

# 北海道で生じるリサイクル材の建設材料への活用に関する研究

北見工業大学土木環境工学科 正員 桜井 宏 岡田抱儀

ニセコ運輸(有) 古谷和之 大川富雄 山本大介

㈱イワクラ 高橋賢孝 會澤コンクリート(株) 栃谷民男

## 1. はじめに

**1.1 背景** 北海道でも、産業廃棄物の処分場の確保が種々の制約から難しくなっている。また、現在から将来にかけて、地球環境対策と資源の有効利用の観点から、リサイクル材の有効活用が求められて各種検討がなされるようになってきている。

**1.2 目的** 本研究では、北海道で生じる産業廃棄物をリサイクル材の建設材料への活用の可能性を検討するため、木材消却灰、貝殻粉末によるカルシウム、石膏ボード等から得られる石膏等を、コンクリートの材料やコンクリート製品等の性能改善への活用について検討を行った。

## 2. 調査研究方法

### 2.1 使用材料等

リサイクル材料として、木材消却灰、貝殻粉末、石膏ボード等による石膏を利用し、コンクリートに以下の条件の材料成分で配合し、実験を行った。

表 2.1.1 材料成分 (木材焼却灰と貝殻粉末カルシウム使用)

| 混入量  | W/C  | SA   | W                    | C                    | S                    | G                    | B                    | Ca                   |
|------|------|------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
|      | (%)  | (%)  | (kg/m <sup>3</sup> ) |
| ケース1 | 40.0 | 53.5 | 175                  | 438                  | 936                  | 851                  | 220                  | 220                  |
| ケース2 |      | 54.7 |                      |                      | 984                  |                      | —                    | —                    |

表 2.1.1 配合条件 (石膏ボード・リサイクル材料による石膏使用)

| 石膏 (%) | W/C (%) | s/a (%) | 単位量 (kg/?) |     |     |      |    |       | 石膏 | AE剤cc |
|--------|---------|---------|------------|-----|-----|------|----|-------|----|-------|
|        |         |         | W          | C   | S   | G    | 石膏 | AE剤cc |    |       |
| 0.00   | 55      | 36.8    | 150        | 273 | 695 | 1208 | 0  | 68.3  |    |       |
| 6.25   | 55      | 35.8    | 153        | 278 | 652 | 1219 | 17 | 69.5  |    |       |
| 12.50  | 55      | 34.8    | 155        | 282 | 609 | 1233 | 35 | 70.5  |    |       |

### 2.2 試験方法

圧縮強度試験、乾燥収縮試験等は JIS 等に準拠し行った。

### 2.3 有効プレストレスの算出方法

有効プレストレスは、クリープ・乾燥収縮や鋼材自身のリラク

セーションによる鋼材張力の減少が終了した時点の PC 部材に残っている張力で、ここでは、有効係数を以下の式で求める。

$$\sigma_{pi} = \frac{F}{A_p} \quad \sigma_{pt} = \frac{\sigma_{pi}}{1 + n' \times \frac{A_p}{A_c}} \quad \sigma_{cpt} = \frac{\sigma_{pt} \times A_p}{A_c}$$

$$\Delta \sigma_{p\phi} = \frac{n \times \phi \times \sigma_{cpt} + E_s \times \epsilon_s}{1 + \frac{n \times \sigma_{cpt}}{\sigma_{pt}} \times (1 + \frac{\phi}{2})}$$

$$\Delta \sigma_r = \frac{\gamma_o}{100 \times (\sigma_{pt} - 2 \Delta \sigma_{p\phi})}$$

$$\sigma_{pe} = \sigma_{pt} - \Delta \sigma_{p\phi} - \Delta \sigma_r \quad \sigma_{ce} = \frac{\sigma_{pe} \times A_p}{A_c}$$

$$\eta = \frac{\sigma_{pe}}{\sigma_{pt}}$$

ここで、 $\sigma_{pi}$ :PC 鋼材の初期引張応力度、 $\sigma_{pt}$ :プレストレス直後の PC 鋼材の引張応力度、 $\sigma_{cpt}$ :プレストレス直後のプレストレス、 $\Delta \sigma_{p\phi}$ :クリープ・乾燥収縮による引張応力度減少量、 $\Delta \sigma_r$ :リラクセーションによる引張応力度減少量、 $\sigma_{pe}$ :有効引張応力度、 $\sigma_{ce}$ :有効プレストレス、 $\eta$ :有効プレストレス係数とする。

## 3. 実験結果及び考察

### 3.1.1 圧縮試験結果及び考察

焼却灰と貝殻粉末を細骨材に置換した場合、気中条件下で一般の配合に比べ材齢 1 年ではやや小さい強度が得られた。これはポゾラン反応等の効果がやや少ないためと考えられる。

石膏を細骨材に一部置換した場合は、図 3・1 より、材齢 28 日では、置換割合が 0%、6.25%では、ほぼ同じ強度を示しているが、置換割合が 12.5%で 6 割程度であった。湿潤養生材齢 1 年では、置換割合が 12.5%では、強度が増進し標準養生の強度をやや上回っていた。また、標準養生材齢 90 日以降、置換割合が 6.25%のケースが最も強度が高い傾向を示した。これは置換によるエトリンガイト等発生の影響と推定される。置換割合によって、強度の発現傾向に違いがみられる。また再生骨材を細骨材に一部置換した場

合、材齢28日時点で他の配合よりも一番大きな強度を示した。これは再生骨材自体の強度が影響し、より強度が発現したものと考えられる

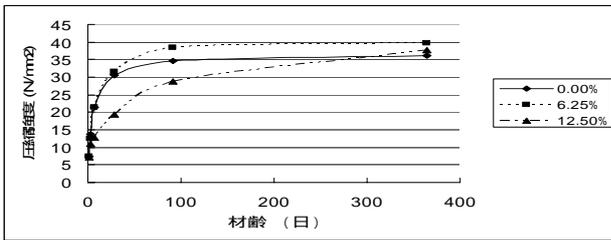


図3・1 材令と石膏含有ケースの圧縮強度の関係

### 3.2 乾燥収縮試験結果及び考察

焼却灰とカルシウムを細骨材に置換した場合、置換していないものに比べ長さ変化率（乾燥収縮）が約2割減少している。これは貝殻粉末を置換することにより、セメントとの水和生成物が緻密化し、乾燥収縮に影響が少なくなったと思われる。カルシウムを細骨材に置換することにより、CaO等の成分が乾燥収縮の抑制等に影響を与えていると考えられる。

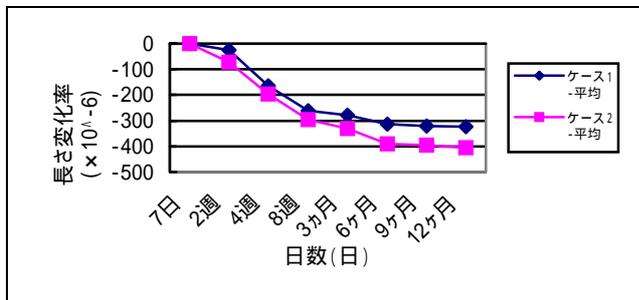


図3・2 材令と乾燥収縮試験結果

### 3.3 クリープ試験結果及び考察

焼却灰と貝殻粉末を細骨材に置換した場合、一般的配合に比べクリープ歪みが約2割、クリープ係数が0.17減少している。これは、貝殻粉末等に含まれているCaO等の成分により水和生成物が生じクリープが抑制されていたためと思われる。貝殻混入によりクリープ係数等を抑制する傾向があることを示している。

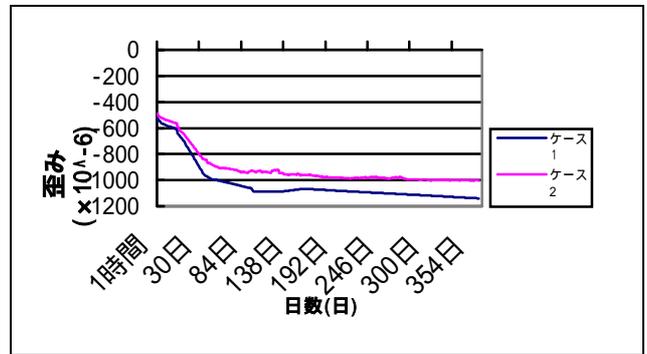


図3・1 材令とクリープ歪みの関係

### 3.4 プレストレスの有効係数

有効プレストレスは、一般的配合では2.840N/mm<sup>2</sup>、焼却灰・カルシウム混入では2.890N/mm<sup>2</sup>と大きい値を示した。これは貝殻粉末・焼却灰に含まれているCaO等の成分がコンクリートのクリープ・乾燥収縮及びPC鋼材のリラクセーションに影響を与えたことを示している。また、有効プレストレス係数からみても、一般配合0.835、混入ケース0.852と貝殻粉末と焼却灰を置換した方が大きな値を示し、PCの性能に有効な成分と判断できる。

## 4. 結論

北海道で生じるリサイクル材料の建設材料への活用に関する研究の結果以下の結論を得た。

- ①焼却灰と貝殻粉末を細骨材と置換することによって、混入しない配合よりも大きな圧縮強度を示した。また、貝殻粉末成分はクリープ係数等への影響を抑制する傾向がある。
- ②石膏の混合は、実用的には6%以下の置換割合が強度発現上望ましい。
- ③今後の課題としては、石膏の置換に対する化学的安定性や乾燥やクリープ等のメカニズムの検討を行う必要がある。