

第1章 坑外保安と基礎知識

第1節 自然災害と環境

1 雨

(1) 降水量

降水とは、大気中を落下しかつ地表面に達する液体または固体の水物質の総称である。降水の形態には、霧雨、雨、雪、あられ、ひょう、氷晶、凍雨などがある。霧、露、霜、樹氷などは、大気中を落下しないので降水とは呼ばない。第1章 坑外保安と基礎知識

降水量は、ある時間内に水平な地表面または地表の水平投影面に落下してたまった水の深さで定義され、通常はmm単位で表わす。雪、あられ、ひょうなどの固形降水の場合には、溶けた水の深さで表わす。時間の長さを示す場合には10分間降水量、1時間降水量、日降水量等があり、また任意の24時間降水量も算出されている。降水量の観測には、内径20cmの受水口を持った雨量計が使用される。

年降水量は地域の降水量の大小を比較する時に用いられ、我が国の年平均降水量は、九州、四国の南部および紀伊半島が多く、2,000～3,000mm、九州西北部および日本海沿岸、1,500～2,000mm、東海、関東地方が1,500mm前後、瀬戸内海沿岸、甲信および東北地方東部では1,000～1,500mm、北海道は1,000mm前後である。

月降水量は、その土地の季節的な降水量の変化を示すもので、我が国では一般に6月から10月の間が多い。日降水量や1時間降水量は、洪水の流量を想定する場合に主要な資料となる。

鉱山の捨石鉱さいたい積場の建設基準によれば、場外水と場内水排除施設は、少なくとも100年に1回、非常排水路にあつては少なくとも200年に1回あると考えられる最大降水量を用いる。

(2) 洪水量

洪水の直接原因は主に降雨であり、台風、低気圧、不連続線などに伴う降雨が洪水をひき起こす。局所的な気流性豪雨に原因する洪水も、しばしば問題となる。

河川工事や水路工事を行う場合には、その地点の洪水量を考慮に入れて設計・施工する。洪水量の算定には、雨量による方法、流量曲線による方法、比流量による方法、実測による方法などがある。雨と流出量との関係は、一般に次式によって表わされる。

$$Q = \frac{1}{3.6} f \cdot r \cdot A \cdots \cdots (1.1)$$

ただし、 Q ：最大計画雨水流出 [m³/s]

f ：流出係数

r ：洪水到達時間の平均1時間降水量 [mm/h]

A ：流域面積 [km²]

洪水到達時間の平均1時間降水量 r の求め方

河谷集水区域の最上流点から、流量を推定しようとする地点までの水平距離を l m, 落差を h m とすれば、平均勾配は h/l となる。そのとき洪水の到達速度 w は、

$$w = 20 [h/l]^{0.6} [\text{m/s}] \dots\dots\dots (1.2)$$

で表わされる。従って、最上流点より流量を推定しようとする点まで到達するのに費やす時間、すなわち到達時間 t が

$$t = l/w [\text{s}] \dots\dots\dots (1.3)$$

として得られる。この到達時間 t より r を求めるには、時間降水量というものがある場合にはそれから求めることができるが、この曲線がない場合には、日降水量 r_{24} をもとにして次式で計算する。

$$r = r_0 (24/t)^{2/3} \dots\dots\dots (1.4)$$

ただし $r = r_{24}/24$: 日雨量の平

r_{24} : 日雨量 [mm], t : 日

表 1.1 流出係数 f の値

流出係数 f の求め方

f 値は従来の経験値から求める。
我が国での河川洪水時の f 値を、
表 1.1 に示す。

捨石鉱さいたい積場の基準は
0.8 以上である。

2 雪

(1) 雪荷重

新鮮な雪の重量は約 150 kg/m^3 であるが、降雪後数日を経て密度が大きくなると3倍程度になり、また水で飽和されると5倍程度になることもある。雪の性質による質量の違いを、表 1.2 に示す。

構造物の雪荷重は、建築基準法施行令に定められており、多雪地区では積雪量 1 cm ごとに 30 N/m^2 以上、その他の地区では 20 N/m^2 以上である。

| 土 地 の 状 況 | f |
|-------------------|-------------|
| 急しゅんな山地 | 0.75 ~ 0.90 |
| 三紀層山丘 | 0.70 ~ 0.80 |
| 起伏のある土地及び樹林 | 0.50 ~ 0.75 |
| 平坦な耕地 | 0.45 ~ 0.60 |
| かんがい中の水田 | 0.70 ~ 0.80 |
| 山 地 川 | 0.75 ~ 0.85 |
| 平地小河川 | 0.45 ~ 0.75 |
| 流域のなかば以上が平地である大河川 | 0.50 ~ 0.75 |

表 1.2 積雪高 1 cm に対する単位重量

| 雪 の 性 質 | 単位質量 [kg/m^2] |
|-----------|--------------------------|
| 新雪 { 乾き雪 | 0.1 ~ 2.0 |
| ぬれ雪 | 1.0 ~ 3.0 |
| 旧雪 { しまり雪 | 1.0 ~ 5.5 |
| ぬれて締まった雪 | 2.0 ~ 5.5 |
| ざらめ雪 | 3.5 ~ 7.0 |
| 凍り雪 | 4.0 ~ 9.0 |

3 風

(1) 気 圧

空気の重量によって一地点に起こる圧力を気圧といい、鉛直な大気柱の重量に等しい。温度0℃、高さ760mmの水銀柱が標準重量（ $9.80665 \times 10^{-3} \text{N}$ （ニュートン））、ほぼ緯度45度の海面上重力に等しい。）で、その底面の圧力を1気圧という。水銀の比重は13.596であるから、1気圧は101.3kPa（ $1.033 \text{kgf} / \text{cm}^2$ ）に相当する。なお、我が国では1992年から気圧単位を国際単位系に統一し、ヘクトパスカルを用いている。1ヘクトパスカルは $0.01 \text{N} / \text{cm}^2$ に等しく、1,000ヘクトパスカルは0.9869気圧である。

各地における観測気圧をすべて海面上の気圧に換算し、同一の気圧の点を地図上で連絡すれば、等圧線が得られる。等圧線を記入した地図を気圧配置図という。等圧線は自閉線となるのが通例で、高い部分の中心を高気圧の中心、低い部分の中心を低気圧の中心という。高気圧では、その中心より外部に向う気流を生じる。低気圧では、外部からその中心に向かう気流を生じ、しばしば大暴風雨を伴う。南洋方面に発生して我が国を襲う低気圧を台風と呼び、多くは我が国の南方海上で極度に発達し、本土に上陸すると衰弱して分裂するが、この際に暴風雨を伴って大きい被害を及ぼすことが多い。

(3) 風速と風圧

風は大気の流れで、方向と速度があり、風向きおよび風速という。風向は風上の方位によって東風、南東風などと区別し、風速は空気のほぼ平行な流れの速さで m / s 単位で表わす。風向と風速は、開けた平たんな地で、地上10mの位置で測り、単に風速というときは観測時前10分間の平均風速測定値を用いる。風速の観測には、我が国ではプロペラ形自記風向風速計を用いている。

風のために起こる圧力を風圧といい、風向きに直角な壁面に作用する風圧と風速との間には、

$$p = kv^2 \dots \dots \dots (1.5)$$

ただし p : 壁面1平方メートルに加わる圧力 [N / m^2]

v : 風速 [m / s]

k : 比例定数

の関係がある。実用では $k = 0.012$ とし、次式を用いる。これより、風圧は風速の二乗に比例する。

$$p = 0.012v^2 \dots \dots \dots (1.6)$$

暴風の場合、建物に実際に加わる圧力は建物の高さに大きな関係があるので、1971年に改正された建築基準法施行令第87条では、次式が定められた。

$$p = c \times q \dots \dots \dots (1.7)$$

ただし p : 風圧力 [kgf / m^2]

c : 風力係数 [断面形状によって示す係数 (0.4～1.0)]

q : 速度圧 [kgf/m²]

この速度圧 q は、次の式による値を標準とする。

$$\begin{aligned} q &= 60\sqrt{h} & : h \leq 16\text{m} \\ q &= 120\sqrt[3]{h} & : h > 16\text{m} \cdots \cdots \cdots (1.8) \end{aligned}$$

ただし h : 地盤面からの高さ [m]

(1.8) 式は、昭和9年室戸台風の際の室戸岬における風速の測定値を基準とし、かつ風速が高さの四乗根に比例するという仮定から算出された。通常この式から求めた値は、過大となる場合が多いため、建物の設計時には、建築基準法施行令に基づく告示で、低減措置が定められている。

なお、本法令は2000年に大幅に改正され、速度圧 q は地区ごとに細かく定められた基準風速 v_0 等を使用する等、実体を反映したきめ細かい規則となっている。

4 地 震

(1) 地震の発生

日本は世界でも有数の地震国であり、古来より繰り返し地震被害を被ってきた(表1.3参照)。近い将来、東海地震や首都圏直下型地震の発生が確実なものとして、種々の対応が迫られている。

地震は地殻上層面(プレート)の移動などにより地球の内部に蓄えられた歪エネルギーが、岩石の破壊により断層運動として解放されるために生じるものであるという考え方が定着している。このようなプレートの運動論を「プレートテクトニクス」と呼び、この理論を裏付ける地殻表面の動きが観測されている。日本周辺には、太平洋プレート、フィリピン海プレート、ユーラシアプレートがあり、太平洋プレートやフィリピン海プレートがユーラシアプレートの下へもぐり込むことにより、多くの地震が発生している(図1.1参照)。さらに、日本海中部地震や北海道南西沖地震の発生から、破線で示されるような北米プレートとユーラシアプレートとの境界の存在も議論されている。

(2) 地震波と耐震設計

発生した地震波がどのような現象を引き起こすかということ念頭において、その防災対策を請じる必要がある。ここでは、構造物の耐震設計に的を絞って記述する。

地震現象を構成する要素は、震源、基盤、表層地盤、建物、お

表 1.3 近年発生した主な地震

| 年 | 地 震 名 |
|------|----------|
| 1923 | 大正関東地震 |
| 1964 | 新潟地震 |
| 1968 | 十勝沖地震 |
| 1978 | 宮城県沖地震 |
| 1983 | 日本海中部地震 |
| 1993 | 釧路沖地震 |
| 1993 | 北海道南西沖地震 |
| 1995 | 阪神・淡路大震災 |
| 2011 | 東日本大震災 |



図 1.1 日本周辺の地殻プレート

よび建物内の機器類に大別される。それぞれの要素で、次のような現象が生じる。建物および機器類の耐震化を考える上で、これら現象の一連の流れを把握し、耐震設計に反映させる。

震源 地震波の発生（地殻の破壊：断層）

基盤 地震波の伝達

表層地盤 地震波の増幅、地盤の破壊（塑性化、液状化）

建物および機器類 地震波の増幅（応答）、建物および機器類の破壊

第2節 材 料

1 セメント

(1) 種類・製法

日本工業規格では、セメントの種類を、次のように区分している。このうち、特にポルトランドセメント、高炉セメントおよびフライアッシュセメントが主要である。

| | | |
|-----------------|---|--|
| ポルトランドセメント…………… | { | 早強ポルトランドセメント 普通ポルトランドセメント 中庸熟ポルトランドセメント |
| 混合セメント…………… | { | 高炉セメント（A，B，Cの3種） シリカセメント（A，B，Cの3種） フライアッシュセメント（A，B，Cの3種） |
| 特殊セメント…………… | { | 白色セメント カラーセメント アルミナセメント，など |

① ポルトランドセメント

石灰石と粘土とをあらかじめ微細に砕き、これを適当な割合（大体4：1）で混ぜて、ロータリーキルンで焼き（1,450℃）クリンカを製造する。このクリンカに3%以下の石こうを加えて微粉砕したものがポルトランドセメントで、水で練ると水和反応を起こし、水中で硬化する。

② 高炉セメント

クリンカに、急冷した鉄溶鉱炉のスラグを加えたもので、スラグの混合量によってA・B・Cの3種に区分される。一般に、高炉セメントの短期強度はポルトランドセメントよりも低い。しかし、4週間程度経過すると、普通ポルトランドセメントと同程度かそれ以上の強度になる。

海水に対する抵抗性が優れていること、水和反応によってできた組織がち密であることなどの特性があるため、主に土木用に使われる。

③ シリカセメント

クリンカにシリカ分の多い粘土、けい酸白土類などを混ぜたものである。高強度発現までに比

較的長期間を要するが、耐久性に優れており、耐薬品性を必要とする化学工場などに用いられる。

④ フライアッシュセメント

クリンカにフライアッシュを混合したものである。混合量によってA・B・Cの3種に区分される。フライアッシュは、火力発電所などの煙突排気などから回収される石炭焼じん中のけい酸質微粉である。フライアッシュセメントは比較的少ない練り混ぜ水量で、流動性が良く、打ち込みやすいコンクリートができる。また、水和熱が低く、乾燥収縮が小さくできるという優れた特性があるので、ダムのようなマス（大量）コンクリートの建造に使われる。

2 石材・骨材

(1) 石 材

石材は、耐久性に富み圧縮強度が大きいという長所があるが、重くて質がもろく、大材が得がたく、また加工が困難という短所を持つ。

日本工業規格では、石材を次のように分類している。

岩石の種類 花こう岩類、安山岩類、砂岩類、粘板岩類、凝灰岩類、大理石、じゃ紋岩類

形 状 角石、板石、間知石、割石

物理的性質 硬石、準硬石、軟石（表1.4参照）。

石材の物理的および力学的性質の例を、表1.5に示す。

(2) 骨 材

砂・砕砂や砂利・砕石

のことを総称して骨材という。骨材は、コンクリートの骨格（約70%）をなす。その役割としては、コンクリートのすりへりなどに

対する抵抗を増すこと、コンクリートの乾燥収縮による体積変化を小さくさせること、などがある。なお、アルカリ骨材反応^{注)}が生じ 第1章 坑外保安と基礎知識 因となる除塩していない海砂などの使用は、コンクリートの劣化に繋がるので注意が必要である。

注)アルカリ骨材反応：骨材中のシリカとセメント中のアルカリ分が反応・膨張し、コンクリートをひび割れ破壊させる現象である。

コンクリート用砕石の日本工業規格は、A 5005に示されており、その要点を述べる。

① 原石は玄武岩、安山岩、硬質砂岩、硬質石灰岩、またはこれに準ずる石質を有する岩石である。

表 1.4 石材の区分

| 種 類 | 圧 縮 強 さ (MPa (kgf/cm ²)) | 参 考 値 | |
|-------|---|------------|-------------------------------|
| | | 吸水率 (%) | 見掛比質量 (g/cm ³) |
| 硬 石 | 49 { 500 } 以上 | 5未満 | 約 2.7~2.5 |
| 準 硬 石 | 49 { 500 } 未満 | 5以上 | 約 2.5~2 |
| | 9.8 { 100 } 以上 | 15未満 | |
| 軟 石 | 9.8 { 100 } 未満 | 15以上 | 約 2未満 |

表 1.5 石材の性質

| 岩 種 | 熱膨張係数 (×0.0000001) | 乾燥収縮 (%) | 吸湿膨張 (%) |
|----------|--------------------|-------------|-------------|
| 花 ough 岩 | 60 ~ 80 | 0.015 | 0.006 |
| 石 灰 岩 | 10 ~ 850 | 0.008 | 0.005~0.007 |
| 砂 岩 | 60 ~ 120 | 0.023~0.050 | 0.016~0.050 |

- ② 砕くとき薄っぺらな形状となるもの（片岩，片麻岩，粘板岩など），軟弱なもの（軟質砂岩，軟質凝灰岩，風化した岩石など），砕くとき結晶間にき裂を残す恐れのあるものは使用しない。
- ③ 碎石品質は，表1.6に適合する。
- ④ 粒度は，表1.7に適合する。

表 1.6 コンクリート碎石の品質

| | |
|-------------------|--------------------|
| 比 質 量 | 2.5 以上（ダム用 2.6 以上） |
| 吸 水 量 | 3 % 以下 |
| 安 定 性 | 12 % 以下 |
| すりへり減量（ロスアンゼルス試験） | 40 % 以下 |

- ⑤ 碎石粒形は，コンクリートの強度とワーカビリティに重要な影響を及ぼすため，実積率の値が55%以上とする。

実積率とは，ある容器の内に入った岩石（鉱石）の粒子が占める実際の容積をいい（図1.2参照），これに対し，岩石で占められていない部分（空気の部分）の比率を空隙率という。一般に，優良な碎石は実積率が59%を超え，不良碎石は53～52%以下である。

碎石の実積率測定には，気乾状態に乾燥した碎石から，20～10mmの粒24kg，10～5mmの粒16kgを採取混合して試料とする。次いで，JIS A 1110（粗骨材の比重および吸水率試験方法）に規定する方法で比重および吸水率を求め，JIS A 1104（骨材の単位容積質量および実積率試験方法）で規定された(1.9)式を用いて，単位容積質量を求める。

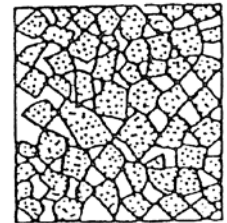


図 1.2 実積率の概念

$$\text{粒形判定実積率 (\%)} = (100 + q) \frac{\omega}{p} \dots\dots\dots (1.9)$$

ω : 単位容積質量 (kg/ℓ)

q : 吸水率 (%)

p : 表乾密度 (g/m³)

表 1.7 コンクリート用碎石の粒度規格

| <div><div><div>ふるいの^{注)} 呼び寸法</div><div>粒の大きさ の範囲(mm)</div></div><div>呼び方</div></div> | | ふるいを通るものの質量百分率 (%) | | | | | | | | | | |
|---|-------|--------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|-----------|----------|----------|
| | | 100 | 80 | 60 | 50 | 40 | 25 | 20 | 15 | 10 | 5 | 2.5 |
| 碎石 5005 | 50～ 5 | — | — | 100 | 95～ 100 | — | 35～ 70 | — | 10～ 30 | — | 0 ～ 5 | — |
| 碎石 4005 | 40～ 5 | — | — | — | 100 | 95～ 100 | — | 35～ 70 | — | 10～ 30 | 0 ～ 5 | — |
| 碎石 2505 | 25～ 5 | — | — | — | — | 100 | 95～ 100 | — | 25～ 60 | — | 0～ 10 | 0 ～ 5 |
| 碎石 2005 | 20～ 5 | — | — | — | — | — | 100 | 90～ 100 | — | 20～ 55 | 0～ 10 | 0 ～ 5 |
| 碎石 1505 | 15～ 5 | — | — | — | — | — | — | 100 | 90～ 100 | 40～ 75 | 0～ 15 | 0 ～ 5 |
| 碎石 8040 | 80～40 | 100 | 90～ 100 | 45～ 70 | — | 0～ 15 | — | 0 ～ 5 | — | — | — | — |
| 碎石 6040 | 60～40 | — | 100 | 90～ 100 | 35～ 70 | 0～ 15 | — | 0 ～ 5 | — | — | — | — |
| 碎石 5025 | 50～25 | — | — | 100 | 90～ 100 | 35～ 70 | 0～ 15 | — | 0 ～ 5 | — | — | — |
| 碎石 4020 | 40～20 | — | — | — | 100 | 90～ 100 | 20～ 55 | 0～ 15 | — | 0 ～ 5 | — | — |

注) これらのふるいは、それぞれ J I S Z 8801 (標準ふるい) に規定する標準網ふるい
101.6 mm, 76.2mm, 63.5mm, 50.8mm, 38.1mm, 25.4mm, 19.1mm, 15.9mm, 9.52mm, 及び
標準網ふるい 4,760μm, 2,380μm である。

3 木 材

(1) 種 類

木材は入手が比較的容易で加工性がよいので、土木建築関係の材料として広範囲に使用されている。
ただし、可燃性で腐朽しやすいことが大きい欠点である。

- ・ 構造材 ヒノキ、ヒバ、スギ、マツ等
- ・ 造作材 スギ、ヒノキ、マツ、サクラ、ケヤキ、ナラ、カシ等
- ・ 建具材 スギ、ヒノキ、ラワン等

また、外材として、ラワン、米ツガ、米ヒバ、米松等が輸入されている。

なお、材形による農林規格は、表1.8のとおりである。

(2) 性 質

一般に、木材の繊維方向の引張強度は圧縮強度より大きい、工法が困難であり、また節や繊維のねじれなどがあるため、引張材としてはあまり用いられず、柱のような圧縮材として使われている。また曲げ強度が大きく、けた材として広く使われる。

表 1.8 材形区分（農林規格による）

| 区 分 | 呼び方 | 寸法範囲 (cm) | 備 考 |
|-------------------------------------|----------------|--------------------------|---|
| 素 材 | 小 丸 太 | $d < 14$ | 足代、仮設小屋、化粧たるきなどに用いる。 |
| | 中 丸 太 | $14 < d < 30$ | 支柱、丸けた、化粧柱、地業ぐいなどに用いる。 |
| | 大 丸 太 | $d > 30$ | 主として製材の原木。 |
| | 小そま角 | $b < 14$ | 積み荷、運搬に便利のように、四周をオノではつり、 |
| | 中そま角 | $14 < b < 30$ | 大体方形にしたもの、主として製材原木であるが、 |
| | 大そま角 | $b > 30$ | 小、中のものは支柱、はりなどに用いる。 |
| 板 類 $t < 7.5$ cm $b \geq 4$ t | 板 | $t < 3, b \geq 12$ | 羽目、天井、野地、床などに用いる。 |
| | 小 幅 板 | $t < 3, b < 12$ | 目板、木ずり、羽目、ぬき、縁甲などに用いる。 |
| | 斜 面 板 | $b > 6$ | くさび形断面の材で、なげし、広小舞、下見などに用いる。 |
| | 厚 板 | $t \geq 3$ | たな板、家具、内のり材などに用いる。 |
| ひき割り類 | 正 割 り 平 割 り | $t < 7.5, b < 4t$ | 押し縁、さお縁、間柱、根太、たるき、敷居、かもしなどに用いる。 |
| ひき角類 | 正 角 平 角 | $t \geq 7.5, b \geq 7.5$ | 正角は正方形断面、平面は長方形断面、主として柱、はり、小屋材などの建造材に用いる。 |

注) 区分、寸法範囲の d は直径、 b は幅、 t は厚さを示す。

木材の繊維に直角な方向の強度は、繊維方向の強度の $1/5$ ないし $1/10$ しかない。従って、木材を使用する時には、繊維の方向と力のかかる方向とをよく確かめて使用しなければならない。

木材は常に乾燥しているか、あるいは、常に水中にある場合には腐朽しないが、湿潤気乾の状態にあるとすぐに腐朽する。従って、腐朽防止には、常に乾燥しておくことが大切で、それができない場合には、塩化亜鉛、クレオソートの注入などの防腐処理を行う必要がある。近年、白蟻による被害が多くなっており、白蟻防除の対策も講ずる必要がある。

木材の気乾材の強さおよび比質量は、表1.9のとおりである。

第3節 施工法

1 土 工

土木工事では、施工基面に従って、高い所を切り取って低くし、低い所に土を盛って高くする工事をするが、前者を切土、後者を盛土といい、これらを総称して土工という。

大型土工工事では、地山の土石の種類によって、地山土量、ほぐした土量（運搬土量）、締め固めた後の土量（できあがり盛土量）に変化があるので注意が必要である（表1.10参照）。

切土または盛土によってできる斜面を法という。法の勾配は、その土の安息角より小さくしなければならない。土の安息角は、土の種類、含水量によって大きな差があるので事前に調査する。特に排水については、施工中はもちろん、施工後の雨水・湧水に対して必要な排水溝あるいは施設を設け、かつ完全な状態で維持管理をするように努める。

表 1.9 日本産木材の強さ（N/mm²）

| 樹 種 | | 比重量 | 引張り | 圧 縮 | 曲 げ | せん断 |
|-------|-------|------|-------|------|-------|------|
| 針 葉 樹 | す ぎ | 0.39 | 43.8 | 39.2 | 56.4 | 5.1 |
| | ひ の き | 0.46 | 56.2 | 50.7 | 78.8 | 7.1 |
| | つ が | 0.52 | 56.7 | 53.5 | 63.4 | 8.1 |
| | くろまつ | 0.54 | 50.9 | 43.1 | 68.9 | 7.4 |
| | あかまつ | 0.53 | 56.3 | 50.5 | 72.8 | 5.8 |
| | えぞまつ | 0.41 | 48.0 | 35.1 | 57.1 | 5.8 |
| | ひ ば | 0.43 | 54.2 | 37.2 | 59.1 | 7.1 |
| 広 葉 樹 | ぶ な り | 0.53 | 85.7 | 47.8 | 93.4 | 9.6 |
| | く り | 0.50 | 58.6 | 34.6 | 57.0 | 6.3 |
| | あかがし | 1.06 | 119.5 | 50.2 | 109.1 | 11.8 |
| | け や き | 0.68 | 86.0 | 51.5 | 85.7 | 9.5 |
| | き り | 0.31 | 23.6 | 36.5 | 57.4 | |
| | | | | | | |

表 1.10 土量の変化率（％）

| 分 類 ・ 名 称 | | L | C |
|-------------|---------------|-------------|-------------|
| 岩 石 | 硬 岩 | 1.55 ～ 2.0 | 1.3 ～ 1.5 |
| | 中 硬 岩 | 1.4 ～ 1.7 | 1.15 ～ 1.4 |
| | 軟 岩 | 1.15 ～ 1.7 | 1.0 ～ 1.3 |
| コブル, ボールダ | 岩 塊 ・ 玉 石 | 1.1 ～ 1.15 | 0.95 ～ 1.05 |
| れき及びれき質土 | れ き | 1.1 ～ 1.2 | 0.85 ～ 1.05 |
| | れ き 質 土 | 1.1 ～ 1.3 | 0.85 ～ 1.05 |
| | 固結したれき質土 | 1.25 ～ 1.45 | 1.1 ～ 1.3 |
| 砂 及 び 砂 質 土 | 砂 | 1.1 ～ 1.3 | 0.8 ～ 1.05 |
| | 岩塊・玉石混り砂 | 1.15 ～ 1.2 | 0.9 ～ 1.05 |
| | 砂 質 土 | 1.1 ～ 1.3 | 0.8 ～ 1.0 |
| | 岩塊・玉石混り砂質土 | 1.4 ～ 1.45 | 0.9 ～ 1.0 |
| シルト及び粘性土 | 粘 質 土 | 1.2 ～ 1.4 | 0.8 ～ 1.0 |
| | れ き 混 り 粘 質 土 | 1.35 ～ 1.4 | 0.9 ～ 1.0 |
| | 岩塊・玉石混り粘質土 | 1.4 ～ 1.45 | 0.9 ～ 1.0 |
| | 粘 土 | 1.15 ～ 1.45 | 0.8 ～ 1.0 |
| | れ き 混 り 粘 土 | 1.3 ～ 1.4 | 0.9 ～ 1.0 |
| | 岩塊・玉石混り粘土 | 1.4 ～ 1.5 | 0.9 ～ 1.0 |

$$L = \frac{\text{ほぐした土量 (m}^3\text{)}}{\text{地山の土量 (m}^3\text{)}}$$

$$C = \frac{\text{締め固め後の土量 (m}^3\text{)}}{\text{地山の土量 (m}^3\text{)}}$$

なお、高さが高い場合には、中段に犬走りという小段（幅1～2m）を設けることが望ましい。

盛土の施工では、沈下防止のため、一層の盛土厚さを、30～60cmとし十分に締め固めをする。盛土の仕上げ天端は、施工基面に対して、盛土高さにより5～10%の余分の盛土（余盛）をするのが通例である。なお軟弱地盤では、土質試験による圧密沈下量推定、あるいは試験盛土による沈下量測定をし、余盛量を定める。

法面の保護は、災害防止の意味からも十分に配慮されなければならない。切土面の落石、崩壊を起こさぬように、また盛土法面は雨水の浸食や浸透に対しても安全なように、法面保護をしなければならない。法面保護工としては、セメント吹付工、芝付工、張石工などがある。

2 コンクリート工

(1) 概 説

コンクリートとは、セメント、水、細骨材（砂または砕砂など）、粗骨材（砂利または砕石など）および必要に応じて混和材料（ボゾラン、AE剤など）を構成材料とし、これらを練り混ぜて一体化したものである。モルタルはコンクリート材料のうち粗骨材を欠くものをいう。

細骨材は、9.5mmのふるい目を全部通り、4.75mmふるいを質量で85%以上通過する骨材をいい、大小粒が適度に混合されて標準の粒度範囲であって、有機不純物、ごみ、粘土など有害物を一定量以上含まないものを用いる。粗骨材は4.75mmふるいで、質量で85%以上留まる骨材をいい、大小粒が適度に混合され標準の粒度範囲内であって、薄い石片、細長い石片、有機不純物、塩化物など有害物を一定量以上含まない。

水は、油、酸、塩類、有機不純物、懸濁物などコンクリートおよび鋼材の品質に悪影響を及ぼす物質を含まないものを用いる。

コンクリート構造物は、現場で型枠、支保工を正確に組立て、コンクリート材料を正しく計量し、十分に練り混ぜ、施工時は入念な打込みを行い、打込み後の養生などに細心の注意と配慮を払う。現場では、比較的未熟練な労務者によって施工されることも多いので、コンクリート構造物の設計に当たっては、所要の要求事項を満たし、正しく施工できるよう配慮することが大切である。

(2) 配 合

コンクリートの配合とは、コンクリート材料のセメント（C）、水（W）、砂（S）、砂利（G）、混和材料の割合または使用量をいう（以下、土木学会の標準示方書に準拠する。）。

① 配合は、質量比によるのが原則である（小工事などの場合は、容積比で示してもよい。）

② 配合の示し方は、示方配合と現場配合がある。示方配合とは、示方書または責任技術者によって指示される配合をいう。現場配合は現場の骨材の表面水率並びに4.75mmふるいに留まる粗骨材の量、および4.75mmふるいを通る細骨材の量を試験し、示方配合を生コンクリートの計量方法に応じた現場配合に直したものである。

③ 配合の表し方（表1.11参照）

(3) 水・セメント比

水・セメント比とは、コンクリートのセメントペースト部分における水（W）とセメント（C）質量比（W/C）をいい、％で表す。

水・セメント比はコンクリートの強度、耐久性、水密性に大きな関係を持っている。水・セメント比の値を小さくするほど、強度は大きく、耐久性もよくなる。

表 1.11 コンクリート配合の表し方

| 粗骨材の 最大寸法 (mm) | スランプ の 範 囲 (cm) | 空 気 量 の 範 囲 (%) | 水セメン ト比W/C (%) | 細骨材率 S/a (%) | 単 位 量 (kg/m ³) | | | | | | |
|----------------------|-----------------------|-----------------------|----------------------|--------------------|----------------------------|------|-----|---------------|---------------|---------|-----|
| | | | | | 水 | セメント | 細骨材 | 粗骨材G | | 混 和 材 料 | |
| | | | | | W | C | S | mm 5 mm | mm 5 mm | 混和材 | 混和剤 |
| | | | | | | | | | | | |

(注) 1) ポズラン反応性や潜在水硬性を有する混和材を使用するときは、水セメント比は水結合材比となる。

2) 混和剤の使用量は、mlまたはgで表わし、薄めたり、溶かしたりしないものを示すものとする。

(4) 配合の決め方

コンクリートの配合は、所要の強度、耐久性および作業に適するワーカビリティをもつ範囲内で、単位水量をできるだけ少なくするように定める(表1.12参照)。ワーカビリティがよいコンクリートとは、まだ固まらないフレッシュコンクリートで、打込みに際して型枠のすみずみまで容易に行きわたり、締め固めやすく、材料の分離が少ない。

表 1.12 コンクリートの耐凍害を基として水・セメント比を定める場合のAEコンクリートの最大の水・セメント比(%)

| 気象条件 断面 構造物の 露出状態 | 気象作用が激しい場合又は、凍結融解がしばしば繰返される場合 | | | 気象作用が激しくない場合、氷点下の気温となることがまれな場合 | | |
|----------------------------|-------------------------------|-------|------|--------------------------------|-------|------|
| | 薄い場合 | 普通の場合 | 厚い場合 | 薄い場合 | 普通の場合 | 厚い場合 |
| (1)連続してあるいはしばしば水で飽和される部分 | 55 | 60 | 60 | 55 | 65 | 65 |
| (2)普通の露出状態にあり、(1)に属さない場合 | 60 | 65 | 65 | 60 | 70 | 70 |

注) 薄い場合とはコンクリート断面の厚さが20cm以下のものである。

コンクリートの配分を決める手順は、

- ① コンクリート設計基準強度と現場のコンクリート品質「バラツキ」を考慮し配合強度を決める。
- ② 気象条件の厳しさ、水で飽和される部分、露出状況 水密性、構造物の大きさなどの耐久性を考えて水・セメント比を決める。圧縮強度と水・セメント比の関係は原則として試験によって定める。試験を行わない場合、普通ポルトランドセメントで混和材料を用いないときは、簡便的にセメント (C) / 水 (W) と σ_{28} (材齢28日のコンクリート圧縮強度) との関係式 $\sigma_{28} = -210 + 215 \text{ C/W}$ を用いて推定してもよい。
- ③ 単位水量 (フレッシュコンクリート 1 m^3 を造るときに使用する水量) は作業が容易な範囲で、できるだけ少なくするように、試験によって定める。
- ④ 単位セメント量は、単位水量と水・セメント比から定める。
- ⑤ 細骨材率 [細骨材量 (s) と骨材全体 (a) との絶対容積比を百分率で表したもの (s/a)] は、所要の打込作業が容易な範囲内で単位数量が最小になるように、試験によって定める。

(5) コンクリートの施工

1) 練り混ぜ

練り混ぜ時間は、重力式ミキサでは1分30秒以上、強制練りミキサでは1分を標準とする。

2) コンクリート打込み

コンクリートは、材料の分離およびフレッシュコンクリートの品質に支障のない方法で、速やかに運搬し、直ちに打込み、十分に締固める。練り混ぜてから打ち終わるまでの時間は、温暖で乾燥している大気中で1時間、低温で湿潤な大気中でも2時間を超えてはならない。また、少しでも固まったコンクリートは使用しない。運搬中に分離を認めたものは、十分練り直して均質なコンクリートとして、打ち込む。雨天、荒天には、コンクリート工事を避けるが、やむを得ないときは、雨水がコンクリートの中に入らないようにする。

練固めには、原則として内部振動機を用い、十分に締め固め、鉄筋の周囲および型枠のすみずみにコンクリートを行きわたらせる。ただし、振動機のかけ過ぎは分離の原因となるので、注意すること。気温が4℃以下になるときは、保温、給熱を施すなど寒中コンクリートとして施工する必要がある。

3) 養生

コンクリート打込み後、低温、乾燥、急激な温度変化などコンクリートに有害な影響を受けないように管理し、十分養生しなければならない。養生日数は、責任技術者の指示による。また硬化中に振動、衝撃および過大な荷重を加えないようにする。

ポルトランドセメントを用いた場合、打込み後5日間は湿潤状態に保つことが肝要である。

3 基礎工

(1) 地耐力

構造物を支える地盤の地耐力は、上からかかる荷重より常に大きくなくてはならない。以下調査の結果、地耐力が不足する場合には、基礎拡張、地盤改良、杭基礎実施などの特殊基礎工が必要である。

- ・地盤状況の概要が判っている場合 調査によらない場合には、表1.13による（建築基礎構造設計基準）。ただし、許容地耐力の決定は、下部の地盤状況等を考慮して補正する。
- ・地盤調査を行う場合 最も代表的な方法に標準貫入試験がある。本調査では、ボーリング・ロットの先端に試料採取用のチューブ（外径51mm）を付けて、打撃貫入させて試料をとる。重すい（錘）は63.5kg、落下高さ75cmで、試料採取用チューブを30cm貫入させるに要する打撃回数Nを記録し、また採取チューブで引上げた試料を観察または土質試験サンプルに使用する。このN値から土のしまり具合、許容地耐力、杭の支持力推定など土の性質に関する種々の概要を知ることができる。
- ・載荷試験による場合 所定の試験板に、最大荷重（地盤の極限支持力または予想される長期設計荷重による応力の3倍）を加えて、その沈下の状況によって判断する。

表 1.13 長期許容地耐力（建築基礎構造設計基準）

| 地 盤 | 長期許容地耐力 | 備 考 | |
|-----------|---|---------|---|
| | (k N/m ² {tf/m ² }) | N 値 | q _u (N/mm ² {kgf/cm ² }) |
| 岩 石 | 980 { 100} | | 9.8 { 100} 以上 |
| 砂 盤 | 490 { 50} | | 9.8 { 100} 以上 |
| 土 丹 盤 | 294 { 30} | | 0.98 { 10} 以上 |
| れき 礫 層 | 密実なもの | | |
| | 密実でないもの | | |
| 砂 質 地 盤 | 密なもの | 30 ～ 50 | |
| | 中 位 | 20 ～ 30 | |
| | | 10 ～ 20 | |
| 粘土質地盤 | 非常に堅い | 15 ～ 30 | 0.245 { 2.5} 以上 |
| | 堅 い | 8 ～ 15 | 0.098 ～ 0.245 { 1.0～2.5 } |
| | 中位のもの | 4 ～ 8 | 0.049 ～ 0.098 { 0.5～1.0 } |
| 関東ローム | 堅いもの | 5 以上 | 0.147 { 1.5} 以上 |
| | やや堅いもの | 3 ～ 5 | 0.098 ～ 0.147 { 1.0～1.5 } |
| | 柔らかいもの | 3 以下 | 0.098 { 1.0} 以下 |

注) q_u : 軸圧縮強さ

(2) 地盤の改良

地盤改良の工法は種々あるが、主要なものは次のとおりである。

- ① 砂を軟弱な地盤の上に敷き、圧縮の荷重を加え、基礎となる地盤から間隙水を排出して、圧密を促進させるサンドマット工法
- ② 盛土の側方へすべりを防止する押え盛土工法
- ③ 不良部分の軟弱な土を除去して良質土と置換する除去置換工法
- ④ 軟弱な粘性土層の中に砂杭を打込み間隙水の排出を計るバーチカル・ドレーン工法
- ⑤ 計画高よりも余分に盛土し、圧密沈下後に所定の計画高さに仕上げるプレローディング工法
- ⑥ ゆるい砂質土などで、振動または衝撃によって砂柱を軟弱な地盤中に圧入して砂柱をつくるバイプロフローテーション工法およびサンドコンパクション工法
- ⑦ ゆるい砂質地盤内に火薬を格子状に配置して爆発させ、地盤を締め固める爆破振動練固め工法
- ⑧ その他、電氣的、化学的な土の硬化工法がある。