

コストパフォーマンスと優れた耐久性を備えたコンクリート

バイコン製法  
プレキャストコンクリート製品  
Ver. 2



2019年10月

全国バイコン協会

## まえがき

道路、河川、港湾、上下水、電力、通信などの社会インフラは、私達の日常生活をしっかりと、時にはひっそりと支えています。その社会インフラにも寿命があり、大切にメンテナンスしても廃棄と再構築の運命は免れません。高度経済成長期に建造した社会インフラを、寿命の到来に遅れることなく更新してゆかねばなりません。

一方で日本は少子高齢化の時代を迎え、あらゆる産業が効率化を抜きにして語れません。国土交通省の「iコンストラクション」、政府の「働き方改革」の下、プレキャストコンクリート製品は工程・工期短縮、省力・省人化などによるコスト縮減と、高耐久性など、今後のインフラ整備における活用範囲の拡大が期待されています。

なかでもバイコン製法によるプレキャストコンクリート製品は、極めて低い水セメント比(30～38%)のコンクリートを強力な振動と圧縮で締め固めるため、先に述べたプレキャストコンクリート製品の諸特性が一段と高く「構造物の長寿命化」に適しており、短期大量生産が可能な事、製造ラインの完全自動化が可能な事も、時代の要請に応え得ると言えます。

本書は、バイコン製品・製法をより良くご理解いただくため、コンクリート工学の基本的事項、バイコン製法のこと、新たに当協会で行った実験データと特性値、実績調査データ(コンクリート製品JIS協議会が実施したものから抜粋)を掲載しました。

本書が、新たな社会インフラ整備に向かって、いささかでもお役に立てれば幸甚に存じます。

2018年9月  
全国バイコン協会

# 目 次

1. コンクリートの水セメント比
  - 1.1 水セメント比説
  - 1.2 セメントペーストの構成成分と高強度化
  
2. バイコン製法・製品とは
  - 2.1 特徴
  - 2.2 製法比較
  - 2.3 製造工程
  
3. コンクリート製品特性比較
  - 3.1 強度特性
  - 3.2 耐凍害(スケーリング)性
  - 3.3 耐中性化性
  - 3.4 水分浸透特性
  - 3.5 特性値の比較
  
4. 試験データ (コンクリート製品特性比較のバックデータ)
  - 4.1 強度試験結果  
(JIS A 1108コンクリートの圧縮強度試験方法、JIS A 1113コンクリートの割裂引張強度試験方法)
  - 4.2 スケーリング試験結果  
(RIREM CDF試験)
  - 4.3 耐中性化性能試験結果  
(JIS A 1153:2012「コンクリートの促進中性化試験方法」)
  - 4.4 水分浸透速度係数試験結果
  
5. 実績調査からみた耐久性 (コンクリート製品JIS協議会実施調査データ)
  
6. 参考資料
  - 6.1 製品事例
  - 6.2 バイコンの粗度係数について
  - 6.3 全国バイコン協会 協会員

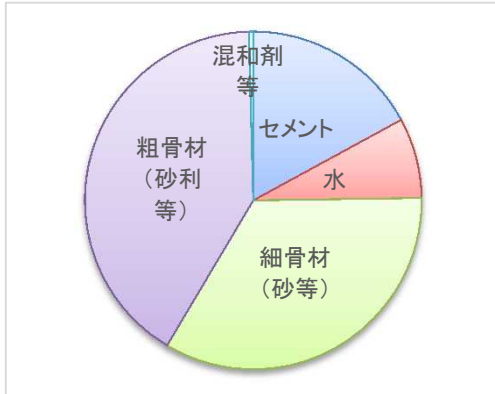
# 1. コンクリートの水セメント比

## 1.1 水セメント比説

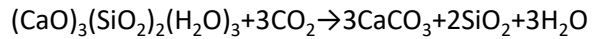
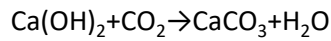
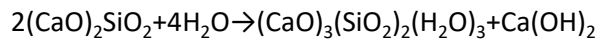
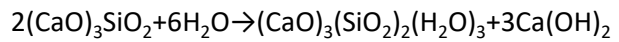
コンクリートの性状を説明する考え方として、コンクリートの強度はセメントペーストの濃さに比例し、水とセメントの割合である水セメント比(W/C)が小さければ小さいほど、コンクリート強度が大きくなる、という「水セメント比説」があります。

コンクリートは、骨材(粗骨材、細骨材)と、水、セメントにより構成されており、水とセメントが化学反応(水和反応)により硬化しセメントペーストとなることで、骨材同士を接着します。

コンクリートの材料構成(重量)



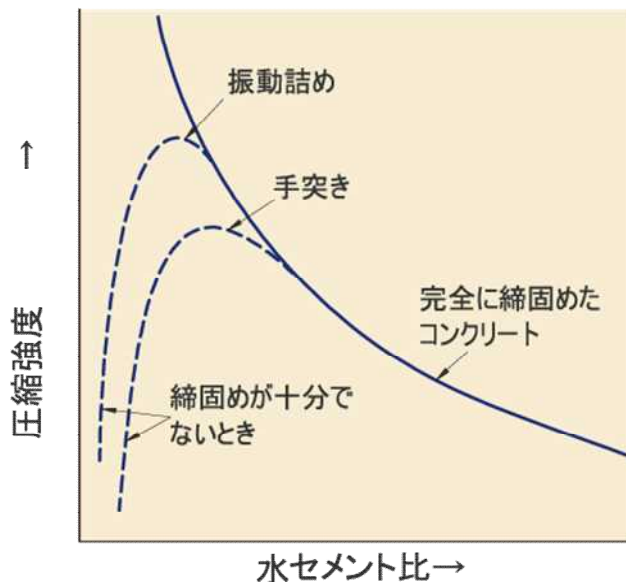
セメントと水の化学反応式



〔参考文献〕 analytical sciences JULY 2004 VOL.20

このとき水和反応に使用される以外の水は余剰水となり、コンクリートの硬化過程および硬化後に蒸発したり、コンクリート内に水の状態で残留したりします。これが耐久性や強度に影響を与えます。

水セメント比の変化と強度の関係



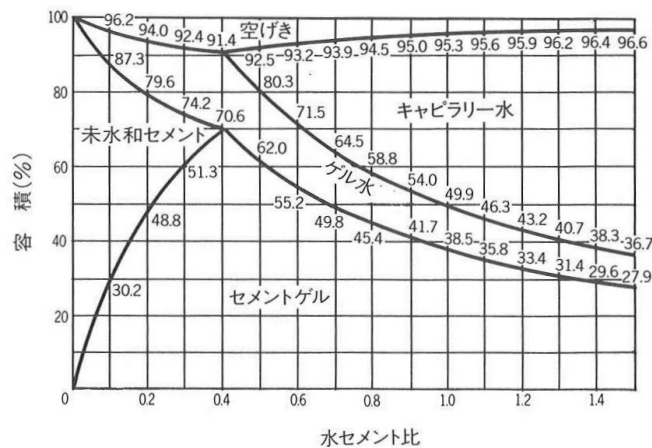
## 1.2 セメントペーストの強度

解説: セメントペーストの構成成分と高強度化

『コンクリートの結合材であるセメントペーストは、図2<sup>1)</sup>に示すようにセメント水和物(セメントゲル)、未反応セメント、毛細管空けき(capillary pore)、ゲル空けき(gel pore)、および潜在空気(entrapped air)に基づく空けき(pore)から構成されている。

これらの空けきの中で、セメントペーストの強度に影響を与えるのは、主に毛細管空けきと潜在空気に基づく空けきである。したがって、コンクリートの結合材であるセメントペーストの高強度化のためには、毛細管空けきと潜在空気による空けきから成る直径10nm以上の空けきを効果的に減少させる必要がある。』<sup>1)</sup>

セメントペーストの構成成分の容積百分率  
(水和度100%) (Rüsch)

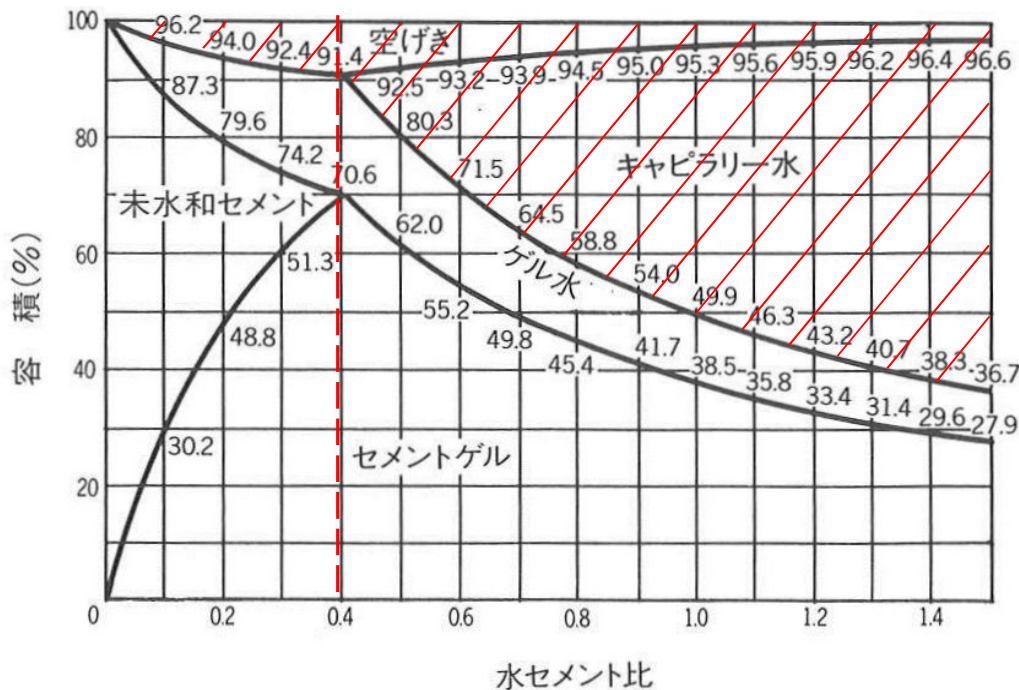


[参考文献]

1) 大濱 嘉彦: 手段を尽くせばここまで高強度になる, セメント・コンクリート, No.546, pp66,1992

下図は、上図<sup>1)</sup>に①水セメント比40%(0.4)(赤色点線)、②毛細管空隙(キャピラリー水で満たされている)と潜在空気に基づく空けき(赤色斜線)、を追記した図です。

セメントペーストは、水セメント比が40%(0.4)を超えると、毛細管空隙の割合が増加します。水セメント比を40%以下にすることで、毛細管空隙がなくなるので、組織が緻密化することが示唆できます。



## 2. バイコン製法・製品とは

コンクリートプレキャスト製品は、流し込み製法、遠心力製法、バイコン製法など、それぞれ特色を持った方法で製造されています。バイコン製法の最大の特長は、通常であれば固過ぎて成形できない38%以下の低い水セメント比でコンクリートを成形できることにあります。

### バイコン(VICON)製法

バイコン製法とは、可能な限り骨材容積が大きくなるよう粒度調整された骨材と、低い水セメント比(W/C=30%~38%)に配合されたコンクリートを、振動(バイブレーション)と圧縮(コンプレッション)の作用により締め固め、成形直後に型枠から取り出して(即時脱型)できるコンクリート製品を意味し、コンクリート製品とその成形技術に対して冠せられた名称です。

### 2.1 特徴

#### ● 製造

振動 : 強力な振動の作用で、コンクリート中に含まれる余分な空気を押し出して締め固め

圧縮 : 振動で締め固まらない上部を加圧板で圧縮して成形

即時脱型 : 成形完了後、外型枠・内型枠を引抜いて脱型

#### ● 配合

コンクリート製品の強度・耐久性は、セメント、水、骨材の配合で決定します。バイコン製法は、「水セメント比」と「骨材」に特徴があり、強度・耐久性に優れます。

##### 【水セメント比】

W/C=30~38%と、大変小さくなっています。

##### 【骨材】

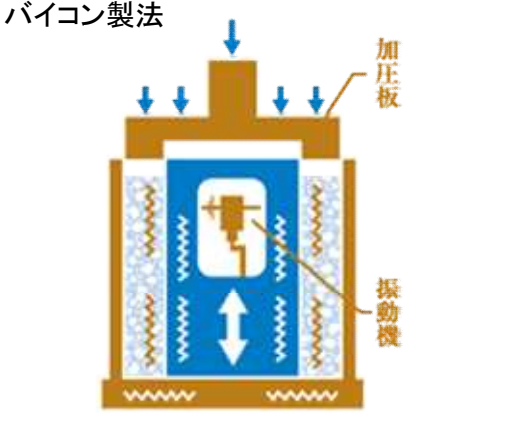
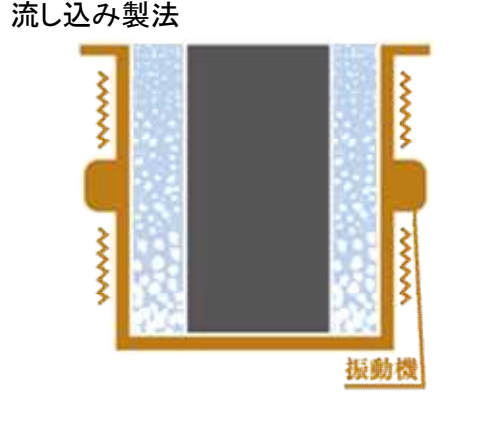
可能な限り骨材容積が大きくなるよう、数種類の骨材をブレンドして使用します。

コンクリートが隙間無く充填されて堅実となります。

#### ● 生産性

即時脱型のバイコン製法であれば、内径300mmの台付管なら一日50本以上製造可能です。短期間に大量生産ができるので、緊急工事など、急な需要に対応できます。

### 2.2 製法比較

バイコン製法	流し込み製法
	
材料分離 = 少ない 水セメント比30~38% セメント・骨材が均一・密実	材料分離 = 多い 水セメント比50%程度 振動により比重の重い骨材が下側に、比重の軽いセメントペーストは上側に片寄る傾向

## 2.3 製造工程

バイコン製品の製造の流れを、バイコン台付管を例にして説明します。

※製品形状により製造機械・方法は異なります。

### 1.コンリートを投入



水セメント比が38%以下の超固練りコンクリートを型枠へ投入します。

### 5.養生室へ運ぶ



脱型後、直ぐに養生室に運びます。

### 2.振動



内型枠を振動させ、コンクリートを流動化&充填します。

### 6.養生



コンクリートの水和熱などを利用して養生します。

### 3.圧縮



充填完了後に振動させながら、上部から加圧板で力を加え成形します。

### 7.脱型-2



パレットを取り外し検査をします。

### 4.脱型-1



振動を停止した後、型枠を上下に引き抜きます。

### 8.保管



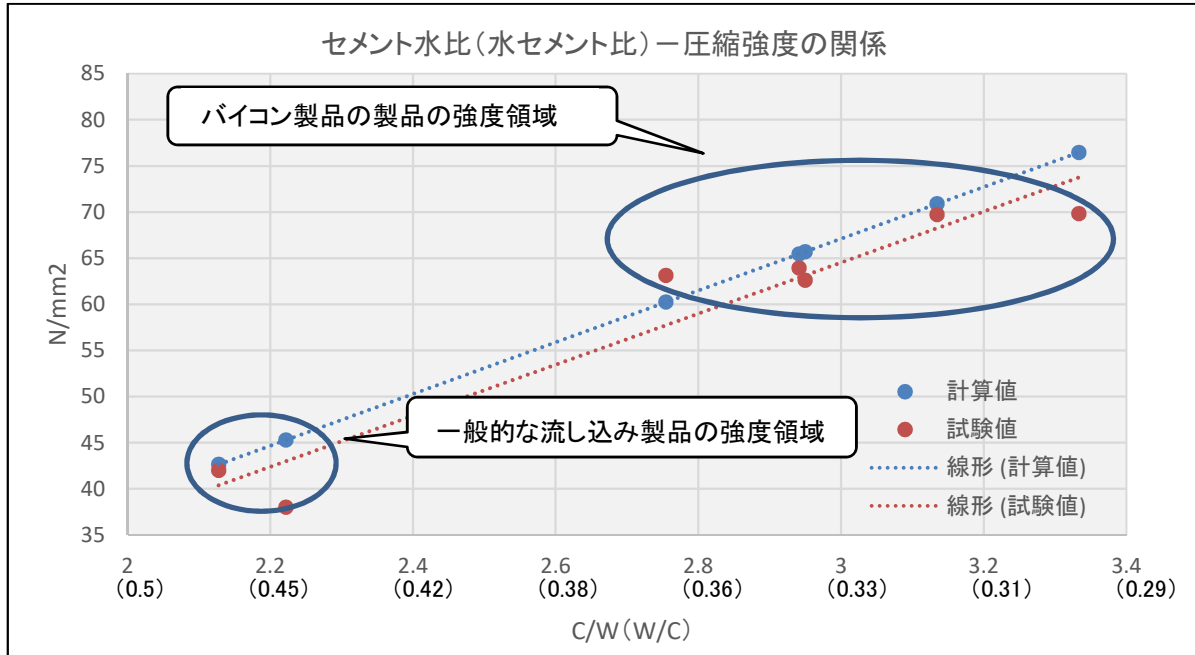
ストックヤードで保管します。

### 3. コンクリート製品特性比較

#### 3.1 強度特性

たとえ鉄筋コンクリートであっても、外部からの衝撃力などによりコンクリートには欠け・割れが生じます。また縁石やコンクリートふたなどは、荷重や熱膨張により製品同士がせったり動いたりして、端面にせん断破壊が生じる場合もあります。

#### ● 強度試験結果 (JIS A 1108コンクリートの圧縮強度試験方法)



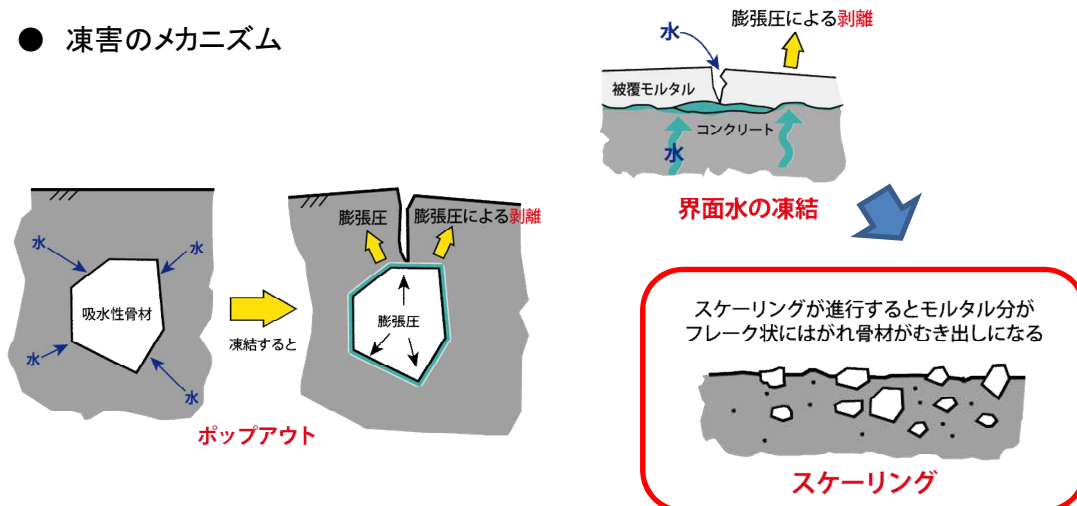
※セメント水比(C/W)は水セメント比(W/C)の逆数

水セメント比が小さく緻密なバイコン製品は、強度が大きく、外力に対して高い抵抗性があります。

#### 3.2 耐凍害(スケーリング)性

凍害による劣化形態の一種であるスケーリング現象は、コンクリート中の水の凍結と融解の繰り返しによりコンクリート表面が薄片状に剥離・剥落する現象です。特に近年、厳しい寒冷地だけでなく比較的温暖な地域でも凍結防止剤の使用量増加の影響により、縁石や側溝ふたなどの道路構造物の被害が顕著になっています。

#### ● 凍害のメカニズム

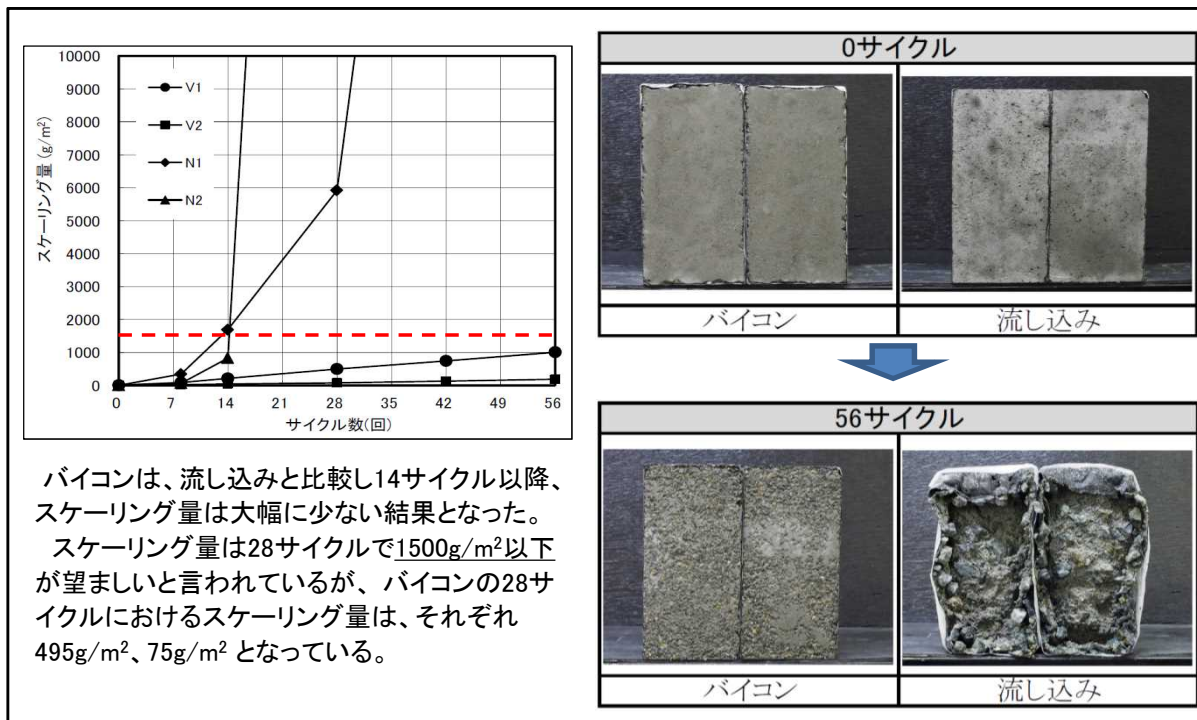




● 凍害の事例



● スケーリング試験結果 (RIREM CDF試験)

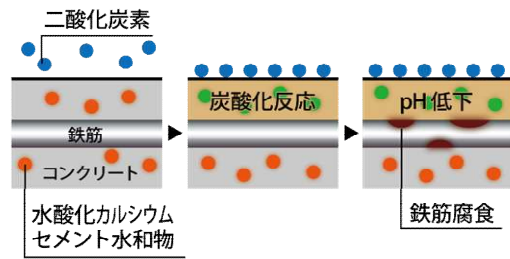


水セメント比が小さく緻密なバイコン製品は、耐スケーリング性に優れています。

### 3.3 耐中性化性

中性化は、大気中の二酸化炭素がコンクリート内に侵入し化学反応を起こすことにより、コンクリートのpHが低下する現象です。これにより鉄筋表面の不動態皮膜が消失し、鉄筋が腐食・膨張、コンクリートを内側から破壊します。中性化は程度の差はあれ、コンクリート構造物では必ず起こる現象です。

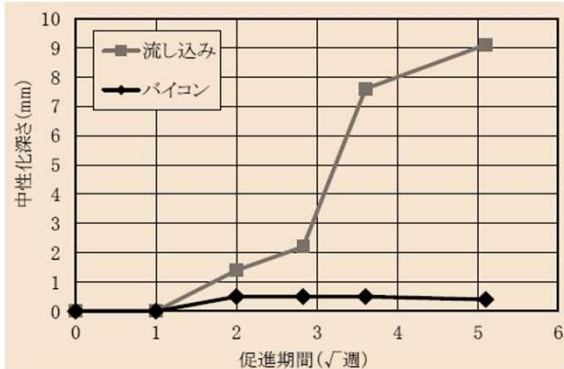
コンクリートの水セメント比を小さくすることにより、組織の緻密化をはかり、コンクリート内部への二酸化炭素の侵入を遅らせることは、中性化に対する有効な対策です。



#### ● 中性化の事例



#### ● 耐中性化性能試験結果 (JIS A 1153:2012「コンクリートの促進中性化試験方法」)



供試体名	中性化深さの 最大値 $\alpha_{act}$ (mm)	中性化 速度係数 $\alpha$ (mm/ $\sqrt{y}$ )
流し込み	9.2	1.164
パイコン	0.4	0.051

赤紫に呈色していない部分が中性化の領域



パイコン



流し込み

水セメント比が小さく緻密なパイコン製品は、耐中性化性に優れています。

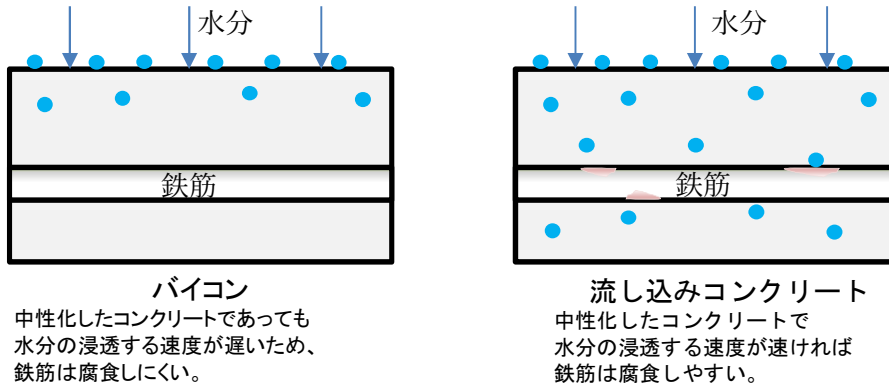
### 3.4 水分浸透特性

コンクリート中の鋼材腐食を引き起こす要因として、コンクリートの中性化やコンクリート中への塩化物イオンの侵入が挙げられます。

しかし、これら劣化要因が進展しても、鋼材の腐食に必要な水と酸素の供給が乏しい場合には、鋼材の腐食は進展しないか、あるいは相当に進展が遅いことが報告されています。

このため、鋼材腐食を照査するためには、中性化速度係数のみならず、水分の浸透速度を表す水分浸透速度係数が必要となります。

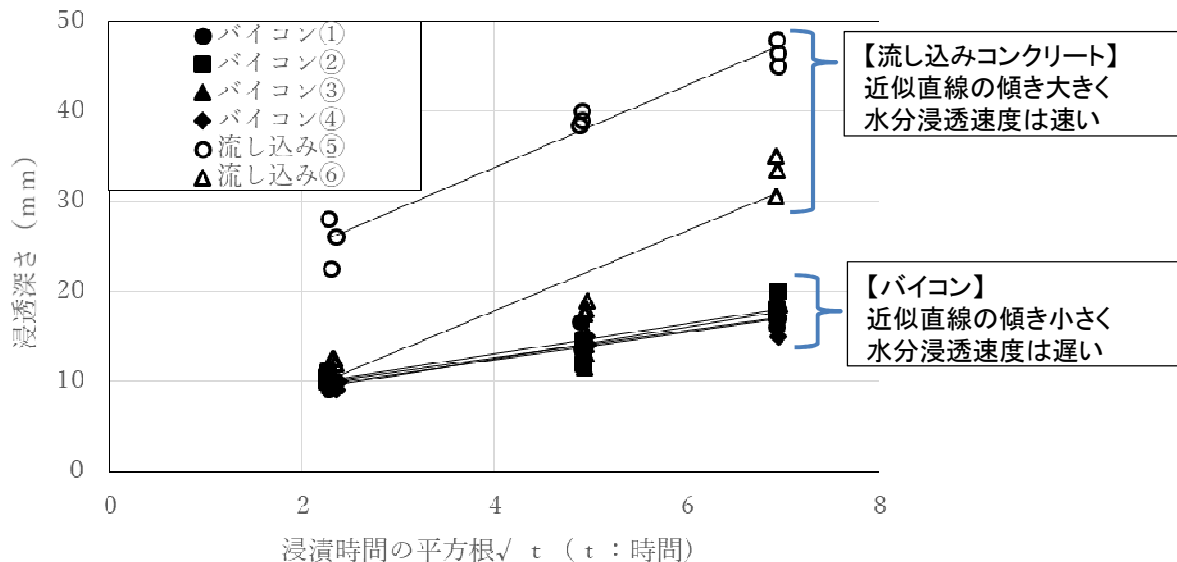
コンクリートへの水分浸透は、凍害やその他劣化要因の浸透にもかかわるため、水分浸透特性はコンクリートの耐久性に関する重要な特性であるといえます。



#### ●水分浸透速度係数試験結果

(JSCE-G582-2018「短期の水掛かりを受けるコンクリート中の水分浸透速度係数試験方法

供試体名	水分浸透速度係数(mm/ $\sqrt{\text{hr}}$ )
バイコン	1.6
流し込み	4.5



水セメント比が小さく緻密であるバイコン製品は、耐水分浸透性に優れています。

### 3.5 特性値の比較

下記に、流し込み製品、バイコン製品について、実測された特性値(圧縮強度、スケーリング量、中性化速度係数、水分浸透速度係数)について比較しています。

特性	バイコン製品	流し込み製品	備考
強度特性 (圧縮強度)	65.8 N/mm <sup>2</sup>	40.0 N/mm <sup>2</sup>	JIS A 1108 「コンクリートの圧縮強度試験方法」
	1.65	1.00	
耐凍害性 (スケーリング量)	1003 g/m <sup>2</sup>	62013 g/m <sup>2</sup>	RIREM CDF試験
	0.02	1.00	
耐中性化性 (中性化速度係数)	0.051 mm/√y	1.164 mm/√y	JIS A 1153:2012 「コンクリートの促進中性化試験方法」
	0.04	1.00	
水分浸透特性 (水分浸透速度係数)	1.6 mm/√hr	4.5 mm/√hr	JSCE-G582-2018 「短期の水掛かりを受けるコンクリート中の水分浸透速度係数試験方法(案)」
	0.36	1.00	

- ・圧縮強度については、円柱供試体による実績値。
- ・スケーリング量、中性化速度係数は、それぞれ製品から切り出した供試体を使用。
- ・水分浸透速度係数は、円柱供試体を使用。

## 4. 試験データ

### 4.1 強度試験結果

#### ・概要

バイコン製品の強度について、テストピースによる強度試験を実施し、一般的な流し込み製品との強度、水セメント比に基づくコンクリート強度との比較をおこなった。

#### ・試験方法

JIS A 1108コンクリートの圧縮強度試験方法、およびJIS A 1113コンクリートの割裂引張強度試験方法により、円柱供試体(標準養生)の圧縮強度、引張強度を測定した。

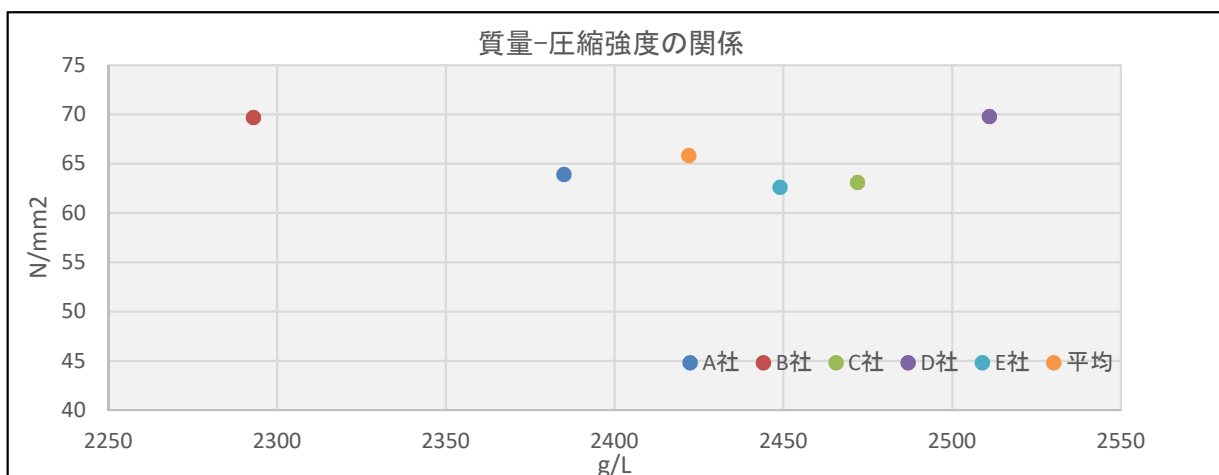
#### ・配合

供試体名	水セメント比 W/C(%)	単位量(kg/m <sup>3</sup> )						備考
		水	セメント	細骨材	粗骨材	混和材	混和剤	
A社	34.0	115	338	952	950	80	2.1	管製品
B社	31.9	115	306	1009	931	54	3.6	管製品 W/C:水結合材比
C社	36.3	136	330	840	1159	45	-	道路製品 W/C:水結合材比
D社	30.0	105	350	756	1323	-	1.75	管製品・マンホール製品
E社	33.9	122	360	1060	905	-	-	管製品

※すべてバイコン配合

#### ・試験結果

供試体名	圧縮			引張			圧縮/引張
	単位質量 (kg/m <sup>3</sup> )	圧縮強度 (N/mm <sup>2</sup> )	強度/ 質量	単位質量 (kg/m <sup>3</sup> )	引張強度 (N/mm <sup>2</sup> )	強度/ 質量	
A社	2385	63.9	26.8	2406	5.1	2.1	12.5
B社	2293	69.7	30.4	2310	5.0	2.2	13.9
C社	2472	63.1	25.5	2467	5.5	2.2	11.5
D社	2511	69.8	27.8	2512	5.2	2.1	13.4
E社	2449	62.6	25.6	2449	4.7	1.9	13.3
平均	2422	65.8	27.2	2429	5.1	2.1	12.9



## ・水セメント比説に基づく考察

セメント水比と圧縮強度は比例関係（水セメント比説）であることから、流し込み製品およびパイコンの配合と強度の関係を確認する。

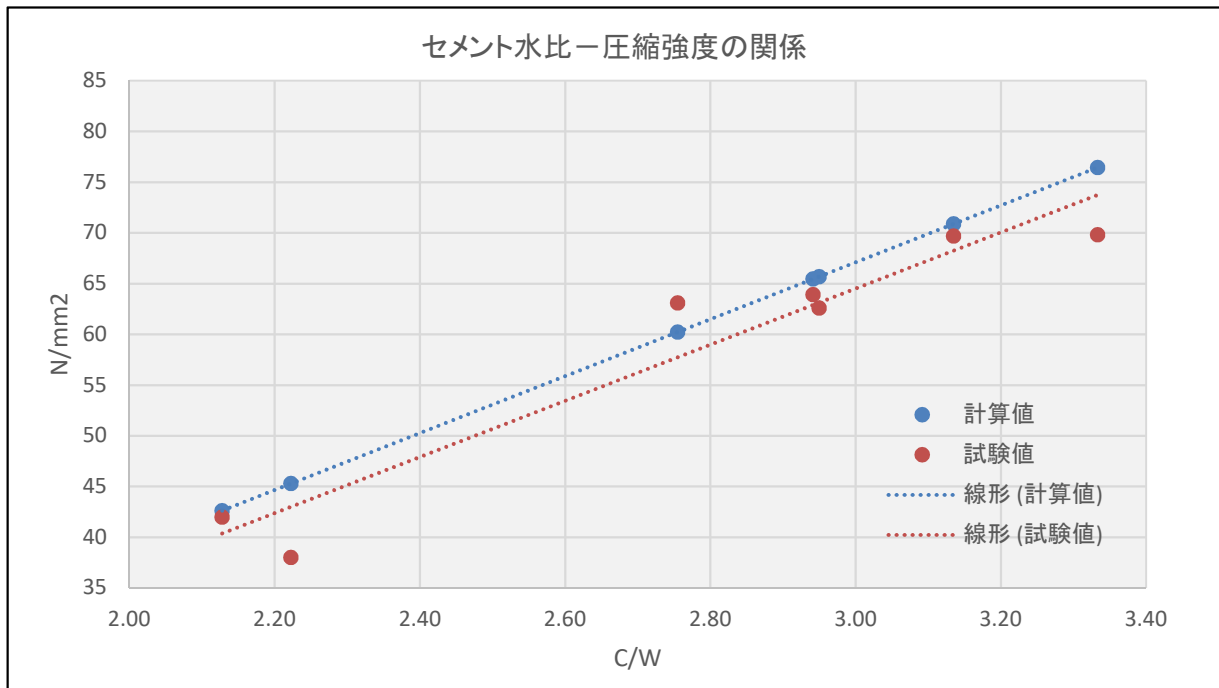
水セメント比と強度の関係は、JASS5、水セメント比の概略値の式により計算する。

$$X = \frac{51}{\frac{F}{K} + 0.31}$$

$$F = K \cdot \left( \frac{51}{X} - 0.31 \right)$$

F : コンクリート強度 (N/mm<sup>2</sup>)  
 X : 水セメント比 W/C (%)  
 K : セメント強度 (N/mm<sup>2</sup>)  
 (JIS規準 ≥ 42.5 → 55とする)

	X 配合値	1/X	K	F 計算値	fc 試験値	fc/F
A社 パイコン	34.0	2.94	55	65.45	63.9	0.98
B社 パイコン	31.9	3.13	55	70.9	69.7	0.98
C社 パイコン	36.3	2.75	55	60.2	63.1	1.05
D社 パイコン	30.0	3.33	55	76.45	69.8	0.91
E社 パイコン	33.9	2.95	55	65.7	62.6	0.95
H社 流込み1	45.0	2.22	55	45.3	38.0	0.84
I社 流込み2	47.0	2.13	55	42.6	42.0	0.99



一般に質量の大きいコンクリートのほうが、強度が大きいと言われているが、圧縮強度-質量のグラフでは、必ずしも質量が大きいコンクリートのほうが強度が高いとはいえない。

対して、C/W-圧縮強度のグラフでは、水セメント比が小さくなると（セメント水比：C/Wが大きくなると）、圧縮強度が大きくなる傾向を示しており、パイコンコンクリートについても、水セメント比の概略値の計算が適用できる。

## 4.2 スケーリング試験結果

### 概要

バイコン製品の耐凍害性を確認するため、コンクリート製品における凍害による代表的な劣化現象である、スケーリングについて、スケーリング試験を実施し、流し込み製品との比較をおこなった。

### 試験方法

流し込み製品、バイコン製品から、それぞれ切り出したテストピースにより、スケーリング試験(RIREM CDF試験※)を実施した。

試験液は、凍結防止剤の使用を想定し、塩化ナトリウム3%水溶液とし、供試体が深さ5mmまで浸るように試験容器に設置し、毛細管現象にて吸水した。

温度条件は、+20°Cから-20°Cまで降下(4時間、凍結行程)、-20°Cで一定に保持(3時間)、-20°Cから+20°Cまで上昇(4時間、融解行程)、+20°Cで一定に保持(1時間)を、1サイクル(12時間)で実施した。

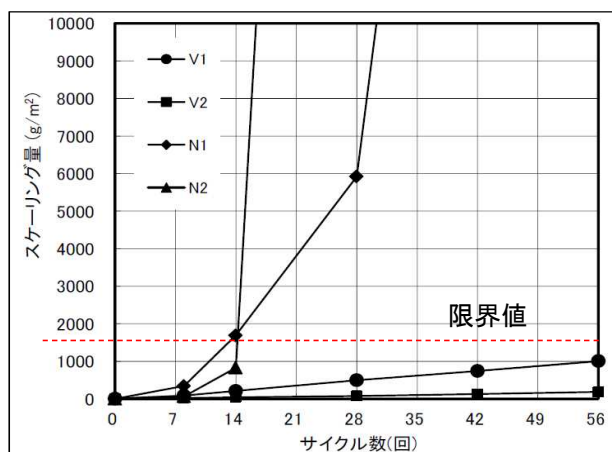
※ RIREM CDF試験： RIREMとは、1947年に設立された国際材料構造試験研究機関・専門家連合(和訳)を指す略称。  
JIS規格にはスケーリングに対する試験方法がないため、RIREMIにより制定されたこの試験方法が広く採用されている。

### 配合

供試体名	水セメント比 W/C(%)	単体量(kg/m <sup>3</sup> )						備考
		水	セメント	細骨材	粗骨材	混和材	混和剤	
流し込み1 (N1)	45	181	402	795	970	-	5.2	道路製品
流し込み2 (N2)	44	190	432	720	1058	-	-	
バイコン1 (V1)	36	136	330	840	1159	45	-	道路製品 W/C:水結合材比
バイコン2 (V2)	30	142	405	919	929	-	0.81	

### 試験結果

供試体名	No.	スケーリング量(g/m <sup>2</sup> )									
		8サイクル		14サイクル		28サイクル		42サイクル		56サイクル	
			平均値		平均値		平均値		平均値		平均値
流し込み1 (N1)	1	294	341	1766	1691	6208	5921	35585	30921	68416	62013
	2	387		1616		5634		26257		55609	
流し込み2 (N2)	1	29	63	344	825	58032	55623	供試体が崩壊したため、42サイクルで試験終了			
	2	97		1307		53215					
バイコン1 (V1)	1	58	84	149	211	420	495	664	740	977	1003
	2	110		273		570		816		1030	
バイコン2 (V2)	1	26	23	43	39	80	75	138	127	206	182
	2	20		36		71		116		157	



### 結果

V1、V2(バイコン)は、N1、N2に(流し込み)比較し14サイクル以降、スケーリング量は大幅に少ない結果となった。

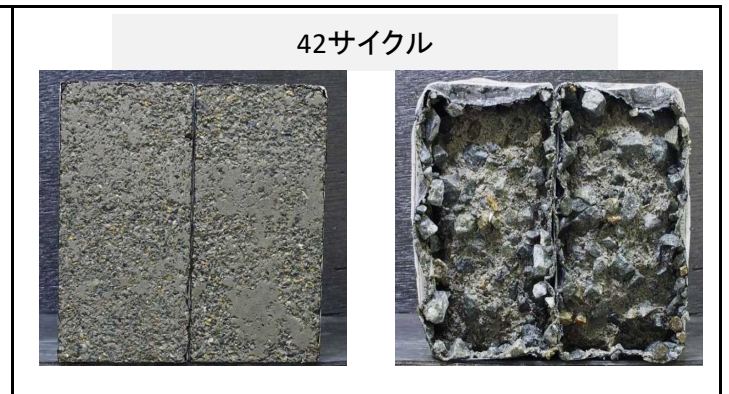
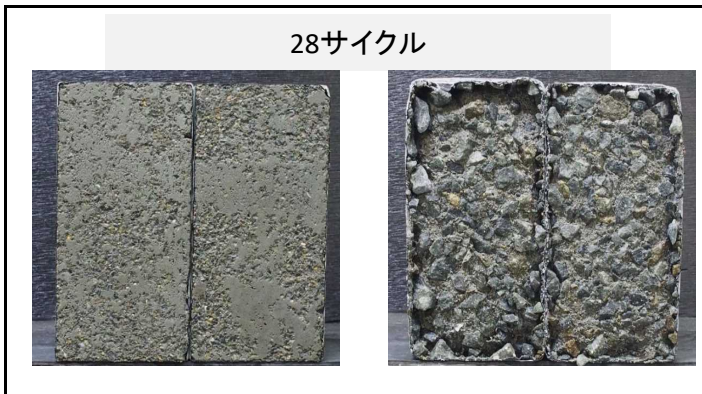
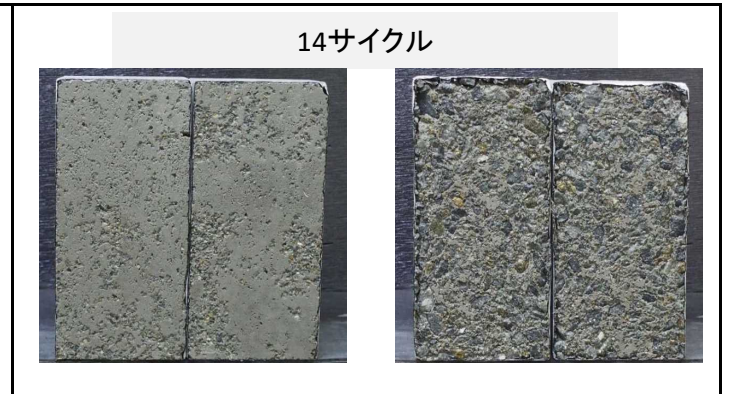
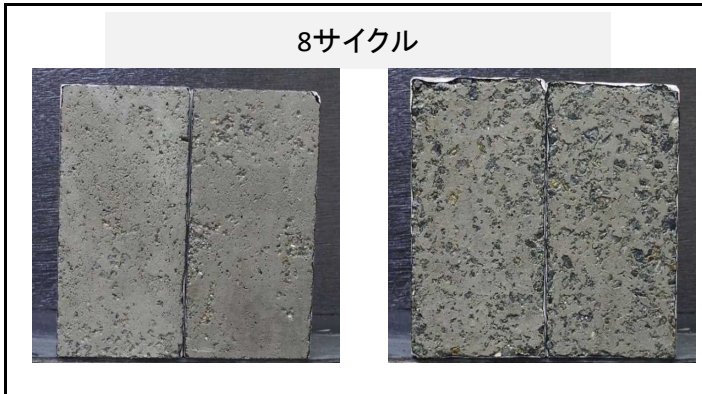
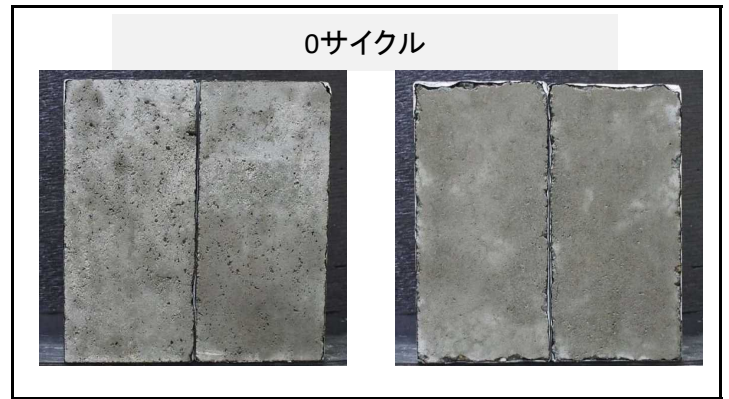
CDFスケーリング量は28サイクルで1500g/m<sup>2</sup>以下が望ましいと言われているが、28サイクルにおけるスケーリング量は、V1、V2、それぞれ495g/m<sup>2</sup>、75g/m<sup>2</sup>であり、この値を大きく下回っている。

供試体の外観についても、V1は試験面全体に平均的に剥離していることから断面欠損は浅い。また、V2については、顕著な剥離はみられない。

・供試体状況

0、8、14、28、42、56の各サイクルにおける  
テストピースの外観

左: バイコン(V1)、 右: 流し込み(N2)





### 4.3 耐中性化試験結果

#### ・概要

バイコン製品の耐中性化性を確認するため、コンクリートの促進中性化試験を実施し、中性化速度係数を計算し、流し込み製品との比較をおこなった。

#### ・試験方法

流し込み製品、バイコン製品から、それぞれ切り出したテストピースにより、JIS A 1153:2012「コンクリートの促進中性化試験方法」に準じて試験をおこなった。

促進条件

CO<sub>2</sub>濃度 : 5%

促進期間 : 26週

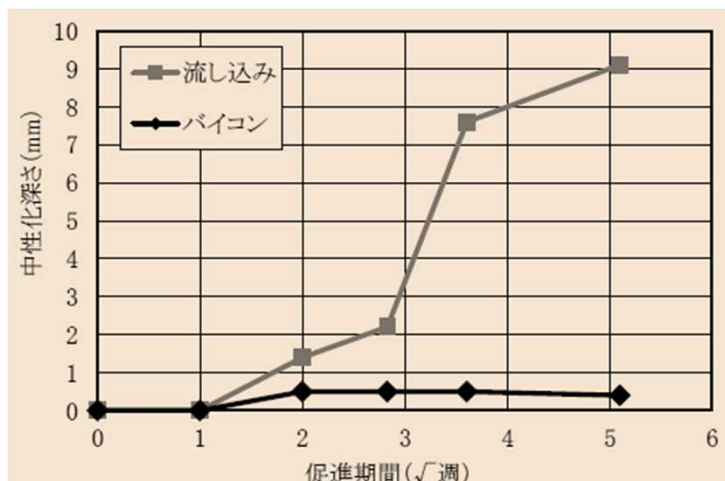
供試体 : 角柱供試体(製品表面を中性化面とした)

#### ・配合

供試体名	水セメント比 W/C(%)	単位量(kg/m <sup>3</sup> )								備考
		水	セメント	細砂	砕砂	砕石7号	砕石1305	砕石2005	混和剤	
流し込み	45	181	402	-	795	-	-	970	5.2	縁石製品
バイコン	30	105	350	433	323	453	870	-	1.75	マンホール製品

#### ・試験結果

供試体名	供試体 番号		促進期間(週)				
			1	4	8	13	26
流し込み	1	中性化深さ 10ヶ所平均値 (mm)	0.0	1.7	2.8	7.4	9.3
	2		0.0	1.0	1.7	7.2	10.1
	3		0.0	1.6	2.0	8.3	8.1
	供試体3本の平均値		0.0	1.4	2.2	7.6	9.2
バイコン	1	中性化深さ 10ヶ所平均値 (mm)	0.0	0.4	0.5	0.5	0.3
	2		0.0	0.4	0.5	0.6	0.4
	3		0.0	0.5	0.6	0.4	0.6
	供試体3本の平均値		0.0	0.4	0.5	0.5	0.4



促進期間26週において、中性化深さは、流し込みが9.2mmに対して、バイコンは0.4mmとなった。

・中性化速度係数

CO<sub>2</sub>濃度および期間について、促進条件から一般条件に換算した。(CO<sub>2</sub> 5%→0.04%、26週→52週(1年))  
 $\alpha = \alpha_{act} \cdot \sqrt{CO_2/CO_{2act}} \cdot \sqrt{52/26}$  …(※1)

※1 高耐久性鉄筋コンクリート造設計施工指針(案)より

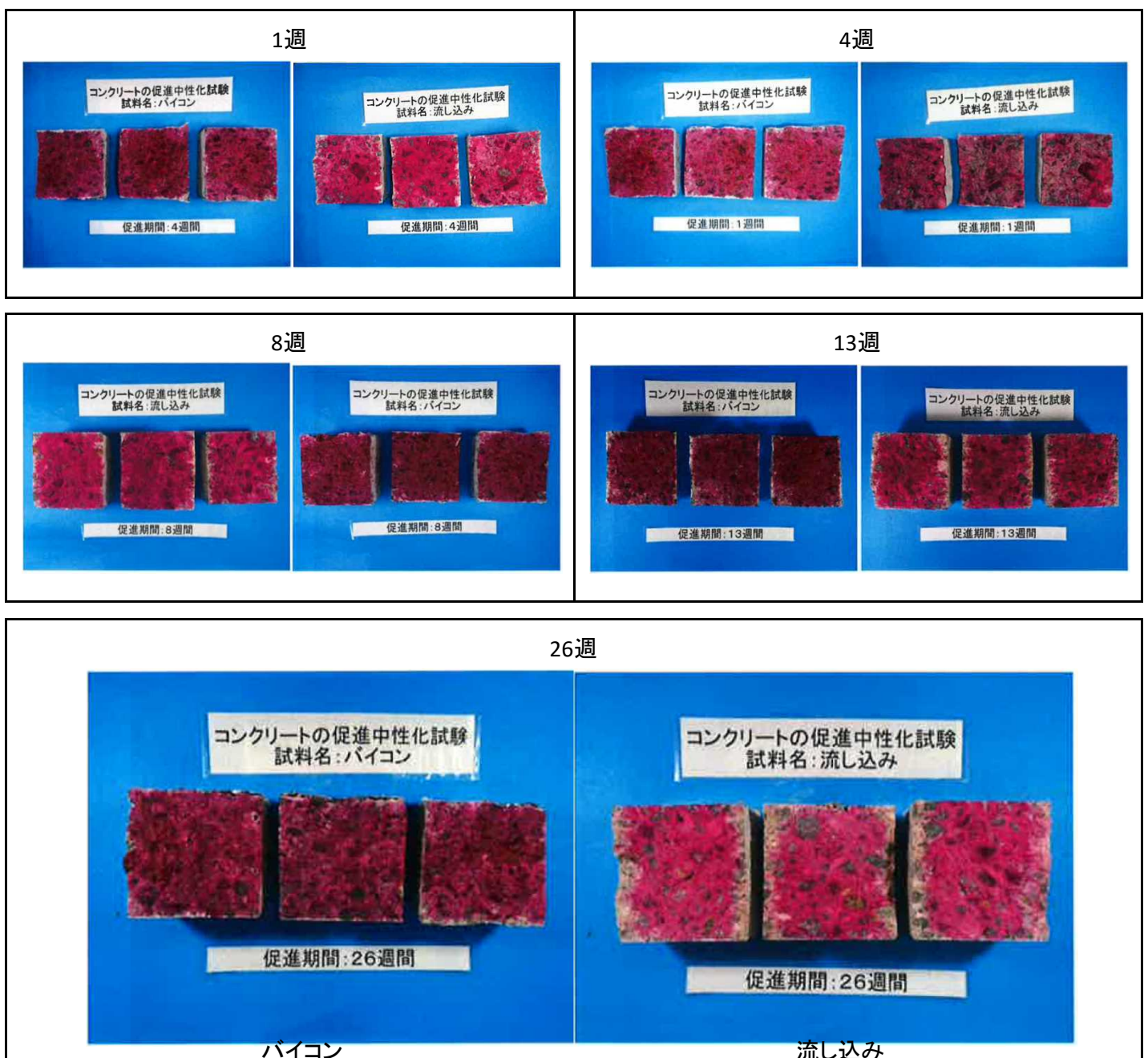
供試体名	中性化深さの最大値 $\alpha_{act}$ (mm)	中性化速度係数 $\alpha$ (mm/ $\sqrt{y}$ )
流し込み	9.2	1.164
バイコン	0.4	0.051

・供試体状況

1、4、8、13、26各週における フェノールフタレイン溶液噴霧後のテストピースの状況 …(※2)

左 : バイコン、 右 : 流し込み

※2 赤紫に呈色していない部分が中性化の領域



#### 4. 4 水分浸透速度係数試験結果

##### ・概要

バイコン製品の水分浸透速度係数を確認するため、試験を実施し、流し込みコンクリートと水分浸透速度係数の比較を行った(徳島大学にて実施)。

##### ・試験方法

各配合の供試体について「短期の水掛かりを受けるコンクリート中の水分浸透速度係数試験方法(案)(JSCE-G582-2018)に準じて、材齢28日以降の供試体を用いて試験を行った。

乾燥期間 : 温度 $40 \pm 2^{\circ}\text{C}$ かつ相対湿度 $30 \pm 5\%$ で28日かつ24時間の質量変化率が0.1%以下

水分浸透深さ測定時間 : 開始から5、24、48時間(各時間供試体3本)

##### ・配合

二次製品製造会社にて以下の配合の供試体を採用した。

製法	No.	W/C	水	セメント	混和材	細骨材	粗骨材	混和剤	細骨材率 $s/a$
バイコン	①	35	124	310	45	1627	262	0	86
	②	36.5	130	356	0	1458	381	0.7	79.3
	③	34	115	338	80	1338	570	2.1	70.1
	④	35	142	406	0	1125	741	0	60.6
流し込み	⑤	48	172	359	0	669	1084	2.9	38
	⑥	40.1	165	411	0	783	1006	3.7	43.9

##### ・試験結果

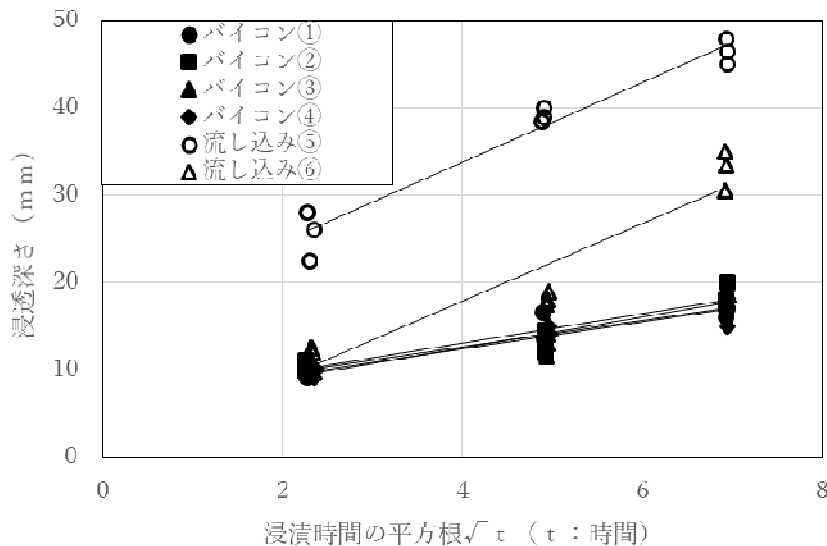
各配合の水分浸透速度係数(近似直線の傾き)

単位:  $\text{mm}/\sqrt{\text{hr}}$

バイコン				流し込み	
①	②	③	④	⑤	⑥
1.5	1.7	1.8	1.5	4.6	4.4
1.6(平均)				4.5(平均)	

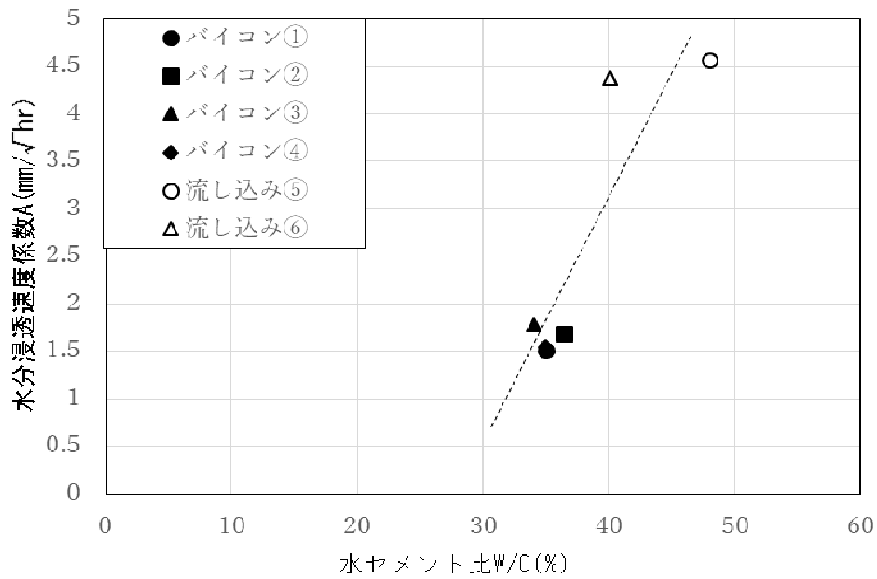


水分浸透状況  
(紫色呈色部)



・考察

①水セメント比による評価



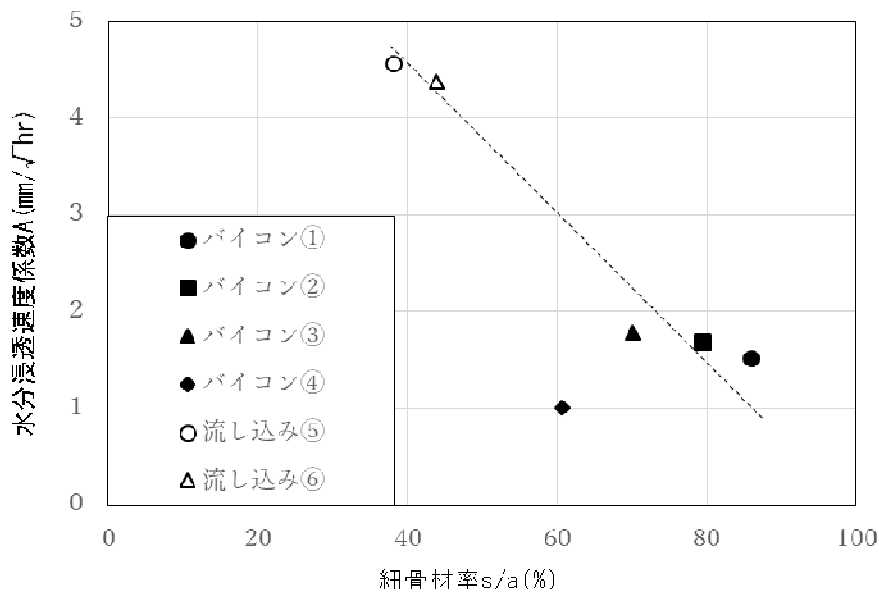
水セメント比が小さくなるとコンクリートが密実になり、水分が浸透する隙間が少なくなるためであると考えられる。また、コンクリート標準示方書によると、水結合材比および結合材の種類から水分浸透速度係数の予測値  $q_p$  (mm/√hr) を次式で推定することができる。

$$q_p = 31.25 \cdot (W/B)^2 \quad (0.40 \leq (W/B) \leq 0.60)$$

ここに、W/B: 水結合材比

示方書の式は今回の試験で得られた値よりも安全側に設定されていると考えられる。

②細骨材率による評価



水分浸透速度係数と細骨材率は負の比例の関係にあることが分かる。これは細骨材率が高くなると、粗骨材とモルタルとの間にできる隙間である潜在的欠陥が少なくなり、水分が浸透する隙間が少なくなるためであると考えられる。

## 5. 実績調査からみた耐久性

コンクリート製品JIS協議会では、平成24年に全国的なコンクリート製品の耐久性に関する実績調査を実施。水セメント比の小さい即脱成形製品は40年を経過してもほとんど劣化が進行していない旨が報告されています。

出典：平成24年10月 NPOコンクリート製品JIS協議会「無筋および鉄筋コンクリート製品の性能照査型設計の課題と設計例」に関する講習会テキスト

### 3. 調査結果

(1) 気象作用条件下における（凍結融解作用を除いた）経年劣化の進行状況

#### 1) 振動締固め製品

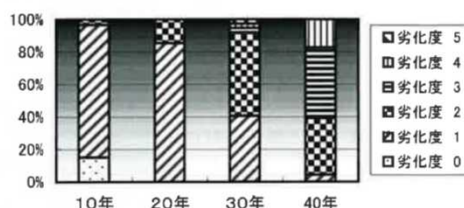
表6に、気象作用条件下の振動締固め製品の（凍結融解作用を除いた）経年別・劣化度ごとの調査データ数、図3にその経年別の構成比を示す。

図3によれば、経年20年では、劣化度1が8割以上で、ほとんど劣化が進行していないことがわかる。経年30年でも、劣化度2以下が9割以上を占め、供用に不都合が生じるほどには劣化が進行していない。しかし、経年40年では、劣化度3以下が8割、そのうちの劣化度2以下が4割となり、供用条件によっては更新を検討する必要がある。

表6 気象作用条件下の（凍結融解作用を除いた）振動締固め製品の経年別劣化度

劣化度	10年	20年	30年	40年
0	9	0	0	0
1	49	41	15	1
2	2	7	19	8
3	0	0	1	10
4	0	0	1	4
5	0	0	1	0

図3 振動締固め製品の経年劣化（凍結融解除く）



#### 3) 即脱成形製品

表8に気象作用条件下の即脱成形製品（積みブロック・境界ブロック）の経年別・劣化度ごとの調査データ数、図5にその経年別の構成比を示す。

図5によれば、経年30年でも、劣化度1以下しかなく、全く劣化が進行していないことがわかる。経年40年でも、劣化度1が7割以上を占め、ほとんど劣化が進行しておらず、更新の必要ないことがわかる。

表8 気象作用条件下の即脱成形製品の経年別劣化度

劣化度	10年	20年	30年	40年
0	2	4	2	0
1	10	20	13	6
2	0	0	0	2
3	0	0	0	0
4	0	0	0	0
5	0	0	0	0

図5 気象作用条件下の即脱成形製品の経年別劣化度

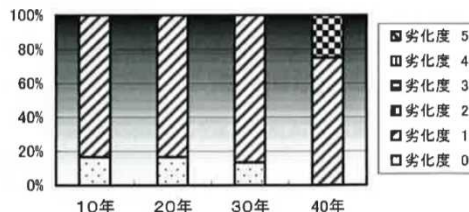


図9と図10により寒冷地における即脱成形と振動締固め製品の劣化状況を示す。



図9 寒冷地における即脱成形製品  
境界ブロック 千歳市 経年10年 劣化度0



図10 寒冷地における振動締固め製品（AE製品）  
境界ブロック 千歳市 経年10年 劣化度2

(2) 寒冷な気象条件下における経年劣化の進行状況

1) 流込成形製品

表9に表6から区分した流込成形製品の寒冷な気象条件下と表6で除外した凍結融解作用条件を加えた調査データ数を示す。また、図6にその経年別構成比を示す。

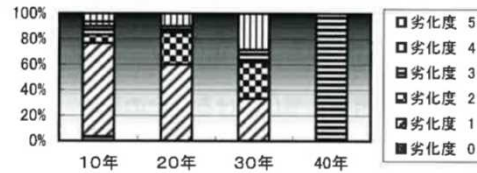
凍結融解作用を含む寒冷地における振動締固め製品の劣化進行状況は、経年に関わりなく劣化度4や5が出現し、経年40年では追加調査を行ったにもかかわらず調査データが1件しか報告されなかった。供用から40年を待たず、ほとんどの道路用コンクリート製品が更新されているため、長期の調査件数が少ない旨、調査員から報告があった。

なお、凍結融解作用のデータは、すべて振動締固め製品で、他の成形方法の報告はない。

表9 寒冷地における振動締固め製品の経年別劣化度(凍結融解作用含む)

劣化度	10年	20年	30年	40年
0	1	0	0	0
1	22	12	7	0
2	2	5	6	0
3	2	1	2	1
4	1	0	0	0
5	2	2	6	0

図6 寒冷地における振動締固め製品の経年劣化(凍結融解作用含む)



3) 即脱成形製品

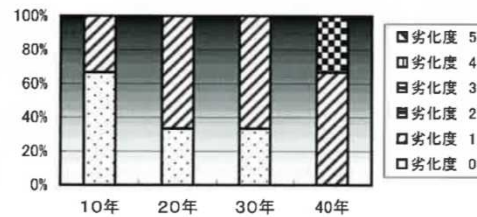
表10に表7から区分した加圧成形製品(積みブロック及び境界ブロック)の寒冷な気象条件下調査データ数を示す。また、図7にその経年別構成比を示す。

即脱成形製品については、凍結融解作用の報告は1件もなかった。経年40年においても劣化度1以下が約7割を占め、ほとんど劣化していない。

表11 寒冷地における即脱成形製品の経年別劣化度

劣化度	10年	20年	30年	40年
0	2	3	2	0
1	1	6	4	2
2	0	0	0	1
3	0	0	0	0
4	0	0	0	0
5	0	0	0	0

図8 寒冷地における即脱製品の経年劣化



b 融雪剤による影響

融雪剤による影響について、表15に振動締固め製品、表16に即脱成形製品の経年劣化状況を示す。又経年別構成比を図16～図17に示す。

振動締固め製品は、劣化進行が激しく、経年劣化は規則性が認められない。経年40年で、逆に劣化度が下がっているが、経年40年を待たず更新され、劣化の遅い製品が残ったためと考えられる。一方、即脱成形製品は、経年に係わらず劣化度0と劣化は進行していない。経年30年までは、北海道における即脱境界ブロックの導入が30余年前のためである。

表15 融雪剤散布条件下の振動締固め製品の経年劣化

劣化度	10年	20年	30年	40年
0	1	0	0	0
1	12	3	0	0
2	2	4	2	0
3	2	0	2	3
4	0	0	0	0
5	1	1	6	0

図16 融雪剤散布条件下の振動締固め製品の経年劣化

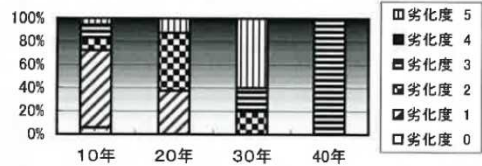
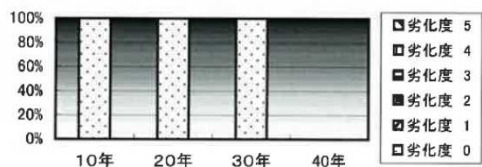


表16 融雪剤散布条件下の即脱成形製品の経年劣化

劣化度	10年	20年	30年	40年
0	2	3	2	0
1	0	0	0	0
2	0	0	0	0
3	0	0	0	0
4	0	0	0	0
5	0	0	0	0

図17 融雪剤散布条件下の即脱成形製品の経年劣化



水セメント比が小さく緻密なバイコン製品は、追跡調査より耐久性が確認されています。

## 6. 参考資料

### 6.1 製品事例

バイコン台付管



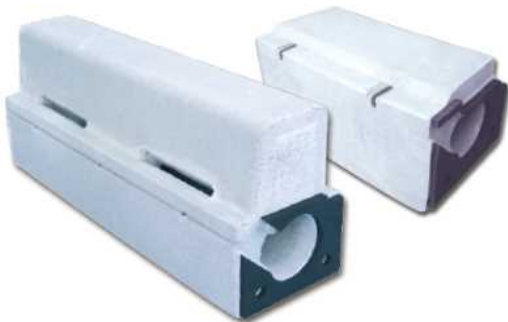
バイコンマンホール



バイコンクリーン側溝



ライン導水ブロック



箱型パイプ



開発型縁石



## 6.2 バイコンの粗度係数について

バイコン台付管の粗度係数は、他のコンクリート管同様、粗度係数 $n=0.013$ を採用しています。この数値は、(社)日本道路協会 道路土工要綱(H21)にコンクリート管およびコンクリート2次製品の粗度係数として明記されています。

また、実際にバイコン管の粗度係数を学術的に測定した例として、「即時脱型鉄筋コンクリート管外圧管の粗度係数の測定 室蘭工業大学 S57」および、「コンクリートの粗度係数推定に関する研究 高知大学 H24」があり、数値の妥当性が確認されています。

### 日本道路協会 道路土工要綱(H21)より抜粋

#### 7) 平均流速の算定

平均流速は一般にマニング式(解2-10)で求める。

$$v = \frac{1}{n} R^{2/3} j^{1/2} \dots\dots\dots (解2-10)$$

ここに、 $v$ : 平均流速 (m/sec)

$n$ : 粗度係数 (sec/m<sup>1/3</sup>)

$R$ : 径深 (m) (=  $A/P$ ;  $A$ : 通水断面積,  $P$ : 潤辺長)

$j$ : 水面勾配 (あるいは流路勾配)

流下時間  $t_2$  (sec) は

$$t_2 = L/v \dots\dots\dots (解2-11)$$

として求める。ただし、 $L$ は流路長 (m)を示す。式(解2-10)中の粗度係数  $n$  は解表2-4の値を使用する。

解表2-4 マニングの粗度係数  $n^{11), 12)}$

水路の形式	水路の状況	$n$ の範囲	$n$ の標準値
カルバート	現場打ちコンクリート		0.015
	コンクリート管		0.013
	コルゲートメタル管 (1形)		0.024
	〃 (2形)		0.033
	〃 (ペーピングあり)		0.012
	塩化ビニル管		0.010
ライニングした水路	コンクリート2次製品		0.013
	鋼, 塗装なし, 平滑	0.011~0.014	0.012
	モルタル	0.011~0.015	0.013
	木, かんな仕上げ	0.012~0.018	0.015
	コンクリート, コテ仕上げ	0.011~0.015	0.015
	コンクリート, 底面砂利	0.015~0.020	0.017
	石積み, モルタル目地	0.017~0.030	0.025
	空石積み	0.023~0.035	0.032
	アスファルト, 平滑	0.013	0.013
	ライニングなし水路	土, 直線, 等断面水路	0.016~0.025
土, 直線水路, 雑草あり		0.022~0.033	0.027
砂利, 直線水路		0.022~0.030	0.025
岩盤直線水路		0.025~0.040	0.035
自然水路	整正断面水路	0.025~0.033	0.030
	非常に不整正な断面, 雑草, 立木多し	0.075~0.150	0.100



## 6.3 全国バイコン協会 協会員



株式会社旭ダンケ	〒071-8113 旭川市東鷹栖東3条4丁目2163 TEL 0166-57-2011 <a href="http://www.asahidanke.co.jp">http://www.asahidanke.co.jp</a>
共和コンクリート工業株式会社	〒060-0808 札幌市北区北8条西3丁目28札幌エルプラザ11F TEL 011-736-0181 <a href="http://www.kyowa-concrete.co.jp">http://www.kyowa-concrete.co.jp</a>
會澤高圧コンクリート株式会社	〒053-0021 苫小牧市若草町3丁目1番4号独楽ビル TEL 0144-36-3131 <a href="http://www.aizawa-group.co.jp">http://www.aizawa-group.co.jp</a>
株式会社上田商会	〒059-0015 登別市新川町2丁目5-1 TEL 0143-85-2021 <a href="http://www.uedasyokai.co.jp">http://www.uedasyokai.co.jp</a>
若松コンクリート株式会社	〒018-5731 秋田県大館市比内町笹館字細越1-1 TEL 0186-55-0181 <a href="http://www.wakamatsu-concrete.co.jp">http://www.wakamatsu-concrete.co.jp</a>
小泉建材興業株式会社	〒125-0061 東京都葛飾区亀有3-38-17 TEL 03-3601-6451
アスザック株式会社	〒382-8508 長野県上高井郡高山村大字中山981 TEL 026-245-6567 <a href="http://www.asuzac-concrete.jp">http://www.asuzac-concrete.jp</a>
株式会社ケンチ	〒939-0251 富山県射水市土合1520 TEL 0766-52-0113 <a href="http://www.kenchi.co.jp">http://www.kenchi.co.jp</a>
アーボ株式会社	〒501-1314 岐阜県揖斐郡揖斐川町谷汲名礼459 TEL 0585-55-2216 <a href="http://www.ahbo.jp">http://www.ahbo.jp</a>
松阪興産株式会社	〒515-0005 三重県松阪市鎌田町253番地5 TEL 0598-51-0211 <a href="http://www.matsusaka-kosan.co.jp">http://www.matsusaka-kosan.co.jp</a>
株式会社イトーヨーギョー	〒531-0071 大阪市北区中津6丁目3-14 TEL 06-4799-8850 <a href="http://www.itoyogyo.co.jp">http://www.itoyogyo.co.jp</a>
美建工業株式会社	〒720-1133 広島県福山市駅家町近田30 TEL 084-976-0206 <a href="http://www.bikenkougyou.co.jp">http://www.bikenkougyou.co.jp</a>
株式会社総合開発	〒768-0065 香川県観音寺市瀬戸町2丁目14-16 TEL 0875-25-4131 <a href="http://www.kaihatsu-c.co.jp">http://www.kaihatsu-c.co.jp</a>
有限会社平田工業所	〒851-2111 長崎県西彼杵郡時津町子々川郷1928-1 TEL 0958-81-2990
広島第一ブロック協同組合	〒731-0101 広島市安佐南区八木1丁目14-20 TEL 082-873-7000 <a href="http://www.hiroshima-db.com">http://www.hiroshima-db.com</a>

全国バイコン協会 事務局

〒531-0071 大阪市北区中津6丁目3-14 (株)イトーヨーギョー内

TEL:06-4799-8850 FAX:06-4799-8855

MAIL:info@vicon-japan.jp