株式会社グラウト企画

土圧の基礎知識

立坑側圧の考え方

～　新人・若手技術者のための解説書　～

発　行　：　株式会社グラウト企画
作成日　：　2026 年 7 月

はじめに

このテキストは、立坑（矢板・ライナープレートなどの土留め工）の設計・計算書を初めて扱う技術者を対象に、「側圧（そくあつ）」の考え方を図解でわかりやすくまとめたものです。難しい式を丸暗記するのではなく、「なぜその式になるのか」というイメージをつかむことを目標にしています。

【このテキストで学べること】　・土圧とは何か、側圧とはどう違うのか（第１章）

・静止・主働・受働の３つの土圧の状態（第２章）

・ランキンの土圧論と土圧係数 K の求め方（第３章）

・立坑側面の側圧分布（三角形分布）の考え方（第４章）

・地下水位がある場合の計算方法（第５章）

・上載荷重（載荷重）がある場合の考え方（第６章）

・多層地盤・水位・載荷重を組み合わせた計算例（第７章）

第１章　土圧とは何か

1.1　土はなぜ壁を押すのか

土は水のようにサラサラ流れませんが、実は「自分の重さ」によって周りをじわじわと押す性質があります。立坑を掘ると、掘削面の外側にある土は矢板やライナープレートなどの土留め壁に寄りかかるように圧力をかけてきます。この、土が壁を押す力のことを「土圧」と呼びます。

【身近なたとえ】　砂場に板を立てて、片側の砂を掘り取ったときのことを思い出してください。板の反対側に残った砂は、自分の重さで板を押し倒そうとします。これが土圧のイメージです。

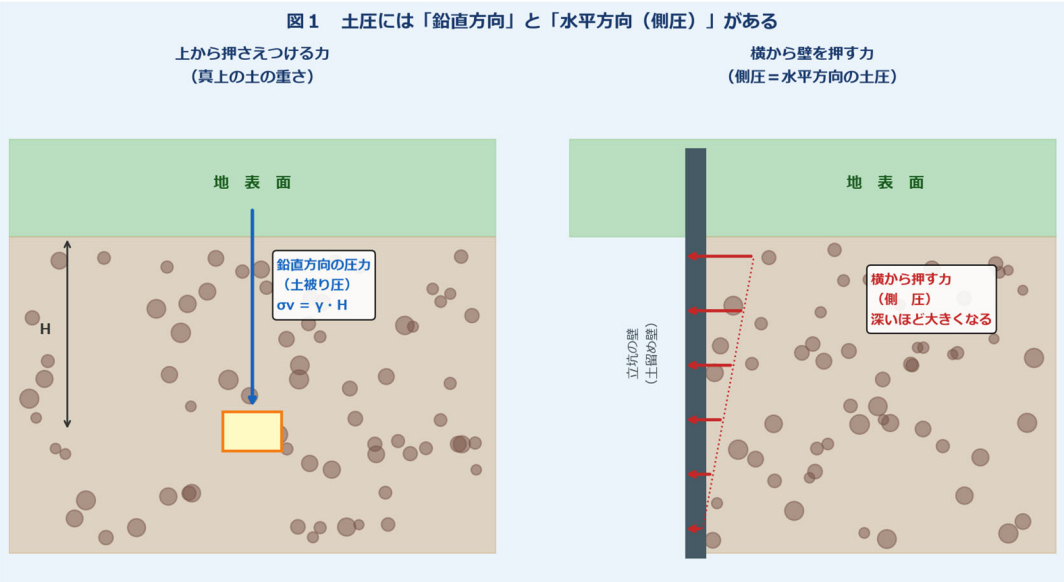
1.2　鉛直方向の圧力と水平方向の圧力（側圧）

土の中のある一点に注目すると、圧力は上下方向だけでなく、あらゆる方向にはたらいています。設計でとくに重要になるのは、次の 2 方向です。

方向	呼び方	内容
鉛直方向（上下）	土被り圧　σv	真上にある土の重さによる圧力。σv ＝ γ・H（γ：単位体積重量、H：深さ）
水平方向（横）	側圧　（土圧）	横にある土が壁を押す圧力。立坑や土留め壁の設計ではこちらが主役

このテキストでは、主に立坑の側面（土留め壁）にかかる「側圧」について解説します。

図１　土圧には「鉛直方向」と「水平方向（側圧）」がある



1.3　側圧は深さによって変わる

地表面付近は上にのっている土がほとんどないため側圧は小さく、深くなるほど上にのっている土の重さが増えるため側圧も大きくなります。そのため側圧は、地表からの深さにほぼ比例して大きくなる「三角形分布」で表されるのが基本です。詳しい分布の形は第４章で扱います。

第２章　土圧の３つの状態

同じ土質・同じ深さでも、壁が「動いているかどうか」「どちらに動いているか」によって側圧の大きさは変わります。土圧には次の３つの状態があります。

2.1　静止土圧（K0）

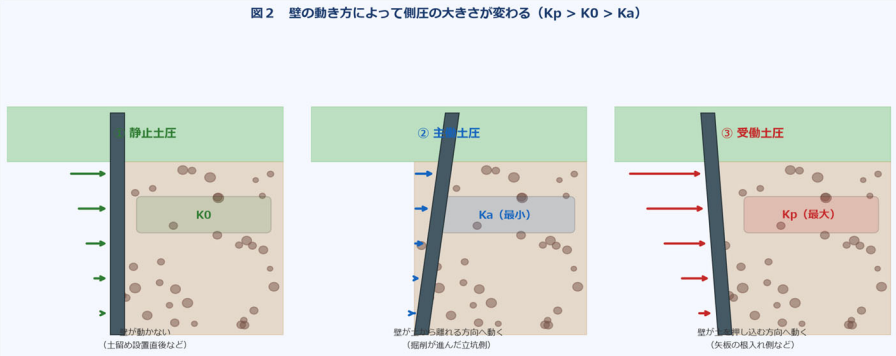
壁がまったく動かない状態でつり合っている土圧です。土留め壁を設置した直後など、まだ掘削が進んでいない段階ではたらいている土圧はこの状態に近いと考えられます。

2.2　主働土圧（Ka）

壁が土から離れる方向へわずかに動くと、土は壁についていこうとして自らゆるみ、圧力が小さくなります。この、壁が土から離れる側で発生する（小さい方の）土圧を主働土圧といいます。立坑の掘削側（内側）の壁の設計では、主にこの主働土圧を使います。

2.3　受働土圧（Kp）

逆に壁が土を押し込む方向へ動くと、土は圧縮されて強く抵抗し、圧力が大きくなります。この、壁が土を押し込む側で発生する（大きい方の）土圧を受働土圧といいます。矢板の根入れ部分（掘削面より下側）が踏ん張る力として期待するのはこの受働土圧です。



2.4　３つの状態の関係

壁の動き方と側圧の大きさの関係は、常に次の大小関係になります。

【覚え方】　Kp（受働）　＞ K0（静止）　＞ Ka（主働）

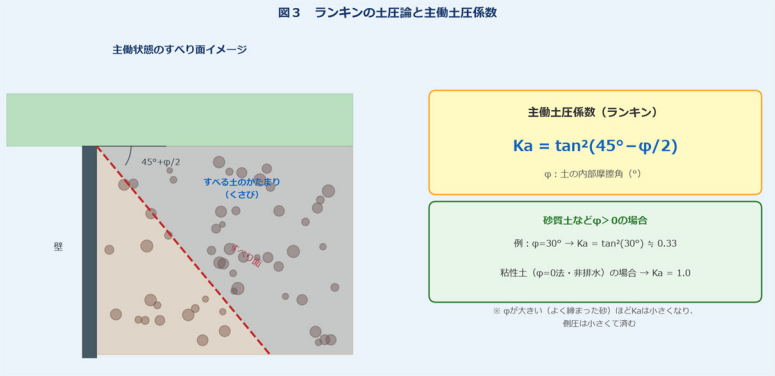
「押し込まれる側は大きく効き、離れる側は小さく効く」と覚えると理解しやすくなります。

状態	壁の動き	土圧係数	大きさ	立坑での例
静止土圧	動かない	K0	中間	設置直後・変位がほぼゼロの壁
主働土圧	土から離れる	Ka	最小	掘削側の土留め壁の設計
受働土圧	土を押し込む	Kp	最大	根入れ部の抵抗力（受働抵抗）

第３章　土圧係数の求め方（ランキンの土圧論）

3.1　ランキン土圧論とは

土圧の計算方法にはいくつかの理論がありますが、現場の計算書で最もよく使われるのが「ランキンの土圧論」です。ランキン土圧論は、土の中にすべり面（弱い面）ができると仮定し、そのすべり面に沿って土が崩れようとする力から土圧係数を求める考え方です。壁と土の摩擦を考えない分、計算が比較的シンプルになります。



3.2　主働土圧係数の式

砂質土など ϕ（内部摩擦角）を持つ土の主働土圧係数 Ka は、次の式で求めます。

【主働土圧係数（ランキン）】　$Ka = \tan^2(45° - \phi/2)$

ϕ：土の内部摩擦角（°）。ϕ が大きい（よく締まった砂）ほど Ka は小さくなる。

3.3　粘性土の場合（ϕ=0 法）

粘性土は施工中の短期的な挙動を「非排水（ϕ=0）」とみなして計算するのが一般的です。ϕ=0 を先ほどの式に代入すると、$Ka = \tan^2(45°) = 1.0$ となります。実際の計算書でも「ϕ=0 の場合、K=1 となる」という形でよく登場します。

3.4　受働・静止の係数（参考）

受働土圧係数はランキン理論では次のように、主働の逆数の関係になります。

【参考式】　$Kp = \tan^2(45° + \phi/2) = 1/Ka$

$K0 \fallingdotseq 1 - \sin\phi$（Jaky の簡易式。静止土圧の目安として使われる）

立坑側面の土留め壁の側圧計算では主働土圧係数 Ka を使うのが基本ですので、以降の章では主に主働土圧を前提に解説します。

第４章　立坑側面にかかる側圧の分布

4.1　深度に比例する三角形分布

地盤が一様（1 種類の土質のみ）の場合、深さ H における側圧の強さ p は次の式で求められます。

【側圧強度の基本式】　p ＝ K・γ・H

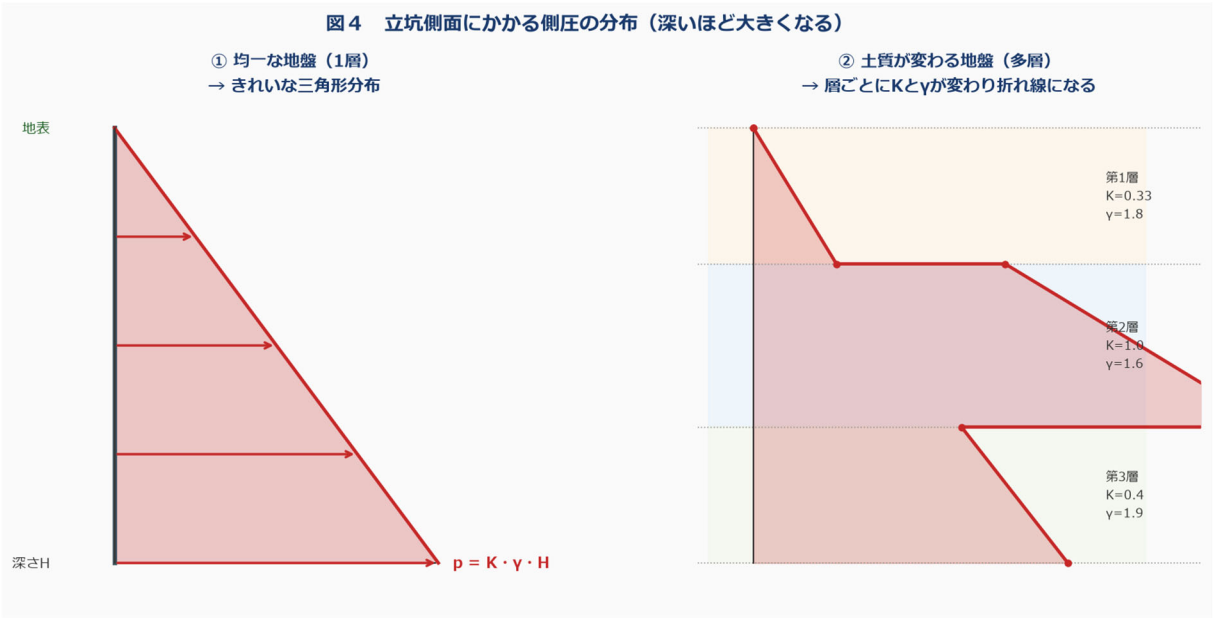
K：土圧係数（主働なら Ka）、γ：土の単位体積重量、H：地表からの深さ

地表（H=0）では p=0、深さが増えるほど p は大きくなるため、側圧を図に描くと地表を頂点にした三角形の分布になります。壁全体が受ける力（合力）は、この三角形の面積に相当します。

4.2　土層が変わる場合（多層地盤）

実際の地盤は 1 種類の土だけでできているとは限らず、砂質土・粘性土・砂礫などが層状に重なっています。層が変わると K や γ の値も変わるため、側圧分布は層境界で傾きが変わる「折れ線」になります。このとき、ある層の上端での側圧は、その上にある全ての層の重さ（Σ γ・H）に、その層自身の K を掛けて求めます。

図４　立坑側面にかかる側圧の分布（深いほど大きくなる）



実務の計算書でも、地表から順に土層ごとの層厚・単位体積重量を積み上げて「その深さまでの土被り圧」を計算し、それに各層の土圧係数を掛けるという手順で側圧を求めています。

第５章　地下水位がある場合の側圧

5.1　有効応力の考え方

地下水位より下では、土粒子どうしが支え合っている力（有効応力）と、水自体が持つ圧力（水圧）を分けて考える必要があります。土圧係数 K を掛けるのは、あくまで土粒子が受け持つ「有効応力」の部分だけです。

5.2　水位以下は単位体積重量を γ'に置き換える

水位より下では、水の浮力の分だけ土の重さが軽く感じられます。この、水中にある状態での単位体積重量を「水中単位体積重量 γ'」と呼び、次の関係があります。

【水中単位体積重量】　$\gamma' = \gamma sat - \gamma w$

γsat：飽和単位体積重量、γw：水の単位体積重量（≒1.0 t/m³）

水位より下の土被り圧を積み上げるときは、γ の代わりにこの γ'を使います。

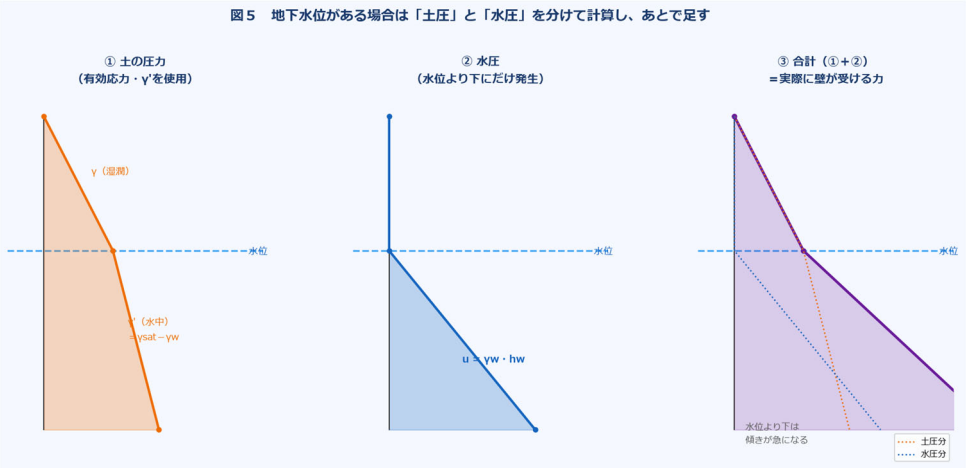
5.3　水圧は別に足す

水そのものの圧力（静水圧）u は、水位からの深さ hw に比例します（u = γw・hw）。これは土圧係数 K を掛けずに、そのまま側圧に加算します。水はどの方向にも同じ大きさで圧力を伝えるためです。

5.4　合成した側圧分布

最終的に壁が受ける側圧は、「土圧係数 K を掛けた有効応力分」と「水圧分」を深さごとに足し合わせたものになります。水位を境に分布の傾きが急になるのが特徴です。

図５　地下水位がある場合は「土圧」と「水圧」を分けて計算し、あとで足す



【ポイント】　水位より下の KγH の計算では必ず γ'（水中単位体積重量）を使うこと。誤って湿潤単位体積重量 γt のまま計算すると、水圧を二重に見込んでしまい側圧を過大評価してしまいます。

第６章　上載荷重（載荷重）の影響

6.1　地表面に荷重がある場合

現場では、立坑の周囲に資機材を置いたり、車両が通行したりすることがあります。これらは地表面にかかる追加の荷重（上載荷重・載荷重）として、側圧を増やす要因になります。

6.2　側圧の増加分

等分布荷重 q が地表にかかっている場合、側圧の増加分は深さによらず一定で、次の式になります。

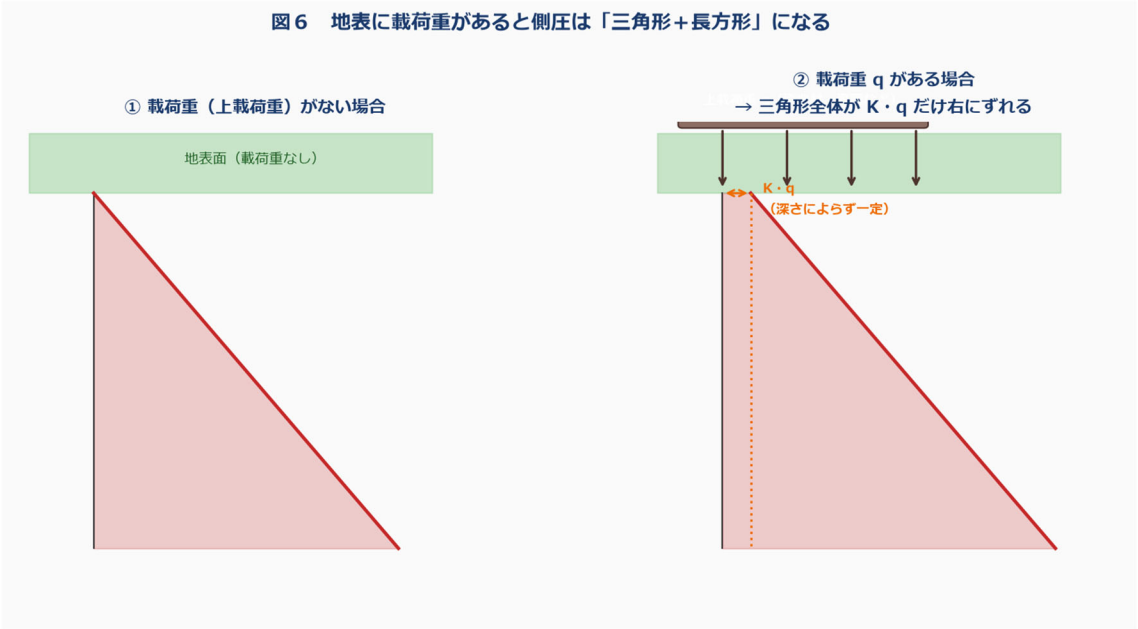
【載荷重による側圧の増加分】　$\Delta p = K \cdot q$

q：地表面の等分布荷重（t/m^2）、K：その深さの土圧係数

6.3　分布の形（長方形＋三角形）

載荷重による側圧 K・q は深さに関係なく一定の大きさではたらくため、分布図では地表から壁の下端まで同じ幅の「長方形」として現れます。もともとの土の重さによる三角形分布にこの長方形を足し合わせることで、実際の側圧分布が得られます。

図６　地表に載荷重があると側圧は「三角形＋長方形」になる



第７章　計算例：すべてを組み合わせた側圧分布

7.1　現場の計算書とのつながり

ここまでの内容（多層地盤・地下水位・上載荷重）をすべて組み合わせると、立坑側面の側圧を求める実務上の基本式は次のようにまとめられます。

【側圧の総合計算式】　$pa = K \cdot (\Sigma \gamma \cdot H + q) + \Sigma hw$

$\Sigma \gamma \cdot H$：その深さまでの土被り圧の積み上げ（水位以下は γ' を使用）

q：上載荷重、Σhw：その深さまでの水圧の積み上げ

この式は、ライナー立坑や鋼矢板立坑の薬液注入・底盤改良の計算書などで実際に使われている考え方と同じものです。計算書の数値の意味がわからなくなったときは、この式に立ち返ると理解しやすくなります。

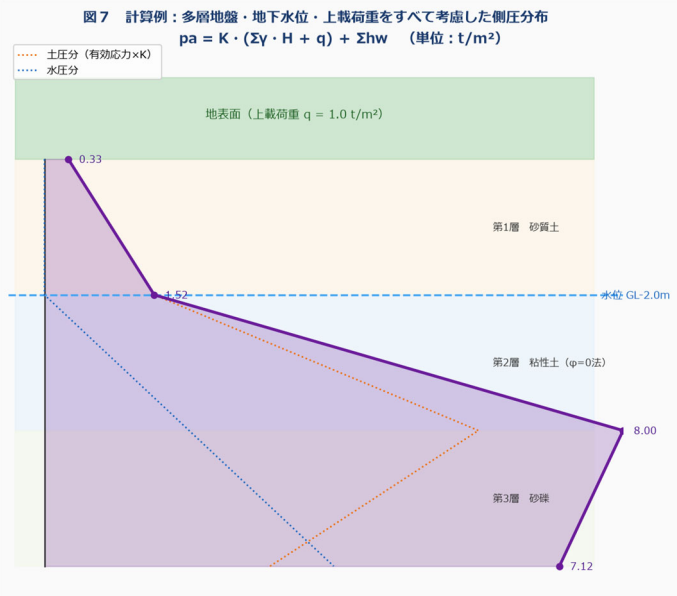
7.2　条件設定（例）

次のような３層構成・地下水位あり・上載荷重ありの立坑を例に、側圧分布を計算してみます。

層	層厚 h(m)	γt(t/m³)	γ'(t/m³)	K	備考
第１層　砂質土	2.0	1.8	0.8	0.33	水位は GL-2.0m（第１層下端）
第２層　粘性土	2.0	1.7	0.7	1.00	φ=0 法により K=1.0
第３層　砂礫	2.0	1.9	0.9	0.40	

上載荷重 $q = 1.0$ t/m² とします。

7.3　側圧分布図



7.4　まとめ

このように、①各層の Σγ H を深さ方向に積み上げ、②水位以下は γ'に切り替え、③各層の K を掛け、④上載荷重 K・q を足し、⑤水位以下は水圧 Σhw をさらに足す、という手順を踏むことで、どんなに層構成が複雑な立坑でも同じ考え方で側圧分布を求めることができます。

まとめ

【本書のポイント】　・土圧には鉛直方向（土被り圧）と水平方向（側圧）があり、立坑では側圧が主役

・壁の動き方によって静止・主働・受働の 3 つの状態があり、Kp＞K0＞Ka の関係

・立坑側面の設計では主働土圧係数 $Ka = \tan^2(45° - \phi/2)$を使うのが基本

・側圧は深さに比例する三角形分布。土層が変わると折れ線になる

・地下水位より下は γ'を使い、水圧は別に足す

・上載荷重があると側圧全体に K・q が上乗せされる

・すべてをまとめると $pa = K \cdot (\Sigma \gamma \cdot H + q) + \Sigma hw$

本書で扱った内容は、立坑の土留め設計・薬液注入や底盤改良の計算書に共通する基礎です。計算書の数値の意味に迷ったときは、まず本書の図に立ち返り、「どこが土圧で、どこが水圧で、どこが載荷重の影響か」を分けて考えると理解しやすくなります。