

再生骨材 RC40 を用いたポーラスコンクリートの試作

遠藤典男*¹・西瓜太亮*²・丸山健太郎*³・大内崇弘*⁴・依田直大*⁴

Trial Production of Porous Concrete Using with RC40

ENDOHO Norio, NISHIZUME Ryohsuke, MARUYAMA Kentaroh,
OHUCHI Takahiro and YODA Naohiro

Currently, disused concrete structures were dismantled and crushed. These were adjusted to the size of about 40(mm) or less (in general these called RC40). RC40 have been applying to roadbed, but new road construction will decrease, it is necessary to expand applications of RC40.

For this background, in this research, aiming to expand applications of RC40, it is apply to porous concrete (as following PoC), which is small to required strength. After a review of its material that was collected, it was found that fine fraction was less compering with physical testing report, and involving solid particle. So, trial production of PoC using with three materials following, 1) particles of 5(mm) or more of RC40, 2) recycle fine aggregate, 3) mixed recycle fine aggregate with solid particle, and considering for properties, strength of mortal and PoC.

キーワード：ポーラスコンクリート，RC40

1. 緒 言

現在，コンクリート構造物が解体された後，リサイクルコンクリート材（以下，RC材とする）として，その多くが道路の新設，拡張工事の際に路盤材料として適用されており，一部は埋め戻し材として適用されている。しかしながら今後，道路の新設工事は減少すると予想され，RC材の需要は減少すると考えられる。一方，高度成長期に建設されたコンクリート構造物が老朽化し解体されることも予想され，大量のRC材が発生すると考えられる。

このような見地から，RC材の使用拡大を目的に種々の取り組みがなされており，RC材を生コンクリート製造時の粗骨材として適用する場合のJISも制定された。しかしながら，RC材を使用するに当たり，原コンクリートの品質，表面の凹凸除去，生コン工場のストックヤード，等の問題により需要が

増加していないのが現状である。そこで，本研究では特に要求強度の小さなポーラスコンクリート（以下，PoCとする）の母材にRC材を適用し，再生細骨材，セメントペーストによりPoCを作製する²⁾ことを目標とする。ここで，現在，路盤材料として広く流通している，骨材の最大寸法が40(mm)の粒度調整された再生骨材（以下，RC40材とする）を骨材として適用する。RC40材を用いPoCを試作するに当たり，製造販売会社にて購入したが，公表されている物理諸量の確認を行った。その結果，密度，吸水率，実積率は概ね公表値と同等であったのに対し，粒度分布に関しては製品ヤード上部から採取したこと起因し，5(mm)ふるいを通過する成分が極端に少ないことがわかった。このため，以下の3種類の粒子を混合し，粒度分布を公表値と同等にした。すなわち，1) 5(mm)ふるい残留分は購入したRC40材，2) 再生細骨材，3) 2.5(mm)ふるいを通過する再生細骨材と土粒子を混合したものである。これらの材料を用い，水セメント比が一定の条件の下で，モルタルに適正な流動性が得られるよう再生細骨材を加えPoCを作製し，性状と強度に関して考察した。

*1 環境都市工学科教授

*2 平成 25 年度卒業研究生

*3 技術支援部

*4 長野高専専攻科

原稿受付 2014 年 5 月 20 日

2. RC40 材と再生細骨材の物理諸量

本研究で用いた RC40 材を写真 1 に、RC40 材のうち 5(mm)ふるいを通過したものを写真 2 に、粒度分布を図 1 に、再生細骨材の物理諸量を表 1 に示す。図 1、表 1 に示す RC 材の物性値は、購入したプラント（長野市内の RC 材製造プラント）で公表している値であり、粒径は 0(mm)～40(mm)、原材料は全てコンクリート廃材となっている。不純物量の測定も公表されており、タイル・レンガ・陶器類、プラスチック片、および木片・紙くず・金属片等が質量比で 0.5%程度含まれているとの結果であった。一方、購入した RC 材の粒度を確認したところ、5(mm)以上の各ふるいに残留した骨材は、公表した値と大差ないのに対し、5(mm)を通過した細骨材質量が公表された値の半分程度であった。これは、RC 材の製品ヤードから採取した際に、上部から採取したものが多く、細粒分の多くが下部に堆積していたものと考えられる。さらに、5(mm)以下の各ふるいに留まる細骨材を目視により確認した結果、2.5(mm)ふるいに留まるものは、コンクリート片が多いのに対し、2.5(mm)ふるいを通過する粒子は茶褐色をしており、土粒子が比較的多いと考えられる。このため、PoC を作製する場合において、RC 材のうち 5(mm)ふるいに残留するものを粗骨材と位置付け、また、5(mm)ふるいを通過した成分に対しては細骨材と位置付け、公表されている質量割合と整合を取るために、粒度の調整を行った。そこでまず、購入した RC40 材の粒度分布の公表値は図 1 に示される通りである。すなわち、5(mm)ふるい通過 2.5(mm)ふるい残留分が 6.6%、2.5(mm)ふるい通過分は 15.1%である。このため、表 1 に示す再生細骨材の 5(mm)ふるい通過 2.5(mm)ふるい残留分を 7.0(kg)、2.5(mm)ふるい通過分を 13.0(kg)、および 2.5(mm)ふるいを通過する土粒子（長野高専グラウンドの土）を 2.0(kg)を混合し、RC40 材の細粒分と仮定した。写真 3 に調査した細骨材（以下、 S_0 とする）を示す。写真 2、3 を比較すると、目視による判断ではあるが写真 2 の方が若干、径の大きな粒子が多いと感じられるが、本来の RC40 材の細粒分を表現できたと思われる。

写真 4 にモルタルの流動性を調整するために混合した再生細骨材(S_a)を示す。再生細骨材(S_a)は、表 1 に示す再生細骨材において、5(mm)ふるいを通過したものを粒度調整せずを使用した。なお、同表に示す再生細骨材は学生実験で使用したコンクリート廃棄物をクラッシャーで粉砕したものである。



写真 1 RC40 材



写真 2 5(mm)ふるいを通過した RC40 材



写真 3 調査した細骨材(S_0)



写真 4 RC 材に混合した再生細骨材(S_a)

表 1 RC40 材の物理諸量

	RC40 材	再生細骨材
表乾密度(g/cm^3)	2.43	2.36
絶乾密度(g/cm^3)	2.31	2.20
吸水率(%)	5.12(s_{20})	7.27
単位容積質量(kg/l)	1.53	1.44
実積率(%)	66.2	65.5
5(mm)ふるい通過分(%) ^{*1)}	21.70	—

*1) 5(mm)ふるい通過分の質量百分率

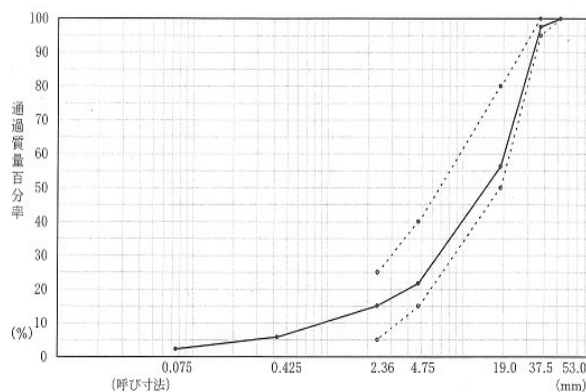


図 1 RC40 材の粒度分布

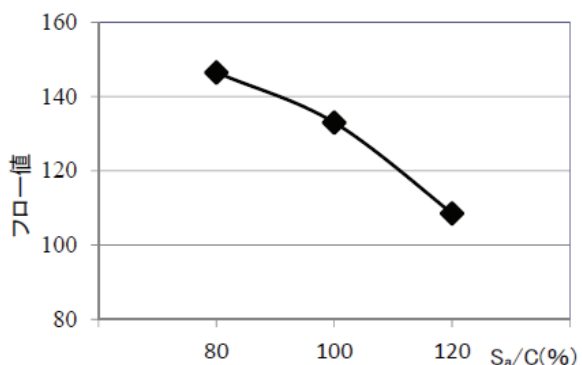


図 2 モルタルのフロー値

表2 PoCの配合

配合種類	粗骨材最大寸法(mm)	水セメント比(%)	P/G ^{*1} (%)	V _a /V ^{*2} (%)	S/C ^{*3} (%)	単位量(kg/m ³)				
						水W	セメントC	細骨材S ^{*4}	粗骨材G ^{*5}	混和剤A(g/m ³)
SC080	40	50	69.4	10	263	101	202	529	1,198	2,015
SC100	40	50	69.9	10	298	94	187	557	1,198	1,871
SC120	40	50	70.4	10	333	87	175	581	1,198	1,746

*1 粗骨材質量(G)に対するセメントペースト質量(P=W+C+S)の質量割合

*2 全体積(V)に対する空隙体積(V_a)の体積割合(空隙率)

*3 セメント質量(C)に対する細骨材質量(S)の質量割合(細骨材-セメント比)

*4 RC40材の5(mm)ふるいを通過する質量(S₀)と再生細骨材質量(S_a)の和

*5 RC40材の5(mm)ふるいに残留する質量

3. モルタルのフロー値

図2にセメントに対する再生細骨材(S_a)の混合割合(S_a/C)と15打フロー値の関係を示す。ここで、図中の(S_a/C)は、モルタルの配合においてセメント(C)に対する細骨材(S_a)の質量百分率である。ただし、モルタルに混合した細骨材(S)は、RC材に本来含まれている5(mm)ふるいを通過した細粒分(S₀)と、新たに混合する再生細骨材(S_a)を加えたものである。再生細骨材(S_a)の混合割合が120(%)を超えるとフロー値が100を下回り、流動性が著しく低下する。一方、混合割合が80(%)よりも少なくなると、水とその他の成分の分離が顕著となり、再生細骨材(S_a)の混合割合の変動に伴いモルタルのフロー値とフレッシュ性状が大きく変化する。このため、PoC作製に適したフロー値の範囲が150程度であること、および骨材の最大寸法、表面性状を鑑みて、(S_a)の混合割合を設定した。

4. PoCの配合と試作

表2にPoCの配合を示す。同表において、細骨材(S)は先述したように、RC材の5(mm)ふるいを通過する質量(S₀)と再生細骨材質量(S_a)の和を示す。したがって、RC40材に本来含まれている5(mm)を通過する細骨材(S₀)の質量は370(kg)であり、使用したRC40材では全骨材質量の25(%)程度が細粒分(細骨材)となり、PoCを作製する場合としては、比較的多くの細粒分を混合することになる。さらに、再生細骨材(S_a)を添加することにより流動性を調整することから、モルタルの流動性が大きくなるよう、セメントペーストの(W/C)を50(%)とした。

PoCの作製は手練りでを行い、型枠へ二層に分けて打設し、各層突き棒で20回突くとともに、型枠直径よりも僅かに小さい円柱状のコンクリートをPoCの上に設置した後、20回木槌で叩いて締め固めると



(a) SC80 (b) SC100 (c) SC120

写真5 試作したPoC

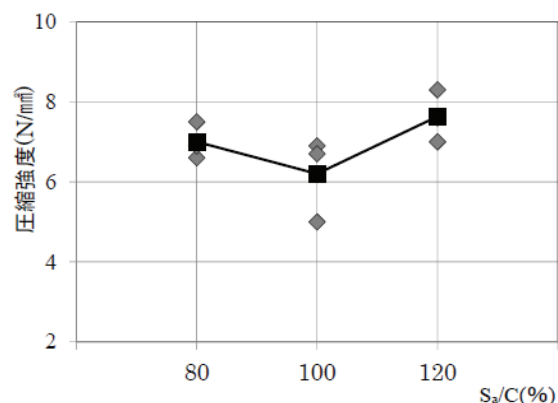


図3 モルタルの圧縮強度

もに、供試体上部は付き棒で転圧し平滑化した。

写真5に試作したPoCを示す。同写真(a)~(c)全てで、モルタルが局部的に密集している部分と疎らな部分を確認できる。また、同写真(c)においては、モルタル部においても有孔質な部分が目視でも確認できる。

図3にモルタルの圧縮強度を示す。全ての配合で圧縮強度の平均値は6~8(N/mm²)と、PoCの作製に際しては小さな値となった。これは、以下の2つの要因が影響していると考えられる。すなわち、1) 水セメント比(W/C)が50(%)と、PoCの作製に際しては比較的大きな値であったこと、2) 細骨材中に土粒子を混入させたこと、である。一方、再生細

骨材(S_a)の混合量により配合を変化させたが、圧縮強度は再生細骨材の混合割合に依存しないことがわかる³⁾。したがって、モルタルの流動性を制御、抑制する場合には、再生細骨材の混合が有用と考えられる。

5. PoC の性状と圧縮強度

図4に試作したPoCの全空隙率を示す。表2において全空隙率(V_a/V)を10(%)と仮定したが、いずれの配合においても仮定値を上回った。写真5から確認できるように、モルタル分の局所的な密集が見られるとともに、粗骨材周囲にモルタルの付着が少なく、粗骨材間に大きな空隙部の存在が確認できる。また、粗骨材最大寸法が40(mm)と大きな粒径の骨材を型枠に打設するに際して、大小粒の混合の程度や締め固め時の個人差も生じた、等のことが原因と考えられる。さらに、(S_a/C)の混合割合が大きくなるにしたがい、モルタル表面において再生細骨材の粒子が顕著に現れるとともに、目視でも表面に気泡が確認できるようになったことも、PoCの空隙率が大きくなった要因のひとつと考えられる。

図5にPoCの圧縮強度を示す。PoCの強度は、空隙率の実測値が目標空隙率を上回ったこと、モルタルの圧縮強度が小さかったことに起因し、最大でも目標圧縮強度の半分程度しか得られなかった。ここで、配合SC100とSC120は、全空隙率が20(%)を超えたこともあり、約1(N/mm²)と小さな強度となってしまった。配合SC80においては、3.8(N/mm²)の強度を得たが、目標値の半分程度であった。

以上のことから、粗骨材最大寸法が40(mm)の、比較的大きな粒径の骨材をPoCに適用するにあたり、締め固め方法を再検討する必要があると思われる。

6. 結 言

本研究で得られた知見を以下に示す。

モルタルの強度は再生細骨材の混合割合に依存しない。

RC40材のように路盤材として粒度調整された骨材では、5(mm)ふるいを通する細粒も多いため、モルタルの流動性はセメントペーストの水セメント比で制御すべきと考えられる。

粗骨材最大寸法が40(mm)の、比較的大きな粒径の

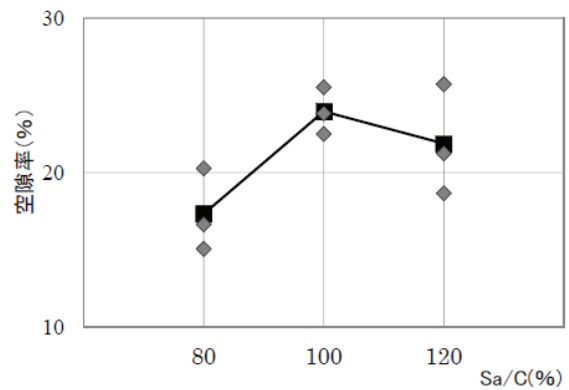


図4 空隙率

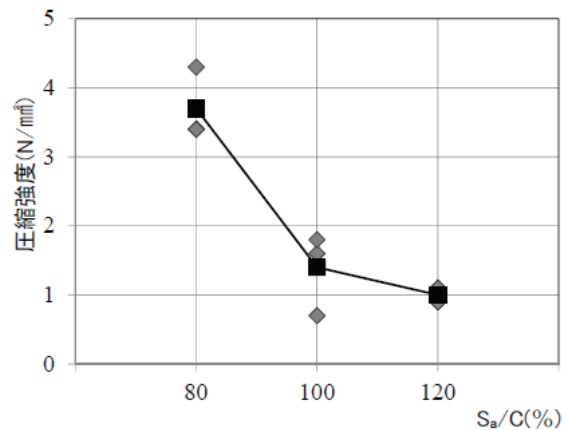


図5 PoCの圧縮強度

骨材をPoCに適用するにあたり、締め固め方法を再検討する必要がある。

最後に、本研究の一部は科学研究補助金（基盤研究C）の補助により実施された。

参 考 文 献

- 1) 遠藤, 西瓜, 丸山, 大内: 再生骨材RC40を用いたポーラスコンクリートの試作, 平成25年度土木学会中部支部研究発表会講演概要集, V-41(2014.3)
- 2) 大内, 遠藤, 丸山, 小林: 再生粗骨材と再生細骨材を適用したポーラスコンクリートの試作, 平成24年度土木学会中部支部研究発表会講演概要集, V-29(2013.3)
- 3) 小林, 遠藤, 松岡: 再生細骨材配合によるポーラスコンクリートの性能評価に関する研究, 平成16年度土木学会中部支部研究発表会講演概要集, pp.577-578, (2005.3)