

蒸気養生下のコンクリートの熱伝達率について

岐阜大学大学院

遠藤 友紀雄

岐阜大学工学部

平松 信昭

昭和コンクリート工業

田代 藤男

岐阜大学工学部

森本 博昭 小柳 治

1. はじめに

岐阜県下のプレキャスト製品の製造工場において、プレキャスト部材を蒸気養生したところ、コンクリート表面にひび割れが発生した。ひび割れは、蒸気養生における昇温過程を経た、温度保持過程終了後の脱型時に発見された。このことから、ひび割れは蒸気養生中に生じる部材内の不均一な温度分布が原因となり発生したものと考えられる。この種のひび割れ発生メカニズムを明らかにするためにはまず、蒸気養生中の部材内の温度分布を精度よく推定する必要がある。しかしながら、蒸気養生中のコンクリートを対象とした温度解析を行うにあたっては、コンクリート表面における熱伝達率などの熱特性が明らかにされていないため、現状では部材内の温度分布を精度よく推定するのは困難である。

そこで本研究では、蒸気養生時のコンクリートの温度履歴を計測し、その結果に基づいて逆算的手法により蒸気養生中のコンクリート面ならびに鋼板型枠面の熱伝達率を同定した。

2. 蒸気養生時のコンクリートの温度計測ならびに熱伝達率の同定

2.1 実験概要

蒸気養生は一般的に昇温過程、保温過程、降下過程の3段階に分けられる。このうち昇温過程と降下過程においては、蒸気槽内の温度は、非定常の状態にあり、また高温時における熱伝達率の温度依存性も不明であることから、これらの状態での測定値から熱伝達率を定めるのは不適切であると考えられる。そこで本研究では、蒸気槽内の温度が定常状態にある保温過程段階にある蒸気槽内に投入して、それ以降の供試体各部の温度保持過程時の温度履歴を測定した。

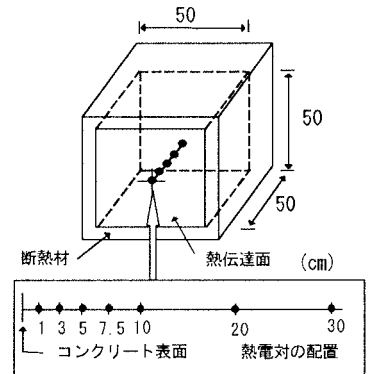


図-1 供試体

供試体は、図-1に示すような50×50×50cmの角柱供試体を使用した。一次元の熱伝導状態とするために、蒸気と接する面は一面だけとし、他の面には断熱材を張り付けた。供試体の種類は、熱伝達面がコンクリート面と鋼板面の2種類を用いた。鋼板は、厚さ0.5cmのものをを使用した。これらの供試体は、試験日まで湿布養生を行った。試験時材齢は、材齢20日とした。供試体には、図-1に示すようにコンクリート表面から1, 3, 5, 7.5, 20, 30cmの各位置に熱電対を配置し、その位置におけるコンクリートの温度履歴を計測した。また、供試体表面付近に熱電対を設置し、槽内の蒸気温度も測定した。

蒸気槽は、図-2に示すようにボックスカルパートにシートをかぶ

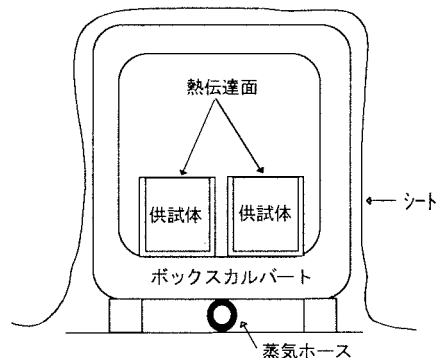


図-2 蒸気槽の概略図

せたものである。ボックスカルバートの下から蒸気を噴出させ、供試体に直接蒸気が触れないようにした。

2.2 熱伝達率算定法

既存の温度解析例を参考にして熱伝達率を 10~100 kcal/m²hr°C の範囲内のいくつかのケースについて 2 次元の温度解析を実施した。温度解析も実験供試体と同様に熱伝達境界は一辺だけとし、他の辺は断熱境界とした。コンクリートの熱伝達率などの熱特性は表-1 に示す値を用い、蒸気槽内の温度は実測値を用いた。供試体の初期温度は、実測値から推定した。そして、温度保持過程の状態にある蒸気槽に供試体を投入してからのコンクリート温度の計測値と解析値を比較しながら、試行錯誤的に熱伝達率の適正值について検討を行った。

表-1 コンクリートの熱特性

熱伝達率 (kcal/m ² hr°C)	比熱 (kcal/kg°C)	単位体積重量 (kg/m ³)
2.2	0.2	2300

3. 結果と考察

図-3~4 に実験で得られたコンクリートの温度履歴と、温度解析結果をあわせて示す。図-3 は熱伝達面がコンクリート、図-4 は熱伝達面が、鋼板の場合である。

実験によって計測されたコンクリートの温度履歴は蒸気中に供試体を投入した初期においては熱伝達率を 18 kcal/m²hr°C で解析した場合とよく合致し、後期になると、熱伝達率を 22 kcal/m²hr°C で解析した場合とよく合致する結果となった。このことから、蒸気養生中のコンクリートおよび型枠における熱伝達率は、通常温度解析で用いられる 10~12 kcal/m²hr°C の約 2 倍程度の 18~22 kcal/m²hr°C であることが推定できる。また、熱伝達率 18 kcal/m²hr°C と 22 kcal/m²hr°C で解析した時のコンクリートの温度差は、2~3°C 程度であり、熱伝達率をこの範囲に設定すれば、実際のコンクリートの温度履歴を精度良く推定できるものと考えられる。

さらに、型枠などの鋼材面での熱伝達率は、常温下においては、コンクリート表面のそれに比べてやや大きめの値に設定されることが多いが、蒸気中では、コンクリート表面と同程度の熱伝達率を用いてもよいことがわかった。

4. まとめ

本研究により、以下のような結論が得られた。

- ・ 蒸気中のコンクリートおよび鋼材面の熱伝達率を 18~22 kcal/m²hr°C の範囲で設定すると実験で得られたコンクリートの温度履歴と良く合致する解析結果が得られた。
- ・ 蒸気中での鋼材の熱伝達率は、コンクリート面の熱伝達率と同程度であった。

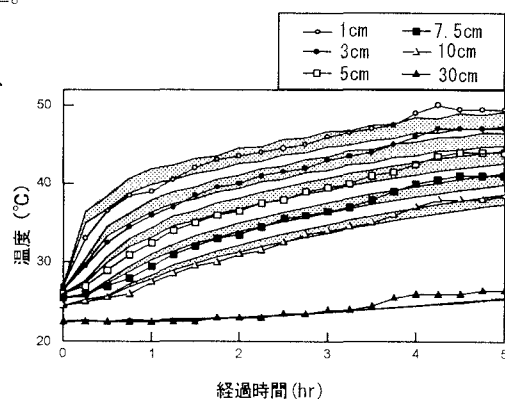


図-3 実測値と解析の比較（コンクリート）

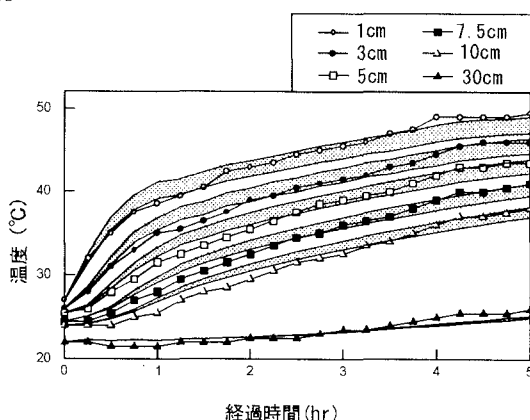


図-4 実測値と解析値との比較（鋼板面）