コンクリート用碎石・砕砂の規格・基準の変遷に関する調査

SURVEY ON HISTORY OF STANDARDS FOR CRUSHED STONE AND CRUSHED SAND FOR CONCRETE

阿部道彦 ——— *1 鹿毛忠継 ——— *2
真野孝次 ——— *3

Michihiko ABE ——— *1 Tadatsugu KAGE ——— *2
Takatsugu MANO ——— *3

キーワード：
コンクリート, 碎石, 砕砂, 規格・基準, 変遷

Keywords:
Concrete, Crushed stone, Crushed sand, Standard, History

In this report, the history of JIS on crushed stone and crushed sand for concrete was investigated. In the course of survey, ASTM standards, standards of crushed stone for road, provisions of academic organizations and research papers on crushed stone/sand which affected on JIS above were investigated. It was found that some items were newly stipulated or changed in JIS, which referred ASTM, based on the circumstance of aggregates in Japan. These findings will provide informative materials for revision of JIS in the future.

1. はじめに

コンクリート用碎石・砕砂の規格・基準については、文献^{1),2)}にその経緯がまとめられている。ここではそれに影響を及ぼしたと考えられる道路用碎石の規格・基準^{3),4)}および ASTM C 33^{注1)}とその関連規格も取り上げ、それらの規格・基準の変遷を試験方法や背景も含めて横断的にとりまとめ、今後の規格・基準の見直しに資する資料を提供することを目的としている。

2020年10月には JIS A 5005 (コンクリート用碎石及び砕砂)の改正が公示され、また、今回の改正では ISO 19595⁵⁾との整合化が求められており、そのためにもこれまでの規格・基準の変遷を整理しておくことは重要なことと考えられる。

なお、6のまとめ以外では当時の表記を尊重しているが、漢字は現在の表記で示している。また、品質項目のうち粒度については重要な部分のみ触れている。日本標準規格 JES, 日本工業規格 (現、日本産業規格) JIS, 建築学会^{注2)}の仕様書, JASS 5 および土木学会の示方書は、参考文献から割愛している。

2. 碎石の規格・基準に関する戦前の動向

2.1 建築学会および土木学会の動向

1922年の建築学会の仕様書には、コンクリート用材料の中に「砂利及び碎石」として記載され、岩種と最大寸法が規定された。1929年の仕様書では、碎石は特別な場合として監督技師の承認のもとに使用することとしている。その後刊行された上記仕様書の解説には、碎石に関する特段の説明はない。

1931年の土木学会の示方書にも碎石に特化した規定は見当たらない。ただし、構造物を耐火構造として造る場合について粗骨材の岩種と被厚を規定しているが、これは碎石を意識した規定と考えられる。1943年の道路舗装の示方書案⁶⁾にも、上層用粗骨材の石質に関する規定以外、具体的な数値による規定はない。

2.2 舗装用碎石の規格・基準

日本道路協会の示した舗装用骨材の仕様の変遷³⁾も参考に、入手できた文献⁷⁻¹⁰⁾から主な仕様を抜粋し、参考のため ASTM の規格¹¹⁾も含めて表1に示す。

表1 戦前における舗装用碎石の基準の例

西暦	規格・基準等の名称	比重	吸水量 %		摩損率*1 %	韌性*2	注滴試験*3
		絶乾	容積	質量	トール試験機	cm	%
1929	ASTM D 194(瀝青舗装用碎石)	—	—	—	6以下	6以上	—
1930以前	シートアスファルト舗装標準仕様書 (東京市土木局)	2.65以上	2.6以下	—	(3.3以下)	—	—
1930	シートアスファルト舗装標準仕様書 (道路研究会)	2.6以上	—	1.0以下	5以下	—	—
1930	東京碎石業組合の合格判定	2.6以上	2.6以下	—	(2.7以下)	—	—
1931 以前	舗装用碎石規格の実例 (東京市道路課)	その1 (6.5cm級)	2.6以上	2.0以下	—	5以下	—
		その2 (3.8cm級)	2.65以上	—	—	(2.5以下)	19以上
1931以前	碎石規格案 (道路研究会委員会)	2.5以上	—	—	5.0以下	—	—
1933以前	アスファルトコンクリート舗装示方書 (内務省土木局)	—	—	2以下	4以下	8以上	—
1931	セメントコンクリート標準舗装示方書 (道路研究会)	1層式又は2層式下層	—	—	—	—	2以下
		2層式上層用	—	—	—	4.0以下	2以下
1931	セメントコンクリート舗装示方書 (内務省土木局)	2層式上層用	—	—	—	4.0以下	8.0以上
		1層式及2層式下層用	—	—	—	4.0以下	8.0以上

*1: すりへり減量のこと、摩耗率ともいう。() はブレンチ係数 (=40/摩損率) から求めた値。

*2: 岩石供試体におもりを落として供試体が破壊するときのおもりの落下高さのこと、*3: 洗い(微粒分量)試験のこと

¹⁾ (国研) 建築研究所 客員研究員 (工学院大学 名誉教授) 工博
(〒305-0051 茨城県つくば市二の宮 1-4-18)

²⁾ (国研) 建築研究所 グループ長・博士 (学術)

³⁾ (一財) 建材試験センター中央試験所 所長

¹⁾ Visiting Researcher, Building Research Institute, Prof. Emeritus, Kogakuin Univ., Dr.Eng.

²⁾ Director, Dept. of Building Materials and Components, Building Research Institute, Ph.D.

³⁾ Director, Central Laboratory, Japan Testing Center for Construction Materials

これによると、ASTM の規格と異なり、わが国の舗装用の基準類の大部分に比重・吸水率が規定されており、これは後の道路用やコンクリート用の碎石の JIS に反映される端緒になったものと考えられる。また、比重および吸水率の値を見ると、現在の碎石より高い品質のものが規定されていたことになる。

3. 戦後から 1960 年までの動向

3.1 1949 年の土木学会示方書の改訂

この改訂でコンクリート標準示方書は、用途別に、4 部構成となった。鉄筋コンクリート標準示方書では、粗骨材について、粒度のほか表 2 に示すように、有害物（洗い試験で失われる量）、耐久性（安定性）およびすりへり減量について具体的な規定が定められ、碎石の洗い試験で失われる量とすりへり減量については、砂利と異なる値が定められた。これらの規定は示方書解説に「米国の諸規定を採用した」と記載されているが、有害物の規定が ASTM C 33-37T によること以外は出典を把握できなかった。

耐久性とすりへり減量については、コンクリート道路標準示方書に鉄筋コンクリート標準示方書と同じ値が規定されている。その解説には、すりへり試験は米国での実験結果を踏まえ将来はロサンゼルス試験機によることとしたい旨、述べられており、これは 1952 年の道路用碎石の JIS や 1956 年の土木学会の示方書に反映される。

このほか、耐火構造用骨材の品質が二つの群に分けて規定され、これは吉田徳次郎により 1942 年に紹介¹²⁾されているが出典は不明で、1956 年の改訂でこの規定は削除される。

大ダムコンクリート標準示方書では、「粗骨材の比重は 2.60 以上を標準」としており、その理由として解説には、粗骨材の比重は強度と耐久性とを表す目安で、重力ダムでは粗骨材の比重が大きいものほど有利である場合が多く、2.60 以下の場合には、一般に内部に空げきが多く水密性、強度、等について不適当なものが多いことをあげている。1986 年に比重は 2.50 以上と変更され、1996 年になると表乾比重 2.50 以上と表記が変更される。

3.2 1953 年の JASS 5 の制定

1950 年の日本建築学会の仕様書をベースに 1953 年に JASS 5 が制定されるが、碎石コンクリートについては「14 節 その他のコン

クリート」の 1 項目に入っただけであった。このため、浜田は各種碎石を用いた調査実験を行い、1954 年に「碎石コンクリート標準仕様書」を提示した¹³⁾。そして、川砂利の逼迫により砂利の最大径が 20mm を超えることが珍しくなくなったが、それに対応する設計の変更が行われないため、「その結果コンクリートの“す”となって現れて来る」として、20mm の碎石へ移行する必要性を指摘している。

3.3 比重および吸水率の試験方法の JIS 制定

1949 年 6 月の工業標準化法の制定以降、JES や団体規格の多くが JIS に移行していく。細骨材と粗骨材の比重および吸水率試験方法の JIS は 1951 年に制定されたが、そのときの比重は表乾比重であった。一方、用語として土木学会の示方書では比重が、また、JASS 5 では見掛比重が使用されていたが、1965 年に両学会のコンクリート委員会が統一用語として表乾比重または絶乾比重と記載することを決定する¹⁴⁾。これを受けて JASS 5 では 1965 年版の解説に、比重には見掛比重（表乾比重、絶乾比重）と真比重があり、この仕様書では比重は絶乾比重を意味している旨、記述したと推測される。

3.4 道路用碎石の JIS 制定

1952 年、JIS A 5001（道路用碎石）が制定された。岩石の岩種、比重、吸水率のほか、すりへり減量については粒度ごとに後述するダブル試験機とロサンゼルス試験機による場合の値がそれぞれ規定される。耐久性（安定性）については、解説に「試験の意義および限度の当否に疑問があるので規格にはとりあげられなかった。」と記述されており、これはこのまま現在に至っている。また、大きさの範囲（mm）が 5 号で 20～10、6 号で 10～5 となっており、現行の 13mm での区分と異なっているが、これは 1970 年に改正される。

すりへり減量の試験方法はまだ JIS が制定されていなかったため、当該 JIS の中に上述した二つの試験機による方法が規定された。

3.5 日本道路協会による舗装要綱の制定

日本道路協会は、1953 年、アスファルト舗装要綱¹⁵⁾を制定し、1992 年まで 6 回改訂を重ね、JIS A 5001 との整合を図りながらも、道路の部分ごとにやや異なる値を規定している。続いて 1955 年には、セメントコンクリート舗装要綱¹⁶⁾を制定し、1984 年まで 3 回改訂を重ねている。制定時には「細長いあるいは薄つぺらな石片」を「骨材を包む直方体の最大長と最小長との比が 5 より大きい石片」

表 2 戦後～1960 年までの碎石の基準

西暦	規格・基準等の名称（一部,略称）	比重	吸水率(%)	すりへり減量（%）		安定性（%）		粒形判定 実積率 （%）	洗い試験で 失われるもの の（%）
		表乾	質量	ダブル試験機	ロサンゼルス 試験機	硫酸ナトリウム	硫酸マグネシウム		
1949	土木学会示方書（鉄筋コンクリート）	—	—	標準5 最大9	—	標準12 最大15	—		標準0.75 最大1.5
	土木学会示方書（道路）	—	—		—		—		
	土木学会示方書（重力ダム）	2.6以上を標準	—		—		—		
1951	JIS A 1110（粗骨材の密度・吸水率）制定	○	○	—	—	—	—		—
1952	JIS A 5001（道路用碎石） 制定	2.50以上	3.0以下	粒度による	粒度による	—	—		—
1952	ASTM C 33改正	—	—	—	50以下	12	—		1.5
1953	アスファルト 基層,中間層,複粒度骨材表層 舗装要綱制定	—	—	8以下	50以下	—	—		—
	表面処理,粗粒度骨材表層	—	—	6以下	40以下	—	—		—
1954	JIS A 1120(ダブル試験機) 制定	—	—	○	—	—	—		—
	JIS A 1121(ロサンゼルス試験機) 制定	—	—	—	○	—	—		—
1954	JIS A 1122（安定性試験） 制定	—	—	—	—	○	○		—
1955	セメントコンクリート舗装要綱制定	—	—	望ましい値 5 最大 9	—	12	18		1.5
1956	土木学会示方書（鉄筋コンクリート）	—	—	—	—	12	—		1.5
	土木学会示方書（舗装）	—	—	—	40以下		—		
	土木学会示方書（ダム）	2.6程度以上を標準	—	—			—		
1957	JASS 5 改定	—	—	—	—	—	—	55以上	—

と定義してその量が15%以下と規定している。これは1964年の改訂で削除されるが、1967年改訂のアスファルト舗装要綱にその量を10.0%以下と厳しくして引き継がれることになる。

すりへり減量については、1967年改訂のアスファルト舗装要綱では表層・基層についてすりへり減量(%)を35以下としたが、この規定はその後1970年改正のJIS A 5001の道路用碎石1種、1972年改訂のセメントコンクリート舗装要綱、1974年改訂の土木学会示方書(舗装)へと引き継がれていくこととなる。

3.6 すりへり試験のJIS制定

1954年にJIS A 1120(ダブル試験機による粗骨材のすりへり試験方法)とJIS A 1121(ロサンゼルス試験機による粗骨材のすりへり試験方法)が制定された。前者は1878年にフランス人Devalによって提案され、ヨーロッパおよび米国に普及した^{17)、18)}もので、ASTM D 2¹⁹⁾とASTM D 289²⁰⁾を参考に作成されている。図1に例示する試験機²¹⁾を用い、内径20cmの铸铁製円筒(A)に試料を入れて蓋(B)をして水平回転軸に角度30度で取り付けて30~33回/分で1万回回転させ、1.7mmふるいを通過する試料の割合を調べるものである。しかしながら、試験に比較的長時間を要する(後者の10~20倍)などの理由²²⁾でありあまり使われず、1976年の改正では廃止は見送られた²³⁾が、1993年3月に廃止される。

後者はASTM C 131²⁴⁾を参考に作成されているが、JISではASTMの7つの粒度区分のうち、20~10mmと10~5mmをそれぞれ25~15mm、15~5mmと変更している。このため、20~10mmについては2001年にJIS A 1121を改正し、また、10~5mmについては2020年にJIS A 5005を改正して対応している。

なお、2001年版の解説には、ASTMと異なる粒度区分を定めた理由について、「理由は現在ではよくわからないが、規格制定当時の骨材事情を反映してのことと推察される。」と記述されている。当時の各種示方書等をまとめた文献³⁾では、粗骨材の粒度について「最大寸法40mmと25mmの場合を扱った」としており、また、当時はコンクリート用より道路用の方が需要が多く、最大寸法として20mmより25mmが優先されたものと考えられる。

3.7 1956年の土木学会の示方書の改訂

このときの改訂では1952年に改訂されたASTM C 33を参考に

図1 ダブル試験機の例²¹⁾

している。用語の定義に砕砂が追加され、洗い試験で失われるものの限度が碎石の場合と同様にASTMに準じて緩和された。

一方、砕砂・碎石の安定性は、ASTM^{注3)}では硫酸ナトリウムによる場合と硫酸マグネシウムによる場合を規定しているが、示方書では硫酸ナトリウムによる規定を採用している。

JIS A 1122(骨材の安定性試験方法)では1954年の制定時にはASTMに準じて二つの試薬のいずれでもよかったため、1967年の示方書解説では、硫酸マグネシウムでもよいとされていた。その後、JISでは1976年の改正で硫酸ナトリウムだけになり²⁵⁾、1996年の示方書解説では硫酸マグネシウムによる試験が削除されている。

すりへり試験はASTM C 33に準じてロサンゼルス試験機による方法が採用され、ASTMではすりへり減量が50%以下と規定されたが、土木学会の鉄筋コンクリート標準示方書からは規定が削除され、コンクリート舗装標準示方書にその限度が40%と規定されている。この値は1961年制定のJIS A 5005(コンクリート用碎石)の規定の基になったものと考えられる。

3.8 1957年のJASS 5の改定

初めて碎石に関する規定が定められ、原石の岩種が規定された。また、碎石の粒形の良否を判定する方法として「粗骨材の実積率試験方法」が定められ、「55%以上とする。」としている。粗骨材の空隙率の試験方法には、ASTM C 30-22²⁶⁾があり、それに基づいて濱田は骨材の試験方法の項目として実積率・空隙率を紹介しており²⁷⁾、これが粒形判定実積率の採用につながっていったものと推察される。文献28)には、碎石の実積率とコンクリートのスランプとの間に良好な関係のあることが示されている。この指標は、1961年制定のJIS A 5005に採用されることとなる。

なお、洗い試験によって失われる量についての規定は、解説にASTM C 33-49Tが紹介されているが、碎石については定めがない。

表3 1961~1979年までの碎石・砕砂の規格・基準

西暦	規格・基準等の名称（一部、略称）		比重		吸水率(%)	すりへり減量（％）		安定性（％）		粒形判定	洗い試験で失われるもの(%)
			表乾	絶乾	質量	ダブル試験機	ロサンゼルス試験機	硫酸ナトリウム	硫酸マグネシウム	実積率（％）	
1961	アスファルト舗装要綱改訂 ^{*1}		2.50以上		3.0以下	粒度による	粒度による	—	—	—	—
1961	JIS A 5005（コンクリート用砕石） 制定		2.50以上		2.0以下	7以下 ^{*2}	40以下	12以下	—	55以上	1.0
1961	JIS A 5001（道路用砕石） 改正		2.45以上		2.5以下	—	粒度による	—	—	—	—
1971	ASTM D 692(瀝青舗装用粗骨材)	表 層	—		—	—	40以下	12以下	18以下	—	—
		基 層			—	—	50以下	—	—	—	—
1964	セメントコンクリート舗装要綱改訂	砕 石	—		—	—	40以下	12以下	—	—	1.5
		砕 砂	—		—	—	—	10以下	—	—	5
1965	JIS A 5005 改正		2.5以上		3以下	7以下 ^{*2}	40以下	12以下	—	55以上	1.0
1970	JIS A 5001 改正	道路用砕石1種	2.45以上		3.0以下	—	35以下	—	—	—	—
		道路用砕石2種 ^{*3}	—		—	—	40以下	—	—	—	—
1972	セメントコンクリート舗装要綱改訂		—		—	—	35(25)以下 ^{*4}	12以下	—	—	1.5
1974	土木学会示方書（RC）（砕石はJIS A 5005引用）		2.5以上		3以下	7以下 ^{*2}	40以下	12以下	—	55以上 ^{*5}	1.5
	土木学会示方書（舗装）		—		—	—	35(25)以下	—	—	—	
	土木学会示方書（ダム）		2.6程度以上を標準		—	—	—	40以下	12以下	—	
1975	JASS 5 改定(JIS A 5005+粗骨材Ⅱ級)		—		2.5以上	3.0以下	—	—	—	—	55以上
1976	JIS A 1110（粗骨材の比重・吸水率試験） 改正		○	○	—	—	—	—	—	—	—
1976	JIS A 1122（安定性試験） 改正		—	—	—	—	—	○	削除	—	—

*1: 碎石はJIS A 5001による。この要綱は1967年と1978年に改訂されているが、ここでは割愛する。*2: ダブル試験機による方法は原石で代用

*3: 瀝青舗装の表層、基層に使用不可 *4: すりへりの25は積雪寒冷地 *5: 最大寸法40mm前後の碎石は60

4. コンクリート用砕石のJISの制定から1979年までの動向

4.1 コンクリート用砕石のJIS制定

コンクリート用砕石は、表3に示すように、1961年にJIS A 5005として制定され、原石の岩種およびアルカリシリカ反応性以外の品質項目とその規定値が定められた。ここで規定された比重とは表乾比重のことで、吸水量の規定は現行の3.0%以下に比べて2.0%以下と厳しくなっているが、これは西沢の提示した骨材分類の目安²⁹⁾における粗骨材の分類B(吸水率1~2%)を参考にしたものとの推測される。また、洗い試験により失われる量の1.0%もASTM C 33や土木学会の示方書の1.5%より厳しくなっている。

この規格では比重と吸水率が規定されたが、ASTM C 33には、文献30)でも指摘されているように比重と吸水率の規定がない。また、この規格では1965年に、砕石の比重の規定の有効数字を2.50から2.5と小数点以下1桁とし、また、吸水率の規定を2.0%以下から3%以下に緩和し表示を整数とする改正が行われた。

4.2 1961年のJIS A 5001(道路用砕石)の改正

JIS A 1102(骨材のフルイ分ケ試験方法)が1953年に改正されたことを受けて、JIS A 5001は円孔ふるいを網ふるいに変更するとともに、実状に応じてふるいの削除・新設を行っている。また、比重は2.45以上と緩和し、吸水量は2.5%以下と厳しくし、スリヘリ減量はJIS A 1121のロサンゼルス試験機による値が規定された。

4.3 1965年のJASS 5の改定

JIS A 5005の制定以降、砕石の品質についてはこれを引用することとなった。また、粗骨材の大きさの標準範囲は、同一部材で砂利より砕石の方を小さくしている。これは、建築物は部材の断面寸法が小さいため、角張っている砕石を使用するとコンクリートの充填性に劣ることを考慮したものである。なお、1977年の改定で、基礎の場合に砂利と砕石の最大寸法を同一にしている。これは、基礎は上部構造の部材より断面の大きいことを考慮したためと考えられる。

4.4 砕石の品質に関する調査

1966年、建設省は河川砂利基本対策要綱を策定して砂利の採取規制を強化することとなり、これは、道路用およびコンクリート用の骨材の、砂利から砕石への転換を促進することとなった。

1967~1968年に、日本コンクリート会議は一般土木工事に適したコンクリート用砕石の品質規準を作成するための調査³¹⁾を行っている。この中で「最も重要なJIS A 5005が余り尊重されず、JIS A 5001道路用砕石が、粒度その他において支配的な影響力を有している」原因を列挙している。また、上記会議の協力者として日本建築学会に骨材小委員会が設置され、砕石の調査研究³²⁾が行われた。

これらの調査の結果では、規準を条文として成文化せず、その考え方を述べるにとどめており、品質による区分の例を示している。また、詳細な検討の結果に基づき、砕石の粒形の判定には寸法測定による各種指標より実積率が有効であることを確認している。

これらとは別に、東京都土木技術研究所では、1964~1968年に行われた道路用砕石の試験結果を報告している³³⁾。また、建材試験センターでは、1968~1970年に行われた砕石の依頼試験結果を報告し³⁴⁾、西沢の調査結果²⁹⁾と比較している。

4.5 1970年のJIS A 5001(道路用砕石)の改正

砕石の原石から瀝青材との付着の悪い花こう岩を除いている。また、ふるいの10mmと15mmを削除し、13mmを新設している。

このため、5号は20~13mmに、6号は13~5mmに変更となり、道路用とコンクリート用の粒度が異なることとなった。また、吸水量が2.5%以下から3.0%以下に緩和され、すりへり減量が1種で35%以下、2種で40%以下となった。道路用砕石のすりへり試験は、これまで呼び名(粒の大きさ)ごとに行われてきたが、この改正で試料は13~5mmに統一され、コンクリート用砕石の場合と異なることとなった。なおこの時期に、道路用砕石とコンクリート用砕石の規定にはわずかな差異はあるが、今後はJISの統一を図ることを考えるべきとの提唱が行われている³⁵⁾。

4.6 1974年の土木学会の示方書の改訂

粗骨材の節に砕石が独立した箇条として新設され、解説に最大寸法40mm前後の砕石に対する実積率として60%以上が適当としている。この値は実験例に照らして1986年に58%に修正された。

4.7 1975年のJASS 5の改定

係員の承認により砕砂を使用できるようになった。このときの改定では、性能仕様を考え方を取り入れ、骨材を品質により3つに級別(I級~Ⅲ級)した。砕石ではJIS A 5005の規定を満足し、かつ、Ⅱ級の場合には、絶乾比重2.5以上、粘土塊量0.25%以下とし、加えてⅠ級の場合には吸水率2.0%以下、粒形判定実積率57%以上と規定された。それまで比重の規定が表乾であったものを、後述するJIS A 1110の改正を先取りして絶乾比重で規定しており、その後の骨材の品質規定を絶乾比重に統一する流れを作ることとなった。

なお、解説には耐火性を必要とするコンクリートに用いる粗骨材に対する耐火度の判定試験方法が提案されているが、これは1997年の改定で削除された。また、耐久性を必要とするコンクリートには、凍害やアルカリ骨材反応に関する検討を推奨している。

4.8 1976年の細骨材・粗骨材の比重・吸水率の試験方法の改正

1951年に制定されたJIS A 1109およびJIS A 1110は、それぞれASTM C 127-36T³⁶⁾およびC-128-36T³⁷⁾を参考に作成されたと考えられるが、ASTMでは絶乾比重、表乾比重、真比重および吸水率の求め方を示していたのに対し、JISでは表乾比重と吸水率の求め方だけを示しており、その後、1976年の改正³⁸⁾で絶乾比重の求め方が追加された。なお、上述の2つのASTMの規格は、道路用骨材の規格ASTM D 30-18³⁹⁾およびD 55-19⁴⁰⁾に依拠したものと考えられ、そこでは粗骨材は絶乾比重になっており、戦前の道路用粗骨材の規定が絶乾比重となっているのは、これによるものと考えられる。

4.9 コンクリート用粗骨材の品質に関する提案

建設省技術管理業務連絡会・コンクリート部会では、低品質粗骨材のコンクリートへの利用に関する調査試験の一環として、1979~1981年度に物理的品質不良骨材に関する調査を行い、粗骨材の吸水率と安定性損失重量を用いて、コンクリートの設計基準強度と耐久性の要求に応じた粗骨材の品質規準(案)を提案し⁴¹⁾、その結果は、1986年の土木学会の示方書の解説に紹介されている⁴²⁾。

5. 砕砂のJISの制定から2009年までの動向

5.1 砕砂の品質に関する検討と1979年のJASS 5の改定

1975年に日本建築学会に設置された砕砂小委員会によりアンケート調査が実施され、日本砕石協会の協力を得て砕砂を生産している11工場から回答を得ている⁴³⁾。その後、砕砂小委員会は、1976年に18種類の試料を入手し、岩種・産地・微粉量が品質試験結果

に及ぼす影響を調べている⁴⁴⁾。そして、JASS 5 の 1979 年版の付録に 1980 年 2 月制定の砕砂の JIS を先取りして掲載している。

1980 年以降の砕石・砕砂の規格・基準の変遷を表 4 に示す。

5.2 コンクリート用砕砂の JIS 制定

砕砂の品質規定の比重は絶乾で、砕石の比重は表乾であるため、1987 年の砕石の JIS 改正までこの齟齬が続く。粗粒率の変動の幅は、ASTM の ± 0.20 より厳しい ± 0.15 と規定されたが、これは砕砂が工業製品で天然砂より製造管理が容易なためと考えられる。また、解説には、洗い試験で失われる量が砂の 3%から 7%に緩和されたことに伴い、0.15mm のふるいを通過する量を 10%から 15%に緩和したことが記載されている。なお、解説には、アルカリ骨材反応などへの対応を求める意見の強かったことが記載されている。

5.3 1985 年の JIS A 5308 の改正

骨材の種類として砕砂が追加された。また、骨材を混合使用する場合の規定が設けられ、粒度および塩分については、混合後に規定を満足すればよいこととなった。この規定は、翌年 JASS 5 にも採用され、混合用の細骨材として砕砂の利用を促進することとなった。

5.4 アルカリシリカ反応への対応

1980 年代初頭から顕在化した鉄筋コンクリートの早期劣化問題に対して、建設省では 1986 年に暫定案⁴⁵⁾を通知した。これに続いて JASS 5 の改定、土木学会示方書の改訂および JIS A 5308 の改正が行われた。翌 1987 年、砕石および砕砂の JIS が改正され、アルカリシリカ反応性による種類（現、区分）が設けられた。また、砕石の比重を砕砂の場合と合わせて絶乾比重と明示している。

5.5 コンクリート用砕石・砕砂の規格統合

1993 年に JIS A 5005 と JIS A 5004 を統合して JIS A 5005 とした。また、具体的な原石名を削除し、一般的な要求事項を規定した。その理由は「同じ原石名の砕石でも石質が大きく異なる場合があることや、原石名で規定を行うよりも原石の性質で規定を行ったほうが規格としては合理的である」と解説に示されている。このほか、吸水率の規定の有効数字を 3%から 3.0%と小数点以下 1 桁にした。このとき、砕砂の洗い試験で失われる量を緩和する要望が出されたが、これは 2009 年の改正で対応することとなる。

5.6 1995 年の JIS A 5001（道路用砕石）の改正

上記 JIS A 5005 と同じ理由で原石名を削除した。比重を絶乾比重と明示したが、規定値に変更はない。有害量については、解説に日

本道路公団のアスファルト舗装要綱の例を示している。

5.7 1999 年の JIS A 1102（骨材のふるい分け試験方法）の改正

この規格ではコンクリート用骨材を対象とし、1950 年の JES 第 408 号（標準試験篩）をもとに定められた 16 種類の寸法のふるいのみを認めていた。一方、道路用砕石については、ふるい分けの方法は JIS A 1102 によるが、使用するふるいは別途定められており、両者に齟齬が生じていた。具体的には道路用の砕石 5 号（20～13mm）と 6 号（13～5mm）に相当するものは、コンクリート用骨材として認められない状況が続いていたが、1999 年の国際整合化による改正により、他の寸法のふるいを JIS Z 8801（試験用ふるい）から選べるようになり、両者の齟齬の解消に道を開くこととなった。

5.8 JCI における骨材問題への取組みと建設省告示

日本コンクリート工学協会（JCI：現、日本コンクリート工学会）では、2000 年後半以降骨材に関連した研究委員会を立ち上げ^{46),1)2)}、その品質に関する検討を行った。このうち文献 1)では、コンクリートの強度との関連は絶乾密度より吸水率の方がやや相関が高い傾向にあるとして、絶乾密度を削除して吸水率を指標として残し、安定性とすりへりは現状どおりとする提案を行っている。

一方、2000 年に定められた建設省告示第 1446 号により、大臣認定を受ける建築物のコンクリートに使用する骨材は、アルカリシリカ反応への対応のほか、絶乾密度、吸水率および粒度の基準値が定められたものでなければならないとなっている。

5.9 2009 年の JIS A 5005（コンクリート用砕石及び砕砂）の改正⁴⁷⁾

この改正では微粒分量を緩和し粒形判定実積率を向上させている。また、微粒分量が粒度分布に影響を及ぼさないように、粒度試験の試料は 75 μ m ふるいに留まるものとしている。1970 年改正の JIS A 5001（道路用砕石）および 2009 年以降に改正された再生骨材関係の JIS でもこれと同様の扱いをしているが、他の細骨材ではそのような扱いをしていない。このため、砕砂を再生細骨材以外の細骨材と混合して使用する場合には、粒度管理に留意する必要がある。ASTM C 125（用語の定義）では細骨材は 4750 μ m のふるいを通過し、75 μ m のふるいの留まるものとしているが、ASTM C 136（ふるい分け試験方法）では 75 μ m 以下を含めるとしている。なお、砕砂の JIS 制定時に微粒分量の緩和に伴い 0.15mm 通過率を 10%から 15%としたが、2009 年の改正では微粒分を取り除いて粒度試験を行うこととしたが、0.15mm 通過率は 15%のままとしている。

表 4 1980～2009 年までの砕石・砕砂の規格・基準

西暦	規格・基準等の名称（一部、略称）	比重 ^{*1}		吸水率(%)	すりへり減量(%)		安定性(%)	粒形判定実積率(%)	洗い試験で失われるもの(%)
				質量	ダブル試験機	ロサンゼルス試験機	硫酸ナトリウム		
1980	JIS A 5004（コンクリート用砕砂）制定	—	2.5以上	3以下	—	—	10以下	53以上	7
1986	JASS 5 改定（砕石は JIS A 5005 引用）	2.5以上	—	3以下	7以下	40以下	12以下	55以上	1.0
1986	土木学会示方書[施工編]（砕石は JIS A 5005）	2.5以上	—	3以下	7以下	40以下	12以下	55以上 ^{*3}	1.5 ^{*4}
	土木学会示方書[舗装・ダム編]	2.50以上	—	—	—	40以下	12以下	—	—
1987	JIS A 5005 改正	—	2.5以上	3.0以下	— ^{*2}	40以下	12以下	55以上	1.0
1988	アスファルト舗装要綱改訂	表層・基層	2.45以上	—	—	30以下	12以下	—	—
		上層路盤	—	—	—	50以下	20以下	—	—
1993	JIS A 5005 と JIS A 5004 の規格統合	—	2.5以上	3.0以下	—	—	10以下	53以上	7
1993	JIS A 1120（ダブル試験機）廃止	—	—	—	廃止	—	—	—	—
1995	JIS A 5001（道路用砕石）改正	—	2.45以上	3.0以下		—	—	—	—
1996	土木学会示方書改訂（砕石は JIS A 5005 引用）	—	2.5以上	3.0以下		1986 年版と同じ			
2009	JIS A 5005（コンクリート用砕石・砕砂）改正	砕石	—	2.5以上		40以下	12以下	56以上 58以上	3.0 5.0
		砕砂	—	2.5以上	—	—	10以下	54以上	9.0

*1：1999 年以降、密度に移行 *2：ダブル試験機による方法の原石の代用は削除 *3：最大寸法 40mm 前後の砕石では約 58 *4：JIS では 1.0%

6. まとめ

コンクリート用砕石・砕砂の規格の変遷について、それに関連する規格・基準も含めて調査した結果は次のようにまとめられる。

- 1) 戦前は主としてアスファルト舗装用に砕石が用いられ、品質基準として絶乾密度、吸水率、すりへり減量が規定されており、品質規定は全般に現在より厳しいものであった。舗装用以外には砕石に特化した規定は見当たらなかった。
- 2) 戦後 1960 年ころまでは、砕石のすりへり減量にダブル試験機による方法とロサンゼルス試験機による方法が併記されることが多く、道路・ダムを除いて密度および吸水率の規定はなく、安定性および微粒分量が規定されていた。
- 3) 1961 年にコンクリート用砕石の JIS が制定され、表乾密度、吸水率、すりへり減量、安定性、粒形判定実積率、微粒分量が規定された。この JIS 以外の規格・基準では、すりへり減量は、ダブル試験機からロサンゼルス試験機による方法に移行した。
- 4) 1970 年代後半からは、密度の規定は表乾密度から絶乾密度へ移行し、1980 年のコンクリート用砕砂の JIS 化、1987 年のアルカリシリカ反応に関する規定を加えて、現在の形になった。
- 5) ASTM の影響が大きいことが確認されたが、当時のわが国の骨材事情も踏まえて ASTM にない規定を定めたり、用途に応じた細部の修正が加えられていることが把握された。
- 6) 規格・基準の制定・改正の理由が不明なものも散見され、解説を残すことの重要性が指摘される。

注

- 注 1) 1921 年に Tentative Specifications for Concrete Aggregates として制定されて以降、頻繁に改正されて規定の内容を充実させている。
- 注 2) 1886 年に造家学会として創立され、1897 年に建築学会、1947 年に日本建築学会と改称されている。
- 注 3) 安定性試験は ASTM では硫酸ナトリウムを用いた方法が 1931 年に細骨材と粗骨材それぞれについて暫定案として制定され、1935 年には硫酸マグネシウムによる方法が追加され、1937 年に細骨材と粗骨材の試験方法が統合されて ASTM C88 となり、現在に至っている。

参考文献

- 1) 真野孝次：わが国の骨材規格の変遷、骨材の品質と有効利用に関する研究委員会報告、日本コンクリート工学協会、pp.185-200, 2007.7
- 2) 鹿毛忠継：骨材、コンクリートに関連する品質基準・試験方法の解釈研究委員会報告書、日本コンクリート工学協会、pp.110-121, 2011.3
- 3) 日本道路協会：日本道路史、pp.1187-1192, 1977.10
- 4) 中井裕：新版砕石、技術書院、pp.49-66, 1980.7
- 5) ISO 19595 : Natural aggregates for concrete, 2017
- 6) 土木学会：無筋コンクリート標準示方書案 第 3 部 道路舗装、土木学会誌 第 29 巻、第 5 号、会告 pp.1-8, 1943.5
- 7) 道路研究会(東京)：シートアスファルト舗装標準示方書、pp.1-4, 1930.11
- 8) 浅野セメント中央研究所：関東地方ニ於ケル砕石工業、1931.7
- 9) 内外工業新聞社出版部：道路提要、pp.284-331, 1933.8
- 10) 浅野セメント株式会社中央研究所編：「セメントコンクリート」及び「セメントマカダム」道路示方書、pp.1-5,9-16, 1931.6
- 11) ASTM D 194-29 : Standard Specifications for Broken Stone for Bituminous Concrete Surface, 1929
- 12) 吉田徳次郎：コンクリート及鉄筋コンクリート施工法、pp.87-88, 1942.4
- 13) 東京大学工学部建築材料研究室：鉄筋コンクリート造建築物における砕石利用に関する研究、石灰石鉱業協会、砕石協会、pp.50-51, 1954.8
- 14) 土木学会：コンクリート標準示方書土木学会標準改訂版、1965.7
- 15) 日本道路協会：道路工法叢書第 6 集、アスファルト舗装要綱、pp.22-23, p.28, 1953.12
- 16) 日本道路協会：道路工法叢書第 9 集、セメントコンクリート舗装要綱、pp.42-46, 1955.10

- 17) 高田昭、眞崎季隆：本邦産舗装用石材、内務省土木試験所報告、第 24 号 附録、pp.1-3, 1933.6
- 18) Woolf, D. O. : Toughness, Hardness, Abrasion, Strength and Elastic Properties, ASTM STP No.169, pp.314-324, 1955.12
- 19) ASTM D 2-08 : Standard Method of Test for Abrasion of Rock by Use of The Deval Machine, 1908
- 20) ASTM D 289-28T : Tentative Method of Test for Abrasion of Gravel by Use of The Deval Machine, 1928
- 21) 日本ボルトランドセメント同業会：コンクリート便覧 p.362, 1939.4
- 22) 伊東茂富：骨材の試験、セメント・コンクリート、No.129, pp.147-148, 1957.11
- 23) 鎌田規夫：最近改正されたコンクリート関係 JIS の紹介、コンクリート工学、Vol.15, No.7, pp.84-86, 1977.7
- 24) ASTM C 131-37 : Tentative Method of Test for Abrasion of Coarse Aggregate by Use of The Los Angeles Machine, 1937
- 25) 鎌田規夫：最近改正されたコンクリート関係 JIS の紹介、コンクリート工学、Vol.15, No.2, pp.61-63, 1977.2
- 26) ASTM C 30-22 : Tentative Method of Test for Voids in Aggregate for Concrete, 1922
- 27) 濱田稔：セメント及コンクリート試験方法、共立社、p.59, 1935.9
- 28) 浜田稔編：建築工事への砕石の利用、日本砕石協会、pp.50-61, 1957.7
- 29) 西沢紀昭：コンクリート骨材の比重、吸水率、安定性、すりへりの各試験結果相互の関係、電力技術研究所報、Vol.9, No.1, 2, pp.18-31, 1959.6
- 30) 土木学会コンクリート委員会骨材試験方法小委員会：コンクリート技術シリーズ 33、将来の骨材試験方法改訂のための検討、pp.1-2, 2004.1
- 31) 日本コンクリート会議砕石委員会：コンクリート砕石の品質規準作成に関する報告書、1969.3
- 32) 日本建築学会：コンクリート用砕石の調査および研究報告書、1968.3
- 33) 倉持文雄：道路用砕石の品質について、骨材資源、Vol.1, No.4, pp.15-25, 1970
- 34) 谷々隆久：わが国における砕石の物理的性質、セメント・コンクリート、No.293, pp.2-7, 1971.7
- 35) 田中和美：道路用、コンクリート用砕石標準規格の統一化、骨材資源、通巻 No.24, pp.30-35, 1975
- 36) ASTM C 127-36T : Tentative Method of Test for Specific Gravity and Absorption of Coarse Aggregate, 1936
- 37) ASTM C 128-36T : Tentative Method of Test for Specific Gravity and Absorption of Fine Aggregate, 1936
- 38) 鎌田規夫：最近改正されたコンクリート関係 JIS の紹介、コンクリート工学、Vol.15, No.2, pp.65-67, 1977.2
- 39) ASTM D 30-18 : Standard Method of Test for Apparent Specific Gravity of Coarse Aggregate, 1918
- 40) ASTM D 55-19 : Standard Method of Test for Apparent Specific Gravity of Sand, Stone and Slag Screenings, and Other Fine Non-Bituminous Highway Materials, 1919
- 41) 建設省土木研究所：コンクリート用粗骨材に関する調査報告書(1)ー物理的品質不良骨材に関する試験調査ー、1982.6
- 42) 土木学会：コンクリート・ライブラリー第 61 号、コンクリート標準示方書(昭和 61 年制定)改訂資料、pp.39-40, 1986.10
- 43) 日本建築学会材料施工委員会第 1 分科会：コンクリート用砕砂の品質基準および使用規準作成のための調査研究計画書、pp.17-22, 1975.7
- 44) 日本建築学会材料施工委員会第 1 分科会骨材小委員会砕砂研究ワーキンググループ：コンクリート用砕砂の品質基準および使用規準作成のための調査研究報告書、pp.15-16, 1978.3
- 45) 建設省住指第 142 号：コンクリートの耐久性確保に係る措置について、1986.6
- 46) 日本コンクリート工学協会：セメント系材料・骨材研究委員会報告書、pp.258-260, 2005.9
- 47) 友澤史紀、辻幸和、山本和成：「JIS A 5005 (コンクリート用砕石及び砕砂)」の改正について、コンクリート工学、Vol.47, No.3, pp.3-9, 2009.3

[2020 年 12 月 20 日原稿受理 2021 年 3 月 29 日採用決定]