

V-362 高温の繰返しを受けるコンクリートの力学的性質に関する研究

防衛大学校 学生会員 ○渡部 孝 則

防衛大学校 正会員 南 和 孝

1. はじめに 高温条件下におけるコンクリートの力学的性質（強度・弾性係数など）に影響を及ぼす要因は、履歴温度が200℃以下の場合には、コンクリート中の遊離水およびゲル水の脱水とコンクリートの構成素材、すなわちモルタルと粗骨材との熱膨張量の相違に伴う自己応力の発生が引き起こす微小ひびわれの形成である。一方、履歴温度が200℃を越える場合には、履歴温度が200℃以下における場合の要因に加え、コンクリート内の水和生成物中の化学的結合水の脱水と脱水に伴う水和生成物の化学的分解が主要因となる。したがって、履歴温度が200℃を越えるような温度条件では、複合時に生成された水和物の種類および生成量がコンクリートの性質に影響を与えることになり、コンクリートに使用したセメントの種類も影響する。また、加熱・冷却の繰返しを受けるコンクリートでは、初期の加熱によって上述のような性質の変化を生じるが、その後の温度履歴過程では、これらの現象の進行を促進するとともに、熱応力の発生によるコンクリートの劣化を引き起こす。

本研究では、加熱・冷却の繰返しを受けるコンクリートの力学特性（圧縮強度および弾性係数）に及ぼす加熱・冷却繰返し数およびセメント種類の影響について検討した。

2. 実験概要

2.1 使用材料 本実験では普通ポルトランドセメント、早強ポルトランドセメント、アルミナセメントおよび中庸熱ポルトランドセメントの4種のセメントを用い、配合は W/C=50%, S/a=60%, スランプ8cm, 空気量2%とした。供試体は、 $\phi 10 \times 20$ cmの円柱供試体であり、養生は20℃で2週水中養生した後、気温20℃、湿度50%で1週空中養生した。

2.2 加熱および載荷方法 高温槽内で供試体を毎時50℃の速度で加熱および冷却をし、最大到達温度200℃、400℃、および600℃で加熱・冷却の繰返し数を1回、5回、および10回とした。供試体は常温まで冷却し、安定した温度になった時点で圧縮試験を行い、供試体にはコンプレッソメーターを取り付け、ひずみを測定し弾性係数を求めた。

3. 結果および考察 図-1, 2はそれぞれ加熱・冷却繰返し数が1回の場合の圧縮強度残存率（所定の試験条件を与えた供試体の圧縮強度を常温における圧縮強度で除した値）および弾性係数残存率（所定の試験条件を与えた供試体の弾性係数を常温における弾性係数で除した値）と最大履歴温度との関係を示している。図より最大履歴温度の増加に伴って圧縮強度および弾性係数は線形的に低下することがわかる。このことより加熱および冷却に伴うコンクリート内部の水分の脱水や微視的温度応力による微小ひびわれの形成等のコンクリートの内部構造変化は、加熱・冷却繰返し数が1回の場合には、最大履歴温度に比例して増加するものと考えられる。

図-3, 4はそれぞれ加熱・冷却繰返し数が5回の場合の圧縮強度および弾性係数残存率と最大履歴温度との関係を示している。最大履歴温度が400℃以上になると、圧縮強度および弾性係数は著しく低下する。最大履歴温度が400℃以上で圧縮強度および弾性係数が著しく低下する

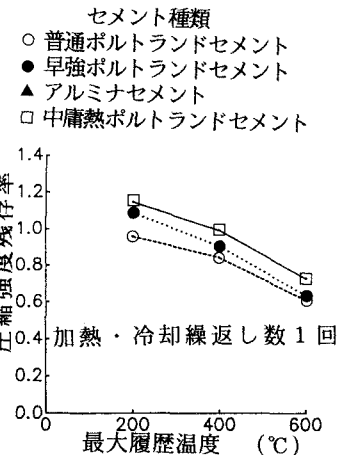


図-1 圧縮強度残存率と最大履歴温度との関係

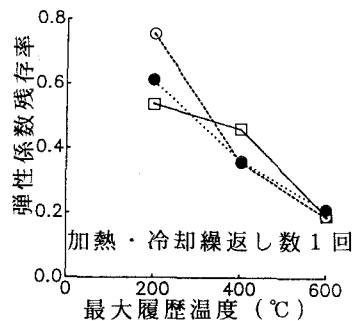


図-2 弾性係数残存率と最大履歴温度との関係

するのは、コンクリートが400℃以上で加熱されるとカルシウムシリケート水和生成物の保有水分の大部分が失われ、また、水和反応によって生成したセメント硬化体中の水酸化カルシウムも脱水され分解するからである。さらに、温度硬化時には微視的温度応力の発生によってコンクリート内部に多数の微小ひびわれが形成されることも大きな要因となっている。最大履歴温度が600℃の場合の圧縮強度および弾性係数の低下の割合は、最大履歴温度が400℃の場合と同程度となっている。これは、400℃の繰返し加熱によってセメント硬化体中の水和生成物の脱水による分解が進行するが、加熱および冷却の繰返しが5回になると供試体内のセメント硬化体中の大部分の水和生成物とその反応を生じてしまったため、最大履歴温度が600℃になっても反応の進行はほとんどないと考えられる。また、コンクリート内部の微小ひびわれも最大履歴温度が400℃の場合に比較的多く形成され、この微小ひびわれの発生によって供試体内部の微視的温度応力が緩和されるため、その後の微小ひびわれの形成はほとんど行われぬ。したがって、最大履歴温度が600℃に上昇した場合でも微小ひびわれの形成状況は最大履歴温度が400℃の場合と同程度と考えられる。

図-5、6はそれぞれ加熱・冷却繰返し数が10回の場合の圧縮強度および弾性係数残存率と最大履歴温度との関係を示している。図より、加熱・冷却繰返し数が10回になると圧縮強度および弾性係数は加熱・冷却繰返し数が5回の場合と同様に著しく低下するが、その低下の割合は加熱・冷却繰返し数が5回の場合と同程度である。このことから加熱および冷却の繰返しが増加することによってコンクリートの内部構造が次第に変化し、圧縮強度および弾性係数の低下が進行するが、繰返し数が10回の場合には最大履歴温度が600℃の場合と同様にコンクリート内部の構造変化がほとんど生じなくなったため繰返し数が5回の場合と同程度あると思われる。

図-7、8はそれぞれ最大履歴温度が400℃の場合の圧縮強度および弾性係数残存率と加熱・冷却繰返し数との関係を示している。アルミナセメントを除く他のセメントの場合の加熱・冷却繰返し数の増加に伴う圧縮強度および弾性係数の低下は同様な傾向を示しており、セメントの種類の相違の影響は認められない。アルミナセメントの場合の著しい低下は、転位現象と称するセメント硬化体中の脱水分解反応による。

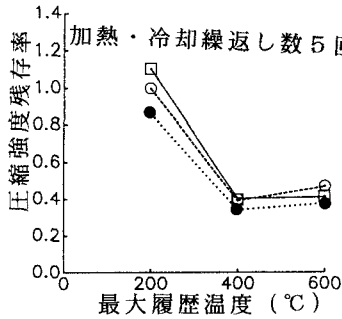


図-3 圧縮強度残存率と最大履歴温度との関係

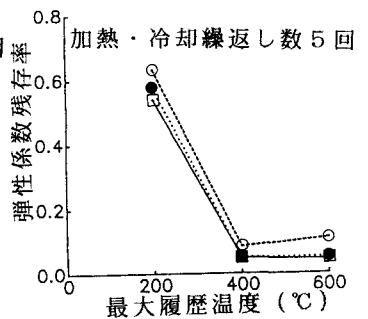


図-4 弾性係数残存率と最大履歴温度との関係

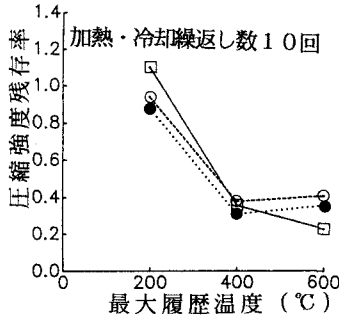


図-5 圧縮強度残存率と最大履歴温度との関係

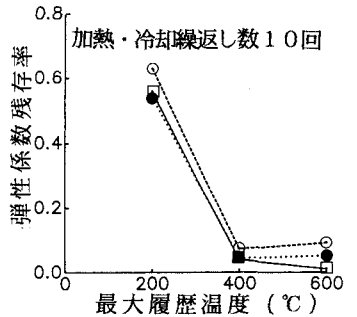


図-6 弾性係数残存率と最大履歴温度との関係

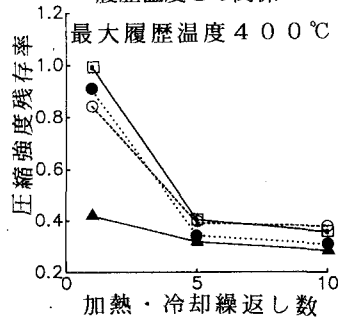


図-7 圧縮強度残存率と加熱・冷却繰返し数との関係

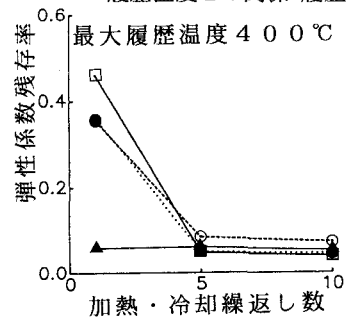


図-8 弾性係数残存率と加熱・冷却繰返し数との関係