



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	寒冷極寒期に施工の場合のコンクリートと鉄筋の附着強度（第3報）：AE剤と分散剤の効果
Author(s)	洪, 悦郎; Koh, Yoshiro
Citation	北海道大學工學部研究報告, 19, 151-166
Issue Date	1958-08-15
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/40637
Type	departmental bulletin paper
File Information	19_151-166.pdf



寒冷極寒期に施工の場合のコンクリート と鉄筋の附着強度 (第3報)

— AE 剤と分散剤の効果 —

洪 悦 郎

Bond Strength between Concrete and Reinforcement, With Particular Reference to Winter Concreting.

Yoshiro KOH

Synopsis

The bond strength between reinforcement and five kinds of concrete—ordinary concrete, air-entrained concrete, air-entrained concrete with 1% or 2% of CaCl_2 and concrete with a dispersing agent—were tested after slow cycles of freezing and thawing.

The test specimens were cured for 3 days at 10°C . This method of curing is considered to be equivalent to the curing period of five days at 5°C as is specified in the Japanese Architectural Standard Specification No. 5. Then, the freezing was carried out in the air of cold room below -15°C (test specimens were wrapped in polyethylene tubes) and the thawing was carried out in the water of $6\sim 9^\circ\text{C}$. The number of cycles was varied from 10 to 30, according to the water-cement ratio of concrete.

The pull-out tests were made at the end of the freezing and thawing cycles and also after the curing of 28 days in water at 5°C in order to regain the strength.

The bond strength between ordinary concrete and reinforcement was considerably descended by 10 or more cycles of mild freezing and thawing, but in the case of air entrained concrete, especially with 1% of CaCl_2 , and in the case of concrete with a dispersing agent, no deterioration was observed, even at an early age.

1. 緒 言

本研究は前の2報告¹⁾に続き“コンクリートの初期凍害に関する研究”の1項目として進めて来たもので、その目的は第1報に述べた如くである。今回の報告は主としてAE剤を用いたコンクリートが寒冷極寒期に施工され、日本建築学会標準仕様書に制定する所定の養生期間に相当する養生は行われたが、初期材齢に於いて凍結融解の繰返し作用を受ける場合を対象とした研究である。

2. 研究計画の大要

前報¹⁾の2項に述べた凍害に対する著者の考え方により、第2報に於いて取扱つたと同じ第2の項目(施工時期に引続く若い材齢、即ち所定の養生はされたが、材齢3日乃至14日の間に凍結作用又は凍結融解の繰返し作用を受ける場合を対象とするもの)において、特に一定の養生が行われた場合の調合の差を拡張して、AE剤等の混和剤を使つた場合を主対象にした。コンクリートと鉄筋の附着強度について、AE剤等の初期凍害防止に対する効果を確めることを目的としたものである。

3. 第三次実験の計画と実施

第一次実験は調合1種で、6系列の実験を併行し、第二次実験は所定養生をして極寒期に施工したコンクリートが、凍結融解作用を5~30回受けた場合を想定して、調合4種の普通コンクリートについて行つたものである。

第三次実験はAE剤等の混和剤を使用したコンクリートの初期凍害作用がコンクリートと鉄筋の附着強度に及ぼす影響を見ることを主眼としている。

凍結融解の回数決定に当つては、道内主要都市の日別最高気温及び最低気温平年値から、少なくとも予想し得る凍結融解回数の概数を求めて考慮に入れたのであるが、第二次実験の結果を利用して普通コンクリートが初期凍害に耐えられる範囲は除く様にした。

(1) 第二次実験と同様に引抜試験のみとした。

(2) 鉄筋は19 mm ϕ で、黒皮のままの丸棒鋼を用い、一部露出したままで冷却されることは第二次実験と同様である。

(3) 鉄筋の埋込方向は第二次実験と同じく、鉛直方向のみとした。鉄筋を埋込む試験体の大きさが15 cm立方体であることは第一次及び第二次実験と同じである。

(4) コンクリートの調合は第二次実験に於いて採用した4種を基礎にして普通コンクリートについてはその中3種をそのまま適用した。AE剤等混入の場合は普通コンクリートの調合を出発点として、JASS5に示された方法²⁾によつて調合を求め、試験練りを行つて決定することとした。(水/セ比75%は省くこととした。)

(5) AE剤としては従来多くの研究で標準的なものとして使用せられて来たビンゾールを使用し、更にCaCl₂を1%及び2%併用するものの3種を考え、分散材としては近年道内に於いて多用されたポゾリスNo.5及びNo.10の2種を選んだ。

(6) 極寒期の施工条件として、

(イ) 養生温度及び期間は第二次実験と同じく10°Cにて3日間を採用する。

(ロ) コンクリートの練上り温度は10°Cとする。

(ハ) 鉄筋表面の条件は乾いたもののみとする。

(ニ) 初期養生期間後の低温の程度としては-15°C以下の1種とする。建築工学科実験

室に新設の低温室 (容積約 20m³) を使用する。

(7) 凍結融解の方法

(イ) 凍結温度は第二次実験と異なり, (6)(ニ)に述べた -15°C 以下の 1 種に限った。

(ロ) 凍結に際しては, 試験体を一個ずつポリエチレンチューブで包装して空中で凍結する著者の方法によった。空中凍結よりも水分のある状態で凍結するわけである。

(ハ) 凍結時間は 20~22 時間とし, 1 日 1 回凍結融解を行つた。同種のものについて同時に凍結融解を行うために初回は凍結期間を 1~12 日とした。これは -15°C 以下ともなれば特に影響のないことは別の研究で判つている。

(ニ) 融解はポリエチレンチューブより試験体を取り出し, 十分な容量のある約 $6\sim 9^{\circ}\text{C}$ の水槽中に間隔を置いて浸漬して行つた。

(ホ) 融解時間は第一次及び第二次実験に準じて凡そ 30~60 分の範囲で凍結温度と水温から加減して決めた。

(8) 凍結融解の回数

“コンクリートの初期凍害”に関する他の実験研究及び第二次実験を参照して Table 1 の如く計画実施した。

Table 1.

	Admixtures	W/C %	Freezing Temperature	Number of Freezing & Thawing Cycles				
				10	15	20	30	
SYA	None	45	Below $- 15^{\circ}\text{C}$			○	○	
SYB		55			○			
SYC		65		○	○			
UYA	Vinsol	45					○	○
UYB		55				○		
UYC		65		○	○			
VYA	Vinsol with CaCl ₂ 1%	45					○	○
VYB		55				○		
VYC		65		○	○			
WYC	Vinsol with CaCl ₂ 2%	65			○	○	○	
PYA	Pozzolith No. 5	45						○
PYB		55				○		
QYA	Pozzolith No. 10	45					○	
QYB		55			○			

(9) 試験を行う材齢としては、

(イ) 凍結融解を所定回数終了後直ちに行うもの、及び

(ロ) 所定回数の凍結融解終了後約5°Cの水中で28日間養生し、その強度回復状況を調べるものの2種とした。

(10) 比較用として10°C空中にて型枠の儘3日間、及び脱型してからポリエチレンチューブに包んで空中(10°C)で材齢7日及び28日迄養生するものをも作製した。

(11) 試験体数は各材齢毎に3本宛とし、型枠数の関係からすべて3回に分けて作製した。これで作製時及び初期養生期間の条件の差を少なくする様に努めた。試験体総数は138本である。

(12) 併行して7.5×7.5×40 cmの梁を作製し、動弾性係数の撓み振動法による測定、及び所定凍融回数後の曲げ及び圧縮強度試験を行つている。この結果についてはコンクリートの初期凍害に対する性状として別に報告³⁾する。

4. 使用材料及びコンクリートの調合

(1) セメント

セメントは普通ポルトランドセメント1種(市場品を購入、記号N₇、昭和32年10月2日入荷)で、強度試験結果はTable 2の如くである。

Table 2. Strength of Cement (Tested by JIS R 5201)

	Cement	Flow	Flexural Strength σ_B kg/cm ²			Compressive Strength σ_C kg/cm ²		
			3 d.	7 d.	28 d.	3 d.	7 d.	28 d.
N ₇	Normal Portland Cement	193	27.4	42.3	62.2	117	196	357

(2) 骨 材

細骨材は札幌郡広島村産、山砂水洗品で5 mm篩全通分。第一次及び第二次実験と同一品。粗骨材は鶴川産、川砂利で水洗し乍ら篩い分けを行い、5~10 mmを30%、10~25 mmを70%宛再混合して使用した。第二次実験と同じである。

(3) 鉄 筋

普通丸鋼の19 mmφ、札幌市内市場品。鉄筋は第一次及び第二次実験で使用したものを良く清掃し、薄く油を塗布して保存しておいたが、それを油分除去のためセメント液で十分に洗い、更に水洗を行つた上で再使用した。(引張強度試験結果は第一次実験参照。)

(4) コンクリートの調合

第二次実験とセメントのみが異なるので、調合は同一のものを普通コンクリートについては殆んどそのまま採用することとした。一応試し練りを行つて予定のスランプ値を得ることを

確認した。随つて G/S は 1.40, 砂率に直すと 41.7%になる。AE コンクリートの調合決定に当つては水量は JASS に随つて 8%減少し, 砂率は空気量 1%につき 0.5~1.0%の減であるので簡便なことから砂率を 40%と決めた。随つて AE コンクリートの場合は G/S は 1.50 となる。(Table 3.) 分散剤の場合はカタログに推奨している 15% の水量減とした。

Table 3.

	Proportion of Concrete (by weight)	W/C (%)	Slump (cm)	G/S	Sand Percent	kg/m ³		Air Content (%)
						Cement	Water	
S	1 : 1.74 : 2.43	45	18	1.40	41.7	420	189	1.0
	1 : 2.13 : 2.97	55	20	1.40	41.7	350	193	1.0
	1 : 2.64 : 3.70	65	20	1.40	41.7	291	189	1.0
U V W	1 : 1.78 : 2.65	45	18	1.50	40	389	175	4.0
	1 : 2.23 : 3.37	55	20	1.50	40	319	175	4.0
	1 : 2.71 : 4.05	65	20	1.50	40	269	175	4.0
P Q	1 : 2.02 : 3.01	45	18	1.50	40	360	162	3.0
	1 : 2.52 : 3.80	55	20	1.50	40	295	162	3.0

S : Plain Concrete

U : AE Concrete ; AEA is Vinsol Resin.

V : AE Concrete ; Vinsol Resin & CaCl₂ (1% of Cement by weight) are added.

W : AE Concrete ; Vinsol Resin & CaCl₂ (2% of Cement by weight) are added.

P : Concrete with a Dispersing agent (Pozzolith No. 5).

Q : Concrete with a Dispersing agent (Pozzolith No. 10), made for use in winter.

Table 4.

Batch No.	Series	Nos. of F. & Th.	No.	Date	Time	Slump (cm)	Air Content (%)	Temp. of Concrete (°C)	
1	SYA	20 30	1, 2	11. 2	10.30	21.5	0.6	13	YA (3 d.)
			1	"	"	"	"	"	
9		20 30	3, 4	11. 6	10.50	20.0	0.3	13	YA (3 d.) YA (7 d.)
			2	"	"	"	"	"	
17		20 30	5, 6	11.10	9.45	18.1	1.0	14	YA (28 d.)
			3	"	"	"	"	"	
6	SYB	15	1, 2	11. 4	14.50	20.5	1.4	13	
14			3, 4	11. 3	9.25	19.6	1.2	12.5	
21			5, 6	11.12	10.05	20.2	0	11	
23	SYC	10 20	1, 2	11.14	10.30	18.2	0.1	11	YC
			1, 2	"	"	"	"	"	
29		10 20	3, 4	11.18	14.50	21.7	0	10.5	
			3, 4	"	"	"	"	"	
35		10 20	5, 6	11.22	8.35	20.8	0	8.5	
			5, 6	"	"	"	"	"	

Batch No.	Series	Nos. of F. & Th.	No.	Date	Time	Slump (cm)	Air Content (%)	Temp. of Concrete (°C)
2	UYA	20	1, 2	11. 2	14.10	18.5	4.2	13
		30	1, 2	"	"	"	"	"
10		20	3, 4	11. 6	12.55	19.0	3.8	14
		30	3, 4	"	"	"	"	"
18		20	5, 6	11.10	10.35	18.5	4.2	13.7
		30	5, 6	"	"	"	"	"
7	UYB	15	1, 2	11. 4	15.15	20.5	4.0	13
15			3, 4	11. 8	10.05	19.4	3.9	12
22			5, 6	11.12	14.00	19.0	4.1	11.5
24	UYC	10	1, 2	11.14	11.20	20.1	3.8	10.5
		20	1, 2	"	"	"	"	"
30		10	3, 4	11.18	15.35	21.2	3.7	10.5
		20	3, 4	"	"	"	"	"
36		10	5, 6	11.22	9.10	20.7	4.0	8.5
		20	5, 6	"	"	"	"	"
3	VYA	20	1, 2	11. 2	15.20	20.5	3.8	13
		30	1, 2	"	"	"	"	"
11		20	3, 4	11. 6	14.45	19.4	5.0	13
		30	3, 4	"	"	"	"	"
19		20	5, 6	11.10	11.15	18.5	5.5	13.5
		30	5, 6	"	"	"	"	"
8	VYB	15	1, 2	11. 4	15.55	20.8	5.5	12
16			3, 4	11. 8	10.35	20.5	4.8	12
20			5, 6	11.10	14.35	20.7	5.2	11.5
25	VYC	10	1, 2	11.14	13.35	19.7	5.0	10.5
		20	1, 2	"	"	"	"	"
31		10	3, 4	11.18	14.10	20.3	4.3	10.5
		20	3, 4	"	"	"	"	"
37		10	5, 6	11.22	9.40	21.0	4.6	8.5
		20	5, 6	"	"	"	"	"
26	WYC	10	1	11.14	14.15	20.8	5.1	11.5
		15	1	"	"	"	"	"
		20	1	"	"	"	"	"
32		10	2	11.18	16.40	21.8	5.0	11
		15	2	"	"	"	"	"
		20	2	"	"	"	"	"
38		10	3	11.22	10.05	20.4	5.0	9
		15	3	"	"	"	"	"
		20	3	"	"	"	"	"
4	PYA	30	1, 2	11. 2	16.45	20.5	3.8	11.5
12			3, 4	11. 6	15.30	19.3	3.3	15
21			5, 6	11.10	13.35	19.1	3.5	12.5

Batch No.	Series	Nos. of F. & Th.	No.	Date	Time	Slump (cm)	Air Content (%)	Temp. of Concrete (°C)
27	PYB	30	1, 2	11.16	13.20	19.8	3.2	12
33			3, 4	11.20	9.40	20.0	3.3	9.5
39			5, 6	11.23	14.25	19.3	3.0	9.5
5	QYA	30	1, 2	11. 2	17.16	19.5	3.8	12
13			3, 4	11. 6	16.00	19.3	4.0	14
22			5, 6	11.10	13.03	19.0	3.3	13
28	QYB	15	1, 2	11.16	14.20	20.3	3.0	12
34			3, 4	11.20	10.05	19.8	3.3	9
40			5, 6	11.23	14.25	19.3	3.0	9.5

5. 試験体の作製とその初期養生

試験体作製の方法は第一次及び第二次実験と全く同じである。

打込時のコンクリート温度は出来るだけ初期養生温度の 10°C になる様に混練した。練上り温度は室温の関係から高目のものが多くなつたが、Table 4 に示した。

試験体の作製の詳細は Table 4 にみる如くで養生期間の温度記録は Fig. 1 に示した。養生は木枠に塩化ビニルシートを張つた囲いの中に試験体を静置した。3 日間の養生期間を了

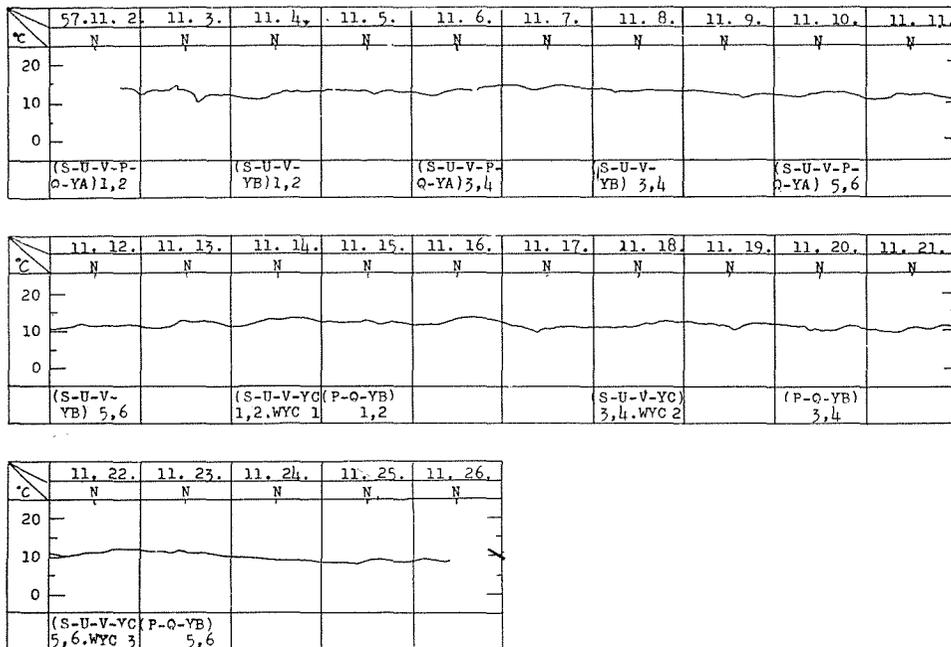


Fig. 1. Temperature Record of the Initial Curing Pering

したものは凍結して保存し、初回の融解をそろえて同時に開始する様にした。

6. 鉄筋の附着力試験の実施

3.(9) に述べた様に凍結融解終了時と回復養生 28 日後とに引抜試験により鉄筋の附着耐力を試験した。

鉄筋の引抜試験装置、鉄筋の滑り量の測定方法等はすべて第一次実験と同一である。

引抜試験後鉄筋の存在する儘で打込方向に直角に加圧板をあててコンクリートの圧縮強度試験を行った。

7. 試験の結果及び結果に対する考察

(1) 引抜試験による鉄筋とコンクリートの附着強度として、或る滑り量、仮に 10/100 mm をとつて附着応力度を求めると、自由端については Table 5, 荷重端については Table 6 となる。これを凍結融解回数と比較して示せば、自由端については Fig. 2 となる。Fig. 3 は附着応力が自由端の 3/1,000 mm 滑り時におけるものである。(Table 7, 8)

Fig. 4 は引抜試験終了後、鉄筋の存在するままで、加圧して得たコンクリートの圧縮強度と凍結融解回数の関係である。(Table 9)

どの図も所定凍結融解回数終了時とその後 5°C で 28 日間回復養生した後のものを示してある。

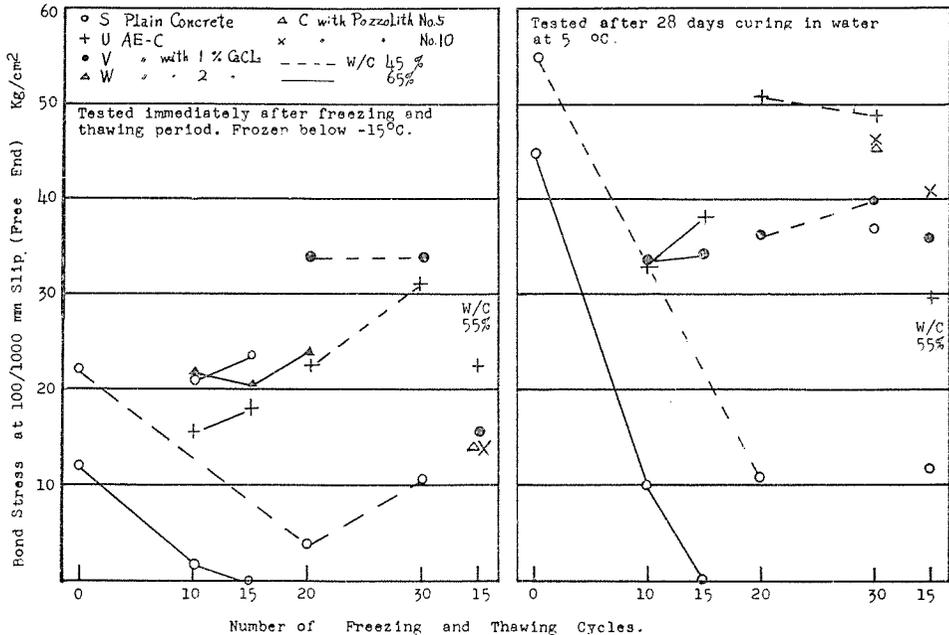


Fig. 2.

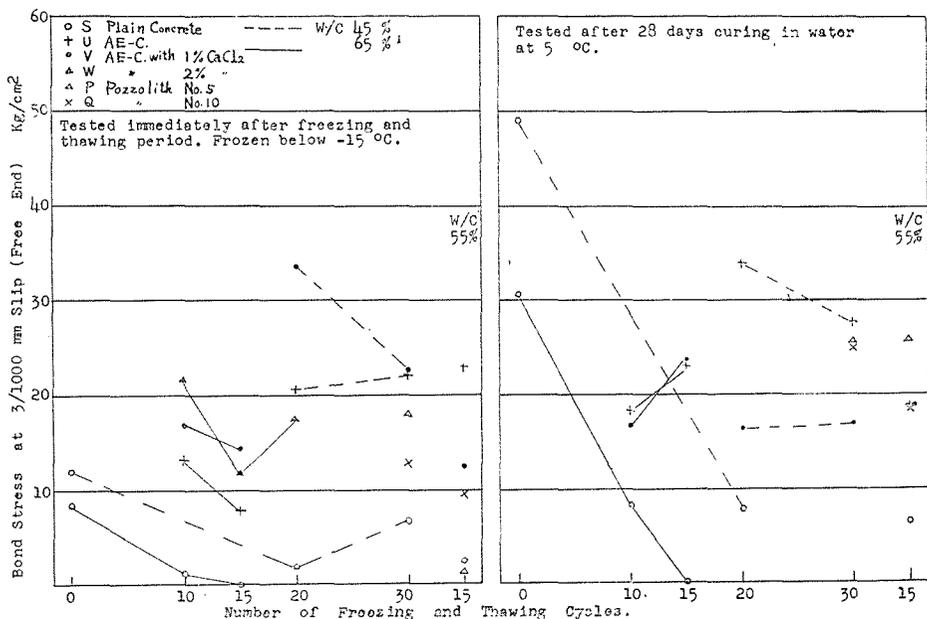


Fig. 3.

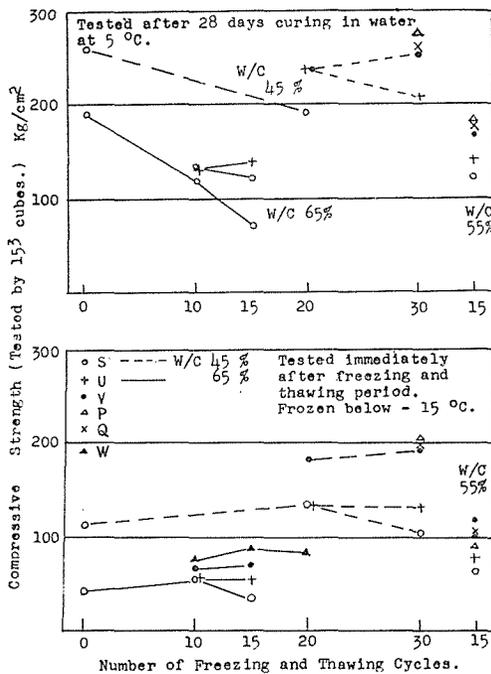


Fig. 4.

Table 5. The Bond Stress at 100/1000 mm Slip (Free End) (kg/cm²)

W/C %	45 (A)				55 (B)		65 (C)				
Nos. of Fr. & Th.	20		30		15		10		15		20
Age* days	0	28	0	28	0	28	0	28	0	28	0
SY	0	4.1	31.2		0	2.3	3.5	7.5	0	0	
	1.3	3.8	0		7.0	27.5	0.8	(6.8)	0	0	
	10.4	24.0	0		0	4.7	0	(16.2)	0	0	
	3.9	10.6	10.4		2.3	11.5	1.8	10.2	0	0	
UY	1.3	47.0	30.1	49.4	(20.3)	—	(14.6)	28.2	16.4	29.5	
	36.2	55.7	32.5	49.9	(19.8)	32.7	(16.4)	36.8	17.0	37.9	
	31.0	49.0	30.4	47.6	27.6	27.2	15.8	34.8	21.0	46.7	
	22.8	50.9	31.0	49.0	22.6	29.9	15.6	33.3	18.1	33.0	
VY	32.5	46.6	37.0	43.9	(20.2)	33.1	(21.7)	32.7	18.4	(27.2)	
	(28.0)	22.9	30.7	32.7	6.0	41.7	18.0	36.6	24.4	35.6	
	(40.6)	38.9	32.7	42.8	(20.6)	(33.6)	(23.0)	31.3	(27.8)	(39.4)	
	33.7	36.1	33.8	39.8	15.6	36.1	20.9	33.5	23.5	34.1	
WY							(19.5)		14.8		21.3
							(22.3)		21.6		(25.0)
							(22.6)		25.3		25.9
							21.5		20.6		24.1
PY			29.3	47.2	15.5	33.1					
			30.0	39.1	4.5	39.5					
			39.3	50.1	21.7	37.1					
		32.9	45.5	13.9	36.6						
QY			28.4	42.8	16.1	31.3					
			29.3	47.8	22.8	43.4					
			—	47.6	2.8	47.8					
			28.9	46.1	13.9	40.8					
Age, days	3	7	28				3	7	28		
Y	22.2	—	52.9				9.8	18.4	43.2		
	22.0		60.0				13.6	24.2	44.6		
			51.0				13.3	—	46.0		
	22.1	—	54.6				11.9	21.3	44.6		

* Not included the Initial curing period and the freezing & thawing period.

Table 6. The Bond Stress at 10/100 mm Slip (Loaded End) (kg/cm²)

W/C %	45 (A)				55 (B)		65 (C)				
	20		30		15		10		15		20
	0	28	0	28	0	28	0	10	0	28	0
SY	0	4.2	28.8		0	2.3	3.0	7.4	0	0	
	1.2	3.6	0		6.0	25.6	1.2	(6.8)	0	0	
	7.9	21.6	0		0	5.1	0	16.2	0	0	
	3.0	9.8	9.6		2.0	11.0	1.4	10.1	0	0	
UY	1.2	40.0	28.5	43.7	21.7	42.8	14.4	25.4	15.8	25.8	
	34.3	48.6	29.0	40.9	19.4	30.7	15.2	36.0	17.3	35.2	
	29.7	42.6	29.0	47.4	26.6	26.7	15.9	32.7	20.9	41.2	
	21.7	43.7	28.8	44.0	22.6	33.4	15.2	31.4	18.0	34.1	
VY	30.6	39.0	33.7	39.0	19.9	30.4	20.5	25.4	17.5	(27.2)	
	26.5	20.9	27.7	30.2	23.9	33.8	21.1	33.9	23.6	35.0	
	39.5	—	32.2	40.6	20.2	31.9	(22.5)	30.3	27.4	37.2	
	32.2	29.9	31.2	36.6	21.3	32.0	21.4	29.9	22.8	33.1	
WY							18.4		15.5		21.0
							20.8		20.0		24.3
PY			26.2	44.8	17.0	31.9					
			28.7	36.3	23.6	34.1					
			36.9	48.3	19.8	34.3					
			30.6	43.1	20.1	33.4					
QY			—	35.2	16.1	28.5					
			25.9	38.1	22.0	41.9					
			—	44.5	23.9	41.5					
			25.9	39.3	20.7	37.3					
Age, days	3	7	28				3	7	28		
Y	19.4	21.7	41.1				9.4	17.7	35.5		
	21.2		45.5				13.6	23.6	38.1		
			43.2				11.2	27.8	41.8		
	20.3	21.7	43.3				11.4	23.0	38.5		

* Not included the Initial curing period and the freezing & thawing period.

Table 7. The Maximum Bond Stress (kg/cm²)

W/C %	45 (A)				55 (B)		65 (C)				
Nos. of Fr. & Th.	20		30		15		10		15		20
Age* days	0	28	0	28	0	28	0	28	0	28	0
SY	0	4.5	31.4		0	3.7	3.8	8.7	0	0	
	2.1	3.8	0		7.7	28.0	1.5	6.8	0	0	
	15.2	32.2	0		0	5.1	0	16.2	0	0	
	5.8	13.5	10.5		2.6	12.3	1.8	10.6	0	0	
UY	3.3	49.4	30.2	49.6	20.3	43.8	14.6	29.1	16.7	31.7	
	36.7	55.7	32.6	50.0	19.8	32.8	16.4	36.8	17.5	37.9	
	31.1	49.9	31.0	50.7	27.5	27.3	16.0	35.1	21.1	46.8	
	23.7	51.7	31.3	50.1	22.5	34.6	15.7	33.7	18.4	38.8	
VY	32.6	48.0	39.3	45.7	20.2	33.4	21.7	33.2	18.7	27.2	
	28.4	24.3	30.9	33.9	23.1	42.7	21.3	37.1	24.4	35.6	
	40.6	42.8	32.9	43.9	20.6	33.6	23.0	31.5	27.8	39.4	
	33.9	38.4	34.4	41.2	23.0	36.6	22.0	33.9	23.6	34.1	
WY							19.5		15.9		21.3
							22.3		21.6		25.0
							23.9		25.3		26.0
							21.9		20.9		24.1
PY			29.8	47.6	17.3	33.8					
			31.1	39.9	24.3	40.1					
			41.2	53.3	22.0	37.6					
			34.0	46.9	21.2	37.2					
QY			28.4	43.6	17.0	32.6					
			32.5	48.2	23.1	44.1					
			—	49.9	24.6	50.2					
			50.5	47.2	21.6	42.3					
Age, days	3	7	28				3	7	28		
Y	22.5	23.4	55.9				10.7	19.0	49.2		
	22.9		63.0				13.6	24.7	45.5		
			56.8				12.3	28.2	46.0		
	22.7	23.4	58.3				12.2	24.0	46.9		

* Not included the Initial curing period and the freezing & thawing period.

Table 8. The Bond Stress at 3/1000 mm Slip (Free End) (kg/cm²)

W/C %	45 (A)				55 (B)		65 (C)				
	20		30		15		10		15		20
	0	28	0	28	0	28	0	28	0	28	0
SY	0	4.0	20.0		0	1.2	3.0	4.8	0	0	
	0	3.8	0		7.0	14.3	0.7	6.8	0	0	
	5.6	15.7	0		0	4.1	0	13.3	0	0	
	1.9	7.8	6.7		2.3	6.5	1.2	8.3	0	0	
UY	1.2	33.9	24.0	31.0	—	21.9	14.3	13.5	7.9	8.4	
	30.0	30.7	22.4	29.3	18.5	10.2	16.4	20.1	—	28.5	
	30.7	37.0	20.3	22.5	27.6	24.4	8.5	21.2	—	32.3	
	20.6	33.9	22.2	27.6	23.0	18.8	13.1	18.3	7.9	23.1	
VY	32.5	21.3	18.0	19.4	18.2	14.0	21.0	12.4	9.8	23.5	
	28.2	8.4	24.3	9.0	4.5	23.6	7.3	21.7	18.6	22.1	
	40.2	19.1	25.6	22.2	14.3	—	22.5	16.1	14.5	25.5	
	33.6	16.3	22.6	16.9	12.3	18.8	16.9	16.7	14.3	23.7	
WY							18.4		5.1		16.5
							22.0		—		20.9
PY			20.4	25.8	1.7	24.0					
			12.9	23.4	0.7	27.8					
			20.4	27.6	—	25.5					
			17.9	25.6	1.2	25.8					
QY			13.9	27.0	4.0	10.0					
			11.8	25.2	15.2	16.4					
			—	22.5	—	28.6					
			12.9	24.9	9.6	18.3					
Age, days	3	7	28				3	7	28		
Y	13.2	—	50.0				4.5	15.7	36.5		
	10.8		57.0				—	18.6	32.0		
			40.1				12.3	2.2	23.2		
	12.0	—	49.0				8.4	12.2	30.6		

* Not included the Initial curing period and the freezing and thawing period.

Table 9. The Compressive Strength of Concrete (kg/cm²)

W/C %	45 (A)				55 (B)		65 (C)				
Nos. of Fr. & Th.	20		30		15		10		15		20
Age* days	0	28	0	28	0	28	0	28	0	28	0
SY	109	122	123		41	76	75	132	50	101	
	140	167	55		98	181	47	105	17	32	
	155	289	141		49	118	47	124	41	82	
	135	193	106		63	125	56	120	36	72	
UY	119	223	137	251	87	165	61	132	61	159	
	137	239	122	198	86	142	48	133	51	134	
	147	254	143	182	64	128	58	133	57	130	
	134	239	134	210	79	145	56	133	56	141	
VY	187	243	202	259	111	145	63	127	58	130	
	149	230	161	233	126	185	66	138	81	113	
	218	244	216	277	116	175	75	135	77	125	
	185	239	193	256	118	168	68	133	72	123	
WY							78		87		80
							89		94		85
							68		92		94
							78		91		86
PY			192	255	90	189					
			169	238	97	182					
			249	337	81	188					
			203	277	89	186					
QY			162	242	98	169					
			210	259	102	167					
			216	288	110	196					
			196	263	103	177					
Age, days	3	7	28				3	7	28		
Y	104	96	226				47	104	189		
	127		296				42	73	185		
			262				45	89	206		
	116	96	261				45	89	193		

* Not included the Initial curing period and the freezing and thawing period.

(2) Fig. 2~4について見ると、普通コンクリートの場合第二次実験に比して圧縮強度も凍融を繰返したものは若干低い。附着強度は水/セ比45%のものでも圧縮強度に対する比率も小さいし、値も小さい。これは今回は凍結融解回数を決めるに当つて、第二次実験で被害を生じ始める限界と思われる凍結融解回数以下のものは行わなかつたために、実験を行つた範囲がほぼ附着強度の低下し始める限界が選ばれた為かと考えられる。即ち水/セ比65%で10回、水/セ比55%で15回、水/セ比45%で20回という軽度の凍結融解回数は普通コンクリートに対して本実験に於ける初期養生(10°C×3日)では被害を生じ始める限界であると考えられる。随つてこれよりも少ない凍融回数にしか耐えられないとすべきである。

(3) AE コンクリートはこれに対し、同じ養生条件で、この程度の軽度の初期凍害には効果があり、所定凍融回数後も凍融を受けない普通コンクリートに較べて同等又は以上の附着強さを示している。しかも調査を見ると(Table 3)セメント量は減じているのだから(同一水/セ比のものについて)はるかに耐凍性があるということになる。水中養生(5°C位)で28日後のものが10°Cで28日の普通コンクリートに比して小なる値なのは養生の違いであるから当然である。

CaCl₂を併用した場合は圧縮強度では凍融直後では添加したものの方が大きい値を示しているが、回復養生後は同等又は低下を示しているものもある。附着強さは必ずしも同じ傾向とは云えないが、これはCaCl₂を添加したものの方がTable 4に見る様に空気量が多いことが影響して来ているとも考えられる。多い添加量は好ましくないが、早期強度を高める点で1%程度のCaCl₂の併用は好結果をもたらすと考えられよう。発錆の問題は別に考えねばならない。

(4) 分散剤の場合については寒中施工用のものが特に良いという結果とはならなかつた。これは早強剤が今回の養生温度と期間ではそれ程著しい差を示さないためかと思われる。しかしAE剤よりも少ないセメント量で同等以上の強度値を示している点は認めるべきである。

(5) これを要するに規定された初期養生をこれ以上低減するのはAE剤や分散剤を使用しても考えてはならないことであり、今回の実験の場合より激しい凍結融解にも耐え得る可能性を認めるべきである。凍害の程度については今後の検討を要するが、初期材齢に於けるコンクリートの凍害に対してもAE剤及び分散剤の使用は軟練コンクリートの場合でも効果的である。ただ空気量の増大に伴う圧縮強度並びに附着強度の低下を見込んでコンクリートの調査設計を行わなければならない。CaCl₂の併用は長期材齢迄含めて考えると附着強度には余り大差を与えないが、圧縮強度が早期に高められる点で少量の添加でも初期材齢における耐凍性には大きくひびくものと考えられよう。

附記：本研究は昭和32年度文部省科学試験研究費による研究の一部として実施したものである。建築工学科実験室の設備で行い、実験については北大大野和男教授の御助言を得、研究室の服部隆君、芳武哲督君、二宮嘉子君、石川厚子君、学生伊藤達君、本田昌一君の御支援を得て行つた。ここに記して厚く感謝致します。

参 考 文 献

- 1) 洪 悦郎：寒冷極寒期に施工の場合のコンクリートと鉄筋の附着強度 (第1報及び第2報). 北大工学部
研究報告, 第11号, 昭29.12.及び第16号, 昭32.6.
- 2) JASS5 鉄筋コンクリート工事, 5. 3. 5. g. (建築工事標準仕様書, 同解説 B. p.106)
- 3) 洪 悦郎：初期凍害に対する AE コンクリート等の効果. 日本セメント技術協会大会, 昭33.5.にて発
表 (セメント技術年報 XII)