

琉球大学学術リポジトリ

土の強さと構造物を支えるしくみ

メタデータ	言語: 出版者: 琉球大学農家政学部 公開日: 2011-07-22 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 新城, 俊也, Shinjo, Toshiya メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/20.500.12000/21272

土の強さと構造物を支えるしくみ

1. はじめに

土は農業生産と密接な関係があり、私達の生活から切りはなすことのできない大切なものである。しかし私達の周囲を見まわすとどこにでも土があり、ある意味では空気のようなものであるため、その存在を忘れがちである。

植物の育成に土はなくてはならないものであることは言うまでもないが、身近な問題としてもう一度別の面から土をながめてみよう。

農業用構造物、例えば土エン堤、河川の堤防、農道などは土で造られている。また橋、製糖工場、大きなビル、東京タワーなどもすべてその重さを土が支えている。

土には外から力を加えても、その力に抵抗する力がある。大きな重量が土の上に載っても、それに打勝つだけの抵抗力があるので、構造物は安全を保っている。しかし、土の抵抗力は土の種類（砂とか粘土）や土の状態（水分の含み具合や、しまり具合）によって大きく変わってくる。例えば砂浜よりも普通の道の方が歩きやすいことや、雨が降ると土が軟らかくなって歩きにくくなること

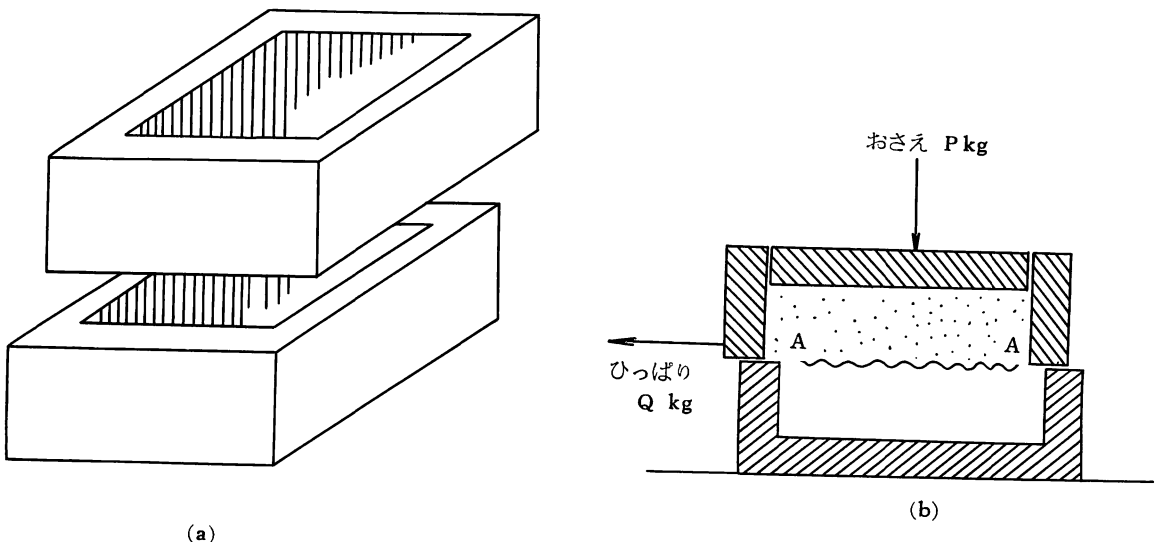
は日常経験することである。これはその土の抵抗力が異なるからである。このように土の抵抗力などの力学的な性質の問題を理論的に取扱う分野を土質力学といい、学問としては比較的新しいものである。これを理論的に体系づけたのはテルツァギ博士である。

では、土の抵抗力とはどのようなものか、どのような尺度で表わすのか、それを自然の地盤にどのように応用していくかを構造物を支えている土を例に調べてみよう。

2. 土の抵抗力

土の種類は多種多様であるが、その代表的なものに砂がある。

砂は肉眼でも見える程の大きな粒子が一つ一つ独立していて、サラサラしている。その形は丸味をおびたものや、角ばったものがある。砂はその粒子と粒子がからみ合っていて、その砂をすべり動かそうとすると、このかみ合によって抵抗力を発揮する。密にしまっている砂はその抵抗力が大きいしゆるくしまった砂は小さい。また角張った砂の方が丸味をおびたものより抵抗力が大きい。



第1図 土の強さの調べ方

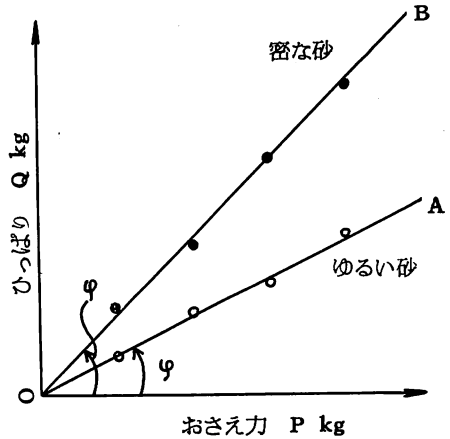
いま第1図(a)のように金属性のマスの上に底の抜けたようなマスを重ねる。その中に砂をつめ、上からおさえ力Pを載せる。次に第1図(b)に示すように、下のマスを固定して上のマスを水平方向にひっぱると、上と下のマスの境界A—Aに沿って砂がすべり動こうとするから、この砂のかみ合いの抵抗力Qが測れる。このようにおさえ力Pをいろいろ変えると、それに応じたかみ合いの抵抗力を測るこるができる。これらの値を横軸におさえ力P、たて軸にひっぱり力Qをとったグラフに表わすと第2図(a)のように一直線で結ぶことができる。この直線のOAをクーロン線といいこの砂の抵抗力の大きさをクーロン線の角度で表わす。この角度 φ を内部摩擦角といい、砂とか砂利などのもつ抵抗力の尺度である。

今度はマスの中に前よりも密につまった砂を入れて前と同じようにおさえ力を変えて、かみ合いの抵抗力を測定すると、第2図(a)のようなクーロン線OBが得られる。密にしまった砂の内部摩擦角 φ が、ゆるい砂より大きく、その抵抗力も強い。すなわち φ が大きい砂ほど抵抗力は大きくなる。自然の砂の内部摩擦角はゆるい状態で $25^{\circ} \sim 30^{\circ}$ 、密な状態で $45^{\circ} \sim 50^{\circ}$ である。

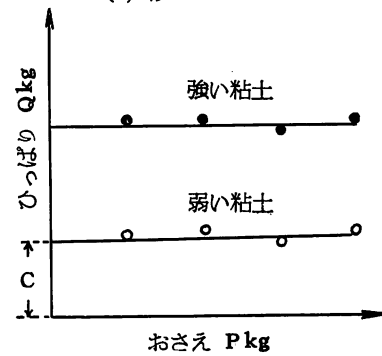
土のもう一つの代表的なものに粘土がある。粘土の粒子は非常に細かく、だいたい千分の数ミリ程度のもので、砂とは異なった性質を示す。

いま粘土についても、第1図(b)のようなことを行なってみると、第2図(b)のような水平なクーロン線が描ける。すなわち粘土のすべりに対する抵抗力Qは上からのおさえ力に無関係である。この抵抗力Qをすべりの生ずる面積で割ったものを粘着力といいCで表わす。この粘着力Cが粘土の抵抗力の尺度である。この粘着力はガラスを二枚水の中にかさねて、それをずらすときの感じとよく似ている。

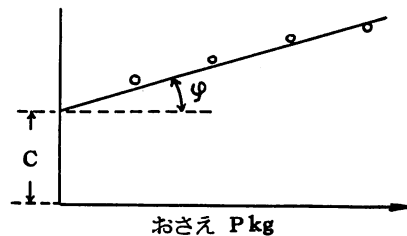
粘土にも種類によって抵抗力の大きいのと小さいのがある。第2図(b)のように大きな抵抗力を有する粘土の水平なクーロン線は小さいものより上にくる。また同じ粘土でも水分の含みぐあいによって抵抗力が変る。水分を多く含んだ粘土ほど抵抗力は小さい。天気の良いときに歩きやすい道でも、雨が降ると足がめり込んで歩きにくいのも



(a) 砂



(b) 粘土



(c) ふつうの土

第2図 クーロンの法則

水分を多く含んで抵抗力が低下したからである。このように砂と粘土の抵抗力は砂の場合内部摩擦角のみで粘着力は存在しない。また粘土の場合は粘着力のみで内部摩擦角は存在しない。しかし、私達の周囲にある土は砂や粘土ももちろん存在するが、むしろ砂と粘土の中間的な土が多い。このような中間的な土は第2図(C)に示すように粘着力と内部摩擦角をもっている。

3. 構造物を支えるしくみ

土の抵抗力の尺度がわかった。土の上に構造物

を造る場合や、土の構造物を造る場合、この土の抵抗力の尺度はどのように設計に取り入れられているかを調べてみよう。身近な問題として、土の上に載っている構造物、あるいは私達の生活している建築物を土がどのように支えているかを調べてみる。

第3図(a)に示すように、地表面上にコンクリート板を敷いて、これに上から力を加えて土の中に押し込んでみる。このコンクリート板は建築物の基礎と考えればよい。そうするとコンクリート板の直下にある土はクサビ状をなして、あたかもコンクリート板の一部であるかのように一体となって土の中にめり込んでいく。このときのクサビの角度は $\alpha = 90^\circ - \psi$ となる。

このクサビ状のものが土の中に押し込まれると、クサビの作用をして、わきの土を横の方へ押しつけようとする。この際、横へ押されて移動する土の部分は第3図(b)に示すような a c d および b c e である。土は c d, c e 線に沿って移動し、この線をすべり線という。このすべり線に沿って土の抵抗力が作用しクサビを押し込む力に抵抗する。

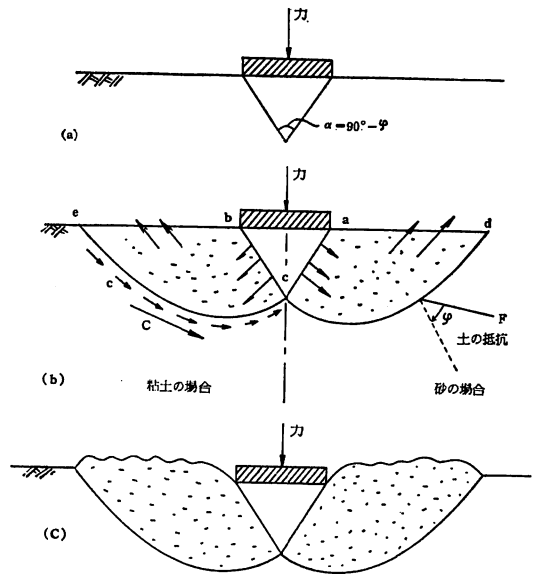
いまこの地盤が砂である場合、すべり線に沿って抵抗する力は、第3図(b)の右のように、すべり線に下した垂線から、内部摩擦角 ψ だけ傾いて作用する。この力はすべり線の全ての部分に作用し、これを合成した力が抵抗力 F である。

次に粘土地盤の場合、すべり線に沿って粘着力 c のみが作用し、土を横の方に押しやろうとする力に抵抗する。このすべり線の長さに粘着力 c をかけた値が、抵抗力 C である。

粘着力と内部摩擦角を有する土は両方の抵抗力が同時に作用する。

ところが、このような土の抵抗力がなくなると第3図(c)に示すようにすべり線に沿って土は破壊し、横から斜上方にすべり出してしまい、コンクリート板とクサビ状の土はめり込んでしまう。これと同時に基礎の上にある上部構造物は危険な状態になる。

このことからさらにもう一つわかることは、土の抵抗する部分は力のかかる直下の土ではなく、側方の部分であるということである。したがっ



第3図 コンクリート板を土の中に押しこむ

て、構造物の側方をかなり深く堀削することは非常に危険になるので、その対策に細心の注意を払う必要がある。

4. むすび

以上のように土は抵抗力としての尺度である粘着力と内部摩擦角を有する事を述べた、また構造物を支えている土を例にその抵抗機構について説明した。しかし、従来土構造物を造るときはこのような土の力学的性質を考慮せず、単に経験によって行なわれてきた。そこで施行中に思わぬ事故を起こしたり、あるいは経費のかさむ過大な安全側の設計をする場合が多かったが、最近の土質力学(工学)のめざましい発展により、より合理的な設計が行なわれつつある。

参考文献

大崎順彦「構造物を支持する土」科学朝日
25巻3号 1965. 3 P115~117

(新城俊也)