

膨張材と収縮低減剤を用いた 超高強度コンクリートの自己収縮挙動

片 寄 哲 務 高 森 直 樹
西 田 浩 和

概 要

超高強度コンクリートは、若材齢時に大きな自己収縮ひずみが生じ、それが鉄筋により拘束されるとコンクリートに応力が生じる。実大部材になるとさらに水和熱に起因する温度応力が加わり、ひび割れ発生の危険性がより高まることになる。超高強度コンクリートの実用化のためには、耐久性、使用性、耐震性の確保の観点からそれら内部応力によるひび割れ対策が必要である。本報告では、ひび割れ対策として膨張材および収縮低減剤を添加した超高強度コンクリートを用いた鉄筋コンクリート部材の若材齢時におけるひび割れ発生の危険性を評価することを目的とする。内部応力が最も厳しいと考えられる夏期での実大柱施工実験を行い、部材寸法、膨張材および収縮低減剤の添加の有無を実験変数とした若材齢時の力学特性、自己収縮挙動について検討し、併せて冬期実験と比較検討した結果を示す。検討結果をまとめると以下の通りである。

①無筋コンクリート試験体では、部材寸法が大きくなると自己収縮ひずみは大きくなるものの、膨張材および収縮低減剤の効果は部材寸法に関係無く一定であった。②膨張材を添加することで自己収縮ひずみおよび内部応力が低減された。③収縮低減剤を併用することで自己収縮ひずみは更に低減され、内部応力に対する低減効果は凝結始発から 1 日未満で特に大きい。④無添加の実大有筋試験体では試験体側面まで貫通するひび割れ、膨張材添加の実大有筋試験体では内部にひび割れが生じた。⑤ひび割れは夏期の方が冬期より発生しやすく、夏期は冬期よりも早期にひび割れが発生することが推測された。

Autogenous Shrinkage Behavior of Ultra-High-Strength Concrete with Expansive Additive and Shrinkage-Reducing Admixture

Abstract

Autogenous shrinkage in ultra-high-strength concrete occurs in the early stages of the curing process with resistant stresses coming from the reinforcement bars. It is thought that these cracks are initiated by the stress caused by hydration heat in the concrete. Allowances for weakening of the ultra-high strength concrete due to the cracks caused by these internal stresses have to be made in order to guarantee certain levels of durability, usability, and quake-resistance. In this report, we examine the effect of adding expansive additives and shrinkage-reducing admixtures in reducing crack formation during curing. Size of specimens, existence of expansive additives and shrinkage-reducing admixtures were selected as the variable parameters for the tests. The tests, using actual sized column specimens, were carried out in summer and winter to compare the difference of the results on mechanical properties and autogenous shrinkage behaviors. The following findings were obtained:

- 1) In the specimens without reinforcement bars, the autogenous shrinkage strain becomes larger as the size of the specimens increase. The effects of the expansive additives and shrinkage-reducing admixtures were independent of the size of specimens.
- 2) The autogenous shrinkage strain and the internal stresses were decreased by adding expansive additives.
- 3) By using expansive additives and shrinkage-reducing admixtures at the same time, the autogenous shrinkage strain became smaller, and the internal stresses were decreased (especially for the first 24 hours of the curing process).
- 4) Horizontal penetration cracks reaching to the specimen surfaces occurred at the center section in the specimens without additives and admixtures, but in the actual sized RC column specimens with expansion additives, the cracks only occurred internally.
- 5) Cracks caused by internal stresses were observed more often in summer than in winter, and the period during which the cracks were initiated was shorter in summer than in winter.

キーワード: 超高強度コンクリート, 自己収縮ひずみ,
内部応力, 膨張材, 収縮低減剤

§1. はじめに

超高強度コンクリートは、打設後 1 週間程度の若材齢時に大きな自己収縮ひずみが生じ、それが鉄筋により拘束されるとコンクリートに応力が生じる¹⁾。さらに、水和熱に起因する温度応力が加わり、ひび割れ発生の危険性がより高まることになる²⁾。筆者らが行った冬期における水結合材比(以下 W/B と表記)13%の超高強度コンクリートを用いた実大柱施工実験ではひび割れの発生を確認した³⁾。超高強度コンクリートの実用化のためには、耐久性、使用性、耐震性の確保の観点からそれら内部応力によるひび割れ対策が必要と考える。

本報告では、凝結始発から材齢7日までを若材齢時と定義し、ひび割れ対策として膨張材を添加および収縮低減剤を併用添加した W/B=15%の超高強度コンクリートを対象に、鉄筋コンクリート部材の若材齢時におけるひび割れ発生の危険性を評価することを目的とする。評価の方法は、ひび割れ発生に与える影響因子として、部材寸法、膨張材と収縮低減剤の有無、打設時期(夏期と冬期)を採り上げ、若材齢時の力学特性、自己収縮挙動について実験的に検討し、内部応力を算定することにより行う。同時にコアボーリングによる試験体内部のひび割れ確認および目視観察による試験体表面のひび割れ確認を行う。なお、打設時期の影響については、先に述べた冬期実験³⁾との比較により検討する。

なお、本報告の一部は文献 4)および 5)において発表している。

§2. 実験概要

2.1 実験計画

表 1 に実験計画を示す。W/B=15%の超高強度コンクリートを対象に、部材寸法、膨張材と収縮低減剤の有無、打設時期(夏期と冬期)を実験変数として、若材齢時の力学特性については、 $\phi 100 \times 200$ の円柱供試体による圧縮強度、ヤング係数および実大試験体の温度分布について検討する。自己収縮挙動については無筋コンクリート試験体および有筋試験体を作製して比較検討する。なお、自己収縮挙動の試験体の詳細については、2.3 節、2.4 節で後述する。打設時期については、水結合材比が 13%とした冬期実験³⁾の結果との比較により行う。

2.2 コンクリートの製造

表 2 にコンクリートの調合を示す。また、表中には冬期実験の調合(以下、13P と表記)を併せて示す。夏期における調合は W/B=15%を基本の調合(15P)とし、膨張材

表 1 実験計画

検討項目		実験変数		
		部材寸法の影響	膨張材、収縮低減剤の影響	打設時期の影響(夏期と冬期)
力学特性	無筋	—	○	○
自己収縮挙動	無筋	○	○	○
	有筋	—	○	○

表2 コンクリートの調合

調査 記号	打設日	水結合 材比 (%)	単位量 (kg/m ³)						混和剤 使用量 (B×%)
			水	セメント※	細骨材	粗骨材	膨張材	収縮低減剤	
15P	2005/9/6	15	155	1033	479	822	—	—	1.85
15E	2005/9/6		155	1013	479	822	20	—	2.00
15EH	2005/10/4		155	1013	479	822	20	5	2.00
13P	2005/2/8	13	155	1192	344	822	—	—	2.45

※シリカフューム混入セメント(シリカフューム混入率10%)

表3 フレッシュ試験結果

調査記号		フレッシュコンクリート試験結果					凝結試験結果※	
		スランプ フロー (cm)	フロー50cm 到達時間 (秒)	空気 量 (%)	コンクリート 温度 (℃)	雰囲気 温度 (℃)		
							始発 時間	終結 時間
15P	出荷	70.0	8.4	1.4	33.5	—	11時間14分	12時間48分
	荷卸	69.0	8.1	1.6	31.5	25.8		
15E	出荷	66.0	18.5	1.5	34.5	—	10時間39分	12時間40分
	荷卸	66.5	13.2	1.6	33.8	26.9		
15EH	出荷	75.5	6.0	0.9	31.0	—	11時間46分	13時間32分
	荷卸	73.5	8.0	1.5	29.4	25.5		
13P	出荷	63.5	25.6	1.9	17.5	—	12時間56分	15時間14分
	荷卸	66.5	26.0	1.6	16.2	9.0		

※試験方法JIS A 1147, 20℃60%RH室内

表4 自己収縮挙動の試験体概要

分類	試験体		RC部分 寸法(mm)	内 訳				打設 方向	養生	測定環境
				15P	15E	15EH	13P			
小型	角柱	無筋	100×100×400	○	○	○	○※1	平打ち	封緘	恒温恒湿室 (気温20℃、 湿度60%)
実大	柱	無筋	1000×1000×1000	○	○	○	○	縦打ち	※3	屋内
		有筋	1000×1000×2000	○	○	—	○※2			

※1 寸法:100×100×1000

※2 寸法:1000×1000×2400, 試験環境:屋外

※3 打設後シート養生、材齢7日で脱型後屋内放置

を添加した調合(15E)、膨張材と収縮低減剤を併用添加した調合(15EH)の 3 水準を設定した。セメントはシリカフューム混合セメントを使用し、膨張材は石灰系、収縮低減剤はポリエーテル系を使用した。コンクリートは冬期実験と同様に実機プラントで製造し、膨張材および収縮低減剤は実機プラントの練混ぜ時に添加した。

表 3 にフレッシュ試験結果を示す。また、参考に 13P のフレッシュ試験結果を併せて示す。夏期における荷卸時フレッシュ試験は出荷から約 70 分後に行った。いずれの調合においても大きな経時変化は見られず、フレッシュ性状は良好であった。また、凝結試験結果において、15EH の始発および終結時間が 15P および 15E より若干遅れたが、膨張材添加と収縮低減剤併用添加による顕著な差は見られなかった。

2.3 小型模型試験体

表 4 に試験体の概要を示す。小型模型試験体は各調合 100mm×100mm×400mm の無筋コンクリート試験体を作製した。打設後直ちに室温 20℃、湿度 60%の恒温恒湿室内で封かん養生とし、脱型せずにそのまま放置した。

2.4 実大試験体

実大試験体は有筋試験体と無筋コンクリート試験体を作製した。図 1 に実大有筋試験体形状および配筋詳細を示す。実大有筋試験体は 15Pと 15Eの 2 体を作製した。鉄筋コンクリート部分の試験体形状は 1000mm×1000mm×2000mm とし、配筋仕様は冬期実験と同様に主筋比 $p_g=3.2\%$ 、横補強筋比 $p_w=1.0\%$ とした。試験体のコンクリート打設は屋内で柱上部からバケットを用いた落とし込み工法とし、材齢 7 日で脱型し、屋内に放置した。実大有筋試験体のコンクリートひずみは低弾性型埋込みひずみ計、鉄筋ひずみは箔ひずみゲージ、コンクリート温度は熱電対により測定した。実大無筋コンクリート試験体は、15P, 15E, 15EHの 3 体を作製した。試験体形状は 1000mm 角とし、上下に断熱材を配して柱を模擬した。

§3. 若材齢時の力学特性の比較

3.1 圧縮強度

図 2 に圧縮強度と屋内気温の経時変化を示す。供試体は実大試験体と同じ屋内にて封緘養生とした。夏期における強度発現は、3 調合で養生温度の差が小さいため、凝結始発からの経過時間で比較した。また、図中に 13P の圧縮強度の発現状況を併せて示す。13P の発現状況は季節の養生温度による差を見るために凝結始発からの経過時間で示した。

3 調合間の圧縮強度に関して、15Pに比べ 15Eは若材齢時において若干強度発現が早く、15EHは若干遅れたが、材齢 28 日では 3 調合ともほぼ同等の圧縮強度に達した。材齢 91 日では 3 調合間の強度差は小さく、膨張材および収縮低減剤を添加することによる大きな強度低下は無かった。打設時期の影響に関して、若材齢時の屋内温度は冬期が約 10℃、夏期が約 30℃であったことから、13Pは 15Pより強度発現が遅く、特に凝結始発から 1 日未満において顕著であった。13Pは凝結始発から 1 日以降に急速に強度発現し、材齢 56 日で 15Pとほぼ同等の圧縮強度に達した。

3.2 ヤング係数

図 3 にヤング係数の経時変化を示す。ヤング係数は圧

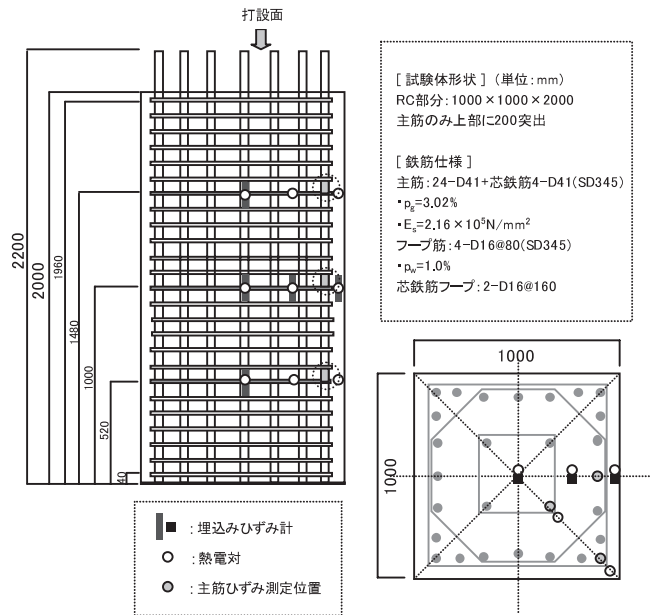


図1 実大有筋試験体形状および配筋詳細

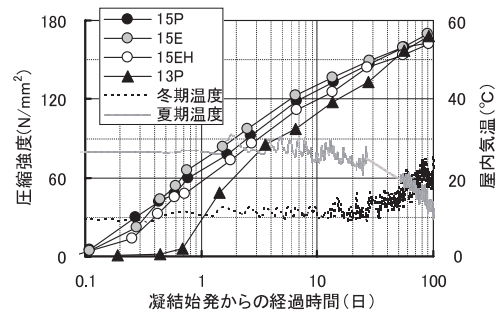


図2 圧縮強度と屋内気温の経時変化

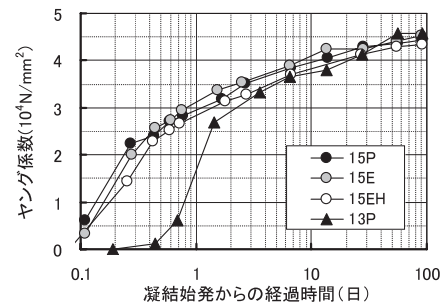


図3 ヤング係数の発現状況

縮強度の 1/3 の応力時のセcant モデュラスである。凝結始発から 1 日未満で 15EH は 15P および 15E と比べてやや小さいが、圧縮強度と同様に 3 調合間における顕著な差は見られなかった。また、冬期打設の 13P は 15P より凝結始発から 1 日未満で極めて小さい。

3.3 温度分布

図 4 に実大無筋コンクリート試験体の中心部における温度履歴、図 5 に実大試験体の中央断面における最高温度到達時の温度分布を示す。温度履歴と温度分布において、膨張材および収縮低減剤添加による差はほとんど

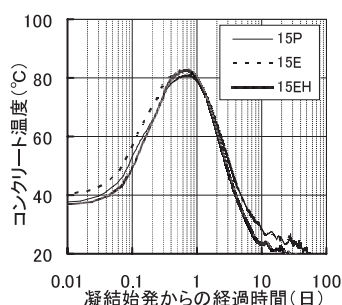


図4 実大無筋コンクリート試験体中心の温度履歴

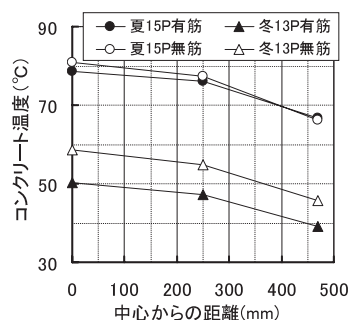


図5 実大試験体の中央断面における温度分布

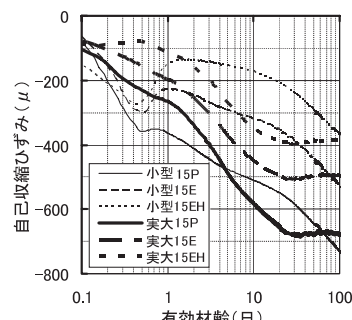


図6 無筋コンクリート試験体における自己収縮ひずみの経時変化

無かった。打設時期の影響に関して、断面内の温度差は15Pの実大有筋試験体が最大で約 11℃、実大無筋コンクリート試験体で約 15℃であり 13Pとほぼ同じであった。実大有筋試験体と実大無筋コンクリート試験体の中心の温度差を比較すると、13Pでは約 10℃あったのに対し 15Pはほとんど無く、鉄筋による放熱効果が小さかった。また、実大有筋試験体の中心における最高温度は 15Pの方が 13Pより 30℃高かった。一方、小型模型試験体中心部の温度上昇は 3℃程度と小さかった。

§4. 無筋コンクリート試験体の自己収縮挙動

4.1 部材寸法の影響

図6に無筋コンクリート試験体における自己収縮ひずみの経時変化を示す。自己収縮ひずみは試験体中央における材軸方向の測定値であり、線膨張係数を $10 \mu / ^\circ\text{C}$ と仮定して温度ひずみを求め、実ひずみから差し引いた値である。また、小型模型試験体と実大試験体では温度履歴が異なるため、土木学会標準示方書・構造性能照査編⁹⁾に示される有効材齢を用いて比較した。

有効材齢⁹⁾を用いて温度履歴の影響を評価すると、3 調合とも有効材齢 1 日以降から実大試験体の自己収縮ひずみが小型模型試験体と比較して大きく増加した。長期材齢での部材寸法の影響は小さいものの、若材齢時は部材寸法が大きいほど自己収縮ひずみが大きく増加する傾向が見られ、冬期実験³⁾と同様に部材寸法が自己収縮挙動に及ぼす影響はありとみられる。

4.2 膨張材および収縮低減剤の影響

図6において、有効材齢⁹⁾20 日で比較すると、小型模型試験体においては、15Pと 15Eの差は約 200μ 、15Pと 15EHの差は約 350μ であった。実大試験体では 15Pと 15Eの差は約 150μ 、15Pと 15EHの差は約 250μ であった。小型模型試験体、実大試験体ともに膨張材および収縮低減剤を添加すると自己収縮ひずみの低減効果が見られた。また、膨張材および収縮低減剤の添加によ

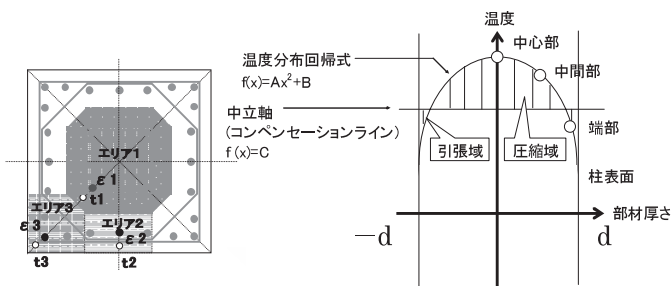


図7 算定の仮定断面

図8 温度分布モデル²⁾

る自己収縮ひずみの低減量は小型模型試験体と実大無筋コンクリート試験体ではほぼ同じであり、部材寸法に関係無く低減効果はほぼ一定であった。

§5. 実大有筋試験体の自己収縮挙動

5.1 実大有筋試験体における内部応力の算定方法^{2),7),8)}

内部応力を、鉄筋による拘束応力に温度応力を累加して求め、平面内で応力が最も大きいと考えられる柱脚から 1000mm の高さ位置の中央断面について検討した。図4に示すように水和熱による温度履歴が 3 調合で小さいため、温度による影響は少ないと考え、凝結始発からの経過時間を用いて比較した。また、15EH の拘束応力については、実大有筋試験体での測定を実施していないため、15P と 15EH の実大無筋コンクリート試験体における自己収縮ひずみの関係から 15EH の実大有筋試験体における主筋ひずみを推定し、その推定値を用いて拘束応力を算定した。また、15EHの温度応力は実大無筋コンクリート試験体の温度分布より求めた。

図7に拘束応力算定の仮定断面を示す。拘束応力は温度の影響を最小とするために断面の平均拘束応力を用いた。断面の平均拘束応力は、断面が3種類のエリアで構成され、エリア内の主筋ひずみと温度は均一と仮定し、実測した主筋ひずみから温度ひずみを差し引き、鉄筋本数の重み付けを考慮し、応力の釣り合い条件から求めた。

実測した温度(図 5 参照)から図 8 に示すような温度分布モデルを仮定し²⁾、同一断面内の温度差により生じる内部拘束ひずみ ϵ_{tr} を求め、式(1)に示す step by step 法を用い

て温度応力を求めた^{2),7),8)}。各ステップにおけるヤング係数には実測値(図3参照)を用い、クリープ係数は文献⁹⁾と同様の方法で15Pと15EHについて圧縮クリープ試験を別途実施し、試験の実測値より求めた。ただし、15Eについては圧縮クリープ試験を実施していないため、15EHの実測値を代用した。

$$\sigma(t_{i+1/2}) = \sigma(t_{i-1/2}) + \Delta \sigma(t_i) \quad (1)$$

ここで、

$$\Delta \sigma(t_i) = \frac{1}{J(t_{i+1/2}, t_i)} [\varepsilon_c(t_{i+1/2}) - \varepsilon_{ct}(t_{i+1/2}) - \varepsilon_{ec}(t_{i-1/2})]$$

$$J(t_{i+1/2}, t_i) = \frac{1}{E(t_i)} + \frac{\phi(t_{i+1/2}, t_i)}{E_c}$$

$$\varepsilon_{tr} = \varepsilon_c(t_{i+1/2}) - \varepsilon_{ct}(t_{i+1/2})$$

$$\varepsilon_{ec}(t_{i-1/2}) = \sum_{j=1}^{i-1} \Delta \sigma(t_j) \cdot J(t_{i+1/2}, t_j)$$

$\sigma(t_{i+1/2})$: ステップ $t_{i+1/2}$ のコンクリート応力
 $\varepsilon_c(t_{i+1/2})$: ステップ $t_{i+1/2}$ のコンクリートひずみ(=測定値-温度ひずみ)
 $\varepsilon_{ct}(t_{i+1/2})$: ステップ $t_{i+1/2}$ のコンクリートの自由ひずみ
 $\phi(t_{i+1/2}, t_i)$: ステップ t_i で荷重開始したステップ $t_{i+1/2}$ におけるコンクリートのクリープ係数
 $E(t_i)$: ステップ t_i のコンクリートのヤング係数
 E_c : 材齢28日のコンクリートのヤング係数

図9に15Pと15EHにおける終局クリープ係数 ϕ_0 と $E(t_i)/E_c$ の関係を示す。実測していないステップにおける終局クリープ係数は実測値の近似式から求めた。step by step法は任意のステップから荷重開始した各ステップにおけるクリープ係数を求める必要があるため、式(2)に示すACI-209型のモデル式¹⁰⁾に求めた終局クリープ係数 ϕ_0 を代入し算出した。以下にモデル式を示す。

$$\phi(t_{i+1/2}, t_i) = \phi_0 \frac{(t_{i+1/2} - t_i)^{0.6}}{\beta + (t_{i+1/2} - t_i)^{0.6}} \quad (2)$$

ここで、

$$\beta = \alpha \exp \left[5.0 \frac{E(t_i)}{E_c} \right]$$

β : クリープの進行速度を決める係数
 α : 実測値に対応するように定める係数

5.2 実大有筋試験体における内部応力の経時変化

図10に断面平均拘束応力の経時変化を示す。実大有筋試験体における内部応力は、3調合とも凝結始発から約2日後で最大値を示し、15Pが最大で約6N/mm²であった。15Eは凝結始発から1日以降で15Pより約2N/mm²小さくなり、15EHは凝結始発から1日までは15Eより小さい値となった。それ以降は15Eと15EHの差が縮まり7日ではほぼ同じ値となった。

図11に温度応力の経時変化を示す。温度応力は調合の違いによる差が小さく、凝結始発から材齢とともに膨張から収縮に転じ、凝結始発から7日では柱中心が約1.2N/mm²の引張応力、柱側面で約1.8N/mm²の圧縮応力が生じた。

図12に内部応力の経時変化を示す。縦軸の正は引張側を示す。累加は凝結始発からの経過時間で合わせて行った。図中にひび割れが発生する限界の収縮応力とさ

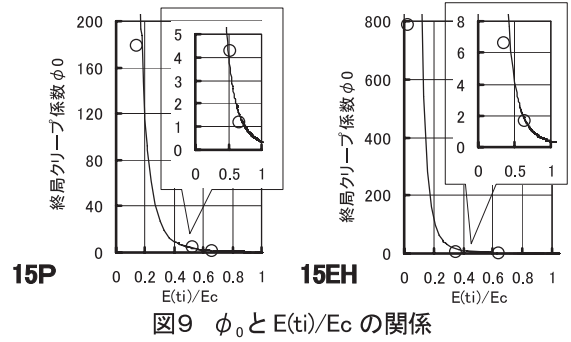


図9 ϕ_0 と $E(t_i)/E_c$ の関係

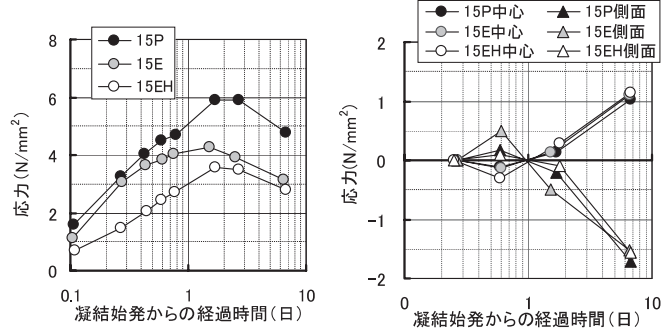


図10 断面平均拘束応力の経時変化

図11 温度応力の経時変化

れる割裂強度の70%(以下 $0.7\sigma_t$ と表記)の値を用いて比較した¹¹⁾。実大有筋試験体の中心における内部応力の最大値は、15Pが凝結始発から約1.5日で引張側に約6.0N/mm²、15Eも約1.5日で約4.5N/mm²、15EHは7日で約4N/mm²であった。

5.3 膨張材および収縮低減剤の効果

図12に示すように、柱中心の内部応力は凝結始発から1日未満では15Eは15Pより約0.5N/mm²、15EHは15Pより約2.0N/mm²小さく、膨張材を添加すると約10%、収縮低減剤を併用すると約50%の低減効果が見られた。凝結始発から1日以降では15Pおよび15Eの内部応力は減少傾向に転じ、15EHの内部応力は漸増した。15Eの内部応力は15Pより約1.5N/mm²、15EHは約1.8N/mm²小さい結果となり、膨張材のみで約25%、収縮低減剤を併用することで約30%の低減効果が確認された。側面付近でも凝結始発から1日以降では内部応力が大きく減少した。

5.4 ひび割れに関する検討

図13に実大有筋試験体に発生したひび割れ位置を示す。ひび割れ目視観察は試験体側面とコアボーリングによった。コアボーリングは材齢21日に断面の中央部と端部の2箇所を行った。15Pの中央部コアと端部コアにおいて柱脚から1150mm前後の高さ位置で水平方向にひび割れが確認された。側面の目視観察では、ひび割れ発生時期が明確ではないが、材齢21日において柱脚から1150mmの高さ位置に幅0.2mm程度のひび割れが確認された。15Eは

目視観察では試験体側面にひび割れが確認されなかったが、コアボーリングの結果、15Pと同様に中央部コアと端部コアで柱脚から1000mmの高さ位置で水平方向にひび割れが確認された。

内部応力の算定結果から、コアと試験体側面にひび割れが生じた15Pの中心および側面では凝結始発から約1.5日で約6.0N/mm²の引張応力が生じ、0.7 σ_t を2N/mm²上回った。コアのひび割れが確認された15Eの中心は凝結始発から約2日まで0.7 σ_t を上回り、側面は0.7 σ_t を下回った。以上から、内部応力の計算結果が0.7 σ_t を上回った場合、実際にひび割れていることに対応する結果となった。内部応力を推定した15EHについては、中心と側面も0.7 σ_t とほぼ同じ応力で推移しているため、ひび割れ発生の可能性も考えられ、今後詳細に検討する必要がある。

5.5 冬期と夏期の比較

本実験においては、実大無筋試験体の自己収縮ひずみは15Pと比較して13Pの方が大きい³⁾。しかし、凝結始発から1日までのヤング係数の発現は15Pの方が13Pより早い³⁾ため、コンクリートと鉄筋の付着は15Pの方が早期に大きくなることが考えられ、15Pは自己収縮ひずみが13Pより小さくても鉄筋による拘束応力が大きくなったと推測される。本実験結果において、若材齢時に内部応力に占める拘束応力の割合は大きく、冬期よりも夏期の方がひび割れは生じやすいと考えられる。

ひび割れ発生時期について、13Pは長期的に内部応力が増加し、ひび割れは凝結始発から10日前後に発生したと考えられ³⁾、15Pは凝結始発後0.3日頃から既に0.7 σ_t を越えており、若材齢時にひび割れが発生した可能性が高い結果となった。ひび割れが発生する時期は季節で異なり、冬期は夏期より遅れてひび割れが生じると考えられる。

§6. 結論

膨張材および収縮低減剤を用いた超高強度コンクリートに関して、若材齢時の力学特性と自己収縮挙動について分かった知見を以下にまとめる。

- ①無筋コンクリート試験体では、部材寸法が大きくなると自己収縮ひずみが大きくなるものの、膨張材および収縮低減剤の効果は部材寸法に関係無くほぼ一定であった。
- ②膨張材を添加することで自己収縮ひずみおよび内部応力が低減された。
- ③膨張材と収縮低減剤を併用することで自己収縮ひずみは更に低減され、内部応力は凝結始発から1日未滿で特

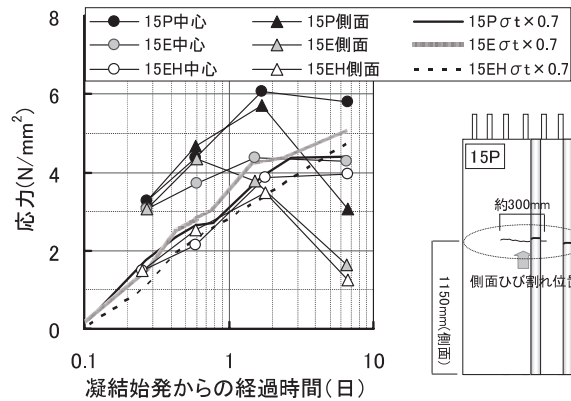


図 12 内部応力の経時変化

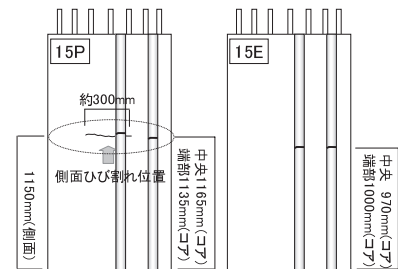


図 13 ひび割れ発生位置

に低減効果が大きい。

④膨張材および収縮低減剤を添加していない実大有筋試験体では中央断面付近の水平方向に試験体側面まで貫通するひび割れが、膨張材を添加した実大有筋試験体では中央断面付近の内部でひび割れが確認された。

⑤内部応力によるひび割れは夏期の方が冬期より発生しやすく、夏期は冬期よりも早期にひび割れが発生すると推測される。

謝 辞

本実験を実施するに当たり、貴重なご意見・ご指導を頂きました京都大学・渡邊史夫教授、呉工業高等専門学校・寺岡勝教授に深く感謝致します。また、(株)フジタ林和也氏、佐々木仁氏、佐藤幸博氏をはじめ建築研究部の皆様に多大なるご協力を頂きました。

参考文献

- 1)田澤栄一、宮澤伸吾:コンクリートの自己収縮ひずみの予測法に関する研究、土木学会論文集、No.571/V36, pp.211-219, 1997.
- 2)今本啓一、大谷博:超高強度鉄筋コンクリート架構試験体に生じたひび割れに関する一検討、日本建築学会論文報告集、No.495, pp.1-8, 1997.
- 3)片寄哲務、高森直樹、西田浩和、寺岡勝:高強度コンクリートの若材齢時における力学特性と自己収縮挙動、コンクリート工学年次大会論文集、Vol.28, No.1, pp.497-502, 2006.
- 4)片寄哲務、高森直樹、西田浩和、寺岡勝:高強度コンクリートの若材齢時における力学特性と自己収縮挙動、高強度コンクリート構造物の構造性能研究委員会報告集、2006(投稿中)
- 5)高森直樹、片寄哲務、西田浩和、寺岡勝:膨張材と収縮低減剤を用いた超高強度コンクリートの自己収縮挙動その1、その2、日本建築学会大会学術講演梗概集、2006(投稿中)
- 6)土木学会:コンクリート標準示方書(構造性能照査編)、pp.30-37, 2005.
- 7)橋田浩、黒田泰弘、山崎庸行:CEB-FIPモデルを改良した高強度コンクリート構造部材の力学特性発現モデル、日本建築学会構造系論文集、No.513, pp.9-14, 1998.
- 8)河野政典、樹田佳寛、上西隆、萩原伸治:自己収縮の温度依存性を考慮した高強度コンクリート柱部材の初期材齢時発生応力の解析、コンクリート工学年次論文集、Vol.22, No.2, pp.979-984, 2000.
- 9)寺岡勝、高森直樹、片寄哲務、西田浩和、渡邊史夫:超高強度コンクリートの若材齢時における力学特性に関する実験的研究-その1、その2-、日本建築学会大会学術講演梗概集、A-1, pp.363-366, 2005.
- 10)ACI-209Committee:Prediction of Creep, Shrinkage and Temperature Effects in Concrete Structure
- 11)牧角龍憲、徳光善治:コンクリートの乾燥収縮ひびわれ発生条件に関する研究、第5回コンクリート工学年次講演会講演論文集、pp.185-188, 1983



片寄 哲務

ひとこと

高品質・高機能な超高強度コンクリートの実物件への早期適用を目指して精進して行きます。