

木炭を混入したポーラスコンクリートの力学的特性

長野工業高等専門学校 正会員 ○遠藤典男

長野工業高等専門学校 正会員 松岡保正

長野工業高等専門学校

酒井穂泉

1. はじめに

木炭の水質浄化機能、マイクロハビタット創出効果は周知の通りである。一方、ポーラスコンクリート（以下 PoC と記す）は、一般的なコンクリートの配合に比べ極めて多量の粗骨材を、僅かな高強度のセメントペーストで接着したものであり、多くの空隙を有するコンクリートである。この空隙の多さを利用し断熱・遮音・透水性舗装など種々の分野への適用が期待される。また、コンクリートの強度に寄与するセメントペーストの配合が少量なため、PoC の要求強度は小さいことが多い。このため本研究では、PoC の粗骨材の一部を木炭に置換することにより、これらを河川等に設置した場合 PoC の種々な効果に加え、木炭の有する水質浄化機能およびマイクロハビタット創出効果が期待できると思われる。

しかしながら、木炭は原料となる木材に起因した不確定性要因、すなわち木材の種類、乾燥の程度および乾燥収縮による亀裂の有無あるいは多少、さらには木炭作成時の温度や状況等でその力学的特性、特に本研究に対しては木炭の強度を定性的に評価することは難しい。このため粗骨材を木炭に置換するにあたり次のような仮定を行った。

1) 木炭部分の強度は小さく、強度はないものと仮定した。したがって、木炭は PoC の空隙と同等の位置付けとした。ただし、空隙率測定時における空隙体積：Va は実際の空隙部分の体積のみを考え、粗骨材の木炭への置換の有無に関係なく全体積：V に対する Va の割合 (Va/V) を一定とした。

2) PoC 設計時において、セメントペースト：P と粗骨材：G の割合 (P/G) は重量百分率で表されるが、粗骨材を木炭で置換しない場合を基準として配合設計した後、粗骨材と木炭の総体積、すなわち全体積：V に対する粗骨材と木炭の体積が変化しないよう、置換率は体積百分率により算定した。

以上の仮定の下で、PoC に配合する粗骨材の一部を木炭に置換し、置換割合を変化させ強度に関する考察を行った。

表 1 木炭の物理諸量

最大寸法	密度	表乾密度	吸水率
25 (mm)	0.83 (g/cm ³)	1.09 (g/cm ³)	29.0 (%)

表 2 PoC に配合した粗骨材の物理諸量

最大寸法	絶乾密度	吸水率	粗粒率	実績率
20 (mm)	2.62 (g/cm ³)	1.3 (%)	6.70	65.5 (%)

2. 木炭および骨材の物性値

表 1 に木炭の、表 2 に粗骨材の物理諸量を示す。

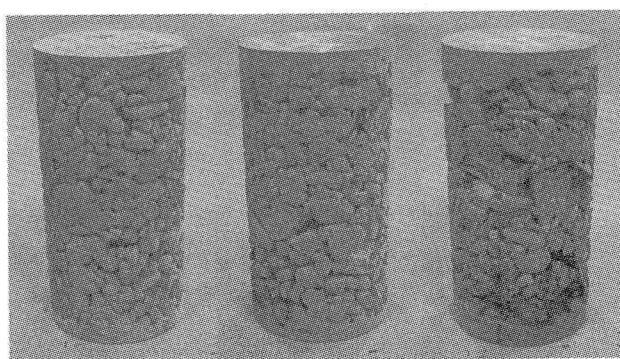
まず、木炭は 50mm×50mm×(60~70mm) 程度の形状寸法を有する市販の燃料用木炭を、ハンマーにより粉碎した後、30mm ふるいを全て通過し、5mm ふるい通過分はできる限りカットしたものを適用した。PoC へ木炭を混入するに際しては、先に示した仮定でも述べたように木炭自身は一種の空隙と位置付けた。このため大小の粒径の木炭を PoC に混合することにより、見かけ上の空隙が増加すると考えることもできる。なお、木炭は十分な強度が期待できないため（個体差はあるものの）、練り混ぜ時の破損を考慮し粗骨材に比し多少大きい 25mm を最大寸法とした。また、表乾密度は当初 1 より小さく吸水後も水に浮くと考えていたが、実験の結果 1.09 と、吸水後はかろうじて水に沈むことがわかった。一方強度の面では、PoC の中へ実際の空隙と木炭（見かけ上の空隙）という 2 種類の空隙が存在する状態を仮定したため、より密実に粗骨材を PoC 中に配したいとの理由から多様な粒径が混在している、千曲川水系の川砂利を用いた。

3. 配合

表 3 に配合を示す。各配合とも水－セメント比：(W/C) を 30% とし、目標空隙率：(Va/V) を 25% (容積百分率)、置換率 0% (木炭を混合しない場合) のセメントペースト重量：P と粗骨材重量：G の割合 (P/G) を 25% とし、目標圧縮強度を、10 (N/mm²) と仮定した。粗骨材を木炭へ置換した配合に対しては、先述した仮定に基づき置換率を 10% ～ 50% まで 5 段階に変化させた。なお、60% 以上の置換率に対しては、PoC の重

表3 木炭を混合した PoC の仕方配合

置換率 (%)	W/C (%)	W (kg)	C (kg)	G (kg)	木炭 (kg)	P/G (%)
0	30	86	287	1491	0	25
10	30	86	287	1341	48	27
20	30	86	287	1192	95	29
30	30	86	287	1043	143	31
40	30	86	287	894	190	34
50	30	86	287	745	238	38



(a) 置換率 0% (b) 置換率 20% (c) 置換率 40%

写真1 木炭を混合した PoC 供試体

量および強度面で実用的ではないと判断し、置換率50%を上限とした。

3. 硬化後の PoC 表面の性状および圧縮強度

写真1 (a)は粗骨材のみの供試体を、(b)、(c)は各々木炭への置換率を20%、40%とした供試体を示す。写真(b)で示すように、木炭の置換率が10%~20%のPoC表面では、木炭をあまり確認できなのにに対し、写真(c)で示すように、置換率の増加に伴いより多くの木炭を確認できる。また、PoC表面の木炭にセメントペーストの付着が確認されるが、内部空隙部分においても多くの木炭表面が確認でき、木炭の表面積は外見よりも相当多いと考えられる。

図1に粗骨材の木炭への置換率と全空隙率および連続空隙率の関係を示す。同図において、木炭の置換率が増加するのに伴い全空隙率、連続空隙率ともに大きくなるとともに、全空隙率と連続空隙率の差も大きくなっている。これは、置換率の変化に伴い、状況は異なるものの、木炭表面にセメントペーストの付着が生じ、非常に吸水性の高い性質の木炭が、木炭本来の表面が露出している部分から急速に吸水するが、非常に吸水率も大きいいため、短時間で空隙の多くを水で満たすまでには至らなかったことが要因だと考えられる。

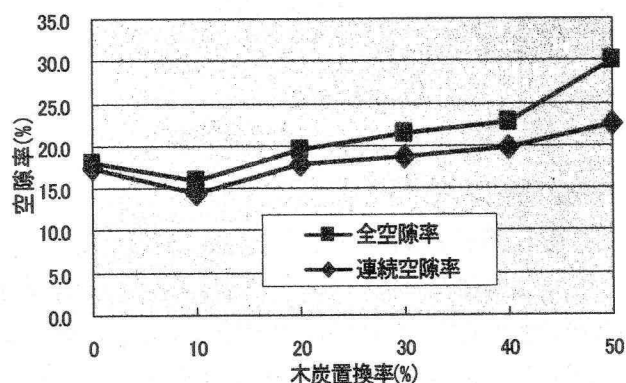


図1 木炭置換率と空隙率の関係

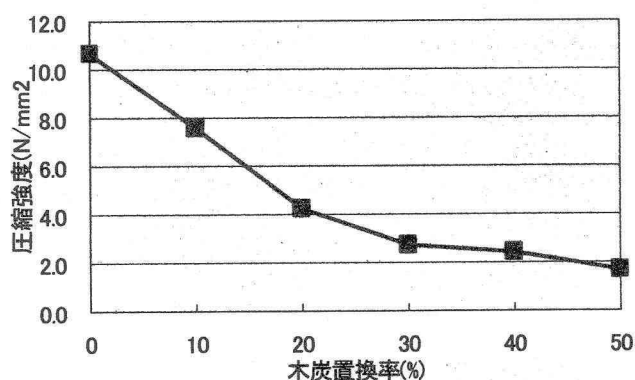


図2 木炭置換率と圧縮強度の関係

図2に木炭置換率と圧縮強度の関係を示す。PoCに木炭を混合するに際し、一般に木炭の強度が小さいため一種の空隙として位置づけると仮定したが、圧縮強度試験結果を示す同図からも、木炭の置換率が増加するのに伴い、強度も減少している様子がわかる。木炭の置換率が0%~20%までは、全空隙率はほぼ一定であるのに対し、圧縮強度は置換率に比例して小さくなっている。置換率30%以上では、圧縮強度が2~3(N/mm²)程度と小さくなってしまい、構造物として十分な機能を果たせない。

4. おわりに

木炭をポーラスコンクリートに配合し、その性情、および圧縮強度に関して考察した。得られた知見を以下に示す。

PoC表面の木炭にセメントペーストの付着も多くの部分で確認されたが、PoC表面から内部に至る空隙にも多くの木炭表面が確認できた。このため、河川などに配置した場合には木炭の浄水効果およびマイクロハビタット創出効果が期待できると考えられる。一方、木炭への置換率が20%までは、置換率の増加に比例して、圧縮強度は低下する。木炭への置換率が30%を超えると極端に圧縮強度が低下することがわかった。