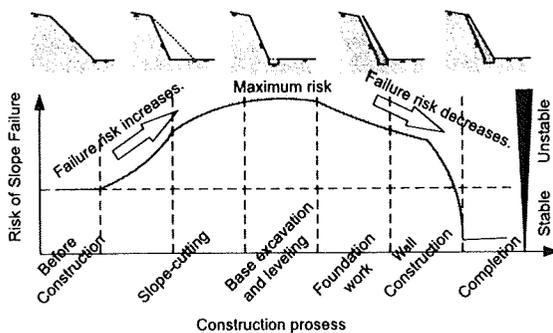


Fig. 7 Time history of slope failure risk due to retaining wall construction works

PREVENTIVE STRATEGIES

Risk assessment was stipulated in the Article 28-2 of ISHL (Industrial Safety and Health Law) in 2006. To implement the risk assessment for preventing labour accidents due to slope failure, it is necessary to understand the hazards both in terms of quantitatively and qualitatively. In particular, the ground condition has a high degree of uncertainty, it is important to take a comprehensive approach. The safety should be considered as part of planning from commencement

of a project. The first and foremost priority would be design and construction procedures. The appropriate design should be based on good site investigation and justified evaluation for slope stability.

In addition, even if safe construction procedures are conducted, a slope monitoring system may be adopted to compensate the remained chance of slope failure. It is necessary to provide more specific and effective risk assessment in combination with the site investigation and evaluation of slope stability during the construction, safe construction procedures, slope monitoring, review of the necessity of operations on the excavated slopes in construction sites, etc.

MANAGEMENT SYSTEM AND RISK ASSESSMENT

Guidelines on Occupational Safety and Health Management Systems (Ministry of Labour Notification No. 53) have been released in 1999 and JCSHA (The Japan Construction Safety and Health Association) promotes COHSMS (Promotion of Construction Occupational Health and Safety Management Systems) which address the health and safety management systems required of the construction industry. These show the fundamental policies for the safety and health management.

For practical practice, risk assessment was stipulated in the Article 28-2 of ISHL (Industrial Safety and Health Law). The Article 28-2 of ISHL state that "The employer shall endeavor to take necessary measures to prevent danger or health impairment to workers." The risk assessment consists essentially of three steps, 1) identification of hazards, 2) assessing hazards risk and 3) controlling the risk of injury and harm. To implement the risk assessment for preventing labour accidents due to slope failure, it is necessary to understand the hazards both in terms of quantitatively and qualitatively. In particular, the ground condition has a high degree of uncertainty, it is important to take a comprehensive approach. The safety should be considered as part of planning from commencement of a project. The first and foremost priority would be design and construction procedures. The appropriate design should be based on good site investigation and justified evaluation for slope stability. In addition, even if safe construction procedures are conducted, a slope monitoring system may be adopted to compensate the remained chance of slope failure. It is necessary to provide more specific and effective risk assessment in combination with the site investigation and evaluation of slope stability during the construction, safe construction procedures, slope monitoring, review of the necessity of operations on the excavated slopes in construction sites, etc.

SITE INVESTIGATION AND EVALUATION SLOPE STABILITY UNDER CONSTRUCTION

In the Article 355 of OISH, "Survey on Work Sites, etc." stipulates that "the employer shall survey the ground of the work site and its surroundings, when there is the possibility of danger to workers during the excavation work". Although it depends on ground conditions and etc., construction works that involve the excavation of 2 m or more from the excavation surface are generally referred to the construction works with the possibility of danger to workers. Among the 121 cases investigated, soil strength was known for only 17 cases (14%). This indicated that most of the slope excavations were carried out without site investigations [5]. Because most of the labour accidents occurred during the construction so it is necessary to evaluate the stability of slope and risk of slope failure not only after the completion of construction but also under the construction. Because of the uncertainty of the slope condition, "Reliability design" should be adopted.

SAFE CONSTRUCTION PROCEDURES

It is a fundamental requirement to employ a construction method that can ensure safety throughout excavation of slopes from the start to the completion of excavation in the same way as is done in underground excavation. One effective construction method to prevent the possibility of slope failure is the "top-down slope stabilization method"; ground excavation and protection of the excavated slope are alternately carried out in steps to stabilize the excavated slope from top to down. However, this method is generally very expensive, so the authors recommend some simpler and cheaper methods depending on the soil profile, etc. with short reinforcing steel bar and iron net, mortar sprayed finish, and installing sheet piles, etc. would be effective to prevent the slope failure.

SLOPE MONITORING

The construction should be conducted by assuring safety of the slope throughout the construction process based on the slope monitoring data such as ground deformations obtained from displacement sensors, high precision tilt-sensors and etc. Fail-safe measures must be included in measuring and warning systems.

REVIEW OF THE NECESSITY OF OPERATIONS ON EXCAVATED SLOPE

Although most of the slope excavations are excavated by the excavators, the workers may have to enter dangerous areas near the excavated slope to perform works such as leveling, taking photograph, measuring, laying gravel on excavated ground, filling stones in

gabions, and assembling/disassembling formworks. If the works mentioned above are really necessary below the excavated slopes which may collapse, the contractor must review this necessity and alternate construction methods requiring no operation below the excavated slope should be employed.

CONCLUSIONS

- 1) Site investigation and evaluation slope stability under construction: It is necessary to evaluate the stability of slope and risk of slope failure not only after the completion of construction but also under the construction.
- 2) Safe construction procedures: It is a fundamental requirement to employ a construction method that can ensure safety throughout excavation of slopes from the start to the completion of excavation. We recommend some simpler and cheaper methods to prevent the slope failure.
- 3) Slope monitoring: The construction should be conducted by assuring safety of the slope throughout the construction process based on the slope monitoring data such as ground deformations obtained from displacement sensors.
- 4) Review of the necessity of operations: Although most of the slope excavations are excavated by the excavators, the workers may have to enter dangerous areas near the excavated slope. The contractor must review this necessity and alternate construction methods requiring no operation below the excavated slope should be employed.

ACKNOWLEDGEMENTS

This research is partially funded by the Sciences Research Grants of Ministry of Health, Labour and Welfare, Japan. (H20 Labour General 001).

REFERENCES

- [1] Japan Construction Safety and Health Association. (1989-2009). Construction industrial labour accident reports. Construction Safety and Health Yearbooks.
- [2] Japan International Center for Occupational Safety and Health (2009). Statistic of Industrial Accidents on Construction Industry.
- [3] S. Okuzono, "100 points for prevention of slope failure", Kajima Institute Publishing Co. Ltd., p.6, 1986. (in Japanese)
- [4] Y. Toyosawa K. Itoh and S. Timpong, "Case histories of labor accidents caused by slope failures and prevention strategies", Asia Pacific Symposium on Safety 2007, pp.83-86, 2007.

社会動態と地盤災害

日下部 治*

はじめに

大石・川島¹⁾が「脆弱な国土を誰が守る」と題した論文を中央公論に発表したのは10年前であった。先進諸国との比較の上で日本の国土が脆弱であるという指摘である。脆弱な国土のなかに社会基盤を整備・維持するには、高い技術水準や相対的に高価な整備・維持コストが必要となるのは当然の帰結である。全地連の名著「日本の地形・地質—安全な国土のマネジメントのために」²⁾は、青函トンネルとユーロトンネル、日本の新幹線とフランスのTGVの事例を用いて、同一の社会的サービスを構築するための社会基盤建設は、国土の地質・地形や地震・気象条件などの自然条件によって大きく異なることを示した。これらを読めば、しばしば社会基盤整備に批判的な新聞報道や政治家の発言にみられる「日本の社会基盤整備コストは欧米比較で高すぎる」との無批判な国際比較がいかにか非科学的で偏狭な主張であるかが理解できる。

我が国土が脆弱であるとの認識は正しい。しかし社会基盤整備と国土の脆弱性の関係をそのまま災害が国土の脆弱性からのみに起因していると結論づけることには慎重である必要がある。災害脆弱性は国土の脆弱性からのみに起因したものではなく、国土利用状況や人口構造・社会構造・労働形態などの社会経済的な変化すべてを包含した意味での社会動態と密接に関連している。地盤災害も自然要因と社会経済的・人的要因とが複合して発生すると認識するのが適切である。従って地盤災害の意味は対象とする国、地域によって異なってくるという強い地域性がある。

本稿では、自然災害としての地盤災害と、労働災害としての地盤災害の2点から我が国における

社会動態と地盤災害の関係を見てみたい。

自然災害としての地盤災害

自然災害としての地盤災害は、重力起因の災害形態である斜面崩壊、地すべり、土石流、落石、地球内部のエネルギー放出起因の災害形態である火山災害、液状化等の地震災害が当てはまる。それに加えて地盤内応力変動・地下水変動にともなう地盤沈下なども含めて良いかもしれない。

2007年日本学術会議は「地球規模の自然災害の増大に対する安全・安心社会の構築」と題する対外報告³⁾を出した(委員長濱田政則早稲田大学教授)。そこでは、地球の温暖化や都市化による自然外力の増大要因と、過密化と過疎化、少子高齢化、ネットワーク社会等による災害脆弱性の増大要因を論じ、社会基盤施設や防災施設そのものの老朽化問題も指摘している。中でも国土構造、社会構造との関連から災害脆弱性を捉え、自然災害軽減に向けての国土構造と社会構造のあり方を提言しているのが一つの特徴である⁴⁾。

自然災害に対する脆弱性は、人間社会がどのように国土構造を構築し、土地を利用し、居住形態を選定・形成するかという、いわば人間圏のあり方、人間圏の拡大と強く関連している。いまや人間圏は地球上陸地の30%に及んでいるとも言われる。

人間社会の居住形態は、国や地域の自然環境、人口構成、土地利用形態そして産業構造等の社会動態によって大きく支配される。松谷・藤正⁵⁾は、軟弱な沖積平野に位置する海岸地域への過度の人口集中は、戦後政策的に選択された産業構造の当然の帰結として次のように述べている。

「戦後の日本は、鉄鋼、非鉄金属、化学等の素材産業を基盤とし、その上に重電、重機械等の大規模な製造業を要する産業構造をとった。そのよう

* 東京工業大学大学院理工学研究科教授

な産業構造においては、関連する諸産業が集中して立地すること、つまりは工業地帯を形成することが生産の効率性を高める。一方、素材産業はその原料のほとんど全てを輸入に依存せざるを得ない。産業が特定の地域に集中し、かつその地域が大規模な港湾を持つ特定の海岸地域となったことは当然の成り行きであった。(中略)それらの産業は大量生産を基軸としてことから多くの労働力を必要とし、その労働力の主として農村地域に求めたことが、それらの特定の海岸地域への人口集中を全国的規模で展開させることになった。」

その結果、現在では全人口の約80%が都市域に居住し、今後50年程度は人口減少下においても都市人口が増大するとの見方さえある。都市部への人口集中により地方では過疎化が進行した。2007年に国土交通省から発表された調査結果⁹⁾によれば、全国6万2273集落のうち、消滅が予想される集落は全体の4.2%にものぼり、2643集落が消滅するとされている。

このような人口配置のアンバランスという社会動態の地盤災害への影響は、災害ポテンシャルの高い地域への居住地拡大による地盤災害発生の可能性増大、中山間地域での森林・耕地の荒廃とそれに伴う土石流等地盤災害の発生可能性の増大である。沖積平野への人口集中は、液状化による地盤災害に加えて、高潮や津波といった水災害への危険性を高め、昭和30年代後半以降に始まった居住地の郊外丘陵地へのスプロール的拡大は、急傾斜地斜面崩壊による地盤災害の危険性を増大させ、谷部を埋め立てた造成盛土は地震時の潜在的な地盤災害の危険地域を生み出した。

自然災害としての地盤災害を軽減するには、地盤災害の脆弱な地域の特定を行い、災害脆弱性の高い地域に位置する居住地から撤退し、より安全な地域への政策的な居住の移転促進が効率的であろうが、住み慣れた土地への愛着という居住者感情に加えて公共の福祉に反しない限り居住・移転の自由が憲法で保障された日本の社会においては、ことはそう単純ではない。

より積極的に地盤災害を防止・軽減するには、それなりの財政基盤が要求される。開発経済学で用いられる人口ボーナスという概念は、出生率の低下にともなう生産年齢人口の人口比率の上昇が、労働投入量の増加と国内貯蓄率の上昇をもたらす、経済成長を促進するという考え方である¹⁰⁾が、人口ボーナスの効果は人口構造の高齢化とともに薄れる。社会保障費への配分が増加し、社会基盤投資への配分比率が低下するからである。我

が国は2006年から人口減少期に入り、地盤災害の防災力強化策の実現可能性に関して、技術的に可能な防災力レベルが財政レベルによって制約される時代になったと認識する必要がある。

安心・安全社会の構築が強く叫ばれる現代である。地球環境変化にともなう潜在的な地盤災害の危険性増大に対する地域住民の認識を如何に高めていくか、安心・安全への将来投資の必要性に対してどのように合意形成を進めていくか、制約された財政状況のなかで、いかに地盤災害対応への財政投資優先度を高めていくかが大きな課題である。

労働災害としての地盤災害

地盤災害は自然起因ばかりでなく建設行為によっても発生し、地盤に関わる建設行為による地盤の崩壊によって工事従事者が死傷する、労働災害をとという形態で地盤災害が発生する。

地盤災害起因による労働災害による死亡者は、1990年代は毎年40名から80名で推移していた。近年の公共工事市場の縮小からか、2007年には20件にまで減少しているが、さらに地盤災害起因の労働災害は減少しようというのが労働安全分野の人々の認識である。地盤災害起因の労働災害は、溝掘削工事、切土斜面掘削工事、トンネル工事、土石流等によって発生し、死亡災害は、溝掘削工事と切土掘削工事において大半が発生している。そこでは地盤の崩壊という力学的現象の調査・解析・予測技術の不完全さに加えて、工事の発注形態、工事規模、施工形態、工事従事者の技術力や年齢構成などの社会的・人的要因が死亡災害の原因となっており、地盤災害起因の労働災害の防止に向けた社会動態と地盤災害の視点が重要である。

最近筆者らは過去の事故調査事例を調べる機会を得た¹¹⁾。そこで以下のような点が明らかになった。

- (1) 崩壊の前兆現象への適切な対応がなされていない。
- (2) 高齢な工事従事者が被災する例が多い。
- (3) 小規模工事で土砂災害が多発している。
- (4) 十分な科学的知見を得る調査が不足している。
- (5) 専門的な技術的知見が生かされていない。
- (6) 工期が短期間で雪解け時期に集中している。
- (7) 施工時における安全な人的配置という視

点が欠如している。

それらの事象は相互に関連している。隣接する工区で崩壊が発生している、小石がバラバラ落ちるなどの斜面崩壊の前兆現象があっても、様子見だけで設計のり勾配や当初施工方法を再検討せずに工事を続行してしまう例など、専門的な技術的知見が活かされていない。通常大規模工事では、工期が比較的長く工費も多額なので、詳細な地盤調査が行われ、過去の施工経験の蓄積に基づき設計検討が行われ、施工管理体制も整備され、工事従事者に対する教育・研修機会も多い。それに比べ小規模工事では、少額の工費、短期間の工期という制約のもと、十分な地盤調査も行われず、工事従事者への教育・研修機会も少ない。過疎地域である中山間地域での工事では、高齢な工事従事者が多い。

大規模工事では、斜面崩壊発生は皆無ではないものの死亡事故を含む労働災害は発生していないといわれ、死亡事故は小規模工事に集中している。このことは発注額によって工事の安全管理レベルが異なることを意味し、地盤災害起因の労働災害には発注者・施工者の技術力を含む社会経済的な要因が大きく影響していることを示唆している。特に、会計年度に縛られた無理な工期の設定、融雪期に集中した工事発注、出来高管理のための危険な写真撮影義務など、社会システムで死亡事故回避が可能である部分が多くあることは、地盤災害起因の労働災害を社会動態との関連で改めて見

直す必要性を意味している。

おわりに

社会動態と地盤災害を詳細に論じるには、地質・地盤に直接関連する技術分野の研究ばかりでなく社会経済的側面を包含した総合的な地盤リスクマネジメント研究の必要性が痛感され、現在進行中の「地質リスク」「地盤リスク」に関する全地連や地盤工学会で研究活動の成果が期待される。

参考文献

- 1) 大石久和・川島一彦 (1998)：脆弱国土を誰が守る，中央公論，6月号，pp. 148-165.
- 2) 全国地質調査業協会連合会編 (2001)：日本の地形・地質—安全な国土のマネジメントのために，鹿島出版会.
- 3) 日本学会会議 (2007)：地球規模の自然災害の増大に対する安全・安心社会の構築.
- 4) 日下部治 (2007)：国土構造・土地利用と災害脆弱性，学術の動向，日本学会会議，pp. 31-35, 11.
- 5) 松谷昭彦・藤正巖 (2002)：人口減少下社会の設計—幸福な未来への経済学，中公新書.
- 6) 国土交通省 (2007)：国土形成計画策定のための集落の状況に関する現況把握調査最終報告.
- 7) 大泉啓一郎 (2007)：老いてゆくアジア，中公新書.
- 8) 豊澤康男，伊藤和也，日下部治，竹村次朗，高橋章浩，井澤淳 (2009)：斜面掘削工事中の土砂崩壊による労働災害の特徴とその対策について，第44回地盤工学研究発表会.

