

既設発電所リニューアル工事における解体コンクリートの有効利用技術に関する報告 ～L 級再生骨材のコンクリートへの有効利用～

笹倉 伸晃*¹ ・ 工藤 敏邦*¹ ・ 樋渡 康弘*¹ ・ 舟橋 政司

Technical Report on Effective Use of Demolished Concrete in Renewal of Electric Power Station Application of low quality recycled aggregate to concrete

Nobuaki SASAKURA, Toshikuni KUDO, Yasuhiro HIWATASHI, Masashi FUNAHASHI



写真-1 再生骨材製造設備(左:破碎設備,右:分級設備)



写真-2 再生骨材(左:粗骨材,右:細骨材)

表-1 再生コンクリートの標準配合

配合条件					示方配合 (kg/m ³)					
粗骨材 最大 寸法 Gmax (mm)	目標 スランプ SL (cm)	目標 空気量 Air (%)	水セメ ント比 W/C (%)	細骨材 率 s/a (%)	水 W	セメント C	細骨材 S	粗骨材 4005	減水剤 減水剤 AD	配合上の 単位容積 質量
40	12±3.0	5.0±2.0	58.9	45.0	165	280	804	873	2.800	2123



写真-3 再生細骨材を用いた吹付けモルタル

研究の目的

東北電力株式会社豊実発電所改修工事は、老朽化した水力発電所のリニューアル工事であり、既設構造物の撤去・解体により、約 22,600m³の解体コンクリートが発生する。このことから、産業廃棄物処理の低減および環境負荷低減を目的として、構造物としての耐久性を要求されない既設構造物の空洞部充填材に、解体コンクリートから製造した再生骨材を用いたコンクリートを適用し、H22 年 3 月現在で約 18,900m³の再生コンクリートの打設が完了している。本研究では、大規模リニューアル工事における産業廃棄物処理および資材コスト低減技術として再生コンクリート適用事例を報告すると共に、再生粗骨材製造時に同時に発生する再生細骨材の有効利用を目的とした仮設用再生吹付けモルタルの試験施工結果について報告する。

技術の説明

再生骨材の製造は、簡易処理型の設備とし、既設構造物をブレーカー等で破碎した 250mm 程度の解体コンクリートを移動式ジョークラッシャーおよびインパクトクラッシャー付の粒度調整・分級設備（写真-1 参照）を通して 5mm のふるいに留まるものを再生骨材コンクリート用の粗骨材(写真-2)として用いた。充填用再生骨材コンクリートは、コンクリートとしての耐久性を期待しない範囲に用いることから、JIS A 5023『再生骨材 L を用いたコンクリート』相当品質が得られる配合とした（表-1 参照）。なお、製造された再生粗骨材は吸水率が高く、気乾状態で使用した場合、スランプロスが過大になることが想定される。そのため、スランプロス低減を目的として骨材貯蔵庫に散水設備を設け、散水時間を試験により決定し、プレウェットングした後に使用するものとした。

仮設用吹付けモルタル(写真-3 参照)は、フレッシュ性状および圧縮強度を満足する普通細骨材と再生細骨材の置換率を決定した後、仮設法面保護部における施工試験を実施し、モルタルの強度およびリバウンド率等の基本物性を把握した。

主な結論

吸水率が高く、微粒分量が多い低品質な再生骨材であっても、プレウェットングによる骨材吸水処理を行うことで、フレッシュ性状、圧縮強度は、普通コンクリートと同様に品質管理が可能である。また、再生吹付けモルタルは、適切な置換率(細骨材置換率 50%以下)を選定することにより従来と同等の性能を有する吹付けモルタルの配合選定が可能であることが示された。今後は、いずれも耐久性の改善も検討した上で、大規模リニューアル工事における産業廃棄物処理低減および環境保全、コスト低減技術として、さらなる研究が必要である。

* 1 東北支店 豊実作業所

既設発電所リニューアル工事における 解体コンクリートの有効利用技術に関する報告 ～L級再生骨材の有効利用～

笹 倉 伸 晃^{*1} 工 藤 敏 邦^{*1}
樋 渡 康 弘^{*1} 舟 橋 政 司

要 旨

本工事では、現場内に一次破砕を主体とした骨材製造設備（ジョークラッシャ）を導入し、既設構造物の撤去・解体により発生した約22,600m³の解体コンクリートを再生骨材化し、既設構造物充てん用コンクリートの粗骨材として約22,000m³の再生骨材コンクリートに適用した。製造された再生粗骨材は、天然の骨材に比べれば吸水率が高く、微粒分を多く含むなどの品質的に劣る点はあるものの、プレウエッティングを行うことで、再生骨材コンクリートのフレッシュ性状および圧縮強度の品質管理が可能なことを確認した。また、再生細骨材の有効利用を目的とした仮設法面用吹付け再生骨材モルタルの室内および実機配合試験を実施した。その結果、再生細骨材の置換率（細骨材置換率50%以下）を適切に定めることで、一般的な吹付けモルタルと同等なフレッシュ性状および強度を有する経済的な再生骨材モルタルの配合設計が可能なことを確認した。経済的かつ環境負荷低減にも繋がる再生骨材は、その品質を適切に把握して適材適所で利用することができれば、より一層の用途拡大と技術の普及が図れるものと考えられる。

キーワード 発電所／リニューアル／解体コンクリート／再生骨材／再生骨材コンクリート／充てん材

目 次

- | | |
|--------------|----------------------|
| 1. はじめに | 5. 再生骨材コンクリートの配合検討 |
| 2. 工事概要 | 6. 再生骨材コンクリートの品質管理 |
| 3. 再生骨材の製造方法 | 7. 仮設法面用吹付け再生モルタルの開発 |
| 4. 再生骨材の物性 | 8. まとめ |

TECHNICAL REPORT ON EFFECTIVE USE OF DEMOLISHED CONCRETE IN RENEWAL OF ELECTRIC POWER STATION —APPLICATION OF LOW QUALITY RECYCLED AGGREGATE TO CONCRETE—

Nobuaki SASAKURA
Yasuhiro HIWATASHI

Toshikuni KUDO
Masashi FUNAHASHI

Synopsis:

In this project, demolished concrete of about 22,600m³ was produced by the demolition of the existing structures. Therefore, the recycled aggregate was manufactured by using the aggregate manufacturing equipment which mainly composed of the primary crushing equipment, jaw crusher. Moreover, the recycled coarse aggregate was applied to the existing structures for filling as recycled concrete of about 22,000m³.

Also, trial mix of recycled shot mortar was carried out to use recycled fine aggregate effectively. As a result, it was confirmed that the economical mix proportion of recycled shot mortar for temporary works could be decided.

* 1 東北支店 豊実作業所

1. はじめに

公共投資余力の減少や自然環境の保全に対する社会的要請の高まりから、新規の大型土木プロジェクトは減少傾向にあり、社会資本ストックとして既存施設の有効活用が求められている。今後は、将来的な社会資本の需要に対応するための設備の更新や機能性の向上を目的としたリニューアル・リプレイス工事がより増加するものと考えられる。

リニューアル・リプレイス工事の特徴として、既設構造物の撤去に伴う大量の解体コンクリートの発生が挙げられる。事業推進に際しては、旧来の安全性、利便性、経済性に加え、環境への配慮についての説明責任が問われ、これまで以上の環境負荷低減へ向けた取り組みが必要となる。廃棄物問題に関しては、当社においても 3R 活動（発生抑制・再利用・再生利用）を通じて積極的に取り組んでいるが、解体コンクリートを現場内で有効利用する本工事での取り組み事例は、今後広く水平展開を図るための礎として極めて重要であると捉える。

このような社会的背景から、学協会においてもコンクリート用再生骨材に関する研究開発が盛んに行われ、平成 15～19 年にかけて、その品質を H, M, L の 3 ランクに分けて、それぞれ JIS 規格が公示されるなどの普及を促進するための標準化も活発化している（表-1 および表-2 参照）^{1),2),3)}。しかし、JIS 規格の再生骨材の対象は、レディミクストコンクリートを想定して、以下に述べる骨材としての性能上の劣点に配慮する観点から、その利用にあたっては、厳しい制限が設けられている。一般に、ジョークラッシュなどの既存設備により、簡易に製造された再生骨材は、周囲に原コンクリートのモルタル分が多く付着する。そのため、普通骨材と比較して、吸水率が高い再生骨材 M および L 相当の骨材となる。こうした吸水率の高い再生骨材を用いることは、コンクリートの凍結融解抵抗性や乾燥収縮といった耐久性を低下させる要因となることから、再生骨材 M および L の適用範囲が、構造体コンクリートとしての耐久性を期待しない部位や用途に制限されている所以である。しかし、骨材製造時の環境負荷や骨材製造コストを考慮した場合、再生骨材 H 相当の品質を目標とする骨材製造設備や骨材処理が、条件によっては必ずしも最良の方法とはいえない。老朽化した構造物のリニューアル工事で発生するコンクリート塊から再生骨材 H を安定して製造することも、極めて困難であると考えられる。一方、骨材の品質は劣るものの、製造時の使用エネルギーおよび廃棄物が少なく経済的である再生骨材 M および L は、対象構造物の要求性能に応じた品質改善方法や配合設計手法を検討し、所要の性能を有することを確認した上で適材適所に再利用することで、より一層普及できる可能性を秘めている。

このような観点に基づき、当社では、平成 20 年 5 月より当該水力発電所のリニューアル工事に着工すると同時

表-1 普通および再生骨材(粗骨材)の JIS 規格代表値

項目	普通 碎石	再生骨材		L
		H	M	
絶乾密度 (g/cm ³)	2.5 以上	2.5 以上	2.3 以上	—
吸水率 (%)	3.0 以下	3.0 以下	5.0 以下	7.0 以下
微粒分量 (%)	1.0 以下	1.0 以下	1.5 以下	2.0 以下

表-2 再生骨材コンクリート H, M, L の適用範囲

種別	適用範囲
普通 骨材	鉄筋コンクリートを含む一般用途のコンクリート構造物
再生 骨 材	H 鉄筋コンクリートを含む一般用途のコンクリート構造物
	M 杭・基礎部材などの乾燥収縮や凍結融解などの耐久性が要求されない部材
	L 裏込めコンクリート、間詰めコンクリート、均しコンクリートなどの高い強度及び耐久性を必要としないコンクリート

に、発注者と協働し、工事で発生する解体コンクリート塊から再生骨材 L 相当のコンクリート用粗骨材を製造し、再生骨材コンクリートとして有効利用するとともに、再生細骨材の用途拡大を目的とした仮設構造物への適用性の検討および実施工での検証を実施してきた。

本稿では、大規模な発電所リニューアル工事において約 22,000m³（平成 22 年 3 月時点、約 18,900m³）の再生骨材コンクリートを製造して既設構造物充てん・埋戻し材料として適用した事例を報告する。また、再生粗骨材製造時に発生する再生細骨材の有効利用を目的とした仮設法面用吹付け再生モルタルの配合試験結果について報告する。

2. 工事概要

2.1 発電所改修工事概要

本工事は、昭和 4 年の運転開始から 80 年余りが経過した既設発電所（大正 15 年から昭和 4 年にかけて当時、飛島組前田事務所が施工）の改修工事である。本改修工事着工時の発電所外観を写真-1 に示す。また、既設発電所と新設発電所の位置関係を示した改修後イメージを図-1 に示す。工事は、ダム堤体や水槽などの既設設備を流用しつつ、経年により老朽化した水車・発電機、発電所基礎、発電所建屋などをリニューアルするものであり、廃止する水路構造物などの撤去および残置する構造物の空隙充てんなどを行う関連撤去工事、新たな水路構造物などの設置工事を行うリニューアル工事である。



写真-1 既設発電所外観(改修工事着工時)

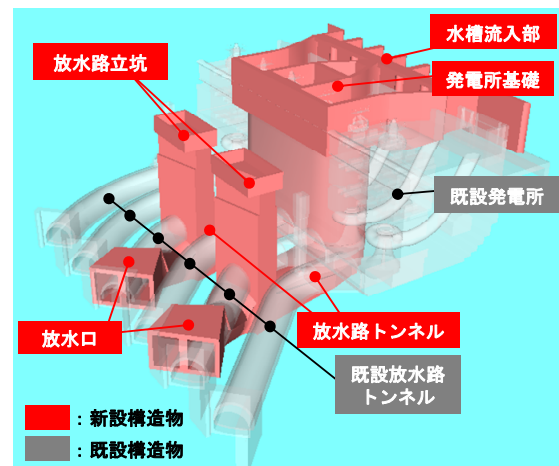


図-1 既設発電所と新設発電所の位置関係

2.2 解体コンクリート塊の再利用計画

コンクリートの再生利用技術とは、既設構造物を撤去・解体して発生した解体コンクリート塊を再利用することで、産業廃棄物の発生抑制による環境負荷および資材の調達・輸送コスト低減できる可能性を秘めたものである。本工事では、既設構造物の撤去・解体に伴い発生する約 22,600m³ の解体コンクリートを骨材製造設備により破碎・粒度調整して、再生粗骨材および再生細骨材を製造した。そのうち、再生粗骨材(5~40mm)を既設構造物の空洞部充填コンクリート(再生骨材コンクリート)として利用するものとした。解体コンクリートの再利用範囲を図-2 に示す。また、本工事では、再生細骨材(0~5mm)についても、新設構造物背面への埋戻し材料として再利用する計画となっている。

図-3 に解体コンクリートの再利用計画を示す。本工事では、産業廃棄物であるコンクリート塊を再生骨材コンクリートや埋戻し材として再利用することにより、場外に搬出して最終処分する処理量を 30,553m³ から 9,190m³ まで 70%程度削減できることとなる。

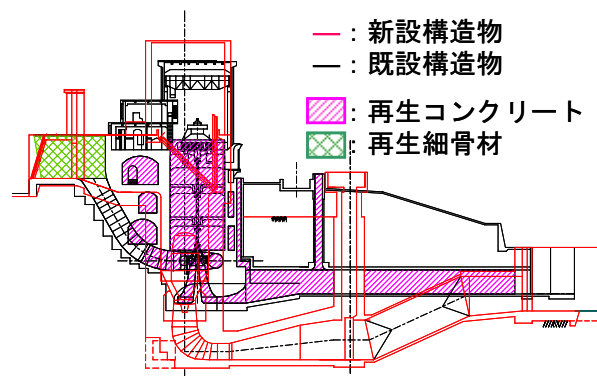


図-2 解体コンクリート適用範囲

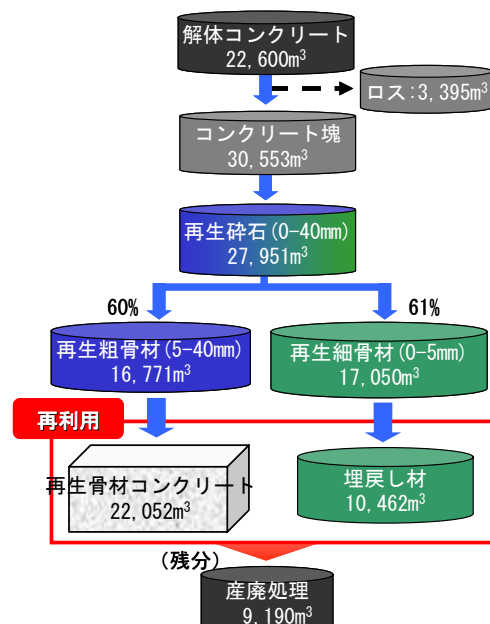


図-3 コンクリート再利用化計画フロー

3. 再生骨材の製造

3.1 製造方法の選定

再生骨材の製造方法は、以下の方針に基づき選定した。
①適用対象より、再生骨材 L 相当品を製造できる設備とし、製造コスト、環境負荷低減を図る。

②再生粗骨材のみコンクリートとして再利用することから、再生粗骨材としての収率が高い方法とする。

検討の結果、ジョークラッシャを主体とした破碎設備と分級設備で構成される簡易処理型設備を採用した。既設構造物撤去状況を写真-2 に示す。また、破碎設備および粒度調整・分級設備を写真-3 および写真-4 に示す。

3.2 製造手順

製造方法について以下に順を追って述べる。まず、既設構造物を油圧ブレーカーにて 250mm 程度まで小割したのち、現場内の移動式ジョークラッシャで 1 次破碎し、

40mm 以下の再生骨材を製造する。製造された 0~40mm の再生骨材は、破碎設備から搬出し、公道を經由して現場対岸に位置する分級設備まで搬送する。粒度調整を目的とした分級設備では、5mm ふるいに留まる再生骨材コンクリート用の粗骨材と 5mm 以下の埋戻し用再生砂とに分級した。



写真-2 既設構造物撤去状況

なお、当初計画では、250mm 程度の小割した解体コンクリートを現場対岸に設けた破碎設備および粒度調整・分級設備により製造する予定であった。しかし、粒度管理がなされていない小割コンクリート塊を公道を走行して運搬し対岸で破碎する行為は、小割コンクリート塊を産業廃棄物として取り扱うこととなり、このような場合における対岸の再生骨材製造設備は、産業廃棄物処理に関する各種許可申請が必要であるとの行政指導を受けた。そのため、小割コンクリートを現場内で 40mm 以下に粒度管理された有価物（RC-40）相当品の再生骨材化した後、公道を経由して対岸まで運搬する計画に変更した。なお、解体コンクリートから再生骨材に至るまでの製造過程におけるコンクリート塊の取り扱いに関する法的な解釈は、各自治体によって異なるため、解体コンクリートの有効利用に際しては、法規制や各自治体の意向を踏まえた計画立案が不可欠となる。再生骨材のより一層の普及・促進には、技術開発に加え、法規制の緩和や自治体の柔軟な対応が望まれる。

4. 再生骨材の物性

製造されたプレウェッティング前の再生粗骨材の外観を写真-5 に示す。また、再生粗骨材の骨材試験結果およ



写真-5 製造された再生粗骨材（5～40mm）



写真-3 再生骨材製造設備（一次破碎設備）



写真-4 粒度調整・分級設備

び粒度分布を表-3 および図-4 に示す。

再生骨材の製造方法が、ジョークラッシャによる一次破碎を主体とした簡易製造処理によるものであることから、総じて再生粗骨材の吸水率が高く、微粒分量も多い結果となった。また、それら値のばらつきが大きく、再生骨材 M の JIS 規格値を満足するものから L の規格値を下回るものまでが存在する。粒度特性も符合する様に、特に 5～10mm の骨材の含有量にばらつきが大きい。これは、粒度調整・ふるいわけ段階における再生骨材の含水状態が影響したものと考えられる。本来、5mm 以下の再生細骨材としてふるい分けされるものであっても、含水量が大きい場合は、骨材同士が付着した塊状となって 5mm 以上のふるいに留まり、今回の製造設備では再生粗

表-3 再生粗骨材の物性

試験項目	単位	再生粗骨材 5-40mm 最小値-最大値	参考値 再生骨材 L
絶乾密度	g/cm ³	2.06-2.37	—
表乾密度	g/cm ³	2.28-2.46	—
吸水率	%	4.1-10.5	7.0%以下
粗粒率	—	6.28-7.11	—
微粒分量	%	3.20-7.28	2.0%以下

骨材として排出される。しかし、粒度試験時の骨材は、絶乾状態でふるい分けられるため、単粒材となって 5mm 以下を通過した結果、5～10mm の骨材含有量にばらつきが生じるものと想定される。

製造される再生骨材のばらつきは、骨材の製造方法や含水状態に起因するだけではなく、原コンクリートの配合および練混ぜ・打設方法や経年劣化の状態など、様々な要因に起因することが容易に想像が付くことから、原コンクリートの材料物性や健全性を特定し、再生骨材の品質と結びつけることができれば、将来的には品質のばらつきを抑えることも可能になると考える。しかし現時点で、大規模リニューアル工事における原コンクリート全体の物性や健全性を特定することは難しい。今後は、得られたデータを分析し、原コンクリートの物性から再生骨材の品質を予測し、要求される品質の再生骨材を経済的に製造する技術を確立することができれば、製造段階における再生骨材のばらつきを一定範囲内に抑えられ、適用範囲の拡大につながると考える。

5. 再生骨材コンクリートの配合検討

5.1 要求性能および配合条件

(1) 要求性能

再生骨材コンクリートは、発電所地下に生じる空洞部の充てんを目的とした無筋コンクリートであり、以下の項目が管理できる。

- ① 構造体として設計基準強度が管理できる。ただし、凍結融解や中性化などの耐久性は期待しない。
- ② 施工性能としてスランプが管理でき、ポンプ圧送性が考慮されている。

(2) 配合条件

配合条件を表-4 に示す。単位水量は、一般のコンクリートの単位水量の目安を超えないものとし、 165kg/m^3 以下とした。設計基準強度は、品質管理を行う上での目標強度として設定し、JIS A 5023 に準拠し、再生骨材 L の最低呼び強度である 18N/mm^2 とした。本工事における再生骨材コンクリートは、高い強度を必要としないことから、一般のコンクリートと同様に単位水量と水セメント比の関係から単位セメント量を定めた場合、単位セメント量が極端に少なくなり、ポンプ圧送性が低下する。そのため、単位セメント量の下限値を 280kg/m^3 以上に設定し、ポンプ圧送性を確保する。フレッシュ時における品質は、一般のコンクリートと同等のスランプおよび空気量を設定し、許容値は JIS A 5023 および JIS TS A0006 に準拠した（スランプ： $12\pm 3\text{cm}$ および空気量： $5.0\pm 2.0\%$ ）。また、工事条件を鑑み、運搬時間 60 分間に対するスランプロスと空気量のロスを考慮した配合を条件とした。

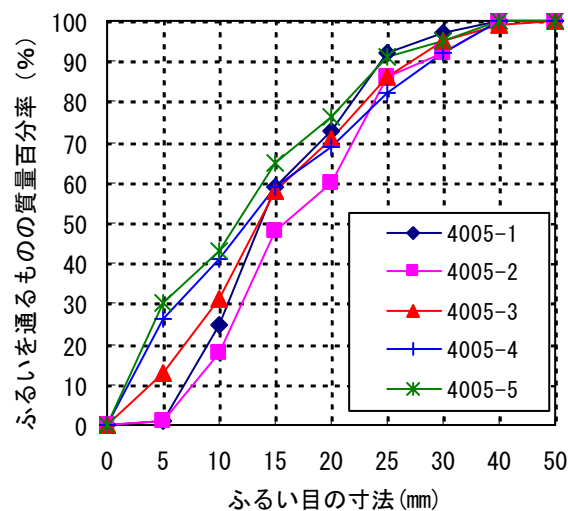


図-4 再生骨材の粒度分布

表-4 再生骨材コンクリートの配合条件

項 目	配合条件	参考基準類
粗骨材最大寸法	40mm	—
単位水量の上限値	165kg/m^3	—
設計基準強度	18N/mm^2	JIS A 5023
単位セメント量	280kg/m^3 以上	JIS TS A0006
スランプ	12 ± 3.0	JIS A 5023
空気量	5.0 ± 2.0	JIS TS A0006

5.2 再生骨材コンクリートの配合選定

再生骨材コンクリートの配合を表-5 に示す。

再生骨材は吸水率が高いため、気乾状態で使用した場合、スランプロスによりコンクリートのフレッシュ性状およびポンプ圧送性に悪影響を及ぼすことが想定された。このような問題に対しては、シリカ質のスラリーや溶液中に再生骨材を浸漬し、再生骨材および再生骨材コンクリートの品質を改善する手法が提案⁵⁾⁶⁾されているが、実用段階には至っていない。JIS 規格では、再生粗骨材貯蔵庫にプレウェッティング用の給水設備を設け、表面水率を安定させる手法がとられている。

本工事における再生骨材の給水方式は、室内において再生粗骨材の給水方法と給水時間をパラメータとした吸水率試験を行うとともに、給水方法が再生骨材コンクリートのフレッシュ性状に与える影響を確認した上で決定した。給水方法および給水時間と吸水率の関係を図-5 に、給水方法とスランプの経時変化の関係を図-6 に示す。給水方法は、水槽内で浸漬させて給水する方法（以下、浸水処理）と散水により給水する方法（以下、散水処理）の 2 種類とした。また、吸水率試験は、粗骨材の粒径により吸水率が異なることも考慮し、5～20mm の再生骨材（図-5 凡例 2005）および 20～40mm の再生骨材（図-5 凡例 4020）に分類して実施した。

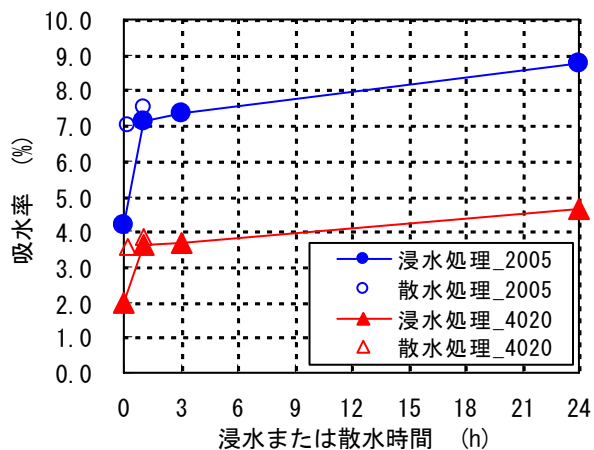


図-5 給水方法および給水時間と吸水率の関係

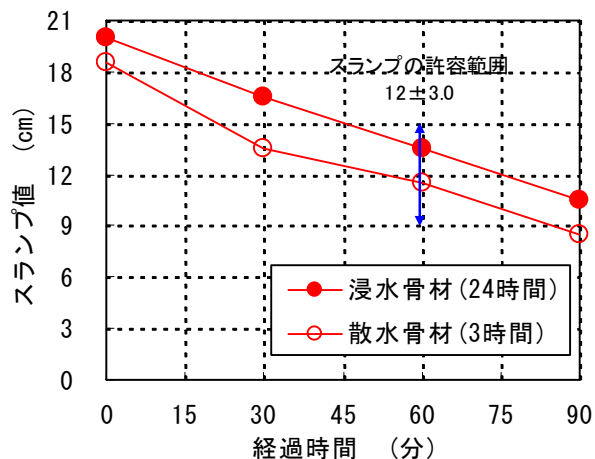


図-6 給水方法とスランプの経時変化の関係

表-5 再生骨材コンクリートの配合

配合条件						単位量 (kg/m ³)					
セメントの種類	粗骨材最大寸法 (mm)	目標スランプ (cm)	目標空気量 (%)	水セメント比 W/C (%)	細骨材率 s/a (%)	水 W	セメント C	細骨材 S	再生粗骨材 RG	AE減水剤 AD	単位容積質量
N	40	12±3.0	5.0±2.0	58.9	45.0	165	280	804	873	2.800	2123

試験の結果、散水处理を1時間行うことで、浸水处理を24時間行った場合の80%以上の吸水率が得られることが判った。また、浸水处理と散水处理のスランプの経時変化は同様の傾向が認められ、運搬時間60分間におけるスランプロス量として6cm程度を見込むことで練混ぜ直後のスランプを設定できることが判った。なお、骨材貯蔵設備の運用は、表面水率が安定した骨材の供給を図るため、再生骨材コンクリート製造前日に散水处理を3時間実施するプレウェッティング方法を用いた。



写真-6 骨材散水設備

6. 再生骨材コンクリートの品質管理

再生骨材コンクリートの品質管理試験結果を図-7～図-8に示す。受入れ検査における再生骨材コンクリートのスランプ値は、いずれも目標管理値を満足しており、吸水率および微粒分量、粒度によるばらつきが予想される再生粗骨材であっても、適切な配合を選定することで目標とする許容値での管理が可能である。また、圧縮強度の平均値は、20.9N/mm²であり、標準偏差および変動係数は、1.24N/mm²および5.9%であった。この結果から、圧縮強度についても、一般の市中プラントで製造される普通コンクリートと同等に管理が可能であり、プレウェッティング手法による表面水の安定化の妥当性を示す結果と考えられる。しかし、要求性能を満足する一方、粒径5mm以下の含有量が多い再生骨材から製造された再生骨材コンクリートは、モルタル分が多く粘性が高い性状を示していた。今後、収集したデータをもとに粒度変化に対応

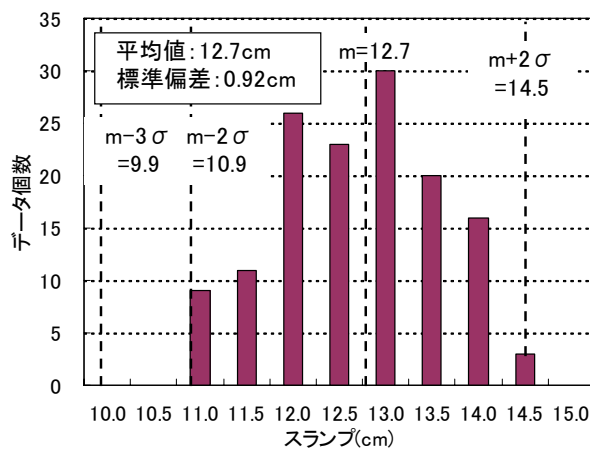


図-7 実施工時のスランプ値のヒストグラム

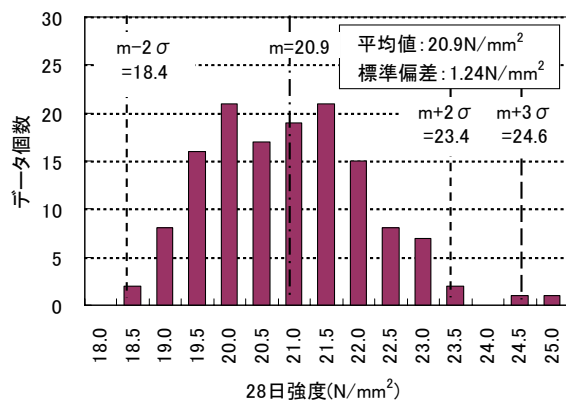


図-8 実施工時の圧縮強度試験結果のヒストグラム

する配合補正手法を検討し、より安定した再生骨材コンクリートの製造方法を確立することが重要である。

7. 仮設法面用吹付け再生モルタルの開発

7.1 再生細骨材の用途拡大

再生砂の品質は、再生粗骨材以上に原コンクリートに含まれるモルタル分の影響を受け、コンクリート用細骨材としての品質が低下する。そのため、本工事ではコンクリート用骨材以外の埋戻し材料としてその用途が制限された。しかし、再生砂をコンクリート用細骨材として再利用することは、解体コンクリートの有効利用を一層促進させるために重要であり、仮設構造物への適用性検討は、用途拡大に貢献できる技術に成り得る。

本章では、仮設法面用吹付け再生モルタルの細骨材としての適用可能性について基礎的検討を行った結果を報告する。

7.2 再生細骨材の物性

製造した再生細骨材の性質を表-6 に、粒度分布を図-9 に示す。再生細骨材の吸水率および微粒分量は、17.7%および 8.4%であり、原モルタル分を多く含有した再生細骨材である。

7.3 吹付け再生モルタルの配合検討

(1) 配合条件

吹付け再生モルタルの検討配合一覧を表-7 に示す。

表-6 普通細骨材と再生細骨材の物性比較

	陸砂	再生細骨材
絶乾密度 (g/cm³)	2.51	1.76
表乾密度 (g/cm³)	2.57	2.07
吸水率 (%)	2.31	17.7
微粒分量 (%)	0.5	8.4
粗粒率	2.75	3.62

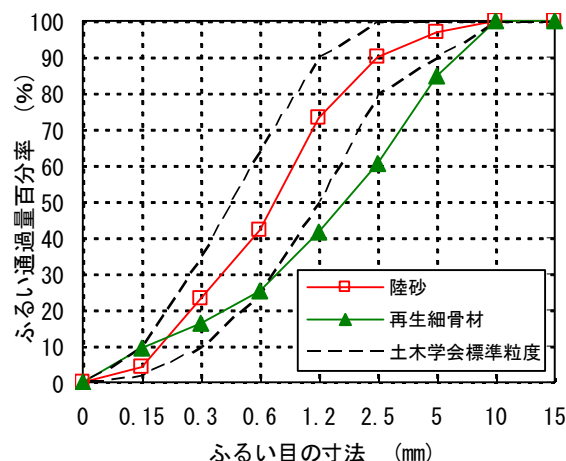


図-9 普通細骨材と再生細骨材の粒度分布

吹付け再生モルタルのフレッシュ性状は、施工時の運搬に伴うフローロスを考慮し、鍊上がり 30～60 分後のモルタルフローが 120±20mm となるよう定めた。また、設計基準強度は、土木学会指針案⁷⁾に示されている法面用吹付けコンクリートの圧縮強度区分より、15～18N/mm² の範囲とし、配合強度は、25～27N/mm² の範囲に設定した。また、再生細骨材の混合比は、0, 50, 100%に変化するものとし、水セメント比は、40, 50, 60%の 3 水準とした。

(2) 室内試験結果

表-7 より、吹付け再生モルタルの単位水量は、同等の流動性を確保した場合、再生細骨材の混入率の増加に伴い減少する傾向が認められた。また、図-10 に示すセメント水比と材齢 28 日の圧縮強度の関係から、吹付け再生モルタルの圧縮強度は、再生細骨材の混入率の増加に伴い

表-7 吹付け再生モルタルの検討配合一覧

配合名	配合条件			配合 (kg/m ³)				フロー値 (mm)			空気量 (%)			圧縮強度 (N/mm ²)			
	再生骨材 混合率 (%)	W/C (%)	S/C	水 W	セメン ト C	天然 細骨材 NS	再生 細骨材 RS	0 min	30 min	60 min	0 min	30 min	60 min	7d	強度比	28d	強度比
0-50	0	50	3.81	210	420	1599	0	108.5	-	-	6.2	-	-	19.1	100%	32.0	
100-40	100	40	3.69	160	400	0	1476	152.5	135.0	130.5	2.9	3.0	2.8	14.1	74%	20.3	63%
100-50	100	50	4.78	160	320	0	1528	152.5	137.0	133.0	3.3	3.9	3.3	9.9	52%	15.0	47%
100-60	100	60	5.85	160	267	0	1563	164.5	138.0	137.5	3.3	3.5	3.3	5.9	31%	9.3	29%
50-40	50	40	3.49	180	450	786	786	144.5	132.5	119.5	4.6	4.0	3.8	23.2	121%	35.1	110%
50-50	50	50	4.55	180	360	819	819	151.5	128.0	118.5	5.8	5.3	5.2	12.6	66%	21.5	67%
50-60	50	60	5.61	180	300	841	841	143.0	122.5	112.0	5.7	5.0	5.0	11.0	58%	17.9	56%

低下することが確認された。これは、再生細骨材を表面乾燥飽水状態で使用したにも係わらず、吸水率が高いため再生細骨材に多量に含まれる水分がセメントペースト部に移動し、細孔構造をポーラスにしたためと考えられる⁶⁾。同一水セメント比の場合、再生細骨材を使用することにより、単位水量が減少し、セメント量も減少する。そのため、再生細骨材を使用した際の強度低下を水セメント比の低減により見込んだ場合であっても、再生細骨材混入率が高い場合、その効果が低減される。

試験の結果、一般的な吹付けモルタルと同等の単位セメント量ならびに強度を満足する配合条件として、再生細骨材の混入率 50% が得られた。配合選定に際しては、前述した強度低下を考慮し、水セメント比を 45% とした。選定した吹付け再生モルタルの配合を表-8 に示す。

(3) 実機試験結果

実機プラントを用いて選定配合のフレッシュ性状の確認を実施した。モルタルフローの経時変化および圧縮強度試験結果を表-9 に示す。吹付け再生モルタルのモルタルフローは、練混ぜ 60 分後においても、所要の性能を有しており、再生細骨材を用いることによる特異なフローロスは認められない。また、材齢 28 日の圧縮強度においても、目標強度を満足する結果となっており、再生細骨材の混入率が 50% までは、普通モルタルと同等のセメント量で、所要のフレッシュ性状および硬化性状を有する再生モルタルの配合選定が可能であると考えられる。

8. まとめ

- ・吸水率が高く、微粒分量が多い再生粗骨材を用いた再生骨材コンクリートにおいて、フレッシュ性状ならびに圧縮強度の要求品質を満足することを確認し、採用した散水处理によるプレウェッティング手法の妥当性を確認した。
- ・再生細骨材を用いた仮設法面用吹付け再生モルタルは、再生細骨材の普通骨材に対する混入率を管理・制限することにより、所要のフレッシュ性状および圧縮強度を有する配合が可能である。

今後は、経済性に基づく再生骨材の製造方法、品質管理ならびにその適用範囲を検討し、一層の利用促進に取り組む。また、仮設法面用吹付け再生モルタルは、施工試験を行い施工性と強度特性に関するデータを収集し、適用性について検討を進める。

謝辞： 本論文の作成に際して、貴重なご助言・ご協力を頂いた東北電力(株)豊実・鹿瀬発電所工事所の方々、ならびに既設発電所建設工事を含む全ての工事関係者の方々に深く感謝の意を表します。

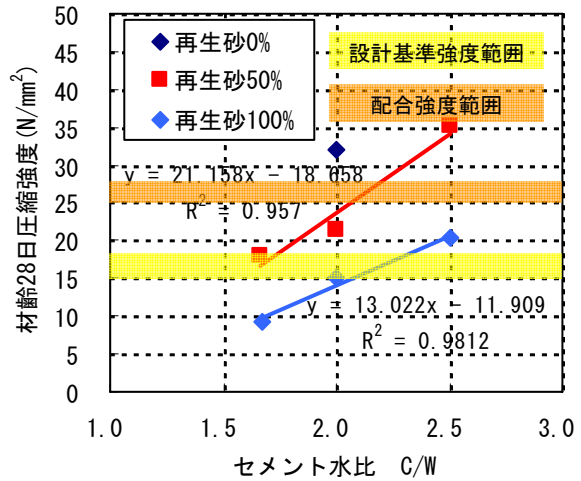


図-10 C/W と圧縮強度の関係(室内配合試験)

表-8 実機配合

配合名	水セメント比 W/C (%)	再生細骨材混入率 (%)	単位量(kg/m³)					単位体積重量
			水	セメント	普通細骨材	再生細骨材	AE減水材	
			W	C	NS	RS (C×%)	(C×%)	
普通M	50.0	0	210	420	1599	-	-	2229
再生M	45.0	50	180	400	804	804	-	2188

表-9 実機試験結果

配合名	フロー平均値 (mm)			圧縮強度 (N/mm²)	
	直後	30 分	60 分	σ 7	σ 28
普通 M	137.5	128.0	118.0	20.3	31.9
再生 M	132.5	131.0	130.5	22.8	30.8

参考文献

- 1) 日本規格協会：JIS A 5022 コンクリート用再生骨材 H, 2005.3
- 2) 日本規格協会：JIS A 5022 再生骨材 M を用いたコンクリート, 2007.3
- 3) 日本規格協会：JIS A 5023 再生骨材 L を用いたコンクリート, 2006.3
- 4) 宮本高秀ほか：シリカフュームによる再生骨材の品質改善の可能性に関する研究，セメント・コンクリート論文集，No.55，pp.688-693，2001
- 5) 辻正哲ほか：コロイダルシリカを用いた再生骨材コンクリート強度の改善方法に関する研究，土木学会第 55 回年次学術講演概要集，pp.396-397，2001
- 6) 土木学会：コンクリートライブラリー122 吹付けコンクリート指針(案)，2005.7
- 7) 松下博通ほか：再生細骨材を用いたモルタルの細孔構造の粗大化と強度及び耐久性の低下，土木学会論文集，vol.62 No.1，pp.230-242，2006.2