



技術展望
TECHNICAL
OVERVIEW

技術展望

レディーミクストコンクリート技術の現状と将来展望

PRESENT TECHNOLOGY OF READY MIXED CONCRETE AND FUTURE PROSPECT

武山 信

Makoto TAKEYAMA

全国生コンリート工業組合連合会技術部長
(〒104 東京都中央区八丁堀1丁目6-1)

Key Words : aggregates, manufacturing, additional water, transportation, quality assurance

1. まえがき

我が国で最初にレディーミクストコンクリートが製造されたのは1949年(昭和24年)11月、東京コンクリート工業社の業平橋工場といわれている。今やレディーミクストコンクリート工場は日本中のいたる所に建設され、電話1本で容易に入手できるようになっている。

レディーミクストコンクリートは鉄と共に国の重要な基幹産業の一つとして位置づけられ、常に国作りに貢献してきた。我が国のレディーミクストコンクリートの総生産量は1992年度現在、1億8196万 m^3 で世界一の生産国となっている。日本に次いでアメリカが1億6千万 m^3 、韓国が9千600万 m^3 、イタリアが7千万 m^3 となっている。また、国民1人当りの生コン消費量は1.50 m^3 でスイスに次いで世界第2位である。ヨーロッパにおけるレディーミクストコンクリート産業の製造開始時期並びに産業の概要を表-1並びに表-2に示すが、我が国は産業としてのスタートは遅れたもののその急成長に著しいものがある。

しかしながら、近年レディーミクストコンクリート工場の新増設が相次ぎ需要に対する供給能力が増大して、工場の操業率が著しく低下している。操業率の低下は経営を圧迫し倒産に至るケースも見え始めている。レディーミクストコンクリート産業は全国で約5300工場でその殆どが中小企業である。我が国のコンクリート関連工事が全てこの中小企業によって支えられている事を思うと、その産業の基盤の安定化が急務とされている。

現在、レディーミクストコンクリート業界は法律に基づいて工業組合、協同組合を組織して経営の安定化を図る為の努力を進めている。経営の安定化は、当然品質の確保を前提としたものであり、業界を取り巻く厳しい環境の中で、しかも、ユーザーの多様なニーズに応えなが

表-1 欧米におけるレディーミクストコンクリートの製造開始時期

[出典：文献19]

1900年	ドイツ(1903)
1910年	スペイン(1912) アメリカ(1913) オランダ(1918)
1920年	デンマーク(1926)
1930年	イギリス、ノルウェー(1930) スウェーデン(1932) フランス、スイス(1933)
1940年	日本(1949)
1950年	ベルギー(1956) フィンランド(1958)
1960年	オーストラリア、アイルランド(1961) イタリア(1962) イスラエル(1963) ポルトガル(1966) ギリシャ(1968)
1970年	

ら、今後の我が国のレディーミクストコンクリートの品質の確保に取り組んで行かなければならない。

2. レディーミクストコンクリート用骨材について

レディーミクストコンクリートの製造に用いる骨材についてはJIS A 5308(レディーミクストコンクリート)の附属書1「レディーミクストコンクリート用骨材」に砕石、砕砂、スラグ骨材、人工軽量骨材、砂利及び砂の

表-2 ヨーロッパ生コン産業の概要

[出典：文献19]]

国名	生コン工場数	生コン総生産量 (万 m ³)	セメント総需要量 (千 t)	生コン化率 (%)	国民1人当り生コン消費量 (m ³)	練り混ぜ方式	
						固定プラント練り混ぜ方式 (%)	トラックミキサ練り混ぜ方式 (%)
オーストリア	262	710	5 270	44.5	0.90	100	0
ベルギー	235	830	5 756	39.0	0.83	93	7
デンマーク	100	170	1 241	31.0	0.31	100	0
フィンランド	155	150	1 191	40.0	0.30	100	0
フランス	1 600	3 170	21 538	39.7	0.56	100	0
ドイツ	2 193	5 760	36 693	53.0	0.72	100	0
イギリス	1 150	2 078	12 615	50.0	0.35	34	66
ギリシャ	430	1 150	7 613	54.6	1.15	65	35
ハンガリー	1	6	2 519	11.7	—	100	0
アイルランド	142	210	1 440	42.0	0.60	40	60
イスラエル	213	600	—	42.0	1.10	5	95
イタリア	2 500	7 000	44 490	46.1	1.23	0	100
オランダ	195	766	5 204	53.0	0.50	70	30
ノルウェー	225	160	1 180	65.0	0.40	85	15
ポルトガル	113	350	7 580	15.2	0.40	87	13
スペイン	803	3 590	26 051	35.0	0.74	32	68
スウェーデン	230	335	1 775	61.7	0.40	100	0
スイス	280	1 070	4 494	63.0	1.57	100	0
トルコ	100	595	25 965	—	0.10	77	23
日本	5 373	18 196	82 000	69.0	1.50	100	0

※数字は1992年度、—印は不明

6種類を規定している。これは、平成5年3月1日付改正JISで初めて「骨材の種類」として明記されたもので、以前は「土木用骨材」と「建築用骨材」に区別されていた。

レディーミクストコンクリート工場ではコンクリートを土木用と建築用に区分していないので、骨材について土木用、建築用に区分するのが難しい。諸外国では表-3に示すように「コンクリート用骨材」として規定しており、「レディーミクストコンクリート用骨材」として規定しているのは我が国だけである。これは我が国の場合、コンクリートが特別のプロジェクト工事を除いて全て「レディーミクストコンクリート」の形で使用されていることによるものと思われる。

セメントがレディーミクストコンクリートに使用されている割合を見ても表-2に示すように日本は世界一で、如何にレディーミクストコンクリートが利用されているかがよく判る。

しかし、骨材はレディーミクストコンクリートだけでなくコンクリート2次製品にも使用されているので、我が国の場合も将来は「コンクリート用骨材」の規格とし

て制定されることが望ましい。

現在、骨材の規格は全て個々の規格として制定されているが、骨材はコンクリート用という点で、全て関連があり、改正の必要が生じたときは一つの規格となっている方が便利であろう。また、砂利、砂は工業製品でないという理由でJIS化されていないが諸外国と同様コンクリート用骨材として規格化した方がよいであろう。

現在、我が国で生産されている骨材は全体で約9億5千万tであるが、このうち、コンクリート用の骨材は約6億tである。

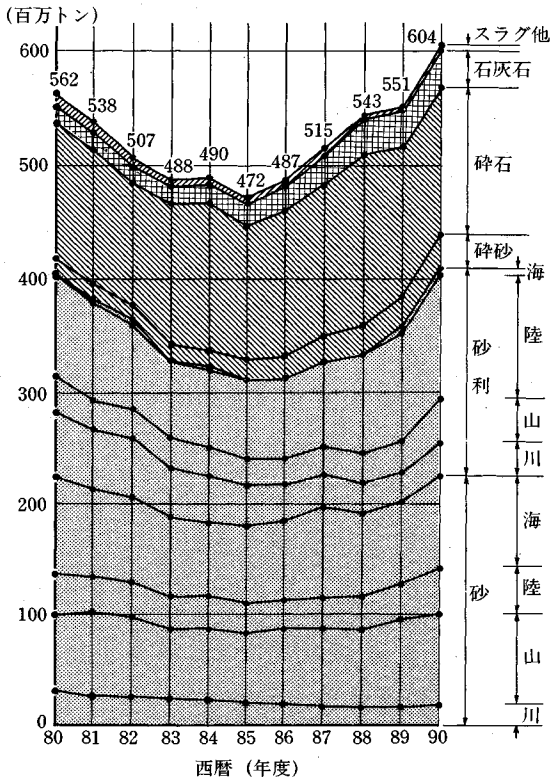
生コンクリートの製造には約4億tの骨材が使用されている。ここ10年間のコンクリート用骨材の需要推移を図-1に示す。骨材の中でも主に使用されているのは天然産の砂利・砂である。天然産の砂利、砂には川砂利、川砂の他に、山砂利、山砂、陸砂利、陸砂、海砂利、海砂等があるが、川砂利、川砂は年々採取量が減少してきている。これを補う形で岩石を破碎して製造する碎石・砕砂が使用されるようになり、特に碎石と砂利の割合は5:5になっている。

近年の傾向として細骨材の絶対量不足が見られる。河

表一3 諸外国における骨材規格

[出典：文献 3, 4, 5, 6, 7, 8)]

国名	規格名称	定義	対象品目
ASTM (アメリカ)	コンクリート用骨材	細骨材は天然産の砂、生産した砂、両砂の混合物 粗骨材は砂利、破碎砂利、碎石、空冷高炉スラグ、再生骨材又はこれらの混合物	砂利、破碎砂利、碎石 高炉スラグ骨材、再生骨材
BS (イギリス)	コンクリート用天然骨材	天然材料を加工処理する事によって得られる粒状の材料	砂利、砂利碎石、山碎石、混合粗骨材、砂、砂利砕砂、碎石砂、混合細骨材
NF (フランス)	水硬性コンクリート用天然骨材	機械（破碎、ふるい分け）以外のいかなる加工処理も受けていない骨材	砂利
DIN (ドイツ)	コンクリート用骨材	天然、人工の無機物から成る砕粒、非砕粒の混合物	天然骨材、人工骨材、石粉
AS (オーストラリア)	コンクリート用骨材	岩石、砂利、スラグ骨材又は人工的に製造される岩石	岩石、砂利、高炉スラグ骨材 非鉄金属スラグ骨材 人工的に製造される岩石
JIS (日本)	レディーミクストコンクリート用骨材	レディーミクストコンクリートに用いる骨材	人工軽量骨材、碎石、砕砂、スラグ骨材、砂利、砂



図一1 コンクリート用骨材使用推移
[出典：文献 20]

川産骨材の採取規制がない時代は適当な粒度を持つ砂が豊富にみられたが、徐々に単味で使用出来る砂の入手が困難となり、品質を確保するため粗砂と細砂を組合せて使用するようになった。最近では、絶対量が不足し始めたため2種類の混合でなく、3種類以上の砂の混合が余儀な

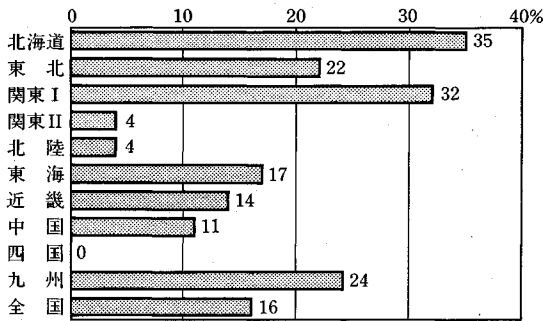
くされ始めている。

レディーミクストコンクリート工場では骨材が混合しないよう種類別、サイズ別に区分けして貯蔵しているが、工場敷地の関係上、置場をいくつも確保する事はかなり困難で、骨材業者がプレミックスして供給するケースが徐々に増加している。

平成4年度に全国生コンクリート工業組合連合会が調査した結果によると骨材業者が予めプレミックスしたものを工場が購入しているケースは図一2に示すように16%程度となっている。地方別に見ると北海道地区、関東1都3県、九州地区の骨材事情が悪化していることが判る。

砂利・砂は(社)日本砂利協会の調査によると全国の6517採取場で採取されているが、骨材の絶対量不足を補うため、採取土場に砂利破碎用クラッシャーを設置して塊石を破碎してコンクリート用砂利・砂を生産している。塊石を破碎したものは破碎面の一部に球面が残っているので玉碎石と呼ばれているが、この玉碎石生産用クラッシャーは全国の砂利採取地や砂利集積所等で4000基使用されている。また、砂利からの砕砂生産も行われており砕砂生産用クラッシャーは同様に500基が稼働している。

このように砂利・砂は天然産と言っても加工したものがかなり混入しているし、砂利集積所では砂の粒度調整や数量確保のための数種の砂を混合している事も考えられる。レディーミクストコンクリート工場には砂利採取業者から直接納入されるケースもあれば、砂利集積所を経由して砂利販売業者によって納入されるケースも見られる。これらのことは砂利、砂と一口に言っても骨材事



図一2 レディーミクストコンクリート工場に於ける混合骨材の使用状況
[出典：文献2)]

情がかなり多様化しており、品質の変動も大きくなっていることが考えられる。

細骨材の比重が絶対比重で $\pm 0.02\%$ を超えた場合はコンクリートの容積保証のために配合設計を変更しなければならないことになっている。レディーミクストコンクリート工場が使用している骨材の比重について全国生コンクリート工業組合連合会が調査した結果では殆どの採取地のものが1年間に ± 0.02 以上の変動を示し且つ、その変動幅もかなり大きい事を示している。

なお、この調査は全国生コンクリート工業組合連合会の認定共同試験場がレディーミクストコンクリート工場の依頼に基づいて実施したものをまとめたものであるが、その試験精度は共通試験によって極めて良好であることが確かめられている。即ち、同一骨材を用いた絶対比重の共通試験の結果は標準偏差が 0.01 である。

レディーミクストコンクリート工場が使用する骨材の品質については、本来、骨材を供給する側の骨材生産者が検査して品質保証をする立場にありながら実態は購入者が品質検査をして使用しているのが実情である。天然産以外の骨材のうち、スラグ骨材、人工軽量骨材についてはメーカーが骨材の品質試験成績表を発行して品質保証しているが、砕石、砕砂については JIS を有する工場以外は砂利・砂と同様にメーカーとしての責任を果たしているとは言えない。レディーミクストコンクリート工場がユーザーに対して製品の品質を保証するのと同様に、骨材生産者もレディーミクストコンクリート工場に対して製品の品質を保証する義務があるのではなかろうか。

レディーミクストコンクリート工場が骨材生産者に要求する品質性能は、例えば表一4 に示す様な項目であり、骨材試験成績書として提示される必要がある。骨材生産者に品質を試験する機関がなければ信頼のおける外部試験機関に依頼すればよい。この試験成績書では粗粒率と細骨材の表面水率についても規定しているが、人為的に調整できる骨材の物性については購入者側が品質の安定

化を図るため予め生産者と協議して規定するのが望ましいからである。

細骨材を重量で購入している工場は表面水率を購入時の値引きの条件として捕らえている工場が多いが、表面水率は購入時点で出来るだけ水分の少ない物を常時購入する取引が大切である。最近の新しい技術にもとづくコンクリートの製造の際にはコンクリート中の単位水量の管理が最も重要視されている。細骨材の表面水率の変動が単位水量の管理を難しくしていると言われている。

また、粗骨材の表面水率は一般に $0.5\sim 1\%$ 程度と言われているが、実際には骨材のサイズによって表面水率が異なり、 $40\sim 20\text{ mm}$ は約 0.5% 、 $20\sim 10\text{ mm}$ は約 1.4% 、 $10\sim 5\text{ mm}$ は約 2.9% という試験結果もあり、 $10\sim 5\text{ mm}$ の割合が多いと単位水量に及ぼす粗骨材の表面水率の影響は大きい。また、砕石の場合は砕石粉が骨材の表面に付着し、洗い試験で失われる量が多い骨材ほど表面水率は高くなるので注意が必要である。

骨材の基本的性質と言われている比重、吸水率が規格値を外れる低品質の骨材などはこれを特殊な摩砕機を通す事によって改質する技術もある。我が国では「レディーミクストコンクリート用骨材」として6種類を分類しているが、諸外国で規定している骨材の定義並びに種類は表一3のとおりである。

イギリスでは砂利を破碎して製造する河川産砕石、砂利と河川産砕石を混合した部分砕石、砂利と砕石を混合した混合粗骨材、同様に砂についても河川産砕砂、部分砕砂、混合細骨材等について使用基準を定め使用を認めている。アメリカでは再生骨材の使用を認めており、ドイツでは石粉も使用できるようになっている。また、オーストラリアでは高炉スラグの他に非鉄金属スラグ骨材についても規定している。

非鉄金属スラグ骨材は我が国でも最近ようやくフェロニッケルスラグ細骨材が JIS 化され、更に銅スラグ細骨材についても基準化の研究が進められている。

骨材の比重についてオーストラリアでは骨材の密度として 2100 kg/m^3 以上と規定しているのみで諸外国に比重の規定はない。吸水率についてはフランスが 5% を超えないこととしている以外は諸外国では規定していない。最近の骨材事情にかんがみ、比重、吸水率の規定値を見直す時期に来ているのかもしれない。

3. レディーミクストコンクリートの種類について

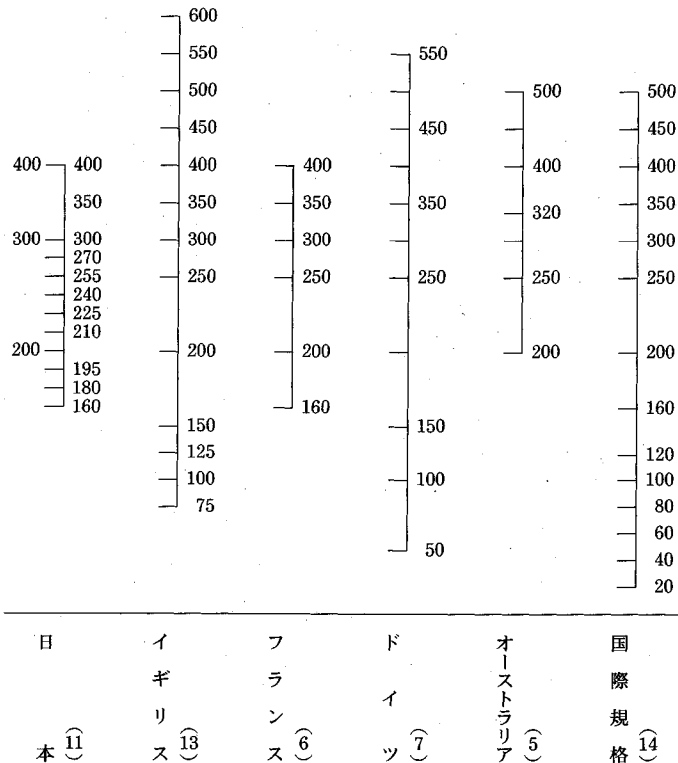
(1) 強度の種類

レディーミクストコンクリートの種類は JIS A 5308 では、普通コンクリート、軽量コンクリート及び舗装コンクリートに区分し、粗骨材の最大寸法、スランプ及び呼び強度を組み合わせた 122 種類のコンクリートが規定

表—4

平成 年 月分 骨材試験成績書			
骨材採取（販売）会社名			
骨材の採取地：			
骨材の種類：砂，砂利（20 mm，25 mm）			
試験依頼先：			
試験項目	規格値		試験値
	砂	砂利	
絶乾比重	2.5 以上	2.5 以上	
吸水率 (%)	3.5 以下	3.0 以下	
粘土塊の含有量 (%)	1.0 以下	0.25 以下	
洗い試験で失われる量 (%)	3.0 以下	1.0 以下	
有機不純物	標準色液の色よりも濃くない		—
軟らかい石片 (%)	—	5.0 以下	
石炭・亜炭等で比重 1.95 の液体に浮くもの (%)	0.5 以下	0.5 以下	
塩分（海砂のみ） (%)	0.04 以下	—	
安定性 (%)	10 以下	12 以下	
すりへり減量（砂利のみ） (%)	—	35 以下	
アルカリシリカ反応性による区分	A 又は B	A 又は B	
粗粒率	協定値	—	±0.15 以下
細骨材の表面水率	協定値	—	協定値以下
試験機関の証明			

表—5 強度の種類
[出典：文献 8), 9), 15), 16), 21), 22)]



されている。

強度は 160 kgf/cm² から 400 kgf/cm² までの範囲のもの 11 種類と曲げ強度 45 kgf/cm² の計 12 種類となっている。なお、平成 7 年 4 月 1 日からは SI 単位の切り替えと同時に 195 kgf/cm² がなくなり 11 種類になることが予告されている。

諸外国では表-5 に示すように、この強度範囲のものは 50 kgf/cm² 刻みとなっていて、6 種類程度のものが規定されている。コンクリート強度のバラツキが 20 kgf/cm² 程度あることを考慮すると 15 kgf/cm² 刻みのコンクリートの種類を規定しても余り意味がないように思われる。なお、現在 400 kgf/cm² を超えるコンクリートについて未だ JIS 化されていないが、現実には JIS 適用外品として各地のレディーミクストコンクリート工場で製造されている。現在、(財)日本建築学会の JASS-5 で取り扱っている高強度コンクリートは 270 ~ 360 kgf/cm² の範囲のコンクリートであるが、平成 8 年度に高強度コンクリートも含めて JASS-5 の見直しが行われる事になっている。

また、土木構造物では PC ケタ等に昔から 500 kgf/cm² 以上の高強度コンクリートが使用され、レディーミクストコンクリート工場で製造されてきた。高強度コンクリートの強度の概念の範囲を表-6 に示すが、今後、レディーミクストコンクリート工場で JIS 製品として取り扱って行く範囲の見直しが必要と思われる。

(2) スランプ

スランプは、2.5 cm から 21 cm までの 9 種類に細かく区分しているが諸外国では表-7 に示すとおり、フランスやドイツでは 4 種類程度に区分しており、国際規格も 4 種類となっている。その他の国では特に標準化されていない。

コンクリートのスランプは出来るだけ固い方がよいという通念は、AE 減水剤が開発される以前からあって、固いコンクリートを締め固めてコンクリート打設するものとされていた。事実、過去に打設されたロスランブのコンクリートは水密性が極めてよい耐久性のあるコンクリートに違いない。しかし、コンクリート技術が進歩し、流動化剤や高性能 AE 減水剤が開発されている今日、コンクリートのスランプを見直す時期もきているのではなかろうか。更に締め固めの要らない極めて流動性の良いコンクリートはコンクリート工事の信頼性の面からみていづれ、高く評価され汎用化されて行くものと思われるが、そうなればスランプの概念も変わって行くことも考えられる。

(3) 粗骨材の最大寸法の種類

粗骨材の最大寸法は 20 又は 25 mm と 40 mm に区分されているので、レディーミクストコンクリート工場

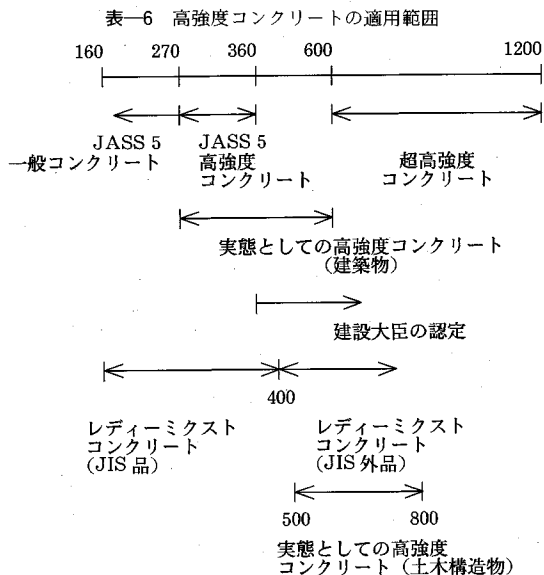


表-7 スランプの種類

[出典：文献 9), 10), 14), 15), 16), 17), 18), 21), 22)]

日	本 (9)	2.5, 5, 6.5, 8, 10, 12, 15, 18, 21
イギリス (3)		5.0, 7.5, 12.5
フランス (4)		4 cm 以下 硬 い...F 5~9 cm プラスチック...P 10~15 cm 極めてプラスチック...TP 16 cm 以上 流 動...FL
ドイツ (4)		ハード.....KS プラスチック.....KP ソフト.....KR フロー特性あり.....KF
アメリカ		指定スランプ
オーストラリア		指定スランプ
ソ 連 (8)		Ж4, Ж3, Ж2, Ж1, П1, П2, П3, П4
国際規格 (4)		1~4 cmS ₁ 5~9 cmS ₂ 10~15 cmS ₃ 16 cm 以上.....S ₄

は 20 mm の骨材も 25 mm の骨材も常時貯蔵していなければならないことになっている。しかし、実際には置場等の関係でレディーミクストコンクリート工場ではいづれか一方しか貯蔵していない。

粗骨材として砂利が主流であった頃は砂利の最大寸法は 25 mm であり、砕石が生産され始めた頃の最大寸法は 2005 であった。その後、砂利と砕石の規格に二つの寸法の骨材が規定されるようになり、高炉スラグ粗骨材の場合も同様に扱われるようになった。

コンクリートの品質上は粗骨材の最大寸法は大きい方がよいが、配筋の関係上 20 mm でよいケースもあろう。

しかし 20 又は 25 mm 問題は骨材生産者にとってもレディーミクストコンクリート工場にとっても品質管理上の大きな問題となっている。

コンクリート用の粗骨材の最大寸法について諸外国では、20 mm, 25 mm, 40 mm を規定しているのはアメリカだけでその他の国では 20 mm (ドイツは 16 mm) 40 mm となっている。

(4) 空気量の種類

我が国ではコンクリートは総て AE コンクリートとなっていて、普通コンクリートと舗装コンクリートは 4.5%、軽量コンクリートは 5.0% と規定されている。諸外国では凍結融解作用を受けるコンクリートの場合にのみ AE コンクリートとするのが一般的のようであるが、我が国の場合は北海道や東北地方だけでなく、特に山間部を縦貫する高速自動車道等においてはコンクリートの凍害が指摘されているので適切な規格となっていると言えよう。

4. レディーミクストコンクリートの製造について

レディーミクストコンクリートはパッチャープラントと呼ばれる工場の心臓部で完全に練り混ぜを完結してから運搬車によって工事現場まで運搬される。

一般にレディーミクストコンクリート工場には普通セメントの他、早強セメント又は高炉セメント B 種が常備されており、工場毎に特定のセメントメーカーと取り引きされている。

骨材は種類別、サイズ別に貯蔵され、必要なとき、必要な量パッチングプラントに送られるが、骨材の貯蔵には受入れホッパー方式、ストックヤード方式、コルゲートサイロ方式等がある。

混和材料も種類別、銘柄別に貯蔵され必要に応じてパッチングプラントに送られる。

パッチングプラントでは 1 練り量毎の材料を正確に計量しパッチ式のミキサで練り混ぜられる。材料は所定の計量許容誤差内で計量するように JIS に規定されているが、諸外国の規格値と比べてセメントと水は厳しく規定されている。

我が国の計測技術は著しく進歩しており、計量器もロードセル方式が採用されて、静的荷重については精度よく秤りとることができるようになっている。ロードセルは金属に掛かる荷重による歪みを電気信号にかえて荷重を測定する方式である。

材料の計量は必要量の 90% を粗計量し、残り 10% をジョギング機構や放出パルプ機構によって微計量している。微計量に際しては材料が貯蔵ビンから計量ビンに落下する迄のタイムラグを予測してより正確に材料を投入しなければならない。

正確に所要量を投入できるか否かは貯蔵ビンの材料投入機構の良否にかかっている、計量機のロードセルの精度とは無関係である。現状では製造能力に応じた計算精度が必ずしも十分に得られているとは言い難い。

ミキサは JIS A 8603—1994 「コンクリートミキサ」で重力式ミキサと強制練りミキサに分類され、重力式ミキサの一つのタイプとして傾胴形があり、強制練りミキサの三つのタイプとして水平一軸形、水平二軸形、パン形がある。この他に 2 段式ミキサも使用されている。

現在、我が国で使用されているミキサの型式容量別台数は表—8 の通りである。

ミキサの練り混ぜ時間は、JIS A 1119 「ミキサで練り混ぜたコンクリートの中のモルタルの差及び粗骨材量の差の試験方法」によって試験を行い定めることになっている。

この方法はミキサの相異なる 2 か所からそれぞれ試料を採取して、モルタル量の差と粗骨材量の差をみようとするものであり、コンクリート中の骨材とモルタルが「よく均一になっている」かどうかの試験にはなっているが、果たしてよく「練り混ぜられている」かどうかの判定試験として十分とは言えないように思われる。

アメリカでは表—9 に示すように 6 項目について試験を行って規定値以内であればよいとしている。一方、我が国の JIS A 8603—1994 「コンクリートミキサ」ではミキサの性能判定試験項目としてコンクリートの単位容積質量差を除く 5 項目を規定している。

コンクリートの製造方式はエレクトロニクスの進歩に伴って配合の選定から計量、練り混ぜ、出荷に至る一連の工程がリアルタイムに行われるようになってきている。この他に次の様な機能も付加されている。骨材の表面水率補正機能、骨材配合比変換機能、最適練り混ぜ容量設定機能、設定値補正演算機能、骨材の過大粒・過小粒補正機能、誤納入防止機能、計量印字記録機能、誤積込み防止機能など。

近年、高流動コンクリートの出現に伴い、粉末混和材を多用するケースが増えてきたが、使用に際してセメントと同時にミキサに投入し、且つ練り混ぜ時間も延長しないと均一になりにくい事が知られている。

5. レディーミクストコンクリートの運搬について

我が国ではレディーミクストコンクリートの運搬には舗装用のコンクリート以外はトラックアジテーターを使用しなければならないことになっている。

諸外国の規格ではプラントで練り混ぜる方式でも、トラックミキサで練り混ぜる方式で認められているようであるが、表—2 にみられるようにプラントで練り混ぜる方式を採用している企業が比較的多いようである。フラ

表—8 ミキサの形式・容量別台数一覧表

[出典：文献1]
(平成2年3月末現在)

重力式ミキサ			強制練りミキサ		
ミキサ容量 (切)	台数	%	ミキサ容量 (t)	台数	%
8	1		300	1	
9	1		350	1	
12	5		400	1	
16	10		500	410	10
18	275	15	600	6	
21	47	2	625	2	
22	1		650	1	
24	6		750	152	4
28	57	3	1 000	904	22
32	1		1 250	69	2
36	838	40	1 500	1 299	32
40	1		1 670	1	
45	18	1	1 750	189	5
54	6		2 000	410	10
56	564	27	2 250	117	3
72	110	5	2 500	216	5
81	4		2 750	2	
84	33	2	3 000	260	6
90	36	2	3 500	1	
112	62	3	4 500	4	
			6 000	3	
	2 076	100		4 049	100
総合計			6 125台		

表—9 ASTMのミキサ練り混ぜ性能試験

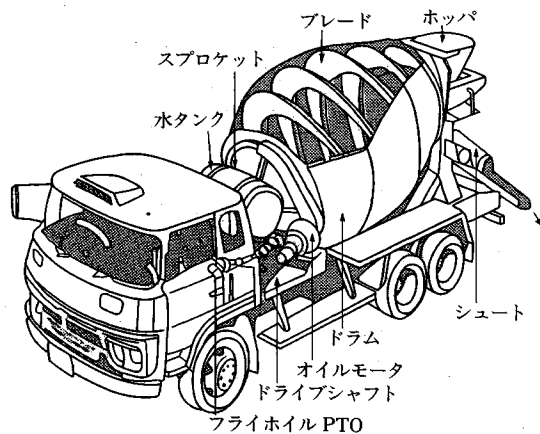
[出典：文献14]

試験項目	規定値
1. コンクリートの単位容積質量差 (除空気量)	16 kg/m ²
2. 空気量の差	1.0 %
3. スランプの差	10.2 cm 以下の時 10.2~15.2 cm の時
4. コンクリート中の単位粗骨材量の差	2.5 cm 3.8 cm
5. コンクリート中のモルタルの単位容積質量 の差	6.0 %
6. 圧縮強度(材齢7日)の差	1.6 % 7.5 %

ンス、ドイツ等8か国ではプラント練り混ぜ方式が100%採用されている。

運搬車は図—3に示すように荷台の上に回転するドラムがあり、ドラムの内壁にはスパイラル状にブレードが溶接されている。ドラムの正回転、逆回転によってドラム内のレディーミクストコンクリートの積込みと排出が行われる。スパイラル状のブレードは厚みが4mm程度、高さが370mm程度のものである。

運搬車について、JISでは「練り混ぜたコンクリートを十分均一に保持し、材料の分離を起こさずに容易に完全に排出できるものでなければならない。」と規定しており、コンクリートが均一性を保持しているかどうかの



図—3 アジテータ車ドラムの構造例

確認は「運搬車の荷の約1/4と約3/4の所から個々に試料を採取してスランプ試験を行い、両者のスランプの差が3cm以内であればよい」としている。これは、運搬車の性能について規定したものである。

ドラム内のブレードには極めて耐摩耗性の高い超高張力鋼板が用いられており、更にブレードの先端には鉄筋バーを溶着しているので現在の最高の13年使用している状況でも高さ方向の摩耗は殆どなく、ブレードの側面が細る程度と言われている。運搬車がミキサとしてでなくアジテータトラックとして使用されている我が国に於いて運搬車の性能は使用中でも十分確保されていると言える。アメリカではトラックミキサが主流であり、トラックミキサの場合は運搬車の性能について定期的に確認する事が規定されている。

レディーミクストコンクリートは練り混ぜを開始してから1.5時間以内に荷卸しが出来るように運搬しなければならないとJISに規定されている。1.5時間は材料計量が終わってミキサに材料投入が開始されたときから(セメントと水が接したとき)運搬して、工事現場に到着し、荷卸しを完了する迄の時間である。

運搬中は交通事故、ラッシュ等による交通渋滞があって現場到着が遅れたり、十分余裕をもって工事現場に到着しても工事の都合やポンプの故障等によって待機させられて荷卸し時間が延滞することは十分考えられる。納入伝票には工場出発時間と現場到着時間を記入することになっているが、更に荷卸し開始時間についても記載した方が相互の責任区分を明確にする上で望ましい。イギリスの規格では出発、到着、荷卸しのそれぞれの時刻の明記を義務づけている。

大都市においては、レディーミクストコンクリート工場が徐々に市街地の周辺部に移転を余儀なくされ、市街地までの運搬距離が遠くなりつつある。諸外国の規格ではトラックミキサ練り混ぜ方式でも運搬時間は1.5時間

以内（イギリスでは2時間以内）と規定されている。これは工場で材料を積載した時点で既に骨材の表面水にセメントの水和反応が始まっていることを考慮したことによるものと思われる。

特に暑中において、コンクリートの品質を損なわずに長時間コンクリートを運搬するためには今後凝結遅延剤や流動化剤の活用も課題と思われる。レディーミキストコンクリートはポンプ打設されるケースが多い。ポンプ打設されるコンクリートは、コンクリートポンプ配管内をスムーズに流れる様な配合で作られている。

しかし、荷卸し現場ではともすると、より流動性が要求されて、「コンクリートへの加水」が行われているようである。我が国の規格に「現場における加水の禁止」の記述は全くないが、諸外国では我が国と同様の問題を抱えているようで表一10に示すように規格に明記している。「加水」が生産者側で行われていようと購入者側で行われていようと、少なくとも先ず生産者側では行ってはならないことをJISに明記した方が良さそうである。

近年、過積載車輛に対する警察の取締りが強化される動きがあるが、レディーミキストコンクリートの重要な資材の一つである骨材を運搬するダンプトラックはもとより、レディーミキストコンクリートの運搬車もその対象となろうとしている。

道路交通法では車輛総重量（車の自重と積荷の合計）は20tを超えてはならないとされており、現在、レディーミキストコンクリートの運搬に使用されている車の99%は車輛自体の重量が約10tの大型車である。運搬車のメーカーが組織している（社）日本自動車車体工業会では、ドラム容量（実質内容積）を車両によって表一11のように区分している。また、実験によってドラム容量に対する最大積載量の割合は51.5%以上がよいという結果を得ておりコンクリートの最大積載量は表一11に示すとおりとなっている。

最大積載量として10t車の場合、4.58m³以上積載してよいことになっているが、一方では、車輛総重量の規制があるため（4.58m³でも11tに相当する）法的には4.58m³以上積載できないことになる。このことはドラム内容積の約半分しか積載できないことを意味している。

アメリカの規格を見ると積載できるコンクリートはトラックミキサの場合はドラム内容積の63%以上積載してはならないが、トラックアジテーターの場合は、ドラム内容積の80%まで許容されている。これはトラックミキサはドラム内でコンクリートの練り混ぜを行わなければならないのに対し、トラックアジテーターは既に練り混ぜを完了している事によるものと思われる。

（社）日本自動車車体工業会が最大積載量をドラム容

表一10 現場における加水
—規定の水量以外の水を加えること—

[出典：文献12), 13), 14), 15), 16)]

日 本	規定なし
イギリス	加水を一切認めない。 ただし、購入者の要請があれば加水できる。その場合は、納品書に購入者又は代理人のサイン並びに加水量を明記する事
アメリカ	運搬中は加水を一切認めないが、現場到着直後、指定スランプ未満の場合は加水できる。 その場合は、水圧や加水方向に留意して水を噴射し、ドラムを更に30回転させなければならない。 また、購入者の要請があれば加水できる。その場合は、納品書に購入者のサイン並びに加水量を明記する事。
フランス	いつでも規定の追加水量を加水できる。 ただし、運搬車には加水量測定装置を搭載していなければならない。 この装置は停車中しか使用してはならない。
ドイツ	加水を一切認めない。 ただし、流動化剤は使用できる。
オーストラリア	条件つきで加水を認める。 (1) 加水後、十分混合すること (2) 加水の事実と加水量を記録すること (3) 加水後のスランプが規定値を満足すること (4) 「水セメント比」指定の場合はその規制値を満足する事

表一11 運搬車の諸元

コンクリートの最大積載量 (t)	車両の自重 (t)	ドラム容量 (m ³)	コンクリート最大積載量 (m ³)	免許
11	10 t以上 12 t以下	8.90 以下	4.58 以上	大型
8	5 t以上 10 t未満	6.30 以下	3.24 以上	大型
4	5 t未満	3.40 以下	1.75 以上	小型

最大積載量：ドラム容量の51.5%以上
コンクリートの単位容積質量：2.4 t/m³

量の51.5%とした根拠は、JIS A 8602—1978（可傾式ミキサ）の中にミキサの容量は練り混ぜ量の2倍の容積を持たなければならないと記述されていたことによる。即ち言いかえると、ミキサ容量の1/2を混合容量と規定している。JIS A 8602（可傾式ミキサ）は平成6年に改正されてその記述はない。

最大混合容量の算定基礎は、ミキサの規格に基づいており、かつ、トラックミキサとトラックアジテーターの両方を勘案した考え方に基づいている。ドラム内の約半分を占めるこの空間が過積載を誘引しているとも言える。我が国には「ミキサ」に関する規格はあるが、「レ

「レディーミクストコンクリート運搬車」に関する規格はなく（社）日本自動車車体工業会が業界規定として定めているに過ぎない。

今後、運搬車の具備すべき性能、例えば運搬中ならびに排出時に均質な状態を維持できる性能（現在 JIS A 5308 の中に規定されている）などの規格化と積載能力の見直しなどが期待される。

6. レディーミクストコンクリートの品質について

レディーミクストコンクリートの品質は JIS A 5308 レディーミクストコンクリートに強度、スランプ、空気量、塩化物含有量が夫々の規定値を満足しなければならないとされている。

(1) 強度は、150 m³ に 1 回試験を行い、二つの条件を満足しなければならない。即ち 1 回の試験結果の平均値は呼び強度の 85% 以上、且つ、3 回の試験結果の平均値は呼び強度の値以上とされている。

しかし、この二つの条件を満足していても 1 個の供試体でも呼び強度を下廻った場合は不合格とされるケースが多い。実体としては 1 回の試験結果も、3 回の試験の平均値も呼び強度の値以上となるように配合設計されている。

強度に関する諸外国の規定を参考までに示すと表—12 の通りである。

(2) スランプ及び空気量は必要に応じ適宜試験を行い、表—13 に示す規定値を満足しなければならないとされている。ただし、スランプ及び空気量的一方又は両方が規定値を外れた場合は新しく試料を採取して 1 回に限り再試験を行う事が出来るようになっている。

(3) 塩化物含有量は塩化物イオン (Cl⁻) 量として 0.30 kg/m³ 以下でなければならないが購入者の承認があれば 0.60 kg/m³ 以下とすることができるとされている。

コンクリートの品質検査は塩化物含有量を除いて荷卸し地点で行うことになっていてスランプ、空気量は直ちに適否が判断できるものの強度については 28 日経過しないと判らない。そこでイギリスでは出来るだけ早く適否を判定するために購入者との合意に基づいて材齢 28 日強度を推定できる促進養生試験を行ってもよいと規定している。

我が国に於いても材齢 28 日強度を精度よく推定できる温水養生 7 日法が JIS A 1805 に新しく規定され、その活用が期待されているが、一方で、図—4 に示すように細骨材の水分計（表面水率連続測定装置）と印字記録装置を用いた品質保証システムによってミキサ 1 バッチ毎、生コン運搬車 1 台毎のコンクリート強度を可なり精度よく推定する方法も研究されている。

表—12 強度に関する諸外国の規定

[出典：文献 9), 14), 15), 16), 21)]

日 本	二つの条件を満足しなければならない。 1. 1 回の試験結果は呼び強度の値の 85% 以上 2. 3 回の試験結果の平均値は呼び強度の値以上																			
イギリス	二つの条件を満足しなければならない。 1. 個々の強度は所要強度から下記の値を差し引いた値以上 所要強度 75~150 の場合 20 kgf/cm ² 所要強度 200 以上の場合 30 kgf/cm ² 2. 連続して実施した強度の平均値は所要強度に下記の値を加えた値以上																			
	<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">所要強度</th> <th colspan="3">連続して実施する回数</th> </tr> <tr> <th>2 回</th> <th>3 回</th> <th>4 回</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>75~150 の場合</td> <td>-</td> <td>10</td> <td>20</td> </tr> <tr> <td>200 以上の場合</td> <td>10</td> <td>20</td> <td>30</td> </tr> </tbody> </table> <p>なお、連続して実施した強度の中に 1 の条件を満足しないバッチがある場合は、その試料が採取されたバッチだけを不良とみなす</p>	所要強度	連続して実施する回数			2 回	3 回	4 回	75~150 の場合	-	10	20	200 以上の場合	10	20	30				
所要強度	連続して実施する回数																			
	2 回	3 回	4 回																	
75~150 の場合	-	10	20																	
200 以上の場合	10	20	30																	
フランス	二つの条件を満足しなければならない。 1. 個々の強度は所要強度から下記の値を差し引いた値以上 所要強度 250 ≥ の場合 35 kgf/cm ² (10) 所要強度 250 < の場合 30 kgf/cm ² (0) 2. 連続して実施した強度の平均値は所要強度に下記の値を加えた値以上																			
	<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">所要強度</th> <th colspan="4">連続して実施する回数</th> </tr> <tr> <th>3 回</th> <th>6 回</th> <th>9 回</th> <th>12 回</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>250 ≥ の場合</td> <td>10 (40)</td> <td>15 (35)</td> <td>18 (32)</td> <td>20 (30)</td> </tr> <tr> <td>250 < の場合</td> <td>20 (60)</td> <td>30 (55)</td> <td>33 (52)</td> <td>35 (50)</td> </tr> </tbody> </table> <p>ただし、NF 適合マークのない工場は () の値とする</p>	所要強度	連続して実施する回数				3 回	6 回	9 回	12 回	250 ≥ の場合	10 (40)	15 (35)	18 (32)	20 (30)	250 < の場合	20 (60)	30 (55)	33 (52)	35 (50)
所要強度	連続して実施する回数																			
	3 回	6 回	9 回	12 回																
250 ≥ の場合	10 (40)	15 (35)	18 (32)	20 (30)																
250 < の場合	20 (60)	30 (55)	33 (52)	35 (50)																
アメリカ	二つの条件を満足しなければならない。 1. 個々の強度は所要強度から 34 kgf/cm ² 差し引いた値以上 2. 3 個連続して実施した強度の平均値は所要強度と同等かまたはそれ以上																			
ドイツ	二つの条件を満足しなければならない。 1. 個々の強度は所要強度と同等またはそれ以上 2. 3 個の供試体の平均値は所要強度に 50 kgf/cm ² を加えた値以上。ただし、個々の供試体は出来るだけ、夫々異なる運搬車から連続して採取する																			
オーストラリア	強度は所要強度の 105% 以上でなければならない																			

コンクリート強度を少しでも早く推定する事は極めて重要なユーザーサービスであり、また品質保証に繋がることにもなる。

我が国のレディーミクストコンクリートの規格では、コンクリートの品質を表わすものとして強度、スランプ、空気量、塩化物含有量の 4 項目を規定しているが、これだけでは必ずしも購入者の要求性能を十分満たしている

表-13 スランプ、空気量の規格値
[出典：文献18)]

	区 分	規 定 値
スランプ	2.5 cm	指定スランプ±1.0 cm
	5 及び 6.5 cm	指定スランプ±1.5 cm
	8 以上 18 cm 以下	指定スランプ±2.5 cm
	21 cm	指定スランプ±1.5 cm
空 気 量	普通コンクリート	4.5±1.5 %
	軽量コンクリート	5.0±1.5 %
	舗装コンクリート	4.5±1.5 %

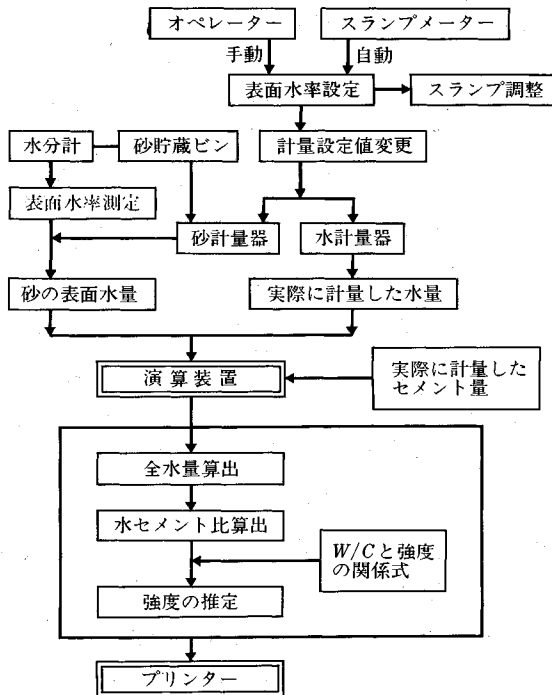


図-4 水分計と印字記録装置を用いた品質保証システム

とは言えない。購入者にとってレディーミクストコンクリートの品質はそのままコンクリートの品質となるので、生産者に求められる要求性能は強度の他に乾燥収縮、中性化、凍結融解、アルカリシリカ反応性、等に対する抵抗性であろう。

生産者として構造物にひび割れが発生しないことまでは保証することはできないが、レディーミクストコンクリートの乾燥収縮が規定値以内であることを保証することはある程度可能であろう。規定値と実際のひび割れ発生度合の関連は学会等で議論される問題であろう。

コンクリートの凍結融解抵抗性について、実験室的には数多くの研究がなされているが、実際のレディーミクストコンクリートについて疫学的に検証したデータは極めて少ない。第7回生コン技術大会で岩手県生コンクリート工業組合が岩手大学の指導を得て発表した論文に

よると図-5に示すように全体の30%のコンクリートが耐久性指数60未満となっている。

東北地区の骨材は品質的には恵まれていないが、AEコンクリートであるからと言って決して安心とは言えず、今後、寒冷地のレディーミクストコンクリートについて実態把握が必要であろう。

7. レディーミクストコンクリートの品質保証について

レディーミクストコンクリート業界は1965年(昭和40年)にJISマーク表示制度の指定商品となって以来、1992年度末現在、JIS工場数は4210工場となり業界全体の78%を占めている(平成5年4月1日現在)。全国生コンクリート工業組合連合会に所属している企業は3411工場であり、この内JIS工場は3334工場で97%の高率を占めている。

JIS工場となるには通産省による厳しい工場審査をパスする必要があり、またJIS工場となつてからも最近では1年に1回、全工場を対象とした公示検査が第3者機関によって行われ、同時に5%の工場を対象として通産省による抜きうちの立入検査が1年に1回の頻度で行われている。

一方、レディーミクストコンクリート業界では1978年(昭和58年)に品質管理監査制度がスタートし、現在は全国の工業組合(中小企業団体の組織に関する法律で都道府県単位に同業者の1/2以上が加入していれば都道府県に一つだけ設立が認められている組合)がこの制度を自主的に取り入れている。

品質管理監査制度は各地の工業組合が自主的に品質管理監査委員会を組織して年に1~2回、工場立入検査を実施し、その結果に基づいて問題点の改善勧告や認定証の交付を行っている。地域によっては産官学によって構成された品質管理監査委員会もある。

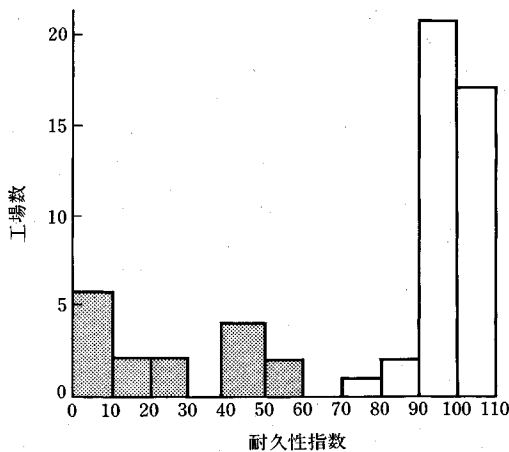
工場立入検査では、工場の品質管理状況を書類などを中心として審査すると共に、常備しなければならない機器類の現認並びにコンクリートの品質検査などを行っている。

審査する項目は通産省が行う立入検査も、第3者機関が行う公示検査も、業界が行う品質管理監査も主に通産省の「レディーミクストコンクリート審査事項」に準拠している。この審査事項には材料から製品に至るまで工場が行わなければならない品質管理方法について細かく規定されている。平成3年3月、従来の審査方法が改められ審査は従来通り「レディーミクストコンクリート審査事項」によってもよいし、主務大臣が品質保証の確保及び国際取引の円滑化に資すると認めた場合は「JIS Z 9902」によってもよいこととなった。

ヨーロッパISO (International Standard Organiza-

表—14 諸外国における立入検査

	フランス	イギリス	ドイツ	日本	アメリカ
検査機関	監査協会	監査協会 (QSRMC)	検査協会 品質管理協会	工業技術院	生コン協会 (NRMCA)
検査頻度 (回/年)	2~3	1	2	1	1 (設備のみ)
立入予告	なし	なし	不明	なし	あり
適合証明	NF 適合マーク	認定書	認定マーク	JIS マーク	認定書
検査をうけ義務	特に義務はないが 殆どの工場は受けて いる	同左	義務あり	義務あり	特に義務はないが 殆どの工場は受けて いる
不合格時の罰則	不明	改善勧告 改善命令 認定取消し公表	再検査 マーク取消し	JIS 表示一時停止	改善勧告 認定書取消し



図—5 耐久性指数の頻度数
[出典：文献 8)]

tion 国際標準化機構) が定めた規格 ISO 9000 シリーズの日本版が JIS Z 9900 シリーズで、JIS Z 9902 はその一つである。EC 諸国では色々な分野で統合が進められていて、規格についても ISO が統合を進めている。ISO 9000 シリーズは、商品の国際取引を円滑にするための「品質保証の国際規格」と言われている。

この規格と合わせて権威ある第 3 者機関が行う品質認証制度があり、認証を受けた企業の製品は輸出入の際に「品質が保証されている製品」として評価される。JIS マーク表示制度がどの程度国際的な品質認証制度に移行して行くか今後を見なければ判らないが、我が国では電子部品、機械等の一部で既に審査機関による認承の動きが始まっている。

JIS マーク表示制度は、製品の主に「品質管理」に重点を置いているのに対し、JIS Z 9900 シリーズによる品質認承制度は製品の「品質保証」に重点を置いている。例えば「JIS Z 9902」は経営の責任、品質の経済性、市場調査に始まり、設計の品質、材料の品質、製造の品質、製品品質の確認、機器管理、是正処置、アフターサービ

スに至るまで全社あげての品質保証の色彩の濃いものとなっている。

各工程での品質確認の為に検査頻度は決められたものではなく企業独自に判断して決定すればよいようになっている。

JIS マークの認可に関し、国が直接関与しているのは我が国だけのようで、EC 先進諸国ではレディーミクストコンクリートの審査を表—14 に示すように権威ある民間の第 3 者機関によって行っている。近い将来、JIS Z 9902 に基づく JIS 審査が行われるようになれば、更に充実した品質保証体制がとれることになる。

最近、PL (製造物責任) 制度が我が国に導入されようとしているが、この制度も日本が国際化の流れの中で生産者として消費者保護重視のために対応して行かなければならない問題であろう。製品の真の品質保証を考えると、賠償責任問題はさけて通れない。

レディーミクストコンクリートが直接人の生命、財産に損害を与えるケースは殆ど考えられないが、コンクリート構造物となったときに賠償責任問題が発生し、間接的に責任を問われる事が考えられる。この制度が導入されれば従来以上に苦情が多発する事は予測しなければならない。荷卸し地点における加水や打ち込みまでの時間の遅延などによってコンクリートが変質して構造物に欠陥が生じたり、コンクリートの取り扱いを誤って皮膚を傷めて損害賠償を求められる事が考えられるので警告を表示上の欠陥を問われないよう配慮しなければならない。

レディーミクストコンクリートの場合、取り扱い説明書はないので納入伝票の裏側などに次のような注意を促す記述が必要かもしれない。

ご 注 意

1. レディーミクストコンクリートに加水したり、製造後 90 分以上経過したものは品質が変化することがありますから注意して下さい。

2. 打ち込みの際はコンクリートが眼に入ったり、直接皮膚に触れないように注意して下さい。

8. 終わりに

レディーミクストコンクリートは我が国では生コンクリートと称され、その製造の歴史は45年経過した。この間、製造方式は世界で最も進んだ全自動プラントとなり、使用材料も天然骨材の砂利、砂を除いて全て工業製品となっている。安定した材料と最新鋭プラントからつくられるコンクリートは、正しい使い方がされている限り世界一の品質と言っても過言ではない。

日本の新幹線が安全運転を続けているのは二重、三重のフェールセーフ（安全装置）対策が取られているためであり、レディーミクストコンクリートの製造にさいしても製造工程の各所にフェールセーフを取り入れ、勝手に取り外せない仕組みを作る事がレディーミクストコンクリート業界のより一層の地位の向上に繋がるものと思われる。

参考文献

- 1) 全国生コンクリート工業組合連合会：生コン工場品質管理ガイドブック，1992年10月（第3次改定版）。
- 2) 通商産業省生活産業局窯業建材課：生コンクリート製造業実態調査報告書，1993年2月。
- 3) ASTM C-33-1986 Concrete aggregates.
- 4) BS 882-1983 Aggregates from natural sources for concrete.
- 5) NF P 18-301-1983 Granulats naturels pour Bétons Hydrauliques.
- 6) DIN 4226-1983 Zuschlag für Beton.
- 7) AS 2758-1-1985 Part-1 Concrete aggregates.
- 8) 全国生コンクリート工業組合連合会：第7回生コン技術大会研究発表論文集，p.195.
- 9) BS 5328-1991 Concrete part-1, Guide to specifying concrete.
- 10) BS 5328-1991 Concrete part-2, Method for specifying concrete mixes.
- 11) BS 5328-1990 Concrete part-3, Specification for the procedures to be used in producing and transporting concrete.
- 12) BS 5328-1990 Concrete part-4, Specification for the procedures to be used in sampling, testing and assessing Compliance of concrete.
- 13) DIN-1045-1988 Beton und Stahlbeton Bemessung und Ausführung (Structural use of concrete).
- 14) ASTM C-94-92a Ready-Mixed Concrete.
- 15) AS-1379-1991 The Specification and manufacture of Concrete.
- 16) NFP 18-305-1981 Bétons, Bétons prêts À l'emploi préparés en usine (Concrete-Ready mixed concrete prepared in the factory).
- 17) ISO-3893 Concrete-classification by compressive strength.
- 18) JIS A 5308 レディーミクストコンクリート。
- 19) ERMCO (European Ready Mixed Concrete Organization) : REPORT OF MEMBERS' ACTIVITIES 1993.9.
- 20) (社)日本建築学会材料施工委員会，1992年度大会材料施工部門研究協議会資料，コンクリート用骨材をめぐる諸問題。
- 21) DIN-1084-1978-Teil 3 Überwachung (güteüberwachung) im Beton-und Stahlbetonbau ; Transportbeton ; Control-Quality Control -of concrete Structures and Reinforced Concrete Structures-Ready-mixed concrete).
- 22) ГОСТ-7473-85 ЦМЕЦИ БЕТОННБГЕ (Ready-mixed concrete).

(1994.2.28 受付)