

第3章 温度応力によるひび割れを防ぐ

コンクリートに生じるひび割れの中で、最も制御が困難なひび割れは温度ひび割れといっても過言ではない。コンクリートにはセメントが用いられ、そのセメントが水和反応する過程で発生する熱が部材内部に蓄積されて部材は膨張する。その後、蓄積された熱が自然に放熱する際に部材が収縮しようとするのを、岩盤や既設コンクリート部材等が拘束して生じるのが温度ひび割れである。このひび割れを制御するために多くの努力が払われているが、いまだに決め手になる合理的な対策は見当たらない。温度ひび割れは、対策はできても多大な費用を伴うため、ひび割れ発生を許容せざるを得ない場合が多く、許容できるひび割れというものを誰がどう判断するのか、問題があった場合の責任を誰がとるのか、などが明確になっておらず、技術者たちを悩ませている。

この章では、温度ひび割れの発生するメカニズムを説明し、温度ひび割れの予測解析、制御対策技術について概説する。

3.1 温度ひび割れが生じやすい構造物

コンクリートがフレッシュな状態から硬化した状態に移行していく過程を凝結過程といい、これはセメントと水とが化学反応して生じる現象である。化学反応には、一般に発熱反応と吸熱反応があるが、セメントの水和反応は発熱反応であり、コンクリートが硬化する際には大量の熱が発生する。

セメントの水和発熱によって生じた熱がコンクリートの中に滞留すれば、コンクリート自体の温度が上昇することとなる。コンクリート中に滞留する熱量は、コンクリートの形状、部材厚、単位セメント量、周囲の気温等で決まってくる。たとえば、コンクリートの部材厚が20 cm程度であれば、水和発熱によって生じた熱はコンクリート中にほとんど滞留せず、短時間で大気中に拡散する。一方、コンクリートの部材厚が1 mを超えるような場合、コンクリート表面近傍では大気中に熱が拡散するものの、コンクリート内部ではコンクリート表面部への熱拡散の速度よりも水和反応で生じる発熱量が上回り、コンクリート内部は温度上昇していくこととなる。

部材内の温度は、打込み後1～数日で最大となり、その後次第に低下する。たとえ

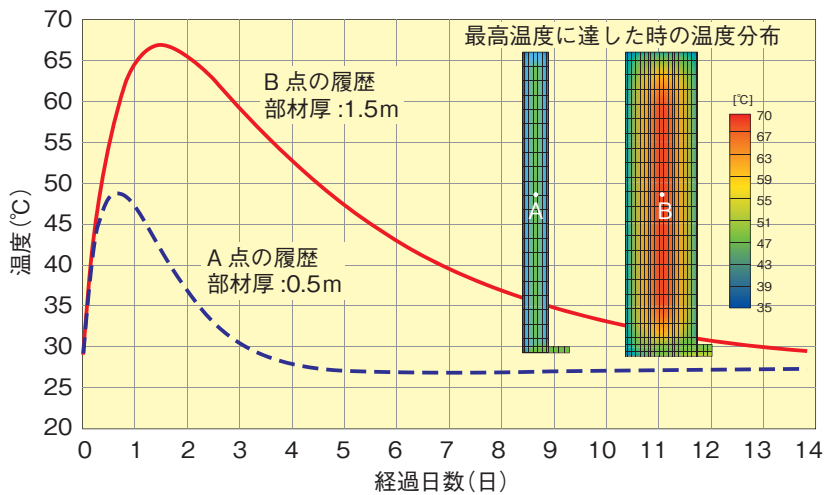


図 3-1 部材厚の変化がコンクリート温度履歴に与える影響

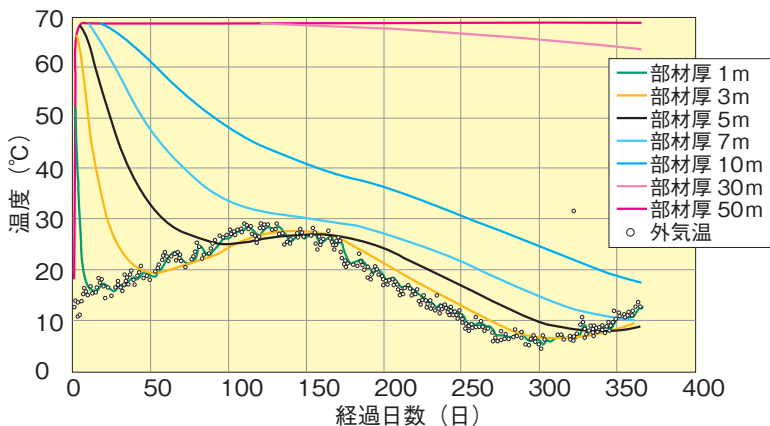


図 3-2 部材厚の変化がコンクリート温度履歴に与える影響

ば、コンクリートの部材厚が 1.5 m 程度の場合、コンクリート打込み後、約 1.5 日で最高温度に達し、その後徐々に温度が降下し、2 週間程度で部材中心部は外気温とほぼ同様な挙動を示すようになる（図 3-1）。部材厚さ 3 m 程度の場合は、最大になるのに約 2 日、外気温程度に戻るまでに数十日を要する。図に示すように、部材厚さが 50 cm 程度以上になると、温度ひび割れに配慮する必要があるが出てくる。そのため、土木学会コンクリート標準示方書では、マスコンクリートを「広がりのあるスラブについてはおおよ厚さ 80 ～ 100 cm 以上、下端が拘束された壁では厚さ 50 cm 以上と考えてよい」とし、上記に示した範囲以上のコンクリート構造物に対しては、温度ひび割れに対する検討が必要としている。また、ダムのようなマスコンクリート構造物の場合には、ダムの中心部が外気温とほぼ同様な値を示すまでに数十年かかるといわれている。

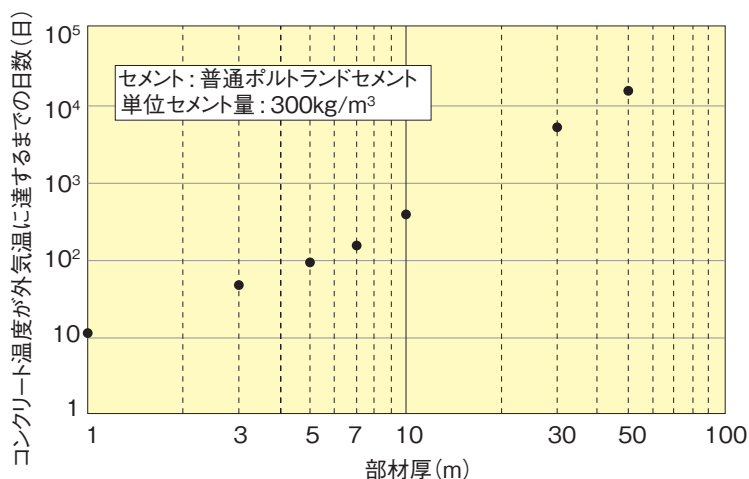


図 3-3 部材厚とコンクリート温度が外気温に達するまでの日数との関係

図 3-2 に、コンクリートの部材厚が 1 m から 50 m まで変化した場合の打込みから 1 年間の温度変化を示す。解析の条件としては、普通ポルトランドセメントを 300 kg/m^3 使用し、打込みは 4 月初旬で外気温は東京の実測値とした。部材厚が 50 m 程度もあると、ほとんど断熱状態のままとなっている。図 3-3 は、部材厚が外気温に達するまでの日数を部材厚さとの関係で示したものである。部材厚 50 m の場合には打込みから約 40 年経過しないと外気温とほぼ同様な温度まで達しないこととなる。

温度ひび割れが生じやすい構造物としては、写真 3-1 ～ 3-4 に示すようなボックスカルバートの壁、橋の橋台、比較的断面の大きい橋脚、浄水場などの水槽の壁、ダムの導流壁などがある。



写真 3-1 ボックスカルバートの壁



写真 3-2 橋の橋台