

ネオ・アッシュクリート（NA クリート）を用いた消波ブロックの製造試験

ハザマ 環境事業開発部 正会員 ○斉藤栄一
中国電力（株） 土木部 正会員 齋藤 直
（株）テトラ 環境事業本部 正会員 半沢 稔
山口大学工学部 正会員 浜田純夫
山口大学工学部 正会員 松尾栄治

1. ネオ・アッシュクリート（NA クリート）について

近年、石炭火力発電所の建設に伴い、産業副産物である石炭灰が大量に発生しており、その有効利用が求められている。この様な背景の中で、著者らは、石炭灰を大量に有効利用した新しい硬化体（以降、ネオ・アッシュクリート（NA クリート）と呼ぶ）を開発した¹⁾。NA クリートは、セメントと石炭灰の混練物に、骨材として同様の産業副産物である金属スラグを混入した低コストのリサイクルコンクリートである。スラグを混入することにより、軽量であった石炭灰コンクリートの比重調整を可能にし、大きな外力が作用する消波ブロック等にも適用できる様にした。また、練混ぜ水には、石炭灰の硬化を促進する成分（塩化物イオン）²⁾を有する海水（塩水）を用いている。さらに、NA クリートは、粉体（セメント+石炭灰）の最適含水比程度といった非常に少量の水で練り混ぜ、パサパサの固体の状態から、振動によりプリンの様な液体状に流体化させ締め固める『超流体力工法』³⁾を用いる。著者らは、NA クリートによる消波ブロック製造試験を繰り返し、その実用化に目処をつけた。本報では、その内容について述べる。

2. NA クリートの振動締め固め特性

従来、流体化は、2次製品工場で使用する振動テーブルで行っていたが、ブロックの大きさや形状によらない

表-1 NA クリート配合（設計基準強度：21N/mm²）

配合	目標スランプ(cm)	単位量(kg/m ³)				
		水W	セメントC	石炭灰F	スラグS	NaCl
配合1	0.0	259	164	636	1,384	8.5
配合2	2.5	266	173	613	1,384	8.8

現場施工を可能とするため、汎用機械である小型の高周波振動モータ

（出力 550W、振動数：100～240Hz）を直接型枠に取り付けることにより

流体化を行う方法を検討した。消波ブロックの製造試験に先立ち、

縦 3m×横 3m×高 1m の矩形型枠に NA クリートを投入し、振動モータ

による材料の流体化（締め固め）の状況について調べた。実施配合は表

-1 に示す 2 種類である。振動モータは、方塊ブロック型枠各側面の高

さ方向中央部に各辺等間隔で 3 個、4 辺（一周）で計 12 個取り付け

た。図-1 に振動エネルギーと加振面からの流体化する距離の関係を、図-2

に振動エネルギーと材料が流体化する体積の関係を示す。図の凡例には、

振動モータの周波数と作動個数が示されてある。尚、材料の流体化の判

定は、型枠内に設置された間隙水圧計、目視および打込み面を直接手で

押すことにより行った。図-1 より、スランプ 2.5cm の配合においては、

振動モータ 1 台（210Hz）で、加振面より最大 1.7m 程度まで流体化が可

能であることが分かる。逆に、スランプ 0.0cm の配合では、最大 0.4～

0.5m と流体化距離は 1/3 程度に減少した。次に図-2 より、スランプ

2.5cm の配合では、振動モータ 1 台あたり（210Hz）、2m³ 程度の流体化を

短時間で引き起こすことが分かる。これに対し、スランプ 0.0cm の配合では流体化体積が激減する。一般の消波

ブロック型枠は、型枠部材の連結が複雑であるので、多方向からの振動の干渉も考えられ、方塊ブロックに比べ

若干振動伝搬性能が低下するものと考えられる。以上より、打込みにはスランプ 2.5cm 程度の材料が適しており、

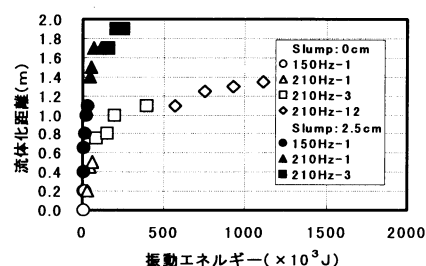


図-1 振動エネルギーと流体化距離の関係

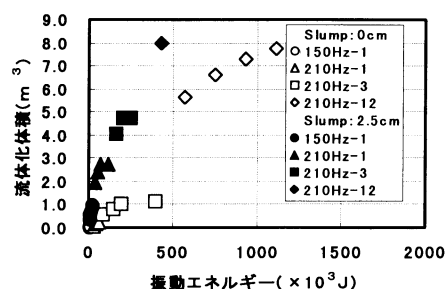


図-2 振動エネルギーと流体化体積の関係

キーワード：石炭灰、金属スラグ、超流体力工法、産業副産物、消波ブロック

連絡先：中国電力（〒730-8701 広島市中区小町 4-33 TEL 082-241-0211 FAX 082-523-6367）

[材料最大 2m^3 /モータ 1 個] の割合がモータ配置の目安になる。

3. 大型消波ブロック製造試験

矩形型枠の試験結果を基に、消波ブロックの製造試験工事をを行った。NA クリートは、2 軸強制練りタイプであれば、市中の生コンプラントでの練り混ぜが可能であった。ただし、固練りな材料のため、荷下ろしの問題から運搬はミキサー車ではなく、ダンプトラックで行った。試験で製造したブロックは、32ton 型テトラポッド×3 基と 80ton 型テトラポッド×2 基で、配合、振動モータ位置、打込み方法の妥当性を確認しながら、32→80ton 型の順で製造を進めた。また、実海域における暴露試験体とするため、12.5ton 型テトラポッドを 15 基製造した。

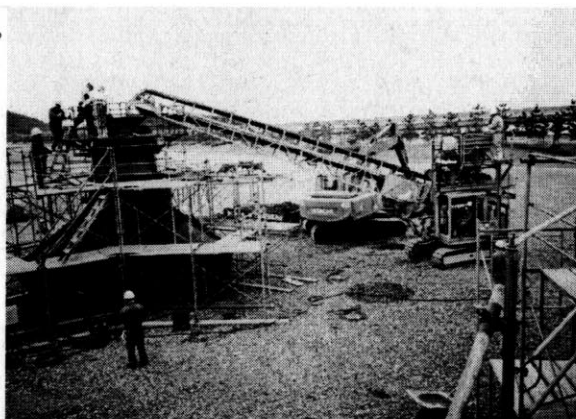


写真-1 ベルトコンベヤによる打込み状況

(1) 施工性の評価：①コンクリートバケット (1.5m^3)、②バックフォウ (0.4m^3)、③ベルトコンベアの 3 種類の機械による打込みを実施し施工性を評価した。コンクリートバケットを使用した場合、粘性の高い NA クリートがバケット内部に粘着し、底部開放による自由落下に支障を来した。バックフォウの場合、ブーム長の限界から打込み高さが制限された。ベルトコンベアを使用した場合の施工性は良好で (写真-1)、定量ずつ連続的に材料を投入できることにより、振動による流体化も効率良く行われた。

(2) 締固め (流体化) の評価：型枠に特別な改造を施すことなく、型枠のリブ部を万力タイプの治具で挟み込む様に振動モータを取り付け、加振することで、流体化が可能であった。振動モータの延べ使用数は、12.5ton 型 (5m^3) で 4 台、32ton 型 (12.5m^3) で 12 台、80ton 型 (35m^3) で 24 台であった。例として、32ton 型の場合のモータ取付位置を図-3 に示す。本ケースでは、常時 1 面で 1 台 (合計 1 台×3 (A,B,C) 面=3 台) の振動モータを作動させ、打込み面上昇とともに、1→4 の順に 4 回、モータの位置を盛り替えた。ちなみに 80ton 型の場合は、常時 2 台/面×3 面=6 台を 4 回盛り替えた。また実質は、延べ数の半分程度のモータを用意し、打込み面上昇とともに順次盛り替え転用することで、ブロック全体を締め固めることが可能であった。

(3) 硬化後のブロック評価：脱型後のブロックの状況 (80ton 型) を写真-2 に示す。普通コンクリートブロックに比べ、若干の空気あばたが見受けられるものの、未流体化域は見受けられず、品質は良好であった。また破碎後も、内部に未流体化域は見受けられなかった。ブロックから取得したコア供試体においても、骨材は全体にバランス良くばらついており、振動による骨材の沈降等は見受けられなかった。一方、12.5 型ブロックは、外海に面した現地海域 (日本海) に暴露試験中であるが、暴露開始後 7 ヶ月が経過した現時点においては、クラックやすり減り等、品質に大きな影響を及ぼす様な問題は発生していない。

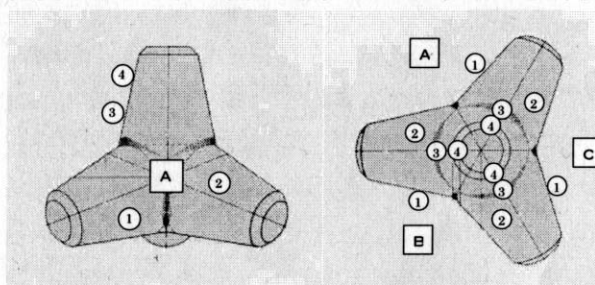


図-3 振動モータ配置図 (32ton 型)

4. 結論および今後の課題

今回の試験工事より、所定の品質を有する消波ブロックを NA クリートで製造できることが分かった。NA クリートは、産業副産物を有効利用したリサイクルコンクリートであり、材料の適当な流通を確保すれば、普通コンクリートより、かなり材料費を低減できる。コストダウン、さらにはリサイクルの推進といった環境的見地も考慮し、今後は更なる利用拡大のため、本技術の展開を図っていく予定である。

参考文献

- 1) 齋藤直ら：石炭灰を多量に使った新素材コンクリートの開発, 電力土木, No.285, pp.75-79, 2000.
- 2) 長瀧重義ら：フライッシュを用いた新硬化体の海洋構造物への適用性, コンクリート工学年次論文報告集, Vol.9, No.1, pp.211-216, 1987.
- 3) 福留和人ら：石炭灰を多量に用いた新しい硬化体製造方法, コンクリート工学年次論文報告集 19(1), pp.223-228, 1997.

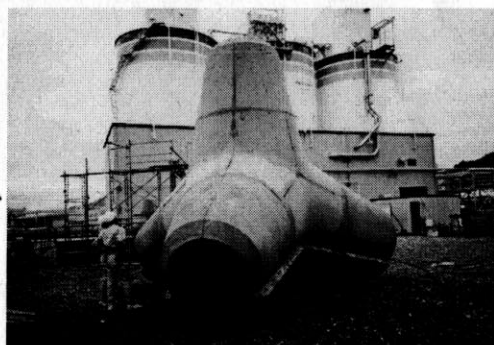


写真-2 完成後の消波ブロック (80ton 型)