

最近のセメント

日本セメント株式会社 西 岡 思 郎

1. セメントの最近の概況

わが国が、外国の技術を導入して初めてセメントを製造してから、約100年近い歳月が流れているが、産業の発達に伴って生産量も年々増加し、現在では世界有数のセメント生産国に発展した。

表1は、世界主要国のセメント生産量、国民1人あたりのセメント消費量およびわが国のセメント生産指数などを一覧表で示したものである。¹⁾

現在のわが国のセメント生産量は約10年前にくらべて2倍以上となっており、その成長率が2割弱にとどまっているアメリカを凌駕し、ソ連について2位の位置を占めるようになった。

このような発展をなした要因としては色々なことが考えられるが、外国の技術導入にたよってきた製造技術も、昭和47年にわが国であいついで開発されたニューサスペンシ

ンプレヒータ付キルン——サスペンションプレヒータとキルンの間に仮焼炉を設け、その仮焼炉に燃料を吹き込んで約90%脱酸された原料とし、これをキルンに送って焼成する方式で、原料を大量に供給しうること、長期にわたる故障のない運転が可能となったなどの特長がある。このような新しい焼成方法の開発によって、従来日産3000～5000トン程度の生産能力であったものが、日産6000～15000トンに増加された——による焼成方法の改良や、小品種多量生産を目標とした装置産業であるために生産工程に電算機を取り入れて計算法制御を活用する工場がふえ、そのため効率化や省力化を可能としたことなどに負うところが大きい。

わが国で生産されるセメントは、規格化されたポルトランドセメントが約90%を占め、混合セメントが約9%を占めている(図1参照)。規格外のセメントは極く微々たるもので、セメント全生産量のわずか0.02%に

表1 セメント生産に関する諸統計

昭和	工場数	キルン数	セメント生産高		キルン1基当りのセメント生産高		主要国セメント生産高				国民1人当りセメント消費量 (kg)		
			生産高 (万トン)	昭和に対する比率 39年	生産高 / 1基 (万トン / 基)	昭和に対する比率 39年	生産高 (百万トン)		日本に対する比率		日本	アメリカ	ソ連
							アメリカ	ソ連	アメリカ	ソ連			
37	—	—	—	—	—	—	58.9	57.3	2.04	1.99	283	306	256
39	54	218	3267	1.00	15.0	1.00	64.4	64.9	1.96	1.97	319	322	279
41	54	218	3727	1.14	17.1	1.14	67.1	80.0	1.78	2.12	361	329	335
43	54	212	4716	1.44	22.2	1.48	66.2	87.5	1.39	1.83	444	334	359
45	55	226	5654	1.73	25.0	1.67	64.1	95.2	1.12	1.66	528	325	381
47	55	237	6589	2.02	27.8	1.86	—	—	—	—	—	—	—

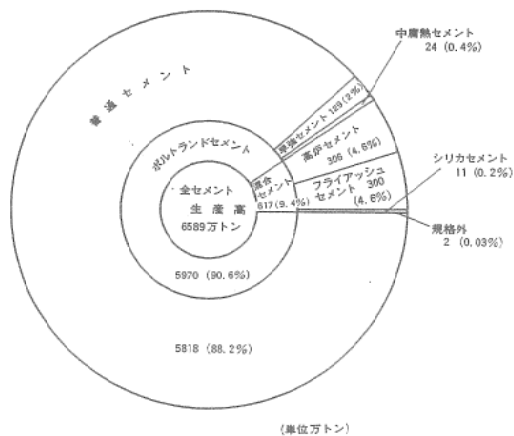


図-1 セメントの種類分類 (昭和47年度)

すぎず、典型的な装置産業の特色を見ることができる。

ポルトランドセメントの中でも、普通セメントが全生産量の88%を占め、早強セメントと中熱セメントの合計で、全生産量のわずか2.4%を占めているにすぎない²⁾。要するに用途に応じて最も適切で使い易いセメントの種類は多様化しているが、現状では最も一般的な普通セメントが全セメント量の大部分を占めているといえる。

これらのセメントは、生産量の約2%が中近東や東南アジアを中心とした諸外国に輸出されているが、その大部分は国内で消費されている。また、国内消費量の約56%が生コンクリート用に、約15%がセメントコンクリート製品用に、約10%が土木建築用にそれぞれ用いられている(図-2参照)³⁾。

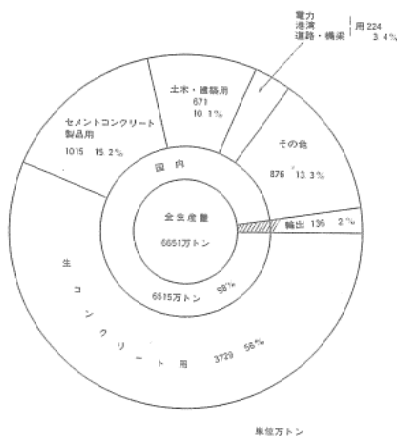


図-2 セメントの需要別分類 (昭和47年度)

2. セメントのJIS規格および特性と用途

セメントのJIS規格としては、JISR 5210 (ポルトランドセメント)、JISR 5211 (高炉セメント)、JISR 5212 (シリカセメント) および JISR 5213 (フライアッシュセメント) の4種類がある。

従来使用されていたJIS規格は、昭和44年に一部の規格値を改正したもので、圧縮強さなどの規格値と現状の実性状との間には大きな差のあるまゝ用いられてきた。

しかし、これらの問題点の修正や、使用実績の一般化してきた超早強セメントをポルトランドセメントの一種として規格に追加する必要性に生じたこと、また、諸外国の規格と比較して不必要な規格値を現行規格から取り去ることなどが一つの目標となって、1974年(昭和48年1月)に上記4種の規格が大巾に改正された。

改正された各セメントの規格値を参考までに示すと、表-2のようである。

すなわち、比重、標準網ふるい88 μ 残分による粉末度および曲げ強さの規格値が現行規格から削除され、超早強セメントの規格の追加、圧縮強度の大巾変更および高炉セメントB種、C種の三酸化鉄の規格値の上昇などが目につく改正点である。

つぎに、規格のセメントおよび規格外のセメントで、一般に広く用いられている各種セメントの特性と用途の概要を一覧表にとりまとめて示したのが、表-3である。

普通セメントは最も多く用いられる一般的なセメントで、石灰石や粘土、鉄滓などを主原料としてキルンで約1450℃で焼成してえられる。

早強セメントは普通セメントより早期強度がえられるが、超早強セメントの出現によって、その用途は縮小された。

超早強セメントはone day cementとも呼ばれ、材令1日で200kg/cm²の圧縮強度がえられるのが大きな特長であり、用途もかなり広範にわたっている。早期に高強度が発現

表一2 各種セメント規格一覧表

比 表 面 積 (cm^2/g)	凝 結 性	安 [*] 定 性	圧縮強さ (kg/cm^2)				水和熱 (cal/g)		酸 化 マ グ ネ シ ウ ム (%)	三 酸 化 い お う (%)	強 熱 減 量 (%)	け い 酸 三 カ ル シ ウ ム (%)	アル ミ ン 酸 三 カ ル シ ウ ム (%)			
			1 日	3 日	7 日	28 日	7 日	28 日								
ポ ル ト ラ ン ト セ メ ン ト	普通ポルトランドセメント	2500以上	60以後	10以内	良	—	70以上	150以上	300以上	—	5.0以下	3.0以下	—	—		
	早強ポルトランドセメント	3300 "	45 "	10 "	良	65以上	130 "	230 "	330 "	—	5.0 "	3.5 "	—	—		
	超早強ポルトランドセメント	4000 "	45 "	10 "	良	130以上	200 "	280 "	350 "	—	5.0 "	3.0 "	—	—		
	中庸熱ポルトランドセメント	2500 "	60 "	10 "	良	—	50 "	100 "	230 "	70以下	5.0 "	3.0 "	8以下	8以下		
混 合 セ メ ン ト	高 炉 セ メ ン ト	A 種	3000以上	60以後	10以内	良	—	70以上	150以上	300以上	—	5.0以下	3.5以下	3.0以下	—	—
		B 種	3000 "	60 "	10 "	良	—	60 "	120 "	280 "	—	6.0 "	4.0 "	3.0 "	—	—
		C 種	3300 "	60 "	10 "	良	—	50 "	100 "	280 "	—	6.0 "	4.5 "	3.0 "	—	—
	シリ カ セ メ ン ト	A 種	3000以上	60以後	10以内	良	—	70以上	150以上	300以上	—	5.0以下	3.0 "	3.0以下	—	—
		B 種	3000 "	60 "	10 "	良	—	60 "	120 "	260 "	—	5.0 "	3.0 "	—	—	—
		C 種	3000 "	60 "	10 "	良	—	50 "	100 "	210 "	—	5.0 "	3.0 "	—	—	—
	ア セ ラ イ ア ン シ ュ ト	A 種	2500以上	60以後	10以内	良	—	70 "	150以上	300以上	—	5.0以下	3.0以下	3.0以下	—	—
		B 種	2500 "	60 "	10 "	良	—	60 "	120 "	260 "	—	5.0 "	3.0 "	—	—	—
		C 種	2500 "	60 "	10 "	良	—	50 "	100 "	210 "	—	5.0 "	3.0 "	—	—	—

* 煮沸方法による

表-3 一般に用いられている各種セメントの特性と用途

セメントの種類		特 性	用 途
規格 セ メ ン ト	普通セメント	○材令28日圧縮強度 $400\text{kg}/\text{cm}^2$ ○けい酸三カルシウムが52%で早強、中庸熟の中間 ○材令7日の水和熱は材令1年の約74%	建築、土木一般工用（コンクリート用、モルタル用）として最も一般的に使用される
	早強セメント	○化学成分は普通セメントよりけい酸三カルシウムが多く、けい酸二カルシウムが少ない。 ○粉末度が普通セメントより細かい（$4000\text{cm}^2/\text{g}$） ○材令7日の水和熱は材令1年の約85%となり、マスコンクリートでは温度ひびわれに要注意 ○材令3日で普通セメントの7日強度、材令7日が3週強度に相当する強度がえられる。	冬期工事、水中工事、緊急工事、セメントコンクリート二次製品用、プレストコンクリート用
	超早強セメント	○化学成分は早強セメントよりけい酸三カルシウムは多く、三酸化カルシウムも多い。 ○粉末度は早強セメントより細かい。 ○材令1日で$200\text{kg}/\text{cm}^2$がえられ早強セメントの約2倍（one day cement） ○材令28日強度、乾燥収縮は早強、普通セメントと大差なし。	建築、土木一般工用 二次製品用 寒中工用（寒地における通年施工可） 緊急工用
	中庸熟セメント	○材令7日の水和熱は普通セメントの約85%で低いのが特徴 ○短期強度は普通セメントよりやや低く、長期強度はほぼ同等か、それを凌駕する。曲げ強度も高い。 ○単位水量が少なく、収縮も小さい。	ダムなどのマスコンクリート工事。 道路工事。 （注文生産のため、いつでも入手しうるとは限らない）
	高炉セメント	○潜在水硬性で、長期強度は高くなる。初期強度は低く、寒冷地ではこの傾向大 ○化学的侵食に対する抵抗性大、耐久性も大きい。 ○一般に収縮は大きくなる傾向あり。 ○水砕スラグの品質の均一性には注意が必要であり、必ずしも水和熱は小さいとは限らない。	河川、港湾土木工事、下水工事、ダム工事 トンネルライニング 建築、土木一般工用
	シリカセメント	○単位水量が普通セメントより多い。 ○収縮はやや大きい。マスコンクリートではクリープを改善し、ひびわれ防止に役立つ。 ○化学抵抗性がすぐれている。 ○水密性が向上する。	化学薬品、海水、鉱山水、工場廃水、下水などに接する構造物。 建築、土木一般工用。 塗装モルタル用
	フライアッシュセメント	○単位水量が少なく、W/Cが小さくなる。 ○ボゾラン反応により初期強度は普通セメントより低い。長期強度の増進が普通セメントより大。 ○水和熱が低く、収縮も小さい。 ○フライアッシュの品質によってはA E剤を吸着し、A E剤を多く必要とする。	建築、土木一般工用 ダムコンクリート用
	白色セメント	○化学成分中酸化鉄が極度に小さい。 ○化学的、物理的性質は普通セメントと同等である。	建築物の内外装、タイル目地用、テラゾー製品、セメント二次製品、現場打コンクリート用 土木工事標識用 カラーセメントとしての用途広い。

するにもかかわらず、凝結は早強セメントと差なく、粉末度の小さなわりには収縮も普通セメントと大差がないなどの特長を有している。

そのため、工期短縮が必要な構造物への使用は特にメリットが大きい。また、セメントコンクリート二次製品などで、促進養生が不要となり、経済的な効果がえられるとともに、さらに促進養生と併用して生産性を高めることができるなどの特性がある。

しかし、この種早強型のポルトランドセメントは、粉末度が普通セメントに比して細かいので、製造に際してのエネルギーの消費が大きく、昨年末のようなエネルギー不況が生じた場合には、生産を差しひかえることを予儀なくされるなどの問題点は残されている。

混合セメントは母体セメントとなる普通セメントクリンカーや、普通セメントに高炉スラグ、シリカ粉末あるいはフライアッシュなどのけい酸質材料を混合してつくられるもので、その混合材料の添加量の多少によって、A種、B種およびC種の3種にわけられる。

高炉セメントは、A種が30%以下、B種が30~60%以下、C種が60~70%以下と規定されている。日本では高炉セメントの使用量の年間増加率は微々たるものでむしろ横ばい状態とみなしうる。しかし、欧州特にフランスではポルトランドセメントの14%も占めている。このような高炉セメントの高度利用を方針とする国が諸外国では多くなりつつある傾向を示している。

わが国のように、エネルギー資源の少ない国では、高炉スラグを有効に利用して、セメント生産量の拡大を計ることも必要なことであろう。そのためには、使用される水砕スラグの品質の均一性が一つの課題となる。

イギリスやベルギーなどで製造されている高硫酸塩スラグセメントは、スラグ含有量の多い高炉セメントである。

高炉スラグの量が多くなると、凝結がおくれ初期強度が低くなるが、適当量の無水せっこうを添加することによってこれらの欠点を

改良することができる。⁴⁾

JIS規格の改定によって、C種高炉セメントの三酸化いおうの規定値が高くなったことなどから、わが国でも性質のすぐれた高硫酸塩スラグセメントの製造が可能となったといえよう。

シリカセメントは、一般には製造されていないが、オートクレーブ養生による水熱反応を利用した高強度ぐいの製造に使用されている。このシリカセメントに使用するけい酸質材料は高品位のものが望ましい。

規格外のセメントとして多く用いられているものに、白色セメントとアルミナセメントがある。

白色セメントは鉄成分を除いては普通セメントとその成分はほぼ同等である。また、その物理的性質も普通セメントとほぼ同様であり、着色セメントの母体セメントや、仕上げ用のセメントなどとして広く用いられている。白色セメントを用いた純白構造物をつくる場合は、使用する骨材の種類や型わく材料、型わくはく離剤、養生方法などに細心の注意を払うことが必要となるほか、コンクリートの練りまぜ機械器具なども清浄なものを使わなければならない。

アルミナセメントは、ポルトランドセメントと異なり、赤ボーキサイト（輸入品）と石灰石を主原料とし、熔融焼成して製造される。

このセメントは注水後8時間程度で材令28日圧縮強度の40%以上、材令24時間で普通ポルトランドセメントの材令28日強度に匹敵する早期強度の発現が可能である。しかし、水和による生成物が不安定なため、環境温度が25℃以上で転移（コンバージョン）し、強度低下をひきおこす。

アルカリ性が弱く、鉄筋の発錆の問題、ポルトランドセメントの混用による瞬結の問題など、取り扱い上注意を要する。しかし、耐化学薬品性、耐火性などに優れていること、早期高強度発現型であることなどから、緊急工事用、寒中工事用、耐火用などとして使用されている。

3. 最近話題となっているセメント

3.1 ジェットセメント

アルミナセメントに匹敵した早期高強度性を有し、コンバージョンも起さないで、安定な強度性状のえられるセメントとして、アメリカで発明された超速硬型のセメントである。

セメントの早期強度の発現に寄与するけい酸三カルシウムの調整だけでは、せいぜい先に紹介した超早強セメントの域はでない。

このジェットセメントは水和の初期にエトリンガイトを生成するように、アルミネートとして、アルミ酸三カルシウムの代りに $C_{12}A_7$ または、 $C_{11}A_7 \cdot CaF_2$ を用い、無水せっこうを配合してつくられた特殊なセメントで、緊急工事用、寒中工事用、セメントコンクリート二次製品用および鑄造用粘結剤として用いられているのが現状である。

このセメントは、1～2時間で $100\text{kg}/\text{cm}^2$ に達する強度を発現することができ、1日以後は早強セメントや超早強セメントと同様な安定した強度特性をもっている。また、収縮も普通セメントより早期に定常状態に達し、その大きさも約 $1/2$ 程度である。

ジェットセメントの凝結時間は、始発が7～10分、終結が10～15分程度であるため、そのまゝでは施工がほとんど不可能となる。

そのため、実用に際しての凝結時間の調節は凝結遅延剤（ジェットセッター）の添加によって加減するので、別名レギュレーテッドセットセメントとも呼ばれている。

例えば、ジェットセッターの添加量が0、0.3%、0.5%（セメントに対する重量比）に対し、凝結開始時間はそれぞれ30分、85分、120分となる⁵⁾。しかし、始発時間は遅延しても、始発開始後終結までの時間はほとんど変化しないのと、ブリージングが少ないことなどから、コンクリートの打込み時間にかなりの制約がある。特に、夏期高温におけるコンクリート工事では、コンクリートのスランプの径時変化と相まって、使用時の注意が必要である。

3.2 膨脹セメント

わが国で製造されている膨脹性セメントは、石灰石、ボーキサイト、せっこうを焼成してえられるカルシウムスルホルミネートクリンカーを粉砕し、これを混和剤としてポルトランドセメントに混合して用いるものと、硬せっこうと石灰石粉末を主体とした膨脹性混和剤および酸化カルシウムを含有する膨脹性混和剤などをポルトランドセメントと混合して用いるものがある。

膨脹性混和剤の使用量は、その製品の特性によって必ずしも一定せず、大きくはつぎの2種に分類できる。

その1つは、初期の膨脹を大きくし、残存膨脹量を有効にケミカルストレスとして利用するもので、主としてコンクリート製品の製造に用いられ、膨脹性混和剤の量は母体となるポルトランドセメントの12～17%程度である。

他のものは、初期にコンクリートの収縮にみあった膨脹を与え、材令の経過後元の長さを維持させる無収縮セメントとしての利用で、コンクリートの収縮によるひびわれ防止を目的としている。

この種膨脹セメントの膨脹量は、拘束の条件、養生方法、養生期間中の温湿度の影響をうけて変化するため、混和剤の使用量や養生方法を間違えると、思わぬトラブルを起す原因となるので、特に養生には充分なる注意喚起が必要である。

3.3 油井セメント⁶⁾

油田の開発に際して、油井内に挿入したケーシングを補強するため、坑井内の施工条件に応じて、ポルトランドセメントにベントナイト、フライアッシュ、分散剤、遅硬剤、速硬剤あるいは防水剤などを添加したセメントの使用が必要となる。

このような目的に適したセメントを油井セメントと呼んでいる。

わが国には油井セメントの規格はなく、世界の油井セメント需要量の約70%を供給しているアメリカ石油協会(A. P. I.)の規格が、そ

のままわが国にも適用されているのが現状である。

この A. P. I 規格には、使用条件（油井の深さ）に応じて 8 種の分類があり（表一 4 参照）、その物理的性質に対する規格値は表一 5 のように定められている。

油井セメントに要求される性質は、セメンチングの作業距離が長いこと、地圧に応じたスラリーの比重や、セメンチング中の抗壁との間隔にある泥水の混入を防止するのに必要な流動性を有することが必要である。

また、セメンチングが高温高压下で行われるため、適当な保水性と、セメンチング終了後は速やかに硬化する性質および適当な強度と耐久性が確保されなければならない。

セメンチングしたスラリーの凝結特性を示すのがシックニングタイムであり、特に高深度の作業に際しては、この特性が重要な要素となる。

これらのシックニングタイムの調節は、セメントの成分や遅硬化剤の添加などによって行っている。その一例を示すと、表一 6 のようである。

また、高温高压下におけるセメントの強さは表一 7 のようであり、要求される必要な強度としては、圧縮強度 35kg/cm^2 、引張強度 3.5kg/cm^2 程度と一般にいわれている。

この種のセメントは、わが国では一般に製造販売はされていないが、その絶対量も現状

では少ないため、二、三のメーカーで、要求に応じて製造し、販売しているのが現状のようである。

3.4 耐海水セメント⁷⁾

海洋開発の進展に伴い、海中構造物、海上構造物、海水処理設備、潮汐発電設備、海底トンネルおよび海峡間長大橋など、無数の構造物へのセメントの利用が必要となってくる。

海水によるコンクリートの侵蝕は、潮の干満による水位の変化に伴う湿潤、乾燥の繰返し、波衝撃、砂によるまもう、鉄筋の錆などによる物理的な原因によるものと、海水中の硫酸マグネシウムによるエンタリングの生成によって膨潤し、ひびわれの発生を伴って侵蝕される化学的な原因によるものとが考えられる。

前者の対物理的な侵蝕に関しては、水セメント比の小さな富調合のコンクリートや、適量以上の空気量を混入した A E コンクリートなどで密実に施工し、十分に養生することにより、耐久性を向上させることができる。

後者の化学的な侵蝕に対する耐海水性セメントとしては、アルミン酸三カルシウムの少ないポルトランドセメントや、ポゾランまたは、高炉水砕スラグなどを混合したセメントを用いるのが効果的であるといわれている。

すなわち、中庸熱セメントにフライアッシュを混用した中庸熱フライアッシュセメントや、粉末度の粗い高炉スラグと無水せっこう

表一 4 A P I 規格による油井セメントの種類

種 別	使 用 条 件 (油井の深さ)	備 考
クラス A	地表～1,830m	普通セメント (ASTM I 型)
" B		中庸熱 " (ASTM II 型)
" C		早強 " (ASTM III 型)
" D	1,830～3,050m	セメント (ASTM) + 凝結硬化調節剤
" E	3,050～4,270m	
" F	3,050～4,880m	
" G	地表～2,440m (2,440m 以上の場合、ベース・セメント+添加剤)	ベース・セメント (API)
" H		

表一五 物理的性質に関するAPI規格値

項 目				セメント種別							
				A	B	C	D	E	F	G	H
安定性 (最大 %)				0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80
粉末度 (最小 cm ² /g)				1500	1600	2200	—	—	—	—	—
遊離水 (最大 ml)				—	—	—	—	—	—	3.5	3.5
シック ニング タイム	スケジ ュール 番号	深さ (m)	粘度 ¹⁾ (最大 U _c)	シックニングタイム (最小 min)							
	1	310	30	90	90	90	—	—	—	—	—
	4	1830	30	90	90	90	90	—	—	—	—
	5	2440	30	—	—	—	—	—	—	90 ²⁾	90 ²⁾
	6	3050	30	—	—	—	100	100	100	—	—
	8	4270	30	—	—	—	—	154	—	—	—
	9	4880	30	—	—	—	—	—	190	—	—
圧縮 強さ (8 hr 養生)	スケジ ュール 番号	養生 温度 (°C)	養生 圧力 (kg/cm ²)	圧縮強さ (最小 kg/cm ²)							
	—	38	大気圧	18	14	21	—	—	—	—	—
	1 S	35	56	—	—	—	—	—	—	21	21
	3 S	60	211	—	—	—	—	—	—	106	106
	6 S	110	211	—	—	—	35	—	—	—	—
	8 S	143	211	—	—	—	—	35	—	—	—
	9 S	160	211	—	—	—	—	—	35	—	—
圧縮 強さ (24hr 養生)	—	38	大気圧	127	106	141	—	—	—	—	—
	4 S	77	211	—	—	—	70	70	—	—	—
	6 S	110	211	—	—	—	141	—	70	—	—
	8 S	143	211	—	—	—	—	141	—	—	—
	9 S	160	211	—	—	—	—	—	70	—	—

注 1) 試験開始後15～30minのスラリー粘度

2) max. 120min

表一六 遅硬化剤の添加量とシックニングタイムおよび圧縮強さ

遅硬化剤の添加量 (%)			シックニングタイム(min)				圧縮強さ (kg/cm ²)		
エスコール	ポリゾスNo.8	CMHEC	2,440m	3,050m	3,660m	4,270m	8 hr	24 hr	48 hr
0	0	0	79	—	—	—	375	471	537
0.7	0.3	0	225	194	125	—	0	393	450
0.5	0.5	0	315	264	148	—	0	380	445
0	0	0.2	—	165	141	128	0	332	395
0	0	0.3	—	—	218	160	0	277	388

注) ○ 坑井類似条件下における普通セメント・スラリー (比重1.85) のシックニングタイム

○ 80°Cにおける普通セメントスラリー (比重1.85) の圧縮強さ

表一七 養生圧力70kg/cm²におけるセメントの圧縮強さの1例

種 別	材 令 (日)	圧 縮 強 さ (kg/cm ²)				
		27℃	60℃	93℃	127℃	160℃
A P I クラスA (W/C 0.46)	1	64	234	281	186	113
	3	173	336	345	119	129
	7	269	432	358	90	94
A P I クラスE (W/C 0.40)	1	57	306	545	394	178
	3	294	447	629	427	167
	7	384	570	666	466	188

を多めに用いたC種高炉セメントなどがこれに相当する。

また、アルミナセメントを用いたり、ポルトランドセメントを蒸気養生あるいはオートクレーブ養生などの促進養生をすることによっても水和生成物の影響で、耐久性を増大させることが可能である。

いずれにしても、これらの耐海水セメントは、ソ連、イギリス、フランスなどの諸外国ではそれぞれ製造されているが、わが国では研究の段階の域をでず、普及するに至っていない。

日本のように、四面を海に囲まれ、土地や資源の少ない国では、今後の海洋開発に大きな期待が寄せられているものと考えられるので、この種のセメントに対する感心も増し、耐海水セメントの重要性も見直されることであろう。

4. 将来要求されているセメント

セメントが主に使われているコンクリートの将来性について、この2～3年の間に各機関でアンケートが広くとられた。

これらのアンケートを要約してみるとつぎのようなことがいえよう。

セメントコンクリートは引張強度が低く、乾燥収縮と体積変化によって、ひびわれの発生する大きな欠点をもっている。

これらの欠点は、強度を低下させることなく弾性係数を小さくすることができれば、ある程度改善することができるし、^{8), 9)} 現実的に

は膨脹セメントの開発によってある程度は改善しうるものとみなされている。

要するに、セメント鉱物組成と間隙相物質との基礎的な研究を推進し、¹⁰⁾ ポルトランドセメントの可能性の追求と研究開発を強力にし、セメント化学の基礎性状を工学的な新しい進展に結びつけていく努力を重ねること¹¹⁾ によって、セメントコンクリートの構造材料としての地位は確保されるであろうといわれている。そのほか、セメントと骨材の結合力や、セメントと異種材料の結合性状を究明して複合化への足掛りをうることと、美的感覚に基づく建築物の環境への調和の検討をもなおざりにしてはならない。¹²⁾

いずれにしても、30年後の将来には、材料の進歩、構造物の計画設計上の進歩、建設施工上の進歩などが相まって、セメント材料はプラスチック材料と競合することなく、4000 kg/cm²の高強度も可能となり、品質改善も行われて広範囲に使用されている。¹³⁾ という意見もある。

このような将来像をセメントに期待するためには、例えば、水和による強度の実際が、理論強度よりも低いという事実にもとづいて複合材料としての結合力に着目するなど、セメント化学の基礎的究明は、早急に手がけなければならない課題の一つである。

多くの研究者が、要求されるセメントの将来像—品質の改善要求—に対する意見をのべているが、これらの意見を最も集約していると思われるACI誌に発表された“2000年

のコンクリート”¹⁴⁾の中から、期待されている新しいセメントのいくつかを紹介して、この稿を閉じたい。

- ① プリージングを生じないコンクリートをつくるために必要なセメント。
- ② コールドジョイントをなくすために必要なセメント
- ③ 熱係数の小さいセメント
- ④ 圧縮強度に比して引張強度の高いセメント
- ⑤ 強度を低下させずに弾性係数を小さくしうるセメント
- ⑥ 水密性改善に役立つセメント
- ⑦ 収縮を改善するセメント
- ⑧ 吸音、遮音特性を改善するコンクリート用のセメント。

参考文献

- 1) セメント年鑑, 第25巻 セメント協会, 1973.
- 2) 同上
- 3) 同上
- 4) 近藤連一: 新しいセメントについての問題点, コンクリートジャーナル, Vol. 10, No. 6 June '72
- 5) 推名国雄: 多様化した最近のセメント, 建築文化 1月号, 1974.
- 6) 鈴川諭一: 油井セメント, 工業と製品, No. 54.
- 7) 近藤連一: 耐海水セメント: コンクリートジャーナル, Vol. 10, No. 8, Aug. '72.
- 8) F. M. Lea: Cement Research-Some Views for the Future, セメントコンクリート, No. 263 1月, '69.
- 9), 13) C. E. Kesler: 未来のコンクリート, コンクリートジャーナル, Vol. 10, No. 1, Janu. 1972.
- 10) H. Lafuma: L'AVENIR du B'ETON, コンクリートジャーナル, Vol. 10, No. 1, Janu. 1972.
- 12) G. Wästland: The Future of Concrete コンクリートジャーナル, Vol. 10, No. 1, Janu. 1972.
- 14) ACI Committee: Concrete-year 2000, J of ACI Vol. 68, No. 8, Aug. 1971.