

木炭を混入したポーラスコンクリートの力学的特性と環境負荷低減効果の評価

長野工業高等専門学校専攻科 井上健典

長野工業高等専門学校 正会員 遠藤典男

1.はじめに

ポーラスコンクリート（以下 PoC と記す）は普通コンクリートに比べて多くの空隙を有し、その空隙の多さによって植生基盤や水質浄化などの環境負荷低減効果を持つことが知られている。また、PoC は強度に寄与するセメントペーストの配合が少量であるため、要求強度が小さいことが多い。このため本研究では、PoC の粗骨材の一部を水質浄化などの機能を有するとして知られている木炭に置換し、PoC が本来有している種々の機能に加え、木炭が有する水質浄化機能を付加することによって、環境負荷低減効果の向上が期待できると考えた。

2.材料の物性値

表 1 に PoC に配合した粗骨材の物理諸量、表 2 に同じく木炭の物理諸量を示す。粗骨材は強度確保の観点から、PoC 中に粗骨材をより密実に配した方が良くと考え、多様な粒径が混在している千曲川水系の川砂利（粒径 20-05）を使用した。

一方、木炭は入手の容易性とコストを考え、市販の燃料用木炭（マレーシア産マングローブを原料とした炭）を使用した。この木炭の寸法形状は 50mm×50mm×60~70mm 程度であり、これをハンマーにより破碎した後、粒径が 10mm の木炭は 15mm ふるいを全て通過し、10mm ふるいに留まったものを使用し、粒径が 20mm の木炭は 25mm ふるいを全て通過し、20mm ふるいに留まったものを使用した。

表 2 PoC に配合した粗骨材の物理諸量

最大寸法 (mm)	絶乾密度 (g/cm ³)	吸水率 (%)	粗粒率	実積率 (%)
20	2.60	1.3	6.70	66.0

表 3 PoC に配合した木炭の物理諸量

最大寸法 (mm)	絶乾密度 (g/cm ³)	表乾密度 (g/cm ³)	吸水率 (%)	実積率 (%)
20	0.83	1.09	29.0	61.7
10	0.83	1.09	29.0	64.0

3.配合

表 3 に実験で用いた PoC の仕方配合を示す。各配合とも水-セメント比(W/C)を 30%と一定とした。PoC に木炭を混入するのに際して、木炭の有無による PoC の性状の相違を検証するため、配合 1 に木炭置換率 0%（骨材を木炭に置換しない）と配合 2~5 に木炭置換率 10%のものを設定し、配合 2~5 については、木炭粒径 10mm, 20mm のものと配合設計時の目標空隙率を 15%, 20%（体積百分率）と変化させたものを設定した。なお、配合に際して、木炭部分は強度の上では一種の空隙と仮定し、また、粗骨材を木炭に置換するにあたり、総体積が変化しないよう仕方配合の計算を行った。

4.圧縮強度

図 3 に圧縮強度試験の結果を示す。同図より、木炭粒径が 10mm よりも 20mm の配合の方が圧縮強

表 1 PoC の仕方配合

配合 番号	木炭置換率 (%)	木炭粒径 (mm)	V _a /V ^{*1} (%)	W/C (%)	水 (kg)	セメント (kg)	粗骨材 (kg)	木炭 (kg)	P/G ^{*2} (%)
1	0	—	15	30	92	308	1716	0	23.3
2	10	10	15	30	93	311	1544	53	25.3
3	10	20	15	30	95	315	1544	51	25.7
4	10	10	20	30	69	230	1544	53	18.7
5	10	20	20	30	70	234	1544	51	19.1

*1: 配合時に仮定した全体積:V に占める空隙:V_a の割合(体積百分率)

*2: 配合設計後に計算したセメントペースト-粗骨材比(P/G)(重量百分率)

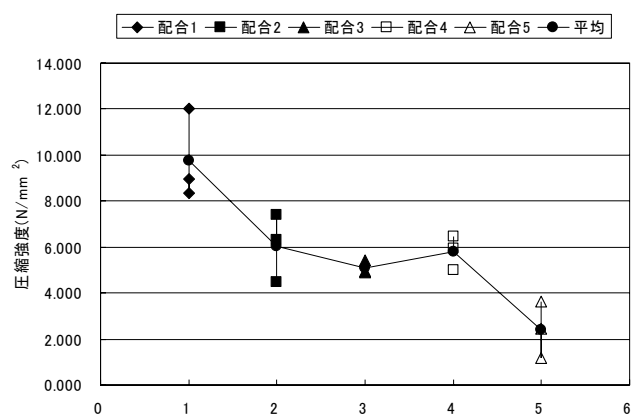


図1 圧縮強度

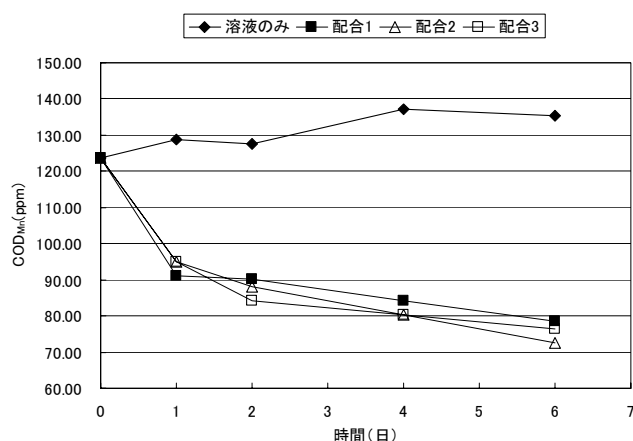


図2 CODの経時変化

度低下は著しい。これは、木炭粒径 10mm では、木炭粒径が小さいことから、空隙と仮定した木炭部分が小さく、空隙が供試体中に分散していると考えられ、木炭粒径 20mm では、木炭粒径が大きいため空隙と仮定した木炭部分が大きく空隙が局所的に集中していると考えられる。このため、木炭粒径 10mm の方は圧縮強度低下を抑えることができ、木炭粒径 20mm では圧縮強度低下が著しいと考えられる。

5.水質浄化機能

木炭は微細な孔が無数にある多孔質という性質を有しており、これが微細なものを吸着する機能を有している。本研究の水質浄化実験では、PoC の骨材と置換した木炭の吸着能力による水質浄化を検証するために、有機物源として食器洗い用合成洗剤を用いた試料による化学的酸素要求量（以下 COD と記す）によって行った。試料とする溶液には、水道水に食器洗い用洗剤を 0.75mg/l の濃度で混合したものを用いた。食器洗い用洗剤は界面活性剤として脂肪酸アルカノールアミドやアルキルエーテル硫酸エステルナトリウム等の物質を含んでいる。これらの物質は線状で比較的長い分子構造であるため、木炭の微細な孔に引っかかり、吸着されやすいと考えた。この溶液を約 3ℓ 入りの容器に 2.7ℓ 入れ、そこに表 3 で示した配合 1、配合 2、配合 3 により作成された PoC ブロック（直径 100mm、高さ 60mm の円柱状）を静置したものと、PoC ブロックを入れず溶液のみものを用意し、容器上部に設けた攪拌装置で 1 分間に 100 回転で攪拌させながら、COD の経時変化を測定した。

図 2 に COD の経時変化を示す。同図は、横軸に

時間（日）、縦軸に実験により得られた COD の濃度を示したものである。同図が示すように試料中に何も入れない状態では COD の濃度が初期の濃度と比べて 6 日目に約 9% 増加していることがわかる。これは、試料の微妙な温度変化によってわずかに増加したものと考えられる。試料中に PoC 供試体を設置した場合は、COD の濃度が日数を追うごとに減少していることがわかる。6 日後には、配合 1 が約 37%、配合 2 が約 41%、配合 3 が約 38%、COD の濃度が低下した。一方、配合 1 の木炭を混入しない供試体を設置した溶液と配合 2、配合 3 の木炭を混入した供試体を設置した溶液の COD 減少率を比較すると、6 日目において約 1~4% 程度の差であった。このことから、PoC 自体は有機物を吸着すると考えられるが、骨材を砂利から木炭へ 10% 置換したことによって、極端な水質浄化機能の向上は見られなかった。これは、木炭にセメントペーストが付着し、木炭の多孔質の一部が損なわれていたためと考えられる。最大で約 4% 程度の差ではあるが木炭を混入した PoC を設置した溶液の COD が減少したのは、供試体表面にはセメントペーストが付着していない木炭部分も確認でき、これによるものと考えられる。

6.おわりに

木炭粒径 10mm と 20mm の配合では、10mm のほうが圧縮強度低下を抑えられることがわかった。しかし、木炭の粒径が小さいものを置換すると、木炭がセメントペーストに覆われやすくなり、木炭表面の有する機能を損なわせてしまうと考えられる。また、木炭を混入した PoC の水質浄化機能は、閉鎖系では有効性が検証できたと考えられる。