

火害を受けたコンクリートの水中再養生効果の非破壊試験による評価

北海道大学 学生員 網本 明洋
 北海道大学 森本 純平
 北海道大学 正会員 ヘンリー・マイケル

1. 研究背景と目的

火害を受けたコンクリートは物性が低下し、強度、耐久性および耐火性が低下する事が報告されており、火害状況を評価、判断し補修や補強を行う必要がある。また、この時補強不可のものは取り壊し、新たに施工する必要があるが、労力や廃棄物の排出という点からコスト・環境面への負担が非常に大きい。火害を受けたコンクリートは水中で再養生することで再水和反応が起こり、空隙構造が小さくなり、ひび割れが自己治癒することによって物性が向上すると報告されている。そこで、この性質を利用し、火害を受けたコンクリートの再利用をすることができれば、低コスト・低労力を実現し、環境負荷の少ない方法を確立することができるといえる。

実際にこの性質を利用するためには水中再養生後にコンクリートの回復程度を確認する必要がある。そこで、火害時に行われる調査である非破壊試験に注目し、水中再養生後の強度回復と非破壊試験結果の関係性を明らかにすることを目的とした。

2. 実験概要

実験の全体の流れは図-1に示す。爆裂現象を避けるため加熱前に105℃、24時間の乾燥を行った。加熱実験は一方向のみの加熱を行い、最高温度を300/450/600℃とし昇温速度10℃/min、最高温度保持時間を30分、その後、降温速度10℃/minとし100℃になるようにプログラムを設定し行った。加熱実験後、供試体の温度が外気温付近になるまで自然冷却したのち加熱面のみを水につけて再養生を行った。水中再養生の日数を7/14/28日とし、各点で非破壊試験と曲げ強度試験を行った。試験結果は三本の供試体の平均値を用いた。

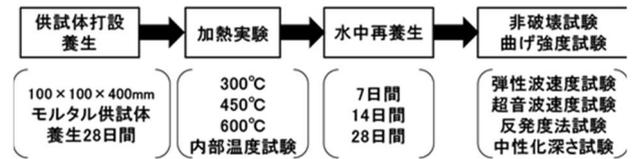


図-1 実験の全体の流れ

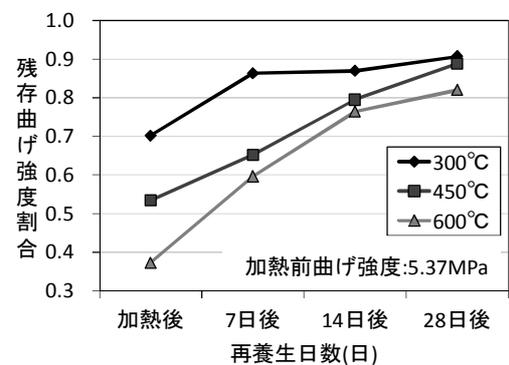


図-2 再養生による残存曲げ強度の経時変化

3. 実験結果

3.1 曲げ強度試験

曲げ強度実験結果を図-2に示す。なお、縦軸は加熱前の強度を1.0とした割合で示している。加熱温度の上昇に従い強度低下を確認した。また、水中再養生により強度の回復も確認できた。

3.2 非破壊試験

加熱前を1.0とした曲げ強度割合を縦軸に、加熱前の結果を1.0とした各試験結果の割合を横軸にして測定結果を表したものを図-3、図-4、図-5に示す。なお、1本の線で結ばれた4個のプロット点は、いずれも左から加熱後、7日後、14日後および28日後である。

3.2.1 弾性波速度試験

加熱面の弾性波速度を計測した。600℃の加熱では加熱直後、再養生7日で曲げ強度割合に比べ、弾性波速度割合は低い割合を示した。加えて、450℃での加熱の加熱直後でも同様の傾向を示した。また、弾性波速度

キーワード 火害、再養生、補修、非破壊試験、曲げ強度

連絡先 〒060-8628 北海道札幌市北区北13条西8丁目

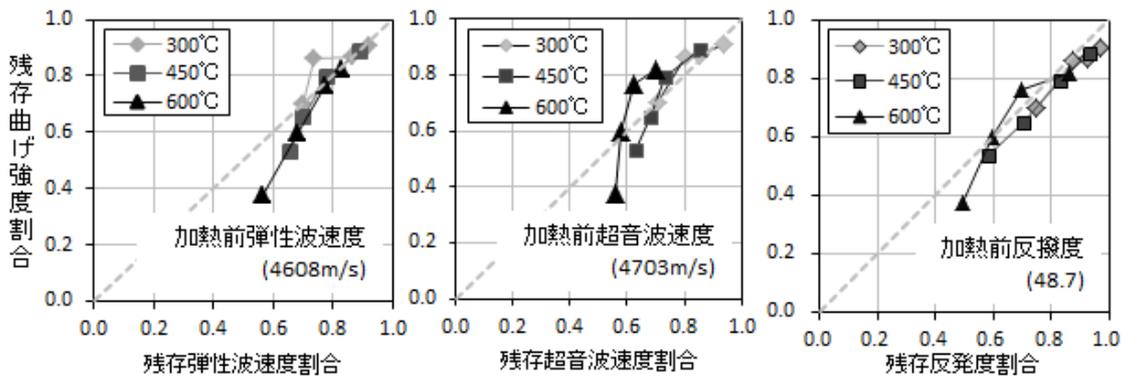


図-3 曲げ強度と弾性波速度の関係 図-4 曲げ強度と超音波速度の関係 図-5 曲げ強度と反撥度の関係

割合はどの加熱温度においても再養生日数が長くなるにつれて、曲げ強度の割合に近づくことが示された。

3.2.2 超音波速度試験

加熱面との超音波速度を計測した。加熱温度 600°C では、加熱直後では曲げ強度割合に比べ超音波速度割合が低くなり、再養生 7 日を挟んで 14 日、28 日においては曲げ強度割合の方が高い値を示している。300/450°Cでは曲げ強度割合と超音波速度割合は概ね同じ回復を示した。

3.2.3 シュミットハンマーによる反撥度試験

加熱面に対して反撥度試験を行った。加熱温度 600°C において加熱直後では、曲げ強度割合よりも反撥度割合の方が低くなり、再養生 14 日では反撥度割合の方が高い値を示した。その後再養生 28 日ではほぼ同一の値を示した。300/450°Cでは曲げ強度割合よりも反撥度の割合の方が少し低い値を示したものの概ね同様の回復を示した。

3.3 中性化深さ試験

供試体の加熱面から深さ方向に 100mm の部分からコアを採取し、中性化深さ試験を行った。ここでは、写真-1 に加熱温度 600°Cにおける中性化深さ試験の結果のみを示す。写真上部が加熱面かつ水中再養生を行った面である。加熱直後は加熱面より中性化が進んでおりその深さは 7.2cm となった。水中再養生 7/14/28 日では再養生面より徐々に再水和反応が進んでいることが確認できたが、28 日までにすべての火害部で再水和反応を確認することはできなかった。

3.4 加熱時の内部温度分布

供試体内部 0/1/3/5/7cm の部分に熱電対を入れ加熱実験を行った。加熱温度 600°Cの温度分布を図-5 に示す。深さ 1cm ではほぼ 600°C近くまで温度が上昇するのに比べ、深さ 7cm では最大温度は 200°Cであった。

4. 考察およびまとめ

弾性波速度試験や反撥度法試験での加熱面(水中再養生面)を対象とする試験においては、高温下での加熱直後では曲げ強度に比べ品質の低下を大きく評価するものの、再養生日数が進むにつれ曲げ強度と同様の回復を示す結果となった。

中性化深さ試験や超音波速度試験の深さ方向に関しての試験では、加熱温度 600°Cの試験で短い再養生日数では再水和反応が起こっている範囲が限られていることが確認できた。これは再養生を加熱面からのみしか行っていないため深部まで水が到達していないからであると考えられる。よって、どの程度までの深さ方向への回復で安全性を維持できるかを検討するべきである。また、深さ方向と表面を調査した非破壊試験を絡めた判断方法が必要であると考えられる。

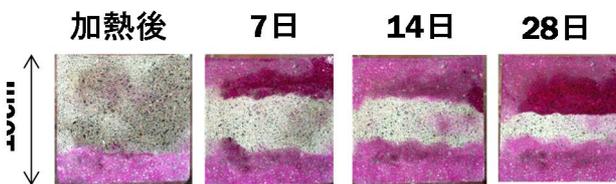


写真-1 加熱温度 600°Cでの中性化深さ試験結果

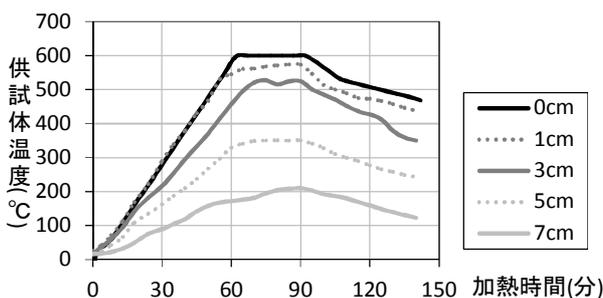


図-5 加熱温度 600°Cでの供試体内部温度分布