

温湿度変動下におけるコンクリートの収縮ひび割れに関する検討

太平洋セメント株式会社 正会員 ○市川 裕規
 同上 正会員 兵頭 彦次
 同上 正会員 梶尾 聡

1. はじめに

鉄筋コンクリート構造物は、コンクリートの収縮が鉄筋により拘束されることで断面内に引張応力が生じ、引張応力が大きくなるとひび割れが発生する。ひび割れは、構造物の美観や耐久性の低下に繋がる。コンクリートの収縮ひび割れに関する研究は、既に多く行われているものの、ほとんどが恒温恒湿下の試験における結果である。一方、構造物が置かれる環境では、通常、温湿度が変化するが、必ずしもそのような知見は多くない。そこで、本研究では、温湿度が変化した場合の、コンクリートの収縮ひび割れについて、要素レベルの供試体を用いて評価した。

2. 実験概要

表-1に、コンクリートの使用材料を、表-2に、コンクリートの配合を示す。セメントには普通ポルトランドセメントおよび高炉セメントB種を用いた。コンクリートの種類によらず、水セメント比を55%，単位水量を163kg/m³一定とし、AE減水剤およびAE剤を用いて、スランプ12±2.5cm，空気量4.5±1.5%となるように調整した。

収縮ひび割れ試験の供試体は、100×100×1000mmの角柱供試体を用い、断面中央に、長手中央300mm区間のリブとふしを切削して円形に加工した異型鉄筋(呼び名：D32)を配置した。鉄筋ひずみの測定にはひずみゲージを用いた。供試体本数は各2本とした。20℃の試験室内で供試体を成型し、材齢7日まで封緘養生を行った。その後、温度20±2℃，相対湿度60±5%の試験室内および外気に曝され温湿度が変化する屋内で、収縮ひび割れ試験を実施した。図-1に、試験期間中(養生後30日間)の屋内における温湿度の推移を示す。試験期間中の平均温湿度は、気温15.9℃，相対湿度39.9%であった。

3. 試験結果

3.1 強度特性

図-2に、強度試験結果を示す。材齢28日の圧縮強度は、室内・屋内によらず、NのほうがBBよりも高くなった。室内と屋内の圧縮強度を比較すると、ほぼ同等であった。室内と屋内では、材齢7日までの養生方法は同一であり、その後の温湿度が異なる。本研究では、材

表-1 コンクリートの使用材料

材料名	記号	種類
水	W	上水道水
セメント	C	普通ポルトランドセメント
		高炉セメントB種
細骨材	S	山砂/静岡県掛川市産
粗骨材	G	碎石 2005/茨城県桜川市産
化学混和剤	AD	AE減水剤
	AE	AE剤

表-2 コンクリートの配合

記号	W/C (%)	s/a (%)	単位量(kg/m ³)				AD (C×%)
			W	C	S	G	
N BB	55.0	46.0	163	296	825	999	0.6

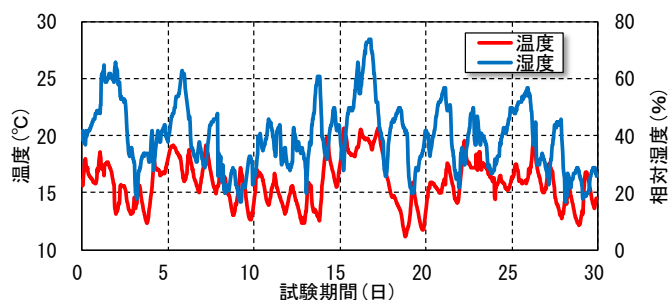


図-1 温湿度の推移(屋内)

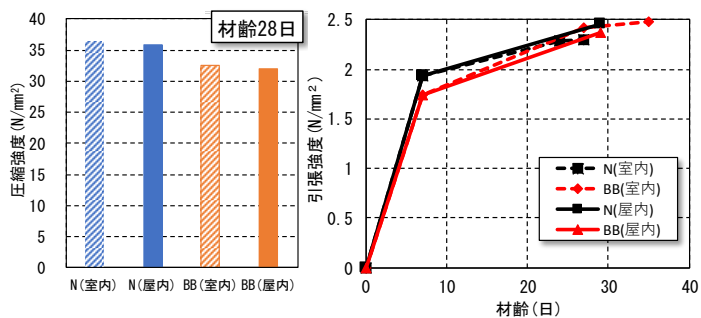


図-2 強度試験結果

齢7日以降の強度発現には、温湿度は大きな影響を及ぼさない結果となった。また、引張強度は、材齢7日ではNのほうがBBよりも高くなったが、材齢28日では室内・屋内によらず、ほぼ同等となった。

3.2 収縮ひび割れ

図-3に、試験期間中の鉄筋ひずみおよび湿度の推移を示す。図中には、室内については供試体2本の結果

キーワード 収縮ひび割れ，温度，相対湿度，拘束応力，普通ポルトランドセメント，高炉セメントB種
 連絡先 〒285-8655 千葉県佐倉市大作2-4-2 太平洋セメント(株)中央研究所 043(498)3852

表-3 収縮ひび割れ試験結果

記号	ひび割れ 発生日 (日)	ひび割れ時 の拘束応力 (N/mm ²)	ひび割れ時 の引張強度 (N/mm ²)	応力 強度比 (%)
N (室内)	15.5	1.76	2.3	78
	19.3	1.93	2.4	84
BB (室内)	18.3	1.86	2.4	79
	27.8	1.79	2.5	72
N (屋内)	(23.8)	(2.09)	(2.5)	(83)
	(23.8)	(2.03)	(2.5)	(81)
BB (屋内)	(22.5)	(1.87)	(2.4)	(78)
	(22.5)	(1.83)	(2.4)	(76)

※0内は試験期間中に最大の拘束応力を記録した時点の値

を、屋内については供試体間の差がほとんどなかったため、2本の平均値を示した。屋内では、外気の相対湿度の変化にともなって鉄筋ひずみが増減した。また、鉄筋ひずみの増減量は、時間の経過にともない大きくなる傾向であった。これは、時間の経過にともなってコンクリート中の相対湿度が低下したことが影響した可能性が考えられる。すなわち、コンクリート中の相対湿度が高い初期の段階では、外気の相対湿度が増加しても吸湿しにくいため、収縮を減少させる効果は小さい。一方、時間の経過にともなって、コンクリート中の相対湿度が低下するとコンクリートが吸湿しやすくなり、外気の湿度の増加にともなう収縮の減少が相対的に大きくなったと考えられる。

図-4に、試験期間中の拘束応力を、表-3に、収縮ひび割れ試験結果を示す。コンクリートの拘束応力は図-3に示した鉄筋ひずみに基づき、式(1)により求めた。ひび割れ発生時の引張強度は、図-2に示したように、割裂引張強度試験結果を線形補完することにより求めた。応力強度比は、ひび割れ発生時の引張強度と引張応力の比で示した。

$$\sigma_c = -(E_s \cdot \varepsilon_s \cdot A_s) / A_c \quad (1)$$

ここに、 σ_c : コンクリートの拘束応力(N/mm²)、 E_s : 鉄筋の弾性係数(N/mm²)、 ε_s : 鉄筋ひずみ、 A_s : 鉄筋の中央部断面積(mm²)、 A_c : コンクリートの純断面積(mm²)

室内では、Nは試験開始後15.5～19.3日、BBは試験開始後18.3～27.8日で目視観察できるひび割れが発生した。一方、屋内では、試験開始後30日時点においてもひび割れは認められなかった。NとBBを比較すると、時間の経過にともないBBの拘束応力がNよりもやや小さくなった。これは、室内、屋内とも同様であった。ひび割れ発生時の応力強度比は、Nが81%、BBが75%となり、BBのほうがやや小さくなった。一般に、ひび割れ発生時の応力強度比は、ひび割れ発生材齢が遅くなるほど大きくなるとされている¹⁾。一方、本結果は逆の結果になっており、セメント種類の違いが影響を及ぼした可能性がある。

室内と屋内を比較すると、試験期間中の平均相対湿度は屋内のほうが室内よりも明らかに低いにもかかわ

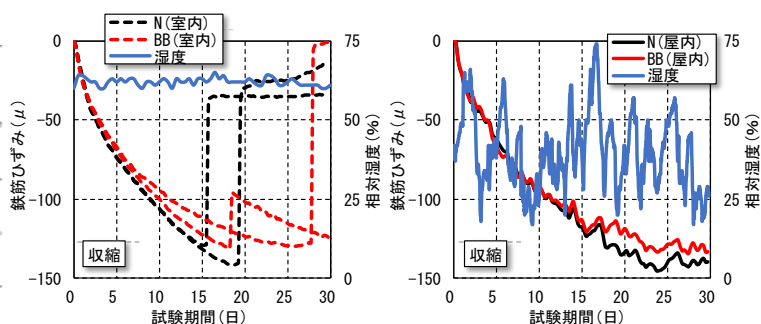


図-3 鉄筋ひずみ

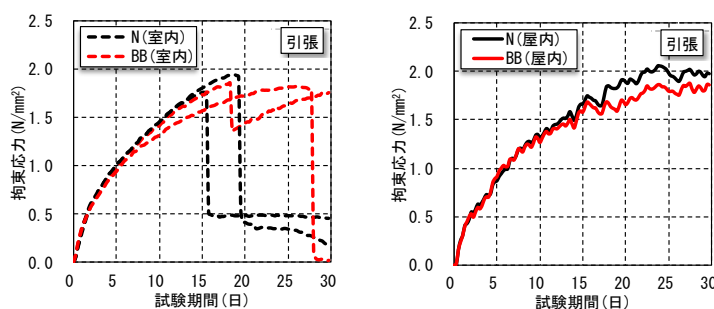


図-4 コンクリートの拘束応力

らず、拘束応力の発現は、ほぼ同等であった。これは、屋内のほうが室内よりもやや外気温が低く、コンクリートからの水分逸散が抑制された可能性が考えられる。また、相対湿度が低いことによって屋内のクリープひずみが大きくなり、拘束応力を減少させた可能性が考えられる。

前述したように、室内・屋内によらず、コンクリートの強度特性および拘束応力は同等であるため応力強度比も同等である。その一方で、コンクリートのひび割れは、室内のみで確認され、屋内では認められなかった。このことから、コンクリートの収縮ひび割れは、温湿度が変化する場合、恒温恒湿下の場合とは傾向が異なる可能性が示された。

4. まとめ

本研究で得られた知見を以下に示す。

- (1) 収縮ひび割れは、室内でのみ発生した。BBのひび割れ発生日は、Nと同等あるいは遅くなった。一方、ひび割れ発生時の応力強度比はBBのほうがNよりも小さい傾向であった。
- (2) 温湿度が変化する屋内では、室内と同等の応力強度比であっても収縮ひび割れは発生しなかった。このことから、温湿度が変化する場合、恒温恒湿下の場合とは傾向が異なる可能性が示された。

参考文献

- 1) 大野俊夫, 魚本健人: コンクリートの収縮ひび割れ発生予測に関する基礎的研究, 土木学会論文集, No.662, pp.29-44, 2000.11