

7章 温度作用

7.1 一般

- (1)[REQ] 本指針は、構造物の外部ならびに内部の温度に起因する諸現象が、安全性あるいはその他の性能にかかわる影響を有する場合の、作用としての設定方法を提供する。
- (2)[REQ] 温度作用の構造物への影響は、構造物の支持条件や変形拘束度、材料の熱伝導率や比熱、線膨張係数などの物理定数、構造物の使用条件を考慮して、適切に条件を設定しなければならない。

【解説】

構造物の種類や使用方法によっては、温度の影響で安全性あるいは使用性に支障をきたす場合がある。単純に温度が上下したとしても、拘束が小さくて膨張収縮が自由であれば、ひずみが応力を伴うことはないが、それでも変形が使用性に影響を及ぼすことはあり得る。温度作用の議論を、構造物の特性と切り離れた作用因子の部分と、作用モデル・作用効果の部分に分けて論ずることは必ずしも容易ではないが、他の章と同様に記述していくこととした。

7.2 作用因子

- (1)[REQ] 温度作用の作用因子は、気温、日照条件、内容物の温度など、構造物外からの熱源である。
- (2)[REQ] 構造物に影響を及ぼす作用因子を適切に選択するものとする。そのため構造物の使用条件や、拘束条件の影響を考慮する。

【解説】

温度の影響で構造物に関係すると一般的に考えられているのは、

- (1) 気温
- (2) 地中温度
- (3) 水温
- (4) 構造物の温度
- (5) 内容物の温度
- (6) 構造物内に埋め込まれる配管の温度
- (7) 燃焼時の温度
- (8) コンクリートの施工直後の温度
- (9) 溶接などの施工時温度

などが挙げられる。この中で構造物と独立に扱う作用因子の性格を有するのは(1)～(3)の周辺環境、(5)～(7)の使用条件に依存する作用、(7)に含まれる事故的な作用などである。

(1)の気温は、構造物が施工された時点での条件と比較して、差のある気温のもとでは、拘束条件によって応力や変位の発生源となりうる。周辺気温は、構造物の位置の違い（場所、高度）、環境の違い（方位、上下面などの構造物の部位、日射の影響、天候）、時間の違い（年変化、日変化）などに影響されるので、考慮に入れる必要がある場合もある。

1章の基本方針で、温度作用を整理しているが、そこで気温の影響を扱う際に、当該構造物表面の熱流束（単位面積を流れる熱流＝エネルギー量）を考える方法も示している。この熱流束 q は、 $q = q_s + q_a + q_r + q_c$ で示される。ここに q_s は日射による放射熱量、 q_a は大気や地表からの放射熱量、 q_r は表面から周囲への再放射熱量、 q_c は大気による対流熱伝達である。ただし、構造物からの熱放射は、設計自由度に含まれる表面物性に依存する問題でもあるので、厳密に言えば、この方法は作用モデルに分類すべきであるかも知れない。

(2)の地中温度や(3)の水温（海、湖、河川、地下水）は、気温ほどには変動幅は大きくないものの、それでも時間や環境の影響を受けることがある。

(5)の内容物の温度は、原油、LNG、LPG、ガスなどのことが念頭にある。極低温のもとで構造物の脆性破壊が問題になるなど、温度が直接作用としてはたらくこと以外に、耐力低下の原因になることにも配慮が必要な場合がある。機械系構造物の原子炉容器などでは、内部の極高温への対処が大きな問題になるが、場合によっては、内容物の温度による作用は、主たる作用として設計状況を想定しなければならない。(6)の構造物内に埋め込まれる配管の温度（ヒーター・クーラー管面温度など）も、同様に必要に応じて考慮すべきである。

(7)の燃焼時の温度は、焼却炉、溶鉱炉など主たる作用として設計状況を想定するものに加え、火災などの事故によるものが考えられる。ゆえに場合によっては、偶発作用の一部としての対処が必要となることもある。

これらの中で、明確に構造物と独立に存在する作用因子と認識しうるのは、気温ぐらいであろう。むしろ構造物の使用目的、要求性能、拘束度などに依存して決まるものが多いので、それらに応じた適切な設定と処理が必要である。

7.3 作用モデル・作用効果

- (1)[REQ] 構造物の材料や構造上の特性、あるいは施工条件などに応じて発生する温度の影響も、必要に応じて作用モデルとして考慮しなければならない。
- (2)[REQ] 温度の作用因子を作用モデルにする際には、拘束により生じる温度ひずみを適切に表現できる力学モデルを用いることとする。
- (3)[REC] 構造物内部の温度分布を求めるのに、熱伝導解析を用いることができる。

この作用因子の原因となる現象は、構造物周辺の気温のほか、日照条件、内容物温度、構造材料自体の発熱など、様々なものが考えられるが、構造物の使用条件に応じて適切に選択することとする。

(3)[REC]作用因子としての温度を、当該構造物表面の熱流束のモデルで考慮してもよい。

【解説】

(1)について

7.2の解説に挙げた項目のうち、構造物の特性に依存するものは、作用モデルの中に位置づけるのが適切である。

日照、気温は作用因子であるが、例えば構造物の日射面と日陰面の温度差が、曲げ応力の原因になることがあることなどは、作用モデルとなる。気温の影響で構造物が一応に温度上昇するのは、違った作用効果をもつことに注意が必要である。7.2の解説における(4)の構造物の温度は、これらを総合的に述べたものである。熱流速の解析もここに利用できる。

コンクリートの施工直後の温度は、水和反応による発熱であり、特にダムや大型基礎などマッシュな構造物で問題になる。また施工時温度、特に溶接などの高温環境が問題になることもある。この作用効果を設計の中で厳密に追うことはまれであるが、座屈問題などにおいて、初期不整として耐荷性能の低下をもたらすことがよく知られており、「作用」の中に並列して記述することが適切であると考えた。

(2)について

一般論としては、支持・拘束条件を適切に

前節までに述べたように、温度作用は構造物の使用目的、要求性能、拘束度などに依存して決まるものが多い。状況に応じた適切な設定が必要であり、一般論を述べるのは困難である。

(3)について

構造物の構造物内部の使用目的、要求性能などからみて、温度作用への対処が重要な設計項目になることもある。その場合、構造物内部の温度分布を詳細に把握する必要があるが、これを求めるのに、1章の基本方針で示したように、材料の熱伝導率や比熱を考慮した熱伝導解析を用いることができる。

7.4 基礎データ

(1)[REC] 例えば、気温については気象台から、毎時、毎日、毎月、毎年、の、平年値（日、月、年）、あるいは極値のデータが入手できる。また理科年表などに記載された数値も有用である。

【解説】

気象庁のHPで公開されている、日最高・最低気温、年間日照時間の年平均値を参考までに付記する。平均値であるので、この図は設計への利用を意図したものではない。設計のためには、I編の付録2章に示す統計的手法による作用モデルの構築などの方法を利用して、必要な再現期間に対応した数値を求めていくことが必要である。

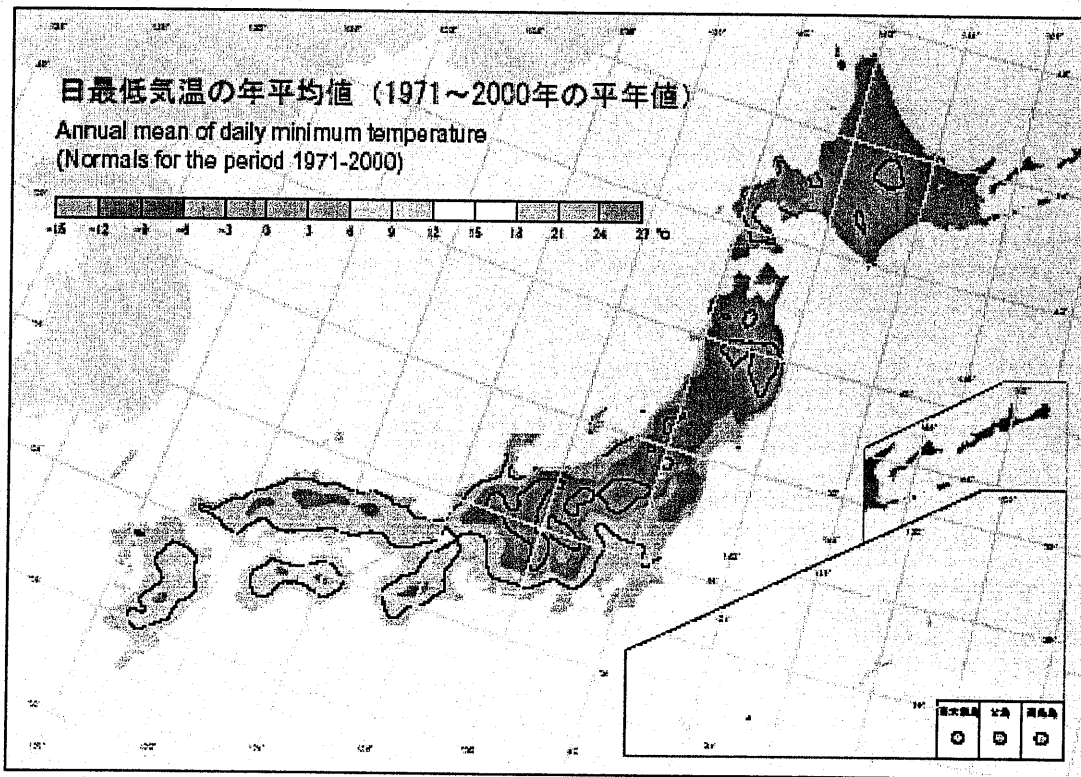
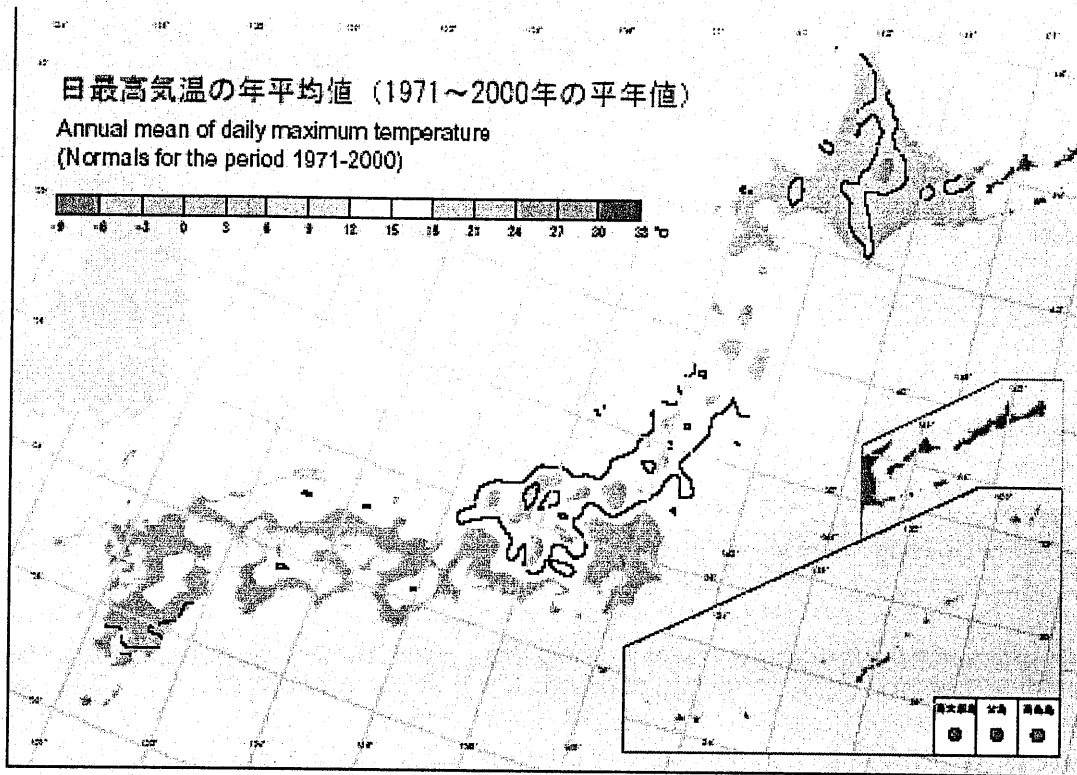


図 7-1 日最高・最低気温, の年平均値

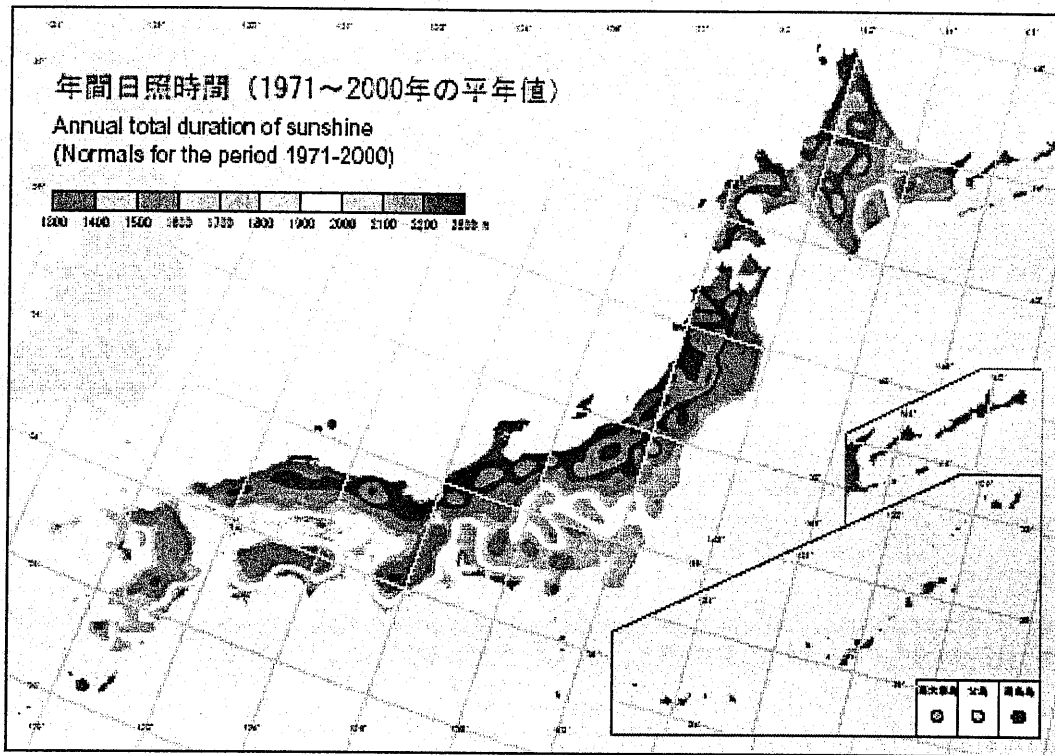


図 7-2 年間日照時間の年平均値

参考文献

1) 気象庁ホームページ(2006年9月引用)

<http://www.data.kishou.go.jp/mdrr/smp/jp/index.html>

見本