

再生骨材の最近の動向について

材料研究室

はじめに

現在、コンクリート構造物を解体した際に発生するコンクリート塊の9割以上が道路用路盤材や埋戻し材などとして再利用されています。

しかし図-1に示すように、高度経済成長期に建設された各種構造物の供用年数が終了し、コンクリート解体量が増加すること、路盤材を大量に使用する新規の大型事業が整備完了し、道路用骨材需要量が減少することから、近い将来コンクリート解体量が道路用骨材需要量を上回ることが予想されています。

そこで、これらのコンクリート塊をコンクリート用骨材として利用する再生骨材及びそれらを用いた再生骨材コンクリートについての研究が進められています。しかし材料の特性が十分に解明されておらず、利用範囲が限られているのが現状です。

今回はこの再生骨材の特徴ならびに利用範囲の拡大を目指し制定された各種規格の概要を説明します。

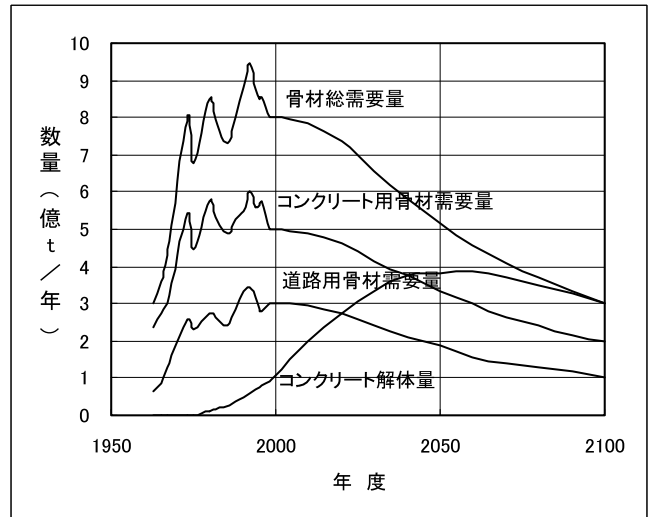


図-1 コンクリート廃棄量と骨材需要量の推計

Q1：再生骨材はどのように製造されるのですか？

A1：再生骨材が通常骨材と大きく違うのは骨材の周辺に古いコンクリートのモルタル分が付着している点です。付着したモルタルの量・品質は再生骨材コンクリートの強度や各種耐久性に悪影響を与えます。このため再生骨材の製造には、一般に解体されたコンクリート塊をジョークラッシャーで一次処理し、所定の粒度にふるい分けして製造する方法（以下「簡易処理」）と高度な処理を施して再生骨材の品質を向上させる方法（以下「高度処理」）があります（図-2、写真-1）。

表-1に代表的な「高度処理」の概要と特徴を示します。

高度処理再生骨材の製造に当たっては「コスト」、「収率」、「品質」の3つが重要となってきます。

処理回数を重ねれば品質は確実に向上するわけですが、処理コストの増加による価格の上昇、骨材収率の低下とそれに伴う微粉末の発生が問題となってきます。

そこでコンクリート構造物に使用するにあたって必

要な最低限の品質がどの程度なのか、各企業や研究機関等で検討が進められています。



図-2 再生骨材の製造方法



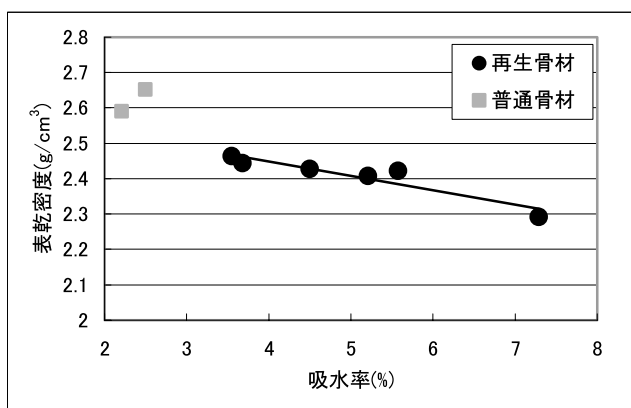
写真-1 処理方法による再生骨材の相違

表－1 高度処理の種類

| 方法 | 概要 | 特徴 |
|-----------|---|------------------------------|
| 加熱擦り揉み方式 | コンクリート塊を約 300℃で加熱処理し、付着モルタルを脆弱化させた状態で擦り揉み効果を与えて分離 | ・付着モルタルの剥離が容易 ・原骨材の破損が小さい |
| 偏心ロータ方式 | 偏心回転する筒にコンクリート塊を投入し、コンクリート塊同士の擦り揉み効果で付着モルタルと分離 | ・原骨材の破損を抑制できる |
| 機械式擦り揉み方式 | 仕切り板を有するドラム内に鋼球を充填し、コンクリート塊を投入して仕切り板を回転させることで付着モルタルと分離 | ・ドラム内に水を注入することで湿式でも製造可能 |
| 湿式選別方式 | ミル内のクロスヘッド部を回転させコンクリート塊のモルタル分を除去し、ジグで流水による比重選別を行い不純物を除去 | ・一定比重を満たさなければ繰り返し剥離処理できる |
| スクリー摩砕方式 | コンクリート塊を回転するスクリーによって擦り揉み処理し、付着モルタルを分離 | ・1回では品質が確保されず複数回の処理が必要 |

Q 2：再生骨材の使用上の問題点はなんですか？

A 2：再生骨材は、普通骨材と比較してコンクリートに使用した際の強度・耐久性に影響する各品質が劣っています。図－3は普通骨材と再生骨材の表乾密度と吸水率の関係を示したのですが、これより再生骨材は比較的表乾密度が低く、吸水率が高いことがわかります。これは空隙が多く低密度なモルタルが多量に付着しており、この空隙に水分が侵入して吸水率が増加したためです。この図からQ 1で述べたとおり再生骨材の品質は付着したモルタルの量・品質に影響されていることがいえます。



図－3 吸水率と表乾密度の関係

特に積雪寒冷地である北海道では、吸水率が高いと凍害などの被害を受けやすくなります。そこで材料研究室では、過年度より再生粗骨材の吸水率と再生骨材コンクリートの強度特性および凍害劣化をはじめとする各種耐久性の関係について研究を進めてきました。その結果を図－4～図－5に示します。

耐久性指数は凍結融解作用に対するコンクリートの耐久性を、乾燥収縮ひずみは乾燥させたコンクリートの元の長さに対する収縮量をそれぞれ表します。

図－4および図－5より吸水率の増加に伴い、耐久性指数および圧縮強度は低下し、乾燥収縮ひずみは増加しており、品質は低下しているといえます。

一般に再生骨材は表乾状態（表面乾燥飽水状態）で使用するため、吸水率が高いと、コンクリートとしての単位水量が増加します。乾燥収縮ひずみは乾燥によるコンクリート空隙からの脱水、凍害劣化はコンクリート中の水分の凍結による体積膨張圧の発生をそれぞれ原因とするため、単位水量の増加、つまり吸水率の増加はこれらの劣化を顕著にするのです。

圧縮強度に関しては、付着したモルタル部で生じた骨材処理時の微細なひび割れが強度面での弱点となり、この結果低下が生じたと考えられます。

このため、付着したモルタルを取り除けば、再生骨材を普通骨材と同様の品質まで向上させて使用できることがわかります。

また、凍害について更に検討を進めたところ、普通骨材の吸水率の指標である3.0%以下を平均的に満たしていれば、コンクリートに対して再生骨材の使用が可能であることがわかりました。ただし、耐凍害性が要求される場合、先に述べたとおりコンクリート全体の単位水量が過剰となると悪影響が生じるため、水セメント比は50%以下に制限されます。

なお現在材料研究室では、寒冷地における鉄筋コンクリートへの利用を目指し、再生骨材中に含まれる塩分量に関する検討を進めている最中です。

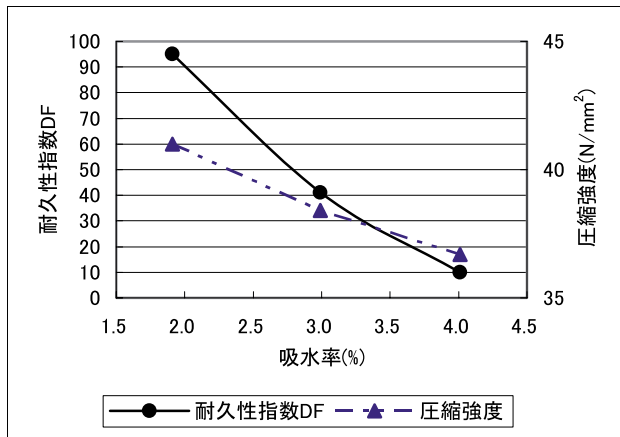


図-4 吸水率と乾燥収縮ひずみの関係

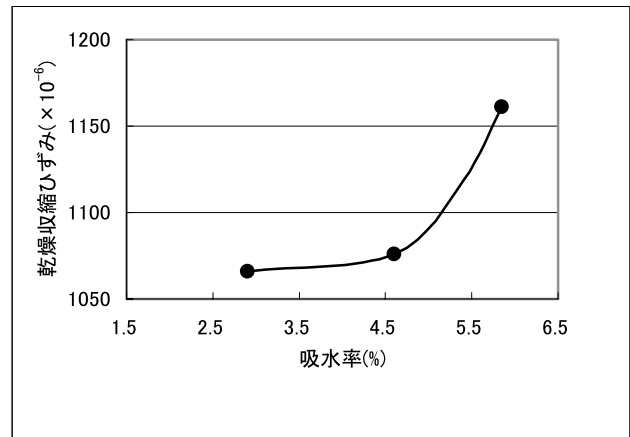


図-5 吸水率と耐久性指数・圧縮強度の関係

Q3：再生骨材の品質はどのように判断されているのですか？

A3：再生骨材は品質に応じて、コンクリート用再生骨材H（以下「再生骨材H」）、コンクリート用再生骨材M（以下「再生骨材M」）、コンクリート用再生骨材L（以下「再生骨材L」）に分類され、現在それぞれのJIS化に向けて検討が進められています。この概要は以下に示すようなものです。

- ・再生骨材H：破碎、摩砕、分級等の高度な処理を行い製造した骨材。
- ・再生骨材M：再生骨材Hに比べ、処理を簡易にして製造した骨材。
- ・再生骨材L：破碎処理のみで製造した骨材。

このうち再生骨材Hに関しては、平成17年4月にJIS A 5021「コンクリート用再生骨材H」として規格が制定されました。また、再生骨材M、Lに関しても今後それぞれ規格が制定される予定です。

再生骨材Hの主要な品質ですが、表-2に示すように普通骨材とほぼ変わらない厳しい規格が設けられています。というのもこの規格は一般用途の鉄筋コンクリート構造物への適用も視野に入れているためです。

このため規格の審議中には問題となる事項が多く挙げられました。骨材品質やコンクリート使用時の強度・耐久性ももちろん検討されていますが、特に問題とされたのは原骨材の特定方法です。再生骨材の使用にあたっては普通骨材と同様、骨材の種類（砕石か川砂利か）や密度・吸水率等の各種品質の特定が必要です。しかし再生骨材の場合、1種類の大規模構造物を解体して再生骨材を製造するようなケースを除けば、同じ構造物中に数種類の品質をもった骨材が混在し、骨材自身の品質が安定しません。そのため再生骨材を利用

表-2 普通骨材と再生骨材Hの基準値比較

| 品質規格 | 普通骨材 | | 再生骨材 | |
|---------------------------|--------|--------|--------|--------|
| | 粗骨材 | 細骨材 | 粗骨材 | 細骨材 |
| 絶乾密度 (g/cm ³) | 2.5 以上 | 2.5 以上 | 2.5 以上 | 2.5 以上 |
| 吸水率 (%) | 3.0 以下 | 3.0 以下 | 3.0 以下 | 3.5 以下 |
| 微粒分量 (%) | 1.0 以下 | 7.0 以下 | 1.0 以下 | 7.0 以下 |

したコンクリートを用いると、安定しない性質のコンクリート構造物が建造される恐れが生じます。

JIS規格は原骨材が特定できるケースを基本として制定されているため、特定できなければ過度の措置を施す必要が生じ、コストアップなどのデメリットにつながります。また、実際に解体構造物ごとに骨材を分類して保管するのは骨材ヤードの数量・容量から見ても現実的とはいえません。

そこでこの規格では構造物の事前調査により骨材品質を確認し、産地や品名が不明でも品質により使用可能であるか特定することで、この問題を解決することになっています。

また品質項目のうち特に重要視されているのがアルカリシリカ反応に関する問題です。アルカリシリカ反応は、骨材中に含まれるある種の成分がコンクリート中の高いアルカリ性水溶液と反応することでアルカリシリカゲルが形成され、それが吸水・膨張することでひび割れ等の発生を招くという現象です。

アルカリシリカ反応は日本では1980年頃に発見されたため、現在供用年数が終了する高度経済成長期(1950

～1970年代)に建設された構造物はアルカリシリカ反応に対し十分な検討・対策がなされていません。よって JIS 規格では事前調査の段階かもしくは再生

骨材に加工した段階でアルカリシリカ反応性を一度は試験し、アルカリシリカ反応の有無について検討することを義務づけています。

Q 4：高度処理を行わなければ再生骨材を使用することは出来ないのですか？

A 4：簡易処理した再生骨材のコンクリートへの利用例としては間詰めコンクリート、均しコンクリートなどがありますが、構造物に適応した実例はほとんどありません。

Q 3 で述べた再生骨材 L は、この間詰めコンクリートなど高い強度や耐久性が要求されないコンクリートへの適用を想定したものです。現段階で考えている品質規格値は吸水率が粗骨材で7.0%以下、細骨材で13.0%以下であり、適切な機械で処理すれば容易に製造することが出来ますが、用途はかなり限定されます。

また、同じく Q 3 で述べた再生骨材 M は再生骨材 H および L の中間の品質を目指すものです。品質規格値は吸水率が、粗骨材で5.0%以下、細骨材で7.0%以下であり、おおよそ中間的な品質ですが確定した値ではなく、現段階ではまだ不透明な状態です。また、再生骨材 M を用いたコンクリートは乾燥収縮・凍結融解抵抗性の面で懸念があるためそれらの影響を受けにくい部位（杭・基礎梁など）への適用が想定されています。

再生骨材 M および L のいずれも高度処理ほどの処理程度は要求されないため、JIS 化が実現すれば再生骨材の利用範囲は拡大するものと考えられます。

また土木学会では「電力施設解体コンクリートを用いた再生骨材コンクリートの設計施工指針（案）」を

公表しています。これは Q 3 で述べた「1種類の大規模構造物を解体して再生骨材を製造するようなケース」に相当し、①同一箇所から大量に発生する、②不純物が少ない、③原コンクリートの種類ごとに分別収集が可能である、などのメリットのもとに処理程度を緩和しても使用できるような内容としています。

具体的な品質規格を表-3に示します。JIS 規格に比べ吸水率やコンクリートを破碎した際に発生する微粒分（付着モルタルを含む）の規格が緩和されており、また破碎時に混入する各種不純物に関しても規制しているため、簡易処理再生骨材でも利用できる可能性があります。

またこの指針では利用範囲は制限されていないため無筋コンクリート構造物だけでなく鉄筋コンクリート構造物にも適応できます。

しかし、凍結融解に関しては、試験法によって結果に相違が生じたため、適用地域の気象条件・環境条件や構造物の適用部位等を考慮して照査しなくてはなりません。なお日本コンクリート工学協会（JCI）北海道支部の成果報告書では、再生骨材を使用する場合、無筋コンクリートであっても「高い耐久性が要求される場合、使用粗骨材の吸水率は3.0%以下とする」と記述されており、これに準拠する必要があります。

（文責 下谷 裕司）

表-3 再生骨材の規格値（電力施設解体コンクリート）

| 品質項目 | | 再生粗骨材 | 再生細骨材 |
|--------------------|---------------|-------------------------------|-------------------------------|
| 吸水率(%) | | 7.0 以下 | 13.0 以下 |
| 微粒分量(%) | | 2.0 以下 | 10.0 以下 |
| 不純物の 混入量 (%) | アスファルト分 | 0.5 以下(骨材を含むアスファルト塊として5.0 以下) | ふるい分けによって不純物は除去されるので、既定値は設けない |
| | 塩化ビニール片やガラスくず | 1.0 以下 | |
| | レンガやタイル | 5.0 以下 | |
| | 木片などの有機物や紙 | 混入していないこと | |

参考文献

- 1) 財団法人 日本規格協会：JIS A 5021 コンクリート用再生骨材 H、2005年3月
- 2) 土木学会：電力施設解体コンクリートを用いた再生骨材コンクリートの設計施工指針（案）、2005年6月
- 3) 日経BP社：技術基準 ポイント解説 『[再生骨材コンクリートの設計施工指針] 本体構造物への再利用を促す』、日経コンストラクション、2005年6月10日号
- 4) 社団法人 セメント協会：第295回コンクリートセミナーテキスト コンクリート技術*新時代、2005年3月
- 5) 社団法人 日本コンクリート工学協会 北海道支部：再生骨材コンクリートの実用化への課題と展望 リサイクル研究委員会報告書、2005年5月
- 6) 社団法人 日本コンクリート工学協会 北海道支部：リサイクル研究委員会報告書、2002年4月
- 7) 土木学会：アルカリ骨材反応対策小委員会報告書—鉄筋破断と新たなる対応—、2005年8月