

地震時の土圧について

土質基礎研究室

〔問〕 ㈩日本港湾協会編集の『港湾の施設の技術上の基準・同解説』に、土圧係数の参考値として震度と土圧係数・崩壊角の関係が示されています。(表-1 参照)。これによると、震度が大きくなるにつれて主働・受働共崩壊角が小さくなりますが、主働土圧は大きく、受働土圧は小さくなります。なぜ、このように傾向が違うのでしょうか。

(港湾建設事務所技官より)

〔回答〕 まず、構造物の設計において土圧はどのように計算されるのでしょうか。

構造物に作用する土圧を求めるために、図-1に示すように裏込め土中に構造物のかかとをとる任意の平面すべり面(BC)を仮定します。この土くさび(ABC)は、構造物側(この場合左側)にすべろうとします。しかし、構造物は変位することなく、その場でとどまろうとするために、土くさびから力を受けます。これが主働状態です。図-2のようにすべり面をいろいろ仮定した中で最も大きい力が生じたとき、その力が設計で使用される主働土圧です。

主働土圧に対して、受働土圧とはどういうものなのでしょうか。

主働土圧とは逆に、図-3のようになにかの力が構造物に働き、裏込め土側(この場合右側)に動く

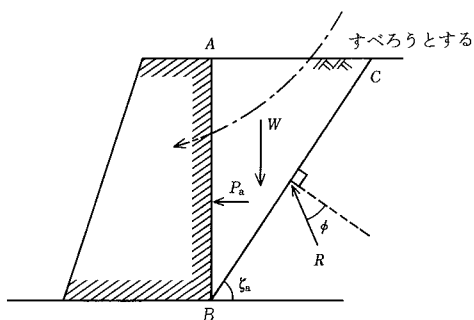


図-1 主働土圧時に作用する力

表-1 土圧係数と崩壊角(例)

($\phi=25^\circ$, $\delta=0^\circ$ の場合)

K	$K_a \cos \delta$	$K_p \cos \delta$	ζ_a (度)	ζ_p (度)
0.00	0.4059	2.4639	57.5	32.5
0.05	0.4393	2.3839	55.0	31.5
0.10	0.4762	2.3003	52.1	30.3
0.15	0.5174	2.2125	48.9	29.0
0.20	0.5640	2.1193	45.2	27.4
0.25	0.6175	2.0192	40.9	25.6
0.30	0.6805	1.9095	35.9	23.4
0.35	0.7578	1.7856	29.8	20.5
0.40	0.8603	1.6364	22.1	16.4

ϕ : 土の内部摩擦角(度)

K_p : 受働土圧係数

δ : 壁面摩擦角(度)

ζ_a : 主働時における崩壊面が水平となす角

K : 震度

ζ_p : 受働時における崩壊面が水平となす角

K_a : 主働土圧係数

ここで、壁面は鉛直、地表面は水平としている。

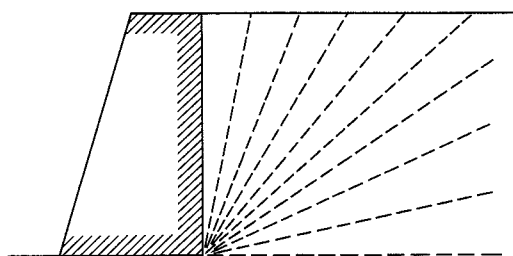


図-2 すべり面を順次仮定する

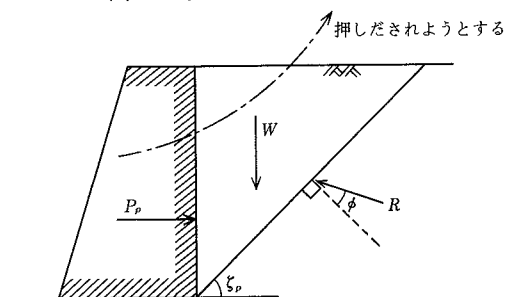


図-3 受動土圧時に作用する力

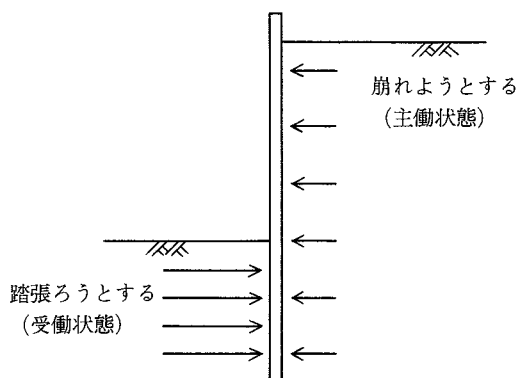


図-4 仮締切りにおける土圧状態

うとしたとします。しかし、裏込め土は構造物の変位を許すまいとその力に抵抗します。これが受働状態です。図-4に示す仮締切りの根入れ部は、この状態です。主働土圧同様、すべり面をいろいろ仮定した上で力のつりあいを考え、構造物が動こうとする（土くさびが押しだされる）ための最小の力が設計で使用される受働土圧です。また、そのときのすべり面と水平面とのなす角が崩壊角です。

次に、地震時の状態に移ります。常時に比べ、振動により土くさびに慣性力が働きます。この慣性力は土くさびの重量が大きいほど大きく、土くさびの重量が小さければ小さいほど小さくなります(図-5参照)。また、方向はその瞬間によって変化するので、構造物にとって最も危険な方向を設計では採用しま

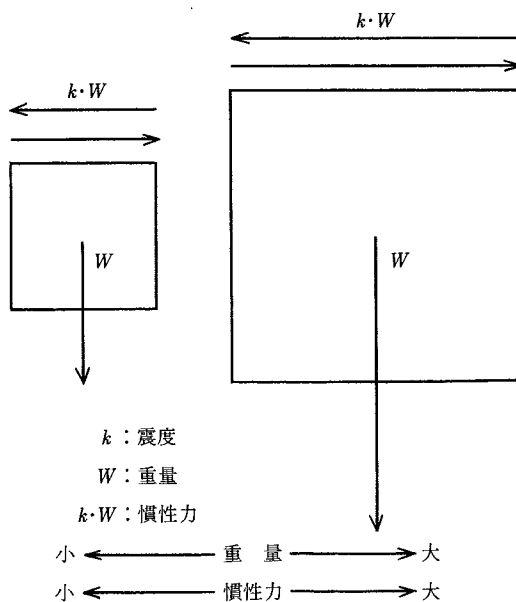


図-5 慣性力の大小

す。

主働土圧について考えてみましょう。図-6のように、構造物に働く力は土くさびの慣性力($k \cdot W$)が構造物の方向（この場合左側）に働くとき、その構造物は最も危険な状態となります。すなわち、地震時の主働土圧は常時に比べ、慣性力が加わる分地震時の方が大きくなります。また、土くさびの重量が大きいほど慣性力も大きくなるという性質より、図-7のようにすべり面は常時より地震時の方が緩

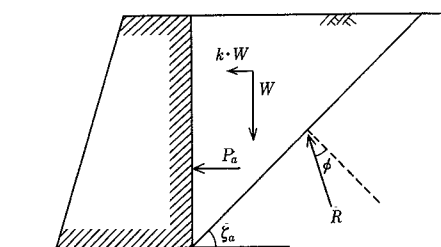


図-6 地震時における主働土圧

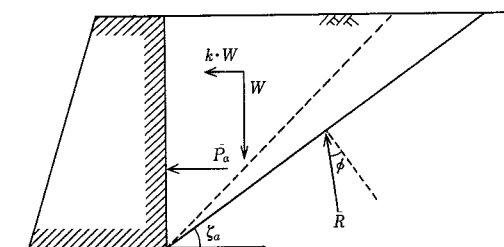


図-7 すべり面を水平に近くする(Wが大きくなる)

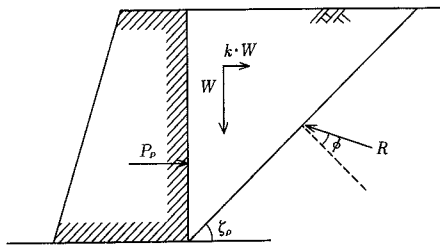


図-8 地震時における受働土圧

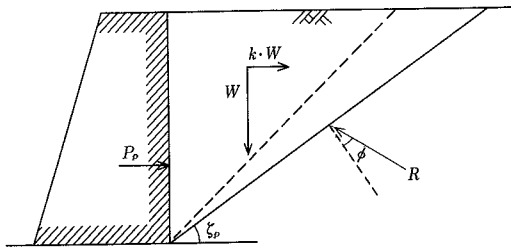


図-9 すべり面を水平に近くする (W が大きくなる)

い勾配になる傾向があります。ただし、ある程度以上緩くなると、すべり面の摩擦力 (R) が慣性力を上まわり、土圧は小さくなります。

次に受働土圧について考えてみましょう。常時において土くさびは図-3で示したとおり構造物から力を受け、その力に抵抗しています。ここで、図-8のように地震によって生じる慣性力 ($k \cdot W$) の方向がその力の方向と一致するとき、抵抗力は小さなものになります。この場合、構造物が動こうとする力 (土くさびが押しだされようとする力) は常時に比べ小さくなります。すなわち、受働土圧は小さくなります。また、主働土圧同様土くさびが大きいほど慣性力が大きくなるので、図-9のようにすべり面は常時より地震時の方が緩い勾配になる傾向があります。

以上のことより、震度が大きくなると主働・受働共崩壊角は小さくなり、主働土圧は大きく、受働土圧は小さくなるのがわかります。なお、ここで紹介した土圧の計算方法はクーロン土圧と呼ばれています。このほかに、ランキン土圧と呼ばれるものが設計で使用されることがあります。対象とする構造物によって両者を使い分けますので、設計時には指針などで定められた土圧を適用して下さい。

(文責 谷村昌史)

参考文献

- 1) ㈲ 日本港湾協会；港湾の施設の技術上の基準・同解説，平成元年2月．
- 2) 河上房義；土質力学（第5版），1983年1月．
- 3) ㈲ 日本道路協会；道路土工—擁壁・カルバート・仮設構造物工指針，昭和62年5月．