# 論文 二次回帰式および四次回帰式を用いたコンクリートの乾燥収縮率の 推定法

袴田 豊\*1・小山田 哲也\*2・藤原 裕介\*3・川代 すが子\*3

要旨:乾燥期間28日,42日および56日の実測乾燥収縮率を組み合わせ,重回帰分析することで,これまで に開発した推定法と比較して精度の高い推定乾燥収縮率を算出している。ただし,3種類の実測乾燥収縮率は 相関性が高く,多重共線性の懸念を抱えている。得られた推定乾燥収縮率は実測乾燥収縮率よりも小さく, 危険側にあることも少なくない。そこで本研究では,二次回帰式および四次回帰式を用いる推定法について 検討した結果,70日あるいは91日までの実測乾燥収縮率を四次回帰式に適用することで,精度が高く,実測 乾燥収縮率に比べてプラス側,すなわち安全側となる推定乾燥収縮率が多く得られることを明らかにした。 キーワード:二次回帰式,四次回帰式,乾燥収縮率,推定法,安全側

1. はじめに

建築工事標準仕様書・同解説 JASS5 鉄筋コンクリート 工事(以後, JASS5 と表記)<sup>1)</sup> 2009 年版に乾燥収縮率が 規定されたのを機に,岩手県生コンクリート工業組合(以 後,岩手工組と表記)では,組合員52工場のコンクリー トを用いる乾燥収縮率の推定法に着手し,乾燥期間182 日における乾燥収縮率の推定精度を向上してきた。

第一段階で開発したのは,推定式係数 a および b を用 いる双曲線の推定式に,乾燥期間 14 日および 28 日の実 測乾燥収縮率を適用することで,182 日までのすべての 乾燥期間の推定乾燥収縮率が求められる推定法 S である <sup>2)</sup>。第二段階では,52 例を対象とした推定式係数 a と乾 燥期間 182 日の実測乾燥収縮率は,比較的良好な相関性 を有することに着目した推定法 V を開発した<sup>2)</sup>。

第三段階では,乾燥期間 28 日と 182 日の実測乾燥収縮 率を双曲線に適用した場合,28 日の実測乾燥収縮率と相 関が高いのは推定式係数 b であることから,両者の関係 式を用いる推定法 T を開発した<sup>3)</sup>。第四段階では,乾燥 収縮率に影響を及ぼすと考えられる要因をいくつか抽出 し,これらの要因を組み合わせ重回帰分析することで推 定精度を高める推定法 U を開発した<sup>4)</sup>。

それぞれの推定法を 52 例に適用した場合,推定乾燥収 縮率と実測乾燥収縮率との差の標準偏差は,推定法 S が 152 μ,推定法 V では 64 μ,推定法 T では 44 μ,推定法 U では 30 μ と,着実に推定精度の向上を進めてきた。

そして、これまでに最も良好な推定結果を示したのは、 乾燥期間 28 日、42 日および 56 日の実測乾燥収縮率を組 み合わせ、重回帰分析することで得られる第五段階の推 定法 M である<sup>5)</sup>。推定乾燥収縮率と実測乾燥収縮率との 差の標準偏差は、28 日および 42 日の乾燥収縮率を組み 合わせる推定法 M<sub>1</sub>が 32 µ, 42 日および 56 日の実測乾 燥収縮率を組み合わせる推定法 M<sub>2</sub>で 21 µ, 28 日と 42 日および 56 日の実測乾燥収縮率を組み合わせる推定法 M<sub>3</sub>で 20 µ と,ここでも推定精度の向上を進めてきた。

これらの推定法を、58 例のコンクリートに新たに適用 したところ,推定乾燥収縮率と実測乾燥収縮率との差の 標準偏差は、 $M_1$ が 38 $\mu$ ,  $M_2$ および  $M_3$ がともに 22 $\mu$ と なり、52 例のコンクリートとほぼ同じ推定精度が得られ ることを確認した。とはいえ、重回帰分析に用いたこれ らの実測乾燥収縮率は、互いに近接しているため相関が 高く、推定乾燥収縮率が実測乾燥収縮率とは異なる恐れ のある多重共線性の懸念を抱えている。さらに、得られ た推定乾燥収縮率の多くが実測乾燥収縮率に比べて小さ く、危険側の領域にあることも明らかとなった。そこで 本研究では、これらの問題点を改善するために、二次回 帰式および四次回帰式を用いる新たな推定法について検 討することとした。

#### 2. 実験の概要

#### 2.1 骨材の物性およびコンクリートの配合

ー連の推定法の開発で用いた 52 例のコンクリートの 代表的物性として,絶乾密度および吸水率を表-1 に示 す。乾燥収縮試験に用いる供試体は 10×10×40cm の角 柱供試体とし,いずれも実際に出荷されている生コンク リートを対象として,個々の生コン工場で作製した。52 例のコンクリートの配合を表-2 に示す。コンクリート の種類は,呼び強度 30,スランプ 18cm,粗骨材の最大 寸法 20mm,普通ポルトランドセメントの使用を標準と したが,当日の出荷の都合で呼び強度 36 が 3 例,33 が 2 例含まれている。スランプについては,1 例が 15cm であ

\*1 岩手県生コンクリート工業組合 中央技術センター 博士(工学) (正会員) \*2 岩手大学 工学部社会環境工学科准教授 博士(工学) (正会員) \*3 岩手県生コンクリート工業組合 中央技術センター

る。供試体は、乾燥しないように型枠に入れたまま、翌 日,試験を行う岩手工組・中央技術センター(盛岡市) に搬入した。直ちに脱型後、試験開始材齢の7日まで20 ±2℃の水槽で水中養生した後, JIS A 1129-3 に示される ダイヤルゲージ方法を用いて乾燥収縮率の測定を開始し た。測定は翌日の1日から開始し、3日、5日と初期の測 定を行い,28日までは8期間,42日以降は56日,70日 および 91 日と続け、182 日までは 7 期間、合わせて 15 期間で実施した。

推定法の検証用として用いた 58 例のコンクリートの 配合を, 表-3 に示す。粗骨材の最大寸法に 40mm が含 まれており、10×10×40cmの角柱供試体の成形に当たっ ては, 25mm のふるいでウェットスクリーニングを行っ た。コンクリートの呼び強度は30を基本としたが、JASS5 を基準とした 52 例とは異なり、21 から 60 まで、多様な コンクリートが含まれている。したがって、水セメント 比や単位水量および単位セメント量の範囲は,基準の52 例よりも比較的大きい。供試体の搬入場所、乾燥収縮率 の測定方法,乾燥収縮率の測定期間は,52 例の場合と同 ーである。ただし、JISA 1129-3 に示されるダイヤルゲー ジ方法を用いて乾燥収縮率を測定しているとはいえ、52 例のコンクリートはそのすべてを横型(写真-1)によ る測定器で、58例のコンクリートについてはそのほとん どを縦型による測定器(写真-2)で測定している。な お、参考文献 5)における 2014 年の報告の際にも、この 方法で測定している。ただし、ダイヤルゲージの目量は, 横型および縦型いずれも 0.001mm を基準としており,同 一の測定精度を有する。



よる乾燥収縮率の測定



写真-2 縦型測定器に よる乾燥収縮率の測定

表-1 52 例で用いられた骨材の代表的物性

	<b></b> (石質)			使用工場	絶	乾密度(g/cn	n³)	吸水率(%)			
裡類(11頁)			(箇所)	(箇所)	最大	最小	平均	最大	最小	平均	
		砂	25	50	2.64	2.40	2.54	4.67	1.30	2.41	
ýш		(硬質)石灰岩	5	16	2.69	2.61	2.64	1.93	0.22	1.00	
神母	砕砂	(硬質)砂岩	4	7	2.74	2.61	2.64	1.81	1.01	1.30	
月材		輝緑岩	1	4	2.81	2.78	2.80	1.98	1.68	1.77	
. F.1		(硬質)粘板岩	3	4	2.67	2.60	2.62	1.98	1.11	1.67	
		安山岩	2	3	2.80	2.67	2.74	1.47	0.93	1.13	
		砂利 25mm	11	19	2.68	2.41	2.58	4.11	1.16	1.82	
1/11	74	輝緑岩	3	11	2.94	2.90	2.92	0.78	0.46	0.61	
租 骨 材		(硬質)石灰岩	4	9	2.69	2.59	2.67	1.44	0.32	0.61	
	千石	(硬質)粘板岩	3	4	2.75	2.69	2.72	0.83	0.57	0.66	
	Ύ́́́́	(硬質)砂岩	3	4	2.71	2.66	2.67	0.85	0.56	0.69	
		安山岩	3	3	2.77	2.52	2.65	3.28	0.31	1.76	

表-2 52 例のコンクリートの配合

	粗骨材の	スランプ	水セメント比	細骨材率		単位量(	(kg/m³)	
項目	最大寸法		W/C	s/a	水	セメント	細骨材	粗骨材
	(mm)	(cm)	(%)	(%)	W	С	S	G
最大値	25	18	53.0	52.7	189	491	975	1068
最小値	20	15	37.5	39.3	164	313	668	861
平均值	—		46.7	45.8	177	381	794	974
標準偏差	—		3.27	3.26	6.38	28.84	68.55	49.19
変動係数	-	—	7.00	7.12	3.60	7.57	8.63	5.05

表-3 58 例のコンクリートの配合

	粗骨材の	スランプ	水セメント比	細骨材率		単位量(	(kg/m³)	
項目	最大寸法		W/C	s/a	水	セメント	細骨材	粗骨材
	(mm)	(cm)	(%)	(%)	W	С	S	G
最大値	40	18	62.5	54.3	195	630	1003	1126
最小値	20	12	27.0	39.6	155	234	668	843
平均値	—	—	50.7	48.0	177	352	854	958
標準偏差	—	—	6.61	3.37	8.54	57.03	75.08	63.61
変動係数	—	—	13.04	7.01	4.83	16.18	8.79	6.64

### 3. 乾燥収縮率の推定結果および考察

# 3.1 推定法 M2 および M3 を適用した推定乾燥収縮率

はじめに、これまでで最も良好な推定結果を示した推 定法 M<sub>2</sub>および M<sub>3</sub>に着目し,得られた推定乾燥収縮率と 実測乾燥収縮率を比較検討する。図-1に,52例を対象 とした推定法M<sub>2</sub>およびM<sub>3</sub>による推定乾燥収縮率と実測 乾燥収縮率との差を、標準偏差の20µ毎に区切り、それ ぞれの範囲に占める割合を示した。同様に図-2には, 58 例を対象とした結果を示した。52 例を対象とした図ー 1 では、M2および M3による推定乾燥収縮率はいずれも 実測乾燥収縮率に対し、プラス側およびマイナス側の領 域にほぼ同じ割合で分布している。一方 58 例を対象とし た図-2では、M2および M3による推定乾燥収縮率のう ち,7割を超える推定乾燥収縮率はマイナス側,すなわ ち危険側の領域にある。推定乾燥収縮率は実測乾燥収縮 率とほぼ同一になることが理想的ではあるが、推定乾燥 収縮率が実測乾燥収縮率と異なるにしても、その多くは プラス側,すなわち安全側の領域にあることが望ましい。

さらに、M<sub>2</sub>およびM<sub>3</sub>の推定乾燥収縮率を求める回帰 式のうち、乾燥期間28日の乾燥収縮率の係数がいずれも マイナスとなっており、多重共線性の兆候が表れている。 回帰式を構成する説明変数のうち、切片を含む説明変数 の標準誤差が係数に比べて小さく、誤差や偶然による結 果であるかを判断するP値は有意水準5%を下回ってい る。1%を大幅に下回る説明変数もあり、これらの結果が 推定精度を高めたと考えられ、これまでに実測乾燥収縮 率と大きく異なる推定乾燥収縮率は得られていない。と はいえ、回帰式に重回帰分析の兆候が表れているのは紛 れもない事実であり、新たな推定法の開発が必要である。 3.2 二次回帰式および四次回帰式を用いた推定法の開発

これらの問題点を改善する手法として着目したのが、 二次回帰式および四次回帰式の採用である。Exp などの 通常の指数関数や双曲線などの収束する関数とは異なる 二次回帰式および四次回帰式を採用した理由は、物理的 に収束しない性質を有するこれらの回帰式によって求め られる推定乾燥収縮率が、実測乾燥収縮率に対して安全 側となるのではないかと考えたからである。ただし、こ れらの回帰式の適用に当たっては、工夫が必要である。 図-3 には、横軸を乾燥期間とし縦軸を乾燥収縮率とす る通常のグラフを用い,乾燥期間28日までの乾燥収縮率 に二次回帰式を適用した一例を、JASS5の乾燥収縮率の 基準値 8×10<sup>-4</sup>以下(849μ以下)と併せて示した。これ による回帰式は、右上がりのグラフとなっており、右下 がりの実測乾燥収縮率とは異なる。四次回帰式を適用し た場合にも勾配がさらにきつくなり、同様の傾向を示す ことから、通常のグラフに二次回帰式あるいは四次回帰 式を適用することは、乾燥収縮率の推定に適さない。



図-1 推定法 M<sub>2</sub> および M<sub>3</sub>を 52 例のコンクリートに適 用した推定乾燥収縮率と実測乾燥収縮率との差の割合



図-2 推定法 M<sub>2</sub> および M<sub>3</sub>を58 例のコンクリートに適 用した推定乾燥収縮率と実測乾燥収縮率との差の割合

ただし図-4 に示すように、横軸を乾燥収縮率とし、縦 軸を乾燥期間とする通常とは異なるグラフを用い、乾燥 期間 28 日までの乾燥収縮率に二次回帰式あるいは四次 回帰式を適用すると、回帰式の推移はいずれも実測乾燥 収縮率と同様に右下がりの傾向を示す。さらに、回帰式 を適用する実測乾燥収縮率の設定を変えることで、回帰 式の勾配が異なり、実測乾燥収縮率に近似した回帰式が 得られる可能性もある。そこで二次回帰式については、 設定する乾燥期間を、5 日を起点として、10 日、14 日、 21 日、28 日、42 日および56 日までの6水準とし、実測 乾燥収縮率と比較する検討を行った。四次回帰式につい ても5 日を起点とし、21 日、28 日、42 日、56 日、70 日 および91 日までの6水準として検討を加えた。

図-5に、6種類の乾燥期間の乾燥収縮率に適用した 二次回帰式の推移を示す。二次回帰式は、一般に式(1)に よって示される。推定乾燥収縮率の算出に当たっては、 二次方程式の解の公式を用いて式(1)を展開し、式(2)によ



図-3 横軸を乾燥期間とし縦軸を乾燥収縮率とする通 常のグラフに二次回帰式を適用した一例



図-5 6種類の実測乾燥収縮率に適用した二次回帰式

って求めた。図-6に、6種類の乾燥収縮率に適用した 四次回帰式の推移を示す。四次回帰式は、一般に示され る式(3)を用いた。

 $Y = a + bX + cX^2 \tag{1}$ 

$$X = \frac{-b \pm \left(b^2 - 4a(c - Y)\right)^{1/2}}{2c}$$
(2)

$$Y = a + bX + cX^2 + dX^3 + eX^4$$
(3)

ここに、Y:乾燥期間(日)、X:乾燥収縮率(μ)、
 *a*, *b*, *c*, *d*および*e*:係数

四次方程式を用いた乾燥収縮率の算出は,四次方程式の 解の公式としてフェラリ法を用いることもできるが,こ こでは図-6を用いて乾燥期間である Y が 182(日)と なるような X を推定できることから,得られた回帰式に 任意の値を代入して求めた。



図-4 横軸を乾燥収縮率とし縦軸を乾燥期間とするグ ラフに二次回帰式および四次回帰式を適用した一例



図-6 6種類の実測乾燥収縮率に適用した四次回帰式

表-4に、一連の二次回帰式と四次回帰式の係数およ びこれらの回帰式によって求められた推定乾燥収縮率と 実測乾燥収縮率との差を一例として示す。二次回帰式の 場合でも四次回帰式の場合でも、乾燥期間が10日あるい は21日までと短い場合には推定乾燥収縮率は実測乾燥 収縮率に比べて小さく、乾燥期間が増えるにつれて推定 乾燥収縮率は徐々に大きくなる傾向を示す。ただし、二 次回帰式と四次回帰式ではその勾配が異なるため、実測 乾燥収縮率と近似する乾燥期間は異なる。二次回帰式の 場合には42日で、四次回帰式の場合には56日がこれに 相当する。このような推定を、52例のコンクリートおよ び検証用の58例のコンクリートで行った。

図-7に、58例の二次回帰式を適用したN28,N42お よびN56における推定乾燥収縮率と実測乾燥収縮率との 差を、20µ毎の標準偏差に区切り、それぞれの範囲に占 める割合を示した。同様に図-8には、58例の四次回帰 式を適用したP56,P70およびP91における結果を示し た。二次回帰式を適用した図-7では、N28がマイナス

\/ <del>\/</del> \/ <del>/</del>	乾燥期間	和思			回帰式の係	数	推定乾燥収	乾燥期間	実測乾燥収	推定值-実測値	
扒敪	(日)	記方	а	b	С	d	е	縮率(µ)	(日)	縮率(µ)	(μ)
	5 <b>~</b> 10	N10	59.54	-7.025E-01	2.267E-03	-	-	434	182	746	-312
	5 <b>~</b> 14	N14	63.29	-5.503E-01	1.314E-03	-	-	576	182	746	-170
	5~21	N21	67.04	-5.405E-01	1.178E-03	-	-	617	182	746	-129
二次	5 <b>~</b> 28	N28	70.53	-5.055E-01	9.795E-04	-	_	683	182	746	-63
	5 <b>~</b> 42	N42	72.83	-4.652E-01	8.178E-04	-	-	747	182	746	1
	5 <b>~</b> 56	N56	73.82	-4.357E-01	7.243E-04	-	-	790	182	746	44
	0~182	N182	16.98	-2.015E-01	5.293E-04	-	_	780	182	746	34
	5~21	P21	67.18	-1.493E+00	1.173E-02	-3.670E-05	4.072E-08	490	182	746	-256
	5 <b>~</b> 28	P28	71.09	-1.111E+00	6.563E-03	-1.564E-05	1.358E-08	619	182	746	-127
	5 <b>~</b> 42	P42	74.32	-1.031E+00	5.381E-03	-1.120E-05	8.543E-09	690	182	746	-56
四次	5~56	P56	76.58	-9.702E-01	4.580E-03	-8.525E-06	5.869E-09	748	183	746	2
	5 <b>~</b> 70	P70	77.53	-1.011E+00	4.916E-03	-9.463E-06	6.700E-09	731	182	746	-15
	5~91	P91	75.31	-1.015E+00	5.104E-03	-1.013E-05	7.330E-09	722	182	746	-24
	0~182	P182	-0.96	1.299E-02	3.845E-04	-1.397E-06	1.769E-09	739	182	746	-7

表-4 一連の二次回帰式および四次回帰式の係数と推定乾燥収縮率の一例



図-7 二次回帰式を58例のコンクリートに適用した推 定乾燥収縮率と実測乾燥収縮率との差の割合

側の領域に分布する割合が多いのに対して,N42および N56 はプラス側の領域が多い。しかも、推定乾燥収縮率 と実測乾燥収縮率との差はいずれも大きく,+20μから -20 µ あるいは+40 µ から-40 µ の比較的精度の高い割合 が少ない。一方,四次回帰式を適用した図-8では,P56, P70およびP91いずれも+20μから-20μあるいは+40μか ら-40μの領域の割合が多く,推定精度が高い。しかも, P70 および P91 は、いずれもプラス側の領域に分布して いる割合が多く,本研究の目的としていた実測乾燥収縮 率に比べて推定乾燥収縮率が大きくなる傾向も見てとれ る。52 例のコンクリートに二次回帰式あるいは四次回帰 式を適用した場合にも、結果は図-7および図-8とほ ぼ同様であり、四次回帰式を適用した場合には推定精度 が高く,推定乾燥収縮率は実測乾燥収縮率に比べてプラ ス側の領域に多くが分布している。なお、参考文献 5)で は、推定法 U を適用した場合、高強度コンクリートの推 定乾燥収縮率と実測乾燥収縮率との差が大きく異なった ことを報告しているが、四次回帰式を用いる本推定法を



図-8 四次回帰式を58例のコンクリートに適用した推 定乾燥収縮率と実測乾燥収縮率との差の割合

適用した場合,両者の差は 56 日では-50 μ と大きいもの の,70 日で9μ,91 日では-2μ となっており,推定精度 に配合の影響は表れていない。

表-5 に、二次回帰式および四次回帰式を適用した推 定乾燥収縮率と実測乾燥収縮率との差を、最大値や最小 値などに着目して示す。前述したように、二次回帰式を 適用した場合には、いずれも最大値が四次回帰式と比較 して大きく推定精度に劣る。標準偏差でいえば、N56 が N28 および N42 と比較して 42.6 µ と小さいものの、最大 値 177 µ を示す例もあり、現時点では乾燥収縮率の推定 に二次回帰式を適用する方法には無理がある。ただし、 図-5 に示したグラフを、52 例あるいは 58 例ごとに見 ていくと、いずれかの乾燥期間で実測乾燥収縮率と近似 している例がある。ただし、現時点ではこの乾燥期間を 特定するのは困難であり、今後の検討課題である。

一方,四次回帰式を適用した場合には,P56 の最大値 が 52 例および 58 例いずれも 100 µ を上回っており,標 準偏差も P70 あるいは P91 に比べて大きく,推定精度に

		52	!例のコ、	ンクリー	$\mathbb{P}$	58 例のコンクリート						
項目	二次回帰式			四次回帰式			二次回帰式			四次回帰式		
	N28	N42	N56	P56	P70	P91	N28	N42	N56	P56	P70	P91
最大値 (μ)	113	169	177	106	84	62	143	171	174	105	67	81
最小値 (μ)	-150	-40	1	-89	-48	-24	-216	-100	-43	-83	-54	-17
平均値 (μ)	-41	42	72	-5	11	23	-42	32	69	-5	-14	21
標準偏差(μ)	60.7	48.4	42.6	41.7	30.6	19.3	84.1	60.6	47.5	39.1	28.0	21.8

表-5 二次回帰式および四次回帰式を適用した推定結果

劣る結果となっている。これに比べて, P70 あるいは P91 の標準偏差は小さく,推定精度は良好である。ただし, これらの標準偏差が小さいといっても、測定上の配慮が 欠かせない。図-9は、91日における乾燥収縮率が大き くなったために推定乾燥収縮率も大きくなり,表-5 で 最大値81μを示した例である。この例に限らず、本推定 方法は、実測乾燥収縮率に回帰式を適用して推定乾燥収 縮率を求める方法であることから、実測乾燥収縮率の良 し悪しが推定乾燥収縮率に直結する。乾燥収縮率の測定 に当たっては、測定方法に留意するとともに、測定室の 温度や相対湿度の管理範囲を,通常よりも厳しい 20± 1.0°C(管理状況の一例: 2014年2月,供試体の静置場所 全体を15秒間隔で24時間おきに巡回した測定結果:平 均値 20.2℃, 範囲 19.8~20.8℃) および 60±3% (同年月 の測定結果:平均値 59.8%,範囲 57~63%)に設定する など、管理をより厳密に行う必要があると言える。

なお、通常の指数関数や双曲線などの収束する関数と は異なり、収束しない二次回帰式および四次回帰式を用 いているため、乾燥期間 182 日以降の推定乾燥収縮率が 実測乾燥収縮率と大きく乖離することは明白である。182 日以降の乾燥収縮率は測定していないが、二次回帰式お よび四次回帰式の適用はあくまでも 182 日の乾燥収縮率 を安全側に推定するためのもので、182 日以降の推定に は適さないことに留意することが必要である。

## 4. まとめ

乾燥期間5日を起点とし,56日までの実測乾燥収縮率 を二次回帰式に,91日までの実測乾燥収縮率を四次回帰 式に適用して推定乾燥収縮率を求めた結果,明らかにな った点は次のとおりである。

- (1) 横軸に乾燥収縮率を,縦軸に乾燥期間を設定して回 帰式を適用することで,実測乾燥収縮率の推移と同 様の傾向を示すグラフとなる。
- (2) 二次回帰式を適用した場合,182日の実測乾燥収縮率 に近似する推定乾燥収縮率は得られるものの,推定 精度の高い乾燥期間を特定するには至っていない。
- (3)70日あるいは91日までの実測乾燥収縮率を四次回帰 式に適用すると,推定精度が高く,実測乾燥収縮率 に比べて大きくなる推定乾燥収縮率が得られる。
- (4) 本推定方法は、実測乾燥収縮率の結果が推定乾燥



図-9 乾燥期間91日における乾燥収縮率が大きくなっ たために推定乾燥収縮率が大きくなった一例

収縮率に直接的に影響を及ぼすことから,乾燥収縮率 の測定に留意するとともに,測定室の温度および相対 湿度の管理も厳密に行う必要がある。

なお、本研究は岩手工組に設置されているワーキング グループが行ったものであり、連名者以外のメンバーは 次のとおりである。高橋潤吉(花北生コン(株))、中澤岩男 (岩手工組・中央技術センター)、細野清(同)、山内茂樹(岩 手工組・県南技術センター)、作間晋吾(同)、菊地雄二(同)。

### 参考文献

- 社団法人日本建築学会:建築工事標準仕様書・同解 説 JASS5 鉄筋コンクリート工事,2009.2
- 3) 高橋潤吉ほか:乾燥材齢1~4週の実測乾燥収縮率を 双曲線に適用したコンクリートの乾燥収縮率の早期 推定法,第17回生コン技術大会研究発表論文集, pp.215-220,2013.4
- 4) 袴田豊ほか: 双曲線の推定式と重回帰分析を組み合わせたコンクリートの乾燥収縮率の早期推定法に関する検討, コンクリート工学年次論文集, Vol.35, No.1, pp.559-564, 2013.7
- 5) 袴田豊ほか: コンクリートの乾燥収縮率の推定法改 善に関する解析的検討, コンクリート工学年次論文 集, Vol.36, No.1, pp.496-501, 2014.7