

第2章 地盤調査等

(1) がけ上に建築物を計画する場合は、その建築物及び敷地を安全に設計するために、その敷地を含めた当該がけの断面的な土質分布や排水の状況等を把握することを目的として、現地踏査を含め、原則として設計前に地盤調査を行うこととする。

地盤調査の方法は、基礎形式に応じ、支持地盤及びがけ部分の土質、地盤強度等を確認するため、ボーリング調査及び標準貫入試験またはスウェーデン式サウンディング試験（以下 SWS 試験という）等の中から適切な方法を選択する。

(2) 地盤調査の結果より、地盤の許容応力度（地耐力のことをいう。以下同じ。）杭の許容支持力を算出する。

(3) 自然がけに近接して直接基礎、地盤改良工法により基礎立ち下げを行う場合は、斜面地指針などに基づき地盤の許容応力度を低減させる。

【解説】

(1) がけ上に建築物を計画し、具体的に基礎等の設計をすすめるにあたっては、まず現地踏査を行い、がけ面、すなわち自然がけや既存擁壁部分を重点的に、その地形、表土の状況、露頭している部分、及び排水等の状況を詳細に観察し、必要に応じ高さ、角度等を測定する必要がある。表層については、試掘することにより、土質や締まり具合も確認することが出来る。一方、敷地周辺の家屋等の外観や基礎工事の状況、及びその地域の過去の豪雨等による災害履歴等があれば調べておくことも参考となる。

基礎立ち下げとして直接基礎（深基礎）杭基礎、あるいは地盤改良工法の設計を行うためには、その支持地盤となる部分の深さを事前に把握しておく必要がある。その上で、深基礎をどのレベルの地盤で支持させるか、また杭基礎等をどの深さまで貫入するかを決め、設計をすすめなければならない。

そのような意味で、調査は、設計前の段階で実施する必要がある。ただし、建替え等の事情により、事前に調査出来ない場合は、着工前に実施するものとする。その場合は、設計の段階では、近隣のデータ及び現地の状況等により地層分布を仮定する。

また本来、その計画敷地の地盤調査を行うことが原則だが、隣接地の標準貫入試験等の既存資料があり、かつ近隣の地形の状況により支持層等に変化がないことがほぼ確認出来る場合は、その標準貫入試験等の既存資料を参考とする方法でもやむを得ない。

調査深さは、がけの安定角度線以深の位置で支持層となりうる地盤を、層厚を含めてN値等により確認することが必要である。

また調査位置は、その敷地を含めた当該がけの断面的な土質分布を把握するために、建築物の配置計画にしたがって、がけに近接した部分からがけ断面方向に複数箇所設定する。

ア ボーリング調査及び標準貫入試験

ボーリング調査に伴い実施される標準貫入試験は、実績も多く、広く用いられている動的貫入抵抗試験で、635Nの錘を75cmの高さから自由落下させて、30cm貫入させるのに必要な打撃回数を、通常1mおきにN値として記録するものである。（図-3）

対象土質は軟弱な粘性土から砂質土まで幅広く、貫入能力が高く玉石などを多く含む砂礫地盤や岩盤などを除いて、あらゆる土質に適用することが出来る。またサンプリングにより、土試料を採取し、土質標本から土質をおおまかに判別することが出来、更に各種土質試験を行うことにより、詳細な土質性状を把握することが可能である。

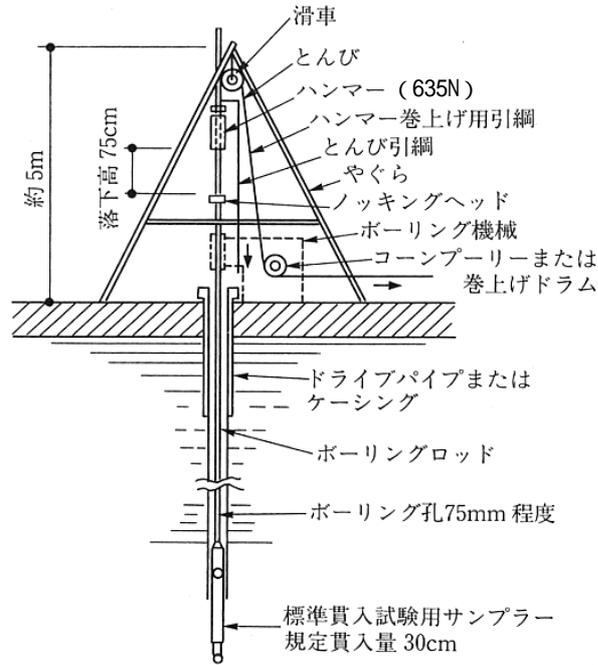


図 - 3 標準貫入試験略図

1 SWS 試験

SWS試験は、先端にスクリューポイントを取り付けたロッドの頭部に、250Nごとに4段階で1,000Nまでの荷重を加えて自沈層の判別を行う。貫入が止まったらハンドルに回転を加えて地中にねじ込み、25cmごとに1m相当の半回転数 N_{sw} として測定するものであり、木造2階建程度の小規模な建築物の地盤調査方法として一般的になっている。(図 - 4)

最近、手動式の他に省力化や迅速化などを目的として自動式装置が開発されており、ロッドの継ぎ足し以外の荷重制御や記録を自動で行う「全自動式」から、ロッドの支持や回転トルクを機械に頼り、他は手動と同等に制御する「半自動式」等がある。

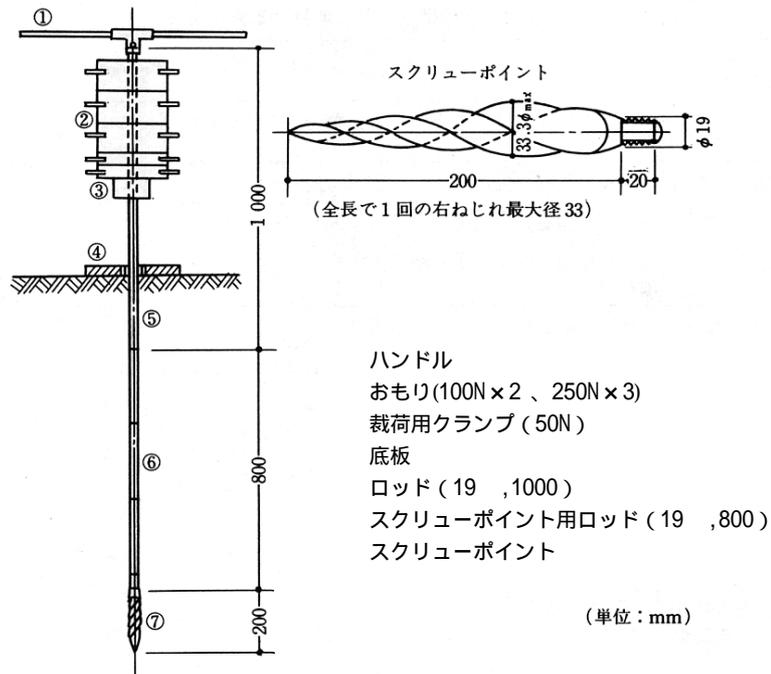


図 - 4 スウェーデン式サウンディング試験機具

本来 SWS 試験は、比較的軟らかい地盤を対象として、地盤の硬さや締まり具合、自沈層の確認等を行い、対策工を検討するための予備調査、または標準貫入試験の補足的調査として、利用価値の大きい試験方法である。

しかし、近年戸建住宅等の地盤調査の多くは、SWS 試験で行われることが多く、切土盛土後の造成地等でも、SWS 試験さえ実施すれば、その地盤の評価をすべて出来るとして建設してしまい、不同沈下等の障害が生ずることもある。また、特に以下のようなケースでも、SWS 試験による調査が不適切となる場合があるので注意しなければならない。

(ア) 硬く締まった表層地盤、または中間層のある地盤の場合

ロッドの貫入が不能となり、その下部の地層の確認が困難となる。

(イ) コンクリートガラ等が混入している盛土層が存在する場合

ロッドの貫入が不能となるケースや、摩擦抵抗から測定値が大きく記録されるケースがあり、調査結果の信頼性が低下することが多い。

また SWS 試験の場合、調査深度が深くなるに従い信頼性が低下する傾向があり、精度的な限界は 10m 程度とみなされている。従って、深さ 10m 程度以深にも自沈層等の軟弱層が存在するようなおそれがある地盤の場合は、標準貫入試験等によることが望ましい。

SWS 試験は硬い締まった地盤に達すると貫入不能となり、その下部の地層の確認が困難となってしまうことから、杭の支持層を確認するためには、限界があるので標準貫入試験等によることが望ましい。

その他の地盤調査方法としては、標準貫入試験や SWS 試験ほど普及はしていないが、オートマチックラムサウンディング試験（動的コーン貫入試験）（以下「SRS 試験」という）あるいは、ミニラムサウンディング試験（以下「小型 SRS 試験」という）等がある。

平 13 国土交通省告示（以下「国交告」という）第 1113 号第 1 では地盤の許容応力度及び基礎杭の許容支持力を求めるための地盤調査方法が、10 通りに限定されている。木造 2 階建住宅等の法第 6 条第 1 項第 4 号に掲げる建築物では、別途の考え方もありうるが、この規定に準じて検討することが一般的である。標準貫入試験及び SWS 試験も、その 10 通りの中の一つの調査方法となっている。

そのような意味では、告示に規定されている調査方法ではないので、告示を前提とした場合には参考資料ということになるが、SRS 試験あるいは小型 SRS 試験等により調査する方法も考えられる。

SRS 試験は、標準貫入試験と等価な動的貫入試験として導入されたもので、SWS 試験に比べ貫入能力が高く、杭の支持層を確認するための地盤調査方法として有効な調査方法と言える。

また、小型 SRS 試験は、SRS 試験の打撃エネルギーを 1/2 に小型化した動的貫入試験装置であり、簡便に杭の支持層を確認することが可能である。

- (2) 地盤調査の結果から、地盤、改良地盤の許容応力度、杭の許容支持力、または地盤改良体の許容鉛直支持力を算出する。以下に標準貫入試験、SWS 試験から地盤の許容応力度、杭の許容支持力を算出する方法を説明する。{ 地盤改良〔浅層混合処理工法〕については第 7 章、地盤改良〔深層混合処理工法〕については第 8 章を参照 }

ア 標準貫入試験等から求める許容応力度

(ア) 深基礎とする場合

基礎下の地盤の許容応力度（ q_a ）を求める必要がある。標準貫入試験の結果から得られる N 値により地盤の許容応力度（ q_a ）を定める方法は、平 13 国交告第 1113 号第 2 の表中(2)項によることが出来る。

地盤の粘着力 (C) 及び内部摩擦角 () については、三軸圧縮試験 (C、) または一軸圧縮試験 (qu) 等の土質試験によることが望ましい。

土質試験によらず、標準貫入試験による N 値より推定する場合は、次の式が参考になる。詳しくは、「横浜市建築構造設計指針 2003 年」(以下「横浜市構造設計指針」という)を参照のこと。

a 粘性土の場合

$$qu = 12.5N \left(C = \frac{qu}{2} \right) \quad = 0 \text{ とする。}$$

qu : 一軸圧縮強度 (kN/m²)

ただし N > 1 かつ qa > 100kN/m² とする (qa > 100kN/m² の時は、載荷試験を行うこと)。

b 砂質土の場合

N < 10 のとき

$$C = 0 \quad \phi = \sqrt{20N} + 15^\circ \text{ (大崎式)} \quad = 18 \text{ (kN/m}^3\text{)} \text{ とする。}$$

φ : 内部摩擦角

N > 10 のとき

qa > 10N

(1) 杭基礎とする場合

杭先端地盤の N 値の平均値により、平均 N 値 : \bar{N} を算出する。この \bar{N} を用いることにより、杭の許容支持力を算出することが出来る。なお、杭における平均 N 値の対象となる範囲、 \bar{N} の上限値及び下限値、及び許容支持力算定式は、平 13 国交告第 1113 号によることが望ましい。(法第 6 条第 1 項第 2 号又は第 3 号に掲げる建築物の場合は、平 13 国交告第 1113 号による。また認定杭等の場合は認定等の条件による。...「認定杭等」については、P28 第 6 章参照)

イ SWS 試験から求める許容応力度

木造 2 階建程度の小規模な建築物の場合、前述したように地盤調査の方法としては、SWS 試験によることが一般的になっている。SWS 試験により、基礎下の地盤の許容応力度 (qa) を算出する場合には、前述の特性に留意した上で慎重に対応する必要がある。

SWS 試験の結果をもとに基礎下の地盤の許容応力度 (qa) を求めるには、平 13 国交告第 1113 号第 2 の表中(3)項の式を利用することができる。

$$\text{長期許容応力度 : } qa = 30 + 0.6 \bar{N}_{sw} \quad (\text{kN/m}^2)$$

$$\text{短期許容応力度 : } qa = 60 + 1.2 \bar{N}_{sw} \quad (\text{kN/m}^2)$$

\bar{N}_{sw} : 基礎の底部から下方 2m 以内の距離にある地盤の SWS 試験における 1m あたりの半回転数 (150 を超える場合は 150 とする) の平均値 (回)

SWS 試験では、試験に携わる者により土質の判断等が異なることや、手動と電動による試験での結果に差が生じること等から、原則として qa > 100kN/m² とする。(横浜市構造設計指針 2 - 2 - 3 より)

また盛土地盤等沈下が問題となるケースを想定し、基礎底部より下方 2m までの間に載荷した荷重 (W_{sw}) が 1kN以下で自沈する層が存在する場合、または基礎底部より下方 2mから 5mまでの間に W_{sw} が 0.5kN以下で自沈する層が存在する場合は、沈下等に対する検討が義務づけられている。

(平 13 国交告第 1113 号第 2)

したがって、SWS 試験により地盤の許容応力度を評価する場合には、少なくとも基礎底部より下方 5m 程度までの調査が必要となる。

なお、杭基礎とする場合は、平 13 国交告第 1113 号からも、標準貫入試験の結果から得られる N 値によることが望ましい。(認定杭等の場合は認定等の条件による。)

やむを得ず、稲田式等 SWS 試験から N 値への換算式を使用する場合は、その地域の土質に応じた標準貫入試験との相関性を十分確認した上で、SWS 試験結果と N 値との相関性にバラツキが大きいことについても十分配慮する必要がある。(図 - 5 参照)

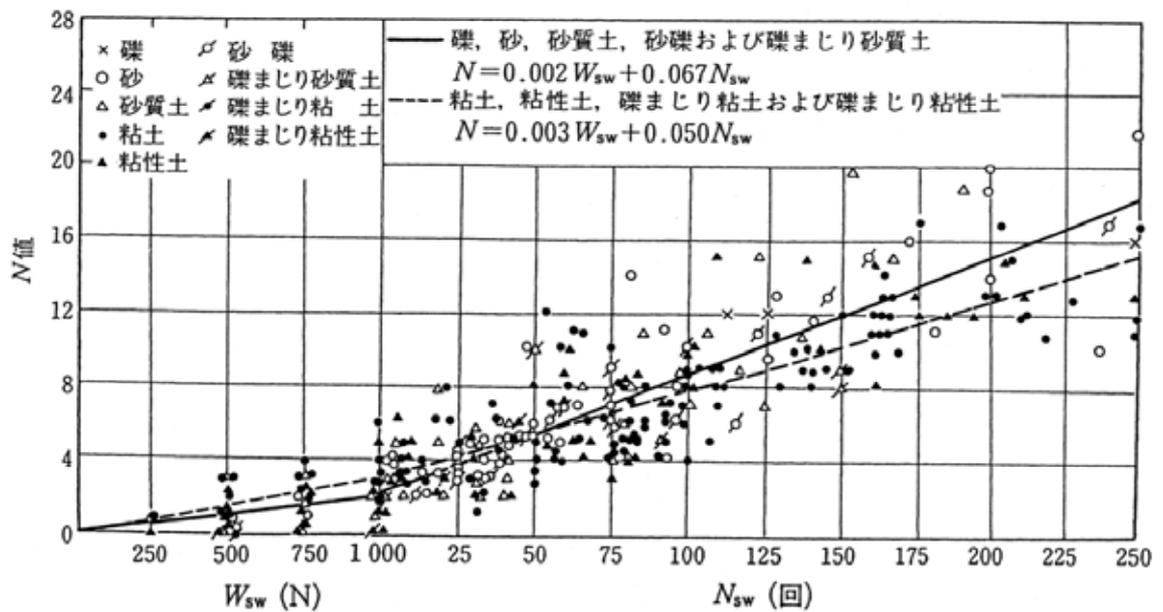


図 - 5 N値と W_{sw} 、 N_{sw} との関係(「稲田倍穂：スウェーデン式サウンディング試験結果の使用について」に加筆修正)...「地盤調査の方法と解説」(社)地盤工学会より

SWS 試験では土試料の採取が困難であるため、土質の判定を行いにくい。

本来は、様々な観点から土の成分や性質を分析し、地盤の強さを総合的に評価すべきであるが、便宜的な判定方法を以下に示す。

- ・ 現地踏査による、敷地周辺の地形や水路、隣地との高低差などの観察結果により、地盤の強さを推定できる場合があるため、参考資料として利用する。
- ・ SWS 試験において「砂質土」の場合は、ハンドルを回転させながらロッドを貫入させると、ハンドルを介して「シャリシャリ」とか「ジャリジャリ」という感触や音が伝わることがあり、土質を判定する際の手掛かりとなる場合がある。
- ・ 地形と土質には密接な関係があることから、市内各図書館にある「明治前期・昭和前期横浜都市地図」等を参照し、昔からの地形の変遷を把握することにより、判別を行うことができる。

図 - 6 に同地図から、昔の地形図の一例を示す。

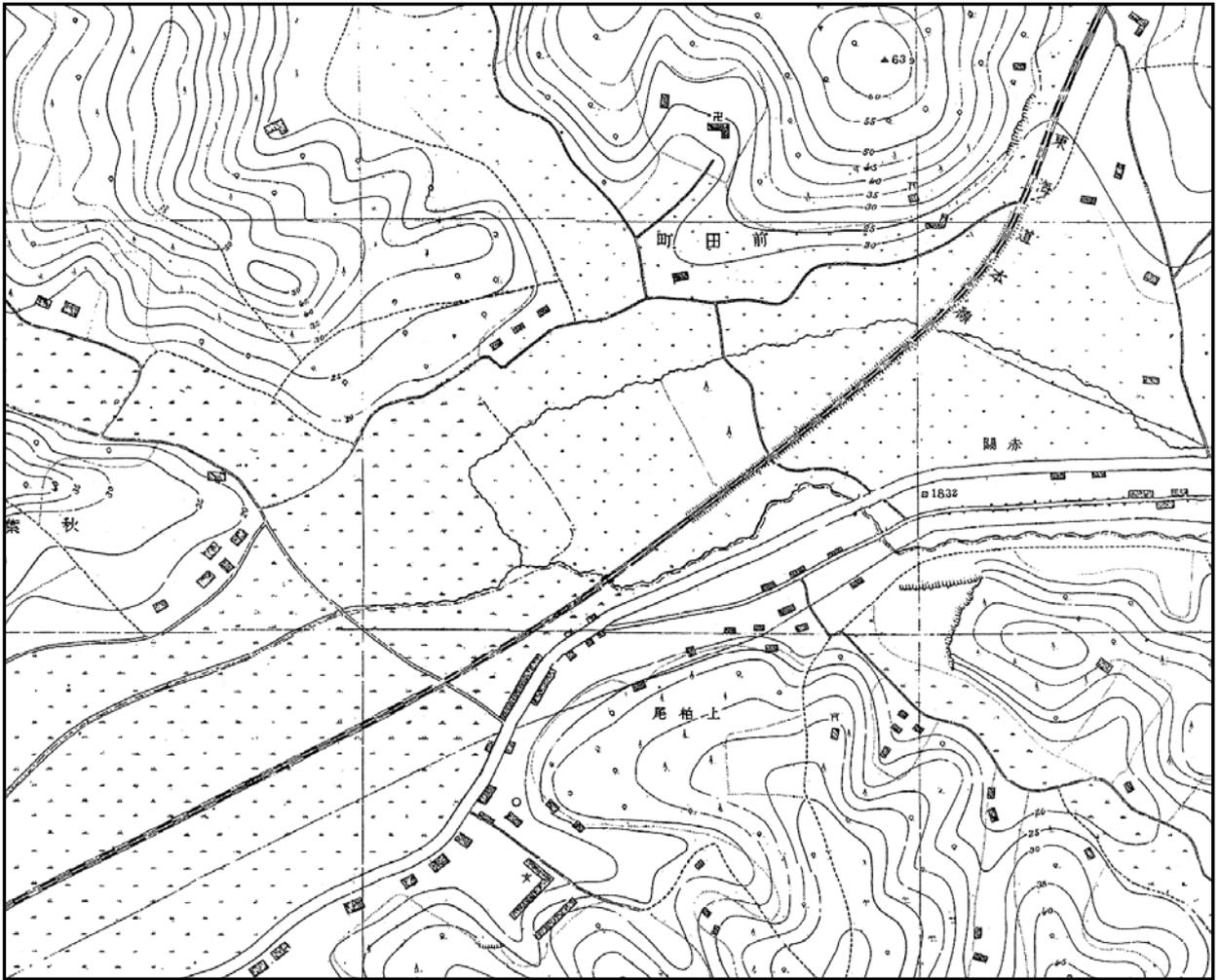


図 - 6 「明治前期・昭和前期横浜都市地図」より

(3) 斜面地に近接して建設する場合の地盤の許容応力度の低減

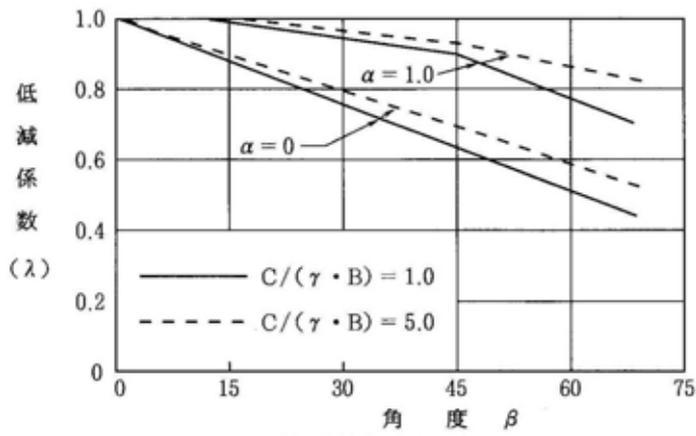
上記の他、自然がけに近接して直接基礎を設ける場合は、平地の場合に比べ地盤の許容応力度が低減されることが「斜面地指針」に示されている。低減の度合は砂質地盤において特に著しい。具体的には、「斜面地指針」中の5.3「斜面上の直接基礎の支持力」の中で、斜面の影響を受ける基礎の許容鉛直支持力として平らな地盤の許容応力度と傾斜地盤の許容応力度の比()が示されている。

従って、直接基礎(深基礎)地盤改良により基礎立ち下げをする場合には、立ち下げ部分の直下の地盤の許容応力度は に配慮して算定するものとする。(図 - 7)

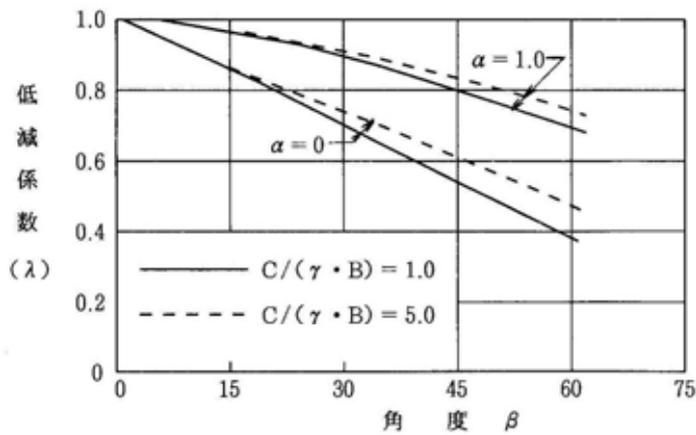
既存擁壁の場合は、擁壁構造体による押さえ効果により自然がけに比べ許容応力度の低減の度合が減るとも考えられるが、擁壁種別、『既存擁壁外観チェックシート』の結果等を参考として、必要に応じ低減する。

$$Q_{as} = Q_a$$

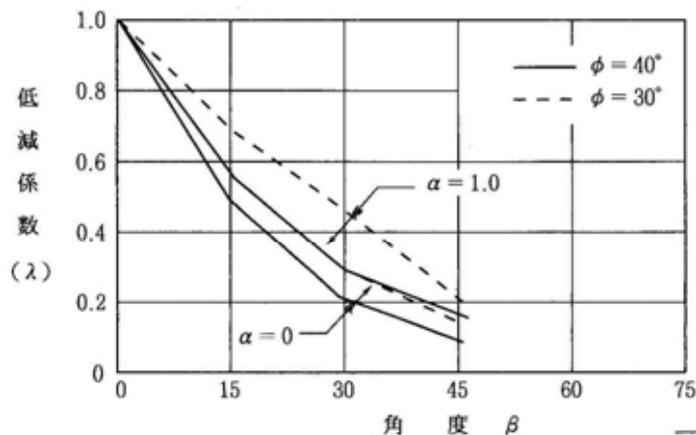
- ここに、 Q_{as} : 斜面の影響を受ける基礎地盤の許容応力度
 : 斜面の影響による地盤の許容応力度の低減係数(図 7)
 Q_a : 基礎地盤の許容応力度



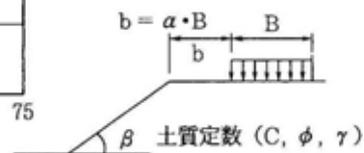
(a) 粘性土 ($\phi = 0$)



(b) 粘性土 ($\phi = 10^\circ$)



(c) 砂質土 ($C = 0.5 \text{ t/m}^2$)



- B : 載荷幅 (m)
- β : 斜面勾配
- α : 斜面肩幅/基礎幅
- C : 土の粘着力 (t/m^2)
- ϕ : 土の内部摩擦角 ($^\circ$)
- γ : 土の単位体積重量 (t/m^3)

図 - 7 斜面の影響による地盤の許容応力度の低減係数の計算図表(「斜面地指針」より) はがけの安定角とする。