

軟弱地盤上の盛土の検討の経験則と DX の課題

(個人) 高速道路中央研究所 フェロー会員 ○山本 武夫

1. はじめに

筆者は 1966-1970 年まで日本道路公団試験所第二土質試験室で名神高速道路、東名高速道路の観測値により軟弱地盤上の盛土の安定について試験研究し、その後工事事務所、建設局で設計、工事管理、現地指導を行い、1976 年本社技術部で現地観測及びその解析を踏まえた軟弱地盤マニュアル(案)を作成したが、今や忘れられている。感想は「自然が作った自然地盤は難しい、力学的知識は必要だが力学計算通りにならない。実用的には現地の観測値が不可欠」である。力学計算が合わない時点の戦略は「現場の観測値を試験所に集中的に保管する、それを解析する理論が出来るとその時の資料にする」と言うものであった。それから 50 年経過しデジタル社会の到来により、従来経験工学と言って個人的時限的な経験の蓄積を集团的継続的な知識として活用することが可能になった。本論は 50 年前の軟弱地盤上の観測値に基づく主要な経験則を伝承する。次に観測値のデジタル化を基盤にし、地盤工学の DX (デジタル トランスフォーメーション) の課題を述べる。

2. 軟弱地盤の経験則

軟弱地盤対策に関する理論計算(圧密度は無処理地盤(以下無処理)はテルツアギーの理論、サンドパイル処理地盤(以下処理)はバロンの理論、強度増加は圧密度による、安定計算は盛土上面からのテンションクラックを考えた円弧すべり法)と現場の観測値は異なっていた。名神高速道路建設当時どちらを信用するか悩むとき、米国技術者ラブ氏は「観測値を重視すべき」と指導した。以後、試験盛土により理論を確認し、動態観測による現場管理により工事を行った。「分からないときは現場の実物大の観測値で考える」は以後道路公団技術の哲学になった。これにより正しい理論は確立しなくとも経験的に実用上の精度で工事ができた。

2. 1 沈下量、時間沈下、残留沈下について

e-logp 曲線法で求めた沈下量と観測値は、平均的には合うが個々は合わない。マスカーブと実際の土量配分は問題にならないが、計算沈下量から観測沈下量の差を残留沈下量他は出来ない。時間-沈下曲線は無処理と処理は差が無く処理の計算値に近い。設計時の残留沈下対策は無処理のサーチャージを基本とし、橋梁取付け

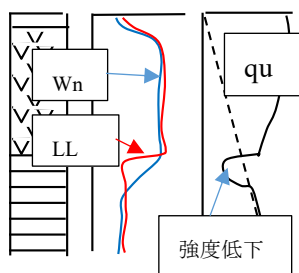


図-1 強度低下

部 30mは安心のため深層まで処理する。観測値による場合は浅層の場合は双曲線法、深層の場合は log-t 法によるが、残留沈下が長く大きい時は直線となるべき箇所が曲線になり、将来予測値が時間と共に増加する不可解な現象がある。

2. 2 強度増加、強度低下について

強度増加は無処理、処理は計算通りである。有機質土と均一な海成粘土で構成される地層で深さ 10m程度の液性指数 >1 の粘土層では破壊前に強度低下を生じ、それに伴い破壊を生じたと

考える。従ってこのような土層がある時は、事前の安定計算に当っては強度低下を考慮する必要がある。

2. 3 盛土のテンションクラックは上からか、下からか

東名高速道路袋井地区村松高架橋の箇所盛土が崩壊し、盛土内の状況を調べるため、モルタル注入した。その結果底面から盛土上方向へクラックが発生していた。

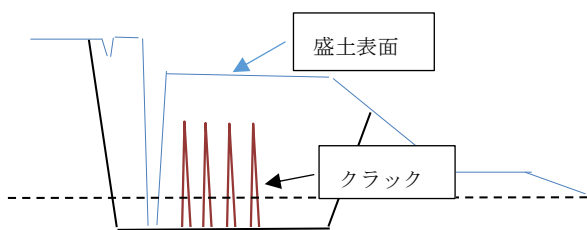


図-2 盛土内のクラック

キーワード 軟弱地盤, 沈下, 安定, 観測値, DX,

連絡先 〒1344-0032 埼玉県春日部市備後東 8-40-3 TEL 090-8510-90002

この結果は試験所で行った模型実験と同様であり、安定計算にあたっての盛土のクラックは盛土全面に鉛直に入れることは妥当と考える。盛土のテンションクラックを上から考えるか、下から考えるかで安定計算による安全率は異なる。上から入れた場合はすべり層が浅いほど最少安全率になるが、これは盛土の安全率を計算していることも関係する。層厚が浅い場合はテンションクラックを上から入れると安全率が低くなり、処理が必要になるが、テンションクラックを全面に入れると安全率は高くなり、処理は不要になる。

2. 4 沈下量を安定計算に入れるかどうか

沈下-時間が予測できないので、盛土立ち上がり時は全沈下量の80%が沈下していると考え、安定計算すると良い。こうすれば層厚5mのピート地盤で沈下量3mであれば残りの層厚は2mである。テンションクラックを盛土全面に入れば、実際の挙動を説明できる。テンションクラックを全面に入れ、沈下量を考えたモデルを図-3に示した。

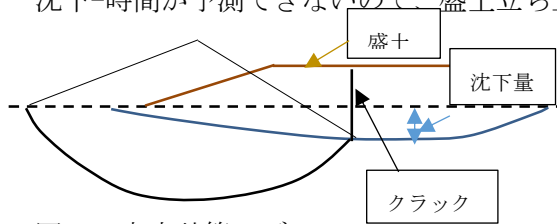


図-3 安定計算モデル

2. 5 安全率と動態観測

東名高速道路時代安全率（以下 F_s ）は1.25であった。その考え方は盛土立ち上がり時に $F_s=1$ で良いと言う意見と1.5必要と言う意見の間をとって $F_s=1.25$ にしたそうだ。軟弱地盤が粘性土、砂質土の互層地盤、ピート単体地盤の時は $F_s < 1$ でも安定に盛れる。前記の有機質土+鋭敏な海成粘土の場合 $F_s > 1$ でも不安定になる。動態観測で盛土速度をコントロールし、安定に盛り上げられる。盛土速度の考え方は普通地盤で10 cm/日、安定が問題になる地盤で5 cm/日、鋭敏な海成粘土がある場合は3 cm/日と考える。実際の盛土は3mまでは急速に立ち上げ3mで一旦放置し強度増加、強度回復を待つ、工事再開後はゆっくり、最後は一番危険な段階であるから、日々観測値を確認し入念に施工する。安定の動態観測をするには地盤の、せん断変形は盛土法尻で上に外に変位し、圧密変形は下に内に変位することを知らねばならない。法尻に設置した地すべり計、変位くい日々の動きを観測し、日々確実にグラフ化し異常を目視する必要がある。失敗例は後日グラフ化したら明らかに兆候があったという事が多数ある。最初は盛土1層完了後はせん断変形が出て、その後圧密変形がでて変位は止まる。不安定になると盛土を止めてもせん断変形が続くがこの時次段の盛土をしてはならない。のり尻でせん断変形の継続が見られるという事は地中内部では相当大きい部分的せん断破壊を生じている。

3. それから50年後の技術基準

全ての研究成果は国の技術基準として国民に役に立つ。最新の軟弱地盤の基準は一般道路平成24年指針、高速道路令和2年要領である。指針は無処理の圧密計算にTerzaghi理論を使用しているが、観測値に合わないことは周知である。要領は圧密度の計算方法の記載が探せなかった。要するに50年前より前進していない。

4. これからの考え方とDXの課題

試験盛土が一番参考になったという事実から、今後の軟弱地盤の検討はデジタル化され集約された観測値に基づき「力学計算の代わりに自然現象の利用する」ものになる。そのためには官庁の地盤調査結果、動態観測結果は「その他分類」で保存期間3年で廃棄処分になるとか、会社の保存データは所有権あるいは著作権があり自由に利用できないことなどであり、法律整備が課題である。

参考文献

- ・高速道路調査会土工および舗装研究委員会軟弱地盤研究班 編：軟弱地盤の調査設計施工維持管理に関する調査研究報告書 その4：高速道路調査会 1977
- ・日本道路協会 編：道路土工軟弱地盤対策工指針平成24年度版：日本道路協会 2012
- ・東日本高速道路株式会社、中日本高速道路株式会社、西日本高速道路株式会社 編著：設計要領：高速道路総合技術研究所 2020.9
- ・持永 竜一郎, 栗原 則夫, 瀬在 武：高速道路盛土建設における軟弱地盤対策の変遷：土木学会論文集 1984