

初期高温履歴を与えたコンクリートの長さ変化に及ぼす養生条件の影響

長崎大学 正会員 ○佐々木 謙二
長崎大学 柏尾 和麻
ヤマウ 正会員 片山 強
長崎大学 正会員 原田 哲夫

1. はじめに

コンクリートの各種性能は、材料や配合のみならず、施工の良し悪し、養生条件、暴露条件の影響を大きく受ける。その点を考慮すると現場打ちのコンクリートよりも工場で製造されるプレキャストコンクリート（PCa）製品の方が品質が安定しており、施工の面においても工期短縮や省力化が可能である。また、環境負荷抑制、副産資源の有効活用の観点から、高炉スラグ微粉末やフライアッシュなどを積極的に使用していくことも望まれている。本研究では、PCa 製品を想定した初期温度履歴を与えたコンクリートの高温履歴時における膨張収縮挙動および後養生時における収縮性状に及ぼす結合材種類と養生条件の影響を実験的に検討した。

2. 実験概要

結合材は、普通ポルトランドセメント[N]、早強ポルトランドセメント[H]、N と高炉スラグ微粉末 6000 の混合系(65%：35%)[NB]、N とフライアッシュの混合系(80%：20%)[NF]の 4 種類とした。細骨材には海砂を、粗骨材には碎石を用い、混和剤として高性能減水剤を使用し、Non-AE コンクリートとした。すべての結合材において水結合材比を 40%、単位水量を 165kg/m³、細骨材率を 37%一定とし、高性能減水剤の添加量によりスランプを 8±1.5cm とするようにした。

養生条件を表-1 に示す。初期高温履歴を与える方法として蒸気養生および保温養生を行った。後養生方法は、気中養生(気温 20℃、湿度 60%)、水中養生(20℃)、膜養生(気温 20℃、湿度 60%)とした。

100×100×400mm の型枠にコンクリートの自由な変形が拘束されるのを防ぐために、底面にテフロンシート(厚さ 1mm)を、両端部にポリスチレンボード(厚さ 3mm)を入れ、さらにその内側にポリエステルフィルム(厚さ 0.1mm)を入れて、コンクリートと型枠が接触しないようにした。モールドゲージが供試体の中心部に配置されるように設置し、打設直後から降温後 20℃一定までのひずみをモールドゲージにより測定した。高温履歴時における膨張収縮ひずみの測定に引き続いて、後養生時の乾燥環境下における収縮ひずみをモールドゲージにより測定した。乾燥環境は室温 20℃、湿度 60%とした。乾燥開始材齢は、後養生方法が気中養生、膜養生の場合は 1 日とし、水中養生の場合は 7 日とした。乾燥環境下における収縮ひずみの測定と合わせて、質量減少率も測定した。

3. 実験結果および考察

図-1 に養生条件【A-D】、【D-D】、【E-D】、【I-D】における高温履歴時の膨張収縮ひずみの測定結果を示す。なおここでは、最大膨張ひずみと降温後 20℃におけるひずみの差を温度収縮ひずみとして検討する。最高温度の異なる【A-D】の場合と【E-D】の場合を比較すると、N40、NB40 いずれの結合材でも最高温度の低い【E-D】の場合の温度収縮ひずみは【A-D】の場合 1/4～1/5 程度に抑えられた。降温速度の異なる【A-D】の場合と【D-D】の場合を比較すると、N40 では【D-D】の場合の方が 100～150μ 程度温度収縮ひずみが大きくなったものの、NB40 ではほぼ同

表-1 養生条件

養生条件 記号	養生方法	前置時間 (h)	昇温速度 (℃/h)	最高温度 (℃)	最高温度 保持時間(h)	降温速度 (℃/h)	後養生方法 (材齡 1 日以降)	
【A-D】	蒸気養生	3	20	65	4	4.5	気中養生 (20℃, R.H.60%)	
【D-D】		0.5				急冷		
【E-D】		3		40		4.5		
【A-W】				65		水中養生 (20℃)		
【A-M】						膜養生 (20℃, R.H.60%)		
【I-D】	保温養生 (24h)						気中養生 (20℃, R.H.60%)	

キーワード 蒸気養生、保温養生、膜養生、収縮ひずみ、質量減少率

連絡先 〒852-8521 長崎県長崎市文教町 1-14 長崎大学大学院工学研究科 TEL 095-819-2592

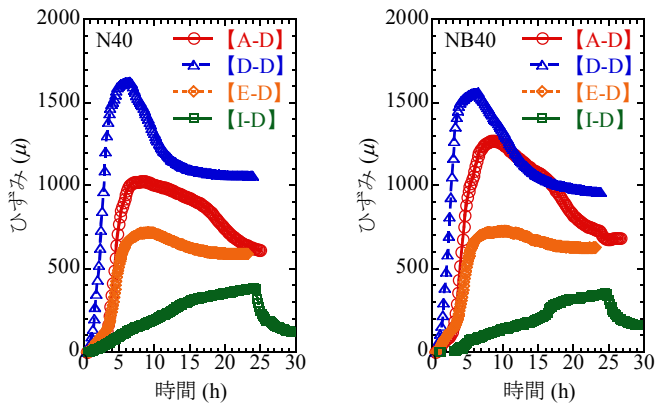


図-1 高温履歴時における膨張収縮挙動

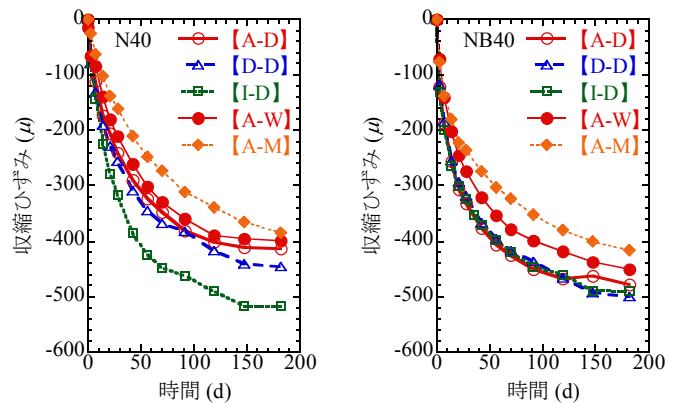


図-2 後養生時の乾燥環境下における収縮ひずみ

程度の温度収縮ひずみとなった。本研究における3つの蒸気養生条件【A-D】、【D-D】、【E-D】の結果からではあるが、最高温度を低くし、降温速度を徐冷とすることが温度収縮ひずみを低減することに有効であり、PCa製品製造の際における温度応力や温度ひび割れリスクの観点からも蒸気養生条件の設定には注意を要すると言える。また保温養生【I-D】の場合の温度収縮ひずみは【A-D】や【D-D】の場合に比べて小さく、温度応力や温度ひび割れリスクに対して有利な養生方法と言える。ただし、今回の実験においては保温養生後に急冷しているため、最高温度がほぼ同程度の【E-D】に比べて温度収縮ひずみは大きくなっており、保温時間や降温方法について強度発現性などとも合わせて今後検討することが必要である。

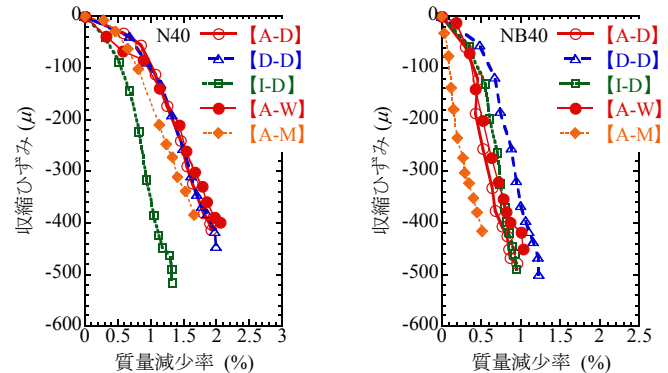


図-3 乾燥環境下の収縮ひずみと質量減少率の関係

図-2に養生条件【A-D】、【D-D】、【I-D】、【A-W】、【A-M】の場合の乾燥開始時点をもとにした収縮ひずみの測定結果を示す。蒸気養生【A-D】と【D-D】の場合を比較すると、N40、NB40いずれの結合材でも収縮ひずみに大きな差はなく、ほぼ同様の経時変化を示した。蒸気養生【A-D】、【D-D】と保温養生【I-D】を比較すると、N40では【I-D】の場合の収縮ひずみが【A-D】、【D-D】の場合に対して材齢182日において20%程度大きくなった。NB40では収縮ひずみの経時変化挙動に蒸気養生と保温養生とに大きな違いは見られなかった。また後養生方法として膜養生を施した【A-M】の場合の収縮挙動は、【A-D】、【A-W】と比較して収縮の速度を低減でき、NB40においては収縮ひずみを20%程度抑えることができることがわかる。

図-3に養生条件【A-D】、【D-D】、【I-D】、【A-W】、【A-M】の場合の乾燥環境下における収縮ひずみと質量減少率の関係を示す。N40においては、蒸気養生と保温養生とで乾燥環境下における収縮ひずみと質量減少率の関係に大きな違いが生じ、同一質量減少率における収縮ひずみは保温養生の場合の方が著しく大きくなった。これは、乾燥環境下における収縮ひずみの測定開始時における水和の程度が異なり、空隙構造や自己収縮の影響の度合いが異なったためと推察される。一方、NB40においては、乾燥環境下における収縮ひずみと質量減少率の関係に及ぼす養生条件の影響は大きく、特に後養生方法を膜養生とした【A-M】の場合には他の養生条件の場合と大きく異なった。これは、膜養生による水分逸散抑制効果によりコンクリート内部に水分が長期に渡って保持されることによって、自己収縮の影響が顕著に表れたことによるものと考えられる。

4. まとめ

本研究では、PCa製品を想定した初期温度履歴を与えたコンクリートの高温履歴時における膨張収縮挙動および後養生時における収縮性状に及ぼす結合材種類と養生条件の影響を実験的に検討した。その結果、温度収縮ひずみに及ぼす蒸気養生条件の影響は大きく、最高温度を低くし、降温速度を徐冷とすることが温度収縮ひずみを低減することに有効であり、PCa製品製造の際における温度応力や温度ひび割れリスクの観点からも蒸気養生条件の設定には注意を要すると言える。また初期高温履歴後の乾燥環境下における収縮ひずみは、養生条件の影響を大きく受け、その影響の程度は結合材種類によって大きく異なることが明らかとなった。