

論文 高炉スラグ微粉末を使用したコンクリートの強度発現性状に及ぼす 湿潤養生期間の影響に関する研究

松沢 友弘^{*1}・榎田 佳寛^{*2}・檀 康弘^{*3}

要旨：高炉スラグ微粉末を使用したコンクリートの、湿潤養生打切り、すなわち型枠脱型後の強度発現性状を、現場条件下および恒温室内において実験し、所定の強度を得るための型枠存置期間に関する強度発現を予測する推定式を提案し、施工管理手法の確立に寄与することを目的とした。本報では、実測値より求めたポテンシャル強度に対する封かん a 日の圧縮強度の比、ポテンシャル強度に対する a 日脱型 91 日圧縮強度の比、前者を材齢 t で微分した強度発現速度の 3 パラメータを用い、3 次元の回帰式で表すことで、湿潤養生打切り後の強度発現を予測する式を提案した。

キーワード：高炉スラグ微粉末、湿潤養生期間、構造体コンクリート、両端開放、強度発現性状

1. はじめに

資源の枯渇化という環境問題が現実味を帯びてきた近年、社会は省資源・循環型社会へ向けた動きが活発になっており、セメント・コンクリート分野では、産業廃棄物の有効利用が図られるようになってきている。高炉セメントや高炉スラグ微粉末を使用したコンクリートも、二酸化炭素排出抑制に繋がるとして利用が推奨されている。

コンクリートが所要の性能を発揮するためには湿潤養生が必要であり、JASS 5¹⁾にはセメント種類、計画供用期間の級に応じて必要な湿潤養生期間が、材齢 3~10 日の範囲で定められている。また、早強、普通および中庸熟ポルトランドセメントについては、材齢によらずとも短期および標準の場合、圧縮強度が 10N/mm²、長期および超長期の場合は 15N/mm² になれば湿潤養生を打ち切ることができる定められている。一方、高炉セメントや高炉スラグ微粉末を使用したコンクリートについては、湿潤養生期間は 7~10 日と定められているが、打ち切ることができる圧縮強度については調査、研究が少なく、ポルトランドセメントの場合のような規定はない。コンクリートは、湿潤養生を終了した時点で直ちに強度増進が停止するわけではなく、その後もコンクリート内部で水和反応が継続し、強度は増進する。その強度発現性状は、湿潤養生終了時点での強度発現速度にも依存し、湿潤養生の期間がそれに影響を及ぼすものと考えられる。

本研究では、高炉スラグ微粉末を使用したコンクリートにおいて、湿潤養生打切り、すなわち型枠脱型後の強度発現は、湿潤養生終了時の強度と養生打切り時の強度発現速度が影響されるものと考え、現場条件下および恒

温室内において実験し、所定の強度を得るための型枠存置期間に関する強度発現を予測する推定式を提案し、施工管理手法の確立に寄与することを目的とした。

2. 実験概要

表-1 に実験の要因と水準を、表-2 に使用材料を、表-3 にコンクリートの調合を示す。実験は、現場条件下での実験(以下シリーズ I)と恒温室内実験(以下シリーズ II)の 2 シリーズ行った。調合は、シリーズ I, II 共通で、高炉スラグ置換率 42%で水結合材比 50%の BB50、高炉スラグ置換率 42%で水結合材比 60%の BB60、高炉スラグ置換率 27%で水結合材比 60%の BA60 の 3 調合とした。また、シリーズ I では春・夏・秋・冬の各季節で水中養生、現場封かん養生、構造体から切り取ったコア、

表-1 要因と水準

		要因	水準
シリーズ I		結合材種類	普通ポルトランドセメント + 高炉スラグ微粉末
		水結合材比(%)	50,60
		スラグ置換率(%)	27,42
		目標スランプ(cm)	18±2.5
		目標空気量(%)	4.5±1.5
		養生条件	水中、現場封かん、構造体、両端開放
シリーズ I	供試体寸法 (mm)	構造体	600×600×200
		その他	φ100×200
	試験材齢(日)	脱型時(4材齢),28,91	
シリーズ II		結合材種類	普通ポルトランドセメント + 高炉スラグ微粉末
		水結合材比(%)	50,60
		スラグ置換率(%)	27,42
		目標スランプ(cm)	18±2.5
		目標空気量(%)	4.5±1.5
		養生条件	水中、封かん、両端開放
	供試体寸法(mm)	φ100×200	
	試験材齢(日)	3,5,7,10,28,56,91	

*1 (株)フローリック (正会員)

*2 宇都宮大学大学院 工学研究科地球環境デザイン学専攻地球環境デザイン学コース 教授 博(工) (正会員)

*3 新日鐵高炉セメント (株) (正会員)

表-2 使用材料と品質

	使用材料	記号	品質
シリーズ I	普通ポルトランドセメント	OPC	密度:3.16g/cm ³ 、比表面積:3310cm ² /g
	高炉スラグ微粉末	BS	密度:2.90g/cm ³ 、比表面積:4000cm ² /g
	大井川産川砂	S	表乾密度:2.51g/cm ³ 、吸水率:1.99%
	青梅産硬質砂岩砕石	G	表乾密度:2.66g/cm ³ 、吸水率:0.77%
	AE減水剤	WR	リグニンスルホン酸
	空気運行情剤	AE	アルキルエーテル系陰イオン界面活性剤
シリーズ II	普通ポルトランドセメント	OPC	密度3.15g/cm ³ 、比表面積3350cm ² /g
	高炉スラグ微粉末	BS	密度2.90g/cm ³ 、比表面積4000cm ² /g
	玄界灘産海砂	S	表乾密度2.58g/cm ³ 、吸水率1.52%
	門司産砕石	G	表乾密度2.72g/cm ³ 、吸水率0.36%
	AE減水剤	WR	リグニンスルホン酸
	空気運行情剤	AE	アルキルエーテル系陰イオン界面活性剤

表-3 コンクリート調合

調合名	W/B (%)	スラグ置換率 (%)	s/a (%)	単用量 (kg/m ³)					化学混和剤		
				W	C	BS	S	G	WR (B*)	AE (A)	
シリーズ I											
BB50	50	42	41.1	173	201	145	690	1046	0.01	1.0	
BB60	60	42	42.7	173	167	121	737	1046	0.01	2.5	
BA60	60	27	42.9	173	210	78	740	1046	0.01	2.5	
シリーズ II											
BB50	50	42	44.6	180	209	151	752	993	0.25	0.75	
BB60	60	42	46.2	180	174	126	803	993	0.25	0.75	
BA60	60	27	46.3	180	219	81	806	993	0.25	0.75	

表-4 シリーズ I に対応するシリーズ II の養生環境条件

シリーズ I		シリーズ II	
記号	養生環境条件	記号	養生環境条件
SPo	春期	SAi	20°C・60%RH一定
Ao	秋期		
SUo	夏期	Si	30°C・60%RH一定
Wo	冬期	Wi	10°C・60%RH一定

表-5 湿潤養生打切り設定材齢一覧

調合記号	養生環境	養生環境条件	湿潤養生打切り設定材齢						
			2d	3d	5d	7d	10d	14d	
シリーズ I	外気中 (o)	春期(SPo)	○	○	○	○	-	-	
		夏期(SUo)	○	○	○	○	-	-	
		秋期(Ao)	-	-	○	○	○	-	
		冬期(Wo)	-	-	-	○	○	○	
シリーズ II	恒温湿室内 (i)	10°C(Wi)	-	○	○	○	○	-	
		20°C(SAi)	-	○	○	○	○	-	
		30°C(SUi)	-	○	○	○	○	-	

円柱供試体両端開放の4種類の養生とし、シリーズIIは図-4に示したシリーズIに対応する養生条件下で、水中養生、封かん養生、円柱供試体両端開放の3種類とし、それぞれ所定の材齢で圧縮強度を試験し、強度発現性を比較した。設定した湿潤養生打切り材齢の一覧を表-5に示す。脱型材齢は7日を基準として各々設定した。シリーズIでは、打込み時の温度が高い春期・夏期は材齢2,3,5,7日で脱型とし、早期での脱型とし、打込み時の温度が低い冬期では材齢5,7,10,14日での脱型とした。なお、冬期でも比較的強度発現の大きいと推定されるBB50は材齢3,5,7,14日での脱型とした。また、シリーズIIでは全条件共通で材齢3,5,7,10日での脱型とした。

構造体コンクリートの概要と両端開放の概要を、図-1、図-2にそれぞれ示す。構造体コンクリートは、構造壁の最低レベルと考えられる厚さ20cmとし、表-5に示された材齢にて型枠脱型を行い、材齢28,91日にそれぞれ3本ずつコアを採取して構造体の圧縮強度を試験した。両端開放は、鋼製型枠で表-5に示された脱型時期すな

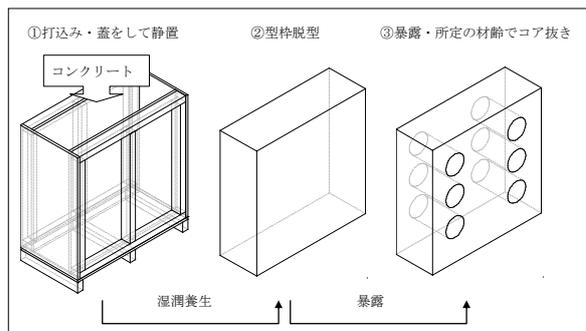


図-1 構造体コンクリート概要

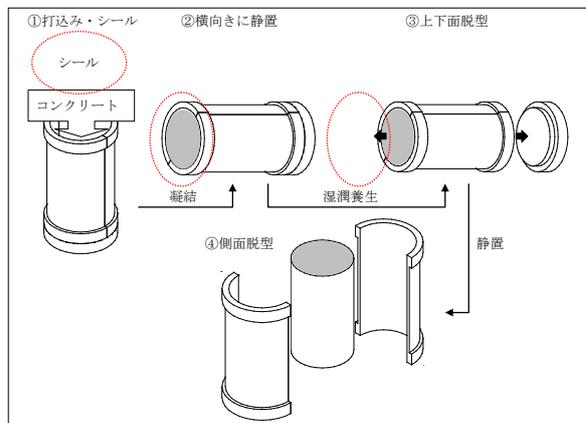


図-2 両端開放概要

わち湿潤養生打切り時期と同時期に上下面のみを脱型し、横向きに静置することにより、構造体コンクリートと類似の強度発現性を与えるようにした。ブリーディング終了後に横置きとし、所定の材齢で上下面脱型後、再び横置き静置とし養生を行った。脱型時の圧縮強度の判定は、封かん養生供試体を用いて圧縮試験を行った。

また、乾燥が強度に影響すると考えられるため、シリーズIの春期・夏期・冬期およびシリーズII全環境条件にて、円柱供試体両端開放の質量を脱型時より所定の材齢で測定し、質量減少を計測した。

対象とするコンクリート圧縮強度は、一般的なRC建築構造物に用いられている普通強度の20~30N/mm²のコンクリートを対象として実験を行った。

3. 実験結果

図-3に、各シリーズ、各調合、各環境温度条件における、封かん養生および両端開放の圧縮強度と材齢の関係を示す。

3.1 シリーズ I

両端開放供試体の圧縮強度は、脱型材齢が遅くなるに従って、全体として材齢28日および91日における長期強度の増進が大きくなっている。標準期である春期と秋期では、脱型時圧縮強度は同等であっても、材齢28,91日と長期になるに従って、養生温度が高くなっていく春期の方が大きな圧縮強度を示している。また、初期材齢

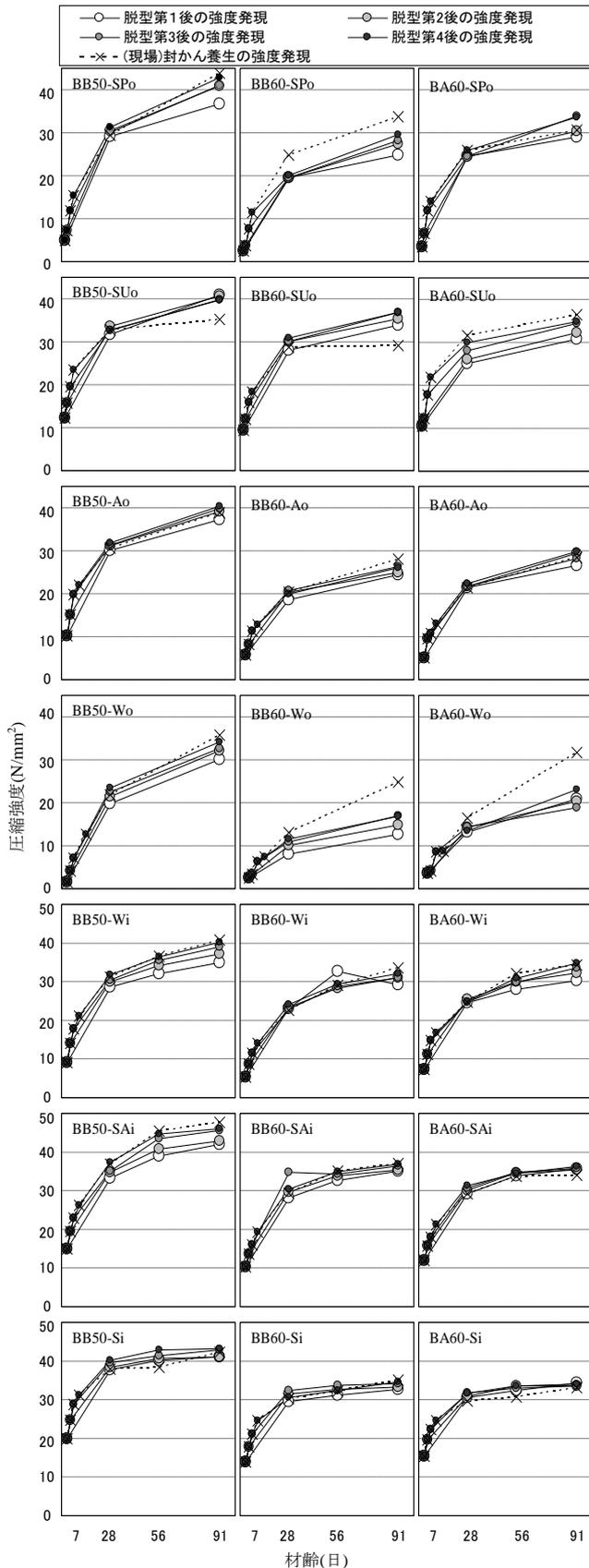


図-3 封かん及び両端開放の圧縮強度と材齢の関係

では BA60 の方が BB60 よりも大きくなっているが、長期材齢では BB60 の方が大きな圧縮強度となっていた。

図-4 に、シリーズ I における両端開放 28,91 日圧縮

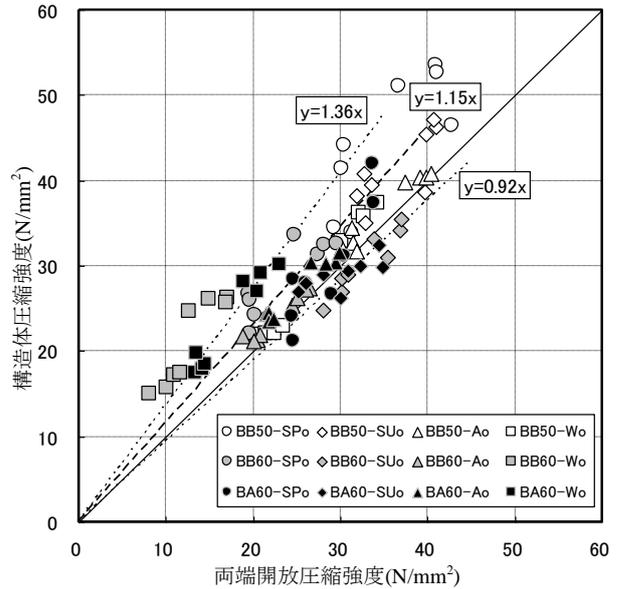


図-4 両端開放と構造体の圧縮強度関係(シリーズ I)

強度と構造体 28,91 日圧縮強度の関係を示す。図-4 の破線は平均値を、点線は平均値±標準偏差の範囲を示す。両端開放強度に対する構造体強度比は平均で 1.15 倍であり、0.94~1.36 倍に分布している。このことは、脱型後の強度発現の評価において、構造体強度が両端開放強度よりも 1.15±0.21 倍であることを示している。このことから、せき板を除去した後の構造体コンクリートの強度発現は、両端開放供試体の強度で見れば、概ね安全側に評価されることがわかる。

3. 2 シリーズ II

全体的に各々の温度条件の強度増進は、シリーズ I での対応する季節の強度増進とほぼ同傾向を示した。両端開放冬期温度条件 10°C の BB60, BA60 では、シリーズ I の冬期の場合よりも高い強度増進性が見られるが、温度 10°C、湿度 60%RH 一定により、初期材齢における急激な乾燥等が生じず、強度増進への影響がなかったためと考えられる。

4. 考察

4. 1 湿潤養生打ち切り後の強度発現の推定方法の検討

3. の結果を用いて、材齢 a 日にて湿潤養生を打ち切った供試体の材齢 91 日圧縮強度を、封かん供試体の湿潤養生打ち切り時の圧縮強度 σ_{Fa} およびその時点の強度発現速度 $d/dt \cdot (\sigma_{Fa})$ を用いて推定できる可能性を検討した。 σ_{F91} は、構造体の 91 日圧縮強度を用いるより、シリーズ I・II 共通で、かつ、安全側に評価できる両端開放 91 日圧縮強度の値が有効であると判断した。なお、調合や各種条件によりポテンシャル強度が異なるため、比較が容易となるように全ての検討はポテンシャル強度 σ_{F91} に対する圧縮強度の比を用いて行った。3つのパラメータ

表-6 シリーズ I の近似定数一覧

養生環境	定数	BB50				BB60			BA60		
		W	SP	SU	A	SP	A	SP	SU	A	
外気中 (o)	A	0.034	0.017	-0.034	-0.019	0.006	0.005	-0.029	-0.025	-0.004	
	B	0.097	0.144	0.355	0.319	0.226	0.208	0.378	0.324	0.261	
	C	-0.118	-0.002	0.104	-0.063	-0.119	-0.036	-0.153	0.048	-0.098	
相関	R ²	0.993	1.000	0.995	0.998	0.993	0.998	0.998	0.992	0.996	
	R	0.996	1.000	0.997	0.999	0.997	0.999	0.999	0.996	0.998	

表-7 シリーズ II の近似定数一覧

養生環境	定数	BB50			BB60			BA60		
		W	SA	S	W	SA	S	W	SA	S
恒温湿室内(i)	A	-0.009	-0.001	-0.032	0.014	-0.004	-0.029	0.000	-0.021	-0.033
	B	0.279	0.214	0.324	0.171	0.246	0.338	0.236	0.324	0.333
	C	-0.075	0.071	0.157	-0.046	-0.011	0.057	-0.045	0.002	0.142
相関	R ²	1.000	0.996	0.987	1.000	0.993	0.995	0.996	0.992	0.995
	R	1.000	0.998	0.993	1.000	0.997	0.997	0.998	0.996	0.997

をそれぞれ ${}_oF_a/{}_oF_{91}=X$, $d/dt \cdot ({}_oF_a/{}_oF_{91})=Y$, ${}_aF_{91}/{}_oF_{91}=Z$ とおき, 3 変数の関係について検討することとした。なお, BB60-SU_o は, 封かん養生供試体の 91 日強度の増進がなく, ポテンシャル強度となり得ないと考えられ, また BB60-W_o, BA60-W_o は, 脱型後の初期養生期間中に急激な乾燥など, 何らかの影響があり, 初期強度発現および長期強度が停滞し, ポテンシャル強度に比較して極めて低い値であったので, ここでは除去して考察することとした。

4. 2 湿潤養生打切り時の強度発現速度勾配の算定

${}_oF_a/{}_oF_{91}$ および ${}_aF_{91}/{}_oF_{91}$ は実測値より得られるが, $d/dt \cdot ({}_oF_a/{}_oF_{91})$ は実測値ではなく封かん養生時の材齢 t と $F_t/{}_oF_{91}$ の関係曲線における湿潤養生打切り材齢 a 日時点の折線の勾配である。そこで, 実測値の回帰で得た近似的な曲線を微分することにより, $d/dt \cdot ({}_oF_a/{}_oF_{91})$ を求める。近似曲線については, 一般的に標準養生での強度発現は $\log t$ 式で示される場合が多い。ただし, 封かん養生時や乾燥を受ける場合等は長期強度発現が低下し易く, 十分な相関が得られないため, 高次化による検討の結果, ごく初期の材齢を除いて $\log t$ の 2 次式で高い相関が得られた。そこで最小二乗近似法より(1)式を用い, 定数 A, B, C を求めた。

$$f(t) = A(\log t)^2 + B(\log t) + C \quad (0 < t \leq 91) \quad (1)$$

ここで, t : 材齢(日), A, B, C: 実験値より定まる定数とする。

表-6, 表-7 に本実験により求めた定数を示す。次に(1)式を微分して得られた(2)式に $t=a$ を代入し, (4)式に示す様に, $d/dt \cdot ({}_oF_a/{}_oF_{91})$ を求めた。

$$f'(t) = \frac{2A(\log t)}{t} + \frac{B}{t} \quad (0 < t \leq 91) \quad (2)$$

$$f'(a) = \frac{d}{dt} \left(\frac{{}_oF_a}{{}_oF_{91}} \right) \quad (3)$$

表-8 シリーズ I の X, Y, Z 値一覧

材齢 (日)	BB50				BB60			BA60		
	W _o	SP _o	SU _o	A _o	SP _o	A _o	SP _o	SU _o	A _o	
X	2	-	0.115	0.350	-	0.075	-	0.115	0.291	-
	3	0.044	0.165	0.448	0.265	0.113	0.208	0.218	0.336	0.181
	5	0.115	0.271	0.557	0.388	0.227	0.293	0.387	0.489	0.339
	7	0.198	0.351	0.668	0.510	0.342	0.401	0.457	0.600	0.382
	10	-	-	-	0.567	-	0.454	-	-	0.460
	14	0.356	-	-	-	-	-	-	-	-
	28	0.612	0.672	0.931	0.789	0.737	0.726	0.845	0.866	0.753
	91	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Y	2	-	0.084	0.154	-	0.117	-	0.169	0.145
3		0.057	0.061	0.093	0.093	0.079	0.073	0.105	0.090	0.084
5		0.041	0.040	0.049	0.052	0.049	0.045	0.057	0.049	0.050
7		0.033	0.030	0.032	0.035	0.035	0.032	0.038	0.033	0.035
10		-	-	-	0.023	-	0.023	-	-	0.024
14		0.020	-	-	-	-	-	-	-	-
28		0.012	0.009	0.005	0.007	0.009	0.009	0.007	0.006	0.008
91		0.004	0.003	0.001	0.002	0.003	0.003	0.001	0.001	0.003
Z		2	-	0.835	1.162	-	0.734	-	-	0.847
	3	0.841	0.933	1.154	0.960	0.813	0.867	0.948	0.886	0.935
	5	0.896	0.936	1.130	1.007	0.835	0.890	0.995	0.945	1.034
	7	0.914	0.976	1.126	1.024	0.876	0.937	1.106	0.957	0.994
	10	-	-	-	1.040	-	0.924	1.100	-	1.049
	14	0.955	-	-	-	-	-	-	-	-

表-9 シリーズ II の X, Y, Z 値一覧

材齢 (日)	BB50			BB60			BA60			
	W _i	SA _i	S _i	W _i	SA _i	S _i	W _i	SA _i	S _i	
X	3	0.225	0.314	0.473	0.158	0.278	0.398	0.215	0.352	0.464
	5	0.345	0.409	0.584	0.259	0.367	0.509	0.328	0.460	0.593
	7	0.435	0.480	0.683	0.344	0.434	0.599	0.430	0.528	0.672
	10	0.516	0.551	0.740	0.418	0.520	0.699	0.488	0.625	0.741
	28	0.763	0.774	0.898	0.671	0.795	0.864	0.721	0.859	0.898
	56	0.895	0.954	0.908	0.864	0.949	0.918	0.933	0.991	0.928
	91	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Y	3	0.199	0.163	0.195	0.154	0.183	0.210	0.181	0.212	0.201
	5	0.115	0.098	0.102	0.099	0.108	0.112	0.108	0.117	0.105
	7	0.080	0.070	0.066	0.074	0.076	0.074	0.077	0.079	0.068
	10	0.055	0.049	0.041	0.054	0.053	0.047	0.054	0.052	0.042
	28	0.018	0.017	0.009	0.021	0.018	0.012	0.019	0.015	0.010
	56	0.008	0.009	0.003	0.012	0.009	0.004	0.010	0.006	0.003
91	0.005	0.005	0.001	0.007	0.005	0.002	0.006	0.003	0.001	
Z	3	0.856	0.881	0.972	0.869	0.946	0.932	0.884	1.050	1.036
	5	0.912	0.899	0.972	0.923	0.954	0.946	0.939	1.041	1.015
	7	0.956	0.956	1.014	0.923	0.984	0.974	0.977	1.053	1.015
	10	0.983	0.966	1.021	0.955	0.997	0.986	1.015	1.067	1.027

ここで, a: 任意の材齢(日)とする。

4. 3 湿潤養生打切り後の強度予測手法の検討

シリーズ別に求めた X, Y, Z の値を表-8, 表-9 に, 3 つのパラメータ間の関係を図-5 から図-7 に示す。

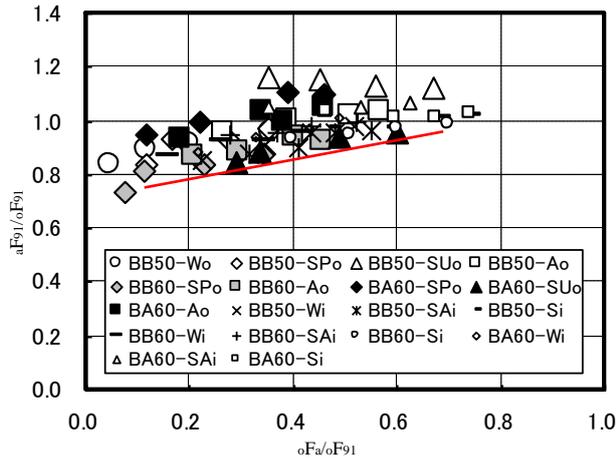


図-5 oF_a/oF_{91} と aF_{91}/oF_{91} の関係

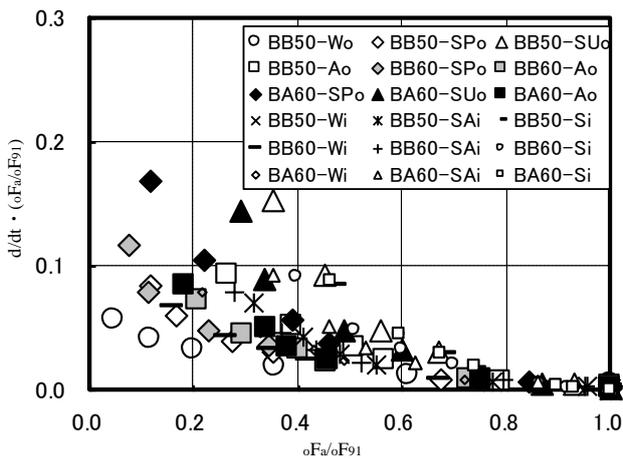


図-6 oF_a/oF_{91} と $d/dt \cdot (oF_a/oF_{91})$ の関係

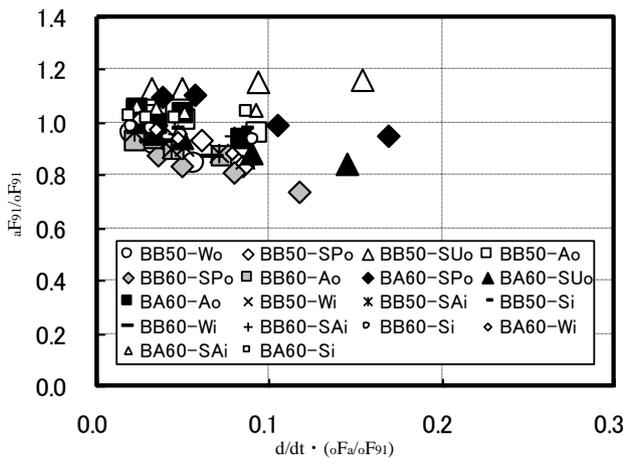


図-7 $d/dt \cdot (oF_a/oF_{91})$ と aF_{91}/oF_{91} の関係

X と Z の関係は図-5 に示すように、Z の値が湿潤養生期間が 28 日や 56 日と長期の場合 1.0 を上回っているものもあるが、これは含水率が低くなると表面が乾燥し、見かけ上圧縮強度が増加するとの報告²³⁾もあり、そのことが主な要因であると考えられる。図中の直線は、全点の下限値の目安となる線を引いたものであるが、 $oF_a/oF_{91} < 0.7$ の範囲において、調査及び養生環境条

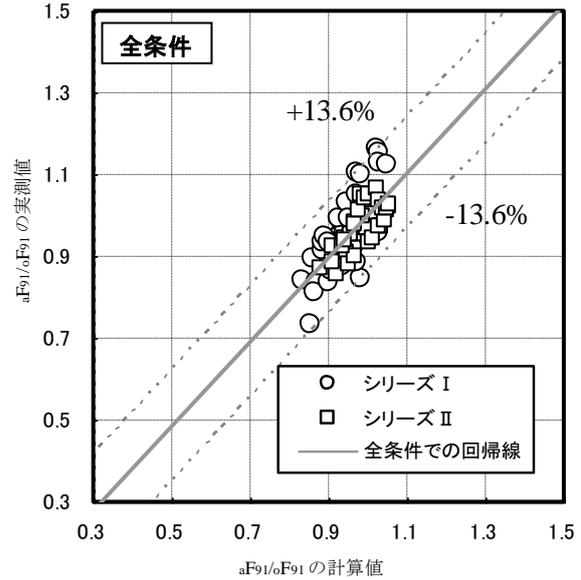


図-8 aF_{91}/oF_{91} 計算値と実測値の関係

件ごとに oF_a/oF_{91} の低下に伴い aF_{91}/oF_{91} も単調に低下する線形的関係にあり、概ね直線的と見て線形回帰可能と推定できる。

X と Y の関係は図-6 に示すように、 oF_a/oF_{91} の増加に伴い $d/dt \cdot (oF_a/oF_{91})$ が小さくなる傾向がある。 $oF_a/oF_{91} \geq 0.7$ の範囲では $d/dt \cdot (oF_a/oF_{91})$ は小さい値で変化が小さく、 $oF_a/oF_{91} < 0.7$ で大きな変化を確認できる。また $oF_a/oF_{91} \leq 0.1$ の範囲は圧縮強度にして約 4.4 N/mm^2 以下と、脱型するには極めて低い値であり、データも少なく、強度発現の検討は $0.1 \leq oF_a/oF_{91} < 0.7$ に限定して行うことが妥当であると考えられる。

Y と Z の関係は図-7 に示すように、 $d/dt \cdot (oF_a/oF_{91})$ が小さいほど aF_{91}/oF_{91} が大きくなる一様な関係が認められ、図-5 同様、一部で曲線的な傾向もあるが、概ね直線回帰可能と考えられる。

以上の考察の結果、X と Z および Y と Z の関係を回帰する上で、概ね線形的であり、一部曲線傾向を示すものも $oF_a/oF_{91} < 0.7$ の範囲だけ見ると直線回帰にて相関性が認められたため、全て直線にて回帰することが有効であると判断した。それにより、Z は X と Y により定まる関数であるとし、X と Z および Y と Z が線形関係にある場合、交互作用を考慮して Z は(4)式にて表すことができる。

$$Z = \alpha XY + \beta X + \gamma Y + \delta \quad (4)$$

ここで、 $\alpha, \beta, \gamma, \delta$: 実験値より定まる定数とする。全条件の実験値を最小二乗近似法で(4)式にて回帰し、それぞれのケースで得られた定数を表-10 に示す。

表-10 回帰式における全条件の定数

定数	α	β	γ	δ
全条件	2.016	0.288	0.007	0.814

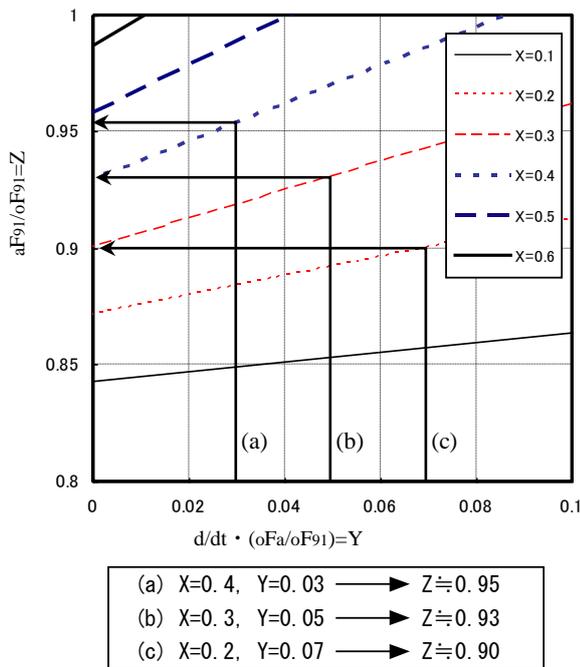


図-9 回帰式における $d/dt \cdot (0F_a/0F_{91})$ と $aF_{91}/0F_{91}$ の関係および使用例のチャート

図-8 に全条件における回帰式にて求めた $aF_{91}/0F_{91}$ の計算値と実測値の関係を示す。実測値は計算値 $\pm 13.6\%$ の 2σ 限界範囲にほぼ分布している。これは実強度レベル 36N/mm^2 で換算して約 4.9N/mm^2 となり、回帰式は実用的精度があると考えられる。また、この手法では、回帰式はセメントの種別毎に定まり、調合や養生温度に因らないとの報告⁴⁾があり、本実験では高炉スラグ微粉末混合セメント(Bセメント)において本手法使用の妥当性が確認された。

次に、表-10の結果より、全条件の定数を用いて(5)式にて検討の一例を示す。

$$Z = 2.016XY + 0.288X + 0.007Y + 0.814 \quad (5)$$

(5)式をグラフで表すと3次元空間における曲面であるが、簡略化し $0F_a/0F_{91}(=X)$ の値に対応する $d/dt \cdot (0F_a/0F_{91})(=Y)$ と $aF_{91}/0F_{91}(=Z)$ の関係および使用例を図-9に示す。ここで、強度発現率95%以上($aF_{91}/0F_{91} \geq 0.95$)を必要基準とすると、図-5で示した下限線より、 $0F_a/0F_{91} \approx 0.6$ 程度と読み取れるため、 $aF_{91}/0F_{91}$ の要検討範囲は $0F_a/0F_{91} \leq 0.6$ とした。

そこで、 $0.1 \leq 0F_a/0F_{91}(=X) \leq 0.6$ の範囲で定め、 $X=0.1$ から $X=0.6$ まで0.1毎の直線を示した。この様な図で(a)の場合、 $X=0.4$ 時点での Y の値が $Y=0.03$ であるとする、 $Z \geq 0.95$ となり、 $aF_{91}/0F_{91}$ が95%以上確保できると推

定でき、(b)の場合、 $X=0.3$ 時点での Y の値が $Y=0.05$ であるとする、 $Z \geq 0.93$ となり、 $aF_{91}/0F_{91}$ が93%以上確保できると推定でき、(c)の場合、 $X=0.2$ 時点での Y の値が $Y=0.07$ であるとする、 $Z \geq 0.90$ となり、 $aF_{91}/0F_{91}$ が90%以上確保できると推定可能である。

5. まとめ

高炉スラグ微粉末を使用したコンクリートにおいて、現場条件下における厚さ20cmの構造体コンクリートとその乾燥状態を擬似的に模した両端開放供試体を用いた実験と、恒温条件下における両端開放供試体を用いた実験を行い、コンクリートの強度発現に及ぼす湿潤養生期間の影響に着目し検討した結果、以下の知見を得た。

- (1) 湿潤養生打ち切り時の強度およびその時点の強度発現速度とせき板除去後に乾燥を受ける場合の材齢91日に到達する圧縮強度との関係は、ごく初期と材齢28日や56日といった長期材齢から91日にかけての期間を除く一定範囲にて線形回帰可能と考えられる。
- (2) 湿潤養生打ち切り時の強度発現比およびその時の強度発現比速度より、せき板除去後に乾燥を受ける場合の材齢91日圧縮強度を回帰式で示した結果、実用的精度が得られた。
- (3) 既往の研究において中庸熟ポルトランドセメントを用いたコンクリートにおいて有効だとされた手法だが、高炉スラグ微粉末を使用したコンクリートにおいても、せき板除去後の強度発現比およびその時の強度発現比速度から、せき板除去後に乾燥を受ける場合の材齢91日に到達する圧縮強度比が推定可能であり、強度管理手法として有効という知見が得られた。

参考文献

- 1) 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) 永松静也，佐藤嘉昭，武田吉紹：乾燥にともなうコンクリートの各種強度変化について，セメント技術年報 第36回，pp.271-274，1982
- 3) 岡島達雄，一瀬賢一：表面エネルギーからみたコンクリート強度の含水率依存性，日本建築学会大会学術講演梗概集，構造系，pp.171-172，1981.1
- 4) 吉岡昌洋，榊田佳寛：中庸熟ポルトランドセメントを用いた壁部材におけるコンクリートの強度発現に及ぼすせき板存置期間の影響，日本建築学会構造系論文集 No.641，pp.1211-1216，2009.7