

土の安定処理

岩井喜八郎*

1. まえがき

わが国の経済活動の活発化と土木工学の各分野における発展によって、従来は建設が不適とされている場所に工事が実施されており、この陰には土の安定処理工法の進歩が有力な裏づけとなっている。

2. 盛土および表層の安定処理

昭和30年代から国内の道路整備が鋭意すすめられ、盛土および路盤の研究が名神高速道路の施工を契機にして急速に発展した。盛土において、締固めは基本的な問題であり、土の性質は一般に乾燥密度(間げき比)によって左右される。密度を高めるためには、薄層まきだしと、大きな締固めエネルギーを必要とする。戦前から使用されていたロードローラー(8t程度)は、大型のタイヤローラー(20~30t)、および振動ローラー(8t)に変わり、規定の締固め度は90~95%以上であるが、最近の施工においては、100~110%に達している。

一方、わが国には、ローム土や粘土などの細粒土が多く分布し、これらの土の締固めを強行することは、こねかえしによる土の軟弱化がおこるので、設計上必要な強度が得られる飽和土(85~98%)、または空気間げき率(10~2%)によって締固めを管理している。さらに、低い強度の盛土材料の場合には、盛土基礎地盤の表層を含めて、砂層または透水性のよい敷布およびネットをはさむサンドウィッチ工法^{1),2)}や、各種の添加材として砂、礫、セメント、生石灰などの無機物、アスファルト、リグニン、ポリマーなどの有機物を混合する工法が用いられる。

盛土材料については、気象条件による物性変化、繰返し荷重による応力と劣化、周辺への振動の影響などについて不明な点も多く、今後の研究が望まれる。

設計条件のきびしい路盤の安定処理³⁾としては、AASHO試験によると加熱混合式アスファルトが最も効果があり、次にセメント処理、その次に粒度調整となっている。最近の路盤材は、資源の有効利用の面から、高炉スラグ、転炉スラグ、フライアッシュなどが試みられているが、高炉スラグの使用が一般化している。

3. 軟弱地盤の安定処理

軟弱地盤の安定処理にあたって、変形量(沈下、水平変位)、土のせん断強さの増加の予測が行われる。予測は、実際の測定値と一致しない場合が多い。計算が単純化された地層条件と土質常数、施工による土の攪乱、解析方法の適用が不確定であることなどが原因であろう。

支持力の安全率として、盛土すべり破壊について1.2、フーチングほかの支持力では1.8~2.0、粘土の切取斜面では1.5以上がとられている。地盤改良を行った厚さ15mの粘土層の上にある円形荷重の滑り破壊の安全率が、沈下に対しどのような関係にあるかの一例を図-1

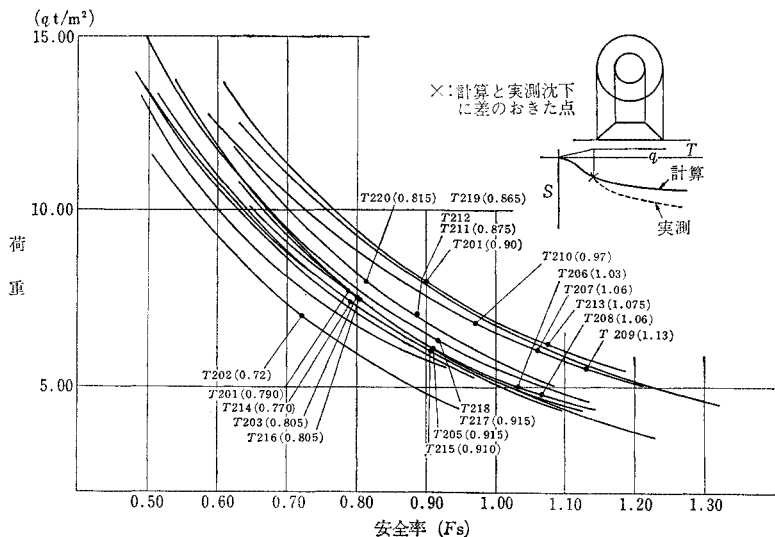


図-1 滑り計算の安全率と沈下曲線から求めた荷重

* 正会員 大成建設(株)技術研究所 土木構造室長

に示す。黒丸は計算と実測沈下曲線に差ができたときの荷重であって、せん断変形をおこさない荷重と考えられる。荷重形状と載荷速度にもよるが、安全率が1.0前後あれば、沈下はほぼ正常である。施工中の安全率のチェックはなかなか困難であって、目安として沈下速度をとることが多い。普通、圧密沈下速度は2~3 cm/日程度で、5 cm/日ではクラックの発生、10 cm/日では滑り破壊につながる危険な状態と考えられ、除荷などの対策が必要であろう。

パーチカルドレーンの構築にあたって、ドレーン周辺土に攪乱を与えると、土の強さが30~50%減少し、圧密係数も2~3倍低くなることが認められ、その回復に30日以上を必要とする。したがって、地盤改良の計画・設計には工期に余裕が必要で、土を乱さない工法が望ましい。

パーチカルドレーンの目的が経済的に所要支持力を与えるための土の強度増加が主であり、沈下促進による残留沈下の減小は従であることが多い。軟弱粘土層上の構造物の残留沈下を5~10 cm以内にすることは、普通の地盤改良工法ではまず無理であろう。

軟弱粘土層に地下構造物を構築する場合、土留壁の主働、受働側の土質を改良するために、生石灰パイル工法⁹⁾が用いられている。生石灰と地中の水との化学反応によって、施工後2~3週間で2~3倍の土の強度が得られている。粘土層の急速な改良工法としては優れた工法と思われる。

ゆるい砂地盤については、不等沈下の防止、地震時の対策として地表面下10mぐらいまでの振動締固めが行われる。その効果は新潟地震において確かめられており改良後の目標として、砂層のN値が15~20以上、間げき比を0.7以下にすることが一般にとられている。工法としては、サンドコンパクション、パイプロフローテーション、十字パイプロ、ダイレクトコンパクションなどがある。

4. その他の安定工法

(1) 凍結工法⁹⁾

地中にパイプを挿入して冷却させることにより、地中の間げき水が凍結・固化し、非常に強固な非排水性の壁あるいは版をつくることができる。これを仮設構造物に用いている。凍結工法は、循環方式と注入方式および供用方法がある。図-2に示すように、循環方式は冷凍設備と冷凍管が必要である。冷凍機には一次冷媒にアンモニア、フロンR-22などが用いられ、冷凍管を循環する二次冷媒に炭酸ガス -70°C 、メチレンクロライド -55

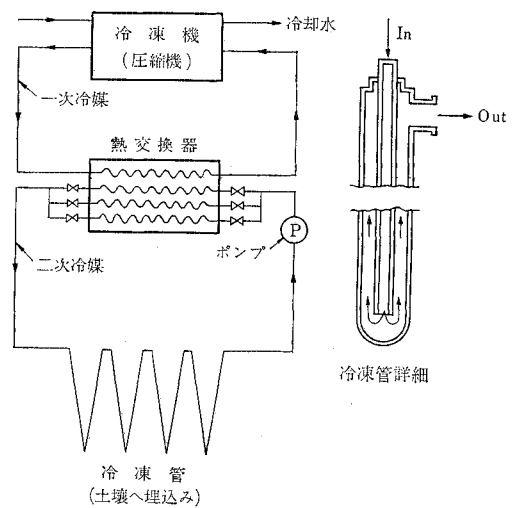


図-2 冷凍システム

$^{\circ}\text{C}$ 、プロパン -40°C 、塩化カルシウム液 -30°C などがある。

注入方式は、冷媒として液体チッ素 -190°C を用い、冷凍設備を必要とせず、冷凍管に直接流入させて放出させるため凍結期間が短く、一般に循環方式の30~40日に対して7日ぐらいで完了する。しかし、液体チッ素は高価であるため局部的にしか使用されていない。

従来の凍結工法は、 -30°C 程度までの循環方式が大部分であった。今後は土質の熱計算の進歩に伴い -50°C の低温冷媒を使用しLPG、LNGガスなどの大容量地下タンクの構築に利用する可能性が大きい。

(2) 注入工法⁹⁾

注入工法は、主として止水と強度増加の目的に使用され、立坑、トンネル、ダムの間げき充填にセメント、石灰が用いられてきた。戦後高分子系¹⁰⁾の注入液が開発され浸透注入として、砂、シルト層までの安定処理に用いられている。

砂層への薬液注入材には、水ガラス、リグニン、尿素、アクリルアミド、ウレタン系などがある。適当な注入間隔と時間をかければ浸透注入が可能である。

粘土層では砂層と同じ薬液の中で粘性の低いものを使用される。この場合、浸透注入とならず、パイプからの放射性的の垂直面を持った脈状注入となる。粘土層全体としての強度、変形、圧密特性がどう変化したのか土質試験を行っても判然としないことが多い。今後、粘土層への注入は、電気・化学的な薬液浸透工法¹¹⁾が利用できると思われ、その開発が期待される。

注入管理として、注入量と注入時間、圧力、ホウ素を用いた浸透範囲、注水法による透水係数などの測定が行われているが、設計条件が満足されているかどうかを厳密にチェックする方法は確立されていない。

5. ま と め

土の安定処理には多くの工法があり、特許、ノウハウに関するものが多く、とくに安定処理した物性について設計上に利用できる定量的なものが少ないのが現状である。

公的機関でチェックし公表するのも一つの方法であろう。

今後は、生活、産業廃棄物泥汚の安定処理が問題になり、他分野の協力を得て解決しなければならないと思われる。

参 考 文 献

- 1) 花房鴻：敷網の施工例，土と基礎，p. 45, 1973年12月。
- 2) 山内豊聡・堀川光治：サンドウィッチ的排水工法によって盛土したヘドロ地盤の性質について，15回土質工学会シンポジウム，p. 123, 1970年。
- 3) 南雲貞夫・月成稔：試験舗装に取上げた路盤工程とその効果，土と基礎，p. 27, 1972年1月。
- 4) 渡辺健・沢口寛治・真田英夫・小栗学・理寛寺吉昭：生石灰パイルによる軟弱地盤処理について，土と基礎，1971年7月。
- 5) Y.A. ドルマン・N.G. トルウバック，原田干三訳：凍結工法，鹿島出版会，1972年。
- 6) H. カンプフォール，斎藤二郎・福住隆二訳：地盤注入，鹿島出版会，1969年。
- 7) ゲ・デ・チュウブルウノフ，萩原義一・森 麟訳：地盤改良法，産業図書，p. 37, 1968年。

●特集く土のよりよき理解のために> 終●

“建設工事の契約・仕様” 刊行案内

土木学会海外活動委員会では、土木技術者の海外活動の理解のために McGraw-Hill 社より刊行された Contracts, Specifications and Engineering Relations をテキストにして研究会を行っていましたが、1974年7月を目標にこの研究会の成果の一つとして標記の図書（A5判520ページの予定）を刊行することになりました。本書には海外で工事を行うために必要なエンジニアの心得、契約書・仕様書の重要さ、英米法の解釈の仕方などが記述されておりますのでご期待下さい。定価は5000円程度になりそうです。

土木技術者のための地質学

高橋彦治著 (理学博士
鉄道技術研究所地質研究室長)
A5判 300頁 ¥2,500

土質工学、岩盤力学、地下水の流動、トンネルの土圧、基礎、地すべりなど、土木工学的諸問題の中で地質の知見がいかに関わりあっているか、土木地質の専門家である著者が永年の業務経験をもとに、具体的にまとめた書である。

■世の多くの土木技術者が、広く本書を読まれ、よりよい土木技術を修得するための地質工学の素養を身につけられることを心から願ってやまない。

(序文より) 日本鉄道建設公団理事・川崎敏視

■推せん——日本国有鉄道建設局長・高橋浩二
国鉄新幹線建設局長・斉藤 徹

材料力学史

HISTORY OF STRENGTH OF MATERIALS
S.P.ティモシェンコ=著
最上武雄=監訳/川口昌宏=訳 A5判430頁 ¥3,100

この本を読みはじめると、とても面白くて途中でやめることが出来なくて、つい最後まで夢中になって読んでしまった。日本大学名誉教授 倉西正嗣

宅地開発便覧

宅地開発便覧編集委員会編 B5判480頁 ¥6,600

監修者 尚 明 日本住宅公団副総裁
五島 昇 東急不動産社長
奥村 胖 八千代エンジニアリング都市計画部長

宅地開発に関する各種のデータ、設計基準および法規・適地調査・設計事例・申請手続・用地買収・採算計算・工事管理・販売管理などの資料をすべて収録。関係実務者にとって必携の書。

小社は注文制を主にしていますので、万一店頭がないときは書店にご注文下さい。

明日を築く
知性と技術

鹿島出版会

107 東京都港区赤坂6-5-13 電話582-2251 振替東京180883