

廃コンクリートの再利用に関する研究

遠 藤 典 男*

Research for recycling Waste Concrete

Norio ENDOH

Recently, increasing amount of waste, facilities for disposal of waste are shortage, and structuring recycle system is desired society. In the construction industry, a lot of waste discharged, for example steel, concrete et al. In order to waste concrete is consist of mortar and coarse aggregate, it is impossible to separate them completely. So waste concrete crush up, and are using as base coarse material. But road construction is reducing now. From the point of view, when waste concrete using as coarse aggregate, these chemical and mechanical properties are unknown. Therefore we will examine that mixing fresh concrete to broken their blocks (20~50mm diameter), and hardening concrete containing waste concrete will be able to fulfill function structural member.

キーワード: コンクリート廃棄物, セメントペースト劣化, 再利用, 再生骨材

1. 緒 語

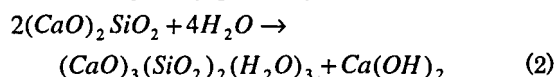
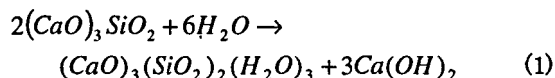
近年, 廃棄物量の増加に伴う処理場不足の深刻化, および循環型社会システムの構築に対する社会的ニーズから廃棄物再利用の機運が高まっている。建設産業においても決して少なくない量の廃棄物が排出されている。建設廃棄物の中で廃棄量が多いものは鉄鋼とコンクリートであるが, 鉄鋼-再溶融により比較的リサイクルが容易に比しコンクリートはセメントペーストと骨材の複合物であるため, 両者の分離, セメントペーストの化学的, 力学的性状評価など種々の要因から容易に再利用するわけにはゆかない。コンクリート廃棄物を再利用する場合, コンクリート塊を20~50mm程度の小片に粉碎した後, 路盤材料などに活用しているのが現状である。さらに, 今後高度成長期に建設された多くのコンクリート構造物が耐用年数を経過し解体される際-メンテナンスにより設計時に設定された耐用年数以上の使用を続けたとしても-膨大な量の廃棄物排出が予想される。このような観点から本研究では, 廃コンクリートを再利用するに際し, 粉碎したコンクリート片をフレッシュコンクリート中に混入することにより, 粗骨

材としての機能, 硬化後のコンクリートが構造部材としての機能を有するかを, 力学的特性と化学的特性に関して検証したものである。なお, 一般に廃棄コンクリートの化学的, 力学的性状は, その出所が明確かつ運搬・粉碎時の管理(他の廃棄物と混合しない)であっても構造物の構成個所により微視的な観点からの劣化状況は異なると考えられる。このため本研究においても, コンクリート随打設後の経過時間, 劣化状況及び配合と強度を評価することなく, 未知なものとして扱っている。

2. コンクリートの化学的特性

2-1 セメントの水和反応と中性化・酸化

セメントの代表的な水和反応は, 次式で表され, 水酸化カルシウムが生成されることになる。



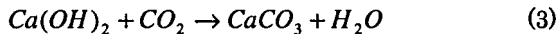
水酸化カルシウムはpH12~13の強アルカリ性を示しセメント水和物のpHを決定している。

一方, 大気中には弱酸性の炭酸ガス(二酸化炭素)が0.03%含まれており, 式(1), (2)で生成される水酸化カルシウムは式(3)に示す反応により炭酸カルシ

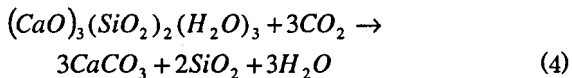
* 環境都市工学科助教授

原稿受付 2002年5月17日

ウムを生成する。

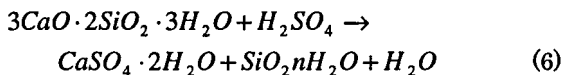


炭酸カルシウムが生成された部分は、pH が 8.5～10 程度になることから、一般に中性化と呼ばれる。また、セメントの水和反応によって生成した水酸化カルシウム以外の鉱物も炭酸ガスと反応し、式(4)に示すように炭酸カルシウムを生成する。この反応は炭酸化であり、日本では中性化に含めて考えられていないが、セメントの強度低下を引き起こすことから本研究では広義に解釈し中性化と位置付ける。



ポルトランドセメントの水和生成物はいずれも酸と反応して分解する。反応の激しさ、速さなどは、酸の種類、濃度のほか、温度、流れの有無、乾燥繰返しの有無、衝撃や摩耗作用の有無、凍結融解の有無などの外部環境によって大きく左右される。

セメント水和物のうち、最も酸と反応しやすいのは水酸化カルシウム Ca(OH)_2 である。硫酸とセメント水和物との反応を化学式で表わすと、



となる。生成する $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (石こう) は水に対する溶解度が比較的小さく、酸性の溶液中ではコンクリート表面へ付着、あるいは沈殿する。

3. 実験概要および考察

3-1 配合および供試体

供試体は以下の4種類を作製した。なお、形状寸法は全て $\phi 100 \times 200$ であり、設計基準強度、配合等を表1、表2に示す。

供試体①：標準粗骨材を使用したテストピース。

供試体②：コンクリート塊を 20～50mm に粉砕（以下コンクリート片と略す）し、フレッシュコンクリートに混入したもの。通常の粗骨材（礫）は混入せず。

供試体③：コンクリート片を1基底の硫酸中に45日間浸潤させ、強制的に劣化させた（以下劣化コンクリート片と略す）後フレッシュコンクリートに混入したもの。通常の粗骨材（礫）は混入せず。

3-2 劣化させた供試体に対する考察

写真1は供試体①を割裂した断面である。断面全体に粗骨材（礫）が分布していることがわかる。

表1 設計基準強度等

| | |
|------------------|---------------------------|
| 設計基準強度 f'_{ck} | 26 [N/mm ²] |
| 配合強度 f'_{cr} | 31.2 [N/mm ²] |
| 粗骨材最大寸法 | 25 mm |
| 粗粒率(細骨材) | 4.5 |
| 粗粒率(粗骨材)* | 5.7 |
| スランプ | 10±1.5cm |
| 空気量 | 4.5 % |

*は前述の①のテストピースに適用

表2 配合(単位量)

| 水セメント比 W/C | セメント量 C | 水量 W | 細骨材量 S | 粗骨材量 G |
|---------------|------------|-----------|-----------|------------|
| 0.47 | 360 kg | 169 kg | 666 kg | 1091 kg |

写真2は供試体③を割裂した断面である。写真1に比し劣化コンクリート片を混入した場合の断面は粗骨材（礫）の分布が不均質、かつ少ないことがわかる。これはコンクリート片中の礫とセメントペーストが粉砕・混入時に攪拌産され不均質になったこと、およびコンクリート片に付着するセメントペーストの分だけ、供試体はセメントペーストを多く含有するためである。

写真3は供試体③を割裂試験した断面にフェノールフタレイン溶液を塗布したものである。白黒写真のためアルカリ化を示す赤色は確認できないが、黒い部分（赤黒く発色）はアルカリ性が強く、薄い部分（薄赤色に発色）はアルカリ性が弱い。硫酸とセメントペーストが反応した石膏を主成分とする物質は、強アルカリ性のフレッシュコンクリートとの混入により再アルカリ化し、薄赤色の発色を示す。

なお、供試体②の割裂断面は写真2と同様の状態であり、断面にフェノールフタレインを塗布した状況は、全断面濃赤色（全断面 pH 10 以上のアルカリ性）の発色を示したため、本文では割愛している。

3-3 供試体の圧縮試験

3-1で定義した3種類の供試体の圧縮試験を行い、応力-ひずみ関係を図示したものが図1である。ひずみに関しては3種類の供試体各々2本ずつ、各テストピースの中央両側にひずみゲージを添付し、各ゲージより測定された3つのデータの平均値をプロットしている。供試体①に関しては一般的なコンクリートテス

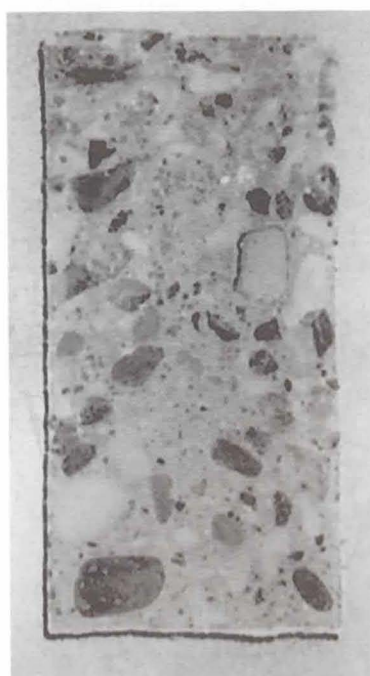


写真1 供試体①の割製断面



写真2 供試体③の割製断面



写真3 供試体③の割製断面

トピースであり、②、③のテストピースと比較するために実験したものであるが、圧縮強度の平均は $48.0[\text{N}/\text{mm}^2]$ となり、配合強度 $31.2[\text{N}/\text{mm}^2]$ を上回っている。

供試体②は通常の粗骨材（礫）は混入せずに、コンクリート片をフレッシュコンクリートに混入したものであるが、コンクリート片がアルカリ性を示しているため、図中の応力-ひずみ関係においても供試体①に近い挙動を示しており、再生骨材として再利用可能であると考えられる。なお、圧縮強度の平均は $41.2[\text{N}/\text{mm}^2]$ となり、配合強度を上回った。

供試体③も、通常の粗骨材（礫）は混入せず、劣化コンクリート片をフレッシュコンクリートに混入したものである。コンクリート片を硫酸に浸潤させ強制劣化させた後、片の周辺に付着する化学反応により生成された石膏を主成分とする部質もフレッシュコンクリートに混入しており、この部分でも再アルカリ化が生じるものの、セメントの水和反応のような十分な強度を有してはいないと考えられる。したがって、圧縮荷重が作用するとこの部分より破壊が生じ、供試体①、②、④に比し低応力時よりひずみが増大し、得られた圧縮強度も $24.9[\text{N}/\text{mm}^2]$ と設計基準強度に満たなかった。コンクリート片を

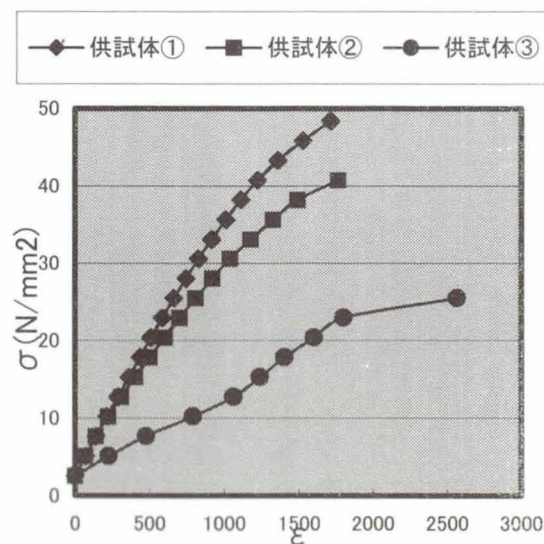


図1 応力-ひずみ関係

劣化させるに際し、硫酸が1基底という強酸を使用したため、劣化速度が速すぎ表面のみが劣化し、内部は健全であったにもかかわらず、圧縮強度が小さいことは、構造部材にコンクリート片を混入する場合、化学的性質を十分把握し、劣化用いた劣化コンクリート片では、表面のみの化学的劣化であったが、弱酸が長時間作用し劣化が進行したような廃コンクリートに対しは、セメ

ントペーストが酸化あるいは中性化しているため、モルタル部分を除去することにより、ある程度の強度が得られると考えられる。また、本供試体での強度が僅かであり、容易に骨材とセメントペーストを分離でき、再利用可能であると考えられる。

以上、3種類の供試体について考察したが、廃コンクリートの化学的性質がアルカリ性を有していれば構造部材、特にRCにおいて引張応力が作用するような場合には有用ではないかと考える。

4. 結 語

廃コンクリートを再生骨材として使用するには、混入するコンクリート片の性状が強度に大きく影響する。コンクリート廃棄物を骨材として使用する際、セメントペーストが化学的に劣化していないものであれば、圧縮強度も大きく構造部材として使用することも可能である。また、モルタル部分が化学的に劣化した廃コンクリートであっても、骨材とセメントペーストは十分に分離可能であり、分離後には完全な細骨材、粗骨材の再生材料として再利用できると考えられる。このため、コンクリートの化学的、力学的性状を把握することにより、その劣化状態に応じた用途に適用することにより、廃コンクリートの再利用率も向上すると考えられる。

参 考 文 献

- 1) 和泉・喜多・前田：コンクリート構造物の中性化，技報堂出版（1986）。
- 2) 水上国男：コンクリート構造物の化学的腐食，技報堂出版（1986）。
- 3) W. チェルニン（徳根吉郎 訳）：建設技術者のためのセメント・コンクリート化学，技報堂出版（1969）。
- 4) リサイクル資材のコンクリートへの活用技術の標準化：リサイクル資材のコンクリートへの活用技術の標準化調査研究員会，コンクリート工学，Vol.39，No.10，pp.98～101，日本コンクリート工学協会（2001.10）。
- 5) 財団法人先端建設技術センター 編：総合的建設副産物対策，建設副産物リサイクル広報推進会議（2000）。
- 6) 紫桃・吉澤・古賀：資源の有効利用を考慮したコンクリート材料，コンクリート工学，Vol.39，No.11，pp.55～58，日本コンクリート工学協会（2001.11）。
- 7) 石井一郎 編著：建設副産物－建設廃棄物の処理とリサイクル－，森北出版（1997）。