

2. 実験概要

2.1 実験概要

コンクリートの強度管理に関して、従来までの圧縮強度試験によらない、その他の方法として積算温度などを用いた強度推定手法による管理方法について検討を行うため、各種セメントおよび混和材料を用いたコンクリートに関して、打込み時期、部材の種類、水結合材比および型枠の存置期間が強度発現性に及ぼす影響について実験的に検討を行った。

2.1.1 検討項目および実験の要因と水準

検討項目および実験の要因と水準を表 2.1.1 に示す。表中に併記した[]内の記号は、以降の文中および図表中で用いる略記を示している。打込み時期の略記は、夏期を H、標準期を S、冬期を C とした。結合材の種類略記は、普通ポルトランドセメントを N、中庸熱ポルトランドセメントを M、低熱ポルトランドセメントを L、高炉スラグ微粉末を BF、フライアッシュを FA とした。部材の種類略記は、模擬柱部材を柱、模擬壁部材を壁、模擬床部材を床とした。

本研究における検討項目は以下の 3 項目である。

検討項目「a.コンクリートの設計基準強度と実強度の関係に関する検討」では、打込み時期、部材の種類、結合材の種類および水結合材比を変化要因とし、コア供試体(構造体コンクリート)、標準養生供試体、現場水中養生供試体および現場封かん養生供試体の強度発現について検討した。

検討項目「b.コンクリートの型枠の脱型におけるセメント種類に関する区分の見直し」では、打込み時期、部材の種類、結合材の種類および水結合材比を変化要因とし、せき板の存置期間の相違による強度発現について検討した。

検討項目「c.積算温度などを用いた強度推定法を型枠の脱型に関する判定手法に用いたことの必要性および実用性の検討」では、打込み時期、部材の種類、結合材の種類および水結合材比を変化要因とし、模擬部材の温度変化および外気温の変化を測定し、積算温度および有効材齢と強度発現の関係について検討した。

表 2.1.1 検討項目および実験の要因と水準

調査項目		a.コンクリートの設計基準強度と実強度の関係に関する検討	b.コンクリートの型枠の脱型におけるセメント種類に関する区分の見直し	c.積算温度などを用いた強度推定法を型枠の脱型に関する判定手法に用いたことの実用性の検討	
要因と水準(□内は略記)	打込み時期	夏期[H]、標準期[S]、冬期[C]			
	結合材の種類	普通ポルトランドセメント[N]、中庸熱ポルトランドセメント[M]、低熱ポルトランドセメント[L]、高炉スラグ微粉末[BF]、フライアッシュ[FA]			
	水結合材比	(W/B)	37%、47%、60%		
	部材の種類	模擬柱部材[柱]、模擬壁部材[壁]、模擬床部材[床]			
	せき板の存置期間	柱 ^{※1}	H : 2d、S : 3d、C : 4d		
		壁 ^{※2}	2d、4d、7d、10d		
床		7d、14d、28d			
供試体	コア供試体、標準養生供試体、現場水中養生供試体、現場封かん養生供試体				

※1 模擬柱部材のせき板の存置期間は、調査にかかわらず打込み時期ごとに定め、夏期を2日、標準期を3日、冬期を4日とした。

※2 冬期のLセメントを用いた調査：3日、4日、7日、10日 冬期のBFおよびFAを混入した調査：4日、7日、10日、14日

2.1.2 実験の実施場所及び実施時期

コンクリートは小山レミコン(株)埼玉工場（埼玉県行田市緑町 9-7）で製造し、試験体の打込み・静置はものづくり大学（埼玉県行田市前谷 333 番地）の屋外実習場で実施した。また、材齢ごとの圧縮強度試験等についても、ものづくり大学内の強度試験施設で実施した。

コンクリートの打込みは 3 シーズンに分けて実施した。夏期は 2014 年 8 月 12 日～2014 年 8 月 26 日、標準期は 2014 年 10 月 18 日～2014 年 11 月 4 日、冬期は 2014 年 12 月 19 日～2014 年 12 月 30 日の期間である。

2.2 コンクリートの種類

コンクリートの調合条件を表 2.2 に示す。本検討に用いたコンクリートの調合は、結合材の 5 種類と水結合材比(W/B)が 37%、47%および 60%の 3 水準で組み合わせられる計 13 種類とした。結合材に混和材料を用いた調合は、普通ポルトランドセメントをベースに混和材料を置換し、混合セメントの B 種および C 種相当最大値になるように置換率を定めた。なお、表中に併記した[]内の記号は、以降の文中および図表中で用いる調合記号を示している。

フレッシュコンクリートの目標値は、JIS A 5308 : 2014 に準じて空気量を $4.5 \pm 1.5\%$ 、W/B=37% の場合スランプフローを $50 \pm 7.5\text{cm}$ 、W/B=47%および 60%の場合スランプを $18 \pm 2.5\text{cm}$ とした。なお、フレッシュコンクリートの性状は、荷卸し時間を練上り直後から 30 分後とし、荷卸し時に目標値を満足するようにした。

表 2.2 コンクリートの調合条件

結合材の種類	N	M	L	N+BF		N+FA	
混和材料の置換率	—	—	—	結合材(kg/m ³) ×45%	結合材(kg/m ³) ×70%	結合材(kg/m ³) ×20%	結合材(kg/m ³) ×30%
水結合材比 (W/B)	37%[N37]	37% [M37]	37% [L37]	47% [N+BF ⁽⁴⁵⁾ 47]	47% [N+BF ⁽⁷⁰⁾ 47]	47% [N+FA ⁽²⁰⁾ 47]	47% [N+FA ⁽³⁰⁾ 47]
([]内は調合記号)	47%[N47]	47% [M47]	47% [L47]	60% [N+BF ⁽⁴⁵⁾ 60]		60% [N+FA ⁽²⁰⁾ 60]	
	60%[N60]						
フレッシュコンクリートの目標値	【 W/B=37% 】 スランプフロー : $50 \pm 7.5\text{cm}$ 空気量 : $4.5 \pm 1.5\%$						
	【W/B=47%、60%】 スランプ : $18 \pm 2.5\text{cm}$ 空気量 : $4.5 \pm 1.5\%$						
打込み時期	夏 期[H] : 2014 年 8 月 12 日 ~ 2014 年 8 月 26 日 標準期[S] : 2014 年 10 月 18 日 ~ 2014 年 11 月 4 日 冬 期[C] : 2014 年 12 月 19 日 ~ 2014 年 12 月 30 日						

2.2.1 コンクリートの使用材料

コンクリートの製造に使用した各材料の種類を表 2.2.1-1 に示す。セメントは普通ポルトランドセメント（以下、N と略す）、中庸熱ポルトランドセメント（以下、M と略す）および低熱ポルトランドセメント（以下、L と略す）の 3 種類で、何れも市販品を使用した。高炉セメント（以下、BF と略す）を対象とした実験では高炉スラグ微粉末を、フライアッシュセメント（以下、FA と略す）を対象とした実験ではフライアッシュを混和材とし準備し、コンクリートの製造時に、所定の混合率でこれら混和材を別途計量し、普通ポルトランドセメントとミキサ内で混合して使用した。

なお、使用した高炉スラグ微粉末は、一般的な高炉セメントで使用されている微粉末 4000（JIS A 6206（コンクリート用高炉スラグ微粉末）に適合するもので、石こうが無添加のものを使用した。また、フライアッシュは JIS A 6201（コンクリート用フライアッシュ）の II 種に適合するものを使用した。

化学混和剤は、JIS A 6204（コンクリート用化学混和剤）に適合するもので、夏期実験では遅延形を、標準期実験及び冬期実験では標準形を使用した。

使用したセメントの化学成分の分析結果を表 2.2.1-2 に、鉍物組成分析結果を表 2.2.1-3 に示す。セメントの分析試料は生コンプラントの計量ビン排出口から採取したもので、化学成分および鉍物組成とも JIS の規格値を満足するものであった。メーカー試験成績表による 8、10、12 月度のセメントの品質を、別途表 2.2.1-4 に示す。

高炉スラグ微粉末の化学成分分析結果を表 2.2.1-5 に示す。化学成分は、いずれも JIS の規格値を満足するものであった。メーカー試験成績表による 8、10、12 月度の BF の品質を表 2.2.1-6 に、平成 26 年 1~12 月の品質変動の指標として比表面積を図 2.2.1-1 に、活性度指数を図 2.2.1-2 に示す。

フライアッシュの化学成分分析結果を表 2.2.1-7 に示す。化学成分は、JIS および JASS5 M-401 の規格値を満足するものであった。メーカー試験成績表による 8、10、12 月度の FA の品質を表 2.2.1-8 に、平成 26 年 1~12 月の品質変動として、比表面積を図 2.2.1-3 に、強熱減量を図 2.2.1-4 に、活性度指数を図 2.2.1-5 に、フロー値比を図 2.2.1-6 に示す。これらより、各シーズンで使用したフライアッシュの化学成分は、ほぼ同じものであった。

各シーズンで使用した骨材の品質を表 2.2.1-9 に示す。何れのシーズンに使用した骨材も品質はほぼ同じであった。

表 2.2.1-1 コンクリートの使用材料

	記号	名称	産地または製造者	品質
セメント	C	N	普通ポルトランドセメント	太平洋セメント 表 2.2.1-2 表 2.2.1-3
		M	中庸熱ポルトランドセメント	
		L	低熱ポルトランドセメント	
混和材	BF	高炉スラグ微粉末 4000	デイシイ	表 2.2.1-4
	FA	フライアッシュ II 種	電源開発	表 2.2.1-5
細骨材	S	陸砂	栃木県栃木市尻内町	表 2.2.1-6
粗骨材	G	石灰石岩砕石 2005	栃木県佐野市会沢町	表 2.2.1-6
水	W	地下水	埼玉県行田市緑町	
化学混和剤	Ad1	高性能 AE 減水剤 標準形 I 種 (マイティ 3000S)	花王	密度:1.052g/cm ³
		高性能 AE 減水剤 遅延形 I 種 (マイティ 3000R)		密度:1.058g/cm ³
	Ad2	AE 減水剤 標準形 I 種 (ヤマソー90SE)	山宗化学	密度:1.07g/cm ³
		AE 減水剤 遅延形 I 種 (ヤマソー90SER)		密度:1.11g/cm ³
	A	AE 助剤(ヴァインソル W)	山宗化学	密度:1.09g/cm ³
		消泡剤(消泡剤 NO.21)	花王	密度:1.0g/cm ³

表 2.2.1-2 ポルトランドセメント化学成分分析結果と規格値 単位:wt%

セメント	時期	ig.loss	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	Na ₂ O	K ₂ O	Na ₂ Oeq	Cl
N	H	2.28	20.69	5.19	3.06	63.90	0.96	2.07	0.34	0.36	0.57	0.020
	S	2.40	20.42	5.20	3.03	64.01	0.89	2.10	0.37	0.37	0.62	0.021
	C	2.49	20.55	5.06	2.98	64.10	0.88	2.13	0.35	0.35	0.58	
N JIS規格		5.0以下	—	—	—	—	5.0以下	3.5以下	—	—	0.75以下	0.035以下
N 参考文献 ^{*1}		1.80	20.68	5.28	2.91	64.25	1.40	2.10	0.28	0.40	—	0.015
M	H	0.98	22.83	3.97	4.05	63.59	1.02	2.01	0.31	0.41	0.58	0.011
	S	0.84	23.54	4.03	4.23	62.85	1.05	2.01	0.31	0.44	0.60	0.009
	C	1.05	22.90	4.17	3.95	63.32	0.98	2.01	0.28	0.41	0.55	0.012
M JIS規格		3.0以下	—	—	—	—	5.0以下	3.0以下	—	—	0.75以下	0.02以下
M 参考文献 ^{*1}		0.69	23.36	3.79	3.88	63.34	1.09	2.24	0.26	0.39	—	0.004
L	H	0.74	26.27	2.91	2.98	63.22	0.67	2.19	0.19	0.32	0.39	0.003
	S	0.78	25.96	2.76	3.04	63.29	0.61	2.19	0.16	0.34	0.39	0.006
	C	1.08	25.05	3.25	3.04	63.47	0.69	2.17	0.20	0.33	0.42	0.008
L JIS規格		3.0以下	—	—	—	—	5.0以下	3.5以下	—	—	0.75以下	0.02以下
L 参考文献 ^{*1}		0.80	26.10	2.83	2.95	63.24	0.74	2.38	0.18	0.38	—	0.005

*1 セメント協会：セメントの常識、2013.4

表 2.2.1-3 ポルトランドセメントの鉱物組成分析結果と規格値 単位:wt%

セメント	打込み時期	C ₃ S	C ₂ S	C ₃ A
N (普通)	H	57.7	15.9	8.6
	S	60.1	13.3	8.7
	C	60.4	13.5	8.4
N JIS規格				
M (中庸熱)	H	47.1	30.0	3.7
	S	38.0	38.9	3.5
	C	44.3	32.3	4.4
M JIS規格		50以下	—	8以下
L (低熱)	H	27.6	54.6	2.7
	S	31.2	51.0	2.2
	C	35.6	45.1	3.5
L JIS規格		—	40以上	6以下

表 2.2.1-4 セメントの品質 (メーカー試験成績表による)

	普通 (N)			中庸熱 (M)			低熱 (L)			
	夏期 (8月)	標準期 (10月)	冬期 (12月)	夏期 (8月)	標準期 (10月)	冬期 (12月)	夏期 (8月)	標準期 (10月)	冬期 (12月)	
密度 g/cm ³	3.16	3.16	3.16	3.21	3.21	3.21	3.22	3.22	3.22	
比表面積 cm ² /g	3320	3330	3310	3130	3090	3090	3380	3360	3350	
圧縮 強さ N/mm ²	3d	31.0	30.8	30.7	23.3	20.8	20.0	—	—	—
	7d	46.6	46.5	46.2	34.6	30.9	29.9	19.1	19.8	20.1
	28d	63.2	62.8	63.0	58.9	56.7	55.6	60.5	58.9	58.3
	91d	—	—	—	—	—	—	82.4	83.9	81.2
水和熱 J/g	7d	328	328	333	275	267	270	205	204	205
	28d	384	385	385	335	326	320	282	277	271
塩化物イオン %	0.020	0.021	0.021	0.008	0.008	0.009	0.003	0.004	0.002	
鉱物 組成 %	C ₃ S	—	—	—	42	42	42	—	—	—
	C ₂ S	—	—	—	—	—	—	54	54	53
	C ₃ A	—	—	—	3	3	2	2	2	2

圧縮強さ、水和熱は該当月の試料による試験値

表 2.2.1-5 高炉スラグ微粉末 (BF) の化学成分分析結果と規格値 単位:wt%

	時期	ig.loss	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	Na ₂ O	K ₂ O	Cl
BF	H	0.52	32.52	13.57	0.69	44.62	5.54	0.27	0.29	0.35	0.005
	S	0.84	30.67	12.38	0.94	46.75	4.80	0.76	0.30	0.37	0.008
	C	0.71	30.51	12.35	1.01	46.74	4.98	0.56	0.29	0.33	0.008
BF4000 JIS規格		3.0以下	—	—	—	—	10.0以下	4.0以下	—	—	0.02以下
参考文献 データ*2	平均	0.60	33.48	14.26	0.36	42.53	6.16	1.40	0.21	0.31	0.003
	最小	0.23	31.29	12.62	0.15	40.34	4.60	0.01	0.12	0.20	0.000
	最大	1.60	35.12	15.59	0.64	44.22	7.73	2.51	0.34	0.47	0.011

(参考文献データはせっこう添加タイプも含む)

*2 横室隆・宮澤伸吾・川上勝弥：コンクリート用高炉スラグ活用ハンドブック、2011.2

表 2.2.1-6 高炉スラグ微粉末(BF)の品質 (メーカー試験成績表による)

	高炉スラグ微粉末 4000		
	夏期(8月)	標準期(10月)	冬期(12月)
密度 g/cm ³	2.90	2.90	2.90
比表面積 cm ² /g	4300	4340	4320
活性度 指数 %	7d	65	62
	28d	94	93
	91d	116	109
フロー値比 %	103	101	99
酸化マグネシウム %	6.10	6.12	5.81
三酸化硫黄 %	0.00	0.00	0.00
強熱減量 %	0.17	0.19	0.17
塩化物イオン %	0.006	0.004	0.006

活性度指数は該当月の試料による試験値

表 2.2.1-7 フライアッシュ (FA) の化学成分分析結果と規格値 単位:wt%

	時期	ig.loss	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	Na ₂ O	K ₂ O	Cl
FA	H	1.64	54.18	20.36	4.02	12.19	1.29	0.60	0.51	1.38	0.003
	S	1.71	51.81	24.46	4.88	9.38	1.50	0.66	0.88	1.24	0.002
	C	1.84	51.88	24.42	4.49	11.31	1.32	0.66	0.70	1.07	0.002
FAII種 JIS規格		5.0以下	45.0以上	—	—	—	—	—	—	—	—
FAJASS5 M-401		4.0以下	—	—	—	—	—	—	—	—	—
JISII種	平均	1.7	59.0	—	—	—	—	—	—	—	—
参考文献 データ ^{*3}	95%信頼 区間	0.13~3.27	50.2~ 67.8	—	—	—	—	—	—	—	—
	平均	—	54.2	25.1	5.7	4.9	1.6	0.41	0.75	1.14	—
参考文献 データ ^{*4}	最小	—	40.1	15.7	1.4	0.3	0.2	0	0.1	0.18	—
	最大	—	74.4	35.2	17.5	10.1	7.4	1.4	2.8	2.7	—

*3 石川嘉崇・高田進治・嵩英雄：フライアッシュ JIS II種品の品質分布に関する調査、日本建築学会技術報告 第24号、pp.1-4、2006.12

*4 日本フライアッシュ協会：石炭灰ハンドブック、2010.10

表 2.2.1-8 フライアッシュ (FA) の品質 (メーカー試験成績表による)

	フライアッシュ II種		
	夏期(8月)	標準期(10月)	冬期(12月)
密度 g/cm ³	2.31	2.31	2.33
比表面積 cm ² /g	4220	4440	4340
活性度 指数 %	28d	87	84
	91d	104	106
フロー値比 %	110	111	110
二酸化けい素 %	55.3	59.6	54.0
強熱減量 %	1.5	1.7	2.1
MB吸着量 mg/g	0.42	0.49	0.513

活性度指数は該当月の試料による試験値

表 2.2.1-9 骨材の品質

	細骨材 陸砂：栃木県栃木市尻内町			粗骨材 石灰石岩砕石 2005：栃木県佐野市会沢町		
	夏期(8月)	標準期(10月)	冬期(12月)	夏期(8月)	標準期(10月)	冬期(12月)
	表乾密度 g/cm ³	2.61	2.61	2.61	2.70	2.70
絶乾密度 g/cm ³	2.55	2.56	2.55	2.68	2.68	2.68
吸水率 %	2.18	2.17	2.21	0.65	0.69	0.69
実積率 %	—	—	—	60.2	60.1	60.4
粒形判定実積率 %	—	—	—	59.0	57.8	58.4
粗粒率 %	2.75	2.75	2.75	6.60	6.63	6.63

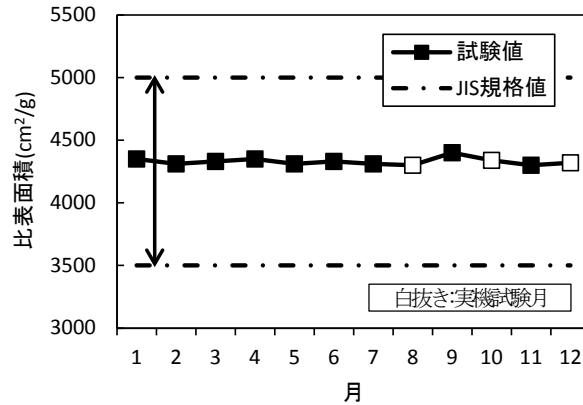


図 2.2.1-1 高炉スラグ微粉末 (BF) の比表面積の年間変動

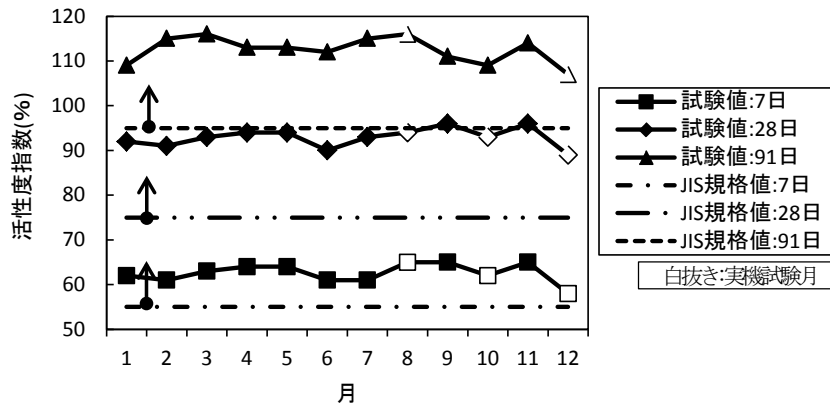


図 2.2.1-2 BF の活性度指数の年間変動

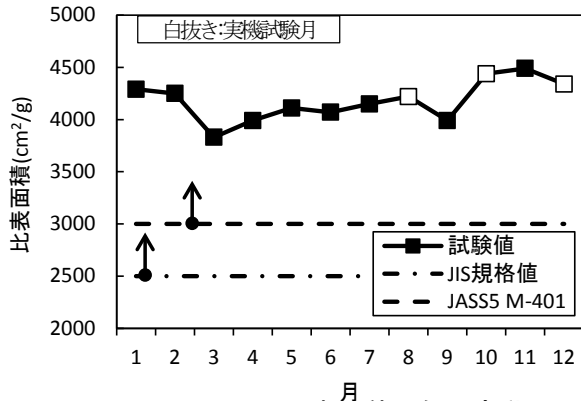


図 2.2.1-3 FAの比表面積の年間変動

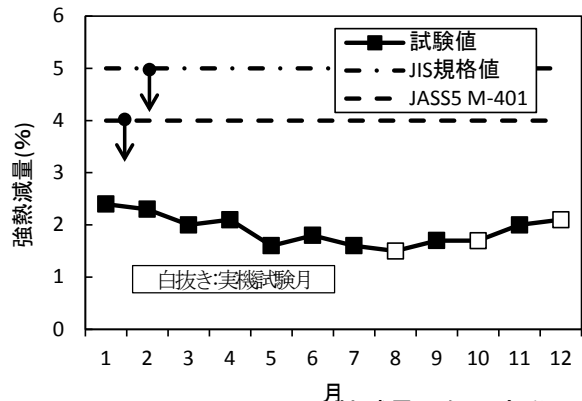


図 2.2.1-4 FAの強熱減量の年間変動

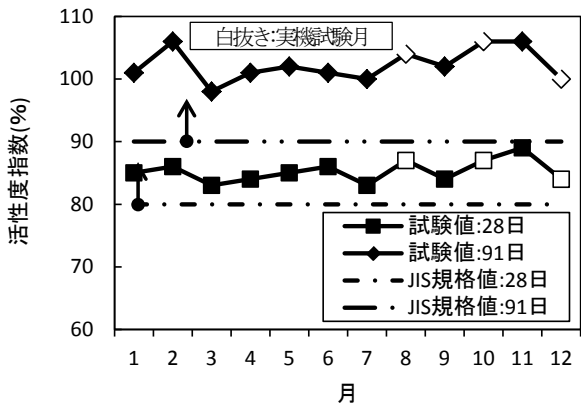


図 2.2.1-5 FAの活性度指数の年間変動

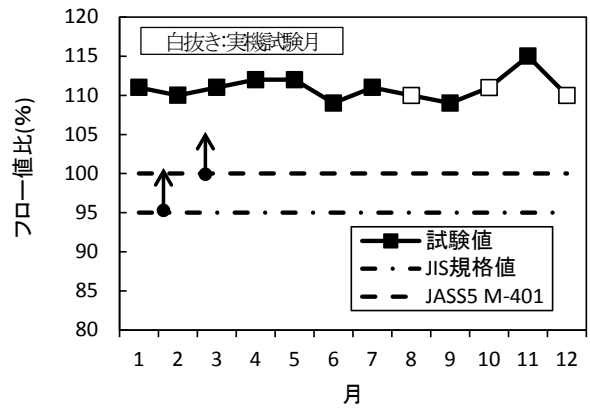


図 2.2.1-6 FAのフロー値比の年間変動

2.2.2 コンクリートの調合

コンクリートの調合を表 2.2.2-1～表 2.2.2-3 に示す。表中には調合記号を示す。水セメント比は普通ポルトランドセメントを単味で用いたコンクリートでは 37% (記号: N37)、47% (記号: N47) および 60% (記号: N60) の 3 種類とし、中庸熱ポルトランドセメント用いたコンクリートでは 37% (記号: M37) および 47% (記号: M47) の 2 種類とし、同じく低熱ポルトランドセメントを用いたコンクリートでも 37% (記号: L37) および 47% (記号: L47) の 2 種類とした。また、高炉セメント B 種相当 (普通ポルトランドセメントの 45% を高炉スラグで内割り置換) を用いたコンクリートの水結合材比は 47% (記号: N+BF⁽⁴⁵⁾ 47) および 60% (記号: N+BF⁽⁴⁵⁾ 60) の 2 種類とし、高炉セメント C 種相当 (普通ポルトランドセメントの 70% を高炉スラグで内割り置換) を用いたコンクリートの水結合材比は 47% (記号: N+BF⁽⁷⁰⁾ 47) の 1 種類とした。フライアッシュセメント B 種相当 (普通ポルトランドセメントの 20% をフライアッシュで内割り置換) を用いたコンクリートの水結合材比は 47% (記号: N+FA⁽²⁰⁾ 47) および 60% (記号: N+FA⁽²⁰⁾ 60) の 2 種類とし、フライアッシュセメント C 種相当 (普通ポルトランドセメントの 30% をフライアッシュで内割り置換) を用いたコンクリートの水結合材比は 47% (記号: N+FA⁽³⁰⁾ 47) の 1 種類とした。なお、前述の高炉セメント B 種および C 種相当あるいはフライアッシュセメント B 種および C 種相当と表記しているコンクリートは、高炉スラグおよびフライアッシュの各紛体はコンクリートの練混ぜ前にそれぞれストック瓶へ保管し、コンクリートの練混ぜ時開始において普通ポルトランドセメントと各紛体を別計量して、コンクリートミキサ内へ投入する方式とした。

コンクリート用化学混和剤は、水セメント比 (水結合材比) 60% では AE 減水剤 (山宗化学株式会社製: ヤマソー90SE (標準形)、ヤマソー90SER (遅延型)) を使用した。水セメント比 (水結合材比) 37% および 47% では高性能 AE 減水剤 (花王株式会社製: マイティ 3000S (標準形 I 種)、マイティ 3000R (遅延形 I 種)) を使用した。ただし、いずれの混和剤も夏期では遅延形を使用し、標準期および冬期では標準形を使用した。コンクリートの単位水量は高性能 AE 減水剤を使用した配合では原則 170kg/m³ とした。ただし、低熱ポルトランドセメントを用いたコンクリートは混和剤使用量が少なくなる傾向があるため、スランプ保持の観点から実状にあわせて単位水量を若干少なく設定した。AE 減水剤の使用量は原則セメント量に対して 1.2% としたが、高炉スラグやフライアッシュを使用したコンクリートでは所要のスランプを得るために単位水量を増減させず、混和剤の使用量を変更した。空気量調整には AE 剤 (山宗化学株式会社製: ヴィンソル W) および消泡剤 (花王株式会社製: 消泡剤 No21) を適宜使用した。

コンクリートの製造は、小山レミコン株式会社埼玉工場で行った。コンクリートの練混ぜ方法は、練混ぜ容量 3m³ の二軸強制練りミキサを用いて、1 回の練混ぜ量を原則 2 m³ とし、骨材全量とセメントを投入後、直ちに水を投入して、コンクリートの練混ぜ時間を水セメント比 60% が 60 秒、水セメント比 47% が 80 秒、水セメント比 37% が 90 秒とした。ただし、高炉スラグやフライアッシュを普通ポルトランドセメントと置換した水結合材比 60% および 47% の場合、コンクリートの練混ぜ時間は 90 秒を原則とした。コンクリートは 2 回練り混ぜて、計 4 m³ を 1 台のアジテータ車に積載した。コンクリートを積載したアジテータ車は工場の試験室前へ移動し 30 秒間高速攪拌後、コンクリート試料を容器で採取し、工場の試験室内で出荷前のコンクリートの品質試験 (スランプあるいはスランプフロー、空気量、温度) を行った。その後、試験体の製作現場であるものつくり大学へ運搬した。試験体の製作に先立ち、大学実験室にて練上り後 30 分にコンクリート受入れ時の検査を行い、品質 (フレッシュコンクリートの状態、スランプあるいはスランプフロー、空気量) が判定基準に合

格していることを確認した後、所要の試験（塩化物含有量、ブリーディング、凝結時間試験）および管理用供試体等製作に必要なコンクリートを必要量容器に取り出した。その後、アジテータ車は屋外ヤードの試験体製作場へ移動し、型枠内へシュートを用いて運搬し、コンクリートの打込み・締固め作業を行った。試験体製作完了後、ドラム内に残ったコンクリート（約1m³）を使用して、練上り後90分に30秒間高速攪拌しコンクリート試料を容器で採取し、コンクリートの品質試験を（スランブ又はスランブフロー、空気量、温度）行った。

表 2.2.2-1 コンクリートの調合【夏期】

打込み時期	調合記号	目標スランブ [*] (スランブ [*] フロー) (cm)	目標 空気量 (%)	W/B (%)	s/a (%)	単位量(kg/m ³)								
						結合材			水	細骨材	粗骨材	化学混和剤		
						C	BF	FA	W	S	G	Ad1 ^{*1} (Ad2 ^{*2})	AE助剤(A) ^{*3}	
夏期	N37	(50)	4.5	37	50.7	460	0	0	170	846	851	6.670	1.45	—
	N47	18	4.5	47	49.0	362	0	0	170	856	923	3.982	1.10	—
	N60	18	4.5	60	49.3	307	0	0	184	867	923	(3.684)	(1.20)	1.1
	M37	(50)	4.5	37	50.9	460	0	0	170	853	851	6.440	1.40	—
	M47	18	4.5	47	49.1	362	0	0	170	861	923	3.620	1.00	1.4
	L37	(50)	4.5	37	51.6	446	0	0	165	877	851	6.467	1.45	(消泡剤0.8)
	L47	18	4.5	47	49.2	362	0	0	170	864	923	3.801	1.05	1.6
	N+BF ⁽⁴⁵⁾ 47	18	4.5	47	48.7	199	163	0	170	864	923	3.982	1.10	1.5
	N+BF ⁽⁴⁵⁾ 60	18	4.5	60	49.2	167	137	0	182	864	923	(3.800)	(1.25)	6.9
	N+BF ⁽⁷⁰⁾ 47	18	4.5	47	48.5	109	253	0	170	840	923	3.810	1.05	2.9
	N+FA ⁽²⁰⁾ 47	18	4.5	47	48.3	290	0	72	170	835	923	3.439	0.95	4.8
	N+FA ⁽²⁰⁾ 60	18	4.5	60	48.9	244	0	61	183	853	923	(3.660)	(1.20)	14.9
	N+FA ⁽³⁰⁾ 47	18	4.5	47	48.0	253	0	109	170	825	923	2.896	0.80	7.3

*1:高性能AE減水剤(右欄B×(%))、*2:()書きはAE減水剤(右欄B×(%))、*3:AE助剤および()書き消泡剤(1A=B×0.004%)

表 2.2.2-2 コンクリートの調合【標準期】

打込み時期	調合記号	目標スランブ [*] (スランブ [*] フロー) (cm)	目標 空気量 (%)	W/B (%)	s/a (%)	単位量(kg/m ³)								
						結合材			水	細骨材	粗骨材	化学混和剤		
						C	BS	FA	W	S	G	Ad1 ^{*1} (Ad2 ^{*2})	AE助剤(A) ^{*3}	
標準期	N37	(50)	4.5	37	50.1	460	0	0	170	846	851	6.440	1.40	0.4
	N47	18	4.5	47	49.0	362	0	0	170	856	923	3.801	1.05	1.2
	N60	18	4.5	60	49.3	302	0	0	181	877	923	(3.624)	(1.20)	—
	M37	(50)	4.5	37	49.1	460	0	0	170	853	851	6.440	1.40	0.4
	M47	18	4.5	47	49.1	362	0	0	170	861	923	3.801	1.05	1.5
	L37	(50)	4.5	37	51.6	446	0	0	165	877	851	6.021	1.35	0.8
	L47	18	4.5	47	49.2	362	0	0	170	864	923	3.530	0.975	1.0
	N+BF ⁽⁴⁵⁾ 47	18	4.5	47	48.6	199	163	0	170	846	923	3.801	1.05	1.5
	N+BF ⁽⁴⁵⁾ 60	18	4.5	60	49.2	164	135	0	179	874	923	(4.037)	(1.35)	5.3
	N+BF ⁽⁷⁰⁾ 47	18	4.5	47	48.5	109	253	0	170	840	923	3.620	1.00	2.4
	N+FA ⁽²⁰⁾ 47	18	4.5	47	48.3	290	0	72	170	835	923	3.077	0.85	3.9
	N+FA ⁽²⁰⁾ 60	18	4.5	60	48.8	240	0	60	180	864	923	(3.750)	(1.25)	11.1
	N+FA ⁽³⁰⁾ 47	18	4.5	47	47.9	253	0	109	170	825	923	2.896	0.80	9.7

*1:高性能AE減水剤(右欄B×(%))、*2:()書きはAE減水剤(右欄B×(%))、*3:AE助剤(1A=B×0.004%)

表 2.2.2-3 コンクリートの調合【冬期】

打込み 時期	調合 記号	目標スランプ (スランプ フロー) (cm)	目標 空気量 (%)	W/B (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m ³)								
						結合材			水	細骨材	粗骨材	化学混和剤		
						C	BF	FA	W	S	G	Ad1* ¹ (Ad2* ²)	AE助剤 (A) * ³	
冬期	N37	(50)	4.5	37	50.1	460	0	0	170	846	851	5.865	1.28	0.5
	N47	18	4.5	47	49.0	362	0	0	170	856	923	3.620	1.00	0.7
	N60	18	4.5	60	49.3	299	0	0	179	885	923	(3.588)	(1.2)	0.0
	M37	(50)	4.5	37	49.1	460	0	0	170	853	851	5.980	1.30	0.5
	M47	18	4.5	47	49.1	362	0	0	170	861	923	3.801	1.05	1.0
	L37	(50)	4.5	37	51.6	446	0	0	165	877	851	5.108	1.13	(消泡剤0.2)
	L47	18	4.5	47	49.2	362	0	0	170	864	923	2.896	0.80	0.5
	N+BF ⁽⁴⁵⁾ 47	18	4.5	47	48.6	199	163	0	170	846	923	3.439	0.95	1.0
	N+BF ⁽⁴⁵⁾ 60	18	4.5	60	49.2	162	133	0	177	885	923	(4.425)	(1.50)	4.2
	N+BF ⁽⁷⁰⁾ 47	18	4.5	47	48.5	109	253	0	170	840	923	3.439	0.95	2.4
	N+FA ⁽²⁰⁾ 47	18	4.5	47	48.3	290	0	72	170	835	923	2.896	0.80	5.8
	N+FA ⁽²⁰⁾ 60	18	4.5	60	48.8	238	0	59	178	874	923	(3.713)	(1.25)	10.6
	N+FA ⁽³⁰⁾ 47	18	4.5	47	48.0	253	0	109	170	825	923	2.806	0.78	10.2

*1:高性能AE減水剤(右欄B×(%)), *2:()書きはAE減水剤(右欄B×(%)), *3:AE助剤および()書き消泡剤(1A=B×0.004%)

次に、コンクリートの調合におけるコンクリート用化学混和剤およびAE助剤(消泡剤)の使用量を水結合材比で整理して、表2.2.2-4および図2.2.2-1~図2.2.2-2に示す。水セメント比37%におけるN37、M37、L37の3種類を比較すると、荷卸し時における目標スランプフロー50cmを得るための混和剤使用量はL37の冬期が若干少ないものの、セメント種類による混和剤の使用量は大差がない。同じく目標空気量を得るためN37、M37ではAE助剤を僅かに使用したのに対し、L37では逆に消泡剤を使用しており、セメント種類の違いにより空気量の連行性に若干違いがみられた。また、水セメント比47%におけるN47、M47、L47の3種類を比較すると、目標スランプ18cmを得るための混和剤使用量はL37の冬期および標準期が少ない傾向があるが、その他は混和剤の使用量には大差がなかった。ただし、水セメント比37%および47%で使用した混和剤の種類は高性能AE減水剤であり、C×0.1%の混和剤使用量の違いでもスランプフローが80~100mm程度も変化する場合があるので注意が必要である。いずれの調合も目標空気量を得るためAE助剤を少量使用した。

水結合材比47%において、高炉スラグやフライアッシュを置換した際の混和剤使用量を無置換のN47と比較すると、N47と高炉スラグを用いたN+BF⁽⁴⁵⁾47やN+BF⁽⁷⁰⁾47の混和剤使用量は同程度であった。しかし、フライアッシュを用いたN+FA⁽²⁰⁾47およびN+FA⁽³⁰⁾47の混和剤使用量はB×0.15%~0.30%少なく、また置換率が多いほど少なかった。これは使用したフライアッシュの微細な球形状が理由と考えられる。なお、冬期の方が混和剤使用量は少ない傾向がみられた。空気量については、フライアッシュを用いたコンクリートの調合ではAE助剤をかなり多くの量が必要となり、置換率が大きいほど多くの量が必要となった。

一方、水結合材比60%において、高炉スラグやフライアッシュを置換した際の混和剤使用量を無置換のN60と比較すると、混和剤の種類はAE減水剤であるが、荷卸し時に目標スランプを得るためには高炉スラグを用いたN+BF⁽⁴⁵⁾60の混和剤使用はN60と比較して多くなり、特に冬期では顕著であった。フライアッシュを用いたN+FA⁽²⁰⁾60でも混和剤使用は僅かに多くなる傾向がある。特に、高炉スラグの場合は、後述するように工場出荷時から練上り後30分のコンクリート受入れ時の検査までのスランプ低下が著しいことから、工場出荷時のスランプを大きくするために混和剤の使用量を多くしたことによる。空気量については、水結合材比60%でも47%と同様にフライアッシュではAE助剤をかなり多くの量を入れる必要があった。

表 2. 2. 2-4 化学混和剤および AE 助剤の使用量（水結合材比別）

打設時期		夏期		標準期		冬期		
目標スランプ等	W/B (%)	調査記号	混和剤 ^{※1} (B×%)	AE 助剤 (A)	混和剤 ^{※1} (B×%)	AE 助剤 (A)	混和剤 ^{※1} (B×%)	AE 助剤 (A)
スランプフロー 50cm	37	N37	1.45	0.0	1.40	0.4	1.28	0.5
		M37	1.40	0.0	1.40	0.4	1.30	0.5
		L37	1.45	0.8 ^{※2}	1.35	0.8	1.125	0.2 ^{※2}
スランプ 18cm	47	N47	1.10	0.0	1.05	1.2	1.00	0.7
		M47	1.00	1.4	1.05	1.5	1.05	1.0
		L47	1.05	1.6	0.975	1.0	0.80	0.5
		N+BF ⁽⁴⁵⁾ 47	1.10	1.5	1.05	1.5	0.95	1.0
		N+BF ⁽⁷⁰⁾ 47	1.05	2.9	1.00	2.4	0.95	2.4
		N+FA ⁽²⁰⁾ 47	0.95	4.8	0.85	3.9	0.80	5.8
		N+FA ⁽³⁰⁾ 47	0.80	7.3	0.80	9.7	0.775	10.2
		N60	(1.00)	1.1	(1.20)	0.0	(1.20)	0.0
スランプ 18cm	60	N+BF ⁽⁴⁵⁾ 60	(1.25)	6.9	(1.35)	5.3	(1.50)	4.2
		N+FA ⁽²⁰⁾ 60	(1.20)	14.9	(1.25)	11.1	(1.25)	10.6

※1：混和剤は高性能 AE 減水剤、ただし、() 書きは AE 減水剤、※2：消泡剤

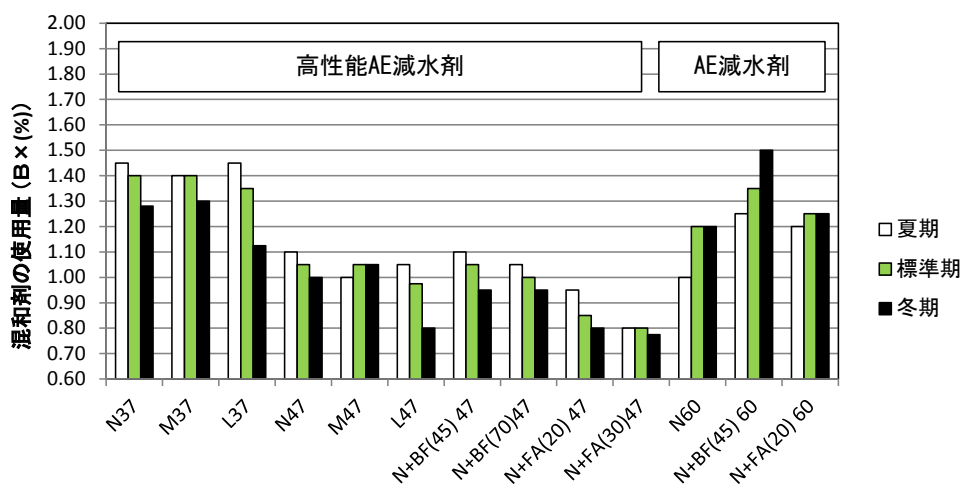


図 2. 2. 2-1 化学混和剤の使用量

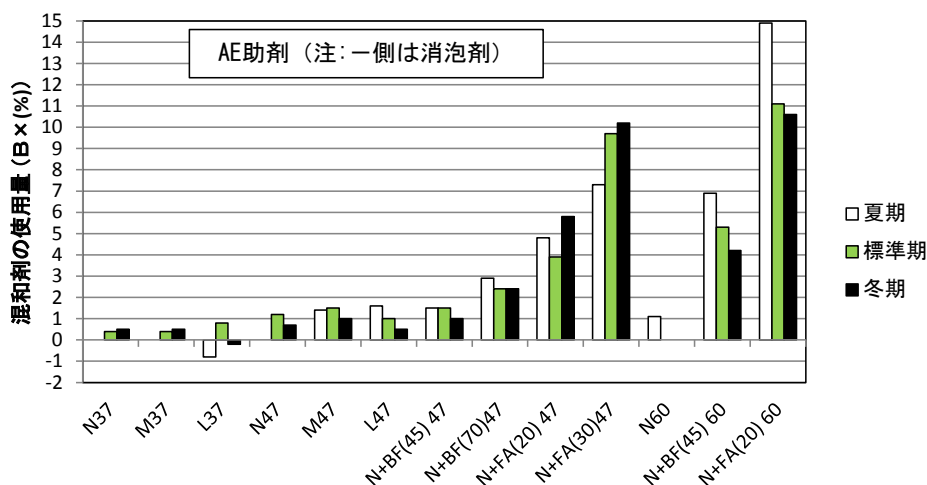


図 2. 2. 2-2 AE 助剤の使用量

2.2.3 フレッシュコンクリートの性状

フレッシュコンクリートの試験項目および試験方法ならびに試験の組合せを表 2.2.3-1 に示す。試験は一部項目を除き、出荷時、練上り後 30 分および 90 分の 3 回実施した。練上り後 30 分の受入れ検査時の試験項目と判定基準を表 2.2.3-2 に示す。なお、受入れ検査時のコンクリート温度は、暑中期は約 30℃、標準期では約 20℃、寒中期は約 10℃を目標とした。

受入れ検査時のフレッシュコンクリートの性状はいずれも良好であり、受入れ時の判定基準を満足しているものであった。各試験項目について経時変化を図 2.2.3-1～図 2.2.3-6 に示す。また、塩化物含有量の結果を図 2.2.3-7～図 2.2.3-9 に示す。

表 2.2.3-1 フレッシュコンクリートの試験項目および試験方法ならびに試験の組合せ

試験項目	試験方法	試験の組合せ		
		出荷時	受入れ検査 (練上り後 30 分)	練上り後 90 分
フレッシュコンクリートの状態	ワーカビリティが良いこと、品質が安定していることを、目視により、確認する。	○	○	○
スランプ	JISA 1101 コンクリートのスランプ試験方法による。 注) 水セメント比 60%、47%のコンクリートについて	○	○	○
スランプフロー	JISA 1150 コンクリートのスランプフロー試験方法による。試料の詰め方は 3 層に分けて詰め、各層 5 回突き棒で一様に突いた。 注) 水セメント比 37%のコンクリートについて	○	○	○
空気量	JISA 1128 フレッシュコンクリートの空気量の圧力による試験方法—空気室圧力方法	○	○	○
コンクリート温度	JISA 1156 フレッシュコンクリートの温度測定方法による ガラス製棒状温度計を使用した。	○	○	○
外気温	ガラス製棒状温度計を使用した。	—	○	○
塩化物含有量	JASS5T-502 : 2009 フレッシュコンクリート中の塩化物量の簡易試験方法による。カンタブの標準品と低濃度品を使用した。	—	○	—
ブリーディング	JISA 1123 コンクリートのブリーディング試験方法による。	—	○	—
凝結時間試験	JISA 1123 によるコンクリートの凝結時間試験方法による。	—	○	—

表 2.2.3-2 フレッシュコンクリートの受入れ検査時の判定基準

試験項目	判定基準
フレッシュコンクリートの状態	ワーカビリティが良いこと、品質が安定していること
スランプ	スランプ 18cm±2.5cm
スランプフロー	スランプフロー 50±7.5cm
空気量	4.5%±1.5%
塩化物含有量	塩化物イオン量として、0.30kg/m ³ 以下

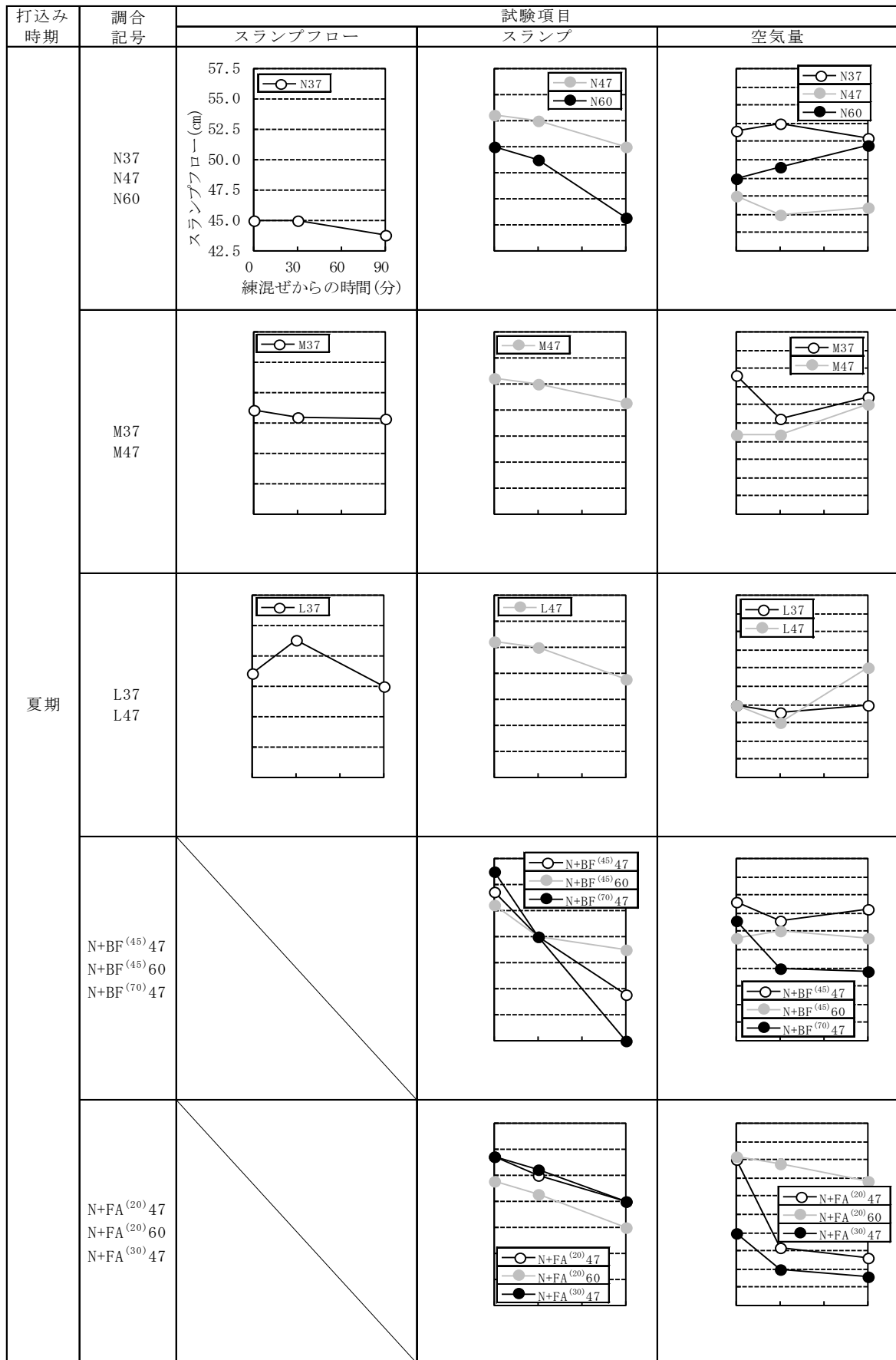


図 2. 2. 3-1 スランプ、スランプフローおよび空気量の経時変化【夏期】

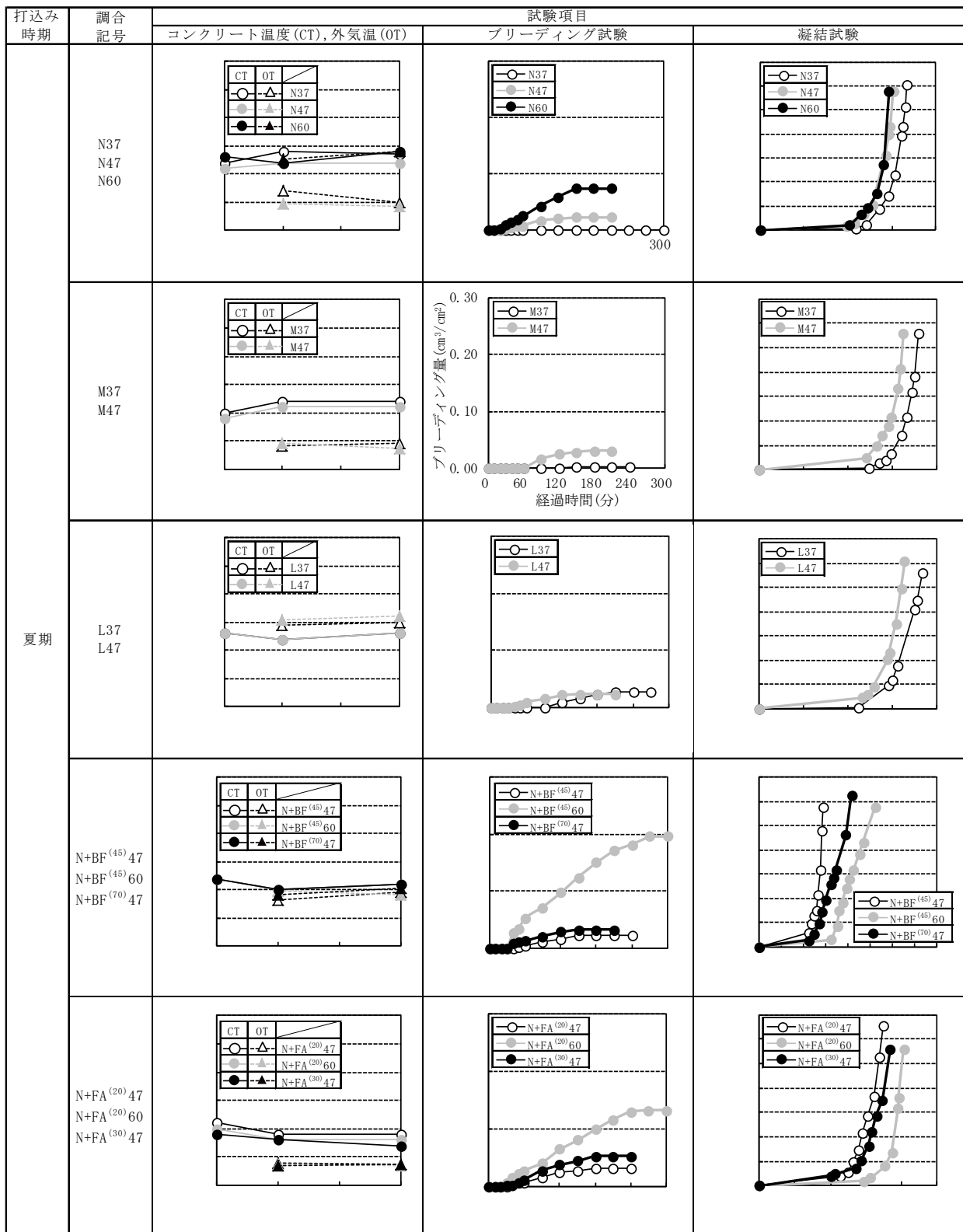


図 2.2.3-2 コンクリート温度および外気温、ならびに
ブリーディングおよび凝結時間試験の経時変化【夏期】

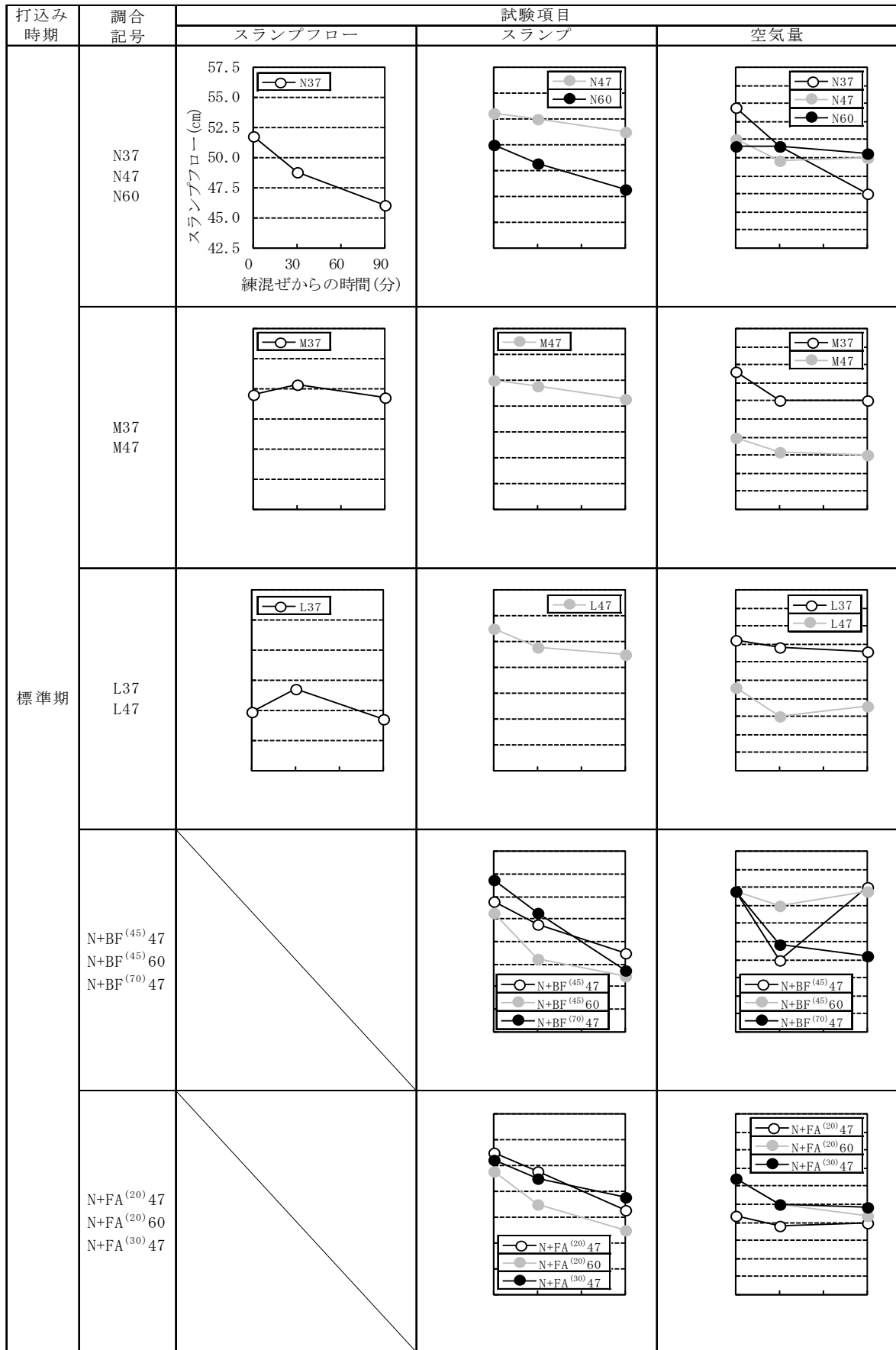


図 2. 2. 3-3 スランプ、スランプフローおよび空気量の経時変化【標準期】

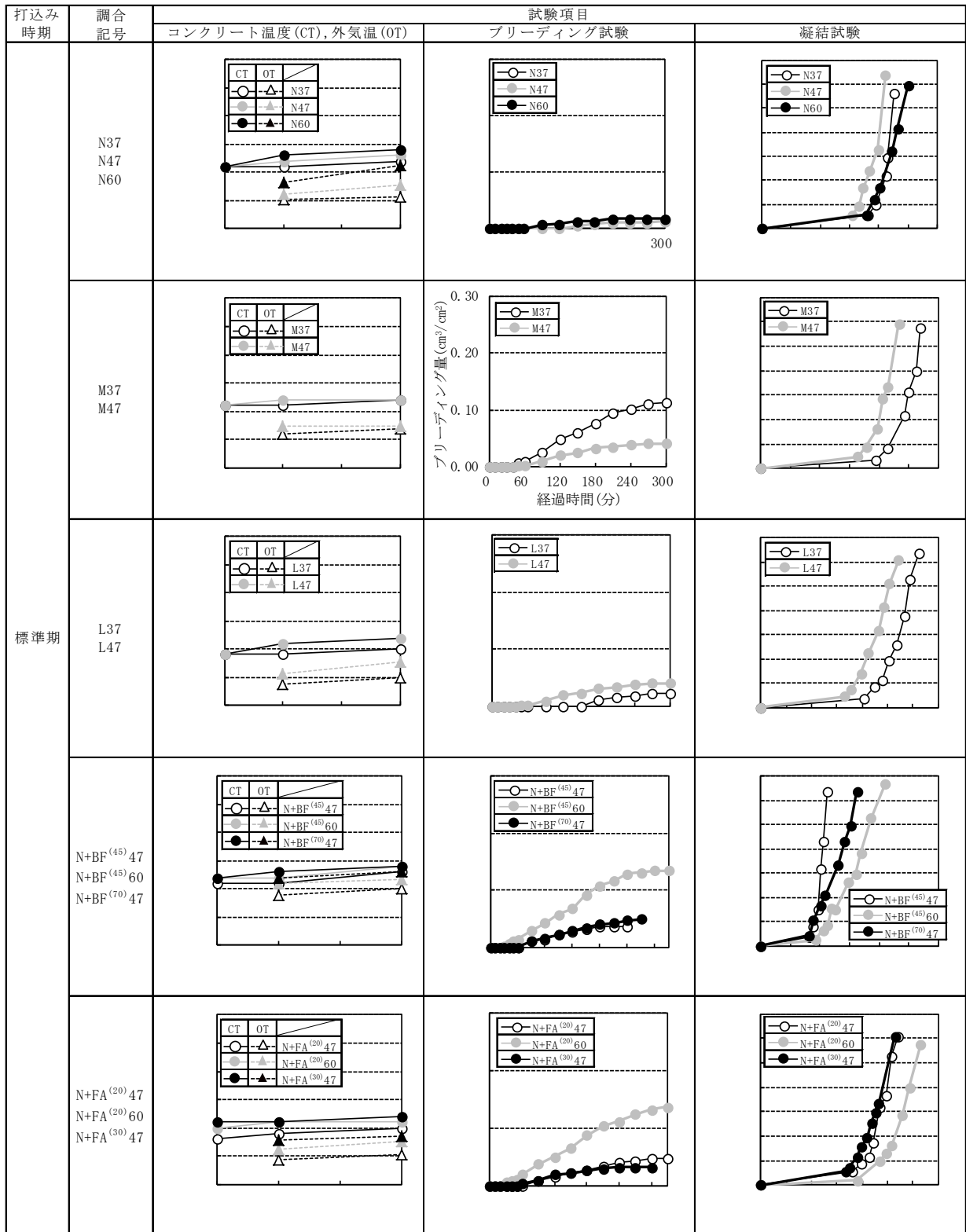


図 2.2.3-4 コンクリート温度および外気温、ならびに
ブリーディングおよび凝結時間試験の経時変化【標準期】

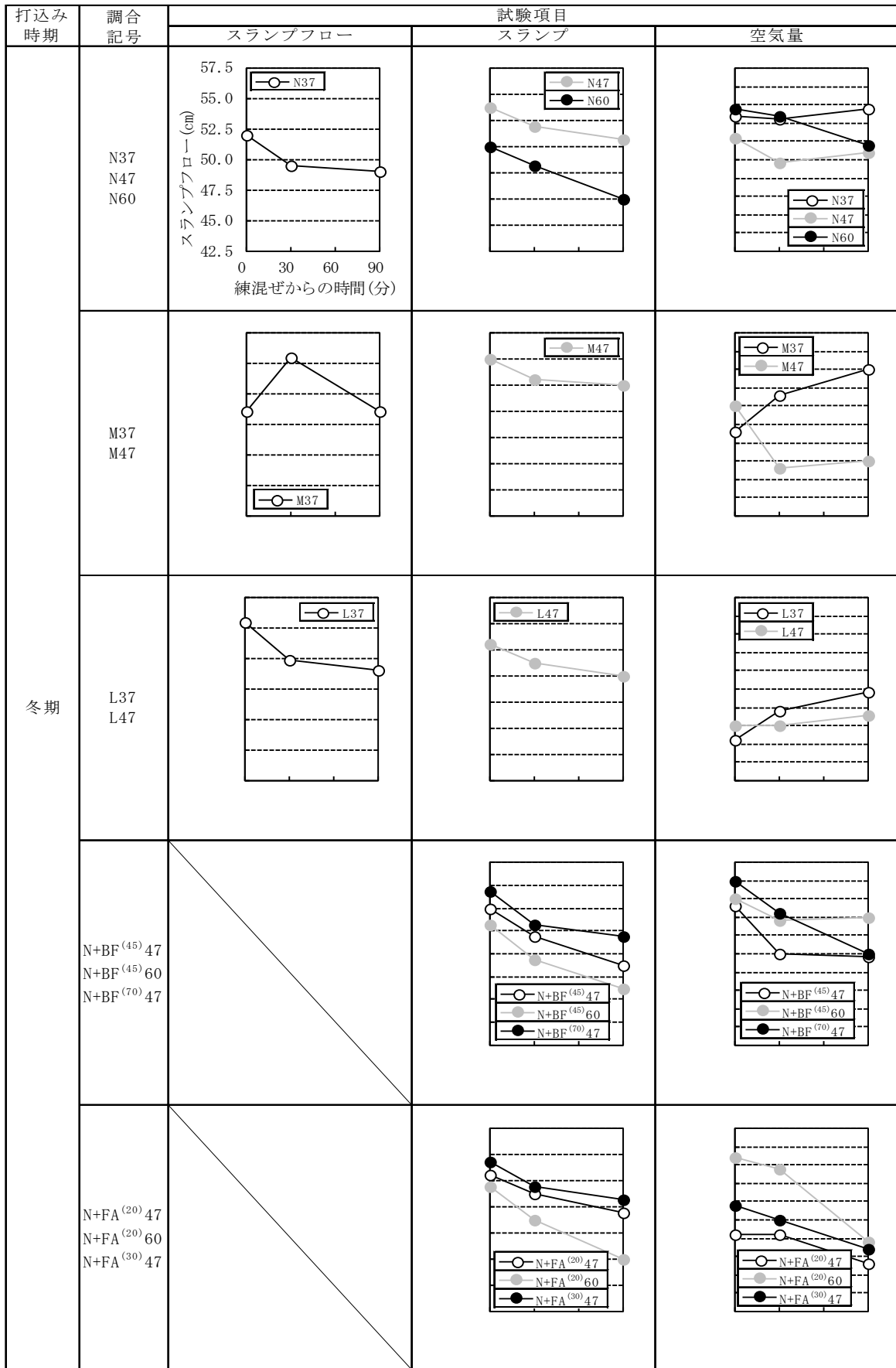


図 2.2.3-5 スランブ、スランブフローおよび空気量の経時変化【冬期】

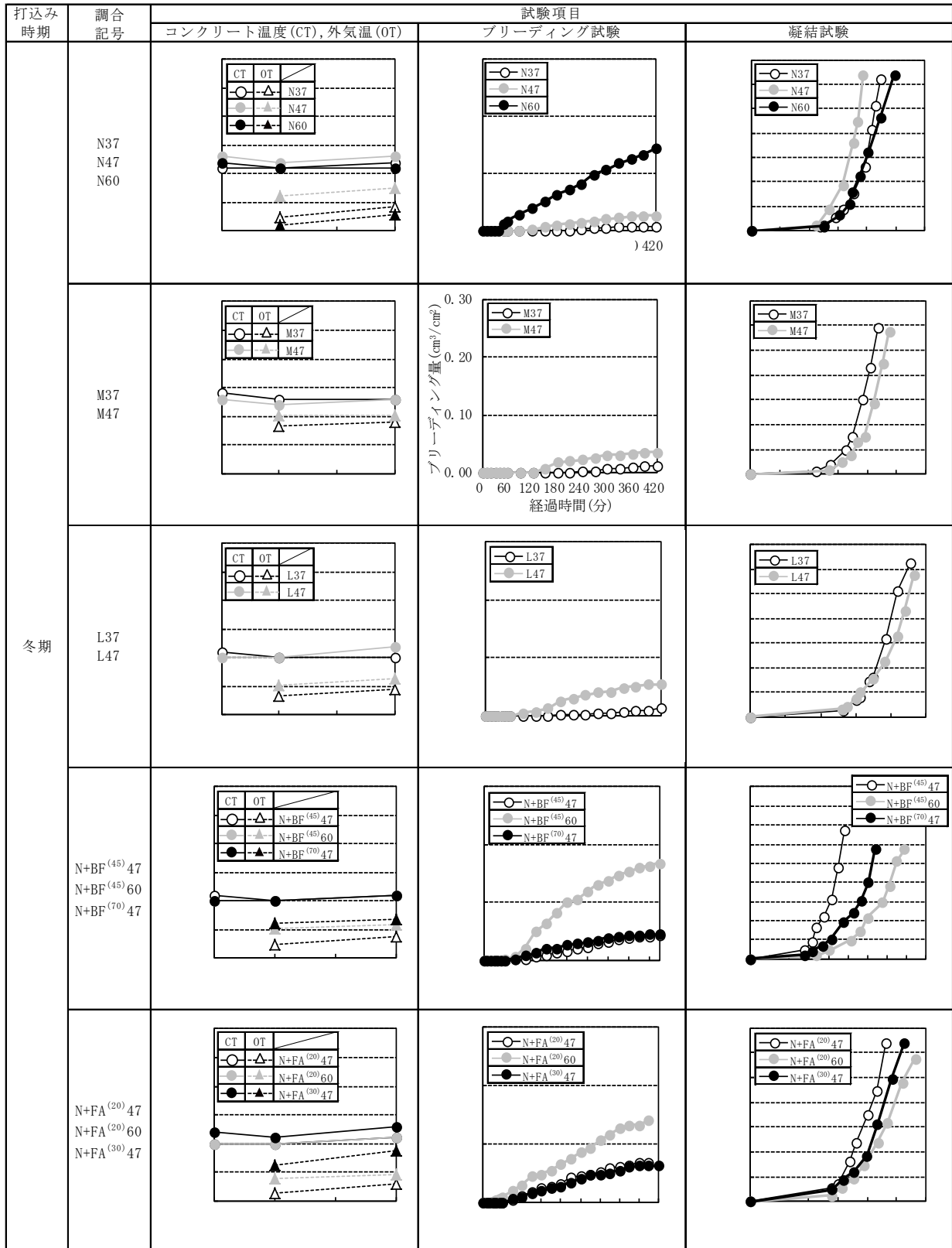


図 2.2.3-6 コンクリート温度および外気温度、ならびに
ブリーディングおよび凝結時間試験の経時変化【冬期】

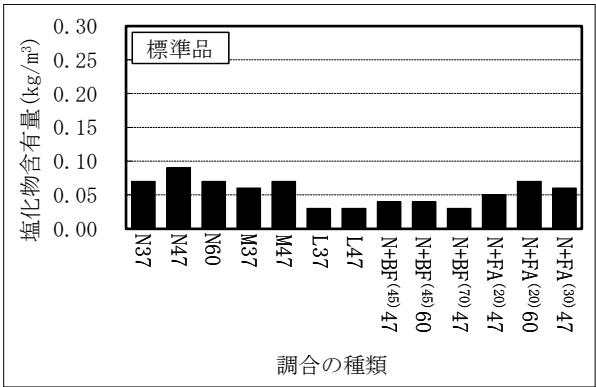
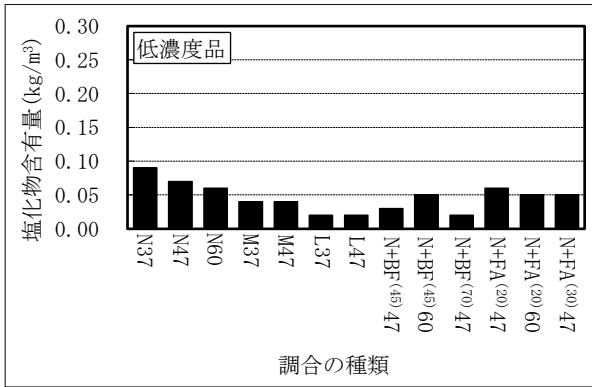


図 2.2.3-7 塩化物含有量(低濃度品および標準品) 【夏期】

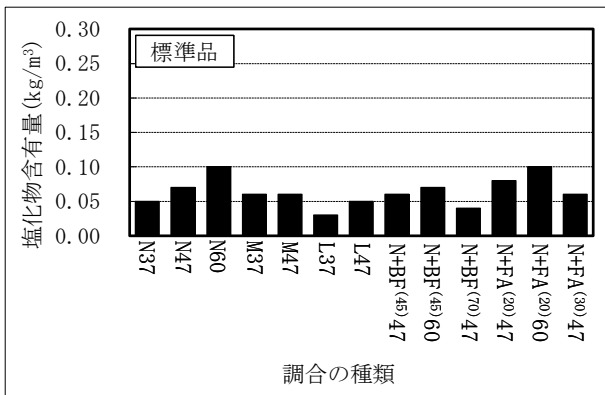
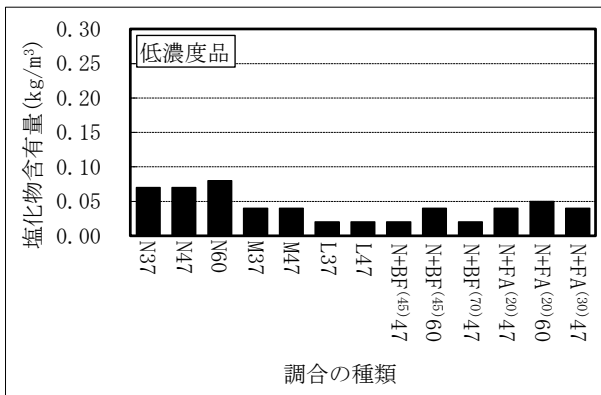


図 2.2.3-8 塩化物含有量(低濃度品および標準品) 【標準期】

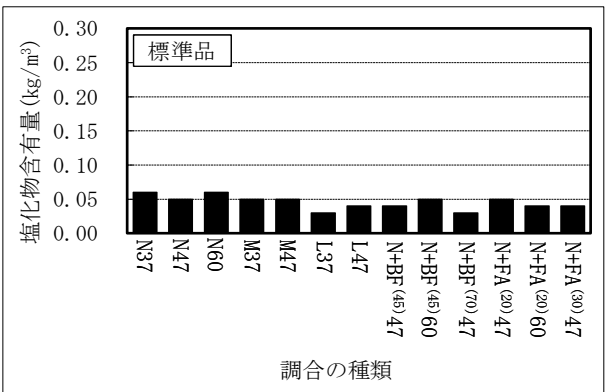
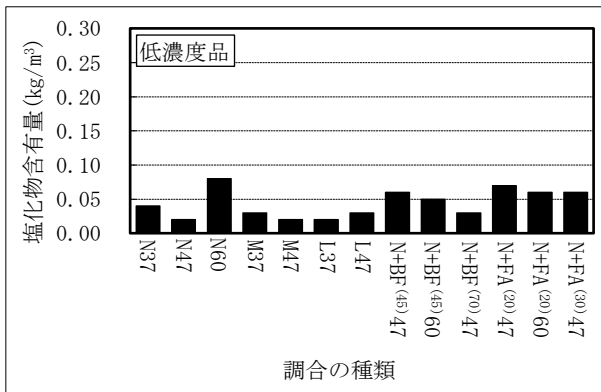


図 2.2.3-9 塩化物含有量(低濃度品および標準品) 【冬期】

出荷時から練上り後 30 分（受入れ検査）までのスランプ、スランプフローの変化量および空気量の変化量、ならびにブリーディング量および凝結時間は次のとおりである。

(1) スランプ、スランプフローの経時変化

出荷時と練上り後 30 分（受入れ検査時）のスランプ、スランプフローとその変化量を表 2.2.3-3 および図 2.2.3-10 に示す。出荷時から受入れ検査時までのスランプフローの変化量については 7.5cm^{*} 以上変化するものはなかった。一方、出荷時から受入れ検査時までのスランプの変化量が 2.5cm^{*} 以上のものはセメント単味の調合ではなかったが、高炉スラグを置換した全ての調合（N+BF⁽⁴⁵⁾ 47、N+BF⁽⁷⁰⁾47、N+BF⁽⁴⁵⁾ 60）では、いずれの打設時期でもスランプが 2.5cm 以上低下し、またフライアッシュを置換した調合でも、標準期や冬期でスランプが 2.5cm 低下した。なお、高炉スラグを置換したコンクリートは、出荷時から受入れ検査時にかけてスランプの低下が大きいことが予想されたことから、コンクリートの製造において混和剤使用量を調整し、出荷時スランプを若干大きくなるように努めた。

※：フレッシュコンクリートの受入れ検査時の判定基準の許容差は、JIS A 5308：2012 を目安とした

表 2.2.3-3 出荷時と受入れ検査時のスランプ、スランプフローの変化量（単位：cm）

		打込み時期	夏期			標準期			冬期		
目標スランプ等	W/B (%)	調合記号	出荷時	受入れ検査時	変化量	出荷時	受入れ検査時	変化量	出荷時	受入れ検査時	変化量
スランプフロー 50cm	37	N37	45.0	45.0	0	51.8	48.8	-3.0	52.0	49.5	-2.5
		M37	51.0	50.5	-0.5	52.0	52.8	0.8	51.0	55.5	4.5
		L37	51.0	53.8	2.8	47.3	49.3	2.0	55.5	52.3	-3.2
スランプ 18cm	47	N47	20.5	20.0	-0.5	20.5	20.0	-0.5	21.0	19.5	-1.5
		M47	20.5	20.0	-0.5	20.0	19.5	-0.5	22.0	20.5	-1.5
		L47	20.5	20.0	-0.5	21.0	19.5	-1.5	20.5	19.0	-1.5
		N+BF ⁽⁴⁵⁾ 47	21.5	18.0	-2.5	21.5	19.5	-2.0	22.0	19.5	-2.5
		N+BF ⁽⁷⁰⁾ 47	23.0	18.0	-5.0	23.5	20.5	-3.0	23.5	20.5	-3.0
		N+FA ⁽²⁰⁾ 47	21.5	20.0	-1.5	21.0	19.5	-1.5	20.5	19.0	-1.5
		N+FA ⁽³⁰⁾ 47	21.5	20.5	-1.0	20.5	19.0	-2.5	21.5	19.5	-2.0
スランプ 18cm	60	N60	18.0	17.0	-1.0	18.0	16.5	-1.5	18.0	16.5	-1.5
		N+BF ⁽⁴⁵⁾ 60	20.5	18.0	-2.5	20.5	16.5	-4.0	20.5	17.5	-3.0
		N+FA ⁽²⁰⁾ 60	19.5	18.5	-1.0	19.5	17.0	-2.5	19.5	17.0	-2.5

注：網掛はスランプが 2.5cm 以上低下したもの

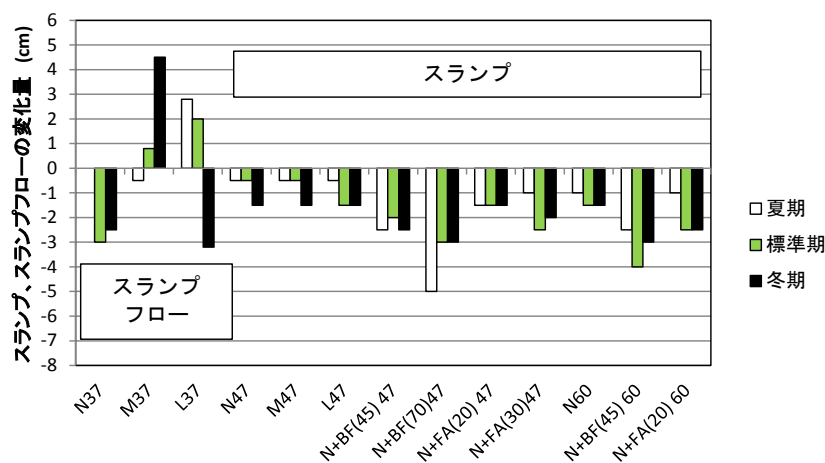


図 2.2.3-10 出荷時と荷卸し時の変化量（スランプ、スランプフロー）

(2) 空気量の経時変化

出荷時から受入れ検査時までの空気量の変化量を表 2. 2. 3-4 および図 2. 2. 3-11 に示す。出荷時から受入れ検査時までの空気量の変化量については、1.5%※以上変化した調査は打設時期で各 1 調査ずつあり、夏期は N+FA⁽²⁰⁾ 47、標準期は N+BF⁽⁴⁵⁾ 47、冬期は M47 であった。空気量の変化量が 1.0%以上 1.5%未満変化する調査も散見され、特に高炉スラグを置換した水結合材比 47%のコンクリートの調査の空気量の変化が大きい傾向が見られた。なお、AE 助剤を多く使用したフライアッシュを置換した調査は夏期を除くと、標準期や冬期では空気量の大きな変化は見られなかった。

※：フレッシュコンクリートの受入れ検査時の判定基準の許容差は、JIS A 5308：2012 を目安とした

表 2. 2. 3-4 出荷時と受入れ検査時の空気量の変化量（単位：％）

		打込み時期			夏期			標準期			冬期		
目標スランブ等	W/B (%)	調合記号	出荷時	受入れ検査時	変化量	出荷時	受入れ検査時	変化量	出荷時	受入れ検査時	変化量		
スランブ フロー 50cm	37	N37	5.3	5.5	0.2	5.9	4.8	-1.1	5.7	5.6	-0.1		
		M37	5.8	4.6	-1.2	5.8	5.0	-0.8	4.3	5.3	1.0		
		L37	4.0	3.8	-0.2	5.6	5.4	-0.2	3.1	3.9	-0.8		
スランブ 18cm	47	N47	3.5	3.0	-0.5	5.0	4.4	-0.6	5.1	4.4	-0.7		
		M47	4.2	4.2	0	4.0	3.6	-0.4	5.0	3.3	-1.7		
		L47	4.0	3.5	-0.5	4.3	3.5	-0.8	3.5	3.5	0		
		N+BF ⁽⁴⁵⁾ 47	5.8	5.3	-0.5	5.9	4.0	-1.9	5.8	4.5	-1.3		
		N+BF ⁽⁷⁰⁾ 47	5.3	4.0	-1.3	5.9	4.4	-1.3	6.5	5.6	-1.1		
		N+FA ⁽²⁰⁾ 47	6.0	3.6	-2.4	4.2	3.9	-0.3	4.1	4.1	0		
		N+FA ⁽³⁰⁾ 47	4.0	3.0	-1.0	5.2	4.5	-0.7	4.9	4.5	-0.4		
スランブ 18cm	60	N60	4.0	4.3	-0.3	4.8	4.8	0	5.9	5.7	-0.2		
		N+BF ⁽⁴⁵⁾ 60	4.8	5.0	-0.2	5.9	5.5	-0.4	6.0	5.4	-0.6		
		N+FA ⁽²⁰⁾ 60	6.1	5.9	-0.2	5.2	4.5	-0.7	6.2	5.9	-0.3		

注：網掛けは、空気量が 1.5%以上低下したものと

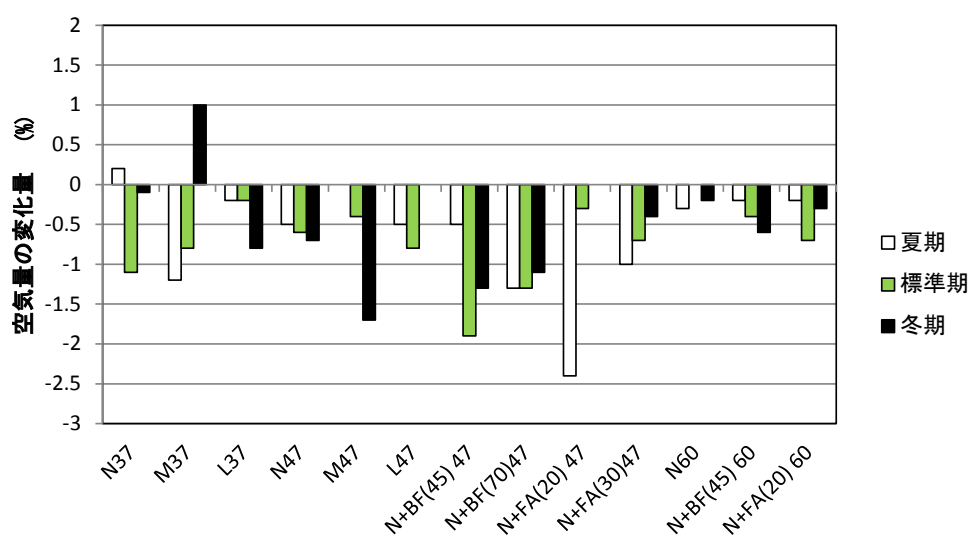


図 2. 2. 3-11 出荷時と荷卸し時の変化量（空気量）

(3) ブリーディング量

ブリーディング量を表 2.2.3-5 および図 2.2.3-12 に示す。ブリーディング量は、水セメント比または水結合材比が小さい方が少ないが、セメントの種類の違いの他、夏期の N+BF⁽⁴⁵⁾ 60 を除くと、高炉スラグやフライアッシュを混合したコンクリートは普通ポルトランドセメントのみを使用したコンクリートと大きな違いは見られなかった。

表 2.2.3-5 ブリーディング量 (単位: cm³/cm²)

目標スランプ等	W/B (%)	打込み時期 調査記号	夏期	標準期	冬期
			スランプ フロー 50cm	37	N37
		M37	0.00	0.02	0.01
		L37	0.03	0.02	0.01
スランプ 18cm	47	N47	0.02	0.02	0.03
		M47	0.03	0.04	0.03
		L47	0.02	0.04	0.04
		N+BF ⁽⁴⁵⁾ 47	0.02	0.04	0.02
		N+BF ⁽⁷⁰⁾ 47	0.07	0.04	0.03
		N+FA ⁽²⁰⁾ 47	0.03	0.05	0.04
		N+FA ⁽³⁰⁾ 47	0.05	0.03	0.04
スランプ 18cm	60	N60	0.07	0.11	0.11
		N+BF ⁽⁴⁵⁾ 60	0.20	0.13	0.12
		N+FA ⁽²⁰⁾ 60	0.13	0.14	0.09

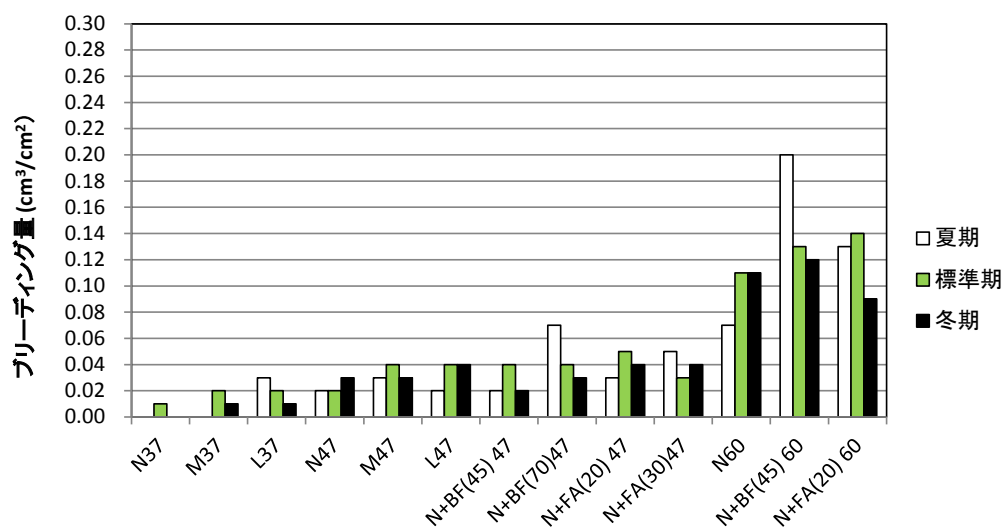


図 2.2.3-12 ブリーディング量

(4) 凝結時間

凝結時間の試験結果を表 2.2.3-6 および図 2.2.3-13～図 2.2.3-16 に示す。標準期では N+BF⁽⁷⁰⁾47、N+BF⁽⁴⁵⁾60、N+FA⁽²⁰⁾60 の 3 調合の終結時間が 12 時間を超えており、寒中期では多くの調合で始発時間が 12 時間を超えており、終結時間にいたっては 20 時間を超えるものも散見され、また始発から終結までの時間が長い調合が多くみられた。

ここでは、各種調合の凝結時間が、同一水結合材比の N と比較して、どの程度遅延するかを整理し、その結果を表 2.2.3-7 ならびに図 2.2.3-17 および図 2.2.3-18 に示す。夏期では、水結合材比 47% において高炉スラグやフライアッシュを多く置換したコンクリートの調合で終結時間が 1～2 時間程度遅くなり、水結合材比 60% において高炉スラグやフライアッシュを置換したコンクリートの調合で始発時間が 2 時間程度、終結時間が 2 時～4 時間程遅くなった。夏期の場合、この程度凝結時間が遅くなくても特に問題となることはないと考えられる。標準期では、M37、L37 のコンクリートや、高炉スラグやフライアッシュを置換したコンクリートの調合では、凝結時間、特に終結時間が 2～5 時間程度遅くなるものがあった。高炉スラグは始発が始まって終結に至るまでの時間が長くなる傾向が見られる。冬期では、基準とした N37、N47、N60 のコンクリートの始発時間も 10 時間を超えており、M37、L37 のコンクリートは N37 と同程度の凝結時間であったが、特に高炉スラグを置換したコンクリートの調合では、凝結時間、特に終結時間が 10 時間以上も遅くなるものがあった。その他の調合でも 1～5 時間程度遅くなった。冬期では N を使用した調合でも凝結時間が遅くなるが、他の調合も含めて凝結時間が著しく遅くなるので、仕上げのタイミングやコンクリートの沈降等の他、初期凍害防止や養生方法等に配慮が必要と考えられる。

表 2.2.3-6 凝結時間の試験結果

打込み時期			夏期		標準期		冬期	
目標 スランブ等	W/B (%)	調合記号	始発	終結	始発	終結	始発	終結
スランブ フロー 50cm	37	N37	5時間 17分	6時間 38分	7時間 24分	9時間 04分	12時間 03分	17時間 31分
		M37	5時間 59分	7時間 10分	8時間 24分	10時間 45分	12時間 02分	17時間 14分
		L37	5時間 24分	7時間 21分	8時間 44分	11時間 58分	11時間 59分	17時間 25分
スランブ 18cm	47	N47	4時間 47分	6時間 03分	6時間 21分	8時間 19分	10時間 15分	15時間 08分
		M47	5時間 01分	6時間 30分	6時間 50分	9時間 14分	13時間 24分	18時間 56分
		L47	4時間 58分	6時間 28分	7時間 05分	10時間 28分	11時間 56分	18時間 33分
		N+BF ⁽⁴⁵⁾ 47	4時間 30分	5時間 45分	6時間 58分	8時間 49分	11時間 48分	18時間 38分
		N+BF ⁽⁷⁰⁾ 47	5時間 06分	8時間 07分	6時間 46分	12時間 30分	14時間 49分	25時間 30分
		N+FA ⁽²⁰⁾ 47	5時間 05分	6時間 50分	7時間 31分	10時間 28分	12時間 02分	18時間 01分
		N+FA ⁽³⁰⁾ 47	5時間 16分	7時間 22分	6時間 56分	10時間 21分	11時間 57分	20時間 06分
スランブ 18cm	60	N60	4時間 47分	5時間 51分	7時間 15分	9時間 52分	12時間 22分	18時間 54分
		N+BF ⁽⁴⁵⁾ 60	6時間 50分	10時間 18分	8時間 29分	15時間 16分	18時間 15分	31時間 10分
		N+FA ⁽²⁰⁾ 60	6時間 52分	8時間 08分	8時間 43分	12時間 30分	13時間 09分	22時間 16分

注：網掛けは、凝結時間が12時間を超えているもの

表 2.2.3-7 凝結時間(同一水結合材比 N との時間差)

打込み時期			夏期		標準期		冬期	
目標 スランブ等	W/B (%)	調合記号	始発 時間差	終結 時間差	始発 時間差	終結 時間差	始発 時間差	終結 時間差
スランブ フロー 50cm	37	N37	(5時間 17分) 0	(6時間 38分) 0	(7時間 24分) 0	(9時間 04分) 0	(12時間 03分) 0	17時間 31分 00
		M37	42分	31分	1時間 00分	1時間 41分	-1分	-17分
		L37	07分	42分	1時間 20分	2時間 54分	-4分	-6分
スランブ 18cm	47	N47	(4時間 47分) 0	(6時間 03分) 0	(6時間 21分) 0	(8時間 19分) 0	(10時間 15分) 0	15時間 08分 0
		M47	14分	26分	29分	55分	3時間 09分	3時間 48分
		L47	11分	24分	44分	2時間 09分	1時間 47分	3時間 25分
		N+BF ⁽⁴⁵⁾ 47	-17分	-18分	37分	30分	1時間 33分	3時間 30分
		N+BF ⁽⁷⁰⁾ 47	19分	2時間 03分	25分	4時間 11分	4時間 34分	10時間 22分
		N+FA ⁽²⁰⁾ 47	18分	46分	1時間 10分	2時間 09分	1時間 47分	2時間 53分
		N+FA ⁽³⁰⁾ 47	28分	1時間 18分	35分	2時間 02分	1時間 42分	4時間 58分
スランブ 18cm	60	N60	(4時間 47分) 0	(5時間 51分) 0	(7時間 15分) 0	(9時間 52分) 0	(12時間 22分) 0	18時間 54分 0
		N+BF ⁽⁴⁵⁾ 60	2時間 11分	4時間 27分	1時間 14分	5時間 24分	5時間 53分	12時間 16分
		N+FA ⁽²⁰⁾ 60	2時間 12分	2時間 17分	1時間 28分	2時間 38分	47分	3時間 22分

注1：N37、N47、N60の上段()書きは始発時間、終結時間を示す

注2：網掛けは、Nと比較し、凝結時間が2時間以上遅くなっているもの

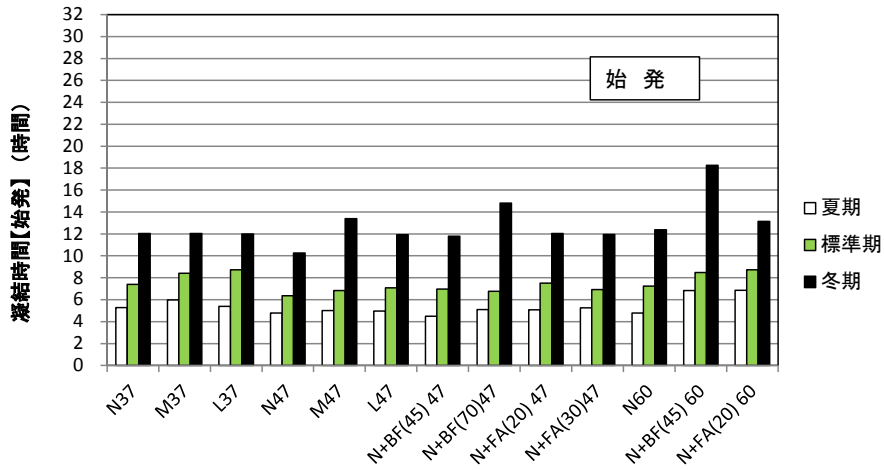


図 2.2.3-13 凝結時間の試験結果 (その 1 : 始発)

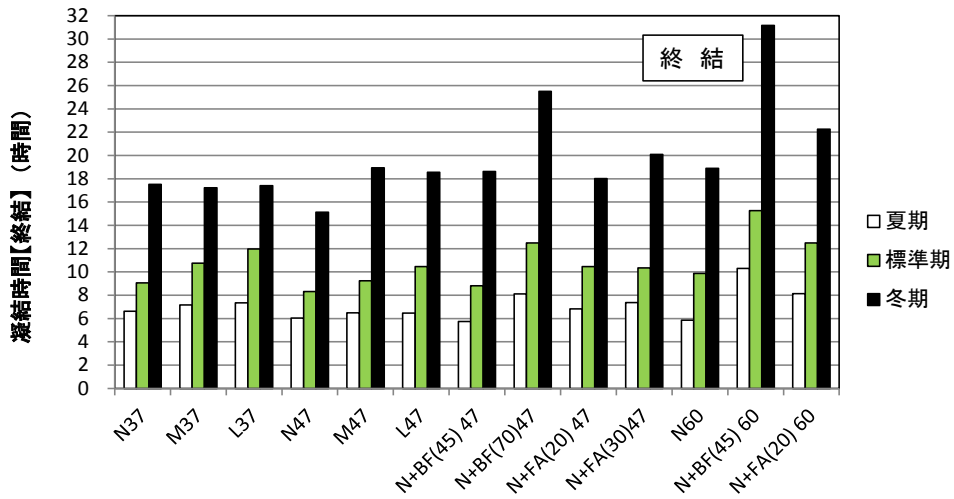


図 2.2.3-14 凝結時間の試験結果 (その 2 : 終結)

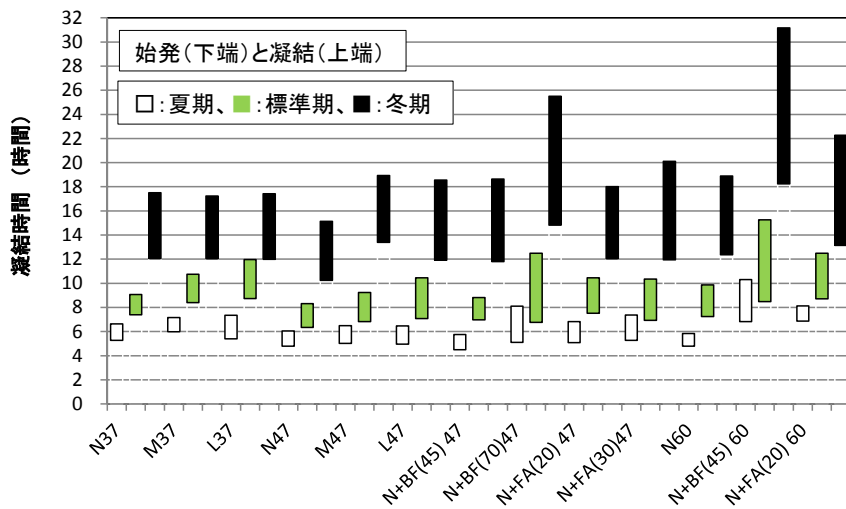


図 2.2.3-15 凝結時間の試験結果 (その 3 : 始発と終結)

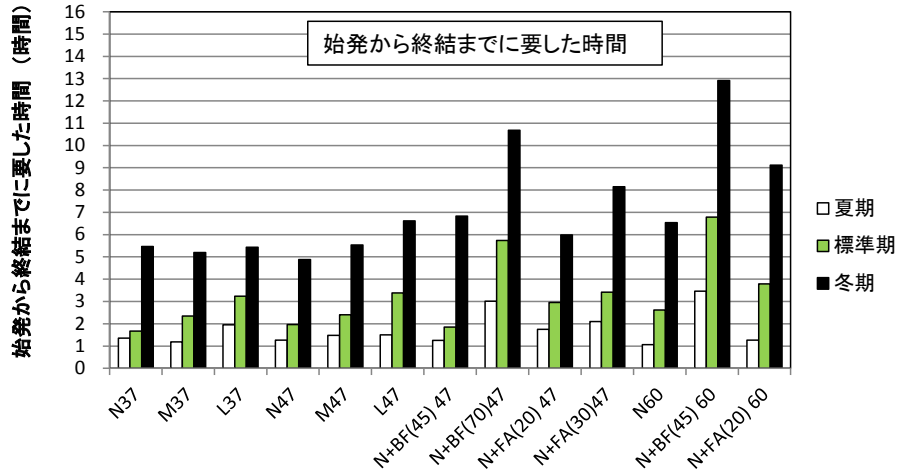


図 2.2.3-16 凝結時間の試験結果（その 4：始発から終結までに要した時間）

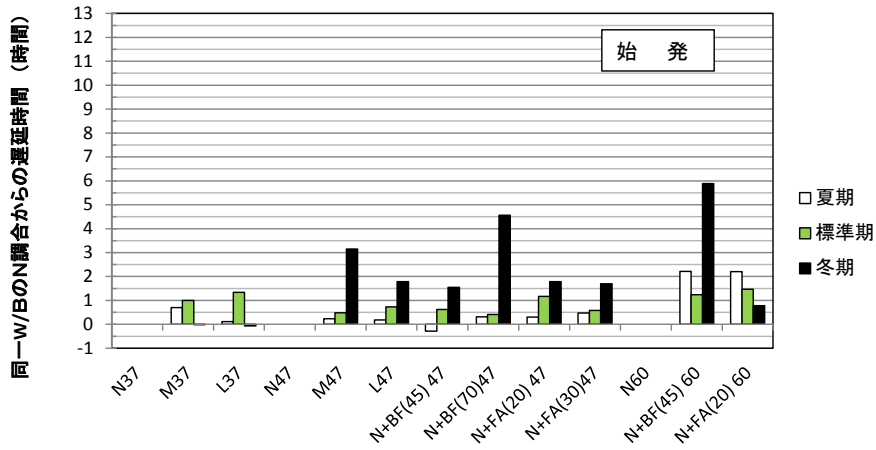


図 2.2.3-17 凝結時間の遅延（対 N セメント）（その 1：始発）

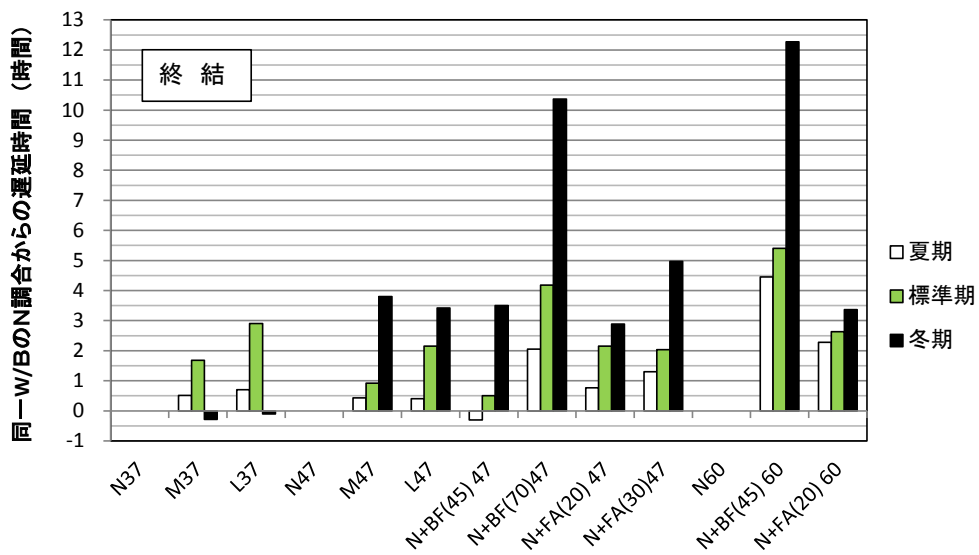


図 2.2.3-18 凝結時間の遅延（対 N セメント）（その 2：終結）

2.2.4 凝結時間と積算温度及び有効材齢の関係

凝結時間試験における室内温度記録をもとに、練混ぜ直後からの始発および終結における

① 積算温度 ($\Sigma^{\circ}D \cdot D$) : D は室内温度に 10°C を加算したもの。後述の式 (3.3.1) 参照

② 積算温度 ($\Sigma^{\circ}d \cdot D$) : d は室内温度

③ 有効材齢 : コンクリート標準示方書[設計編]で用いている有効材齢。後述の式 (3.3.2) 参照の3種類について凝結時間との関係を整理した。室内温度収録間隔は夏期および冬期が5分間隔で、標準期は15分間隔であった。なお、コンクリートの練混ぜ直後から荷卸し時までの温度は室内温度記録を用いた。

表 2.2.4-1 に凝結時間試験結果を示す。①積算温度 ($\Sigma^{\circ}D \cdot D$) で整理した結果を表 2.2.4-2 に、凝結時間との関係図を図 2.2.4-1~図 2.2.4-6 にそれぞれ示す。②積算温度 ($\Sigma^{\circ}d \cdot D$) で整理した結果を表 2.2.4-3 に、凝結時間との関係図を図 2.2.4-7~図 2.2.4-12 にそれぞれ示す。③有効材齢で整理した結果を表 2.2.4-4 に、凝結時間との関係図を図 2.2.4-13~図 2.2.4-18 にそれぞれ示す。なお、付図 2.2.4-1~図 2.2.4-6 の横軸の積算温度の最大値 $30 (^{\circ}\text{D} \cdot \text{D})$ は気温 20°C の1日に、図 2.2.4-7~図 2.2.4-12 の横軸の積算温度の最大値 $20 (^{\circ}d \cdot \text{D})$ は気温 20°C の1日に、相当するものである。

凝結時間の始発および終結は夏期と比較して標準期が長く、冬期ではさらに長くなるものの、積算温度あるいは有効材齢との関係で整理すると、凝結時間の始発や終結は積算温度あるいは有効材齢との関係は、夏期ではややばらつきがあるが、標準期や冬期ではセメントの種類に関わらず、それぞれ積算温度あるいは有効材齢とほぼ直線関係 (図 2.2.4-3 と 4、図 2.2.4-9 と 10、図 2.2.4-15 と 16) が見られる。また、全体的な傾向として、各シーズン (夏期、標準期、冬期) における始発および終結の積算温度、有効材齢の範囲を比較すると、N、M および L セメントの場合には各期の①積算温度の範囲 ($\Sigma^{\circ}D \cdot D$) が概ね一致する (図 2.2.4-5) のに対し、混和材を混入した場合には各期の③有効材齢の範囲が概ね一致する傾向 (図 2.2.4-18) が見られる。

表 2.2.4-1 凝結時間試験結果

打設時期			夏期		標準期		冬期	
目標スランブ等	W/B (%)	調合記号	始発	終結	始発	終結	始発	終結
スランブフロー50cm	37	N37	5時間 17分	6時間 38分	7時間 24分	9時間 04分	12時間 03分	17時間 31分
		M37	5時間 59分	7時間 10分	8時間 24分	10時間 45分	12時間 02分	17時間 14分
		L37	5時間 24分	7時間 21分	8時間 44分	11時間 58分	11時間 59分	17時間 25分
スランブ18cm	47	N47	4時間 47分	6時間 03分	6時間 21分	8時間 19分	10時間 15分	15時間 08分
		M47	5時間 01分	6時間 30分	6時間 50分	9時間 14分	13時間 24分	18時間 56分
		L47	4時間 58分	6時間 28分	7時間 05分	10時間 28分	11時間 56分	18時間 33分
		N+BF ⁽⁴⁵⁾ 47	4時間 30分	5時間 45分	6時間 58分	8時間 49分	11時間 48分	18時間 38分
		N+BF ⁽⁷⁰⁾ 47	5時間 06分	8時間 07分	6時間 46分	12時間 30分	14時間 49分	25時間 30分
		N+FA ⁽²⁰⁾ 47	5時間 05分	6時間 50分	7時間 31分	10時間 28分	12時間 02分	18時間 01分
		N+FA ⁽³⁰⁾ 47	5時間 16分	7時間 22分	6時間 56分	10時間 21分	11時間 57分	20時間 06分
スランブ18cm	60	N60	4時間 47分	5時間 51分	7時間 15分	9時間 52分	12時間 22分	18時間 54分
		N+BF ⁽⁴⁵⁾ 60	6時間 50分	10時間 18分	8時間 29分	15時間 16分	18時間 15分	31時間 10分
		N+FA ⁽²⁰⁾ 60	6時間 52分	8時間 08分	8時間 43分	12時間 30分	13時間 09分	22時間 16分

表 2.2.4-2 凝結時間の始発と終結における積算温度 ($\Sigma^{\circ} D \cdot D$)

打込み時期			夏期		標準期		冬期	
目標 スランブ等	W/B (%)	調合記号	積算温度 (始発)	積算温度 (終結)	積算温度 (始発)	積算温度 (終結)	積算温度 (始発)	積算温度 (終結)
スランブ フロー 50cm	37	N37	8.4	13.6	10.0	12.4	10.2	14.2
		M37	9.5	11.2	10.9	13.8	10.1	13.9
		L37	10.2	13.7	11.3	15.3	9.6	13.6
スランブ 18cm	47	N47	7.7	9.6	7.9	11.3	8.9	12.5
		M47	7.9	10.1	7.9	10.4	11.0	15.0
		L47	9.5	12.2	9.3	13.3	9.6	14.5
		N+BF ⁽⁴⁵⁾ 47	7.6	9.7	9.6	12.3	10.0	15.0
		N+BF ⁽⁷⁰⁾ 47	8.8	10.4	9.5	16.8	12.0	19.8
		N+FA ⁽²⁰⁾ 47	7.7	10.2	9.9	13.6	10.5	15.2
		N+FA ⁽³⁰⁾ 47	7.8	10.8	9.1	13.2	10.3	16.3
スランブ 18cm	60	N60	8.7	10.7	10.0	13.4	9.9	14.6
		N+BF ⁽⁴⁵⁾ 60	11.5	17.4	11.8	20.6	14.6	26.0
		N+FA ⁽²⁰⁾ 60	9.8	12.0	11.2	16.2	11.5	18.1

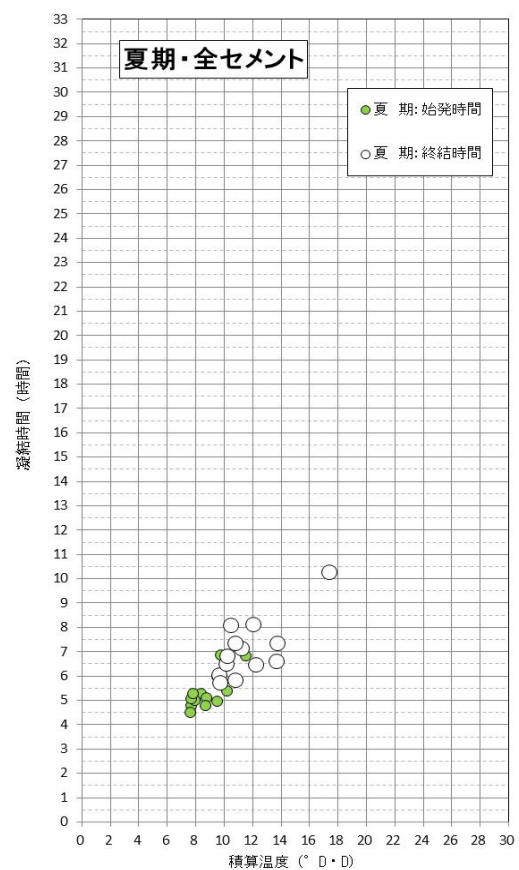
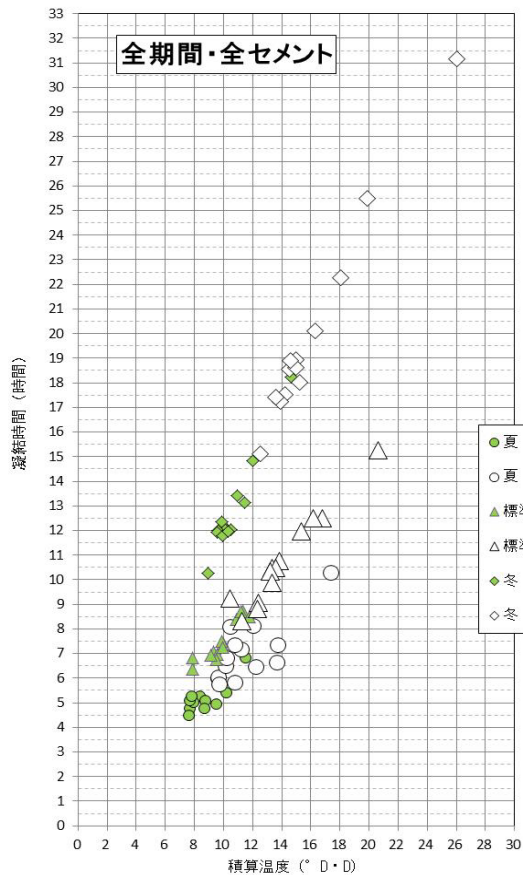


図 2.2.4-1 積算温度①と凝結時間 (その1)

図 2.2.4-2 積算温度①と凝結時間 (その2)

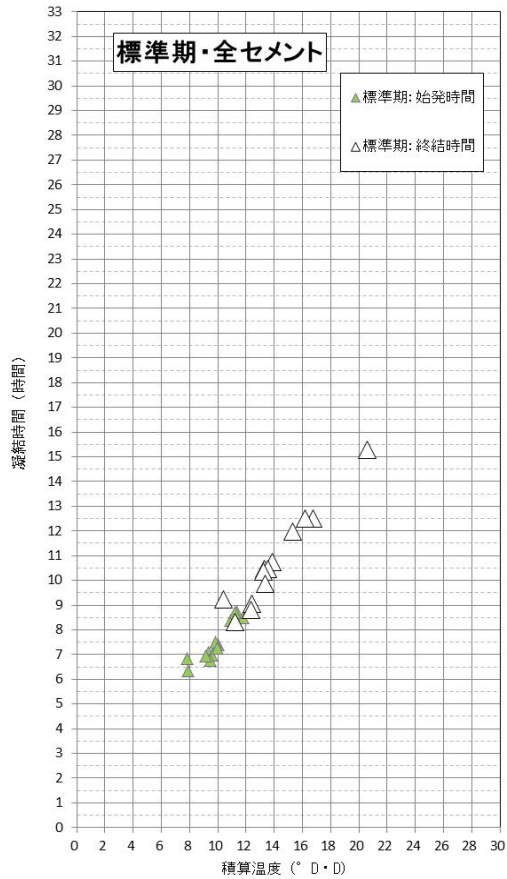


図 2. 2. 4-3 積算温度①と凝結時間 (その 3)

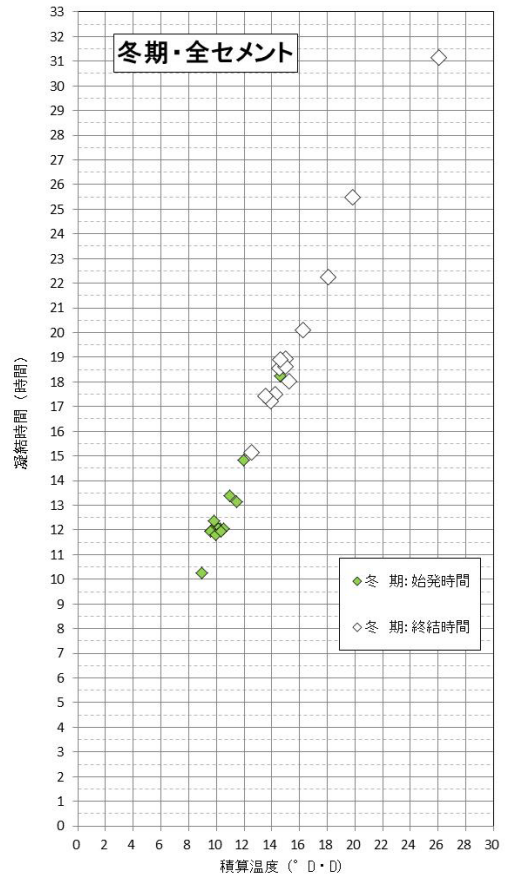


図 2. 2. 4-4 積算温度①と凝結時間 (その 4)

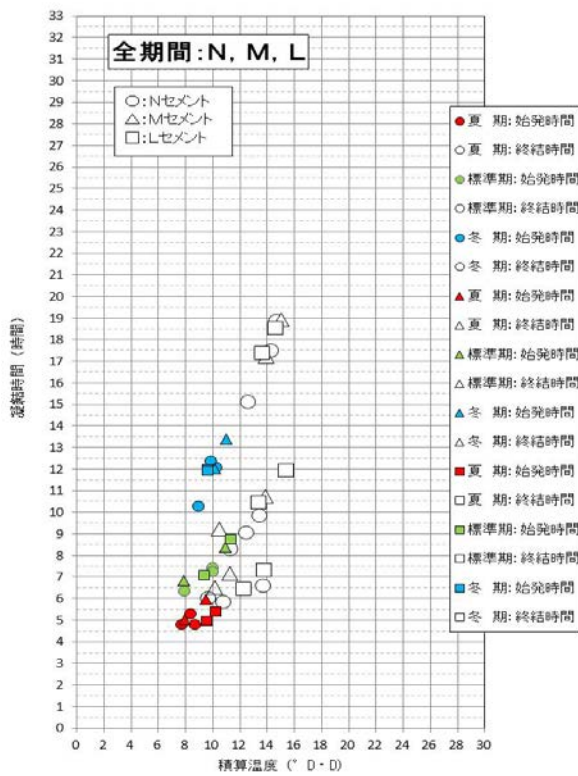


図 2. 2. 4-5 積算温度①と凝結時間 (その 5)

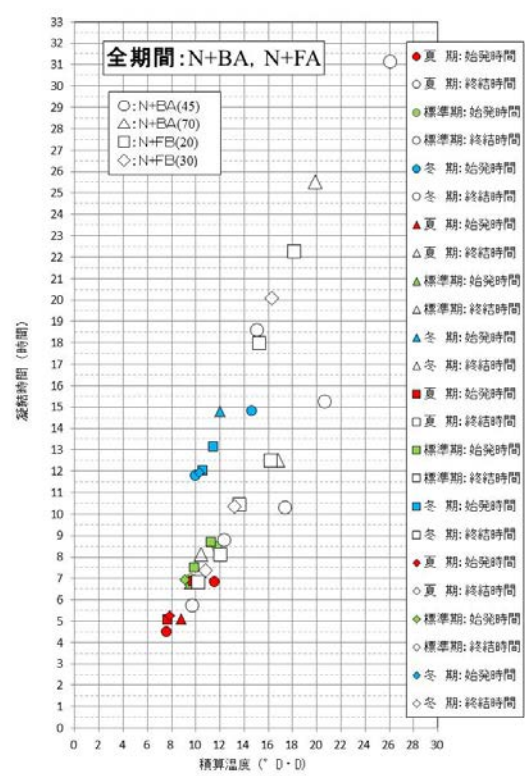


図 2. 2. 4-6 積算温度①と凝結時間 (その 6)

表 2.2.4-3 凝結時間の始発と終結における積算温度 ($\Sigma^{\circ} d \cdot D$)

		打込み時期	夏期		標準期		冬期	
目標 スランブ等	W/B (%)	調合記号	始発時間	終結時間	始発時間	終結時間	始発時間	終結時間
スランブ フロー 50cm	37	N37	6.2	10.0	6.8	8.5	5.1	6.9
		M37	6.9	8.2	7.1	9.2	5.1	6.7
		L37	7.9	10.6	7.5	10.1	4.6	6.2
スランブ 18cm	47	N47	5.6	7.0	5.4	7.7	4.6	6.2
		M47	5.8	7.4	5.1	6.9	5.3	7.0
		L47	7.4	9.4	6.2	8.8	4.6	6.7
		N+BF ⁽⁴⁵⁾ 47	5.6	7.2	6.6	8.5	5.0	7.2
		N+BF ⁽⁷⁰⁾ 47	6.6	7.8	6.6	11.5	5.8	9.2
		N+FA ⁽²⁰⁾ 47	5.5	7.3	6.5	9.0	5.5	7.7
		N+FA ⁽³⁰⁾ 47	5.6	7.7	6.1	8.7	5.3	7.8
スランブ 18cm	60	N60	6.7	8.2	6.8	9.1	4.6	6.7
		N+BF ⁽⁴⁵⁾ 60	8.6	13.0	8.1	14.1	7.0	12.5
		N+FA ⁽²⁰⁾ 60	7.0	8.6	7.5	10.6	5.9	8.8

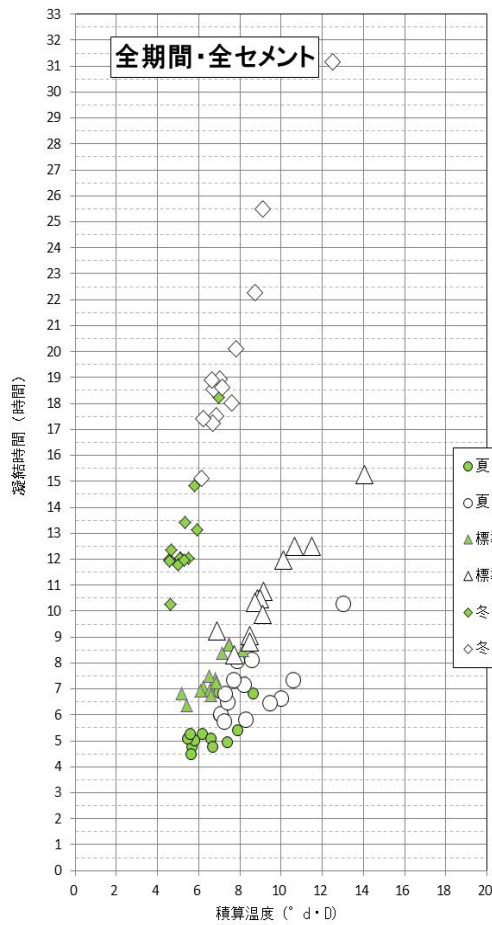


図 2.2.4-7 積算温度②と凝結時間 (その1)

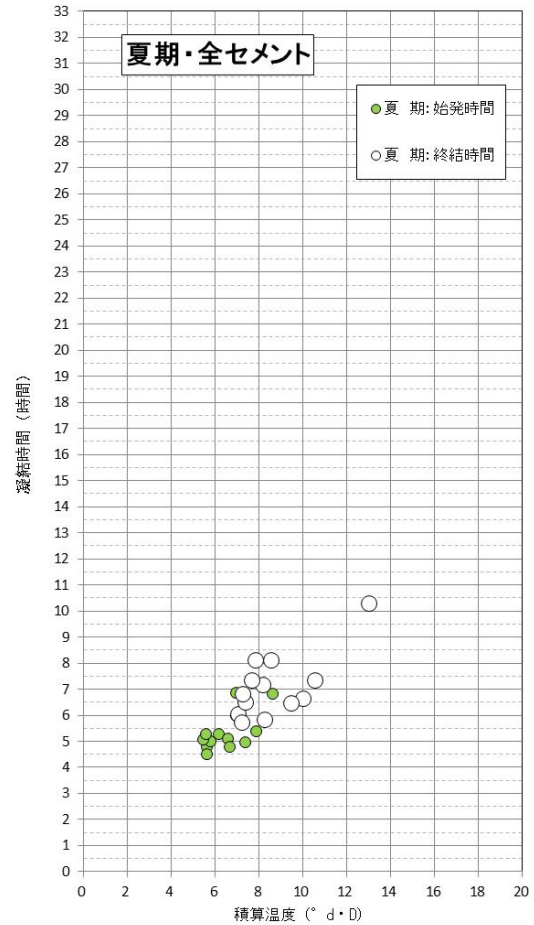


図 2.2.4-8 積算温度②と凝結時間 (その2)

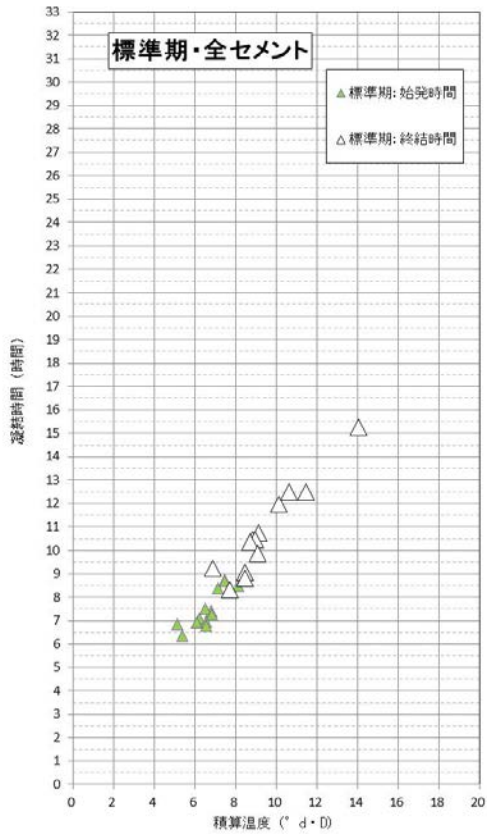


図 2.2.4-9 積算温度②と凝結時間 (その 3)

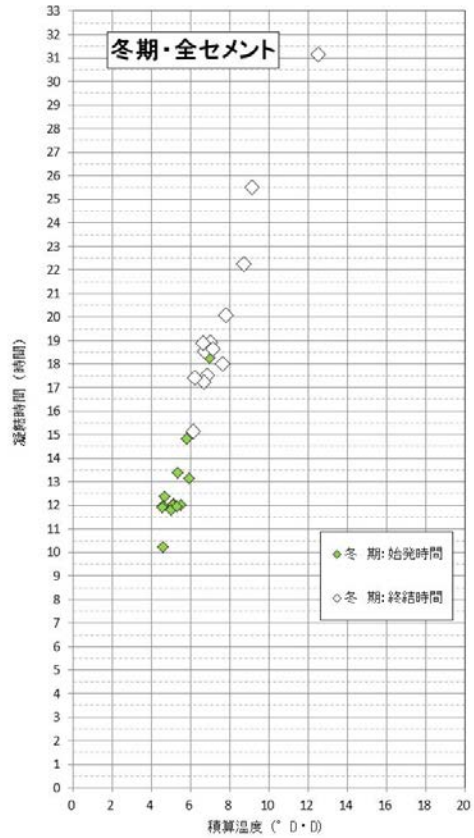


図 2.2.4-10 積算温度②と凝結時間 (その 4)

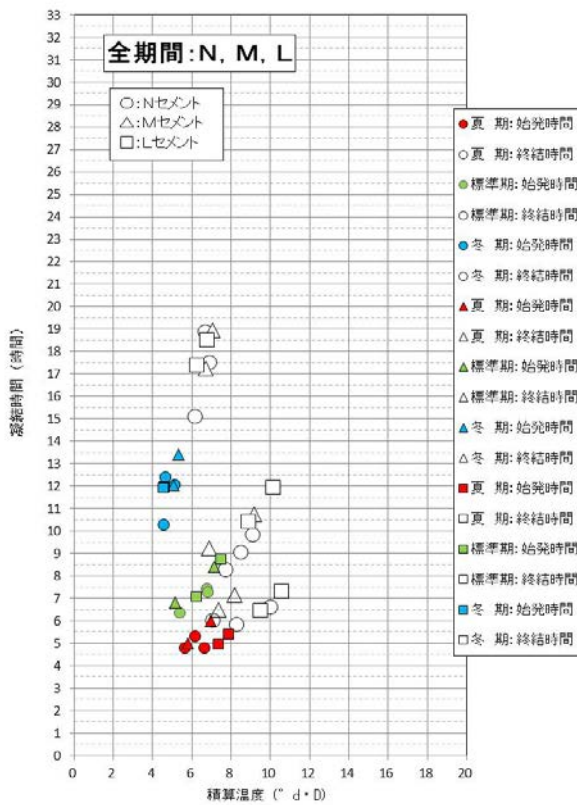


図 2.2.4-11 積算温度②と凝結時間 (その 5)

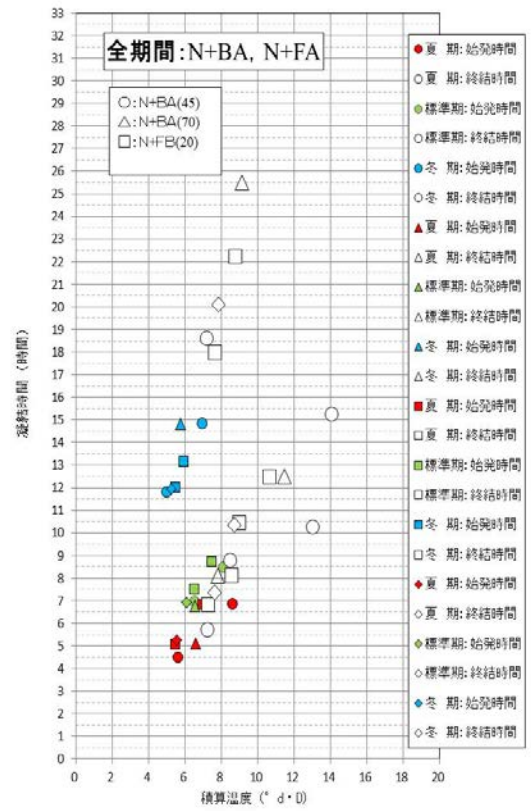


図 2.2.4-12 積算温度②と凝結時間 (その 6)

表 2. 2. 4-4 凝結時間の始発と終結における有効材齢（日）

打込み時期			夏期		標準期		冬期	
目標 スランプ等	W/B (%)	調合記号	有効材齢 (日)	有効材齢 (日)	有効材齢 (日)	有効材齢 (日)	有効材齢 (日)	有効材齢 (日)
スランプ フロー 50cm	37	N37	0.310	0.504	0.339	0.422	0.317	0.440
		M37	0.353	0.415	0.358	0.458	0.314	0.431
		L37	0.431	0.577	0.375	0.507	0.297	0.420
スランプ 18cm	47	N47	0.288	0.359	0.269	0.384	0.276	0.387
		M47	0.294	0.373	0.258	0.345	0.340	0.464
		L47	0.404	0.517	0.310	0.442	0.297	0.450
		N+BF ⁽⁴⁵⁾ 47	0.292	0.374	0.326	0.422	0.308	0.463
		N+BF ⁽⁷⁰⁾ 47	0.344	0.409	0.327	0.572	0.371	0.617
		N+FA ⁽²⁰⁾ 47	0.275	0.365	0.326	0.449	0.326	0.471
		N+FA ⁽³⁰⁾ 47	0.280	0.384	0.304	0.437	0.318	0.504
スランプ 18cm	60	N60	0.358	0.446	0.341	0.453	0.305	0.453
		N+BF ⁽⁴⁵⁾ 60	0.451	0.679	0.405	0.701	0.453	0.812
		N+FA ⁽²⁰⁾ 60	0.349	0.429	0.374	0.533	0.354	0.559

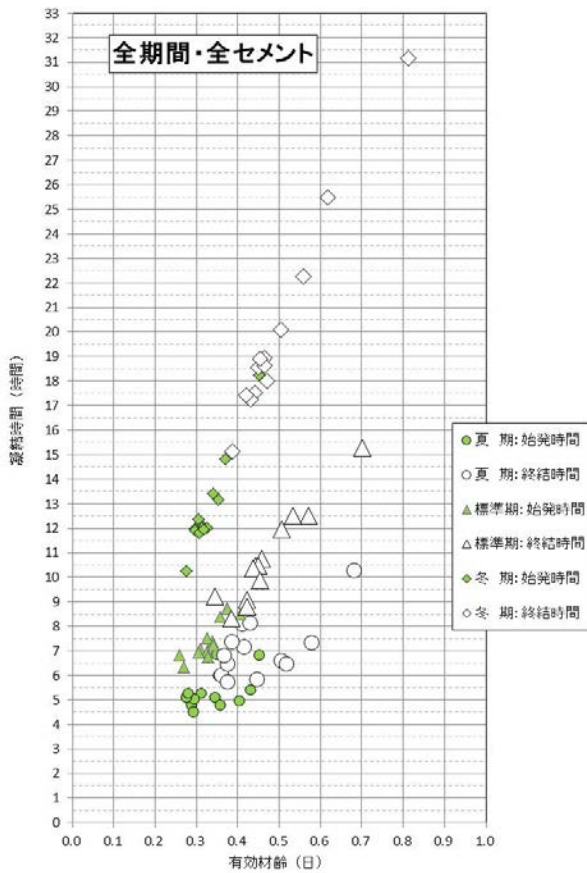


図 2. 2. 4-13 有効材齢と凝結時間（その 1）

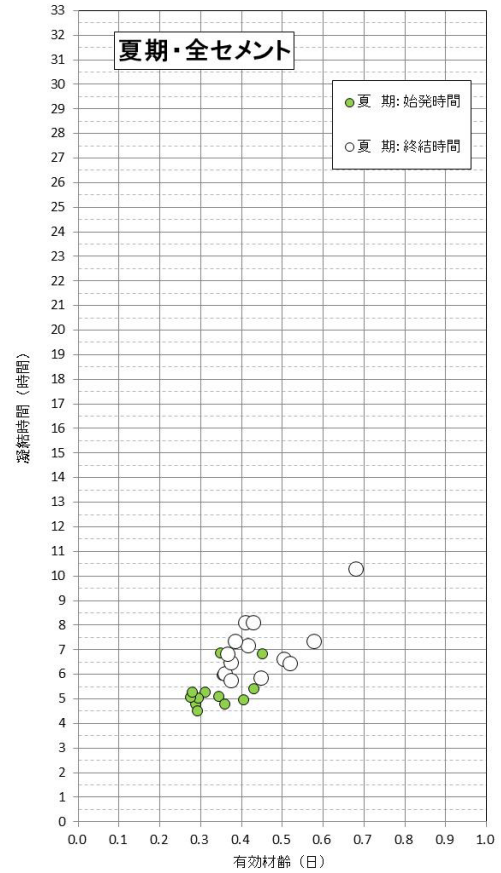


図 2. 2. 4-14 有効材齢と凝結時間（その 2）

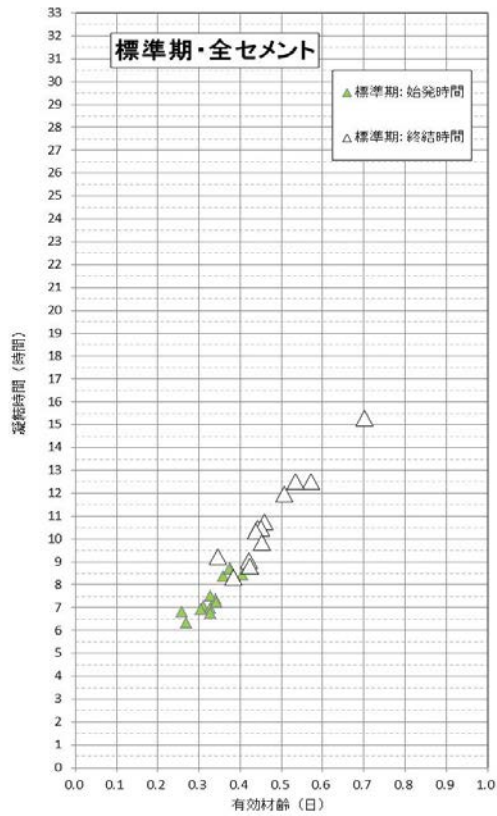


図 2.2.4-15 有効材齢と凝結時間 (その 3)

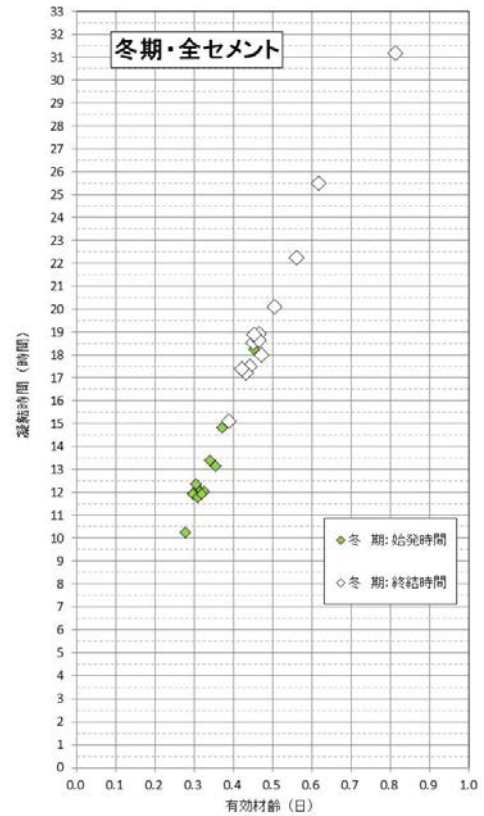


図 2.2.4-16 有効材齢と凝結時間 (その 4)

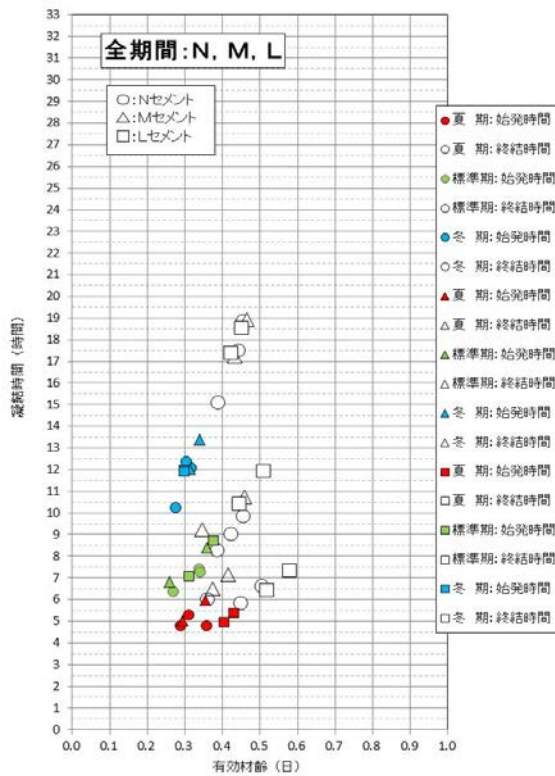


図 2.2.4-17 有効材齢と凝結時間 (その 5)

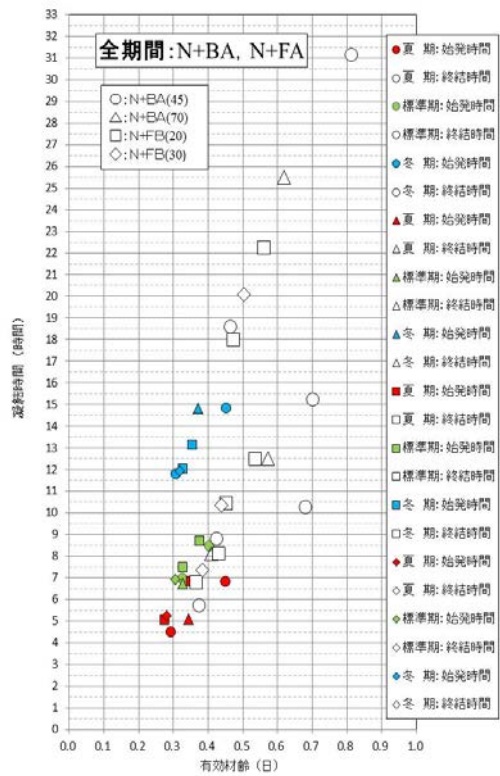


図 2.2.4-18 有効材齢と凝結時間 (その 6)

2.3 模擬部材および管理用供試体の概要

2.3.1 模擬部材の種類およびコア供試体の採取方法

(1) 模擬柱部材

模擬柱部材の概要を図 2.3.1-1 に示す。模擬柱部材は JASS 5 T-605:2005 における標準的な部材形状・寸法に準じて、寸法を $W:1000 \times D:1000 \times H:1100\text{mm}$ とし、上下面を厚さ 200mm の断熱材(発泡スチロール：熱伝導率 0.037W/mK)で挟み熱の伝達を遮断することにより、広大な柱部材の中央部を模擬した形状とした。模擬柱部材は、2 層に分けてシュートで打込み、各層で中心部および四隅を棒形振動機(公称直径 40mm、振動数 200~240Hz、周波数 200~240Hz)によって 10~15 秒ずつ締め固めた。型枠の脱型は、結合材の種類および水結合材比にかかわらずコンクリートの強度が 5N/mm^2 以上を発現したことが推測される日数とし、打込み時期による初期の強度発現の相違を考慮して夏期で 2 日、標準期で 3 日、冬期で 4 日とした。模擬柱部材のコア供試体の採取位置は、中心から同心円状にある中央部および外周部の 2 箇所とし、縦方向による採取とした。コア供試体の採取は、圧縮強度試験を行う 2 日前とし、採取したコア供試体($\phi 100 \times 1, 100\text{mm}$)は、図 2.3.1-1 に示すようにコンクリートカッターを用いて切断し、研磨機で両端面を研磨した計 5 本のコア供試体($100 \times 200\text{mm}$)に成形した。また、採取したコア供試体は、圧縮強度試験に供すまで、標準養生(20°C の水中に浸漬)とした。なお、コア供試体の採取は JIS A 1107:2012 に準拠した方法で実施した。

模擬柱部材の温度測定は、躯体内部に T 型熱電対、躯体表面に表面温度センサを用いて図 2.3.1-1 に示す位置で、打込み直後から 15 分間隔で 4 週まで行った。

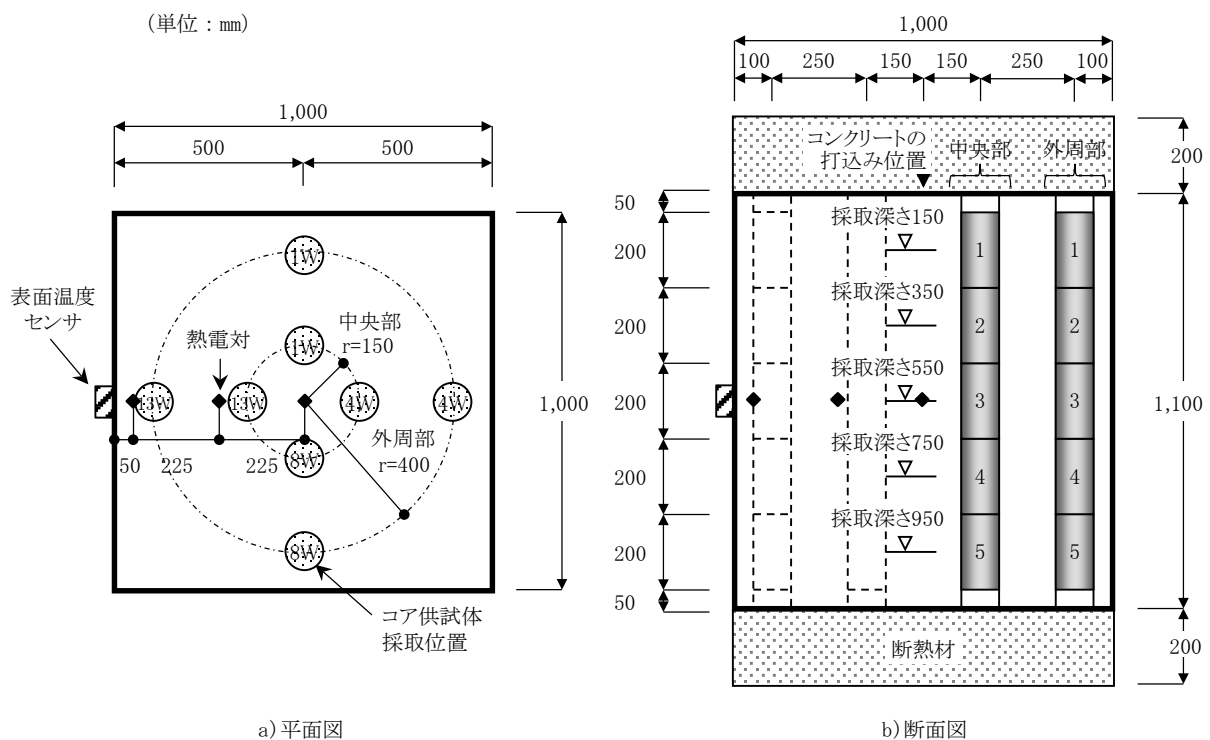


図 2.3.1-1 模擬柱部材の概要

(2) 模擬壁部材

模擬壁部材の概要を図 2.3.1-2 に示す。模擬壁部材の寸法は、W:1900×D:205×H:900mm とし、上面および側面を厚さ 200mm の断熱材(発泡スチロール:熱伝導率 0.037W/mK)で囲み熱の伝達を遮断することにより、広大な壁部材の中央部を模擬した形状とした。模擬壁部材のせき板の存置期間は、結合材の種類、水結合材比および打込み時期ごとに 4 水準とし、図 2.3.1-2 に示すように左右で型枠の存置期間を変えて、1 部材で 2 水準となる部材を作製した。コンクリートは、2 層に分けて打ち込み、各層で等間隔の 4 箇所を棒形振動機(公称直径 30mm、振動数 200~240Hz、周波数 200~240Hz)によって 10~15 秒ずつ締め固めた。模擬壁部材は、せき板の存置期間の水準ごとに材齢が経過した後型枠を脱型し、脱型直後にコア供試体を 1 組(3 個)採取した。また、これ以降の試験材齢では、圧縮強度試験を行う 2 日前にコア供試体を 1 組(3 個)採取し、研磨機で両端面の研磨を行い高さ 200mm に成形後、圧縮強度試験に供すまで標準養生(20℃の水中に浸漬)とした。コア供試体の採取位置は、上、中、下の 3 箇所とし、横方向からの採取とした。なお、コア供試体の採取は JIS A 1107:2012 に準拠した方法で実施した。

模擬壁部材の躯体内部の温度測定は、T 型熱電対を用いて図 2.3.1-2 に示す位置で、打込み直後から 15 分間隔で 4 週まで行った。躯体表面の温度測定は、表面温度センサを用いて両壁面の図 2.3.1-2 に示す位置で、打込み直後から 15 分間隔でせき板の存置期間の水準が最長の部材において脱型まで測定した。なお、模擬壁部材は、壁面が概ね南北面を向くように設置した。

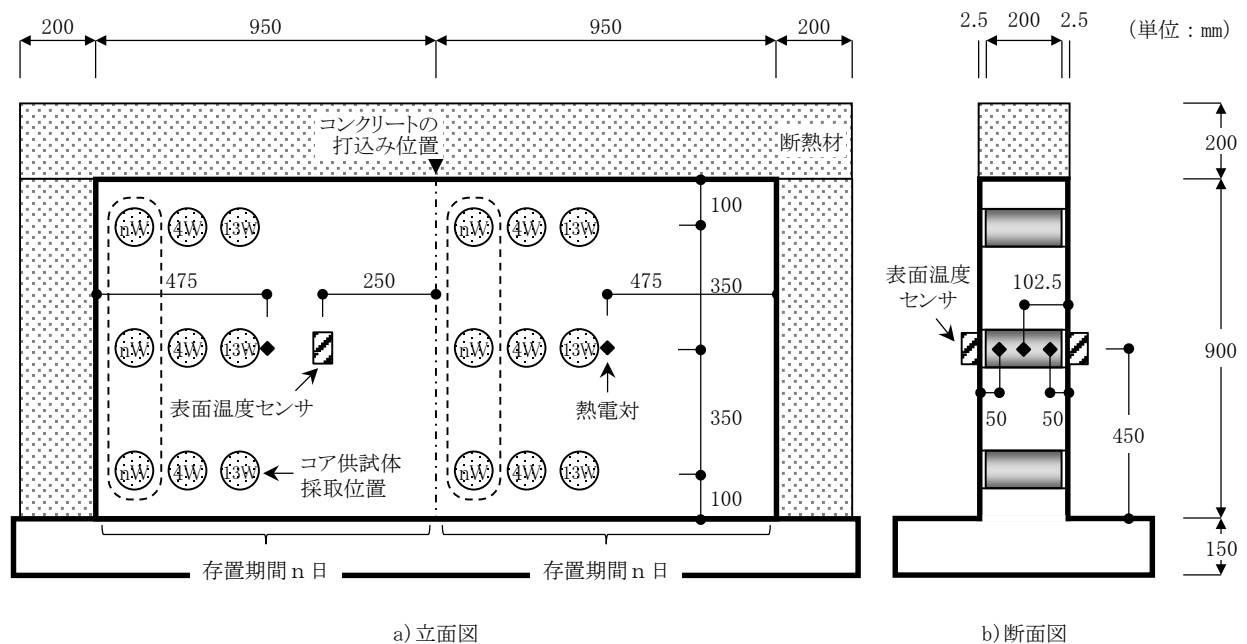


図 2.3.1-2 模擬壁部材の概要

(3) 模擬床部材

模擬床部材の概要を図 2.3.1-3 に示す。模擬壁部材の寸法は、W:1000×D:1000×H:205mm のとし、側面を厚さ 200mm の断熱材(発泡スチロール: 熱伝導率 0.037W/mK)で囲み熱の伝達を遮断することにより、広大な床部材の中央部を模擬した形状とした。模擬床部材の底面のせき板の存置期間は、7日 14日および 28日 の 3水準とした。模擬床部材は、1層で打ち込み、中央部および四隅を棒形振動機(公称直径 30mm、振動数 200~240Hz、周波数 200~240Hz)によって 10~15秒間ずつ締め固め、コンクリートの上面に直射日光が当たらないように覆いを設けた。模擬床部材は、せき板の存置期間の水準ごとに材齢が経過した後に型枠を脱型し、脱型直後にコア供試体を 1組(3個)採取した。また、これ以降の試験材齢では、圧縮強度試験を行う 2日前にコア供試体を 1組(3個)採取し、研磨機で両端面の研磨を行い高さ 200mm に成形後、圧縮強度試験に供すまで標準養生(20℃の水中に浸漬)とした。コア供試体の採取位置は、中心から同心円状にある中央部の 1箇所および外周部の 2箇所の計 3箇所とし、縦方向による採取とした。なお、コア供試体の採取は JIS A 1107:2012 に準拠した方法で実施した。

模擬床部材の躯体内部の温度測定は、T型熱電対を用いて図 2.3.1-3 に示す位置で、打ち込み直後から 15分間隔で 4週まで行った。躯体表面の温度測定は、表面温度センサを用いて模擬床部材の底面の図 2.3.1-3 に示す位置で、打ち込み直後から 15分間隔でせき板の存置期間の水準が最長の部材において脱型まで測定を行った。

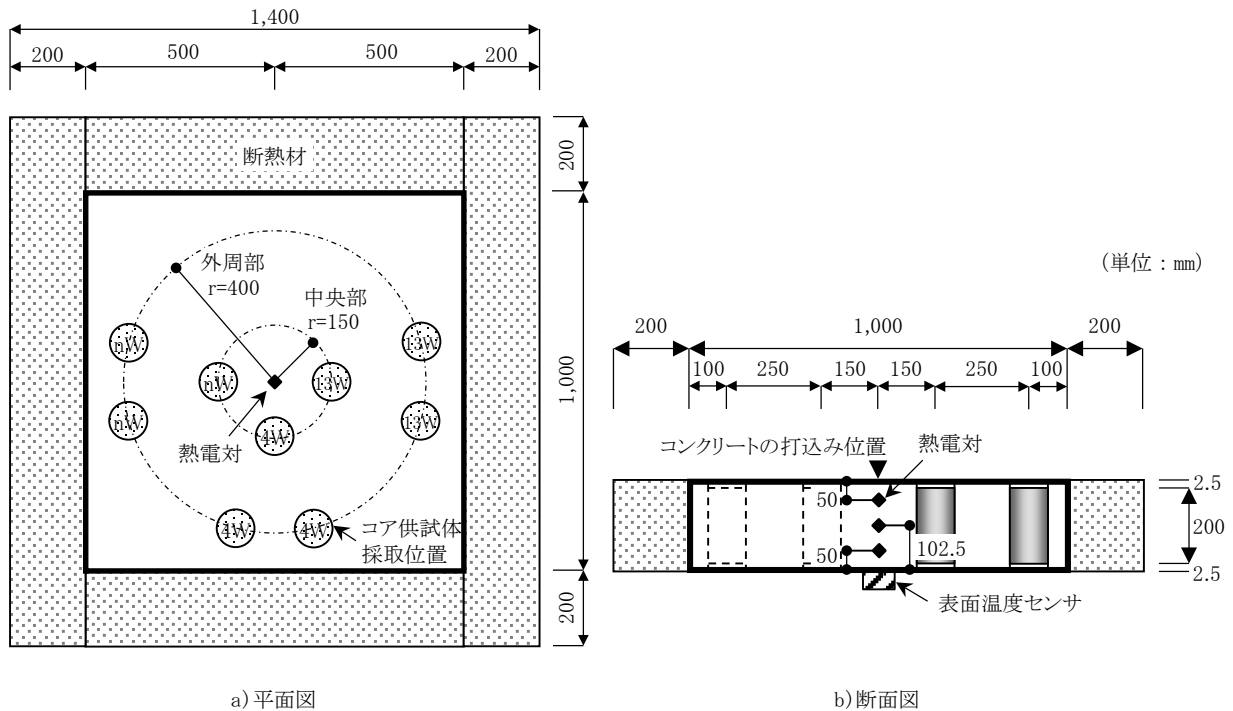


図 2.3.1-3 模擬床部材の概要

2.3.2 管理用供試体の種類および養生方法

管理用供試体は、φ100×200mm の軽量型枠を用いて JIS A 1132 : 2006 に準じて作製した。養生方法は、標準養生、現場水中養生および現場封かん養生の 3 水準とした。管理用供試体の種類と養生状況を写真 2.3.2-1～写真 2.3.2-3 に示す。

(1) 標準養生供試体

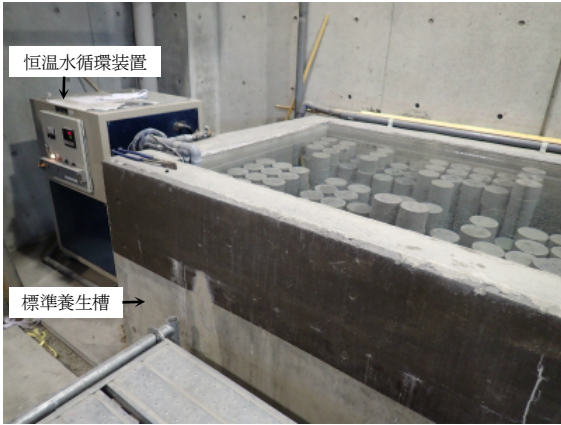
供試体は、プラスチック製の軽量型枠にコンクリートの打込み後、急激な乾燥を防ぐため、軽量型枠の上面をポリエチレンフィルムで覆い周囲をビニールテープで止めて封かんし、温度 20±2℃ の一定条件となる屋内の試験室に静置し、48 時間後に脱型した。軽量型枠の脱型後、所定材齢まで水中養生槽において水温 20℃ で標準養生を行った(写真 2.3.2-1)。また、材齢 2 日の供試体は、脱型直後に圧縮強度試験に供した。

(2) 現場水中養生供試体

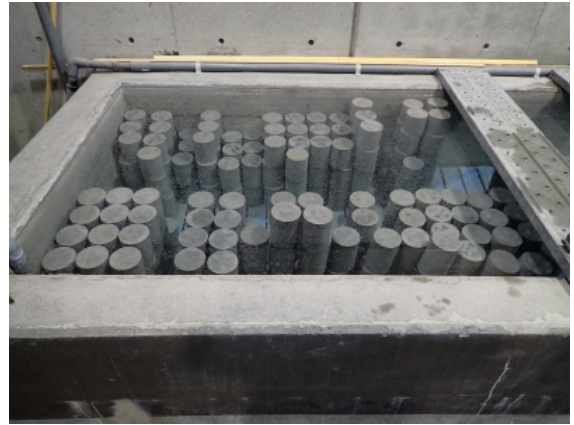
供試体は、軽量型枠にコンクリートの打込み後、急激な乾燥を防ぐためと水分の逸散を防止するため、軽量型枠の上面をポリエチレンフィルムで覆い周囲をビニールテープで止めて封かんし、雨水および直射日光を避けるため風通しの良い屋根がある屋外にシートを掛けて静置し、48 時間後に脱型した。軽量型枠の脱型後、所定材齢まで写真 2.3.2-2 に示す屋外の養生場所に設置した外気温の変化に追随する水温となる水中養生槽で現場水中養生を行った。

(3) 現場封かん養生供試体

供試体は、軽量型枠にコンクリートの打込み後、急激な乾燥を防ぐため、軽量型枠の上面をポリエチレンフィルムで封かんとし、さらにポリエチレン袋に供試体 3 本を入れ、口を密封した後に雨水および直射日光を避けるため風通しの良い屋根がある屋外にシートを掛けて静置(写真 2.3.2-3)し、現場封かん養生を行った。軽量型枠の脱型は、試験日の当日に行い、研磨機を用いて成型後、圧縮強度試験に供した。



標準養生槽の外観



標準養生供試体の養生状況

写真 2.3.2-1 管理用供試体の種類と養生状況 (標準養生)



現場水中養生供試体および
現場封かん養生供試体の養生場所



現場水中養生供試体の養生状況

写真 2.3.2-2 管理用供試体の種類と養生状況 (現場水中養生)



現場封かん養生供試体の養生状況



管理用供試体の作製状況

写真 2.3.2-3 管理用供試体の種類と養生状況 (現場封かん養生)

2.4 試験項目および方法

2.4.1 管理用供試体およびコア供試体の圧縮強度試験の概要

管理用供試体およびコア供試体の圧縮強度試験の概要を表 2.4.1 に示す。圧縮強度試験に供する試験体は、標準養生、現場水中養生および現場封かん養生した管理用供試体および模擬柱部材、模擬壁部材、模擬床部材から採取したコア供試体である。管理用供試体およびコア供試体の試験材齢は、表 2.4.1 に示す 2 日から 91 日（13 週）である。供試体の端面仕上げは、材齢 2 日～4 日のものは両端面をアンボンドキャッピングした。また、それ以降の材齢のものについては、湿式の研磨装置を用いて片面研磨とした。写真 2.4.1-1 にコア供試体の採取から研磨までの作業状況を示す。なお、圧縮強度試験は、JIS A 1108 : 2006 および JIS A 1107 : 2012 に準じて実施した。試験装置は、写真 2.4.1-2 に示す(株)島津製作所製油圧式万能試験機（負荷容量 1000kN および 2000kN）の 2 機を使用した。

表 2.4.1 管理用供試体およびコア供試体の圧縮強度試験の概要

打込み 時期	試験項目 および方法	対象とする 管理用供試体および模擬部材			試験材齢および採取本数(本)								
					2d ^{※1}	4d ^{※1}	7d	10d	2w	4w	6w	8w	13w
夏期 [H] 標準期 [S] 冬期 [C]	圧縮強度試験 JIS A 1108 : 2006	標準養生供試体			-	-	3	-	-	3	3	-	3
		現場水中養生供試体			-	3	3	3	-	3	-	-	3
		現場封かん養生供試体			3	3	3	3	-	3	-	-	3
	コアの採取方法 および 圧縮強度試験 JIS A 1107 : 2012	模擬 柱部材	せき板の 存置期間	H : 2 日	-	-	10	-	-	10	-	10	10
				S : 3 日	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		模擬 壁部材	せき板の 存置期間	2 日	3	-	-	-	-	3	-	-	3
				4 日	-	3	-	-	-	3	-	-	3
				7 日	-	-	3	-	-	3	-	-	3
				10 日	-	-	-	3	-	3	-	-	3
				7 日	-	-	3	-	-	3	-	-	3
模擬 床部材	せき板の 存置期間	14 日	-	-	-	-	3	3	-	-	3		
		28 日	-	-	-	-	-	3	-	-	3		

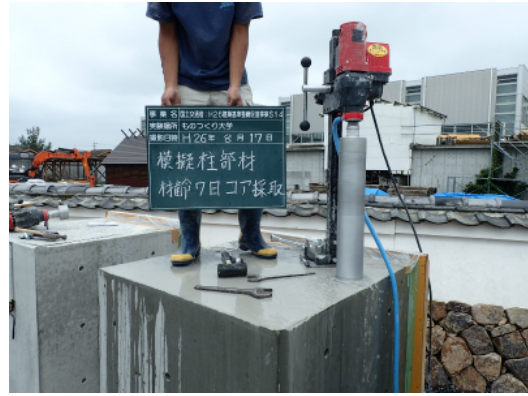
※1：試験材齢 2～4 日の供試体の端面仕上げは、アンボンドキャッピングとした。

※2：冬期の L セメントを用いた調合のせき板の存置期間は、3 日(試験材齢 3d、4w)、4 日(試験材齢 4d、4w)、7 日(試験材齢 7d、4w)、10 日(試験材齢 10d、4w)とした。

冬期の BF および FA を混入した調合のせき板の存置期間は、4 日(試験材齢 4d、4w)、7 日(試験材齢 7d、4w)、10 日(試験材齢 10d、4w)、14 日(試験材齢 14d、4w)とした。



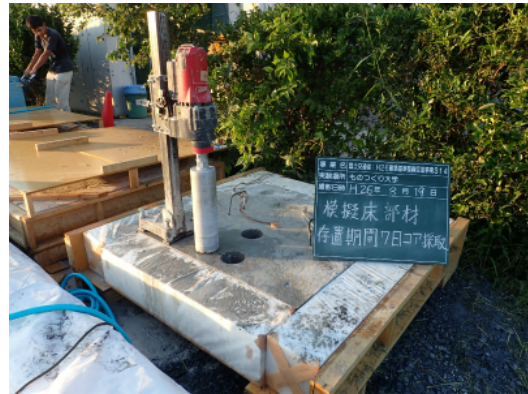
軽量型枠の脱型



模擬柱部材からのコア採取の状況



模擬壁部材からのコア採取の状況



模擬床部材からのコア採取の状況



コア供試体の切断の状況



供試体端面の研磨の状況

写真 2.4.1-1 圧縮強度試験における供試体の成形状況



写真 2.4.1-2 圧縮強度試験機の外観(左：負荷容量 1000kN、右：2000kN)

