

## 構造体コンクリートの強度は どのように発現していくのですか

コンクリートの強度はセメントの水和反応の進行にともなって発現し、セメントの水和反応は温度と水分の影響を受けて進行していきます。構造体コンクリートは、外気温の変動、水和反応の進行にともなう発熱による温度上昇、養生期間中の湿潤条件などの影響を受け、強度発現していきます。また、セメントの種類によって鉱物組成が異なるので、詳細な検討をする場合には鉱物組成の影響を考慮する必要があります。ここではコンクリートの強度発現に及ぼす温度、湿度および水分の条件の影響に関する実験結果ならびに温度、湿度および水分条件の影響を組み込んだコンクリートの強度発現式についての研究を紹介します。

養生温度の影響については古くから多くの研究者によって多くの実験が行われています。私も建設省建築研究所に在職していたときに高育海氏、安田正雪氏らとコンクリートの強度発現に及ぼす温度の影響についての実験を行いました。使用したセメントは、普通ポルトランドセメント、高炉セメント B 種およびフライアッシュセメント B 種で、容量が 330 リットルのミキサでコンクリートを練り混ぜて材齢 2 日から各種温度の水中で養生して、材齢 3、7、14、28、56、91 および 182 日に圧縮強度を試験しました。普通ポルトランドセメントを使用した場合は水セメント比を 65、55、45% の 3 通りで、混合セメントを使用した場合は 55% のみで実験しました。実験結果は次のようにまとめられます。

- (1) 養生温度による強度発現はセメントの種類によって異なり、ポルトランドセメントより高炉セメントやフライアッシュセメントの方が長期にわたって温度の影響を大きく受け、特に高炉セメントは低温時の強度発現が遅くなる傾向にあります。これは、高炉セメントはセメント中のポルトランドセメントの分量が 55 ~ 60% しか入っていないことによるものと考えられます。
- (2) 普通ポルトランドセメントの場合は、水セメント比が大きいほど養生温度の影響を受けやすくなる傾向がありますが、これはコンクリート中のポルトランドセメントの量が少なくなるためだと考えられます。
- (3) 普通ポルトランドセメントの場合は 2 ~ 30 °C の範囲において材齢 91 日くらいでほぼ同じくらいの強度に達します。
- (4) 養生温度が 50 °C のときは初期の強度発現は大きいのですが、材齢 7 ~ 14 日くらいで強度発現が停止する傾向がみられ、材齢 28 日以降では他の温度で養生したときよりも低い強度になっています。このことは、後で調査強度を定めるときに、初期材齢に高温履歴を受ける場合は低温時と同様に強度補正を行う必要があることにつながります。

養生温度が構造体コンクリートの強度発現に及ぼす影響に関する研究は、当初、型枠

# 第1章 構造体コンクリートの強度

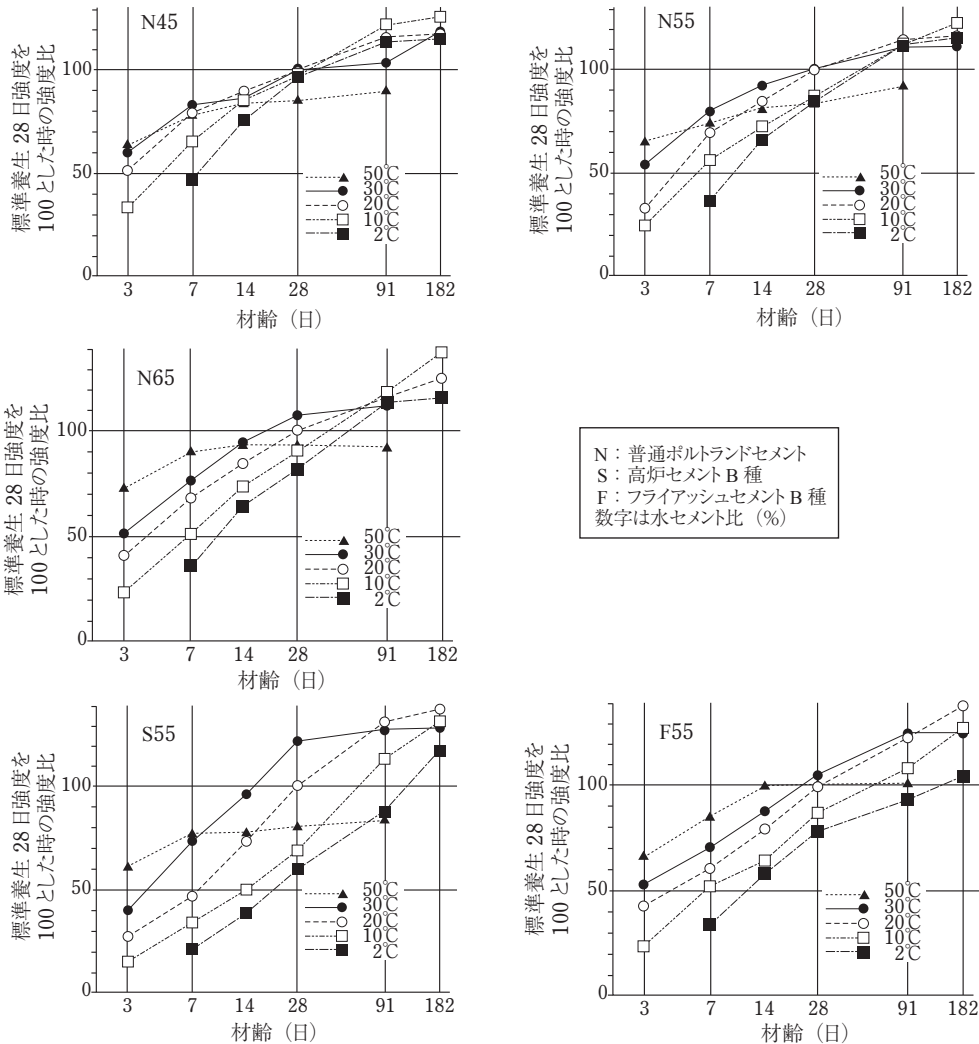


図 1.15 養生温度とコンクリートの強度発現

や支柱を安全に取り外すために構造体コンクリートが所定の強度を発現している必要があることから、主に強度発現が遅い寒冷期の温度条件について研究が進められてきました。しかし、近年、鉄筋コンクリート造建築物が高層化、大型化し、高強度コンクリートやマスコンクリート<sup>[注]</sup>が多く使われるようになってきました。これらのコンクリートは、材齢の初期にセメントの水和反応にともなう発熱のため高温になり、その影響を受けるので初期強度の発現は速いのですが、長期の強度発現が停滞し、構造体コンクリートが所定の強度を満足しなくなるおそれが出てきました。そのため、材齢の初期に高温の影響を受ける構造体コンクリートの強度発現に関する研究が盛んに行われるようにな

[注] 部材断面寸法が大きく、セメントの水和反応に伴う発熱によって上昇したコンクリートの温度が下降するときに、収縮が拘束されてひび割れが発生するおそれがあるコンクリートのことで、設計や施工にあたって温度上昇をできるだけ小さくし、収縮するときに発生する応力を小さくするなどの工夫が必要になってきます。

## 構造体コンクリートの強度はどのように発現していくのですか

りました。

多くの建設会社の技術研究所では実大寸法のコンクリートの柱、梁、壁などの模擬部材を製作し、部材の各部分からコア供試体を切り取って圧縮強度試験を行いました。部材の中心部ではセメントの水和反応に伴う発熱によって高温になりますが、周辺部では外気によって冷却されるため中心部ほど温度は上昇しません。そのため部材の中心部は周辺部よりも強度が低くなると予想されました。佐藤幸恵氏は、先に紹介した建設会社各社が構造体を想定した実大寸法の柱模擬部材からコア供試体を切り取って圧縮強度を試験したデータを用いて、部材中心部の方が部材周辺部より圧縮強度が高くなるかどうかを調べました。多くのデータを集めてその傾向をみると、必ずしも部材中心部の方が周辺部よりも強度が低いということはありませんでした。

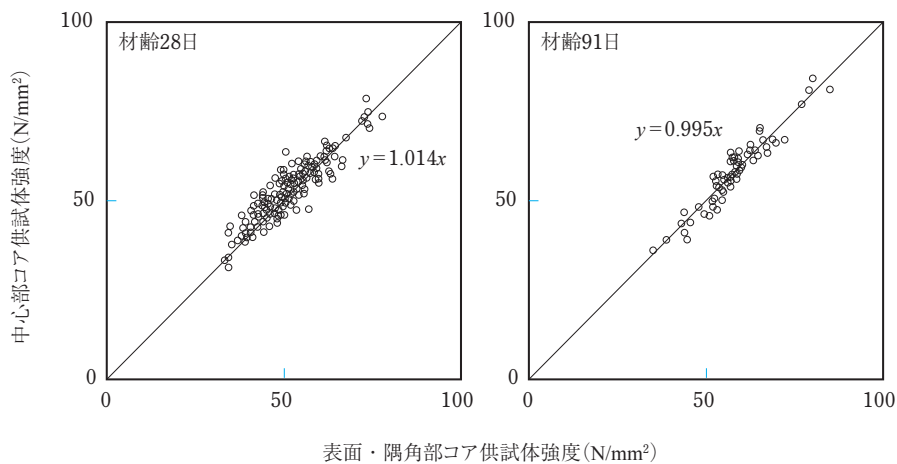


図 1.16 実大柱模擬部材における中心部と周辺部との強度の比較

高強度コンクリートの構造体における強度発現特性に関して研究している佐藤氏は、部材中での水分の挙動に着目し、模擬部材の中にブリキ製の型枠を埋め込んで、温度の影響は受けるが部材中の水分の移動がない条件にした供試体と、模擬部材から切り取ったコア供試体との圧縮強度の比較を行いました。その結果、コア供試体では、水セメント比が 60 % の普通強度レベルの場合は高温の影響を受けた部材の中心部の方が表面部よりも強度が低くなる傾向にありましたが、水セメント比が 40、30 % の高強度コンクリートでは部材の中心部と表面部とで強度に明確な違いはみられませんでした。一方、ブリキ製の型枠を部材に埋め込んでコア供試体と同じ温度条件にした場合は、いずれの水セメント比でも高温の影響を受けた中心部の方が表面部より強度が低い傾向にありました。また、コア供試体の方がブリキ製の型枠を埋め込んで造った供試体よりも高い強度を示すことがわかりました。

この原因を検討するために、佐藤氏は部材中にセラミック製の湿度センサーを埋め込んで非破壊で含水率の分布の経時変化を調べました。その結果、材齢の初期には部材中心部およびその近傍に水分が多く存在する傾向がみられたので、セメントの水和反応に