

## 軽石の利活用に関するアイデアについて

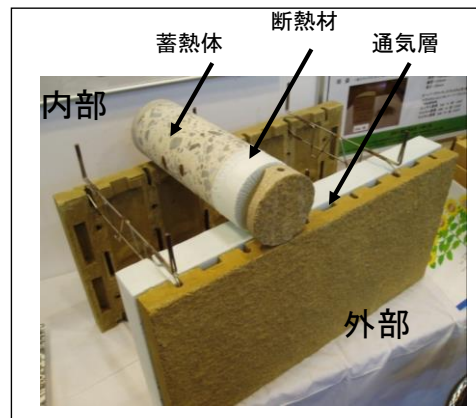
会社名等	きずな開発研究所			
担当者名	京牟禮 実 (きょうむれ みのる)			
連絡先	TEL	090-4981-5655	E-mail	mkyo5555@yahoo.co.jp

### 軽石の利活用に関するアイデアの概要

粉碎した軽石のコンクリート製型枠材料としての活用

#### 概要

天然のポゾラン活性反応を有する粉碎した軽石をコンクリート型枠材料として使用し、セメント使用量を低減したコンクリート型枠製品に成形する。そして、通常の型枠合板に替わり、RC 構造物のパーマネント型の型枠材料として活用する。



#### 用途

RC 構造物の型枠製品：建築（住宅・集合住宅・倉庫など）、土木（擁壁・法面など）

#### 利点

- ①コンクリート製のパーマネント型枠材料として活用することで RC 構造物の耐久性を大幅に向上可能である。(中性化抑制、塩害抑制、ASR 抑制による長寿命化が可能)
- ②南洋ラワン材である型枠合板の使用を低減できる。(CO<sub>2</sub>削減)
- ③軽石を粉碎し無処理で利活用するためコストパフォーマンスに優れている。

#### 軽石の特徴

- ①1000°Cを超えるマグマが噴出し海水で急冷された軽石（火山ガラス質）は、ポゾラン活性を有している。(セメントや消石灰中の水酸化カルシウムと反応して硬化する作用がある)ただし、軽石のガラス質であるシリカ (SiO<sub>2</sub>) の含有が多いと、コンクリートの混和材料として使用した場合、アルカリシリカ反応 (ASR) による膨張性のひび割れが生じる可能性がある。
- ②塩分濃度が高い。
- ③手で押しつぶせる程度の強度である。

#### 軽石の特徴を活かした活用方法

通常の生コンクリートに使用する場合、ポゾラン活性を活かしたマスコンクリートや水密コンクリート等の活用に利点があるが、塩分濃度が高く鉄筋の発錆の危険が高まる。

また、除塩するとコストアップになる。そこで、無筋のコンクリート 2 次製品として粉碎した軽石をコンクリート型枠材料に使用し、そのセメント使用量の低減も可能となる。

軽石の特徴を活かしたコンクリート型枠製品の成型手順

- ①軽石を粉碎する。(軽石の強度が低く比較的容易に粉碎可能)
- ②オムニキサーにてセメントと粉碎した軽石と細骨材および PVA 繊維<sup>※1</sup> (ビニロン繊維) に水や少量の顔料を加えて練り混ぜ合わせる。(無筋のコンクリート 2 次製品)

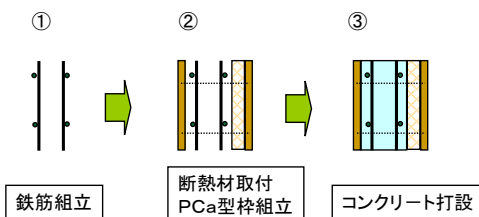
※1 PVA 繊維：セメントやコンクリートの補強材料で土壁の「すさ」のようにひび割れや曲げ剛性向上に寄与します。PVA 繊維を混入し水セメント比 30%程度に加圧成型したコンクリートパネルは、緻密で吸水性も低く繊維で補強しているため ASR による膨張性のひび割れが生じる可能性がない。

- ③加圧成型機にて加圧し、脱型して製品化する。
- ④所要の曲げ強度発現まで養生する。



軽石の特徴を活かしたコンクリート型枠製品の組立手順

- ①加圧成型した PCa パネル (598×298・最大厚さ 30mm、10kg/枚程度) を緊結用の金物を用いて組み立てる。目地厚さ 2mm により壁面の不陸調整をする。
- ②必要に応じて、外壁側には断熱材を取り付ける。
- ③型枠組み立て後にコンクリートを打設すると、外断熱型の仕上げ材料のある躯体が完成する。(構造体は壁式鉄筋コンクリート造または鉄筋コンクリート造)



小型プレキャストパネル:  
W598×H298×D30mm



耐久性に優れたコンクリート材料と構法の開発  
(その5 鉛直部材の構法)

正会員 ○ 京牟禮 実\*  
同 磯野 重浩\*

R C造建物 耐久性 外断熱  
産業副産物 省資源 省エネルギー

1. はじめに

昨今の地球環境問題の高まりから限りある資源を無駄なく効率的に使う持続可能な社会システムの形成が叫ばれており、コンクリート建築物には耐久性向上に加えて、産業副産物の有効活用や省エネルギーを可能とする技術も必要である。

本報は、これらの課題を解決すべく省資源・長寿命化を目指し開発研究している鉄筋コンクリート構法の鉛直部材の構法の概要について報告する。

2. 構成概要

基礎や壁及び柱などの鉛直部材の型枠材料には、パーマネント型枠として、写真1に示すプレキャストコンクリート製の小型パネル(形状:長さ598mm、高さ298mm、厚さ30mm、重さ約10kg 以下PCaパネルと称す)を用いる。PCaパネルの成型方法は、2000KNプレス機械による加圧成型である。その結果、水セメント比38%程度と緻密なコンクリートとなり、耐候性に優れた外装材料となる。このPCaパネルにステンレス製の緊結金物(以下PCタイと称す)を200mm間隔に取り付けて固定する。

また、PCaパネルの内側に断熱材を取り付けながらPCタイで固定すると、通気層を持つ外断熱蓄熱工法が躯体作業時に施工可能となる。打設するコンクリートは、これまで報告してきた高炉セメントと高性能非空気連行性減水剤を用い強度向上と収縮ひずみを抑制したコンクリートを想定している。

3. 提案する構法の利点

鉄筋コンクリート構造の長寿命化を可能とするには、構造体の高い耐久性に加えて内部空間の可変性が挙げられるが、ここでは耐久性向上の効果について列挙する。

また、環境負荷軽減対策として、省資源や省エネルギー技術が挙げられる。これらを可能とする鉄筋コンクリート構法の普及には建設コストと運用管理コストを含めたトータル

コストの削減が重要である。その課題要素と提案する構法による利点を表1に示す。

3.1 耐久性向上

鉄筋コンクリート構造物の躯体の劣化要因として第

表1 課題要素と提案する構法の利点

課題要素	問題点	パーマネント型枠による通気層を持つ外断熱工法の利点
耐久性向上	中性化の抑制	加圧成型した緻密なコンクリート製型枠(W/C38%)により打設したコンクリートへのCO <sub>2</sub> の侵入が抑制され、中性化速度が小さくなる
		打設したコンクリートが加圧成型した緻密なコンクリート製型枠(W/C38%)で保護され、コンクリート表面の乾燥を防ぎ中性化速度が小さくなる
		通気層を持つ外断熱工法のため、温熱環境の急激な変化が少なく、打設されたコンクリート温度が高くなり中性化速度が小さくなる
	鉄筋の腐食予防	厚さ30mmのコンクリート製パーマネント型枠が、打設されたコンクリートのかぶり厚さに有効 外断熱により外壁側の日射による膨脹収縮が少ないためひび割れにくく、ひび割れによる水や空気が内部へ運ばれる可能性が少ない
アルカリ骨材反応対策	打設するコンクリートに高炉セメントを活用することで、低アルカリとしアルカリシリカ反応を抑制する	
凍害対策	通気層を持つ外断熱工法のため、温熱環境の急激な変化が少なく、凍害が生じにくい	
省資源	型枠用せき板への合板の使用による熱帯雨林破壊	型枠用せき板として型枠合板の替わりにコンクリート製のパーマネント型枠を用いるため、熱帯雨林の保護に繋がる
	産業副産物の有効活用	コンクリート製のパーマネント型枠やその型枠間の接着材料や打設するコンクリートに産業副産物である高炉スラグを活用することで緻密化を図り、躯体の耐久性向上と省資源化を実現
	家庭から排出されるCO <sub>2</sub> 削減	外断熱したコンクリート躯体を蓄熱体として活用することで、冷暖房負荷の低減に繋がる
建設コスト削減	高コストな外断熱工法	型枠構成材料(端端太、横端太)を削減した施工方法や外断熱工法の躯体施工と同時作業による低コスト化
	分業化された施工職種形態による躯体工事の非効率	システムチックにモジュール化した構法のため、多能工一職種による施工が可能で、手待ちなしの作業による生産性の向上
ランニングコスト削減	定期的な外壁の改修費	顔料を混入したモルタルを加圧成型した緻密なコンクリート製型枠(W/C38%)を外装材料として使用するため、耐候性に優れる
	冷暖房による空調負荷	外断熱したコンクリート躯体を蓄熱体として活用することにより、冷暖房負荷を低減でき空調費の削減に繋がる

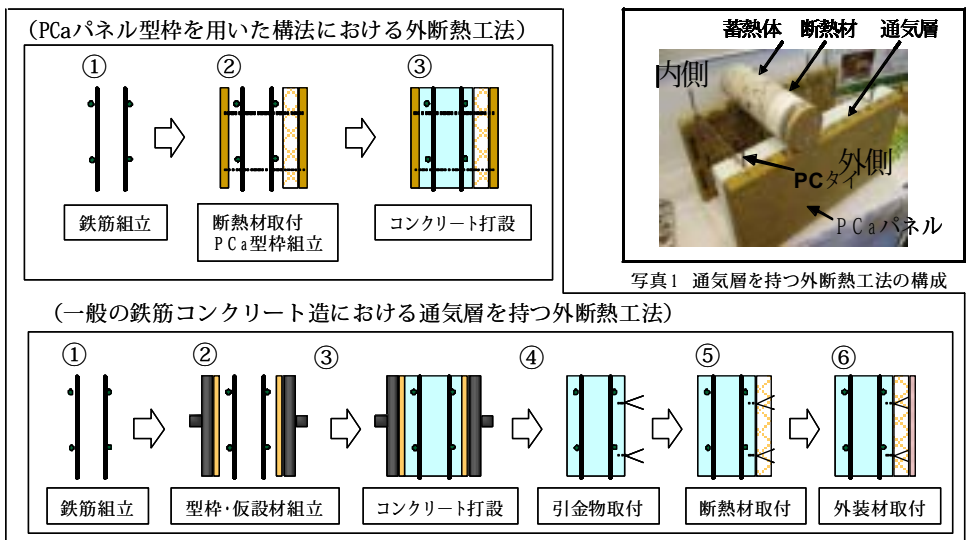


図1 型枠合板を用いた一般の通気層を持つ外断熱工法とPCaパネル構法の工程比較

一にコンクリートの中性化と、それに伴う鉄筋の腐食が挙げられる。中性化速度を抑制するには、一般にかぶり厚さを大きくとり、水セメント比の小さい緻密なコンクリートとし、乾燥を防ぎ湿潤に保つことが挙げられる。提案するPCaパネルを用いた外断熱蓄熱工法の躯体は、これらの条件の改善が可能で、温度変化が極めて穏やかであるため日射による膨脹収縮によるひび割れが生じにくい。また、通気層を持つ外断熱蓄熱工法の躯体中のコンクリートは、中性化してもひび割れが少なく、水や空気が内部へ運ばれにくく、鉄筋の腐食ひび割れが生じにくい。そのため、型枠合板を転用型枠として用いる構法と比較して格段な躯体の耐久性向上が可能となる。

その他の劣化要因のアルカリ骨材対策や凍害対策としても、提案する外断熱蓄熱工法の躯体に高炉セメントを用いたコンクリートとすることで抑制できる。

### 3.2 省資源

提案する構法の環境負荷軽減対策として、表1の省資源に関する問題点が挙げられる。数回転用した後に廃棄される型枠合板の代わりにPCaパネルをパーマネント型枠として用いる。また、PCaパネルや打設するコンクリートに産業副産物である高炉スラグを活用することで省資源化を図り、併せて、コンクリートが緻密化し躯体の耐久性も向上する。

### 3.3 コスト

提案する省資源・長寿命化を目指した鉄筋コンクリート構法の普及には、建設コストと運用管理コストを含めたトータルコストの削減が重要である。

図1に示す型枠合板を用いた通気層を持つ一般的な外断熱工法の施工は、仮設材の解体後、引き金物や断熱材を躯体に取り付けて外装材で仕上げる。一方、本構法はPCaパネルが外装材も兼ねるため、躯体施工時に通気層を持つ外断熱工法が可能となり合理的である。また、PCaパネルは、モジュール化されておりシステム化しやすく、多能工一職種で施工可能で、従来の鉄筋工や型枠工の分業制による職種間の手待ちが無い。加えて、コンピュータ支援による部材発注・生産・供給にも有効であり、生産性に優れた施工が可能となる。

次に、本構法の運用管理時の特徴として構造体の耐久性の向上に加えて、外装材の耐

候性や冷暖房負荷の空調費の削減が挙げられる。外装材は、顔料を混入したモルタルを加圧成型した無機質のPCaパネルを外装として使用するため耐候性に優れ、劣化しにくい外装材料となる。また、外断熱蓄熱工法の躯体は、外気温による温度変化が極めて穏やかで、空調費の削減に繋がる。

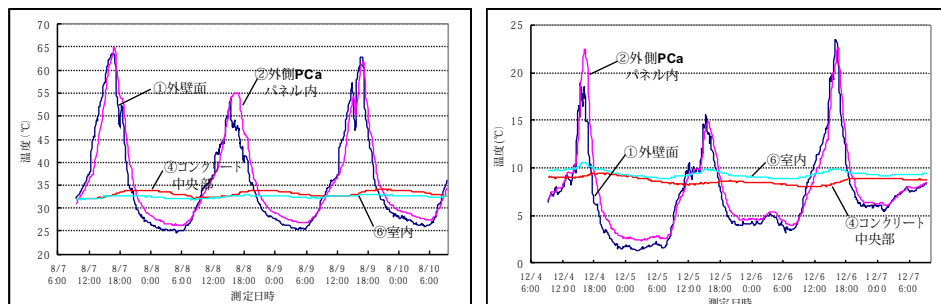
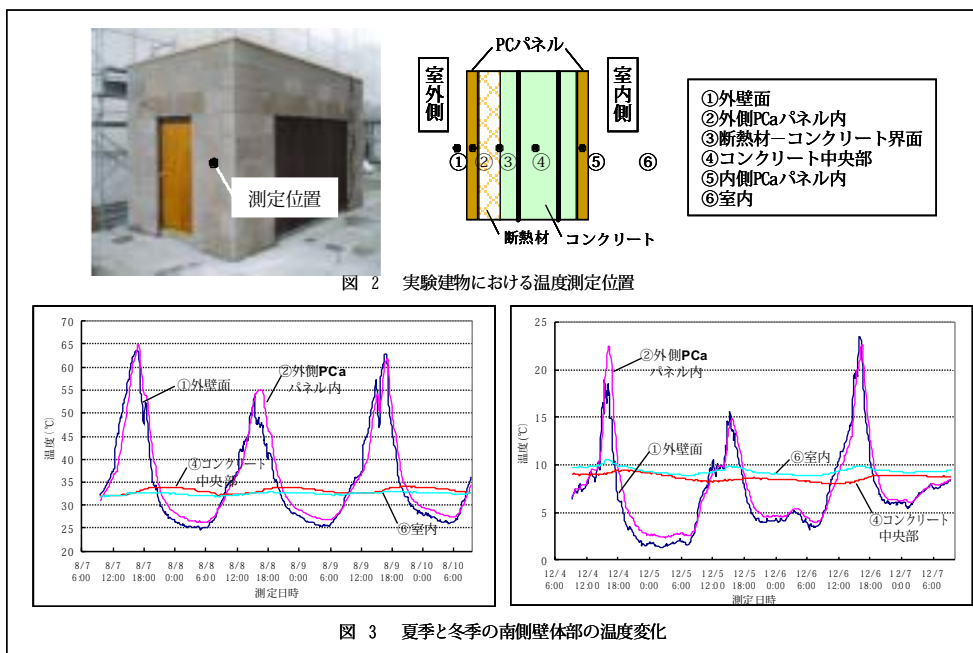
### 4. 提案する建築物の温熱性能

本構法は、外断熱蓄熱工法のため、室内の温度変化が極めて穏やかなことが特徴である。その効果を確認するため実験建物（平成17年施工）を用いて構造体の温度変化を測定した。温度の測定位置は図2に示すように、建物の南側壁（測定高：GL+1, 200mm）である。図3に、夏季（平成18年8月7日～10日）と冬季（平成18年12月4日～7日）の3日間にわたる4点（外壁面、外側PCaパネル内、コンクリート中央部、室内）の温度測定結果を示す。夏季は、外壁面において最高64.9℃、最低26.2℃と38.7℃の温度差が生じるものの、室内は最高33.0℃、最低31.7℃と温度差は1.3℃であった。一方、冬季は外壁面で最高22.6℃、最低2.3℃（温度差20.3℃）、室内温度は最高10.6℃、最低8.8℃（温度差は1.8℃）であった。本構法による建物の室内の温度変化は夏季・冬季ともに極めて穏やかな結果となった。

### 5. おわりに

提案する構法により耐久性に優れた外断熱工法の構造体が躯体作業時に施工可能である。また、運用時には、構造体の耐久性の向上や外装の耐候性向上による躯体改修工事や空調光熱費の低減が可能で、トータルコストで経済的になると考える。

今後は、建物の実施工を通して本構法の適合性を検証する予定である。



\* 九州職業能力開発大学校 准教授

\* Assoc.Prof., Kyushu Polytechnic College.

# 耐久性に優れたコンクリート材料と構法の開発 (その6 鉛直部材の構造性能と耐久性能)

## 1. はじめに

> ? @ A B C D E F ~ G H I 5 @ J K L M N O P Q R S " T U V S W X Y / Z 1 L / [ 1 W \ ] Y ^ \_ ` a Q b B c d ] S / O 1 @ e f " # @ g h i j k ] S l m n P Y o ! E p W q r P s \* t u ( v w x i y f z { | + } 3 ( , " T # X Y ~ € , f W , ... † ; ‡ ^ % v S Š < 1 i ( E S l ' ] d @ ' " † " • O P - — O P f S T M Š > W œ V Ÿ - 2 j ç E H , ' \* t ~ , α Y ' \* t U ¥ V | † § f " \$ % & - @ ' © ) \* + , - . a « X Y ~ & - @ i \ ] P f S ' U † ° . † : W P ° ± O " l 2 ° X Y ' ] d ' © ) \* + , - . 3 ' i a ! 1 D U / O 1 D W h μ V ¶ · W , f P ° ± V S l

## 2. プリズム試験体の圧縮試験

T M Š > W œ V a « @ ' \$ X ' \* t U % & 3 Y ° » X ' \* t @ ' ( ) \* + , - . ¼ a K O P f S l ' @ a K 3 ' i a ! ½ ¾ h μ V ç Å W , f P Á Å O " l Å @ 2 3 4 5 < = ½ @ i = Å « † Å > W œ V l < = ½ @ f π Æ X | + } 3 ( , @ a ! ½ @ b † m ç V S È É W ç È Ê Ë + l † l O " l Î Ï Ð X < = ½ @ Ñ Æ W Ò Ó Ô Õ Ö † U O × Ø Ù c Y Ú @ Ñ Æ : Û Ü W Ý Þ ß ( à † á Ø Y / Ç < = à W P Ç ä < = † l l O " l a ! ½ W § f " | + } 3 ( , X ä â @ æ ç è † § f Y < = ½ † ° » W P é Ô è ë ? W 2 3 4 5 < = ½ @ Ç ä < = † l l O " l Å ä X Y l l O " 2 3 4 5 < = ½ @ i l U < = i ï † œ V l < = ½ ð X Y T M Š > W œ V a « @ < = ½ † ñ ò O Y ó ô O " | + } 3 ( , i a ! ½ U E S l Å @ a ! ½ † × Ø ò ò % & 3 L ' \* t ÷ @ ç Å † ^ ø V S " R Y ù ú d ð k ¼ @ ç Ð i l @ < = ½ † Y ä > W œ V a K 3 ' § f P Y Å ] ú ] ½ ü ý O " l ' @ < = ½ @ Ç ä < = @ i l Y < = ½ ù @ 6 7 † > U O " < = ½ þ U ÿ È < = ½ @ 6 7 @ q X Y % & 3 † Æ h Æ - . U O " < = ½ ÿ U ¼ Y Å ] ú ] Y U Ç ä 6 7 i f O " l Å Y ' \* t † § f " < = ½ X 6 7 @ i E f l ' @

表1 構成材料の物性

Pcaパネル	加圧成型 かさ密度 2.30 圧縮強度: 50N/mm <sup>2</sup> (材齢7日)、PVA繊維混入
聚結金物	ステンレス製 φ4.2mmを 2.7mm×5.3mmに圧延
断熱材	押出法ポリスチレンフォーム保温板 (厚)50mm

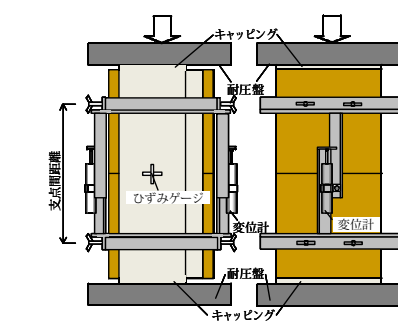


図1 プリズム試験体の圧縮試験方法

表2 プリズム試験に用いたコンクリートの調査

調査記号	セメントの種類	W/C S/A		単位重量 (kg/m <sup>3</sup> )			水和剤	
		%	%	水	セメント	細骨材		
調査N	普通ポルトランドセメント	55	46	182	333	810	971	AE減水剤

試験体番号	I	II	III	IV	V	VI	VII
試験体形状							
試験体寸法 (W×D×H)							
構成材料	コンクリート製加圧成型パネル	無し	無し	無し	無し	有り	有り
	聚結金物	無し	有り	無し	無し	無し	有り
	ポリスチレンフォーム保温板	無し	無し	片面	両面	無し	無し
3体の圧縮強度平均 単位 (N/mm <sup>2</sup> )	25.5	28.3	26.7	27.4	25.6	29.2	27.5
圧縮強度標準偏差	0.7	2.1	2.0	2.0	3.2	1.3	0.8
試験体名Iの強度を1とした比	1.00	1.11	1.05	1.07	1.00	1.14	1.08

図2 試験体の種類及び材齢56日のプリズム試験結果

U O P Y % & 3 X ' \* t È Ø Y Ç ä 6 7 W É < = ½ @ Î J W O L V ö Y @ a ! ½ @ † V S i i ( E S " R U n S l W Y a ! ½ | + } 3 ( , : W î # i R k ] S < = ½ þ U h ð @ < = ½ ù U @ 6 7 @ q X Y < = ½ þ i Y < = ½ U ð X Y Å ] ú ] Y U Ç ä 6 7 i f O P f S l ' @ < = ½ ù U ð @ 2 3 4 5 < = @ U Ý Þ ß

