

講一座

土の繰返し圧密

1. 講座をはじめるにあたって

吉 國 洋 (よしくに ひろし)

広島大学教授 工学部第四類 (建設系)

講座「繰返し圧密」を始めるに先立って、「圧密」とは一体何であるのかを考えたい。と言うのも、最近、用語「圧密」の使い方に乱れがあると言うか、広がりがあると言うか、土質技術者や研究者の会話においても、今、この人の言う圧密はどの圧密なのかなと一瞬考えこんでしまう場面がよくある。例えば、圧密とせん断、圧縮と圧密、砂の圧密などの「圧密」には、一筋縄で追い切れない面がある。

用語「圧密」の起源を土質工学の中でたどると、やはりテルツァーギ (Terzaghi) の圧密理論に行きつく。ここで言う圧密は、排水に起因する時間遅れを伴った圧縮であって、 $e - \log p$ 曲線は圧縮曲線であり、 $e - \log t$ 曲線は圧密曲線である。Terzaghi やテイラー (Taylor) の時代は厳密にこうであったようだが、1970年代から両者を区別しない人達が現れ始め、その傾向はどんどん強くなっている。その混乱の様相は土質工学用語辞典の解説によく現れている。

さて、圧密を広辞林に見出すことができないので、類似の言葉、圧縮と圧搾と締固めから圧密の意味を類推し、英語との対応を調べて見よう。

圧縮 (おしつけてちぢめる)

圧搾 (おしつけてちぢめる)

締固め (しづってかためる)

圧密 (おしつけてみつにする)

Compression (圧搾, 圧縮)

Compaction (高密度化, 圧縮, 圧密)

Consolidation (強固にする)

圧縮と圧搾と Compression, そして締固めと Compaction との対応はぴったりであるけれど、圧密と Consolidation の対応はしっくりしない。それより Compaction が実にぴったりである。そして、排水による時間遅れのニュアンスは、圧密にも Consolidation にもない。言ってみれば、Terzaghi 風の圧密の定義は、土質工学という限られた学問領域での

約束事であって、他の領域の人に理解させるには、いつも何らかの説明が必要になる。Consolidation に至っては、高密度化と排水に伴う時間遅れの 2 段階の説明が必要である。

外国语は別として、日本語の語感からすると、土に外力を与え、間隙の減少によって体積が減少する様子の表現には、圧縮や圧搾や締固めよりも圧密がぴったりである。圧密にはこんないい語感があるので、きわめて限定的で、圧密理論をなにがしか勉強しないと理解できない定義に拘束されず、用語「圧密」を使いたい。それは自然の成り行きに思える。そして、Terzaghi 風の圧密の定義から離脱すれば、圧密とせん断の対語にも、砂の圧密にも違和感を感じなくなる。ちなみに、地質学では圧密や締固めも共に Compaction と言い、Consolidation はセマンテーションまで含めたより広い意味での固結を表す。

さて、本題の繰返し圧密は、上述の意味で、土を繰返し押しつけて密にする現象なので、砂地盤の液状化現象や締固めもこの範疇に入ることになる。しかし、問題が拡散して見えなくなるので、繰返し外力を受けて密になり、結果として生じる地表面の沈下に興味があるものに限定したい。この意味からすると、地盤の液状化は地盤の破壊に興味があり、締固めは地盤の密度や強度に興味があるので、除外される。ただ、それらが繰返し外力を受けて密になる現象であることには違いはなく、見方や着目点が異なるだけなので、繰返し圧密として、液状化や締固めの問題にも言及することがある。

本講座は土の繰返し圧密研究委員会の成果報告として企画されたものであり、その掲載予定を表-1.1 に示す。

第 2 章では繰返し圧密の機構を静的な圧密との比較において説明したもので、繰返し圧密特有の問題を概念的に理解するのに役立つ。

講 座

表-1.1 講座「土の繰返し圧密」掲載予定一覧表

回数	題名・内容	執筆者	掲載予定号
1回目	1. 講座をめはじるにあたって 2. 繰返し圧密現象	吉國 洋 吉國 洋	平成2年 6月号
2回目	3. ケーススタディー1	陶野 郁雄 安原 一哉	7月号
3回目	4. ケーススタディー2	安原 一哉 陶野 郁雄	8月号
4回目	5. 飽和粘性土の繰返し圧密理論と解析手法	兵動 正幸 坂井 晃	10月号
5回目	6. 飽和粘性土の繰返し圧密特性	林 重徳 藤原 東雄	11月号
6回目	7. 非排水繰返しせん断応力を受けた飽和粘土の圧密	松田 博 安原 一哉	12月号
7回目	8. 砂質土の繰返し圧密	陶野 郁雄 巻内 勝彦 社本 康広	平成3年 1月号
8回目	9. 不飽和土の繰返し圧密 10. 講座を終えるにあたって	森脇 武夫 佐藤 健 中ノ堂裕文 吉國 洋	2月号

第3章と第4章においては、地盤が繰返し応力を受けると、静的な応力をうける場合には見られないどんな現象が生じるのかを現場における具体例とともに紹介している。

何といっても繰返し圧密の主たる対象地盤は飽和粘性土地盤であり、第5章、第6章および第7章を使って説明されている。そのうち、第5章は代表的繰返し圧密理論と解析手法の紹介であり、第6章では実験室における繰返し圧密特性が理論の中のパラメーターとの対応において紹介されている。また第7章は地震のように圧密排水の時間的余裕を与えない繰返し応力を短時間受けた地盤の事後における圧密挙動の紹介であって、砂地盤の液状化現象に近い現象である。

第8章は飽和砂地盤が繰返し応力をうける場合の圧密沈下現象の紹介であって、その極限は砂地盤の液状化現象である。そこでは地盤の破壊現象に着眼されるがここでは地盤の変形に着眼し紹介している。

第9章は不飽和地盤を対象にしている。不飽和地盤の繰返し圧密は締固めの問題と同一現象ではあるが、締固めが、締固められた土の密度や強度圧縮性を主眼にしているのに対し、繰返し圧密ではやはり地盤の変形を主眼にしている。

第10章は全体のまとめである。

本講座担当委員：中井照夫、中村 晋、畠中宗憲、安川郁夫

土の繰返し圧密

2. 繰返し圧密現象

吉 國 洋 (よしくに ひろし)

広島大学教授 工学部第四類（建設系）

2.1 まえがき

「繰返し圧密」という用語は、土質工学の研究者や技術者の間で通称されているけれど十分に認知されていないし、概念も明確にされていない面がある。そこで、用語「繰返し圧密」の起源をたどり、最初に行きあたるものに、軟弱粘土地盤に建設された低盛土道路の長期にわたる異常沈下の問題や新潟、名古屋西部、佐賀などの沖積平野の季節的沈下の問題がある。前者は交通荷重に、後者は地下水の季節的汲上げにその原因を求めている。両者には周期に相

違があるものの、ともに周期的載荷のもとでの圧密沈下現象である。そして、周期的載荷のもとでの圧密現象を繰返し圧密と呼び、除荷に伴う間隙水圧の消滅や膨潤現象が存在するので、定荷重の圧密に比べ、やや複雑なメカニズムの圧密現象を指しているように思える。

さらに考えを進めたい。交通荷重、機械振動、地震動その他による交番荷重は、それが作用する期間だけでなく、その停止後にも圧密沈下を発生させ、むしろ事後沈下が卓越するケースさえある。これは交番荷重による攪乱が土の骨組構造を低位化^{注1)}さ