

土 木 研 究 所 資 料

再生骨材を用いたコンクリートの設計施工指針(案)

汚泥スラグ骨材を用いたコンクリートの設計施工指針(案)

昭和61年12月

建設省土木研究所
コンクリート研究室

「Copyright © (1 9 8 6) by P.W.R. I.

All rights reserved. No part of book may be reproduced by any means, nor transmitted, nor translated into a machine language without the written permission of the Director General of P.W.R.I.

この報告書は、土木研究所長の承認を得て刊行したものである。したがって、本報告書の全部又は一部の転載、複製は、土木研究所長の承認を得ずしてこれを行ってはならない。 」

再生骨材を用いたコンクリートの設計施工指針(案) 汚泥スラグ骨材を用いたコンクリートの設計施工指針(案)

コンクリート研究室

室 長 小 林 茂 敏
主任研究員 河 野 広 隆

本資料は、建設省総合技術開発プロジェクトの一環として研究開発が行われた再生骨材の有効利用技術の開発および下水汚泥溶融スラグの有効利用技術の開発の成果のうち、これらの現場におけるコンクリートへの利用に直接役立つと考えられる設計施工指針（案）の全文を示すものである。

キーワード： コンクリート，骨材，指針，再生骨材

下水汚泥溶融スラグ骨材，廃棄物

ま え が き

近年、我国の経済成長に伴い、発生する廃棄物は量的に増大し、質的にも複雑化してきている。建設工事に伴い発生する残土、コンクリート廃材、アスコン廃材等の建設発生材についても同様のことがいえる。これらは従来、埋め立てや宅地造成等で処分されてきたが、最近では埋め立て計画の減少、環境問題等から処分地確保が困難になってきている。このような状況を考えると、建設発生材や各種廃棄物を適切に処理することにより、建設事業への有効利用が可能になれば、処分地問題とともに省資源の観点からも有意義である。

このような背景のもとに建設省は昭和56年より5ヶ年計画で「総合技術開発プロジェクト・建設事業への廃棄物利用技術の開発」をとりあげ、研究開発を行ってきた。

ここに示す「再生骨材を用いたコンクリートの設計施工指針（案）」および「汚泥スラグ骨材を用いたコンクリートの設計施工指針（案）」は、上記プロジェクトの成果をもとに、土木構造物用のコンクリートの材料として利用可能と考えられる2つの材料について、現時点で合理的と考えられる使用方法を示したものである。

ここにとりあげた、再生骨材と汚泥スラグ骨材は、処理の方法等によって、まだまだ品質改良の余地があるため、今後の研究開発によって改善されるべきものであると考えられるが、今後、これらの骨材の利用にあたって、本指針（案）が活用されることを期待したい。

最後に、上記プロジェクトの委員会に御参加下さり、御協力を惜しまれなかった委員・幹事の各位ならびに関係各位に厚く御礼申し上げるとともに、今後も多方面の御支援を賜ります様御願い申し上げる次第である。

昭和61年12月

コンクリート研究室

室 長 小 林 茂 敏

主任研究員 河 野 広 隆

総プロ「建設事業への廃棄物利用技術の開発」

土木構造物分科会

名 簿

分科会長	柳 田 力	(財)土木研究センター	常務理事
委員	山 本 泰彦	筑波大学構造工学系	助教授
〃	児 玉 和己	日曹マスタービルダース(株)中央研究所	所 長
〃	太 斎 宗一	日本フライアッシュ協会	技術開発委員
〃	広 川 虎ノ助	(株)東電環境エンジニアリングエンジニアリング事業本部	次 長
〃	畑 実	京阪コンクリート工業(株)	課 長
〃	本 郷 慎一	(社)建設機械化研究所試験部	試験第2部長
〃	山 田 昭捷	東京都下水道局業務部排水指導課	主 査
〃	石 渡 宗男	横浜市道路局工事監理室	副主幹
〃	梶 太 郎	建設省大臣官房技術調査室	技術調査官
〃	浦 田 建一	〃 都市局下水道部下水道企画課	課 長 補 佐
〃	今 村 二 光	〃 近畿地方建設局近畿技術事務所材料試験課	課 長
〃	蒔 田 実	〃 土木研究所地質化学部	部 長
〃	片 脇 清	〃 〃 〃 化学研究室	室 長
〃	小 林 茂 敏	〃 〃 〃 コンクリート研究室	室 長
〃	京 才 俊 則	〃 〃 下水道部汚泥研究室	室 長
〃	樋 下 敏 雄	〃 〃 機械施工部機械研究室	室 長
受託者側委員	山 村 和 也	(財)国土開発技術研究センター	理 事
幹 事	河 野 広 隆	建設省土木研究所地質化学部コンクリート研究室	研究員
〃	桜 井 克 信	〃 〃 下水道部汚泥研究室	研究員
〃	多 田 和 弘	〃 〃 機械施工部機械研究室	研究員
受託者側幹事	飯 島 尚	(財)国土開発技術研究センター研究第2部	部 長
〃	大 田 孝 二	〃 〃	参 事

1. 再生骨材を用いたコンクリートの設計施工指針(案)

目 次

- 1 章 総 則
 - 1 条 適用の範囲
 - 2 条 定 義
- 2 章 再生骨材
 - 3 条 総 則
 - 4 条 再生骨材の品質
 - 5 条 粒 度
 - 6 条 有害物含有量
- 3 章 再生骨材の製造
 - 7 条 再生骨材の製造
- 4 章 再生骨材を用いたコンクリートの品質
 - 8 条 総 則
 - 9 条 再生コンクリートの種類
- 5 章 再生骨材の取扱い
 - 10 条 再生骨材の運搬および貯蔵
 - 11 条 再生骨材の含水量の管理
- 6 章 配 合
 - 12 条 総 則
 - 13 条 A E コンクリートの空気量
- 7 章 練り混ぜ、運搬、打ち込みおよび養生
 - 14 条 総 則
- 8 章 品質管理および検査
 - 15 条 総 則
- 9 章 設計計算における一般事項
 - 16 条 総 則

1 章 総 則

1 条 適用の範囲

この指針は、再生骨材を用いる無筋および鉄筋コンクリート構造物の設計および施工についての一般の標準を示すものである。

この指針に示されていない事項は、土木学会無筋および鉄筋コンクリート標準示方書によるものとする。

(解説)

この指針は、再生骨材を通常の土木構造物のコンクリートに使用する場合を対象として定めたものである。

現在我国では、解体したコンクリート構造物の廃材の量はかなりの量にのぼっており、今後も増加する傾向にあるが、埋め立て等の処理地には限界があり、その合理的再利用が望まれている。既にこの種の廃材の一部は舗装用に利用されているが、近年のコンクリート用骨材の枯渇化等の状況も鑑みると、これをコンクリート用骨材として活用することは重要な課題といえよう。このため、コンクリート廃材の利用方法等については、従来から地道な研究が積重ねられて来ており、最近では、良質なコンクリート用骨材をつくるための処理方法に関しても、その実用化の目途がつく段階に致ったのである。この指針は、廃材処理の問題点の解消と資源や廃材の有効利用の早期実現のために作成したものであって、コンクリート廃材から再生した骨材をコンクリート用骨材として再利用する場合における一般の標準を示したものである。

再生骨材の品質は処理工程によって大きく相違するが、一般に品質を高めるほど多大な経費を要し、中程度の品質の骨材であっても通常の良質な骨材よりかなり割高になる場合が多い。しかし、再生骨材の使用は、その単価のみではなく、前述した諸点も考慮した総合的な判断に基づいて決定するのが望ましい。なお、この指針では、再生骨材を4条のように分類し、再生骨材を用いたコンクリートの種類を9条のように定めたが、これらを適当に選定すれば、特に高い耐久性を必要としない場合や高強度を要しない場合には、比較的安価に構造物をつくることも可能である。

再生骨材は、コンクリート用細骨材あるいは粗骨材単独で用いることができるが、実際の使用では、種々な目的で従来の普通骨材と混合して用いられることも考えられる。そこで、この指針では、再生骨材のみを、細骨材および粗骨材の両方あるいはどちらか一方に用いる場合に限らず、細骨材あるいは粗骨材の一部として再生骨材を使用する場合をも対象とすることにした。再生骨材を使用してコンクリートを造る場合においても、用いるセメント、水、単独又は混合使用する普通骨材および混和材料は、品質の確かめられたものでなければならないことは当然である。

今後再生骨材を多量に使用しようとする場合、生コンへの利用の要請が生じてくるが、現在 J

JIS A 5308「レデーミクストコンクリート」では使用する骨材の規格があり、再生骨材を利用する場合には、この規格に合わないこととなり、必然的に生コンそのものがJISの規格品とはならない。このため、再生骨材を使用する場合には、生コンの製産者、利用者双方に規格外品であるという認識が必要となる。

なお、本指針では例えば9条のコンクリートの分類で再生細骨材をRC構造物には用いないなど、不確定な部分のあるところでは十分な安全を見込んで各項の作成を行っている。今後、再生骨材の使用が増加しコンクリートの特性が明らかにされるとともに、こうした制約条件は適宜見直しが必要かと思われる。

2条 定 義

この指針に用いる用語を次のように定義する。

原コンクリート : 再生骨材の原料となるコンクリート

再 生 骨 材 : 原コンクリートを破砕して作ったコンクリート用骨材

再生骨材コンクリート : 再生骨材あるいは再生骨材とその他の骨材を用いて作ったコンクリート

(解説)

原コンクリートについて

原コンクリートとしては正規に作られた構造物から得られたものであれば、その種類にかかわらず、これを使用してよい。ただし、鉄筋やコンクリート以外の物質は、可能な限り、これらを除去し、特に、レンガ・アスファルト等が混入しているものの場合は、これらを取り除かなければ原コンクリートとして用いてはならない。また、骨材の品質そのものに問題があったために取り壊されたコンクリートは、これを使用してはならないのは当然である。

品質の安定した再生骨材を得るには品質の安定した原コンクリートを用いるのが望ましい。しかし、再生骨材の製造過程からみると、高強度の高品質のコンクリートが必ずしも原コンクリートとして優れているとは限らない。

再生骨材について

再生骨材は原コンクリートを破砕処理して得られるためその品質は主として原コンクリートの品質、破砕の方法や工程、粒度調整方法などの影響を受ける。

再生骨材においても、通常の骨材と同様10mmふるいを全部通過し5mmふるいを重量で85%以上通過するものを再生細骨材、5mmふるいに重量で85%以上とどまる骨材を再生粗骨材と呼ぶ。

再生骨材コンクリートについて

本指針では、普通骨材の有無、種類および混合割合などにかかわらず、再生骨材を用いたコンクリートを再生骨材コンクリートと呼ぶことにした。

2 章 再 生 骨 材

3 条 総 則

再生骨材は、所要の品質が得られるものでなければならない。また、コンクリートの品質に悪影響を及ぼす物質の有害量を含まず、品質のばらつきの少ないものでなければならない。

(解説)

再生コンクリートの品質は再生骨材の品質に大きく影響されることが実験により確認されているが、再生骨材の品質は、原コンクリートの品質や破砕方法、破砕の工程、粒度調整加工方法等の複雑な影響を受ける。一般に再生コンクリートは、普通骨材のみを用いてつくった同じ配合のコンクリートに比較して、ワーカビリティや強度、耐久性等の面で劣る傾向にあり、再生骨材に付着しているモルタルがこれらの品質低下の主な原因となっている。このため所要のコンクリートの強度・耐久性が得られるよう、再生骨材も十分な品質を有するものでなければならず、また、ばらつきの少なくコンクリートの品質に悪影響を及ぼす物質の有害量を含まないものでなければならない。

解説表 3-1、解説表 3-2 は同じ骨材を用いて作成した高強度と低強度のコンクリートを原コンクリートとし、これらを同じ方法で破砕処理して再生した骨材の品質の一例を示したものである。原コンクリートが高強度であっても必ずしも良質な再生骨材が得られるとは言えず、特に細骨材では低強度の原コンクリートからの方が良質の再生骨材が得られている。これは原コンクリートの強度が低い程、モルタルまたはペースト分の除去が容易なためと思われる。

解説表 3-1 再生骨材の物性の例

処理段階	原コンクリートの強度	比重	吸水率 %	モルタルの付着率 %
一次破砕	高 強 度	2.48	4.02	41.7
	低 強 度	2.38	5.18	29.4
中程度	高 強 度	2.57	2.48	26.5
	低 強 度	2.55	2.56	20.6
高度	高 強 度	2.62	1.55	10.8
	低 強 度	2.66	1.06	2.5

解説表 3-2 再生細骨材の物性の例

処理段階	原コンクリートの強度	比重	吸水率 %	セメントの付着率 %
中程度	高 強 度	2.37	7.84	29.0
	低 強 度	2.41	6.58	15.3
高度	高 強 度	2.45	5.86	23.3
	低 強 度	2.52	3.76	9.3

高強度は約 400kg/cm²、低強度は約 200kg/cm²

4条 再生骨材の品質

(1) 再生骨材は、表－1の品質を満足するものでなければならない。

表－1 再生骨材の品質

種別 項目	再 生 粗 骨 材				再生細骨材	
	1 種	2 種		3 種	1 種	2 種
吸水率(%)	3 以下	3 以下	5 以下	7 以下	5 以下	10 以下
安 定 性	12 以下	30 以下	12 以下 (40以下)注	—	10 以下	—

注) 凍結融解耐久性を考慮しない場合。

(2) 化学的あるいは物理的に不安定な再生骨材はこれを用いてはならない。ただし、その使用条件等により、試験結果等から有害な影響をもたらさないものであると認められた場合には、これを用いてもよい。

(解説)

(1) 3条の解説に示したように、再生骨材の品質は骨材に付着しているモルタルの品質や量の影響を著しく受ける。このため、この指針では、モルタルの付着量と付着モルタルの品質に関連の深い吸水率および安定性を再生骨材の品質の指標とし、この2項目により再生細骨材を2種、再生粗骨材を3種に分類した。表中の吸水率および安定性の値の上限値は、主として、コンクリートの強度・耐久性に及ぼす影響を考慮して定めたものである。

再生粗骨材2種については、凍結融解に対する耐久性に関する既往の研究より2つの場合に分けた方が合理的であると考えられるため表のように2組とした。

細骨材の吸水率を求めるのに必要な骨材の表面乾燥状態の判定は JIS A 1109 「細骨材の比重および吸水率試験」によるものとする。この場合、微粒分が多いときには JIS A 1103 「骨材の洗い試験」に準じて微粉を除去したものを試料としてもよい。

再生骨材と普通骨材を混合して用いる場合には、その混合物の品質は向上することが考えられるが、この指針では耐久性等の安全を確保するため混合した再生骨材のみの品質を混合骨材の品質として取り扱うこととした。

文 献

*) 土木研究所資料 1838 「コンクリート用骨材に関する調査報告書(1)」等

(2) 骨材の化学的安定性に関する事項として、アルカリ骨材反応がある。再生骨材は原コンクリートが健全であれば、骨材そのものも化学的あるいは物理的に安定である可能性が高いが、アルカリ骨材反応は配合等の条件によっては再生コンクリートで生じる可能性もあり、耐久性が要求される構造物に再生骨材を用いる場合には、対策を講じる必要がある。対策としては次のようなものがある。

- ① 骨材のアルカリシリカ反応性試験化学法あるいはモルタルバー法で無害と認められた骨材のみを用いる。
- ② セメントに JIS R 6501ポルトランドセメントに示される低アルカリ形セメントを使用する。
- ③ セメントに JIS R 5211 高炉セメントに適合する高炉セメント（B種またはC種）、もしくは混合材を混合したセメントでアルカリ骨材反応抑制効果の確められたものを用いる。
- ④ コンクリート中の 1 m^3 に含まれる総アルカリ量を Na_2O 換算で 3.0 kg 以下にする。

5 条 粒 度

(1) 再生骨材の粒度は表一 2 の範囲を標準とする。

表一 2 再生骨材の粒度範囲

ふるいの呼び寸法 種 別 最大寸法(㎜)		ふるいを通るものの重量百分率 %												
		50	40	30	25	20	15	10	5	2.5	1.2	0.6	0.3	0.15
再生粗骨材	40	100	95-100			35-70		10-30	0-5					
	25			100	95-100		30-70		0-10	0-5				
	20				100	90-100		20-55	0-10	0-5				
再生細骨材								100	90-100	80-100	50-90	25-65	10-35	2-15

ふるい分け試験は、JIS A 1102 によるものとする。

(2) 粗粒率の変動は、コンクリートの配合を定めるときに用いた粗粒率に比べて、再生細骨材で 0.2 以上変動してはならない。

(解説)

(1) 再生骨材の粒度については普通骨材と基本的には同様に考えてよい。再生骨材と普通骨材を混合使用する場合にも粒度の範囲は表一 2 に示すものとしてよい。

(2) 再生骨材の場合も粒度の変動は小さくするようにしなければならない。しかし変動が大きく、コンクリートの配合を定めるときに用いた骨材に比べて、粗粒率が細骨材で 0.2 以上変動した場合にはコンクリートのワーカビリティが変動するので配合を改めなければならない。

6 条 有害物質含有量の限度

有害物質含有量の限度は、表一 3 の値とする。表一 3 に示してない種類の含有物については、責任技術者の指示を受けなければならない。

表一 3 有害物質の含有量(重量百分率)

洗い試験で失われるもの	再生粗骨材 1, 2, 3 種	再生細骨材 1, 2 種
コンクリートの表面がすりへり作用を受ける場合	1.5	5
そ の 他 の 場 合	1.5	7

(解説)

再生骨材の原料となる原コンクリートにアスファルトやレンガ等が混入して、これらが事前に除去されなかった場合、再生骨材コンクリートにこれらが混入されコンクリートの品質に悪影響を与える。このため、こうした混在物は事前に取り除かなければならない。

再生骨材の有害物は、原コンクリートに付着して来て十分に除かれなかった土と破碎によって生じた微粒末が主なものである。この他、海岸域等に建設されたコンクリート構造物では海からの飛来塩分によりコンクリート表面部に比較的高い濃度の塩分を含むことがある。本指針では 9 条に示すように再生細骨材は鉄筋コンクリートには用いないこととしたため、塩分により障害を生ずる恐れはほとんどないと考えられる。その他の有害物は正規に作られた原コンクリートでは問題となることは少ないと考えられるため、本指針では有害物含有量の限度を洗い試験で失われるものについてのみ規定した。

洗い試験で失われる物のうち破碎粉は破碎の際に比較的多量に生じ、かなりの部分は除去されるが、残留したものも配合には若干の影響を与えるものの、コンクリートの強度・耐久性に与える影響は小さく、このため一般骨材より許容値に高い値を設定した。

3 章 再生骨材の製造

7 条 再生骨材の製造

再生骨材は、所要の品質を有する再生骨材が得られるような装置を用いて製造する。

(解説)

再生骨材製造設備としては、砕石機、磁選機、スクリーン、フィーダコンベア、集じん機、公害防止設備などが必要となる。このうち、再生骨材の品質を大きく左右するものは砕石機であるが、一般に砕石機は機械固有の粒度分布の骨材を破碎製造する。このためコンクリートを破碎した場合の破碎分の粒度分布は、同じクラッシャーで原石を破碎した場合とほぼ同様の粒度分布となる。従って、規定の粒度分布を保証するためには、これらの機器の配置は、通常の砕石プラントに概ね準ずることとなる。

再生骨材の吸水率、安定性を向上させるためには、再生骨材に付着するモルタルを、でき得る限り少なくする必要がある。このためロッドミル、ボールミルなど骨材同士をすり合わせてモルタルを除去する工程を最終段階に別途設けるのが有効である。特に、再生細骨材を製造する系統では、この最終工程におけるすり合わせの処理時間を十分長く取る必要がある。このため、この工程では、既存の汎用機によらず、さらに高効率の専用機を開発することが望まれる。

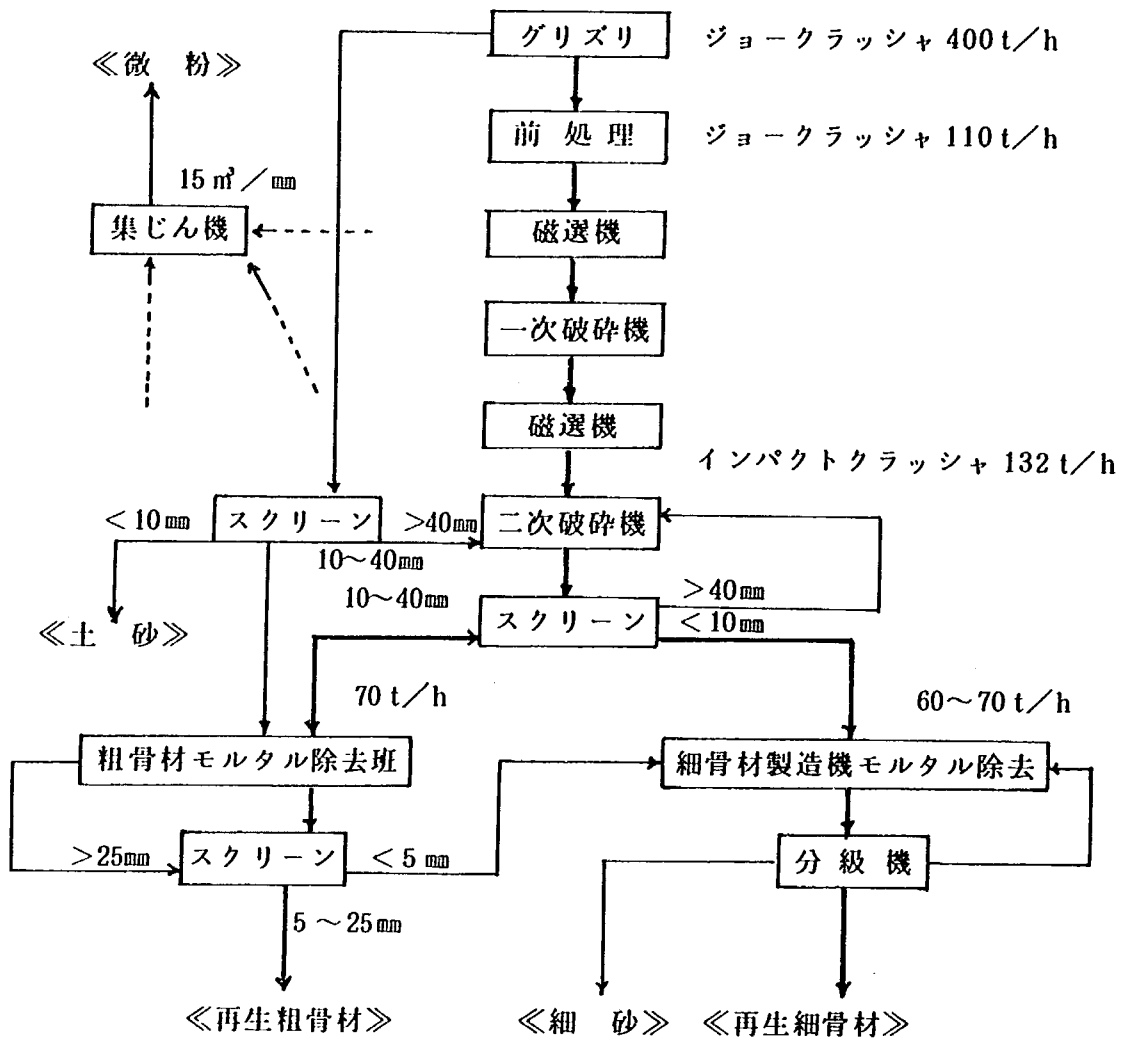
以上を考慮すると機器の配置例として解図一7に示すものが考えられる。この図に示す工程でも再生骨材の品質は、最後のモルタル除去工程における処理時間、回数によって決定されるという結果が得られている。

再生骨材の製造に要する費用は、比較的品質の低いものについては一般骨材の製造費用と大差がないが、品質の高いものについては最終工程での能率が悪くなるため、かなり高価となる。なお、4条に示した分類の再生骨材の生産割合の一例を原コンクリート重量100とした場合の比率として解表一7に示す。

解表一7 再生骨材の品質と生産割合の例

再生骨材の 品 質	粗骨材1種 と 細骨材1種	粗骨材2種 と 細骨材1種	粗骨材2種 と 細骨材2種
再生粗骨材	27%	44%	44%
再生細骨材	31%	28%	40%
微粉、細砂	42%	28%	16%

《原コンクリート》



解図一7 再生骨材生産プラントの例

4章 再生骨材コンクリートの品質

8条 総 則

- (1) 再生骨材コンクリートは、所要の強度、耐久性、水密性、作業に適するワーカビリティ等を持ち、品質のばらつきの少ないものでなければならない。
- (2) 再生骨材コンクリートは、適当な空気量を有するAEコンクリートでなければならない。

(解説)

(2) 再生コンクリートの場合も作業に適するワーカビリティが得られる範囲内で、単位水量をできるだけ少なくすることは、経済上大切であるばかりでなく、コンクリートの体積変化を少なくし、さらに施工中の材料分離等を小さくする上でも肝要である。さらに凍結融解等の気象作用に対しても耐久性の大きいコンクリートでなければならない。AEコンクリートにすると単位水量の低減、耐久性の向上に効果大きい。このため、本指針では再生コンクリートは必ずAEコンクリートとすることとした。

9条 再生コンクリートの種類

使用骨材による再生コンクリートの種類は、表-4による。

表-4 再生コンクリートの種類

再生コンクリート種類	再生コンクリートの設計基準強度 σ_{ck} (kg/cm ²)	使用粗骨材	使用細骨材
I	210 以上 (鉄筋コンクリート)	再生骨材 1 種	普通骨材
II	160 以上 (無筋コンクリート)	再生骨材 2 種	普通あるいは再生骨材 1 種
III	160 以下 (捨コンクリート)	再生骨材 3 種	再生骨材 2 種

(解説)

再生骨材コンクリートでは強度が再生骨材のモルタル部分に支配されるため、C/Wを大きくしても普通コンクリートほど強度は大きくならない。このため、再生骨材コンクリートを用いる場合には一般には高強度化を期すのは品質的にも経済的にも不利で、従って合理的に使用される

構造物の範囲も限定されるものとなる。この指針では大幅に単位水量を増さずに再生骨材を利用できる範囲を考慮して、表一４のような骨材の組み合わせに対して再生コンクリートの設計基準強度を設定した。それぞれの設計基準強度の再生コンクリートを利用できる構造物の例としては解表 9 に示すものがある。

解表一 9

コンクリート種類	構 造 物
鉄筋コンクリート	橋梁下部工，擁壁，トンネルライニング等
無筋コンクリート	コンクリートブロック，道路附属物基礎，側溝，集水樹基礎，重力式擁壁，重力式橋台，法枠，中埋めコンクリート，消波根固めブロック，砂防ダムおよびその付帯工
捨てコンクリート	捨てコンクリート，均しコンクリート 強度の必要ない裏込めコンクリート

普通骨材を再生骨材と混合して用いる場合には再生骨材のみを用いる場合より強度発現が大きくなる傾向にあるが、コンクリートの品質としては強度のみならず耐久性等を考慮しなければならない。再生骨材の品質はコンクリートの耐久性に大きく影響するため、再生骨材と普通骨材を混合使用した場合でも混合比に関係なく混合した再生骨材の種類のみで再生コンクリートの種類を決定することとした。また、原コンクリート中に大量の塩分がしみ込んでいることも予想して、鉄筋コンクリートに再生骨材を使用する場合にはモルタル分を十分に落とした再生一種の粗骨材は使用できるものとし、再生細骨材は用いないこととした。

5 章 再生骨材の取扱い

10条 再生骨材の運搬および貯蔵

再生骨材を取扱うときは、破碎しないよう、大小粒が分離しないよう、異種の骨材、ごみ、雑物等が混入しないようにしなければならない。

(解説)

再生骨材の運搬および貯蔵には普通骨材と同様の取扱いの注意を要する。再生細骨材の中には微粒分が比較的多いものがあるが、こうした骨材を高所から落としたりする場合には風によって細粒が吹き分けられないように注意しなければならない。

11条 再生骨材の含水量の管理

再生骨材は、所要の含水量が均等に維持されるように、これを管理しなければならない。

(解説)

再生骨材のうち普通骨材に比べて吸水率の大きいものでは、含水量の管理がむずかしく、再生コンクリートの品質を一定に保つためにプレウェッチング等の考慮が必要となる場合がある。実験の結果、再生骨材においても24時間のプレウェッチングをおこなえば、それ以降の吸水はほとんどないと考えてよい。

6章 配 合

12条 総 則

再生骨材コンクリートの配合は、所要の強度、耐久性および水密性をもち、作業に適するワーカビリティをもつ範囲内で単位水量をできるだけ少なくするよう、原則として試験によってこれを定めなければならない。

(解説)

再生コンクリートの配合においても、普通コンクリートと同様に、硬化コンクリートの品質を向上させるために、作業に適するワーカビリティをもつ範囲でできるだけ単位水量を少なくしなければならない。再生骨材を用いたコンクリートでは、再生骨材の処理方法によっては粒形や付着したモルタルやペースト分などのために、普通骨材を用いた一般的配合と異なり単位水量がかなり多くなることがある。このため適切な配合を決定するために試験を行うことが必要である。

13条 A Eコンクリートの空気量

- (1) 再生骨材を用いたA Eコンクリートの空気量は粗骨材の最大寸法，その他に応じてコンクリート容積の4～6％を標準とする。
- (2) A Eコンクリートの空気量試験は，JIS A 1118 または JIS A 1128 によるものとする。

(解説)

- (1) 再生骨材を用いた場合，付着したモルタル分のためにエントラップトエアが若干増大する傾向にある。このため十分な耐久性を確保するための必要なエントレインドエアが混入で

きるように、一般のコンクリートに比べ多少高めの空気量を設定した。

(2) 空気量の試験には、JIS A 1118まだ固まらないコンクリートの空気量の容積による試験方法、または JIS A 1128 まだ固まらないコンクリートの空気量の圧力による試験方法のいずれを用いてもよい。

7章 練りませ、運搬、打込みおよび養生

14条 総 則

再生骨材コンクリートの練りませ、運搬、打込みおよび養生は均等質で所定の品質を有するコンクリートが得られるよう、これらを行わなければならない。

(解説)

再生骨材コンクリートの練りませ、運搬、打込みおよび養生は、一般のコンクリートと同様に考えてよい。

8章 品質管理および検査

15条 総 則

再生骨材コンクリートの品質管理および検査は、土木学会無筋および鉄筋コンクリート標準示方書24章による。

(解説)

再生骨材を用いたコンクリートの品質管理および検査は、JIS A 5308 レデーミクスコンクリートに示される一般のコンクリートと同様に考えてよい。

9章 設計計算における一般事項

16条 総 則

再生骨材を用いたコンクリート構造物の設計計算に関する一般事項は普通骨材を使用したコンクリートと同様に行うものとする。

(解説)

弾性係数、クリープ係数、乾燥収縮度、熱膨張率等については一般のコンクリートと同様とする。

2. 汚泥スラグ骨材を用いたコンクリートの設計施工指針(案)

目 次

1 章 総 則

1 条 適用の範囲

2 条 定 義

2 章 汚泥スラグ骨材

3 条 総 則

4 条 汚泥スラグ骨材の品質

5 条 粒 度

6 条 有害物含有量

3 章 汚泥スラグ骨材の製造

7 条 汚泥スラグ骨材の製造

4 章 汚泥スラグ骨材を用いたコンクリートの品質

8 条 汚泥スラグ骨材を用いたコンクリートの品質

5 章 汚泥スラグ骨材の取扱い

9 条 汚泥スラグ骨材の運搬および貯蔵

6 章 配 合

10 条 総 則

11 条 A E コンクリートの空気量

7 章 練り混ぜ，運搬，打ち込みおよび養生

12 条 総 則

8 章 品質管理および検査

13 条 総 則

9 章 設計計算における一般事項

14 条 総 則

1 章 総 則

1 条 適用の範囲

- (1) この指針は、汚泥スラグ骨材を用いる無筋および鉄筋コンクリート構造物の設計および施工についての基準を示すものである。この指針に示されていない事項は、土木学会コンクリート標準示方書によるものとする。
- (2) この指針は下水道施設に用いる無筋および鉄筋コンクリートについて定めるものとし、他の構造物については諸条件を加味したうえでこの指針を準用するものとする。

1 条 解説

この指針は、汚泥スラグ骨材を下水道施設等の土木構造物のコンクリートに使用する場合を対象として定めたものである。

現在、我国では下水道の整備普及とともに汚泥の発生量は年々増加している。こうした汚泥は昨今の社会情勢から減量化、資源化が求められている。資源化の手法としては汚泥をコンポスト化するなどして緑農地へ肥料として用いる方法と、汚泥脱水ケーキを直接あるいは灰にした後に焼成して造った汚泥スラグを土木建築材料として活用する方法の2つが有望視されている。

汚泥スラグを土木建築用材料として用いる方法については焼却灰、人工軽量骨材、汚泥スラグ等について既に地道な研究が積重ねられて来ており、最近では汚泥スラグを用いて比較的良質なコンクリートを作るための手法についてもその実用化の目途がつく段階に至っている。この指針は、廃棄物処理問題の解消と資源の有効利用の早期実現のために作成したものであるが、以下に述べる観点から、当面、下水道施設内で使用されるコンクリートを中心として汚泥スラグを骨材に用いる場合の設計施工法の基準を示すものである。

一般に汚泥スラグは原料となる汚泥の特性および溶融、冷却、処理方式により、コンクリート資材としての特性に大きな差を生じる。特に、熱処理が骨材としての特性に与える影響は大きく、このため良質の骨材を得るためにはかなり大きな経費を要する。しかし、汚泥スラグ骨材の使用はその単価のみでなく、前述した社会的要請をも考慮した総合的な判断に基づいて決定するのが望ましい。

この指針では、適用されるコンクリートは無筋コンクリートおよび鉄筋コンクリートを対象としている。しかしながら、汚泥スラグ骨材を用いたコンクリートについては使用実績がないこと、長期の安定性について十分には検討されていないこと、鉄筋コンクリート構造物での試験施工例がほとんどないこと等を考慮して、当面、現場打ちの無筋コンクリートでは設計基準強度が 160 kg/cm^2 以下、鉄筋コンクリートでは設計基準強度が 210 kg/cm^2 以下の比較的低強度のもの、あるいは、取換え可能な工場製品等から試験施工的に使用し、実績を蓄積していくことが望ましい。なお、安定した供給体制が確立していないことから、当初は主として下水道施設内で使用されるこ

とを想定している。供給体制が整い、品質の安定した骨材が十分に流通するようになり、また、コンクリートの品質に関する資料の蓄積が行なわれれば、より広い範囲の強度範囲や対象構造物等で応用されるべく検討するのが適切である。

2条 定 義

この指針に用いる用語を次のように定義する。

汚泥スラグ骨材：下水汚泥に含まれる無機物を燃焼させ、熔融炉で融解したスラグ溶液を冷却・凝固させ、必要に応じて破碎・ふるい分けを行ったコンクリート骨材。

水砕汚泥スラグ骨材：熔融状態のスラグを水で急速に冷却した汚泥スラグ骨材。細骨材として利用される。非晶質でガラス状。

空冷汚泥スラグ骨材：熔融状態のスラグを大気中に放置して冷却し、破碎工程等を経た汚泥スラグ骨材。主に粗骨材として利用される。非晶質でガラス状。

結晶汚泥スラグ骨材：非晶質でガラス状の汚泥スラグの結晶化の度合いを高めた汚泥スラグ骨材。

2条 解 説

汚泥スラグ骨材について

下水汚泥を 1,200 ～ 1,500℃に熱すると、汚泥中の有機物は、熱分解、燃焼し、残りの無機物は融解する。この融液を冷却・凝固させたものが、汚泥スラグ骨材である。以下に述べるように、その冷却方法又は、結晶化工程の有無によって、その形状や強度は大きく異なるものが製造される。

汚泥スラグ骨材は、汚泥中の成分比、熔融炉の形式・運転条件によっても、その特性は変化する。

水砕汚泥スラグ骨材について

熔融炉から排出される融液に、水を噴射したり、融液を水中に落下させたりして急速に冷却し製造するものである。急速に冷却されるので細粒状かつ、非晶質な汚泥スラグとなり、コンクリート細骨材として利用される。

その形状は、スラグ温度、水量、水圧などの製造条件によって異なる。

水で急冷するところから、急冷汚泥スラグということもある。

コンクリート骨材に利用するにあたっては、水冷方法によっては細粒分が不足気味となるので粒度調整が必要となることがある。

空冷汚泥スラグ骨材について

熔融炉から排出される融液を、空気中に放置することによって、冷却製造するものである。徐々に冷却されるため、塊状となる。

高炉スラグは、空気中で冷却すると、結晶化の進んだスラグとなる。しかし、汚泥の熔融スラグの場合、現状では融液の量が非常に少なく、結晶化に必要な冷却速度（ $3^{\circ}\text{C}/\text{min}$ より遅いこと）より、急速に冷却してしまうため、結晶化の度合いの低い非晶質のスラグとなる。

コンクリート用粗骨材としては、この塊状のスラグを破砕機により破砕して、粒度調整する。

結晶汚泥スラグ骨材について

水砕スラグ、空冷スラグは非晶質でガラス状のため、表面は平滑で、強度も不十分な場合がある。これらの問題は、これらの非晶質のスラグを結晶化することによって解決される。結晶化を進めたスラグを結晶汚泥スラグ骨材という。

結晶化方法には、大きく分けて、①結晶化至適の一定温度に一定時間保つ方法（例えば $1,100 \sim 1,150^{\circ}\text{C}$ 、30分間）と②冷却速度を制御し、それによって結晶化に必要な温度と時間を確保する方法がある。

結晶化の度合いは、X線回折で調べることができる。また、その数量的な表現としてはピークの大きさの和を用いる方法が提案されている。

2章 汚泥スラグ骨材

3条 総 則

汚泥スラグ骨材は、それを用いたコンクリートに所要の品質が得られるものでなければならない。また、コンクリートの品質に悪影響を及ぼす物質の有害量を含まず、品質のばらつきの少ないものでなければならない。

3条 解説

下水汚泥が高温で熔融することは汚泥焼却が開始された昭和40年代前半に知られていた。汚泥の熔融処理は焼却処理より大幅に減容できることや、熔融物が骨材として利用できる可能性があるためここ数年積極的な調査研究が行なわれている。

汚泥スラグの主成分は SiO_2 、 Fe_2O_3 、 Al_2O_3 、 CaO が $70 \sim 80\%$ を占めており、この他に MgO 、 K_2O 、 Na_2O その他の微量成分が含まれている。有機物は焼却・熔融の段階ですべて消失している。これら無機物は $1,000^{\circ}\text{C}$ 程度で軟化し、 $1,200 \sim 1,500^{\circ}\text{C}$ で熔融状態となる。スラグの化学成分により、この温度はかなりの幅があり一般に CaO の石灰分が多いと熔融温度は高く、粘性は下がる傾向にあり、逆に SiO_2 や Na_2O 、 K_2O が多いと熔融温度が低く粘性が高くなる傾向にあるが、これだけでなく他の成分等の条件により熱的性質は複雑に変化する。このような条件があるため、熔融炉より取り出し易いように粘性を下げるために、実務的な熔融温度条件を見つけ出すことが重

要となる。化学成分は、熱的性質の他にも骨材としての性質にも影響する。

この他、溶融後の冷却条件はスラグの骨材としての性質に大きく影響し、急冷するとガラス状となり骨材そのものがぜい性的となり、またセメントペーストとの付着がよくないためコンクリートの圧縮強度、曲げ強度、耐凍結融解耐久性等を低下させる原因となる。前述のような方法により結晶化を進めると、全体的には骨材としての性質は向上する。

重金属等の溶出についてはスラグを溶融しさえすれば法令（注）にもとづく溶出試験や強酸弱アルカリ下での溶出は認められない。ただし、含有量の比較的多い鉄については完全還元状態の溶融方法で得られたガラス状スラグの場合、スラグ表面に鉄の微粒子が露出しこれが酸化されることにより骨材表面に赤さびを生ずることがある。

（注） 準用する法令

- ・ 判定基準：金属等を含む産業廃棄物に係る判定基準を定める総理府令
(昭和 48. 2. 17. 総令・5)
- ・ 検定方法：産業廃棄物に含まれる金属等の検討方法 (昭和 48. 2. 17. 環告・13)

4 条 汚泥スラグ骨材の品質

(1) 汚泥スラグ骨材は、表一 1 の品質を満足するものでなければならない。

表一 1 汚泥スラグ骨材の品質

種別 項目	汚泥スラグ細骨材	汚泥スラグ粗骨材
吸水率	3 % 以下	3 % 以下
安定性	10 % 以下	12 % 以下
実積率	53 % 以上	55 % 以上

なお、吸水率試験は粗骨材については JIS A 1110、細骨材については JIS A 1109、安定性試験は JIS A 1122、実積試験は JIS A 1104 に準ずるものとする。

(2) すりへりを受ける部材に用いる汚泥スラグ骨材のすりへり減量は 40 % 以下でなければならない。すりへり試験は JIS A 1121 による。

(3) 化学的あるいは物理的に不安定な汚泥スラグ骨材は、これを用いてはならない。ただし、その使用条件等により、試験結果等から有害な影響をもたらさないものであると認められた場合には、これを用いてもよい。

4 条 解説

汚泥スラグ骨材は溶融冷却後、破碎されて骨材とされ、必要に応じて結晶化の熱処理等が行なわれる。

一般には、汚泥スラグ骨材は硬質であるが、処理の過程でポーラスになる場合がある。このため過度にポーラスになったものを除くために吸水率、安定性を表－1のように定めた。また破碎処理の際に破碎が適切でないと、粒形が悪く、偏平なもの等が発生し、フレッシュコンクリートのワーカビリティに悪影響を及ぼす可能性がある。このため、骨材の実積率を表－1のように定めた。

骨材の化学的安定性に関する事項として、アルカリ骨材反応がある。汚泥スラグ骨材はコンクリートに用いた実績も少いので、アルカリ骨材反応を生じた事例もない。ただし、すべての骨材が無害であるという保証もないので、重要なコンクリート構造物に汚泥スラグ骨材を用いる場合には、アルカリ骨材反応に対して無害であることを試験によって確認するか、あるいはアルカリ骨材反応の抑制対策を講じて使用しなければならない。対策としては次のようなものがある。

- ① 骨材のアルカリシリカ反応性試験化学法あるいはモルタルバー法で無害と認められた骨材のみを用いる。
- ② セメントに JIS R 6501 ポルトランドセメントに示される低アルカリ形セメントを使用する。
- ③ セメントに JIS R 5211 高炉セメントに適合する高炉セメント（B種またはC種）、もしくは混和材を混合したセメントでアルカリ骨材を混合したセメントでアルカリ骨材反応抑制効果の確められたものを用いる。
- ④ コンクリート中の 1 m^3 に含まれる総アルカリ量を Na_2O 換算で 3.0 kg 以下にする。

5 条 粒 度

(1) 汚泥スラグ骨材の粒度は表-2の範囲を標準とする。

表-2 汚泥スラグ骨材の粒度範囲

ふるいの呼び 寸法 (mm) 骨付の 大きさ (mm)		ふるいを通るものの重量百分率															
		100	80	60	50	40	30	25	20	15	10	5	2.5	1.2	0.6	0.3	0.15
粗 骨 材	25-5	-	-	-	-	-	100	95-100	-	30-70	-	0-10	0-5				
	20-5	-	-	-	-	-	-	100	90-100	-	20-55	0-10	0-5				
	15-5	-	-	-	-	-	-	-	100	90-100	40-70	0-15	0-5				
	10-5	-	-	-	-	-	-	-	-	100	85-100	0-40	0-10				
細 骨 材		-	-	-	-	-	-	-	-	-	100	90-100	80-100	50-90	25-65	10-35	2-10

ふるい分け試験は、JIS A 1102によるものとする。

(2) 汚泥スラグ細骨材の粗粒率の変動は、コンクリートの配合を定めるときに用いた粗粒率に比べて、0.20以上変動してはならない。

5 条 解 説

(1) 汚泥スラグ骨材の粒度については普通骨材と基本的には同様に考えてよい。汚泥スラグ骨材は粒度が単一粒度となりやすいことから、一般の骨材等と混合して用いることも考えられるが、この場合も混合した骨材全体の粒度は表-2に示す範囲のものであればよい。

(2) 汚泥スラグ骨材の場合も粒度の変動は小さくなるようにしなければならない。しかし、粒度の変動が大きくコンクリートの配合を決めるときに用いた骨材に比べて、粗粒率が細骨材で0.20以上変動した場合には一般の骨材を用いたときと同様、コンクリートのワーカビリチーが変動するので配合を改めなければならない。

6 条 有害物質含有量の限度

(1) 洗い試験で失われるものの限度は、表－3 の値とする。

表－3 有害物の含有量の限度

洗い試験で失な われるもの		汚泥スラグ細骨材	汚泥スラグ粗骨材
		5 %以下	1 %以下
	その他の場合	7 %以下	1 %以下

(2) その他の有害物の含有物については、責任技術者の指示を受けなければならない。

6 条 解説

コンクリートの品質に悪影響を及ぼす汚泥スラグ骨材の有害物として考えられるのは破碎の際に生じる微粉末が主なものである。微粉末そのものは、一般骨材を洗い試験した場合に失なわれる粘土、シルト等と異なり、コンクリートの品質に重大な影響を及ぼすものではなく、有効利用の立場からは可能な限り使用するのが望ましい。このため、碎石、砕砂の基準と同様の扱いとした。

この他に汚泥スラグ骨材中の鉄分がコンクリートの表面を汚す可能性も考えられるため、特に美観を要求される場合には検討を要する場合があるが、コンクリートの物理的特性には影響はないと考えてよい。

汚泥スラグ骨材の化学分析結果の判断や、微量成分等による影響等についての判断は責任技術者によることとした。

3 章 汚泥スラグ骨材の製造

7 条 汚泥スラグ骨材の製造

汚泥スラグ骨材は、所要の品質を有する汚泥スラグ骨材が得られるような装置を用いて製造する。

7 条 解説

汚泥スラグ骨材の製造において、その品質に関与する項目は次の3つである。

① 汚泥の無機成分組成、とくに塩基度（ CaO/SiO_2 の比）

これが大きく影響するものとして、次の2つが考えられる。

a. 熔融温度や熔融炉内温度は、汚泥が十分に融解し、かつ融液を炉からスムーズに排除できるよう融液の粘性を下げ、流動性を確保する範囲のものが選ばれる。汚泥を融解する温度は幅があり、その温度の違いによって、エネルギー消費や炉部材の消耗が異なるので熔融温度は低いほど望ましい。熔融温度は、組成によって異なり、とくに大きな影響を与えるのが塩基度である。各種の報告によると、熔融温度の低減の観点からは塩基度の適性範囲は0.6～1.3であり、塩基度がこの範囲にない汚泥は、シリカ分や石灰分を添加し、この範囲になるよう成分調整を行なうことが提案されている。

b. 結晶化の難易——③結晶化のb.参照

② 熔融設備の方式

現在までに開発されている熔融炉を解表-1に示す。汚泥スラグ骨材の品質に影響する要因としては、a. 熔融雰囲気—還元雰囲気又は酸化雰囲気の違い、b. 熔融スラグ中のガスの保持量がある。前者は、3条解説でも述べたように、骨材表面の赤サビ量への影響や成分化合物（酸化物か還元物か）の違いによる強度への影響が考えられ、後者は、スラグ骨材中の空隙の多少による強度への影響が考えられる。

③ 結晶化

3条解説にも示したように、汚泥スラグのコンクリート用骨材としての性質は、スラグの結晶状態に大きく依存し、結晶化したもののほうが品質がよい。結晶化には、先にも述べたように、2つの方法が提案されているが、基本的には汚泥スラグを結晶化至適温度に、必要時間保持することである。

a. 結晶化至適温度に保持する方法——いったん固化したスラグを再び結晶化至適温度に一定時間保持（例えば、1,100～1,150℃、30分間）することにより結晶化する方法。

b. 冷却速度を制御する方法——熔融炉から排出された融液を保温容器に受け、結晶化至適温度範囲内を一定の冷却速度（例えば、3℃/min以下）で冷却させることにより結晶化を進める方法。ただし、塩基度によって至適冷却速度が異なる。

なお、結晶化に要するエネルギー源として、溶融時の廃熱が利用できる。

結晶化スラグの品質改善の例を解表－２に示す。

解表－１ 各種設備の型式と内容

	炉の型式	溶融対象物	説 明
1	反 射 炉	乾 燥 汚 泥	乾燥汚泥を炉芯に対し、ドーナツ型に定置し着火すると炉内上部の壁が加熱されて一層の反射炉を形成し溶融を維持する。 定常条件が整うまではバーナーで加熱し、その後は炉頂高を変化させて温度コントロールする。
		焼 却 灰	炉内に焼却灰を定置しバーナーで炉内を加熱すると炉内上部が加熱され反射炉を形成し、溶融を維持する。 焼却灰には熱量がないので、すべて外部からの燃料に頼る。
2	アーク放電炉	乾 燥 汚 泥	炭素棒電極とベースメタルに通電するとアーク放電が起こり、そのときに発生する熱で溶融を維持する。
		焼 却 灰	〃
3	旋 回 流 炉	乾 燥 汚 泥	円筒状炉の外周にそった旋回流を汚泥と空気で形成させ、炉内滞流時間を長くすることで完全燃焼させ、炉壁を加熱して溶融を維持する。
4	マイクロ波照射炉	焼 却 灰	誘電体である焼却灰にマイクロ波（電磁波）を照射すると、焼却灰は電氣的振動を起こし自己発熱し溶融する。温度条件は、マイクロ波の出力で調整する。
5	コークスベッド炉	乾 燥 汚 泥	汚泥とコークスを交互に炉内に投入し、通気性の確保とエネルギーの供給を行い溶融を維持する。焼却灰の溶融も可能である。

解表一 2 結晶化によるスラグ物性の改良例

圧縮強度

単位 kg/cm²

区分 熱処理温度 サンプル	ガラス状スラグ	熱処理スラグ(結晶化スラグ)				サンプルの CaO, SiO ₂ 組成の条件
	熱処理なし	1,050℃	1,100℃	1,150℃	1,200℃	
A	1,440	2,600	3,400	3,580	790	CaO/SiO ₂ 1.04
B	1,670	3,400	4,700	4,800	990	" 0.86
C	1,570	3,700	4,570	4,690	1,000	" 0.93

抗折強度

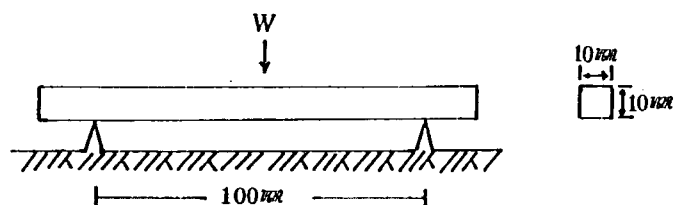
単位 kg/cm²

区分 熱処理温度 サンプル	ガラス状スラグ	熱処理スラグ(結晶化スラグ)				サンプルの CaO, SiO ₂ 組成の条件
	熱処理なし	1,050℃	1,100℃	1,150℃	1,200℃	
A	820	980	1,120	1,270	520	CaO/SiO ₂ 前表 に同じ
B	890	1,640	1,820	1,900	640	"
C	880	1,620	1,800	1,820	620	"

(備考) 抗折強度試験は、ミハレス抗折試験機を用いて下記の試験方法で実施した。

テストピース 10mm×10mm×120L(切り出しサンプル)

支持スパン 100mm



マイクロビッカース硬度

単位 kg/mm²

区分 熱処理温度 サンプル	ガラス状スラグ	熱処理スラグ(結晶化スラグ)				サンプルの CaO, SiO ₂ 組成の条件
	熱処理なし	1,050℃	1,100℃	1,150℃	1,200℃	
A	640	806	855	828	703	CaO/SiO ₂ 前表 に同じ
B	662	785	940	905	746	"
C	648	765	930	890	732	"

熱 膨 張

区 区		軟化点(℃)	熱膨張係数 (1/d)	備 考
A	ガラス状スラグ	750	10.2×10^{-6}	(1) 結晶化の熱処理温度と時間 (1, 150℃, 30分) (2) サンプルの CaO, SiO ₂ 組成の条件は, 前表に同じ
	結晶化スラグ	1, 130	10.2×10^{-6}	
B	ガラス状スラグ	750	9.1×10^{-6}	
	結晶化スラグ	1, 090	9.5×10^{-6}	
C	ガラス状スラグ	750	9.5×10^{-6}	
	結晶化スラグ	1, 100	10.0×10^{-6}	

他岩石との物理特性比較

項目 サンプル	比重	硬 度		圧縮強度 (kg/cm ²)	備 考
		モース	マイクロビッカース (kg/cm ²)		
熱処理スラグ A	3.14	6 ~ 7	828	3, 580	サンプルの CaO, SiO ₂ 組成の条件及び熱処理条件は前表に同じ。
” C	3.06	6 ~ 7	890	4, 690	
砕 石	2.62	5 ~ 6	650	—	
大 理 石	2.64	3	110	730	
ミ カ ゲ 石	2.60	7	1, 120	1, 650	

4章 汚泥スラグ骨材コンクリートの品質

8条 汚泥スラグ骨材コンクリートの品質

- (1) 汚泥スラグ骨材コンクリートは、所要の強度、耐久性、水密性、作業に適するワーカビリティ等をもち、品質のばらつきの少ないものでなければならない。
- (2) 汚泥スラグ骨材コンクリートは、適当な空気量を有するAEコンクリートでなければならない。

8条 解説

(1) 汚泥スラグコンクリートの強度、耐久性、水密性等は構造物の設計において基準とした値を満足しなければならないことは当然である。汚泥スラグコンクリートの品質は汚泥スラグ骨材の品質に大きく影響されるが、一般のコンクリートと同様に十分に行きとどいた施工がなされなければならない必要な品質を得ることはむずかしくなる。

強度について

汚泥スラグを用いたコンクリートの強度特性は、用いた汚泥スラグの品質、特に結晶度に大きく影響される。圧縮強度については、ガラス質の骨材を用いると普通骨材を用いた同じ水セメント比のコンクリートに比較して強度が低くなるが、結晶化すると改善され、普通骨材に比較してむしろ強度が高くなるものがある。曲げ強度や引張強度に関しては、ガラス質のものではかなり劣り、結晶化したものでは改善されるが、圧縮強度に比較すると改善されにくい傾向にある。これは骨材の表面の特性によるものと考えられる。したがって一般のコンクリート同様、使用にあたっては事前に試験を行うのがよい。

耐久性について

汚泥スラグ骨材を用いたコンクリートの凍結融解に対する耐久性は、適当な空気量を有し、骨材の結晶化が十分なものではほとんど問題がないが、ガラス質のものでは一般的な骨材に比較して劣る傾向にある。ただし、厳しい条件でなければ問題ない場合もあるので、やはり試験を行うのが良い。

ワーカビリティについて

汚泥スラグ骨材を用いたコンクリートのワーカビリティは骨材の粒度分布が良好であれば、普通の碎石等とそれほど異なるものではなく、ブリージング等も、特段大きくなるものではない。しかしながら、粒度分布が適切でないとワーカビリティは低下し、空気量等の管理も厳しくなる。こうした場合には、他の骨材等との混合使用も有効である可能性があるので試験を行うのがよい。

5章 汚泥スラグ骨材の取扱い

9条 汚泥スラグ骨材の運搬および貯蔵

汚泥スラグ骨材を取扱うときは、破碎しないよう、大小粒が分離しないよう、異種の骨材、ごみ、雑物等が混入しないようにしなければならない。

9条 解説

汚泥スラグ骨材の運搬および貯蔵に当たっては普通骨材と同様の取扱いの注意を要する。

6章 配 合

10条 総 則

- (1) 汚泥スラグ骨材コンクリートの配合は、所要の強度、耐久性および水密性をもち、作業に適するワーカビリティをもつ範囲内で単位水量をできるだけ少なくするよう、原則として試験によってこれを定めなければならない。
- (2) 汚泥スラグ骨材コンクリートは原則としてA E効果のある混和剤を用いる。

10条 解説

- (1) 汚泥スラグ骨材を用いたコンクリートの配合においても、普通コンクリートと同様に、硬化コンクリートの品質を向上させるために作業に適する範囲でできるだけ単位水量を少なくしなければならない。汚泥スラグ骨材はガラス質なため、一般の骨材に比較して、破碎の際に特異な形状となる場合がある。このため、普通骨材を用いた一般的配合とかなり異なることが考えられるため適切な配合を決定するために試験を行うことが必要である。
- (2) 汚泥スラグ骨材を用いたコンクリートにおいても適切な耐凍結融解耐久性を得るためにはA Eコンクリートとすることが適当である。またA Eコンクリートとすることによって単位水量を減ずることも可能となり硬化コンクリートの品質向上にも効果がある。

11条 A Eコンクリートの空気量

- (1) 汚泥スラグ骨材を用いたA Eコンクリートの空気量は粗骨材の最大寸法，その他に応じてコンクリート容積の4～6％を標準とする。
- (2) A Eコンクリートの空気量試験は，JIS A 1118 または JIS A 1128によるものとする。

11条 解説

- (1) 汚泥スラグ骨材を用いた場合にも耐候性を確保するためには普通コンクリートと同様に4～6％の空気量とすることが必要である。しかしながら汚泥スラグ細骨材を用いる場合には骨材の粒形によってはエントラップトエアがかなり高くなることもあるため空気量を若干高く設定する必要がある場合がある。この場合には実験により適切な空気量を設定するのが望ましい。
- (2) 空気量の試験には，JIS A 1118 まだ固まらないコンクリートの空気量の容積による試験方法またはJIS A 1128 まだ固まらないコンクリートの空気量の圧力による試験方法のいずれを用いてもよい。

7章 練りませ，運搬，打込みおよび養生

12条 総 則

汚泥スラグ骨材コンクリートの練りませ，運搬，打込みおよび養生は均等質で所定の品質を有するコンクリートが得られるよう，これらを行わなければならない。

12条 解説

汚泥スラグ骨材を用いたコンクリートの練りませ，運搬，打込みおよび養生は，一般のコンクリートと同様に考えてよい。

8章 品質管理および検査

13条 総 則

汚泥スラグ骨材コンクリートの品質管理および検査は，JIS A 5308 に準じて行うものとする。

13条 解説

汚泥スラグ骨材を用いたコンクリートの品質管理および検査は JIS A 5308 レデーミクストコ

ンクリートに示された方法と同様に考えてよい。

ただし、汚泥スラグ骨材をレデーミクストコンクリートに用いる場合でも、汚泥スラグ骨材は JIS A 5308 に適合しないので、これを用いてつくったコンクリートは JIS の規格外品となる。このことに対しては、製造者、購入者の双方があらかじめ確認しておく必要がある。

9 章 設計計算における一般事項

14 条 総 則

汚泥スラグ骨材を用いたコンクリート構造物の設計計算に関する一般事項は、試験により確かめるのを原則とする。

14 条 解説

汚泥スラグ骨材を用いたコンクリートの物性は、一般のコンクリートと異なることがあるので、原則として試験により定めるものとする。

再生骨材を用いたコンクリートの設計施工指針(案) ISSN 0386-5878
汚泥スラグ骨材を用いたコンクリートの設計施工指針(案) 土研資料第 2418 号
昭和 61 年 12 月

キーワード：コンクリート，骨材，指針，再生骨材
下水汚泥溶融スラグ骨材，廃棄物

要 旨

本資料は，建設省総合技術開発プロジェクトの一環として研究開発が行われた再生骨材の有効利用技術の開発および下水汚泥溶融スラグの有効利用技術の開発の成果のうち，これらの現場におけるコンクリートへの利用に直接役立つと考えられる設計施工指針（案）の全文を示すものである。



