

Grand-M（ガランダム工法）を用いた震災コンクリートガラの再利用事例

山崎勉 堀井宏謙 (株)安藤・間 建築事業本部 技術統括部 技術部
西 正晃 同 技術本部 技術研究所 建築研究第二部

1. 適用の概要

平成23年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震で、福島県内の発電所施設が被害を受けた。不要となった設備のうち撤去が困難なボックスカルバートと配管トレンチに、比較的強度の低いコンクリートを充填した。被災したコンクリート基礎等を解体、破砕して骨材とし、ガランダム工法で流動体を製造し、約920m³の充填工に用いた。適用にあたり、再生利用計画書を作成して県に説明し、了解を得た上で本工事に着手した。

発注者との機密保持の関係上、本稿では試験施工を中心に述べる。

2. ガランダム工法の概要

2.1 工法概要

技術審査証明書の名称は、「コンクリート再生材を用いたセメントベントナイト複合固化体工法（ガランダム工法）」である。コンクリートの破砕材を骨材とし、セメントベントナイトスラリーと混合してコンクリート状の流動体（ガランダム流動体）を製造し、支持地盤材料や埋戻し材、地下空洞の充填材として使用する。硬化後の固化体は、配合により材齢28日で5～10N/mm²の強度が得られる。骨材となるコンクリート破砕材は通常、コンクリート塊を粒径40mm以下に破砕し、微粒分まで含めて用いる。セメントベントナイトスラリーは、水に膨張性粘土鉱物を含むベントナイトを分散させ、セメントと混合した懸濁液である。

2.2 使用材料

骨材は、原則粒径40mm以下に破砕し、微粒分も含むコンクリート塊である。固化材には高炉セメントB種を用いる。低強度なので水固化材比が大きく、流動性を確保するために水量が多くなるため、材料分離を抑制するための増粘材としてベントナイトを添加する。少量のベントナイトを混練水に分散させてセメントを加えるとベントナイトとセメントが凝集して増粘し、材料分離が抑制される。

2.3 製造方法

セメントベントナイトスラリーを全自動ミキシングプラントで作液する。本工事では製造した流動体を打設位置まで運搬するため、トラックミキサに材料を投入して攪拌混合し、運搬、打設した。トラックミキサには、スラリー、コンクリート破砕材の順に投入する。

2.4 固化体の強度

水固化材比を80～160%の範囲で調整し、材齢28日圧縮強度が5～12N/mm²の固化体を得る。固化体の強度は、セメントベントナイトスラリーの水固化材比に依存し、圧縮強度の変動係数は10～15%である（図－1）。

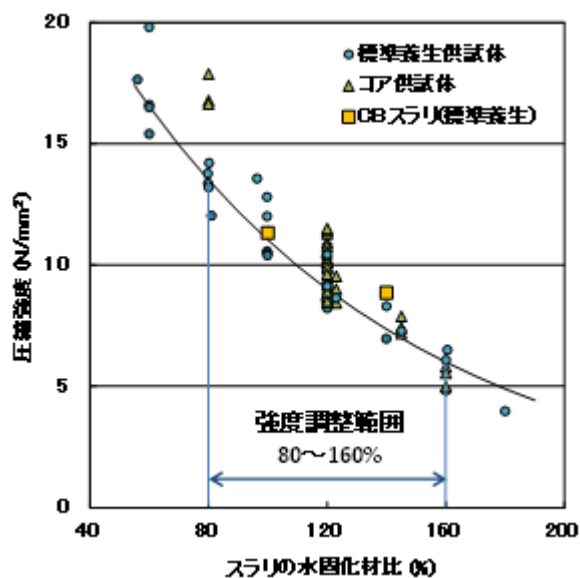
2.5 粗粒材の利用方法

全てのコンクリート塊を40mm以下に破砕するのは手間がかかることから、粒径300mm程度までの粗粒材

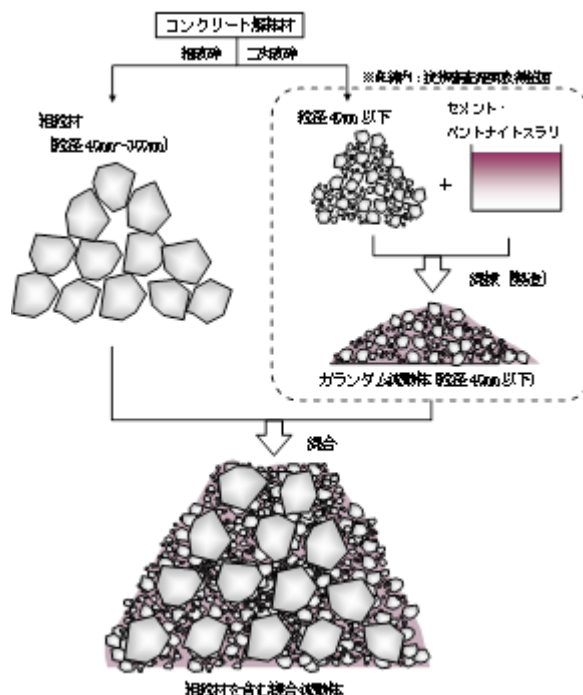
キーワード：震災コンクリートがれき、粗粒材、ガランダム工法、ボックスカルバート、トレンチ、充填

連絡先：山崎勉 TEL03 - 6750 - 6528

も骨材として利用できるように、40mm以下の破砕材で製造した通常のガランダム流動体と粗粒材とを混合して打設する施工法を検討した（図－2）。



図－1 圧縮強度特性



図－2 震災コンクリートがれきの粗粒材の利用方法

3. 施工試験

3.1 施工試験の概要

施工試験を2012年8月23日～9月5日に実施した。

(1) 試験項目と目標性能

ガランダム流動体の試験項目を、施工上重要なフレッシュ性状の経時変化、混練時間と圧縮強度の関係、製造能率とした。粗粒材の利用方法では、混合することができる粗粒材の量（最大混合率）、粗粒材の混合方法、固化体の強度を試験項目とした。練り上がり時のフレッシュ性状としてスランプ18cm±3cm，及び材料分離が見られないこと、また材齢28日の圧縮強度が5N/mm²程度であることを目標性能とした。

(2) 使用材料及び配合

表－1に使用材料及び配合を示す。コンクリート破砕材には、津波で被災した構内のコンクリート構造物等を解体して移動式破砕機で破砕し仮置きしてあった材料を利用した。図－3に破砕材の粒径分布を示す。最大で粒径80mmの破砕材を含み、5mm以下の骨材は骨材全体の28%程度と細骨材が通常より少なめの粒度分布である。粗粒材は、構内で不要となったコンクリート塊を、最大粒径300mm程度に粗破砕して用いた。

写真－1に製造プラントを、写真－2にガランダム流動体の荷卸し状況を示す。

3.2 施工試験の結果

(1) 流動体のフレッシュ性状、混練時間と圧縮強度

材料投入完了直後に2分間高速攪拌して試料採取した後、緩速でアジテーションを継続し、30分、60分、90分経過時に2分間高速攪拌して試料採取し、スランプ、空気量を測定した。また、28日圧縮強度と攪拌時間との関係より、攪拌時間90分まで圧縮強度の変化が小さいことを確認した。

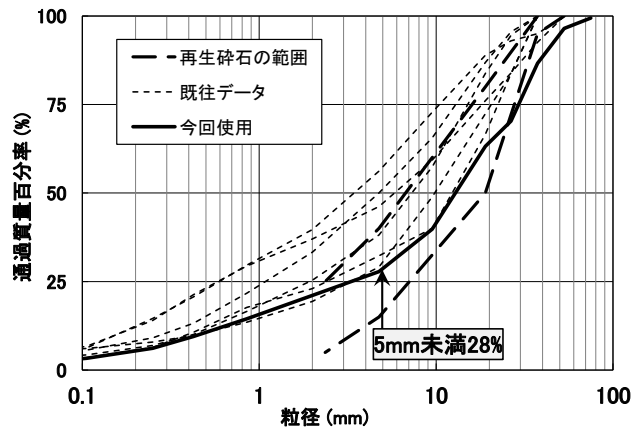
(2) 粗粒材の混合率

攪拌槽にガランダム流動体を荷卸し後、粗粒材の投入・攪拌を繰返し、粗粒材の最大混合率を求めた。粗

粒材混合前後の体積から、粗粒材の最大混合率（粗粒材が全体の体積に占める割合）として35%を得た。（写真－3，4）

表－1 ガランダム流動体の実施配合 (kg/m³)

単位骨材 容積	破碎材	W/C	高炉セメント B種	練水	ベント ナイト
60%	1440	160%	204	327	15



図－3 破碎材の粒径分布



写真－1 試験施工における製造プラント



写真－2 ガランダム流動体の荷卸し

(3) 粗粒材の混合方法

粗粒材とガランダム流動体の混合方法として、以下の二方式の混合状況を確認した。

① ポストパクト方式

打設したガランダム流動体に粗粒材を押し込むポストパクト方式では、粗粒材が偏在しがちとなるので、打設位置においてもバケットで攪拌して粗粒材の分布を均等化する必要があった。（写真－5）

② プレミクス方式

攪拌槽の中で粗粒材とガランダム流動体とを攪拌混合してから打設するプレミクス方式では、粗粒材をほぼ均等に分布させることができる。（写真－6）

(4) 粗粒材を含む固化体の強度

固化体からコアを採取し、粗粒材と流動体の充填状況、及び圧縮強度を確認した（写真－7）。コア供試体は、モールド供試体の強度と比較すると、粗粒材を含むためにばらつきは大きくなるが、平均的には両方式ともにモールド供試体と同等の強度となることを確認した（図－4）。



写真-3 粗粒材とガランダム流動体の混合



写真-4 混合後に取り出した粗粒材(35%)



写真-5 ポストパクト方式による打設



写真-6 プレミクス方式による打設



ポストパクト



プレミクス

写真-7 コア(φ300mm)の状況

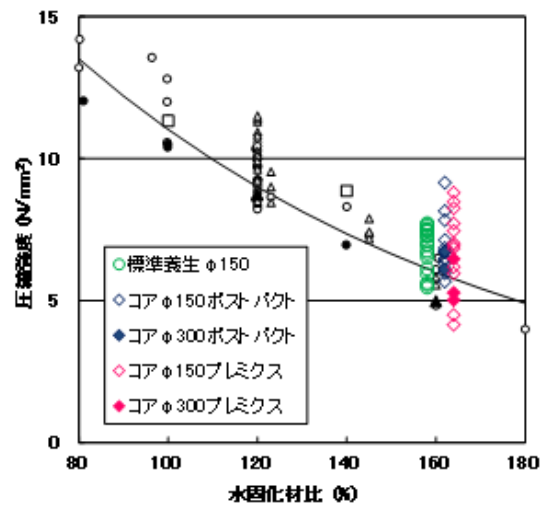


図-4 圧縮強度試験結果(材齢28日)

(5) 流動体の製造能力

測定結果を表-3に示す。

表-3 サイクルタイムの計測結果(トラッキ4台)

作業内容	所要時間	4台平均	材料投入
スラリー作液(2バッチ/台)	33~39分	34分45秒	—
スラリー投入(1回/台)	11~20分	15分15秒	34分15秒
破砕材計量(3回/台)	9~13分	10分15秒	
破砕材投入(3回/台)	8~10分	8分45秒	
打設(荷卸し)	5~7分	6分	—

スラリ作液には平均30分以上の時間がかかっている。施工規模が小さくセメント専用サイロの代わりに材料供給が遅いベントナイト用サイロからセメントを供給したことと、スラリを2バッチに分けて作液したことによる。専用のセメントサイロを用いればプラント本来の作液能力（例えば20m³/h）が発揮でき、他の工程と並行して作液することから、スラリ作液時間は1台当りの製造時間に影響しないと考える。

スラリ投入では、流動体4.5m³分のスラリ1.8m³をトラミキに平均15分程度、最速11分で圧送している。1800ℓ/11分≒160ℓ/分以上多く送るとスラリがトラミキの受け口で撥ねるので、これ以上送るには飛跳ね防止の対策が必要となる。

破碎材の計量は3回に分けて行い、合計で平均10分程度を要している。計量回数を減らすことで時間を短縮できると考えられる。

破碎材の投入には、各計量後の3回合計で平均9分弱を要している。連続して搬送することで多少の時間短縮は見込まれるが大幅な短縮は難しいと考えられる。

荷降しには平均6分程度を要している。ポンプ打設や直打ちではなく、粗粒材との混合のため一旦攪拌槽に流し込むのであればもっと速く降ろせると考えられる。

本施工時の製造方法としては、流量計でのスラリの計量精度に疑問があることから、トラックスケールにトラックミキサを載せて、スラリを投入、計量した後、破碎材を投入、計量することとした。トラックミキサ1台4.5m³分の材料を投入するのに平均34分15秒を要したが、スラリの飛び撥ねを防止して注入時間を6～7分に短縮すること、破碎材をベルコンで連続して投入して搬送時間を7～8分に短縮することで、15分以内の完了を目標とした。

4. 本施工（充填工）

4.1 充填工の概要

取壊し撤去が困難なボックスカルバートや配管トレンチの内部に流動体を充填した。

工事期間：2012年11月27日～12月22日

4.2 充填材料

充填材料として、地上から直接打設が可能な部分にはガランダム流動体と粗粒材の混合体を、流動性を利用して横流し可能な部分には流動体のみを打設し、横流しによって充填が困難な部分には山砂を充填し、両端の開口部付近に流動体と粗粒材の混合体を打設することとした。

4.3 ガランダム流動体

ガランダム流動体の使用材料には、構内で発生したコンクリート解体材を粒径300mm以下に小割した粗粒材と、さらに移動式破碎機で40mm以下に砕いたコンクリート破碎材を用いた。移動式分別機で分級されて発生した粒径40～80mmの破碎材は粗粒材として使用した。

ガランダム流動体の要求品質は以下とされた。

- ・練り上がり時のフレッシュ性状としてスランプ18cm±3cm，かつ材料分離が見られないこと
- ・同時に採取した供試体3体の材齢28日圧縮強度の平均値が3N/mm²以上であること

また、粗粒材の混合率は、施工試験で確認できた35%以下とされた。

4.4 充填施工方法

充填施工方法は場所毎に異なる。ガランダム流動体の総製造数量は720m³、粗粒材を含めた総打設数量は920m³となった。施工概要を写真－8～11に示す。

（具体的な充填工の概要は省略させていただきます。）

4.5 品質管理

スラリの水セメント比は、設計160%、管理値163%以下に対して158～162%、全体の94%に相当する製造バッチで159～161%であった。単位骨材容積は、設計60%、管理値57～63%に対して58～63%、全体の97%の計量では59～61%であり、スラリ、破碎材の計量ともに、よく管理されている状態であったといえる。

4.6 施工能率

本工事における1日あたり最大製造量は80m³であったが、この日の材料投入時間は10～12分/台であり、トラックミキサの待ち時間と入れ替え等に5～6分を要していた。トラックミキサを2台から3台に増やせば待ち時間は減るので、入れ替えに1分、材料投入に11分とすれば最速12分/台（5台/時間）となり、4.5m³×5台×6時間＝135m³/日の製造が可能となる。

さらに、スラリ計量と破碎材計量用にトラックスケールを2セット準備し、計量の自動化を図って、流れ作業的に材料投入すれば、上記の倍近い製造能率が得られると考えられる。

粗粒材を混合、打設する場合は、流動体の荷卸しから、粗粒材の混合、打設まで、ほぼ15分程度で完了できていた。粗粒材を混合する場合には、本工事と同じ時間4台の製造ペースが適しているといえる。



写真-8 本施工製造プラント全景



写真-9 トラックスケールでの計量



写真-10 ホッパーとベルトコン



写真-11 粗粒材混合体の打設状況