

戻りコンクリートの固化養生期間に着目した再生路盤材の材料特性

福岡大学大学院
福岡大学工学部

学生会員 古賀 元気
正会員 佐藤 研一 藤川 拓朗 古賀 千佳嗣

1. はじめに 主に建設資材等で使用されるレディーミクストコンクリートは、全国で年間約 8,200 万 m^3 出荷されている。その中でコンクリート打設時に発生する余剰分のコンクリートは「戻りコンクリート（戻りコン）」と呼ばれ、発生量は年間約 100~200 万 m^3 に及ぶことが報告されている¹⁾。現在、「建設リサイクル法」の公布により、戻りコンの多くは再資源化として路盤材として使用されている²⁾。しかしながら、固化作用を有する戻りコン材料において、その特徴を把握しないまま使用しているのが現状である。そこで、本研究では戻りコンの路盤材への有効利用するにあたり、固化養生期間に着目して検討を行った。本報告では、①戻りコンの破碎までの養生期間による影響、②戻りコンを破碎し、再生路盤材として使用後の固化期間による影響に着目し、CBR 試験によって評価した結果を報告する。

2. 実験概要

2-1 戻りコンの作製について 通常の建築で用いられる JIS 普通コンクリート（レディーミクストコンクリート）は、表-1 の配合条件により粗骨材、細骨材、セメントを混合し、水セメント比は $W/C=55\%$ で混合されたものである。今回の対象とする戻りコンは、現場で利用されずにプラントに戻ってきた際のミキサー車洗浄による加水を想定し、水分量を増加した水セメント比 $W/C=67\%$ として、検討を行っている。

2-2 実験方法および実験条件 実験に用いた戻りコンは、所定の条件により固化養生させた後に破碎したものを用いた。破碎の際には図-1 に示す RM-25(再生粒度調整砕石)の粒度範囲に粒度調整した。また、比較材に市販されている RM-25 を用いた。

1) 戻りコンの破碎までの養生期間の検討 本検討は、戻りコンの破碎までの養生期間に着目し、路盤材として再生利用した場合の力学特性へ及ぼす影響について検討している。表-2 に実験条件 1（養生期間の影響）を示す。破碎までの養生期間は 1, 3, 7, 14, 28 日とし、路盤材料の評価として CBR 試験(JIS A 1211)を行った。供試体作製は E-b 法で求めた最適含水比で試料の含水比調整を行い、各層それぞれ 17, 42, 92 回突き固めを行った。その後、吸水膨張試験と貫入試験を行い、修正 CBR 値を求めた。水浸膨張の試験結果は、路床の状態と膨張比の関係³⁾に基づき路盤材としての評価を行った。修正 CBR 値に関する試験結果は、修正 CBR に関する材料規定⁴⁾により路盤材としての使用区分の評価を行った。写真-1(a), (b)に本研究で用いた試料の外観を示す。一般的な RM-25 は白色で素材の骨材とモルタルが一緒に塊となり、破碎される。一方、戻りコンは打設時の振動充填等がされていないため、天然骨材とモルタル分が分離していることがわかる。

2) 路盤形成後の固化効果の検討 戻りコンを路盤材として用いた場合、路盤締固め後の固化効果について、養生期間の違いに着目し検討を行った。表-3 に実験条件 2（固化効果の影響）を示す。戻りコンの固化養生期間は 1 日とし、その後破碎し粒度調整を行い、最適含水比にて突き固め回数 92 回で供試体を作製した。供試体作製後、気中養生にて 1, 3, 7, 14, 28 日間養生し、貫入試験を実施した。本検討は、水浸による水和反応の促進を考慮し、水浸養生は行わず試験を実施した。

表-1 レディーミクストコンクリートの配合条件

粗骨材の最大寸法 (mm)	スラブ (cm)	空気量 (%)	水セメント比 W/C (%)	粗骨材率 s/a (%)
20	1.5	2.0	55	46.4

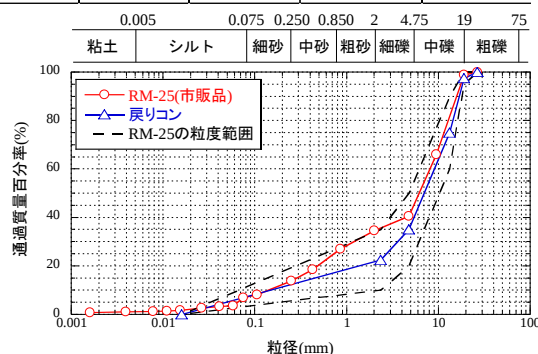


図-1 粒径加積曲線

表-2 実験条件 1(破碎までの養生期間)

実験試料	固化養生日数	水浸養生日数	突き固め回数(回)
戻りコン W/C=67%	1日 3日 7日 14日 28日	4日	17 42 92



写真-1 用いた試料の外観

表-3 実験条件 2(路盤形成後の固化効果)

実験試料	固化養生日数	気中養生日数	最適含水比 (%)	突き固め回数(回)
戻りコン W/C=67%	1日	1日 3日 7日 14日 28日	8.3 (固化養生1日)	92

3. 実験結果及び考察

3-1 破碎時期の違いによる影響 図-2 に戻りコンの破碎時の各固化養生期間における修正 CBR 試験結果を示す。各固化養生日数における締固め試験結果に着目すると、固化養生日数の変化に伴い、締固め特性は異なり、RM-25 と比較して高い乾燥密度を示すことがわかる。図-3, 4 に固化養生日数と最適含水比および最大乾燥密度の関係を示す。固化養生日数の期間が経過すると、最適含水比と最大乾燥密度は増加するが、養生 7 日以降は養生に伴う影響が小さくなっていることがわかる。これは、7 日以上で養生・破碎された戻りコンは、締固め時の材料の破碎の影響が少なかったことが要因であると考えられる。次に、図-5 に水浸膨張試験結果を示す。固化養生日数と水浸膨張量の関係を見ると、養生日数の経過に伴い水浸膨張量が僅かに減少し、養生 7 日以降では膨張量はほとんどみられていない。また、戻りコンから作製した再生路盤材は RM-25 と比べ、膨張量が大幅に小さいこともわかる。これは、写真-1 より、戻りコンは、養生期間が短いことから、破碎時に天然の骨材分とモルタル成分が分離されること、RM-25 はモルタル分を多く含んでいることが要因として考えられる。つまり、天然骨材の吸水量がモルタル分 비해吸水量が低いことから、水浸膨張に影響したと考えられる。図-6 に固化養生日数と修正 CBR 値の関係を示す。いずれの条件においても上層路盤材としての品質基準(80%以上)を大きく上回っている。また、固化養生日数の増加に伴い、修正 CBR 値も増大し、養生 7 日以降に、修正 CBR 値約 200%程度で一定値になることがわかる。これは、戻りコンを固化養生し破碎までの期間が 7 日未満では、十分に水和反応が促進されておらず、締固めによる乾燥密度の低下と、水浸の吸水膨張の影響を受け、修正 CBR 値が低下したと考えられる。そのため、再生路盤材の乾燥密度および強度面の安定を考慮すると、固化養生期間が 7 日程度必要であることが示された。

3-2 路盤形成後の固化効果の影響 図-7 に路盤形成後の固化効果の影響に着目した貫入試験結果を示す。供試体作製後からの気中養生日数の増加に伴い、貫入量にともなう支持力が上昇していることが確認できる。また、気中養生日数と CBR 値の関係(図-8)をみると、養生 7 日以降の CBR 値は、ほとんど一定の値を示し、戻りコン中の未水和セメント成分は気中養生 7 日を過ぎた段階で、路盤形成後の水和反応の促進が安定することが示された。今回の検討において、固化養生 1 日破碎の再生路盤材は、路盤形成後 7 日以降に CBR 値が一定となることから、早期の路盤再生材の利用は、一定の強度を得られないことが考えられる。そのため、安定した強度で路盤材として有効利用するためには、固化養生 7 日後に路盤材への有効利用することが適切であると考えられる。

4. まとめ 戻りコンの路盤材への有効利用において 1) 戻りコンの破碎までの固化養生日数が 7 日以降で安定し、2) 早期養生の路盤再生材の利用は、路盤形成後 7 日以降に安定した強度を得られることが明らかとなった。

【参考文献】 1) コンクリート新聞:統計データ, 2019 年 12 月 5 日号. 2) セメント新聞社:残コン・戻りコン対策, 削減の成果限定的, 2019. 3) 地盤工学会:土質試験 基本と手引き, p.83, 2010. 4) 地盤工学会:地盤材料試験の方法と解説, p.402, 2009.

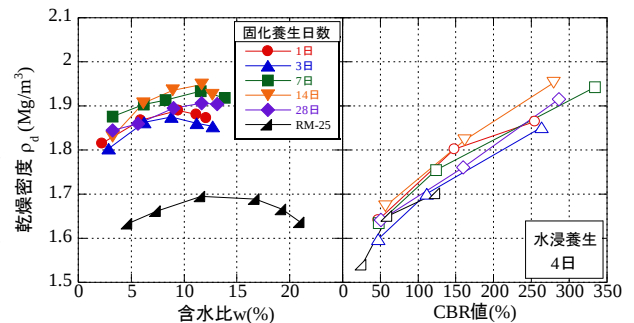


図-2 修正 CBR 試験結果

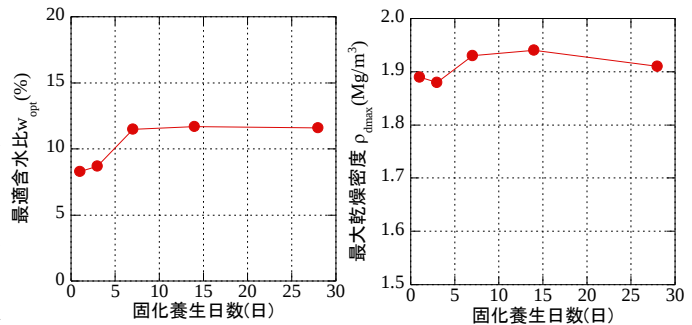


図-3 固化養生日数と最適含水比の関係

図-4 固化養生日数と最大乾燥密度の関係

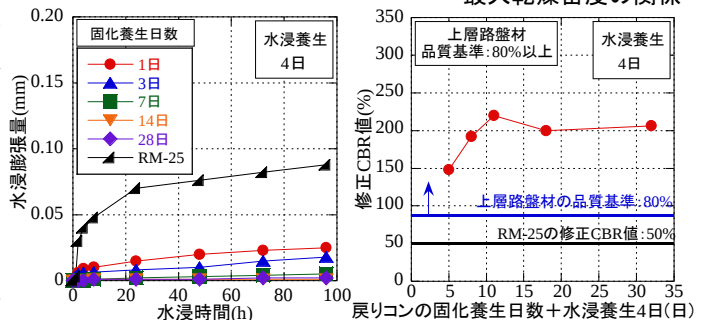


図-5 水浸膨張試験結果 (破碎時期の違いによる影響)

図-6 固化養生日数と修正 CBR 値の関係

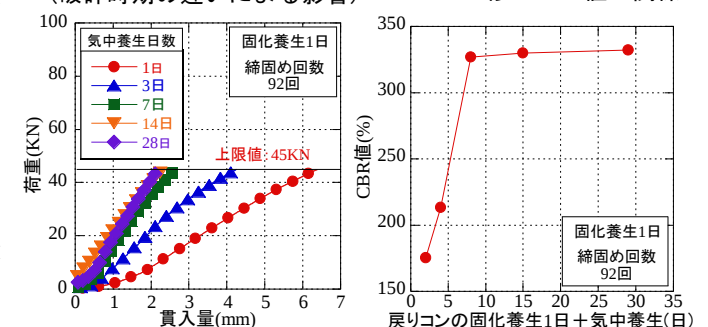


図-7 貫入試験結果 (路盤形成後の固化効果の影響)

図-8 気中養生日数と CBR 値の関係