

平成23年度 住宅・建築関連先導技術開発助成事業

# 「建築分野における 土の高度利用と新構法の研究・開発」

NPO法人N・C・S 理事長 山下 保博 株式会社 アトリエ・天工人 代表

国立大学法人東京大学 東京大学大学院工学系研究科建築学専攻 教授 松村 秀一、准教授 藤田 香織

早稲田大学 早稲田大学理工学術院創造理工学部建築学科 教授 奥石 直幸

株式会社佐藤淳構造設計事務所 主宰 佐藤 淳

東京大学大学院工学系研究科建築学専攻 特任准教授

株式会社マサキ・エンヴェック 課長 上村 浩之

## 研究背景

- ・鉄、ガラス、コンクリート → 地域性無しに世界中に広まっている
- ・近年の鋼材等の急激な価格変動 → グローバルな投機的市場の動向が建築活動に多大な影響
- ・京都議定書(1997年議決)以降 → 地球環境改善への世界的な意識変革、各種分野間における様々な試み

現状の建築生産方式では、地球環境時代とも程遠いことは明白

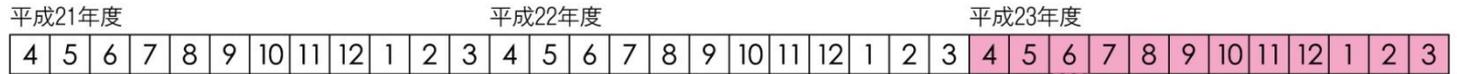
建築生産の仕組みそのものに抜本的な方向転換が必要

## 研究目的 ～なぜ土なのか

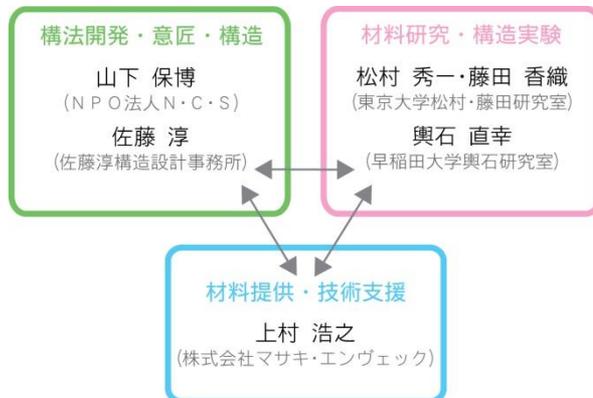
- ・土素材は至る所に存在し、資源枯渇の心配がない
- ・固化に化学反応を伴わないため、完全リサイクルが可能
- ・廃棄する場合も害なく大地に還元することが可能

1. 「土＋自然添加物」による循環型建築生産モデルの構築
2. 国内外の災害時の建設技術開発と在来土建築物の仕様向上の研究

## 本研究は、平成21年度から23年度にわたる3年間の継続研究である



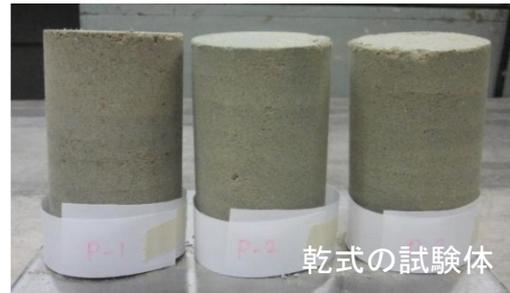
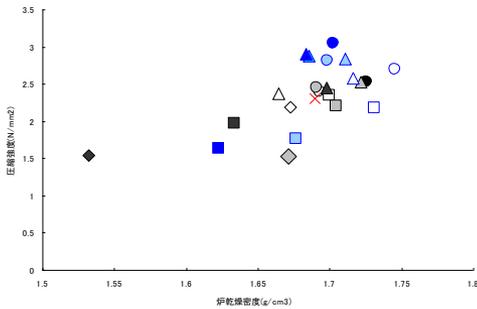
## 研究会メンバー



## 土に混ぜる自然添加物の検証

様々な添加物による「土＋自然添加物」圧縮強度実験

- |                 |                 |                 |
|-----------------|-----------------|-----------------|
| ○ 文具用デンプンのり1.3% | ○ 文具用デンプンのり2.2% | ● 文具用デンプンのり3.0% |
| □ アミノール1.3%     | □ アミノール2.4%     | ■ アミノール4.4%     |
| ◇ つのまた1.0%      | ◇ つのまた1.6%      | ◆ つのまた3.4%      |
| △ コンスターチ0.6%    | △ コンスターチ2.0%    | ▲ コンスターチ3.0%    |
| ○ ペントナイト5.0%    | ○ ペントナイト10.0%   | ● ペントナイト15.0%   |
| □ 寒天1.0%        | □ 寒天2.0%        | ■ 寒天3.0%        |
| △ アマニ油1.9%      | △ アマニ油3.0%      | ▲ アマニ油3.0%      |
| ▲ アマニ油4.0%      | × 原土            |                 |



乾式の試験体



湿式の試験体



## 構造強度実験

土ブロック組積造の壁モックアップ作成＋せん断実験



配合の違う試験体



目地入れ



載荷装置を使用してせん断力測定



材料実験と構造実験結果を踏まえ、土に混ぜる硬化剤を「酸化マグネシウム」とすることで、「土＋自然添加物」による環境にやさしい循環型の建築生産モデルとなる。

## 酸化マグネシウム(MgO)とは

### [製造方法]

- ・海水から抽出出来るため、国内外でも製造が可能（※日本は海水から抽出している）
- ・マグネサイト鉱物(炭酸マグネシウム  $MgCO_3$ )を焼成 することでも製造が可能(内陸部)

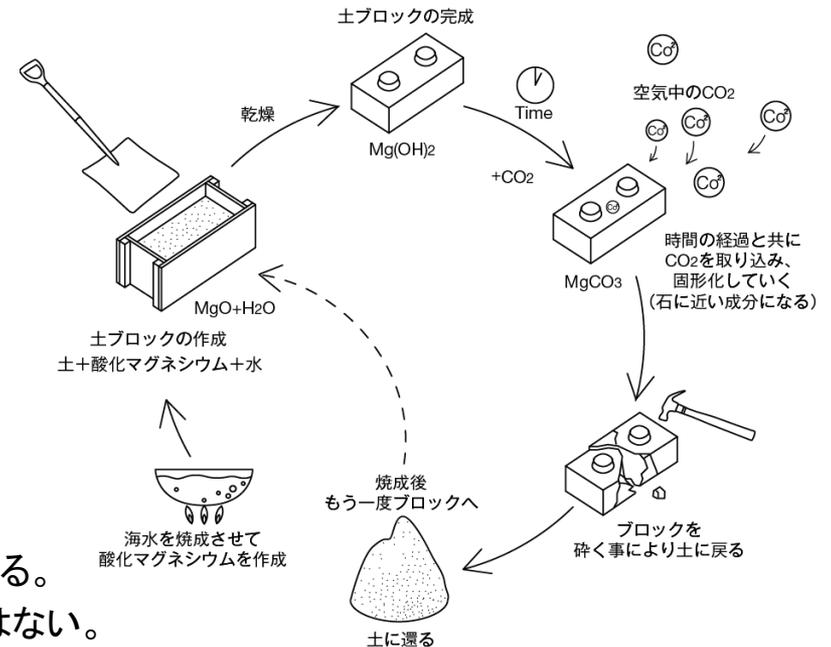


世界中で生産が可能であり、資源も豊富にある

- ・酸化マグネシウムは食品添加物にも指定されており安全である。
- ・弱アルカリ性の為、土に戻しても水に溶かしても生物に影響はない。
- ・マグネシウムは水質改善剤としても使用されており、バクテリアの活性を抑え、硫化水素の発生を抑制する効果もある。



安全であり、害なく大地に還元することが可能



土ブロック循環イメージ図



## 圧縮試験、せん断実験結果

### ブロック・目地材実験1

#### 遅延材混入率の違いによる圧縮強度、せん断強度の比較

[添加物] 遅延材: ノーマル、クエン酸3%混入、5%混入

[結果] 遅延材の混入に対しての圧縮強度及びせん断強度の低下は見られなかった。

### 目地材実験2

#### 目地材施工時における加水率の違いによるせん断強度の比較

[実験方法] 材料練り混ぜ後、時間の経過と共に硬化し始めた目地材に加水をし、再度練り混ぜを行った材が、せん断強度に影響を及ぼすかを検証する。

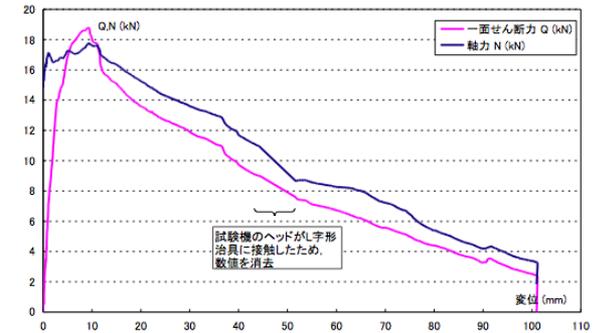
[結果] 加水をしても、加水しない材とほぼ同じ強度が得られた。施工性を重視して加水をしても強度に影響がないことが分かった。

### 目地材実験3

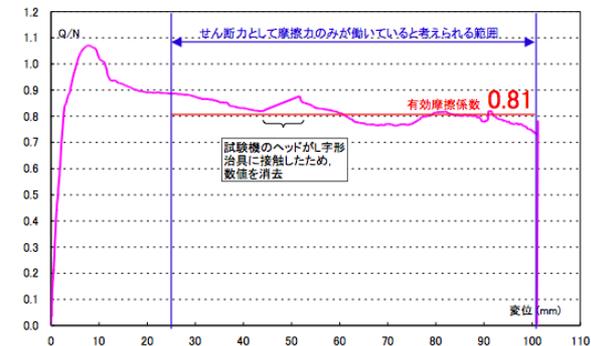
#### 目地材の充填率によるせん断強度の比較

[実験方法] 組積する際に、目地の上側(ブロックの下側)にあるダボに十分目地材を充填しなかったタイプの強度を検証する。

[結果] ダボの充填度が低いとせん断耐力(=摩擦力+だぼの引っ掛かりによる力)は低くなるため、施工の際には、ダボ穴上下にしっかりと目地材を充填するように注意を行う。



一面せん断力Q (※) および軸力N-変位関係図



Q/N-変位関係図

試験結果一例



## 屋外での土ブロック製作の問題点・改良点

- ・季節や天候の変化による温湿度・日射等の環境条件の違いにより、硬化速度や乾燥速度など施工性に影響が生じた。
- ・現状の土ブロックが1個あたり20キロ近くあり施工性に問題があるため、軽量化を図る必要がある。
- ・土ブロックの製作が全て手作業のため、加圧の違いによって精度のバラつきが生じる。また、1つ作成するのに1時間近くかかる為、製作過程の見直しの検討も必要である。



遅延材の配合量の検討



組積のモックアップ



パイロットプロジェクト

22年度の実験を踏まえ、構造体としては必要な強度も確保し、良い試験結果が得られた。パイロットプロジェクトの土ブロックの組積造の壁は、3.11の地震(千葉市:震度5強)にも耐え、本研究・開発の発展の可能性を強く確信している。今後は、製品化をしていく上で必要な**環境性能**などのデータ取得が必要である。また、上記で記載したように**土ブロックの製作過程**には課題が残るため、更なる改善が必要である。

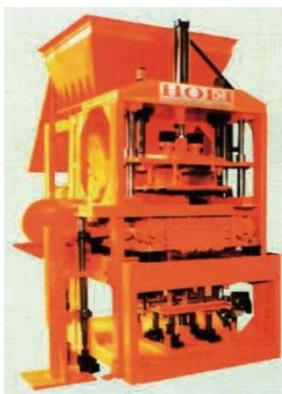


### パイロットプロジェクトをベースとした研究・開発・調査

- ・パイロットプロジェクトを通して、**室内環境(温湿度等)の測定**
- ・測定結果をもとに、**実用化・市場化に向けて、更なる改良を加えて性能向上をはかり研究を進めていく**
- ・凍結実験など、**環境性能に対する検証**



現状の型枠



イメージ図

### ブロック製作機の機械化による開発

**生産性とコストダウンを図るためにブロック製作の機械化が重要である。**

- ・ブロック製作機の開発による**作業効率の向上**
- ・機械化することで**ブロック単体の品質の安定や均一化を図る**
- ・機械化に合わせた**材料の配合及び製造方法の確立**
- ・組積造の壁**モックアップによる施工検証**



循環型建築生産モデルの構築を行い、また、土研究者と協働体制を整えていくことで、研究成果や新たな技術を国内外へ提案していきます。