

ウッドチップ混入ポーラスモルタルのカルシウム溶脱による強度変化

群馬大学大学院 学生会員 ○鈴木 裕二
 群馬大学大学院 正会員 半井健一郎
 群馬大学大学院 非会員 森 勝伸
 小林工業(株) 非会員 小林 祐介

1. はじめに

廃木材をウッドチップとして再利用することは、環境負荷低減の観点から重要である。新たな利用法として開発された、ウッドチップをセメント固化したモルタル平板(以下、ウッドチップ平板と称す)は、高い重金属吸着性能を有するなど、廃木材利用の新たな可能性を見出し、工業廃水処理などへの適用が検討されている¹⁾。今後の本格的な実用化のためには、耐久性に関する検討が必要と考えられる。例えば、ウッドチップ平板はポーラスな組織構造を有しているため、水中でCa溶脱が進行し、強度が低下する可能性がある²⁾。特に、塩化物イオンを含む水が作用する場合、溶脱は促進されると考えられる³⁾。

本研究では、ウッドチップ平板におけるCa溶脱による強度低下の検討を行う。純水、塩水浸漬によりCaを溶脱させた供試体の曲げ強度試験を行い、曲げ強度を健全供試体と比較する。また、曲げ強度を評価するに当たり、含水比依存性などの強度変化に関する基礎的な検討も合わせて行う。

2. 実験概要

2.1 供試体

砂、ウッドチップ、セメント、水を所定の割合で攪拌混合した後、型枠に投入し、振動プレスにより300×300×60mmのウッドチップ平板を成型した。W/Cを約30%とした。養生は屋外での気中養生とした。約90日の気中養生後、作製したウッドチップ平板の両端50mmを切り落とし、さらに2分割して、300×100×60mmの角柱供試体とした。

2.2 蒸散率が曲げ強度に及ぼす影響に関する事前検討

供試体を所定の期間浸漬、乾燥させた後、曲げ強度試験を実施した。浸漬水にはイオン交換水を用いた。供試体に対する浸漬水の質量比(液固比)を0.6と小さくし、溶液交換を行わず、浸漬中の溶脱の影響を極力抑えた。乾燥は、温度20±3℃、相対湿度60±5%の室内で、供試体の下面を床面から50mm浮かせて静置させることで行った。乾燥状態は蒸散率を用いて評価した。ここで蒸散率とは、乾燥開始から減少した質量を浸漬により吸水した水の質量で除した値である。

蒸散率と曲げ強度の関係を図-1に示す。ここで、浸漬を行わなかった供試体の蒸散率は100%と定義した。図より、蒸散率の低い供試体では、浸漬無しの供試体と比較してば

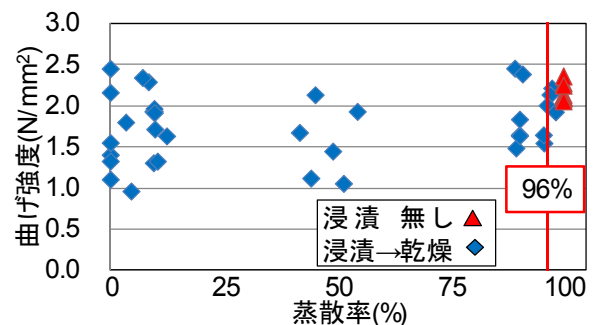


図-1 蒸散率と曲げ強度

表-1 溶脱促進試験条件

環境条件	浸漬液の種類	液固比	浸漬期間(日)
浸漬無し	—	—	0
水中養生	イオン交換水	0.6	30
			90
			180
			30
純水浸漬	イオン交換水	3	30
			90
			180
			30
塩水浸漬	塩化ナトリウム水溶液	3	30
			90
			180

らつきが大きく、強度評価を行うには不安定な状態である。一方、蒸散率が高くなるとばらつきは小さくなり、96%以上では浸漬を行わなかった供試体と同程度のばらつきとなった。

2.3 溶脱試験供試体に対する曲げ強度試験

供試体のCa溶脱が曲げ強度に及ぼす影響を検討するため、養生後の供試体を浸漬させて溶脱促進試験を行い、含水比調整のための乾燥を行った後、曲げ強度試験を実施した。

実験条件を表-1に示す。浸漬溶液による劣化の違いを検討するため、純水浸漬および塩水浸漬を行った。浸漬溶液はそれぞれ、イオン交換水および海水と同程度の3mass%の塩化ナトリウム水溶液とし、液固比は3とした。浸漬試験中は、1時間に15分間の攪拌を行い、溶液交換を1、3日目および7、14～175日目までの7日ごとに行った。溶液を交換するごとに交換直前の水をサンプリングし、溶脱Ca濃度を測定した。

また、水中での水和進行などの影響を評価するため、劣化供試体とは別に液固比0.6のイオン交換水で、溶液交換を行わず、溶脱の影響を極力抑えた上で、水中養生を行った。

各浸漬、養生期間は30、90、180日とした。また、浸漬期間0日の試験も合わせて行った。なお、実験条件ごとにそれぞれ3体の供試体の試験を行った。

キーワード ウッドチップ ポーラス 溶脱 曲げ強度 耐久性

連絡先 〒376-8515 群馬県桐生市天神町1-5-1 群馬大学工学部 TEL0277-30-1613 FAX0277-30-1601

浸漬試験または水中養生後の乾燥は、2. 2と同様の方法で行った。乾燥期間は、2. 2で検討したように、強度のばらつきが小さくなる蒸散率 96%以上になるまでの期間とした。

曲げ強度は、JIS A 1106を参考に行った。載荷は2点載荷とし、載荷速度は毎分 $0.1 \sim 0.2 \text{ N/mm}^2$ とした。

2. 4 中性化深さの測定

気中養生における炭酸化および溶脱促進試験による Ca 溶脱の範囲を検討するため、中性化深さの測定を行った。中性化深さの測定は、JIS A 1152を参考に行った。破断面にフェノールフタレインを散布し、呈色した部分が安定してから、ノギスにより表面から呈色部分までの距離を 0.5 mm の単位で測定した。

3. 実験結果および考察

3. 1 中性化深さ

浸漬期間 180 日における中性化深さの測定結果を表-2に示す。表より水中養生における表層部の中性化は、気中養生中の炭酸化によるものと考えられる。また、純水、塩水浸漬においては、水中養生と比較して、Ca 溶脱による中性化の進行が確認できた。このとき、塩水浸漬の方が純水浸漬よりも中性化が進んでおり、既往の研究と一致している³⁾。また、同じ環境条件中の上下、左右方向での中性化深さの違いは、供試体の通水性の違いであると考えられる。これらの傾向は、浸漬期間 30, 90 日においても同様に見られた。

3. 2 溶脱割合と溶脱 Ca 濃度

浸漬試験期間と溶脱 Ca 濃度の関係を図-2に示す。浸漬溶液の違いを比較すると、中性化深さと同様に、塩水浸漬の方が純水浸漬よりも溶脱 Ca 濃度が高い。ここで、最大溶脱 Ca 濃度をみると、純水浸漬で約 8 mmol/L 、塩水浸漬で約 12 mmol/L であり、既往の研究³⁾と比較すると、純水浸漬では $1/3$ 程度である。これは、3. 1より気中養生中に表層部が炭酸化したことにより、溶脱が抑制されたためと考えられる。

3. 3 溶脱割合と曲げ強度

溶脱割合と曲げ強度の関係を図-3に示す。ここで、溶脱割合とは、溶脱前の供試体の全 Ca 量で溶脱 Ca 量を除したものとする。浸漬無しの初期強度と比較して、水中養生 30, 90, 180 日の供試体では曲げ強度が同程度増加していることが分かる。これは、供試体の W/C が約 30%と低く、また、気中養生であったために、多く残存していた未水和セメントが、その後の 30 日までの水中養生によって反応し、強度増加につながったと考えられる。よって純水、塩水浸漬では未水和セメントの反応と、溶脱による劣化が同時に生じていると考えられる。

図より、未水和セメントの反応を考慮し、水和の進行した水中養生の曲げ強度と比較すると、溶脱割合が増加するとともに、曲げ強度が低下し、溶脱による劣化であると考えられる。強度低下の傾向は、浸漬溶液によらず、溶脱割合 5%程度までの溶脱初期に大きく低下し、その後、低下は緩やかになっ

表-2 中性化状況

環境条件	水中養生(180日)	純水浸漬(180日)	塩水浸漬(180日)
引張縁 写真 圧縮縁			
中性化 上下	5.3 mm	13.0 mm	14.0 mm
深さ 左右	7.1 mm	15.3 mm	18.0 mm

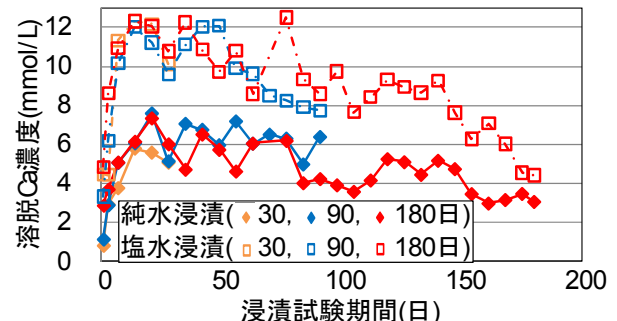


図-2 浸漬試験期間と溶脱 Ca 濃度

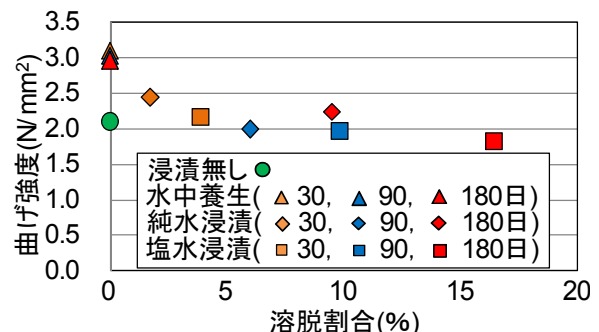


図-3 溶脱割合と曲げ強度

た。これは、3. 1より Ca 溶脱は供試体表層部から進展することから、溶脱初期では、供試体全体としての溶脱割合が小さくても、曲げ強度に大きく影響する引張縁側の局所的な溶脱が大きくなっていたためと考えられる。また、溶脱割合 5%程度以降の溶脱においては、内部ほど曲げ強度試験において作用する引張応力が小さくなるため、溶脱が内部に進展したことの強度低下への影響が相対的に小さくなったと考えられる。

4. まとめ

本研究の範囲内で、次のことが示された。1)蒸散率が低い状態では曲げ強度のばらつきが大きく安定せず、蒸散率が高くなるにつればらつきが小さくなる。2)Ca 溶脱は、供試体表層部から進展し、塩水浸漬の方が純水浸漬よりも速く進む。3)曲げ強度は、浸漬溶液の違いによらず、溶脱初期に大きく低下し、その後、低下は緩やかになる。

【参考文献】

- 1) 原尚子ほか:ウッドチップを使ったCd及びPbの吸着材の開発, 日本分析化学会年会講演要旨集, 54 巻, pp.325, 2005.
- 2) 北詰昌樹ほか:セメント処理土の暴露環境における強度変化, 第37回地盤工学研究発表会, K-06, pp.819-820, 2002.
- 3) 蔵重勲ほか:塩化物・炭酸水素イオン共存溶液中におけるセメント硬化体の溶脱挙動, コンクリート工学年次論文集, Vol.29, No.1, pp.909-914, 2007.