3 圧縮強度

3.1 各種要因の影響

3.1.1 セメントの種類および水セメント比

F-55 各種セメントを用いたコンクリートの耐久性に関する研究 2008 年

F-55 では,コンクリートの強度発現性に及ぼすセメントの種類による影響について報告している。

【試験条件】 JIS A 1108「コンクリートの圧縮強度試験方法」準拠

・スランプ $12.0 \pm 1.5 cm$

・養生条件標準水中養生

【要因】 ・セメントの種類 5 種類 N :普通ポルトランドセメント

H :早強ポルトランドセメント

 ${
m M}$: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

BB: 高炉セメント B 種

・水セメント比 3 水準 45%, 55%, 65%

普通ポルトランドセメントを用いたコンクリートの圧縮強度を 100 としたときの強度比を表 3.1 に,材齢と圧縮強度の関係を図 3.1 に示す。材齢 7 日の圧縮強度は,H > N > BB > M > L の順であり,L が最も低い強度を示した。ただし,水セメント比 45% では BB よりも M のほうが若干大きい強度となっており,水セメント比により異なる傾向を示した。その後,材齢の経過とともにセメントによる強度差が小さくなり,材齢 28 日では BB はいずれの水セメント比においても N とほぼ同等,M および L についても低水セメント比では同等の強度を示した。材齢 91 日では BB,M および L を用いたコンクリートは H,N を用いたコンクリートをやや上回る強度発現を示した。

表 3.1 普通セメントを用いたコンクリートの圧縮強度を 100 としたときの強度比

W/C	セメントの	材	齢(日)
(%)	種類	7	28	91
	N	100	100	100
	Н	125	109	105
65	M	52	89	113
	L	26	69	112
	BB	67	94	110
	N	100	100	100
	Н	124	111	98
55	M	58	97	111
·	L	31	88	117
	BB	68	98	113
	N	100	100	100
45	Н	116	103	93
	M	73	105	114
	L	38	95	115
	BB	67	94	105

(%)

各種セメントの材齢 28 日の圧縮強 度を 100 としたときの強度比を表 3.2 に示す。いずれの水セメント比におい ても H は材齢 7日以降, N は材齢 28日 以降の強度増進が小さい。一方,BB, M および L は材齢 7 日以降の強度の 伸びが大きく,材齢28日以降も良好な 強度増進を示した。なかでも L の強度 増進が顕著である。水セメント比の影 響をみると, BB では材齢7日,91日 ともに水セメント比による差はあまり 大きくないのに対して,MおよびLで は、材齢7日では低水セメント比ほど 強度比が大きくなるが,材齢 91 日で は低水セメント比ほど強度比が小さく なった。従って, M および L では水セ メント比が小さい配合ほど早期に材齢 28 日に近い強度レベルに達し,逆に水 セメント比が大きい配合では強度発現 が遅いが28日以降の強度の伸びが大 きい傾向にあった。

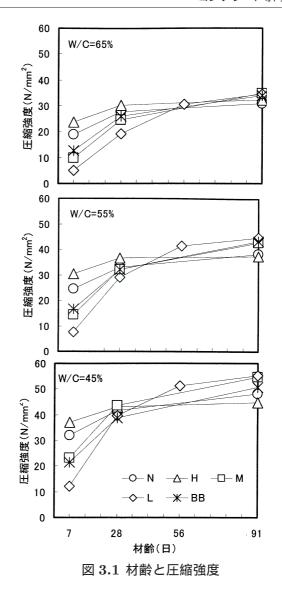


表 3.2 各種セメントの材齢 28 日の圧縮強度を 100 としたときの強度比

セメントの	W/C		材齢	(日)		
種類	(%)	7	28	56	91	
	65	69	100	_	111	
N	55	74	100		116	
	45	77	100	_	116	
	65	79	100	_	107	
Н	55	83	100	<u> </u>	103	
	45	87	100		104	
	65	40	100	_	141	
M	55	45	100	_	133	
	45	54	100		125	
	65	26	100	159	179	
L	55	26	100	142	154	
	45	31	100	130	134	
	65	49	100	_	131	
BB	55	52	100	_	135	
	45	. 55	100	_	130	(

3.1.2 養生温度および養生条件

(1) 養生温度

F-34	最近のセメントによるコンクリートの初期強度に関する共同試験報告 (その1)	1982 年
F-36	最近のセメントによるコンクリートの初期強度に関する共同試験報告 (その2)	1983年

F-34 および F-36 では,N,H,BB および FB について,水セメント比を変化させたスランプ $8.0\pm1.5cm$ および $18.0\pm1.5cm$ の AE コンクリートを対象に,冬期および夏期の施工を想定した温度条件を与え,養生条件は水中養生および型枠内における封緘養生とし,初期材齢における強度発現性について報告している。

【試験条件】 JIS A 1108「コンクリートの圧縮強度試験方法」準拠

【要因】 ・養生温度 5 水準 5 ,10 ,20 ,30

・養生条件 2 種類 水中養生 (48 時間脱型後に水中), 封緘養生

・セメントの種類 4 種類 N : 普通ポルトランドセメント

H : 早強ポルトランドセメント

BB: 高炉セメント B 種

FB: フライアッシュセメント B 種

・スランプ 2 水準 $8.0 \pm 1.5cm$ (硬練り), $18.0 \pm 1.5cm$ (軟練り)

・水セメント比 硬練り 3 水準 45% , 50% , 55%

軟練り 3 水準 55%,60%,65%

N,H,BB および FB を使用した硬練りコンクリートおよび軟練りコンクリートについて,W/C,養生方法および練混ぜ・養生時の温度が異なる場合の初期材齢の圧縮強度を表 3.3 および表 3.4,図 3.2~図 3.9 に示す。なお,表には,脱型後に 20 水中養生した場合の材齢 28 日の圧縮強度も併せて示す。また,封緘養生とは,型枠のまま上面を密封し水分の蒸発のない状態での養生を指す。

いずれのセメントも初期材齢の圧縮強度に及ぼす養生温度の影響は大きく,これに比べると,W/Cやコンクリートの種類の影響は比較的小さかった。また,水中養生と封緘養生を比較すると,材齢 7 日までの圧縮強度は同等となっており,封緘養生でも水分の逸散を防げば,初期強度は水中養生と同一視できる結果であった。

表 3.3 各材齢における圧縮強度(N,H)

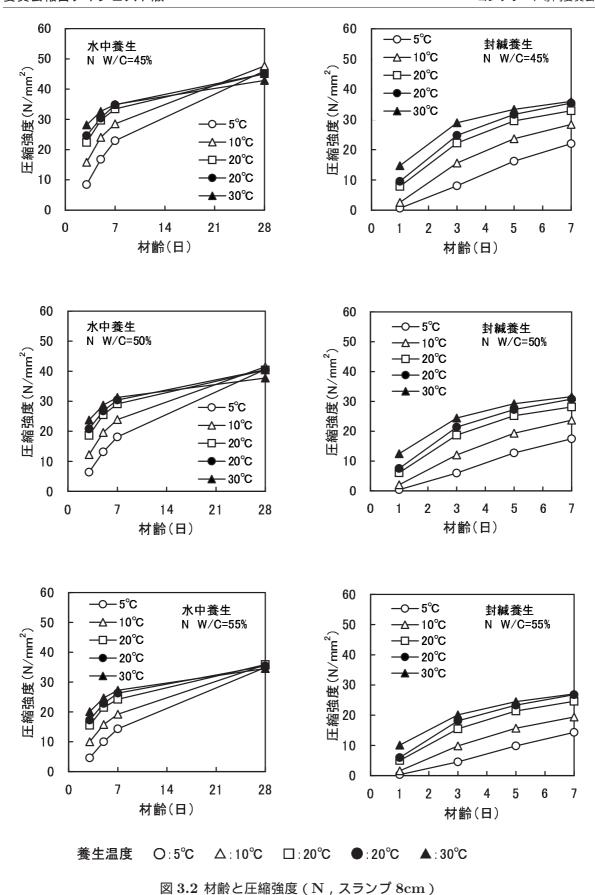
コンク リートの	セメント	W/C	練混ぜ・ 養生温度	水	中養生	(N/mn	n ²)	封	滅養生	(N/mm	ı ²)
種類	の種類	(%)	(°C)	3 日	5 日	7 日	28 日*1	1 日	3 日	5 日	7 日
,_,,,			5	8. 43	16.8	22. 9	46.0	0. 59	8. 04	16. 2	22.0
			10	15.8	24. 0	28. 5	47.7	2. 55	15.6	23. 6	28.3
		45	20	22. 4	29. 7	33. 4	45.1	7. 85	22.2	29. 5	32.9
			20*2	24.6	30. 4	34. 8	45.1	9. 51	24.7	31. 7	35.4
			30*2	28. 1	32. 7	34. 9	42.9	14. 7	28.9	33. 3	36.0
			5	6.37	13. 1	18. 1	40.6	0. 39	5. 98	12. 7	17.5
			10	12. 2	19.6	23. 9	41.5	2.06	12.1	19. 3	23.7
	N	50	20	18.6	25. 5	29. 1	40.4	6.08	18.7	25. 2	28.1
			20*2	20.8	26. 8	30. 4	40.5	7. 55	21.4	27. 3	30.8
			30*2	23. 7	28. 7	31. 3	37.8	12. 5	24.2	29. 2	32.2
硬練り			5	4. 61	10.0	14. 3	34. 9	0. 29	4. 51	9.81	14.3
マネッコンク			10	10.0	15.8	19. 2	35.8	1. 57	9. 81	15.7	19.4
リート		55	20	15.5	21. 5	24. 2	35.9	5.00	15.5	21.4	24.6
			20*2	17. 3	22. 8	26. 3	35.4	5. 98	18.1	23. 3	26.8
			30*2	20.1	24. 7	27. 3	34.5	10. 1	20.1	24. 5	27.1
			5	16. 9	27. 9	33. 7	51.6	1.67	16.7	27.0	32.5
		45	10	24. 5	34. 2	40.0	52.0	5. 20	24.4	33. 2	38.7
			20	32. 3	38. 9	41. 0	50.1	14.9	32.7	38. 3	42.2
			5	13.5	22. 8	29. 3	47.2	1. 18	13.2	22. 4	28.2
	Н	H 50	10	20.6	29. 3	34. 8	46.4	3. 92	20.6	28.8	33.5
			20	27. 9	33.8	36. 9	44.5	12. 2	28.0	34.0	37.3
			5	10.2	18. 3	24. 3	42.0	0.69	9. 90	18.0	23.7
			10	16.0	24. 0	28. 6	41.1	2. 75	16.1	23. 7	28.4
			20	24.0	30. 1	33. 3	40.0	9.41	24.1	30. 4	33.0
			5	5. 49	10. 1	13. 3	35.6	0.78	5. 69	9.90	13.0
		55	10	7. 85	12. 7	16. 2	35.3	2. 16	8. 04	12. 7	15.7
		33	20	14.5	16. 9	20. 6	33.4	5. 39	12.6	17. 1	20.3
			30	16.2	20. 7	23. 2	32. 2	8. 24	16.0	20.4	23.2
			5	4.31	8. 14	11. 0	31.9	0. 59	4. 31	7. 94	10.6
	N	60	10	6. 67	11. 2	14. 5	31.7	1. 77	6. 96	11.0	13.8
			20	10.8	14. 7	17. 7	29. 9	4. 22	10.6	14. 7	17.6
			30	14.0	18. 0	20. 7	28. 1	6. 96	14.2	18. 1	20.5
			5	3. 43	6. 77	9. 32	27.3	0.49	3. 43	6. 37	9. 22
	軟練り コンク リート	65	10	5. 59	9. 51	12. 7	27.9	1. 37	5. 88	9.71	12.3
			20	9. 22	12. 4	14. 9	25.6	3. 43	9. 02	12.6	15.0
リート			30	11. 7	15. 4	17. 8	24.5	5. 79	12.0	15. 2	17.6
			5	9. 12	15. 1	20. 5	39.3	1. 37	9. 22	15. 2	19.6
		55	10	13. 5	20. 2	25. 0	39. 1	3. 82	13.9	20. 1	23.8
			20	20.9	26. 2	29. 8	38. 0	10.3	21.1	26. 1	29.0
	,,	0.0	5	7. 45	12. 7	17. 8	34.8	1. 18	7. 55	13.0	17.6
	Н	60	10	11.5	16. 9	21. 0	35.1	3. 14	11.8	17.0	20.4
			20	18. 2	22. 8	26. 5	34.7	8. 63	18.0	23. 2	25.7
		a =	5	6. 47	10.9	15. 5	31.0	0.88	6. 57	11.3	15.5
		65	10	9. 81	14. 3	18. 3	31.3	2. 26	10.1	14. 7	17.8
		w) (<u>20</u> 後 20℃水	15. 2	19.8	22. 9	30.6	6.86	15.3	20. 1	22.7

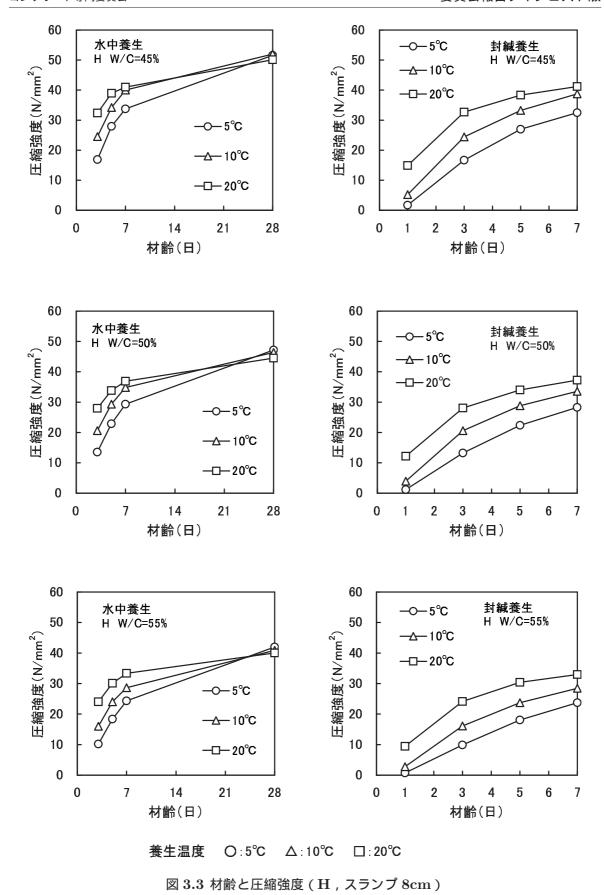
*1:材齢 28 日強度は、脱型後 20℃水中養生を実施。他の材齢は練混ぜおよび養生温度は同一

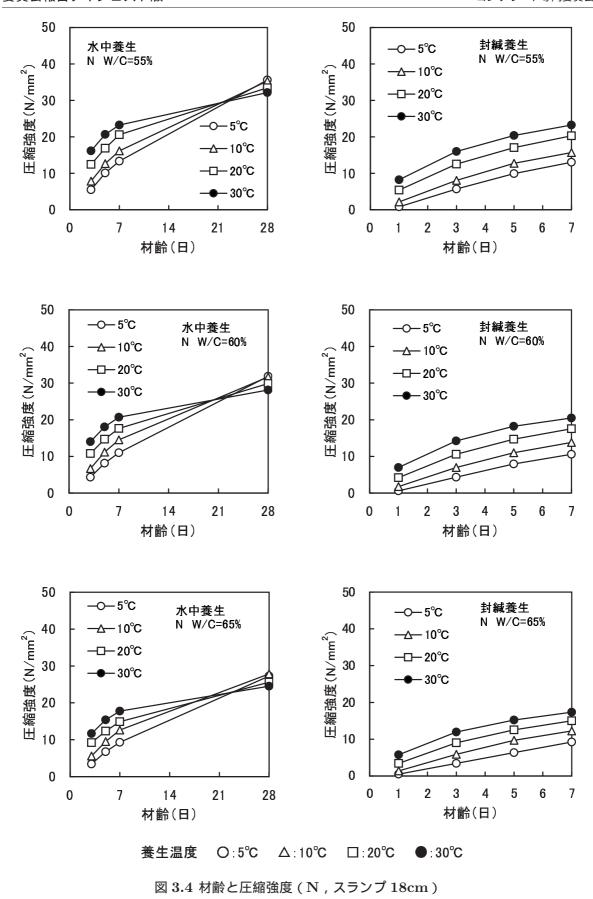
表 3.4 各材齢における圧縮強度(BB,FB)

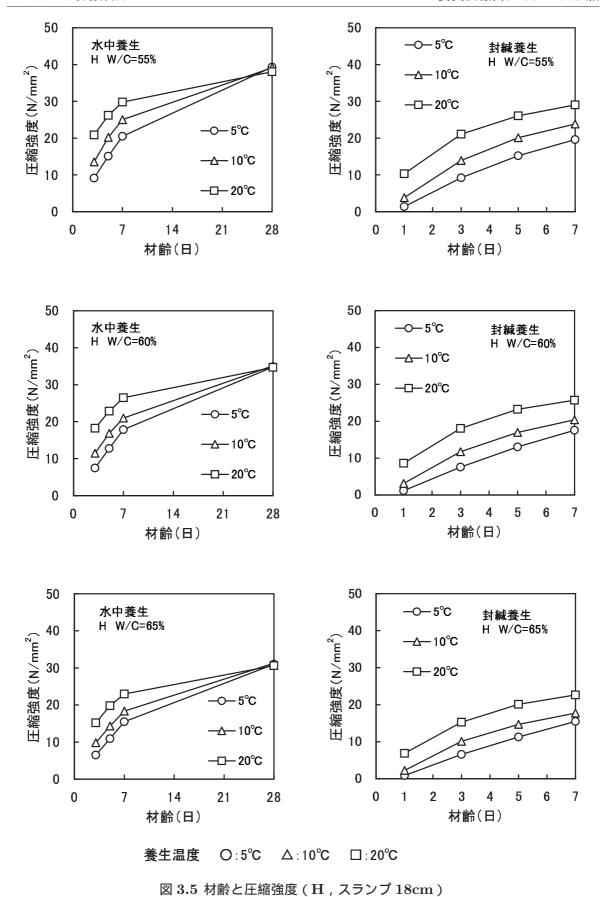
コンク	セメント	W/C	練混ぜ・	水	中養生	(N/mn	n ²)	封	緘養生	(N/mm	²)
リートの 種類	の種類	(%)	養生温度 (℃)	3 日	5 日	7 日	28 日*1	1日	3 日	5 日	7 日
			5	5. 69	9. 90	13. 5	45.8	0. 78	5. 69	9. 90	13.6
		4-	10	8. 83	13.8	18. 2	43.2	1.86	9. 32	14.5	18.4
		45	20	15.6	20.6	24. 6	43.7	6. 28	16.5	21.2	25.1
			20*2	14.1	19. 5	23. 3	43.7	5. 30	14.7	20. 1	23.7
			30*2	17. 5 4. 61	23. 4	28. 1	38. 9	8. 34 0. 78	18.7	25. 2 8. 24	29.5
			5 10	7. 06	8. 14 11. 1	14. 3	38. 0	1. 57	4. 71 7. 26	11.5	11.4
	BB	50	20	12. 7	17. 2	21. 1	39. 4	4. 90	13.5	17. 8	21.0
	DD.	00	20*2	11. 2	16. 0	19. 1	38. 7	4. 02	11.8	16.8	19.9
			30*2	14.6	19. 9	24. 1	35.7	6.77	15.6	21. 4	26.0
			5	3. 43	6. 18	8. 53	34.8	0.39	3. 43	6. 18	8. 63
			10	5. 59	9. 02	11. 8	33.4	1. 27	5. 88	9. 32	12.0
		55	20	10.5	14. 2	17. 5	34.3	3. 92	11.0	14.8	18.0
4+ lo			20*2	9. 02	13. 3	16. 5	34.3	3. 24	9. 51	13.9	17.1
硬練り			30*2	12. 1	16. 7	20. 5	31.4	5. 39	12.6	17.8	22.2
コンク リート			5	8. 34	15. 4	20. 4	41.7	0.39	8. 34	14.9	19.8
			10	14.0	19. 7	24. 5	39. 9	1.67	14.0	19.9	23.3
		45	20	20.6	25. 8	28. 8	39.3	7. 35	21.0	26.0	29.4
			20*2	19.6	25. 0	27. 8	39.0	5. 98	19.4	24. 9	28.0
			30*2	22. 3	26. 7	29. 2	37.2	10.7	22.8	27. 3	30.1
		FB 50	5	6. 57	12. 2	16. 6	36. 9	0.39	6. 67	12. 2	16.4
			10	11.0	16. 3	20. 4	35.2	1. 27	11.4	16. 7	20.3
	FB		20 20*2	17. 1	21. 7	24. 8	35.0	5. 69	17.1	21. 9	25.2
			30*2	16.0	20.8	23. 8	34.1	5. 00	16.0	21. 2	23.6
			5	19. 2 5. 30	23. 2	25. 7 13. 8	33.9	8. 73 0. 29	18.8 5.10	23. 7 9. 90	26.7 13.0
			10	8. 53	13. 1	15. 6	28. 7	1.08	8. 73	13. 2	16.0
			20	14. 4	18. 5	21. 3	31.3	4.61	14.4	18. 7	21.2
			20*2	12. 7	16. 7	19. 7	29. 6	3. 53	12.9	16. 7	19.7
			30*2	15. 7	19. 1	21. 6	29. 0	6.86	16.1	20. 0	22.7
			5	2. 75	4. 81	6. 86	32. 6	0. 59	2. 75	5. 10	7. 35
			10	4. 41	6. 96	9. 22	32. 0	1. 27	4. 51	7. 26	9. 41
		55	20	8, 63	11. 8	14. 0	31.8	3.43	8. 63	12.0	14.5
			30	12. 3	17. 1	21. 2	29. 3	5. 69	12.4	17. 7	21.9
			5	2. 35	4. 02	5. 79	29.6	0.49	2. 35	4. 22	6. 18
	BB	60	10	3. 63	5. 88	7. 94	29. 1	0.98	3. 92	6.08	8. 14
	DD	80	20	7. 16	10.1	11. 9	28. 4	2.94	7. 35	10.2	12.4
			30	10.5	14. 9	19. 1	26.7	4.61	10.4	15.7	19.6
			5	1.86	3. 43	4. 90	27.0	0.39	1. 96	3. 63	5. 20
		65	10	2. 84	4. 81	6. 37	26.0	0.78	3. 14	5. 00	6. 67
軟練り			20	5. 98	8. 43	10. 2	24.6	2. 35	6. 08	8. 63	10.7
コンク			30	8. 92	12. 8	16. 5	24. 2	3.82	9. 02	13.5	17.0
リート			5	4. 61	8. 24	11. 0	29.5	0.49	4. 61	8. 04	10.8
		55	20	7. 06 11. 3	11.0	13. 9 17. 2	28. 9	0. 98 3. 82	7. 16	10. 9 15. 2	13.2
			30	14. 7	14. 9	21. 2	26.8	7. 55	11.3	18. 4	17.4 20.9
			5	3. 73	6. 57	9. 02	24. 9	0.39	3. 73	6. 57	9. 32
			10	5. 59	8. 92	11. 5	24. 5	0. 33	5. 69	8. 83	11.4
	FB	60	20	9. 41	12. 7	14. 7	24. 3	3. 43	9. 61	13. 1	14.9
			30	12. 9	15. 9	18. 2	23.9	6.47	12.8	16. 1	18.5
			5	3. 23	5. 79	8. 24	21.5	0. 29	3. 14	5. 59	7. 94
		G E	10	4.70	7. 85	10. 0	20.6	0.69	4. 71	7.65	10.0
		65	20	7. 85	11. 1	12. 7	22.0	2.94	8. 14	11.2	12.9
			30	11.3	13. 5	15. 7	20.8	5. 30	11.4	14.0	16.1
oo 4444 .	n 74 de 13	им жи	/// 0000 L			hl. m	十十年かり子	44-30 x 10		→+ /I. \□	

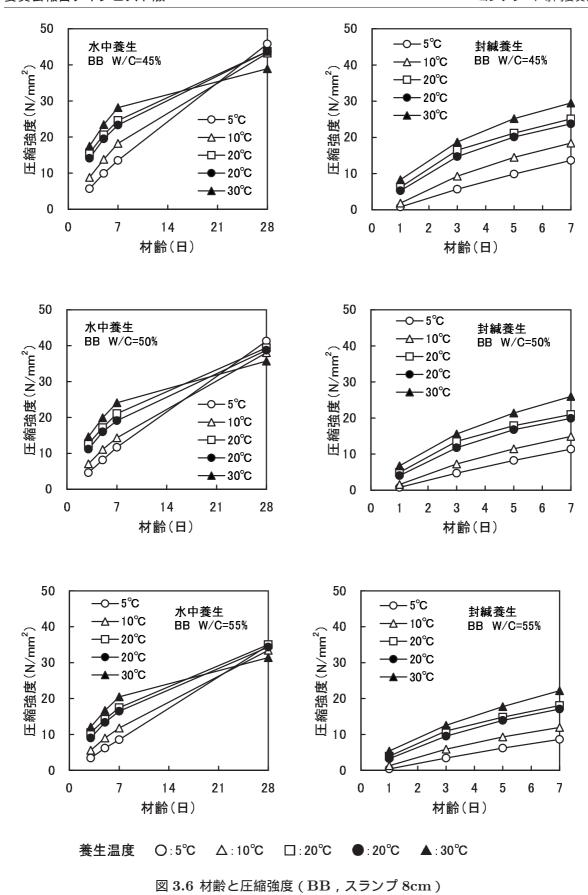
*1:材齢 28日強度は、脱型後 20℃水中養生を実施。他の材齢は練混ぜおよび養生温度は同一

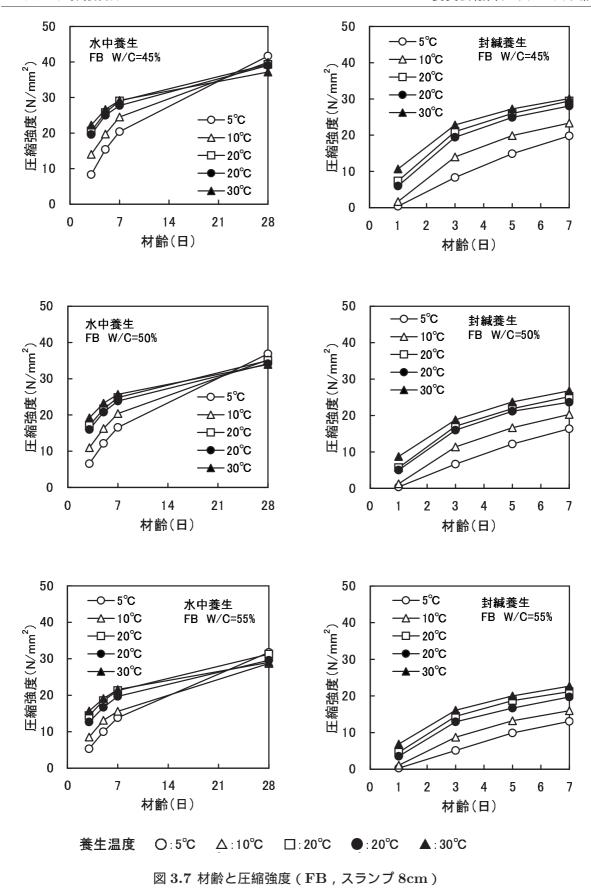


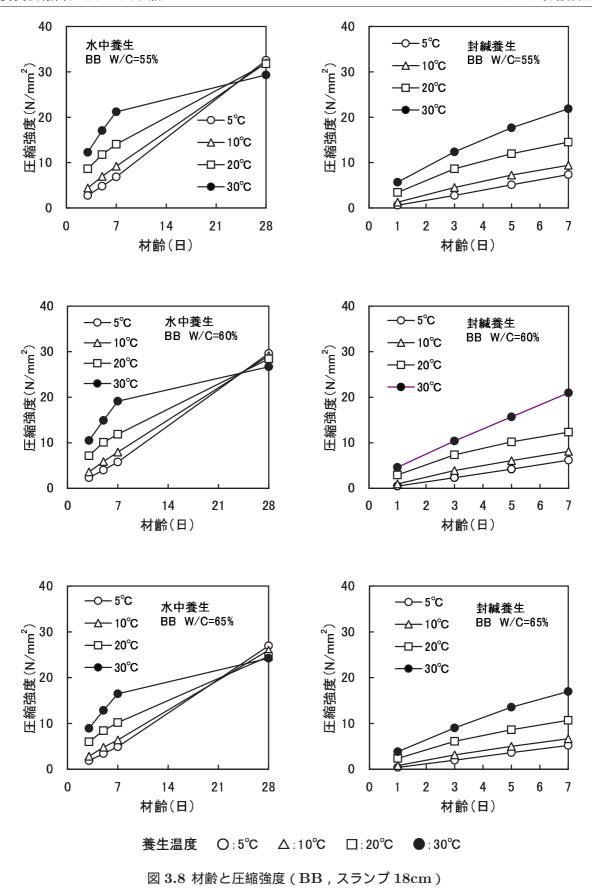


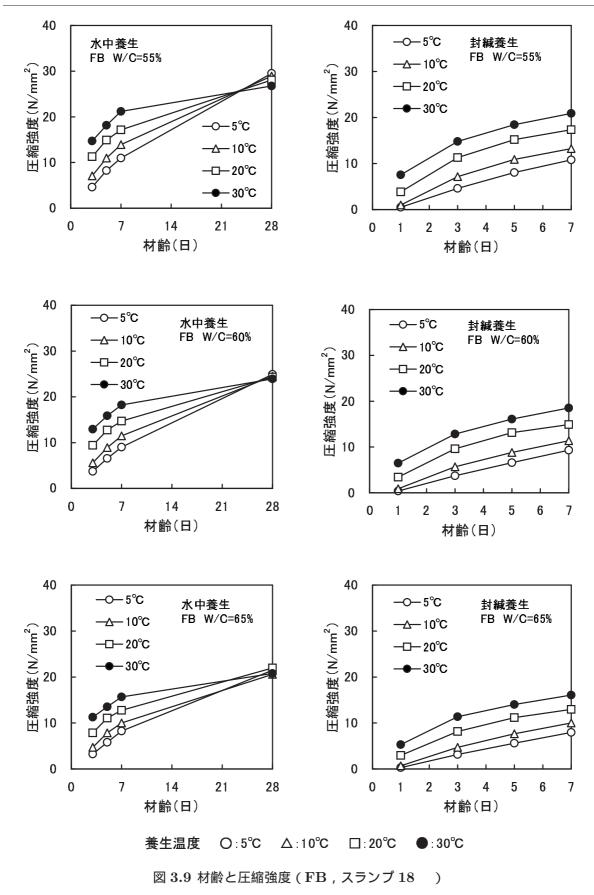












F-51 | 各種セメントを用いたコンクリートの初期強度発現および断熱温度上昇 | 2002年

F-51 では,スランプ,水セメント比,養生方法および練混ぜ養生温度を要因として,N,Lおよび BBの3種類のセメントを使用したコンクリートの初期材齢の圧縮強度について報告している。

【試験条件】 JIS A 1108「コンクリートの圧縮強度試験方法」準拠

【要因】 ・練混ぜ温度 3 水準 10 , 20 , 30

・養生条件 2 種類 封緘養生

(試験材齢まで練混ぜ温度と同一温度で養生)

標準養生

(材齢1日脱型後,試験材齢まで20 標準水中養生)

・セメントの種類 3種類 N : 普通ポルトランドセメント

BB: 高炉セメント B 種

L:低熱ポルトランドセメント

・水セメント比2 水準50%,60%

・スランプ 2 水準 $8.0 \pm 1.5cm$ (硬練り), $18.0 \pm 1.5cm$ (軟練り)

封緘養生したケースにおいて,標準養生材齢 28 日に対する初期材齢の強度比 (初期強度比) を求め,養生温度およびセメントの種類が初期強度比に及ぼす影響を評価している。表 3.5 および表 3.6 に,標準養生 28 日強度を基準とした強度比を示す。養生温度が高いほど初期強度比は大きく,セメントの種類ではいずれの材齢においてもN>BB>L の順に初期強度比が大きくなる。また,N は材齢の進行とともに養生温度の影響は小さくなるが,初期強度発現の遅い BB および L は材齢 7 日でもその影響は顕著となる。一方,初期強度比に対するスランプや W/C の違いによる影響はほとんどない。

図 3.10 ~ 図 3.13 に,養生条件と圧縮強度の関係を示す。練混ぜ温度が変化しても,材齢 1 日で脱型した後に 20 の標準水中養生を行なえば材齢 7 日の強度発現は同等となった

表 3.5 標準養生 28 日強度を基準とした封緘養生の強度比 (スランプ $8 \mathrm{cm}$)

コンクリート	セメントの水セメント比		ント比 練り混ぜ 温度		材齢(日)				
の種類	種類	(%)	(°C)	1	3	5	7		
			10	6	36	54	64		
		50	20	21	56	69	77		
	N		30	35	66	74	77		
	IN .		10	5	31	50	64		
		60	20	18	52	67	75		
			30	32	63	73	79		
	ВВ	50	10	3	19	30	41		
			20	11	35	46	55		
硬練り			30	22	47	60	68		
東京		60	10	2	16	26	35		
			20	9	29	43	51		
			30	18	43	55	67		
			10	2	16	21	26		
		50	20	8	22	28	33		
	l 1		30	14	26	37	50		
	_		10	2	13	20	23		
		60	20	8	21	26	31		
			30	14	26	36	52		

表 3.6 標準養生 28 日強度を基準とした封緘養生の強度比(スランプ 18cm)

コンクリート	セメントの	水セメント比	練り混ぜ 温度		材齢(日)				
の種類	種類	(%)	(°C)	1	3	5	7		
			10	5	36	54	65		
		50	20	20	55	68	76		
	N		30	34	64	72	78		
	14		10	4	31	48	62		
		60	20	16	50	66	73		
			30	29	60	72	77		
	ВВ	50	10	3	19	29	40		
			20	10	33	47	56		
軟練り			30	21	47	61	70		
千人小木 ツ		60	10	2	16	27	35		
			20	9	29	42	52		
			30	18	44	58	69		
			10	2	16	21	26		
		50	20	8	21	28	32		
	L		30	16	26	38	53		
	_		10	2	17	22	26		
		60	20	9	22	28	34		
			30	17	28	38	53		

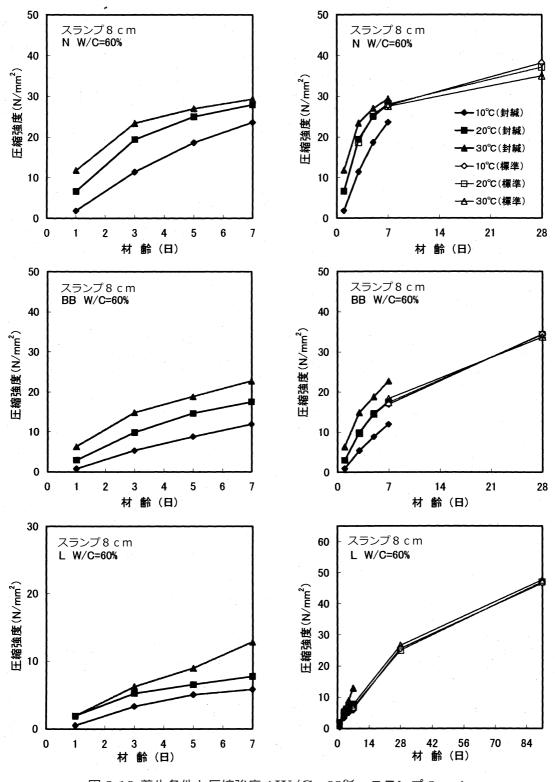
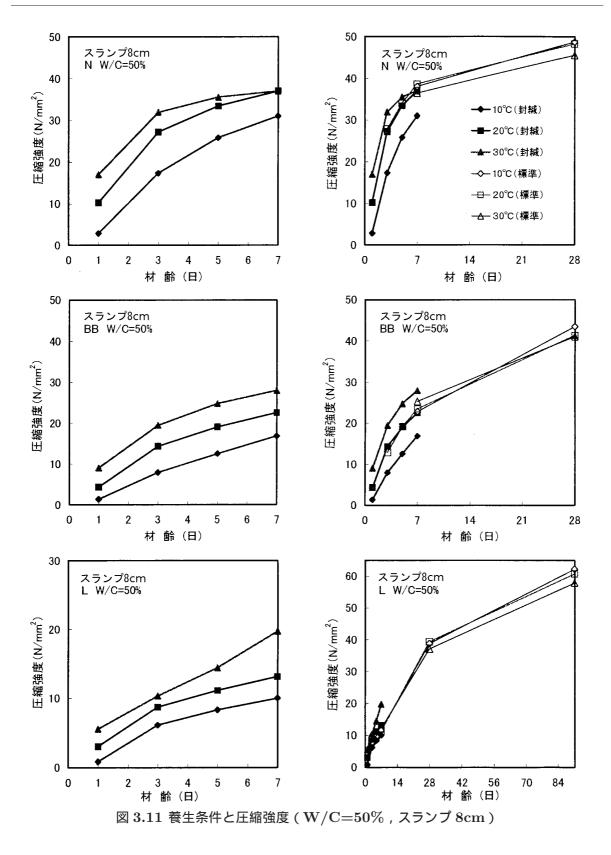


図 3.10 養生条件と圧縮強度 (W/C=60%, スランプ 8cm)



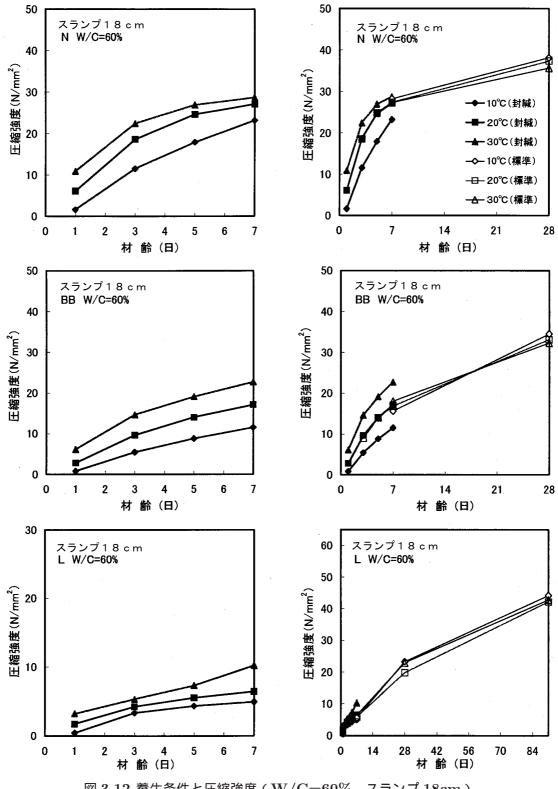


図 3.12 養生条件と圧縮強度($\mathrm{W/C}{=}60\%$,スランプ $\mathrm{18cm}$)

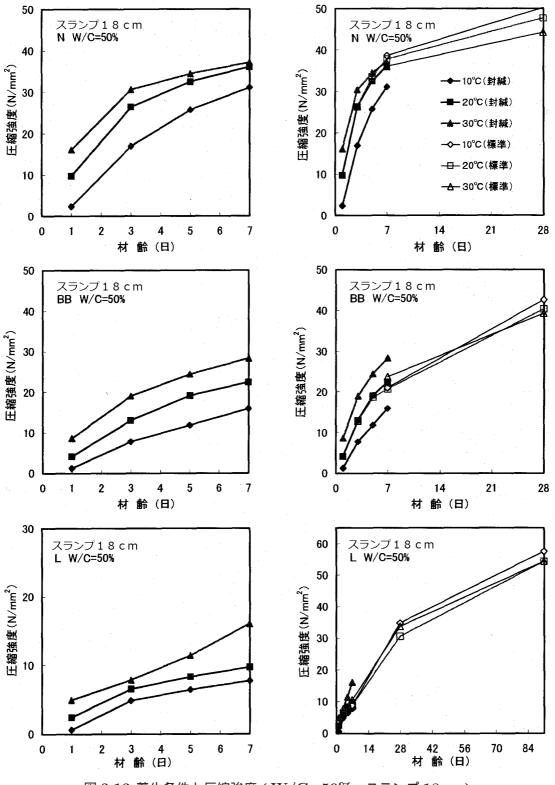


図 3.13 養生条件と圧縮強度 (W/C=50%, スランプ 18cm)

(2) 養生条件

F-34	最近のセメントによるコンクリートの初期強度に関する共同試験報告 (その1)	1982 年
F-36	最近のセメントによるコンクリートの初期強度に関する共同試験報告 (その2)	1983年

F-34 および F-36 では , N , H , BB および FB を対象として , 型枠内における封緘養生による 初期強度への影響を , 標準水中養生の材齢 28 日強度に対する強度比で検討を行い報告している。

【試験条件】 JIS A 1108「コンクリートの圧縮強度試験方法」準拠

【要因】 ・養生条件 2 種類 水中養生 (48 時間脱型後に水中), 封緘養生

・セメントの種類 4 種類 N : 普通ポルトランドセメント

H : 早強ポルトランドセメント

BB: 高炉セメント B 種

FB: フライアッシュセメント B 種

・養生温度 5 水準 5 , 10 , 20 , 30

水中養生と封緘養生における強度比の比較を表 3.7 に示す。封緘養生とは,型枠のまま上面を密閉し水分の蒸発のない状態で養生している。水中養生に対する封緘養生の強度比はほぼ1に近い値が得られており,水分の逸散を防ぎ封緘養生を行なうことで,初期材齢における強度は,水中養生とほぼ同程度となった。

表 3.7 水中養生と封緘養生の強度比の比較

セメント	は りょう せ	(封緘養生の	強度比)/(水中養	生の強度比)
の種類	練りま 材 令 (日) 養生の温度(C)	3	5	7
	5	0. 97	0.98	0. 97
普 通	10	1. 00	1. 00	0. 98
セメント	20	1. 00	1. 01	1. 00
	30	1. 01	1. 00	1. 00
早 強	5	1. 00	0. 99	0. 9.7
	10	1. 01	0. 99	0. 97
セメント	20	1. 00	1. 01	0. 99
	5	1.0 4	1.0 4	1.0 4
高 炉 セメント	10	1.0 6	1.0 7	1.0 4
B 種	20	1.0 5	1.0 3	1.0 4
	30	1.0 4	1.0 9	1.0 5
	5	0.98	0.98	0.99
フライ	10	1.0 6	1.0 0	0.99
セメント B 種	20	1.0 1	1.01	1.0 1
	30.	1.0 1	1.0 3	1.0 2

3.1.3 初期の乾燥

F-38	初期の乾燥がコンクリートの諸性質におよぼす影響	1985 年
_ ~~	having to love the tent of the	,

F-38 では、初期の乾燥がコンクリートの圧縮強度に及ぼす影響を各種セメントにおいて検討を行い報告している。セメントは、N , H , BB および FB を対象とした。

【試験条件】 JIS A 1108「コンクリートの圧縮強度試験方法」準拠

【要因】 · 乾燥開始材齢 5 水準 1 日,2 日,3 日,5 日,7 日

・乾燥条件 温度:20 , 湿度:60 ± 5 % R.H.

・セメントの種類 4 種類 N : 普通ポルトランドセメント

H:早強ポルトランドセメント

BB: 高炉セメント B 種

FB: フライアッシュセメント B 種

・配合 2 種類 水セメント比 50%, スランプ 8cm (硬練り)

水セメント比 60%, スランプ 18cm (軟練り)

・乾燥時の環境 2条件 風有り,風無し

標準水中養生における材齢 28 日圧縮強度を 100 %とした場合の材齢 28 日における圧縮強度比を図 3.14 ~ 図 3.16 にそれぞれ示す。W/C=50% スランプ 8cm に比べて W/C=60% スランプ 18 c mの方が初期乾燥の影響を受けやすい傾向にある。セメントの種類についてみると,初期強度の高いセメントほど初期乾燥の影響を受けにくい傾向にある。また,乾燥開始材齢が早いほど圧縮強度が著しく低下しており,乾燥開始材齢 3 日まではその傾向が特に顕著である。

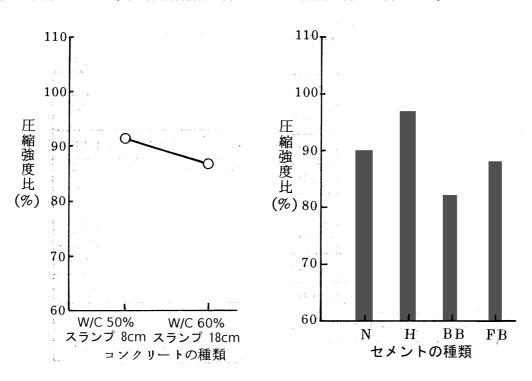


図 3.14 コンクリートの種類と圧縮強度比

図 3.15 セメントの種類と圧縮強度比

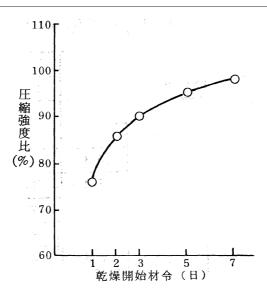


図 3.16 乾燥開始材齢と圧縮強度比

水中養生における材齢 28 日圧縮強度を 100 %とした場合の材齢 91 日における乾燥条件下の圧縮強度比を図 3.17 に示す。いずれのセメントについても,材齢 91 日においても乾燥開始材齢の影響が残存しており,乾燥開始材齢が早いほど圧縮強度が低い傾向にある。また,材齢 91 日においても初期強度が高いセメントほど圧縮強度が高い傾向を維持している。これに対し,材齢 91 日まで水中養生を行い初期の乾燥を防いだ場合の圧縮強度比は,いずれのセメントについても 100 %を超えており,特に BB および FB の圧縮強度比が著しく高い。このことは,長期材齢おいて強度発現が期待される BB および FB のような混合セメントを用いたコンクリートについては,初期材齢における湿潤養生が重要であることを示している。この他,乾燥時の湿度,風の有無についても検討しているが,本試験の範囲においては顕著な影響は認められていない。

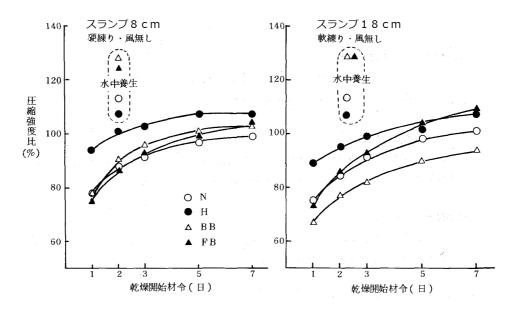


図 3.17 材齢 91 日の圧縮強度比(標準水中材齢 28 日強度基準)と乾燥開始材齢

3.2 長期暴露

F-48	海火の塩分含有量とコンクリート中の鉄筋の発錆に関する研究 材齢 20年最終時	1998 年
------	--	--------

F48 では,塩分含有量の異なる海砂を細骨材として使用したコンクリートを,酒田および鹿児島の沿岸部に暴露し,長期材齢の圧縮強度について報告している。セメントは,N,H,M および BB を対象とした。

【試験条件】 JIS A 1108「コンクリートの圧縮強度試験方法」準拠標準水中養生 28 日後暴露・養生条件標準水中養生 28 日後暴露・試験材齢28 日, 10 年, 20 年

【要因】 ·暴露環境 4 箇所 酒田感潮,酒田海中,鹿児島感潮,鹿児島海中

・セメントの種類 4 種類 N : 普通ポルトランドセメント

H : 早強ポルトランドセメント
M : 中庸熱ポルトランドセメント

BB: 高炉セメント B 種

・水セメント比41.0% ~ 74.4%

・海砂の塩分含有量 0.00,0.01,0.05,0.10,0.20,0.40%

酒田感潮,酒田海中,鹿児島感潮および鹿児島海中に 20 年間暴露したコンクリートのセメント種類別の強度増進状況を図 3.18 に、セメント水比と圧縮強度の関係を図 3.19 に示す。暴露期間 10 年から 20 年にかけて強度増進が認められる場合とそうでない場合があるが、暴露条件およびセメントの種類の違いによる一定の傾向は認められない。また、塩分含有量の違いがセメントの種類と強度発現性に及ぼす影響は認められない。各セメントとも低水セメント比では暴露条件による圧縮強度のばらつきは小さいが、BB 以外のセメントではセメント水比が高くなるとばらつきが大きくなっている。

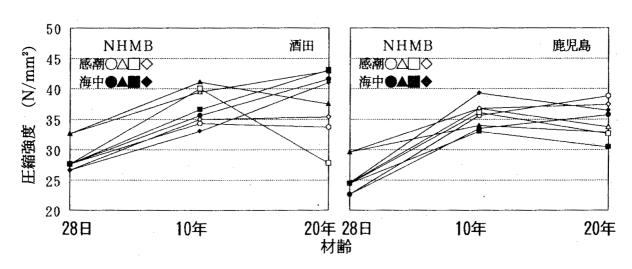


図 3.18 セメント種類別の強度増進状況 (海砂の塩分含有量 $0.00 \sim 0.01\%$)

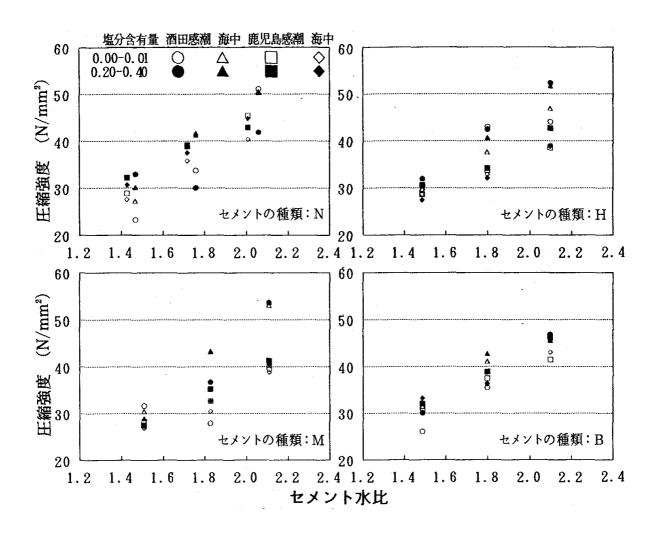


図 3.19 セメント水比と圧縮強度 (セメントの種類)

F-56 各種低発熱セメントを用いたコンクリートの海洋環境下での鉄筋の腐食 2010 年 に関する研究 材齢 10 年最終報告

F-56 では,酒田感潮,久里浜感潮,久里浜海浜および東京に長期暴露したコンクリートの圧縮強度について報告している。

【試験条件】 JIS A 1108「コンクリートの圧縮強度試験方法」準拠

・養生条件 所定の材齢まで温度 20 湿度 80%RH の室内

において湿布養生後に暴露

·試験材齢 28 日,5年,10年

【要因】 ·暴露環境 4 箇所 酒田感潮,久里浜感潮,久里浜海浜,東京屋上

・セメントの種類 10 種類 NC : 普通ポルトランドセメント

MC : 中庸熱ポルトランドセメント

LC :低熱ポルトランドセメント

NBB: 高炉スラグ微粉末 50% 混合(N C ベース) MBB: 高炉スラグ微粉末 50% 混合(MC ベース) LBB: 高炉スラグ微粉末 50% 混合(LC ベース)

FC : フライアッシュ II 種 30% 混合 (NC ベース) FCN: フライアッシュ III 種 30% 混合 (NC ベース)

LP : 石灰石微粉末 30% 混合 (NC ベース)

NBF:フライアッシュ混合高炉セメント

·水結合材比 3 水準 40%, 50%, 60%

・養生期間 2種類 28日,91日

セメントの種類および暴露条件ごとに,暴露開始時(温度 20 湿布養生 28 日),暴露材齢 5 年 および 10 年の圧縮強度を図 3.20 に示す。

暴露条件で比較すると,ポルトランドセメント系および石灰石微粉末を混合した LP の圧縮強度は,標準養生>久里浜海浜部 東京屋外部>久里浜感潮部 酒田感潮部の順になった。一方,LP を除く混合セメントは,感潮暴露は標準養生とほぼ同等,気中暴露(久里浜海浜および東京屋外部)は標準養生および感潮暴露より低い傾向となり,暴露条件が強度発現性に及ぼす影響はセメント種類により異なった。

酒田感潮部および久里浜感潮部の場合,材齢 5 年の圧縮強度は,MBB > NBB LBB FC NBF > FCN ポルトランドセメント系 > LP の順になった。感潮暴露にてポルトランドセメント系の長期強度が LP を除く混合セメント系より低くなった要因としては,海水による $Ca(OH)_2$ の溶脱やエトリンガイトの生成などの強度低下を及ぼす作用が水分供給による水和促進の作用より卓越したためと考えられる。一方,高炉スラグ微粉末やフライアッシュの混合セメント系は,海水に対する化学抵抗性に優れており,水分供給による長期的な強度増進作用(潜在水硬性やポゾラン反応)が卓越した可能性がある。

気中暴露(久里浜海浜および東京屋外部)の場合,いずれのセメントも材齢5年で $10N/mm^2$ 程度強度が増加し、セメント種類の違いによる強度の大小関係は暴露開始時とほぼ同様の傾向であった。

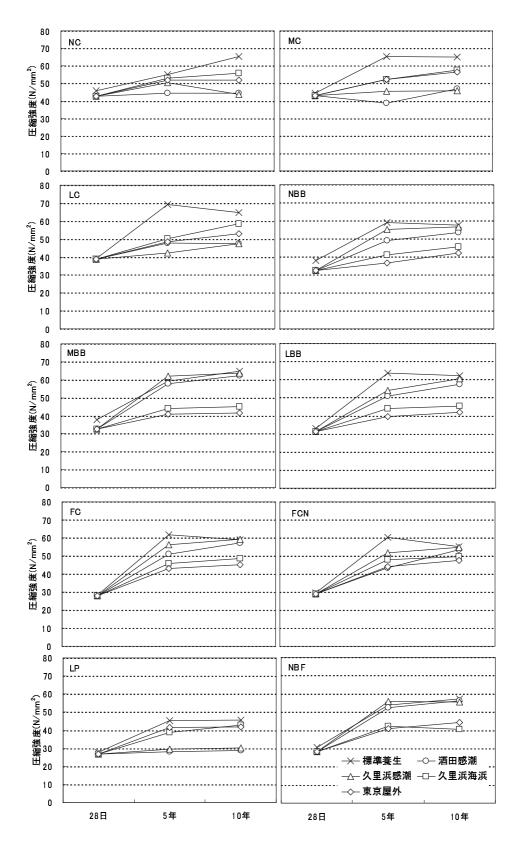


図 3.20 材齢と圧縮強度(水結合材比 50%, 前養生期間 28 日)