

がれき残渣の有効活用によるアップサイクルブロックの開発

(株)大林組 正会員 ○森田 晃司
(株)大林組 正会員 浜井 邦彦

1. はじめに

(1) 被災地におけるがれきの実情

平成 23 年 3 月の東日本大震災は、広域的な人的・物的被害をもたらしました。特に、がれきの発生量は膨大であり、東北 3 県のがれき推計量は約 2,260 万トン(岩手県約 440 万トン、宮城県約 1,590 万トン、福島県約 230 万トン)に上ります。これは阪神・淡路大震災時の発生量の約 1.6 倍、全国の年間一般廃棄物総量の 1/2 に相当します。被災地では復興に向けてがれきの撤去・集積・処理が本格化しています。



写真-1 集積されたがれき

(2) がれき残渣の処理に関わる問題

大量に発生したがれきを選別・分級すると、リサイクルできない混合廃棄物(以下、がれき残渣と呼ぶ)が残ります。がれき残渣の処理については、不燃物としてそのまま最終処分場に埋立てる、あるいは、焼却不適物を除去した上で焼却し、焼却灰を最終処分場に埋立てざるを得ないのが実情です。

しかし、このような処理方法には、最終処分場の容量が不足する、焼却時のダイオキシン発生が懸念される等、大きな問題があります。

(3) 工法開発のコンセプトと適用箇所

執筆者らは、(財)先端建設技術センター、鹿島建設(株)、(株)熊谷組、清水建設(株)、大成建設(株)とともに勉強会を立ち上げ、がれき残渣をブロック状に固め、建設資材として付加価値を高めた“アップサイクルブロック”の開発および実用化に取り組んでいます。また、取り組みの一部は平成 23 年度建設技術研究開発助成制度「震災対応型技術開発公募」による補助金を受けた者との共同研究により実施しています。本稿では、アップサイクルブロックの開発概要、実用化に向けた取り組みと課題を報告します。

基本コンセプトは以下の 2 点です。

- がれき残渣を有効活用する
 - 重金属類などの有害物質が溶出しない
- また、アップサイクルブロックには以下の 2 種類があり、各々の適用イメージを図-1 に示します。

- コンクリート二次製品
無筋のコンクリート二次製品として適用

- 盛土用ブロック

道路盛土、避難高台、防潮堤、河川堤防などの盛土材として適用対象とするがれき残渣は、コンクリートガラ、木材、ゴム、金属類、プラスチック、土石、瓦などが混入したもので、粒径 150mm 以下のものです。

また、重金属類等の有害物質、放射性物質を含んだがれきは対象にしないことを原則としています。

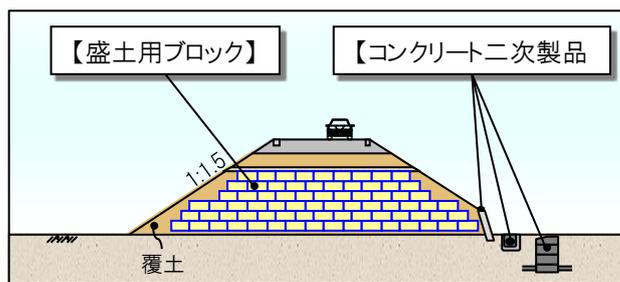


図-1 道路盛土への適用イメージ



写真-2 がれき残渣の一例

キーワード がれき、復興、不溶化、建設資材

連絡先 〒108-8502 東京都港区港南 2-15-2 品川インターシティ B 棟 (株)大林組 土木本部生産技術本部 TEL03-5769-1302

2. 技術的課題への挑戦

(1) 成果目標

震災などで発生するがれき残渣には、木材、ゴム、プラスチックなど圧縮性の高いものが混じっており、かつその混入率が一定でないため、これらを固化材と混練しただけでは、品質が大きくバラつきます。そこで、固化材との混練後にプレス処理を施すことにより品質のバラツキを抑制する方法を考案しました。

また、対象外とはしているものの、がれき残渣には重金属類などの有害物質が含有している可能性を否定できません。そこで、がれき残渣をセメントで固化することで有害物質を不溶化する方法を考案しました。製品および製造方法の概要を表-1に示します。



写真-3 コンクリート二次製品の製造状況

(2) コンクリート二次製品の試作

コンクリート二次製品の試作においては、表-1中に示した目標圧縮強度を満足するブロックを、安価で製造するため、バイコンシステムを適用することとしました。このシステムは超硬練りコンクリートを振動とプレスにより締め固めて成形し、コンクリート二次製品の高強度化と「即脱」を可能にする製造方法です。

二次製品工場内のバイコンシステムによる製造ラインにて試作を行いました。試作した製品は、JIS A 5371に記載されている地先境界ブロックのCタイプ(幅 150×高さ 150×長さ 600mm)です。

表-1 製品および製造方法の概要

		コンクリート二次製品	盛土用ブロック
サイズ		歩車道境界ブロック、地先境界ブロック程度	0.75m立方体程度
イメージ		振動+プレス 固化材(富配合)	振動+プレス 吊上げ用 固化材(貧配合) 袋体
物理特性	目標圧縮強度	10~20 N/mm ²	1 N/mm ² 程度
	がれき粒径	40mm以下	150mm以下
	がれき混入率	50%程度(重量比)	
	がれき使用量	1.03 ton/m ³ 程度	
化学特性		重金属などの有害物質が溶出ししない	
目標概算コスト		¥40,000/m ³ (材料費+製造費)	¥36,000/m ³ (材料費+製造費+施工費)



写真-4 即脱後の表面



写真-5 曲げ試験後の破壊面

使用材料は、セメントに普通ポルトランドセメント、細骨材に陸砂、混和剤にポリカルボン酸系の高性能減水剤を使用しました。がれき残渣は粉砕して粒径 40mm 以下にしたものを使用しました。

配合は、がれき 1t に対してモルタルを 725L 混合(がれきとモルタルを容積比で 4:6)し、モルタルの水セメント比は 30%、細骨材セメント比は 2.0 としました。

製品の製造手順は、最初にパン型ミキサを用いてモルタルを先行して練り混ぜ、次のがれきを投入して練混ぜを行いました。その後、テーブルバイブレータに固定してある鋼製型枠に練り上がったがれきを混合したモルタルを投入し、振動を加えながら上部に設置されたプレス機械により加圧することにより成形しました。

製品を「即脱」し、表面の状況を確認(写真-4)したところ、平滑に仕上がっていました。また、JIS A 5371に準拠して曲げ強度試験を行い、曲げ強度荷重を測定したところ 18.2kN であり、JIS A 5371に規定されている曲げ強度荷重 13kN を上回る結果でした。試験体の破壊面の状況を写真-5に示します。がれきの間隙に密実にモルタルが充填されていました。

(3) 盛土用ブロックの試作

盛土用ブロックについては、試験室内の載荷装置に鋼製型枠および型枠バイブレータを装着した、新たな装置を製作し、これにて試作を行いました。

使用材料は、水セメント比 60%のセメントペースト(高炉セメント)、粒径 150mm 以下のがれき残渣を使用しました。配合は、がれき 1t に対してセメントペーストを 250L 混合しました。

製品の製造手順は、最初に傾胴ミキサーでがれき残渣とセメントペーストを練り混ぜ、次に鋼製型枠の内面に大型土のう袋を装着し、その中へ型枠バイブレータを作動させながら混練物を所定の高さまで投入します。最後に上方より載荷板にて加圧してブロック天端面を均します。

36 時間後に脱型し、材齢 7 日後にコア抜きしたところ、セメントペーストが密実に充填されていました。

また、一軸圧縮試験を実施した結果、 $\sigma_7=2\sim 4\text{N/mm}^2$ と目標強度を上回りました。

(4) 有害物質の溶出に関する試験

当研究開発で扱うがれき残渣は、重金属類等の有害物質を含有していないことを原則としています。しかし、がれき残渣全数を対象としてチェックすることは不可能であるので、万一、有害物質(重金属類)が混入していたとしても、製品から溶出しないことを確認する必要がありますと考えました。そこで、がれき固化体を供試体として環境省告示46号に示されている溶出試験(以下、環告46号試験と呼ぶ)およびタンクリーチング試験を行い、土壤環境基準を満足するかどうかを確認しました。

まず、入手したがれき残渣を供試体として環告46号試験を実施しました。その結果、全ての重金属項目で土壤環境基準を満足しましたが、六価クロム、ひ素、ふっ素およびほう素が微量検出されました。そこで、がれき固化体を供試体とした試験は、六価クロム、ひ素、ふっ素およびほう素の4種類と、アルカリ環境下で溶出しやすい性質のある鉛を加えた5種類の重金属について行うこととしました。無処理のがれき残渣は土壤環境基準を満足していたので、当然、がれき固化体が土壤環境基準を超える可能性は低いと予想されました。このため、土壤環境基準の概ね20倍に相当する重金属を取って人為的に混入した「模擬汚染がれき」を作製した上で、試験を行うことにしました。

まず、環告46号試験では、がれきを粒径2mm未満に粉砕した試料100gと溶媒を重量体積比で10%の割合で混合し、それを6時間振とうさせた後、分析に供しました。溶媒は、純水に塩酸を加えてpHが5.8以上6.3以下となるように調整しました。供試体は、材齢28日のがれき固化体を使用しました。なお、溶液中のイオン量の目安を把握するために、水素イオン濃度指数pHと電気伝導度ECについても併せて測定しました。

一方、タンクリーチング試験(図-2)では、がれき固化体の供試体から200g程度の試験片を切り出し、溶媒に固液比1:10の割合で浸漬しました(溶媒は環告46号試験と同じ)。がれき固化体の材齢28日に試験を開始し、浸漬期間を28日間としました。各溶出試験の結果を表-2に示します。



写真-6 盛土用ブロック製造装置



写真-7 型枠バイブレータ



写真-8 盛土用ブロック
(B750×W750×H850mm)



写真-9 一軸圧縮試験供試体
($\phi 100\times H200\text{mm}$)

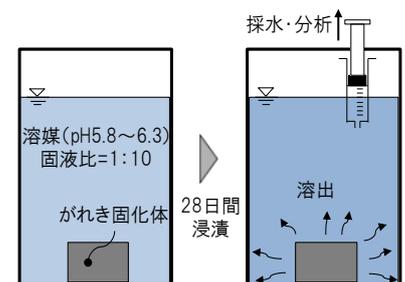


図-2 タンクリーチング試験概要

表-2 溶出試験の結果一覧

項目	土壌環境基準	無処理のがれき			模擬汚染がれき		
		環告46号試験		タンクリーチング試験	環告46号試験		タンクリーチング試験
		がれき単体 (2mm未満に粉砕)	がれき固化体 (2mm未満に粉砕)	がれき固化体 (切り出し片)	がれき単体 (2mm未満に粉砕)	がれき固化体 (2mm未満に粉砕)	がれき固化体 (切り出し片)
pH	—	11.3	12.2	11.4	11.1	12.2	12.1
電気伝導度 EC (mS/m)	—	121	424	64.6	97.0	277	184
各重金属の溶出量 (mg/L)	六価クロム	0.05	0.04	定量下限値未満	1.3	0.03	0.03
	ひ素	0.01	0.002	定量下限値未満	0.33	定量下限値未満	定量下限値未満
	ふっ素	0.8	0.28	0.15	15	0.42	0.28
	ほう素	1	0.16	定量下限値未満	26	0.33	0.78
	鉛	0.01	定量下限値未満	0.001	定量下限値未満	0.002	0.008

無処理のがれき残渣からの溶出量は、いずれの重金属についても土壌環境基準を満足しました。また、がれき固化体の環告46号試験およびタンクリーチング試験の溶出量は、無処理のがれき残渣の溶出量よりも低く、重金属の溶出が抑制されることを確認できました。なお、がれき固化体の環告46号試験による鉛の溶出量は、無処理のがれき残渣に比べて高い値を示しましたが、これは検液のpHが12.2と強アルカリであり、鉛が溶出しやすい環境下であったことによると考えられます。模擬汚染がれき固化体の環告46号試験およびタンクリーチング試験の結果を図-3に示します。

(5) 今後解決すべき課題

がれき残渣には物理特性(粒径、密度、変形特性など)、化学特性(分解性、安全性など)の異なる多様な物質が混在しているため、製品の品質、出来形にバラツキが生じることは避けられません。また、これまでがれき残渣を製品化して長期間供用した事例はありません。このため、今後解決すべき課題として以下のようなものが考えられます。

- 試験・実験データのバラツキの統計的評価による当技術の信頼性の証明
- 耐久性、長期安全性の確認

さらに、盛土用ブロックについては、以下についても検討してゆく必要があります。

- ブロックの積上げを含めた盛土の築造方法の確立
- 耐震性の評価
- 盛土体の安定検討手法の確立

3. 法規制・許認可について

災害廃棄物をコンクリート二次製品や盛土材に有効利用する場合の法規制、処理・処分を行うために必要な許認可について調査しました。関係法令の調査、ならびにヒアリングを行った結果、以下のような知見が得られました。なお、ヒアリング先は、廃棄物の処理・処分に詳しいコンサルタント、環境省、宮城県です。

(1) 災害廃棄物の法的な取扱いについて

「廃棄物の処理及び清掃に関する法律」(以下、廃棄物処理法と呼ぶ)には災害廃棄物の定義はありませんが、市町村が取り扱う災害廃棄物は一般廃棄物として取り扱われます。

(2) 災害廃棄物の処理に必要な許認可について

災害廃棄物(一般廃棄物)の処理の業を行う場合や処理施設を設置する場合には、表-3に示す許認可が必要となります。

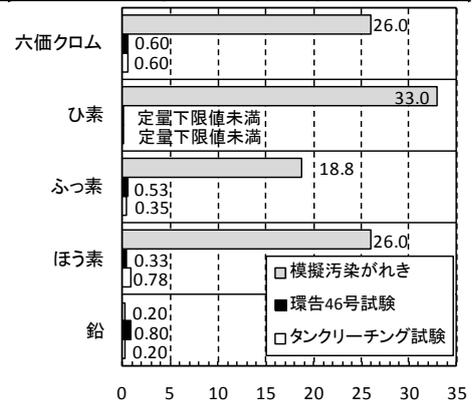


図-3 模擬汚染がれき固化体の溶出試験結果

表-3 処理の業や施設設置に必要な許可

区分	必要な許可	法令
収集運搬	一般廃棄物の収集又は運搬の業の許可*1	廃棄物処理法 第7条
処理・処分	一般廃棄物の処分の業の許可*1	廃棄物処理法 第7条
	一般廃棄物処理施設の設置許可*2	廃棄物処理法 第8条
	都市計画区域内における処理施設の建築許可*2	建築基準法 第51条

*1：市町村の委託による場合は不要

*2：一般廃棄物のごみ処理施設の場合、5t/日以上（焼却施設は200kg/時以上又は火格子2m²以上）が対象
市町村が設置する場合は届出

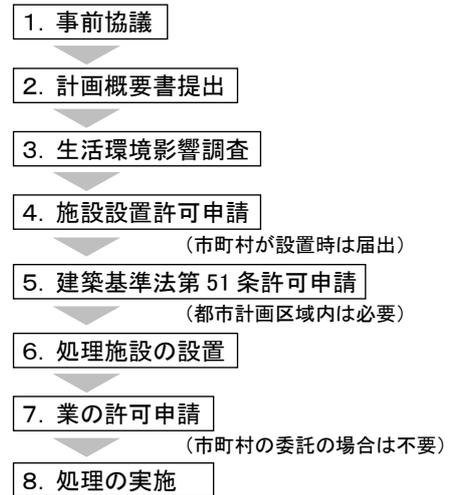


図-4 各種手続きの流れ

①処理業の許可

原則として、一般廃棄物の収集、運搬、処理、処分を業として行おうとする者は、市町村長の許可を受けなければなりません。市町村の委託による場合は、業の許可は不要です。災害廃棄物においても同様です。

②処理施設の設置許可

処理施設を設置する場合、都道府県知事の設置許可が必要となります。市町村が設置する場合には届出となります。

③生活環境影響調査

処理施設の設置許可の申請に当たり、処理施設の種類、規模ならびに廃棄物の種類を勘案し、下記の項目のうち周辺地域の生活環境に影響を及ぼすおそれのある項目について調査を行う必要があります。

- ・大気質
- ・騒音
- ・振動
- ・悪臭
- ・水質又は地下水

最終処分場は環境影響評価法の対象ですが、処理施設は対象外です。ただし、地方の環境影響評価条例によっては対象となる場合があります。

④都市計画区域内における建築許可

都市計画区域内においては、処理施設の用途に供する建築物は、都市計画によりその敷地の位置が決定しているものでなければ新築、増築することができません。そのため、特定行政庁から許可を得た上で建築する必要があります。

(3)各種手続きの流れ

災害廃棄物の処理を行うために必要な各種手続きは、処理施設の種類、規模、設置場所や自治体により異なります。各種手続きの大まかな流れを図-4に示します。

(4)アップサイクルブロックの販売について

災害廃棄物を処理して、有価物となった時点で廃棄物処理法の制約は受けなくなります。

災害廃棄物の排出事業者から受け取る処分費や製品の販売価格は、処理を行う事業者が設定することになります。

(5)アップサイクルブロックの安全性について

アップサイクルブロックは、健康被害や周辺環境に影響が及ぶような有害物質を含まないがれき残渣を使用することを前提としています。したがって、法的には、製品の安全性に関する明確な基準等はありません。

(6)今後解決すべき課題

これまでの調査結果から、災害廃棄物を処理する上で必要な許可や手続きに関して確認することができました。しかしながら、具体的な処理施設の種類、仕様、規模や設置場所が決まらなると、担当行政との協議ができず、実際に取得すべき許可の内容や生活環境影響調査の項目、必要な諸手続きに要する期間などを確定でき

ません。今後解決すべき課題として以下があげられます。

- 処理施設の仕様，規模，設置場所の具体化
- 施設に応じた許可の内容や生活環境影響調査項目，必要な諸手続きに要する期間等の確認

4. 事業化への挑戦

(1) 想定事業スキーム

想定される事業スキームを図-5に示します。

(仮称)アップサイクルカンパニーなる企業を設立し、ブロックの製造設備を設けます。被災地の自治体から災害廃棄物処理業務を受注した某JVと委託契約を締結し、有償にてがれき残渣を受け入れ、ブロックを製造して周辺の復興工事に携わる建設業者に販売します。カンパニーの運営費、ブロック製造費用はJVから受け取る処分費とブロックの販売費で賄います。

(2) プラントの概要

(仮称)アップサイクルカンパニーのプラントの平面イメージ図を図-6に示します。某JVの事業地内もしくは近傍に3,000m²弱の用地を確保し、がれき残渣受入設備とブロック製造設備を設けます。某JVが災害廃棄物処理を終了した時、このプラントは解体・撤去します。

(3) 品質・安全管理に関する今後の課題

アップサイクルブロックは、がれき残渣を使用しているため従来品と比較して製品の品質および安全性にバラツキが生じやすいことは否めません。このため、第三者機関に技術審査証明を依頼して、品質証明に関して万全の体制を敷いてゆきます。

しかしながら、現段階では以下のような課題が残されています。

- 製品の性能(品質，安全性)を証明するための自主基準値の設定と管理方法(試験方法，頻度および基準値)の確立
- 製品のトレーサビリティを確保できるシステムの構築とその運用機関の特定

5. おわりに

当技術がもたらす社会的意義(既設最終処分場容量の負担軽減，他地方へのがれき移送量の削減，最終処分場新設に要する時間・コストの縮減など)は非常に大きいものと確信しております。今後も早期実用化に向けて、尽力してゆく所存です。

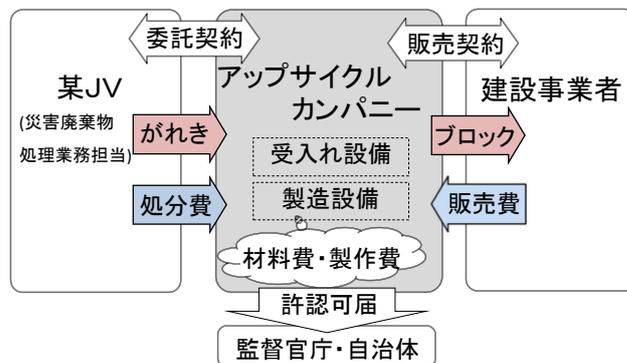


図-5 想定事業スキーム

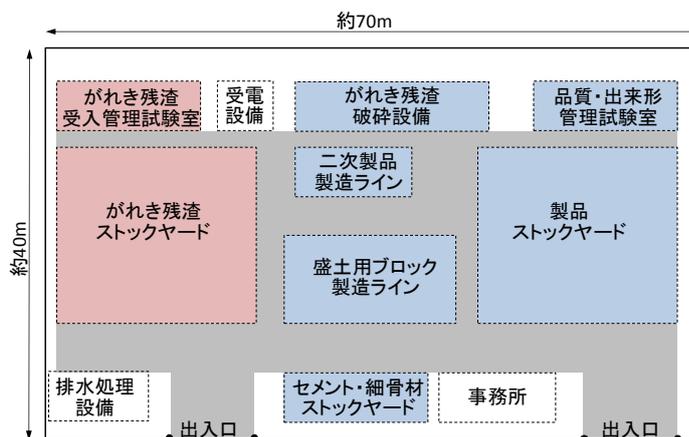


図-6 プラントの平面イメージ図