

論文 骨材粒径を考慮したコンクリートの乾燥収縮ひずみの予測手法に関する一考察

山田 一徳^{*1}・中村 士郎^{*2}・小田部 裕一^{*2}・寺西 浩司^{*3}

要旨: 収集した 9 種類のコンクリート用骨材の物性値から、複合則理論を用いてコンクリートの乾燥収縮ひずみを予測した。その結果、予測値と実測値の差が約 100×10^{-6} 以上生じるケースがあった。また、粒径の異なる骨材が骨材自身およびコンクリートの乾燥収縮ひずみに及ぼす影響を検討した。その結果、コンクリートの乾燥収縮ひずみは、細骨材粒径による影響が大きいことが分かった。さらに、複合則理論の入力値の一つであるセメントペーストの乾燥収縮ひずみに対して細骨材粒径の影響を考慮して補正を行う予測式を提案した。提案した予測式によって、コンクリートの乾燥収縮ひずみの予測精度が向上する傾向にあった。

キーワード: コンクリート, 骨材, 粒径, 乾燥収縮, 複合則理論, 早期予測

1. はじめに

コンクリート構造物における乾燥収縮ひび割れは、構造物の美観を損ねるとともに、耐久性、耐荷性の低下につながる。

コンクリートの乾燥収縮ひずみには、日本建築学会による 8×10^{-4} という上限値が設けられている。そのため、コンクリート製造者は、製造する配（調）合のコンクリートの乾燥収縮ひずみをあらかじめ把握する必要がある。

一般的に、コンクリートの乾燥収縮ひずみの評価には、JIS A 1129 に準拠して測定された乾燥材齢 182 日の長さ変化率の値が用いられる。しかし、この方法は、時間、手間およびコスト等がかかり、製造する全ての配（調）合のコンクリートに対して乾燥収縮ひずみを把握することは困難である。

一方、この方法とは異なるアプローチの一つとして、複合則理論に基づいたコンクリートの乾燥収縮ひずみの予測手法がある^{1),2)}。複合則理論の特徴は、骨材とセメントペーストの乾燥収縮ひずみおよび静弾性係数の入力値が得られれば、様々なコンクリートの配（調）合における乾燥収縮ひずみをシミュレーションできることである。筆者らは、コンクリートをセメントペースト、細骨材および粗骨材からなる 3 相材料とみなした複合則理論（以下、3 相複合モデル式という）に着目した³⁾。3 相複合モデル式を用いた予測手法に関する検討は、多くの研究者によって行われているが、その精度は様々である^{4),5),6)}。この原因は、①適切な入力値が与えられていない、②骨材粒径の影響による材料内部の微細ひび割れ^{7),8)}、③骨材界面の遷移帯の影響⁹⁾等が 3 相複合モデル式に考

慮されていないためだと考えられる。

筆者らのこれまでの報告⁴⁾では、岩種や産地の異なるコンクリート用骨材を収集し、3 相複合モデル式によるコンクリートの乾燥収縮ひずみの予測を行っている。また、骨材物性値から予測した細・粗骨材の乾燥収縮ひずみを 3 相複合モデル式の入力値とした場合におけるコンクリートの乾燥収縮ひずみの予測精度についても報告している。さらに、骨材を分級し粒径の異なる骨材自身およびコンクリートの乾燥収縮ひずみに与える影響についても報告している¹⁰⁾。そこで、本研究では、これらの既報の実験結果を再構成し、骨材粒径を考慮した 3 相複合モデル式の提案を試みた。

2. 3 相複合モデル式によるコンクリートの乾燥収縮予測

2.1 実験概要

(1) 試料とした骨材

本研究では、表-1 に示すような、岩種や産地が異なる 9 種類のコンクリート用骨材を試料とした。各骨材は、細骨材（骨材 A を除く）、粗骨材（2005）および人頭大岩石を入手した。なお、骨材 A のみ細骨材を入手できなかったため、粗骨材をジョークラッシュで破碎し、それらを粒度調整して細骨材とした。

(2) 骨材を対象にした試験

粗骨材の乾燥収縮試験では、既報の方法⁴⁾により、粗骨材の一部にゲージ長 2mm のひずみゲージを貼付した。そして、粗骨材を 3 週間程度吸水させた後、温度 $20 \pm 2^\circ\text{C}$ 、相対湿度 $60 \pm 5\%$ の恒温恒湿に静置し、データロガーでひずみを自動計測した。なお、試料は寸法 20~15mm 程度の骨材を無作為に 10 個選定した。

*1 住友大阪セメント（株） セメント・コンクリート研究所（正会員）

*2 住友大阪セメント（株） セメント・コンクリート研究所 博(工)（正会員）

*3 名城大学理工学部建築学科教授 博(工)（正会員）

表-1 試料とした骨材および試験結果一覧

記号	岩種	種別	表乾密度(g/cm ³)		絶乾密度(g/cm ³)		吸水率(%)		粗粒率	
			細骨材	粗骨材	細骨材	粗骨材	細骨材	粗骨材	細骨材	粗骨材
A	砂岩	碎石	2.56	2.60	2.49	2.54	3.00	2.25	2.57	6.69
B	石英斑岩	碎石, 砕砂	2.61	2.64	2.57	2.62	1.43	0.84	2.60	6.71
C	硬質砂岩	碎石, 砕砂	2.64	2.69	2.59	2.67	1.91	0.67	2.66	6.44
D	安山岩	碎石, 砕砂	2.55	2.61	2.50	2.59	2.13	0.95	2.52	6.82
E	硬質砂岩	碎石, 砕砂	2.65	2.69	2.61	2.66	1.68	0.95	2.72	6.77
F	花崗岩	碎石, 砕砂	2.64	2.66	2.61	2.63	1.18	0.84	2.31	6.81
G	石灰岩	碎石, 砕砂	2.60	2.69	2.54	2.67	2.40	0.57	2.46	6.70
H	石灰岩	碎石, 砕砂	2.70	2.64	2.64	2.69	0.97	0.37	2.37	6.77
I	石灰岩	碎石, 砕砂	2.77	2.67	2.67	2.74	1.90	1.10	2.35	6.59

表-2 コンクリートの配(調)合

W/C (%)	目標 空気量 (%)	目標 スランブ (cm)	s/a (%)	単位水量 (kg/m ³)	絶対容積 (ℓ/m ³)			AE 減水剤*2 (C×%)
					セメント*1	細骨材	粗骨材	
55	4.5±1.5	18±2.5	43.5	185	107	288	375	0.25

*1 セメント：普通ポルトランドセメント（密度 3.15g/cm³）

*2 AE 減水剤：リグニンスルホン酸化合物とポリオール複合体

気乾含水率の測定は、3 週間程度吸水させた細・粗骨材を恒温恒湿室内（温度 20±2℃、相対湿度 60±5%）に 3 週間程度静置した後、JIS A 1125 に準拠して含水率を測定した。その際、試料は細骨材で約 500g、粗骨材で約 5kg とし、試験は 1 回のみとした。

岩石コアの静弾性係数試験では、1 個の人頭大岩石からφ35mm のコアをコアドリルを用いて 3 本抜き取り、ダイヤモンドカッターで高さ 70mm に切断し供試体とした。コア供試体の側面 2 箇所にひずみゲージを貼付し、地盤工学基準「岩石の一軸圧縮試験方法基準」(JGS 2521) に準拠して静弾性係数を測定した。すなわち、応力-ひずみ曲線における一軸圧縮強度の 50% の応力の点と原点を結んだ勾配として得られる割線静弾性係数を求めた。

(3) コンクリートを対象にした試験

表-1 に示した 9 種類の砕砂、砕石を用いてコンクリート供試体を作製した。配(調)合は、骨材 A を使用したケースを基準とし表-2 のように定めた。

乾燥収縮ひずみの測定は、JIS A 1129-2「コンタクトゲージ法」(以下、JIS 法という)に準拠して行った。

2.2 試験結果

(1) 骨材を対象にした試験

試料 10 個の粗骨材の乾燥収縮ひずみの平均値を算出し、式(1)の双曲線関数により、最終乾燥収縮ひずみ $\epsilon_{sg\infty}$ および乾燥の進行速度を表す α 、 β の近似値を求め、その最終値を粗骨材の乾燥収縮ひずみ (以下、粗骨材の乾燥収縮ひずみ (粒) という) とした。

$$\epsilon_{sg}(t) = \epsilon_{sg\infty} \times \left(\frac{t}{\alpha + t} \right)^\beta \quad (1)$$

ここに、 t ：乾燥材齢(日)

$\epsilon_{sg}(t)$ ：乾燥材齢 t 日における乾燥収縮ひずみ ($\times 10^{-6}$)

$\epsilon_{sg\infty}$ ：最終収縮ひずみ ($\times 10^{-6}$)

α, β ：乾燥収縮の進行速度に関わる係数

図-1 に、粗骨材の乾燥収縮ひずみ (粒) を示す。粗骨材の乾燥収縮ひずみ (粒) は骨材 A (砂岩) が最も大きく、石灰石骨材 (G, H, I) が最も小さい値を示した。

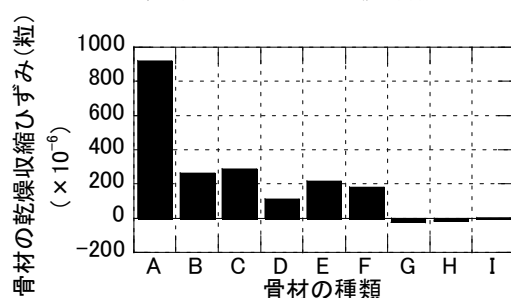


図-1 粗骨材の最終乾燥収縮ひずみ

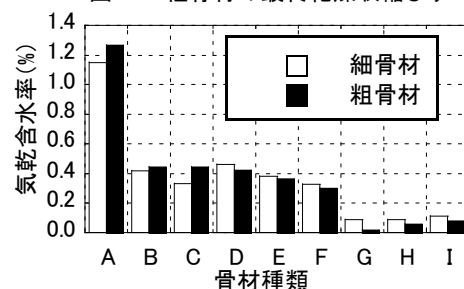


図-2 気乾含水率試験結果

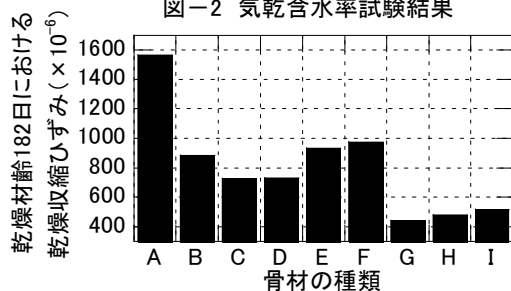


図-3 コンクリートの乾燥収縮試験結果

図-2 に、細骨材および粗骨材の気乾含水率試験結果を示す。細骨材および粗骨材の気乾含水率は、粗骨材の乾燥収縮ひずみ (粒) の結果と同様に、骨材 A (砂岩) が最も大きく、石灰石骨材 (G, H, I) が最も小さい値を示した。

(2) コンクリートを対象にした試験

図-3 に、乾燥材齢 182 日のコンクリートの乾燥収縮試験結果を示す。乾燥収縮ひずみは、使用した骨材により差が生じた。

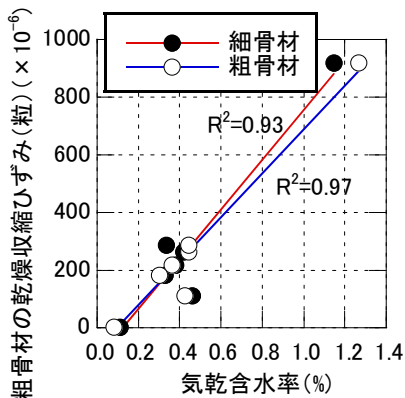


図-4 粗骨材の乾燥収縮ひずみ(粒)と骨材の気乾含水率の関係

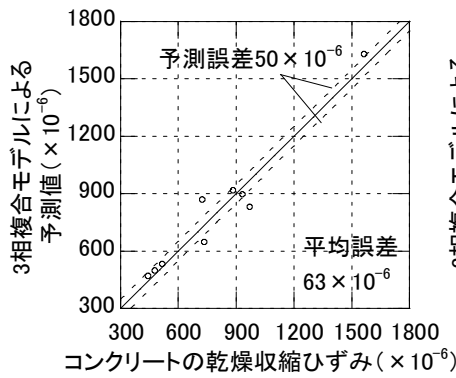


図-5 粗骨材の乾燥収縮ひずみ(粒)を入力値とした場合の予測結果

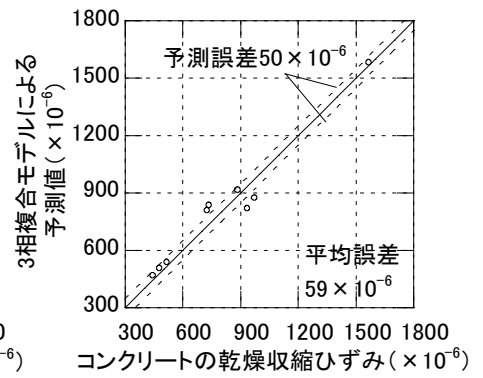


図-6 式(2)により算出した予測値を入力値とした場合の予測結果

2.3 粗骨材の乾燥収縮ひずみ(粒)と気乾含水率の関係

図-4に、粗骨材の乾燥収縮ひずみ(粒)と細・粗骨材の気乾含水率の関係を示す。同図より、両者の関係には、高い相関が認められたものの、一部の骨材では相関関係から大きく外れるものが認められた。この原因として、粗骨材の乾燥収縮ひずみ(粒)は、気乾含水率のみではなく、複数の骨材物性値が関連しているためであると考えられる。例えば、気乾含水率と安定性試験における損失質量分率を組み合わせることで、粗骨材の乾燥収縮ひずみ(粒)を精度よく予測できることを報告している¹¹⁾。しかし、本研究では、予測に必要な試験の容易さから骨材の乾燥収縮ひずみを気乾含水率のみから予測することとした。

また、粗骨材と異なり細骨材は粒が小さいため骨材自身の乾燥収縮ひずみの測定は困難である。さらに、粗骨材の乾燥収縮ひずみ(粒)と細骨材および粗骨材の気乾含水率の関係は概ね同様であったため、骨材の乾燥収縮ひずみは、粗骨材の乾燥収縮ひずみ(粒)と粗骨材の気乾含水率の関係から得られた式(2)のように表すこととした。

$$\varepsilon_{sa} = 759A - 62 \quad (2)$$

ここに、 ε_{sa} : 骨材の乾燥収縮ひずみの予測値($\times 10^{-6}$)
 A : 細・粗骨材の気乾含水率(%)

2.4.3 相複合モデル式によるコンクリートの乾燥収縮予測

3相複合モデル式を以下に示す。コンクリートの乾燥収縮に生じるメカニズム機構には諸説あるが、毛細管張力説を前提にして策定された式である³⁾。

$$\varepsilon_{sc} = \varepsilon_{sp} \frac{1 - (1 - m_s n_s) V_s - (1 - m_g n_g) V_g}{n_c} \quad (3)$$

$$n_c = \frac{E_c}{E_p} = 1 + \frac{2(n_s - 1)V_s}{n_s + 1 - (n_s - 1)(V_s + V_g)} + \frac{2(n_g - 1)V_g}{n_g + 1 - (n_g - 1)(V_s + V_g)} \quad (4)$$

$$E_p = 5.9 \frac{100}{W/C} + 4.2 \quad (5)$$

$$\varepsilon_{sp} = \frac{182}{2.31(0.322 \times W/C + 4.77) + 182} (86.3W/C + 54) \quad (6)$$

ここに、 ε_s : 乾燥収縮ひずみ($\times 10^{-6}$)

$$n_s = E_s / E_p, \quad n_g = E_g / E_p$$

$$m_s = \varepsilon_{ss} / \varepsilon_{sp}, \quad m_g = \varepsilon_{sg} / \varepsilon_{sp}$$

E : 静弾性係数(kN/mm^2), V : 骨材体積比

W/C : 水セメント比(%)

※ c, p, s, g は、それぞれコンクリート、セメントペースト、細骨材、粗骨材を表す。

本研究では、細・粗骨材の乾燥収縮ひずみの入力値を、粗骨材の乾燥収縮ひずみ(粒)とした場合、および式(2)から予測した値を用いた場合の2パターンで乾燥材齢182日におけるコンクリートの乾燥収縮ひずみを予測し、予測値とJIS法による実測値の差から予測精度を検証した。なお、ペーストの乾燥収縮ひずみおよび静弾性係数の入力値は、式(5)、式(6)に水セメント比55%を代入した値を用いた。また、細・粗骨材の静弾性係数の入力値は、岩石コアの静弾性係数の値⁴⁾を用いた。

図-5に、細・粗骨材の乾燥収縮ひずみの入力値に粗骨材の乾燥収縮ひずみ(粒)を用いた場合の予測結果とJIS法による実測値の関係を示す。また、図-6に、細・粗骨材の乾燥収縮ひずみの入力値に式(2)から予測した値を用いた場合の予測結果とJIS法による実測値の関係を示す。細・粗骨材の乾燥収縮ひずみの入力値を粗骨材の乾燥収縮ひずみ(粒)とした場合、予測値とJIS法による実測値の差の平均値(以下、平均誤差という)は、 63×10^{-6} となった。一方、予測式(2)の値を入力値とした場合、平均誤差は 59×10^{-6} となった。ただし、骨材種類によっては 100×10^{-6} 以上の予測誤差が生じるケースもあった。

これらの結果より、細・粗骨材の乾燥収縮ひずみの入力値に、粗骨材の乾燥収縮ひずみ(粒)、あるいは式(2)により予測した骨材の乾燥収縮ひずみを用いても両者は同等の精度でコンクリートの乾燥収縮ひずみを予測可能であることが分かった。

3. 骨材粒径がコンクリートの乾燥収縮に与える影響

昨今、骨材粒径がコンクリートの乾燥収縮ひずみ等に及ぼす影響の検討が多数なされている^{7),8),12)}。ここで、3

相複合モデル式には、骨材粒径に関する影響が考慮されていない。このことが原因で、コンクリートの乾燥収縮ひずみの予測精度が低くなった可能性がある。そこで、本章では、骨材粒径が骨材およびコンクリートの乾燥収縮ひずみに与える影響を検討することとした。

3.1 実験概要

(1) 試料とした骨材

表-1 に示した骨材の中から骨材 A, E, G の 3 種類の骨材を試料とした。そして、細・粗骨材を表-3 に示すように分級し単一粒度とした。

(2) 骨材を対象にした試験

気乾含水率試験は、2 章の方法と同一の方法により測定を行った。

(3) コンクリートを対象にした試験

表-3 に示した 3 種類の細・粗骨材の単一粒度・連続粒度骨材を用いて表-4 のように組み合わせた計 21 ケースのコンクリート供試体 (10×10×40cm) を作製した。コンクリートの調合およびコンクリートの乾燥収縮ひずみ測定方法は、2 章と同一とした。

3.2 試験結果

(1) 骨材を対象にした試験

図-7 に、単一粒度および連続粒度骨材の気乾含水率試験結果を示す。得られた結果より、単一粒度骨材の気乾含水率は、骨材 A および骨材 E で粒径が細くなると大きくなる傾向にあった。そして、その傾向は 5mm 以下で顕著であった。それに対して、骨材の乾燥収縮ひずみが小さい骨材 G では、粒径が変わっても気乾含水率はほとんど変わらなかった。このことから、粒径が気乾含水率に与える影響は、骨材種類によって異なることが分かった。

各単一粒度骨材の気乾含水率から式(2)により予測した骨材の乾燥収縮ひずみを図-8 に示す。骨材 A および骨材 E の乾燥収縮ひずみの予測値は、5mm 以下になると大きくなった。それに対して、骨材 G ではほとんど影響

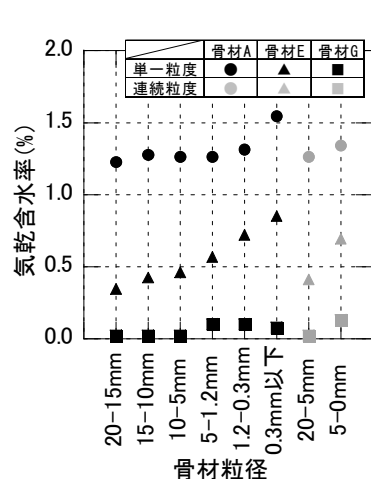


図-7 気乾含水率と骨材粒径の関係

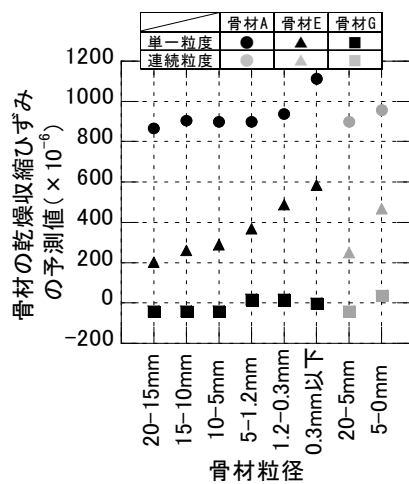


図-8 骨材粒径と骨材の乾燥収縮ひずみの関係

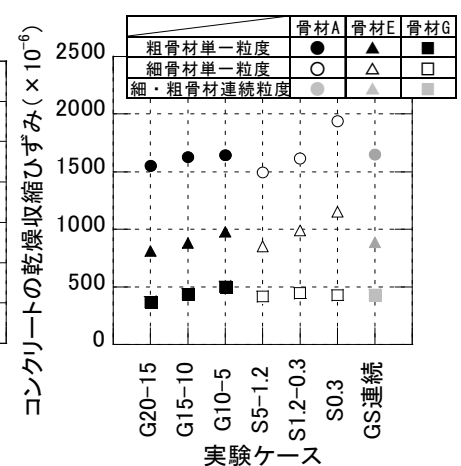


図-9 骨材粒径とコンクリートの乾燥収縮ひずみの関係

は認められなかった。

(2) コンクリートを対象にした試験

図-9 に、乾燥材齢 182 日におけるコンクリートの乾燥収縮ひずみを示す。同図より、粗骨材粒径が異なるケースにおけるコンクリートの乾燥収縮ひずみの差は比較的小さかった。それに対して、骨材 A および骨材 E の細骨材粒径が異なるケースでは、細骨材の粒径が小さくなるとコンクリートの乾燥収縮ひずみが大きくなった。このことから、コンクリートの乾燥収縮ひずみは、細骨材粒径の変化による影響が大きいことが分かった。

3.3 複合モデル式によるコンクリートの乾燥収縮予測

次に、細骨材粒径が異なるケースを対象に、3 相複合

表-3 実験ケース

骨材種類	骨材	粒度	粒径 (mm)	粗粒率
粗骨材	A, E, G	単一粒度	20~15	7.00
			15~10	7.00
			10~5	6.00
	A, E, G	連続粒度	20~5	6.69
				6.77
				6.70
細骨材	A	単一粒度	5.0~1.2	4.30
			1.2~0.3	2.53
			0.3以下	0.62
		連続粒度	5~0	2.57
				4.18
				2.59
	E	単一粒度	5.0~1.2	4.18
			1.2~0.3	2.59
			0.3以下	0.82
		連続粒度	5~0	2.72
				4.08
				2.60
G	単一粒度	5.0~1.2	4.08	
		1.2~0.3	2.60	
		0.3以下	0.44	
	連続粒度	5~0	2.46	

表-4 コンクリートの実験ケース

記号	骨材	骨材組合せ	
		粗骨材	細骨材
G20-15	A, E, G	20-15mm	連続粒度
G15-10		15-10mm	連続粒度
G10-5		10-5mm	連続粒度
S5-1.2		連続粒度	5-1.2mm
S1.2-0.3		連続粒度	1.2-0.3mm
S0.3		連続粒度	0.3mm 以下
GS 連続		連続粒度	連続粒度

モデル式により乾燥材齢 182 日におけるコンクリートの乾燥収縮ひずみの予測を行った。その際、細・粗骨材の乾燥収縮ひずみの入力値には、式(2)から予測した値を用いた。なお、細・粗骨材の弾性係数の入力値は、岩石コアの値を用いた。

図-10 に、細骨材粒径が異なるケースにおけるコンクリートの乾燥収縮ひずみの予測結果を示す。骨材 A および骨材 E では、骨材粒径が大きいほど予測値が過大となる傾向を示した。

4. 骨材粒径を考慮した 3 相複合モデル式の提案

既往の文献によると、(1)寸法の大きな単一粒度骨材を用いたコンクリートでは、乾燥によりペースト部分に内部ひび割れが発生した結果、乾燥収縮ひずみが小さく測定される⁷⁾、(2)骨材寸法が大きく、骨材体積比が大きくなるほど、乾燥によりペースト部に生じるひび割れ密度は大きくなる⁸⁾ という報告がなされている。本研究では、既往の報告や前章の結果を踏まえ、骨材粒径に応じて 3 相複合モデル式におけるペーストの乾燥収縮ひずみを補正することで予測精度の向上を図った。また、骨材粒径を表わすパラメータとしては、粗粒率を用いた。

4.1 ペーストの乾燥収縮と細骨材粗粒率の関係

図-10 における予測値と実測値の乖離をなくすために必要なペーストの乾燥収縮ひずみの入力値 ε'_{sp} を、式(3)を変形して得られた式(7)から算出した。その値と細骨材粗粒率の関係を図-11 に示す。同図より、骨材 A および骨材 E を用いたケースでは、細骨材粗粒率が大きくなるに従い乖離をなくすために必要なペーストの乾燥収縮は小さくなる結果となった。それに対して、骨材 G ではほとんど影響は認められなかった。したがって、骨材粒径の影響は、骨材の種類等によって異なることから、骨材種類毎にペーストの乾燥収縮ひずみを補正する必要があると考えられる。

$$\varepsilon'_{sp} = \frac{\varepsilon_{sc} n_c - \varepsilon_{ss} n_s V_s - \varepsilon_{sg} n_g V_g}{1 - V_s - V_g} \quad (7)$$

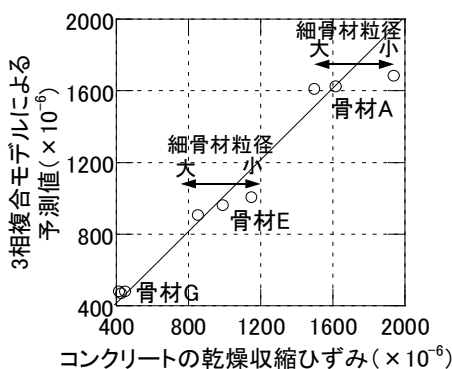


図-10 3相複合モデル式による乾燥収縮ひずみの予測結果

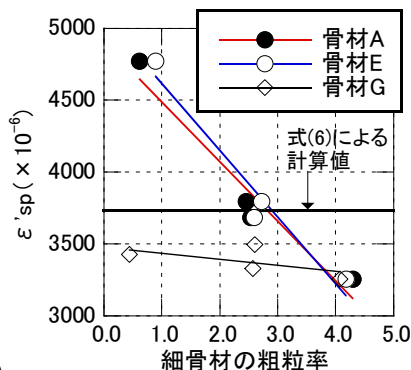


図-11 予測値と実測値の乖離をなくすために必要なペーストの乾燥収縮ひずみとFMの関係

ここに、 ε'_{sp} : 予測値と実測値が一致するペーストの乾燥収縮ひずみ($\times 10^{-6}$)

4.2 骨材粒径を考慮したペーストの乾燥収縮補正の提案

骨材粒径を考慮したペーストの補正乾燥収縮ひずみ ε''_{sp} は、式(8)に示すように、式(6)の ε_{sp} に補正係数 α を乗じることとした。また、前項の結果を踏まえ、細骨材の粗粒率 FM および細骨材の乾燥収縮ひずみと相関の高い気乾含水率 A_s を説明変数、補正係数 α を目的変数として重回帰分析を行った。その結果、得られた関係式を式(9)に示す。

$$\varepsilon''_{sp} = \alpha \times \varepsilon_{sp} \quad (8)$$

$$\alpha = -0.067FM + 0.120A_s + 1.067 \quad (9)$$

ここに、 ε''_{sp} : 骨材粒径を考慮したセメントペーストの補正乾燥収縮ひずみ($\times 10^{-6}$)

α : 補正係数

FM : 細骨材の粗粒率

A_s : 細骨材の気乾含水率(%)

以上の結果より、3 相複合モデル式に骨材粒径を考慮した提案式を以下に示す。なお、式(10)は、式(3)を変形し求めた式である。

$$\varepsilon_{sc} = \frac{\varepsilon''_{sp} (1 - V_s - V_g) + \varepsilon_{ss} n_s V_s + \varepsilon_{sg} n_g V_g}{n_c} \quad (10)$$

4.3 提案式の検証

図-10 に示した細骨材粒径が異なるケースを対象に、補正を導入した提案式(10)により予測した乾燥材齢 182 日におけるコンクリートの乾燥収縮ひずみを図-12 に示す。同図より、JIS 法との差の平均は、 45×10^{-6} となった。このことから、骨材粒径が極端なケースでも、高い精度で予測可能であることが分かった。

次に、表-1 に示した 9 種類の細・粗骨材を用いて、提案式の予測精度を検証した。その結果を、図-13 に示す。同図より、提案式を用いることによって、JIS 法との差の平均は、 40×10^{-6} となった。すなわち、従来の予

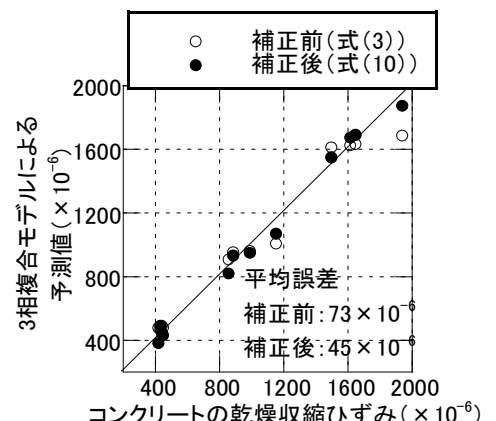


図-12 3相複合モデル式による乾燥収縮ひずみの予測結果

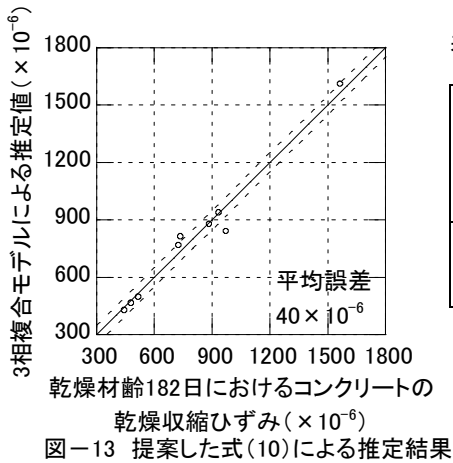


図-13 提案した式(10)による推定結果

測式を用いた図-5と比較して、予測精度が平均誤差で 23×10^{-6} 向上した。

表-5に、骨材Eを使用し、表-2の配(調)合を基に骨材量および水セメント比を変化させた場合における提案式の予測精度を検証した結果を示す。検証に用いた3ケースの内2ケースでは予測精度は向上した。一方、1ケースは、精度向上は認められなかった。検証に用いた実験ケースが少ないことから、今後さらに提案式の適用範囲に関する検証が必要であると考えられる。

5.まとめ

本研究で得られた知見を以下に示す。

- (1) 3相複合モデル式における細・粗骨材の乾燥収縮ひずみの値に、粗骨材の乾燥収縮ひずみ(粒)、あるいは、気乾含水率から予測した骨材の乾燥収縮ひずみを用いても両者は同等の精度でコンクリートの乾燥収縮ひずみを予測可能であることが分かった。
- (2) 一部のケースを除き、細骨材粒径が小さくなると、コンクリートの乾燥収縮ひずみは大きくなった。
- (3) 単一粒度の細骨材を用いたコンクリートの乾燥収縮ひずみの予測値は、粒径が大きいほど過大となる傾向を示した。
- (4) 3相複合モデル式におけるペーストの乾燥収縮ひずみを補正することで、細骨材粒径の影響を考慮した式を提案した。提案した式によってコンクリートの乾燥収縮ひずみを予測した場合、従来の方法より予測精度が向上する傾向にあった。

参考文献

- 1) G.Pickett: Effec of Aggregate on Shrinkage of Concrete and Hypothesis Concerning Shrinkage, Journal of the ACI, pp.581-590, 1956.1
- 2) 岸谷孝一, 馬場明生: 建築材料の乾燥収縮機構, セ

表-5 表-2の配(調)合をベースに骨材量および水セメント比を変化させた場合の予測精度

骨材種類	W/C (%)	骨材量 (ℓ/m^3)	s/a (%)	骨材組合せ		コンクリートの乾燥収縮ひずみ ($\times 10^{-6}$)		
				粗骨材	細骨材	実測値	予測値	
							従来式	提案式
E	55	687	43.5	連続粒度	1.2-0.3mm	1009	963	953
	45	663	43.5	連続粒度	5-1.2mm	786	870	798
	45	663	43.5	連続粒度	0.3mm以下	1117	971	1025

メント・コンクリート, No.346, pp.30-40, 1975.12

- 3) 寺西浩司, 佐藤嘉昭: 複合モデルを基盤としたコンクリートの乾燥収縮予測式, 日本建築学会構造系論文集, No.602, pp.21-28, 2006.4
- 4) 山田一徳, 中村士郎, 小田部裕一, 寺西浩司: 複合則理論によるコンクリートの乾燥収縮ひずみの推定, コンクリート工学年次論文集, Vol.35, No.1, pp.529-534, 2013
- 5) 清原千鶴, 佐藤嘉昭, 永松静也, 南本敬: 複合則理論を用いたコンクリートの乾燥収縮ひずみの推定, コンクリート工学年次論文集, Vol.26, No.1, pp.489-494, 2004
- 6) 田中希枝, 島弘: 骨材の乾燥収縮とヤング係数を用いたコンクリートの乾燥収縮に関する複合モデルの検証, 土木学会論文集, Vol.68, No.1, pp.72-82, 2012
- 7) 樋口優香, 寺西浩司: 乾燥に伴う内部ひび割れがコンクリートの乾燥収縮ひずみおよび力学的性質に及ぼす影響, コンクリート工学年次論文集, Vol.36, No.1, 2014
- 8) A.Idiart, J.Bisschop, A.Caballero, P.Lura: A numerical and experimental study of aggregate-induced shrinkage cracking in cementitious composites, Cement and Concrete Research, Vol.42, pp.272-281, 2012
- 9) 内川浩: セメントペーストと骨材の界面の構造・組織がコンクリートの品質に及ぼす影響, コンクリート工学, Vol.33, No.9, PP5-17, 1995
- 10) 山田一徳, 中村士郎, 寺西浩司: 骨材粒径が骨材およびコンクリートの乾燥収縮ひずみに与える影響, 日本建築学会大会学術講演梗概集(近畿), 2014
- 11) 山田一徳, 中村士郎, 鈴木宏信, 寺西浩司: 粗骨材の乾燥収縮ひずみの予測手法に関する一考察, 日本建築学会学術梗概集(北海道), 2013
- 12) 齊藤和秀, 小林竜平, 丸山一平, 寺西浩司: 骨材量と骨材寸法がコンクリートの乾燥収縮ひずみに与える影響, 日本建築学会学術梗概集, A-1, 材料施工, 2010