

V-4

再生骨材コンクリートの凍結融解抵抗性について

北海道工業大学土木工学科 ○正会員 今野克幸
北海道大学大学院工学研究科 学生員 藤本直史
北海道大学大学院工学研究科 正会員 佐藤靖彦
北海道大学大学院工学研究科 フェロー会員 角田與史雄

1. はじめに

近年、コンクリートのリサイクルについての意識が高まる中でコンクリートの再利用率は着実に上がっている。しかしながら、そのほとんどは路盤材へ適用されておりコンクリート用骨材として利用される割合は依然として低い。再生骨材のコンクリート用骨材としての利用が進まない理由として、一定の品質の骨材を供給するための技術的な課題が存在することが考えられるが、寒冷地においてはどの程度の品質の再生骨材を確保する必要があるか、すなわち再生骨材コンクリートが凍結融解作用に対してどの程度の抵抗性を有しているかを明らかにする必要がある。本研究では、コンクリートの長期的な再利用を考え、再生骨材コンクリート及び凍結融解作用を受けたコンクリートから作製した再生骨材を用いた再生骨材コンクリート（再々生骨材コンクリート）の凍結融解抵抗性を比較することにより、凍結融解作用を受けたコンクリートのリサイクルについて述べる。

2. 実験概要

2. 1 実験供試体と実験パラメータ

本実験で用いた供試体を図-1 と表-1 に示す。図-1 における矢印の終点にある供試体は矢印の始点にある供試体から作製した再生骨材を粗骨材として用いたコンクリートを意味している。供試体 N はバージン骨材を粗骨材としたコンクリート（以下、普通コンクリートと言う）、R シリーズは再生骨材コンクリートと再々生骨材コンクリートに対して凍結融解試験を行ったもので、T シリーズは凍結融解試験に用いた供試体から作製した再生骨材を粗骨材とする再生骨材コンクリートと再々生骨材コンクリートの凍結融解試験を行った。また、供試体の記号の意味は、例えば供試体 T1R65-100 における数値 65 および 100 は、水セメント比が 65% で、基準供試体 N に対して 100% 再生骨材で置換したことを示す。表-1 にはそれぞれの供試体の配合とコンクリートの吸水率、再生骨材の置換率を示しており、表-2 は使用した骨材の種類、表-3 は骨材の物性値を示している。なお、細骨材はすべて表-4 に示すバージン材を用いた。本論では、普通コンクリートと再生骨材コンクリート、再々生骨材コンクリートの間での凍結融解抵抗性の相異、また、供試体 R シリーズと供試体 T シリーズ間での凍結融解抵抗性の相異に着目し考察を行う。

表-1 コンクリートの配合

供試体名	f_c (MPa)	C (kg)	W (kg)	s (kg)	G (kg)	AE 剤 (kg)	W/C (%)	s/a (%)	Air (%)	スランプ (cm)	再生粗骨材 の置換率 (%)
GN-30	24.5	336	149	707	1183	3.62	44.5	38.0	4.5±1	12.0	0
G1R-30	25.3	279	173	796	988	0.138	62.0	43.0	4.0	18.0	100
G2R-30	27.5	279	173	796	988	0.138	62.0	43.0	4.0	15.0	100
N65	27.8	267	174	811	1081	0.133	65.0	43.0	4.0	18.0	0
1R65-100	30.3	267	174	811	982	0.133	65.0	43.0	4.0	19.0	100
2R65-100	24.4	267	174	811	982	0.133	65.0	43.0	4.0	20.0	100
T1R65-100	31.6	267	174	811	1006	0.133	65.0	43.0	4.0	17.0	100
T2R65-100	31.9	267	174	811	990	0.133	65.0	43.0	4.0	16.5	100

A Study on The Frost Resistance of Recycled Concrete
by Katsuyuki KONNO, Naofumi FUJIMOTO, Yasuhiko SATO and Yoshio KAKUTA

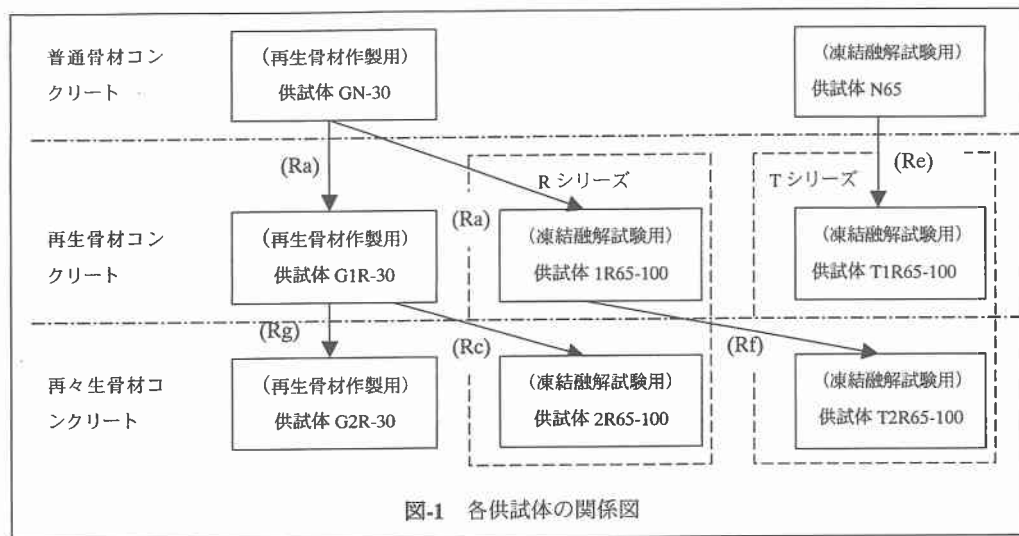


表-2 使用粗骨材

供試体名	粗骨材
GN-30	N
G1R-30	Ra
G2R-30	Rg
N65	N
1R65-100	Ra
2R65-100	N
	Rc
T1R65-100	Re
T2R65-100	Rf

表-5 供試体材令

供試体名	凍結融解試験開始材令	圧縮試験材令
GN-30	—	21
G1R-30	—	51
G2R-30	—	97
N65	54	57
1R65-100	54	57
2R65-100	82	104
T1R65-100	15	44
T2R65-100	15	44

表-3 粗骨材の物性値

粗骨材名	吸水率 (%)	表乾比重	粒度 (mm)
N	1.55	2.72	5-25
Ra	5.15	2.47	5-25
Rc	5.39	2.47	5-25
Re	4.50	2.53	5-25
Rf	4.60	2.49	5-25
Rg	5.15	2.47	5-25

表-4 細骨材の物性値

産地	吸水率 (%)	表乾比重	最大寸法 (mm)
富川産陸砂	1.29	2.67	2.5

2. 2 実験方法

凍結融解試験は 100×100×400mm の角柱供試体を用い ASTM C 666 の試験方法に準じて行い、動弾性係数、質量、長さ変化を測定項目としたが、長さ変化については実験値のばらつきが大きく考察には用いていない。なお、通常、凍結融解試験は材令 14 日目に開始するが多いが、実験日程の制約により表-5 に示した材令で試験を行った。また、本実験においては供試体を湿布養生し凍結融解試験開始前に約 24 時間水に浸け吸水させた。

2. 3 使用材料と再生骨材の作製

セメントは供試体 GN-30 については普通ポルトランドセメント（比重 3.14）、それ以外の供試体では早強ポルトランドセメント（比重 3.16）を用い、普通コンクリートおよび再生骨材コンクリートの原骨材はいずれも額平川産砂利を用いた。混和剤は供試体 GN-30 には AE 減水剤を用い、それ以外の供試体では AE 剤を用いた。

再生骨材コンクリートの作製にあたって、原コンクリートをジョークラッシャー等で砕いたもの（以下、コンクリート塊と言う）を用いる。GN-30 を破碎する際にはジョークラッシャーを用い、それ以外の場合には万能試験機により圧縮力を作用させコンクリート塊を作製した。本研究では再生骨材の吸水率を約 5% と設定した。コンクリート塊から吸水率約 5% の再生骨材を作製する手順を以下に示す。コンクリート塊約 30kg を長さ 500mm に揃えた鉄筋（D16）11 本とともにロサンゼルス試験機に投入し、1000 回転させる。1000 回

転終了後、骨材を全て試験機から取り出す。剥がれ落ちた粉状となったモルタルが骨材に付着しているモルタルと鉄筋との間のクッションの役目をして骨材に付着しているモルタルが剥離しづらくなるため、1000回転終了後の骨材を5mmふるいにかけ、通過したものを廃棄し、通過しなかったものを再び長さ500mmの鉄筋11本とともにロサンゼルス試験機に投入し1000回転させる。この後、5mmふるいに留まり、25mmふるいを通過したものを再生骨材として使用した。

3. 実験結果と考察

図-1に示したRシリーズとTシリーズにおいてそれぞれ普通コンクリートから再生骨材コンクリートに至るまでの凍結融解抵抗性の変化、そしてRシリーズとTシリーズの比較についての考察を以下に述べる。なお、供試体Tシリーズは供試体2本の平均値で、その他の供試体は供試体1本の値である。

3. 1 質量減少率

図-2と図-3はそれぞれTシリーズとRシリーズの質量減少率を示している。Tシリーズは試験開始後、一度質量が増加した後減少している。これは凍結融解試験開始前に行った約24時間の吸水では供試体内部の空隙が完全に水で満たされておらず、試験開始後空隙に水が浸透したものと思われる。Tシリーズは再生骨材コンクリートと再生骨材コンクリートとの差が小さくいずれも普通コンクリートより質量減少率が小さい。Rシリーズにおいては普通コンクリートより質量減少率が大きく供試体2R65-100は初期の段階で急激に質量が減少した。Tシリーズは普通コンクリートより圧縮強度が高かったことからモルタル部分の組織が緻密でありスケリングが少なかったと考えられ、供試体2R65-100は圧縮強度が普通コンクリートより小さかったことと再生骨材の吸水率が大きかったために質量減少率が大きかったと思われる。また、TシリーズとRシリーズの1R65-100の比較では、Tシリーズの方が圧縮強度が大きいということ以外に再生骨材の吸水率が小さいため、コンクリートに含まれる空隙が少なくスケリングによる質量減少率が小さかったと思われる。

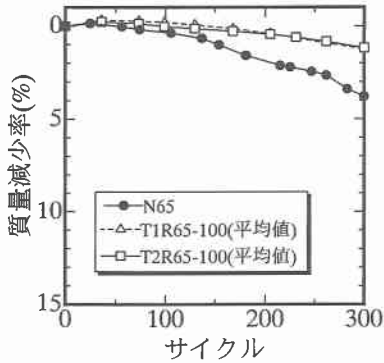


図-2 質量減少率 (Tシリーズ)

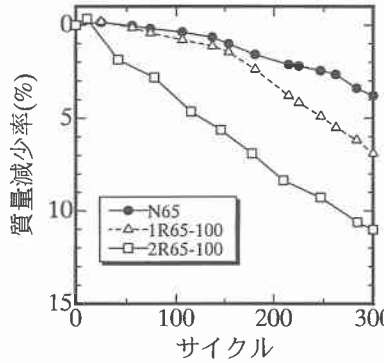


図-3 質量減少率 (Rシリーズ)

3. 2 相対動弾性係数と耐久性指数

図-4と図-5はそれぞれTシリーズとRシリーズの相対動弾性係数を示しており、表-6は耐久性指数を示している。Tシリーズの供試体と供試体1R65-100は相対動弾性係数が100以上の値を示した後減少している。これは、前述したように凍結融解試験開始後にコンクリートが吸水し密度がおおきくなったために動弾性係数が上昇した結果だと思われる。TシリーズとRシリーズの比較ではTシリーズの方が耐久性指数が大きい。特に、質量減少率が著しく大きかった供試体2R65-100においても耐久性指数は80以上の結果を得た。粗骨材の吸水率と耐久性指数の関係は文献1でも報告されており、W/C=55%でAE減水剤を用いた場合、吸水率0.72%の砕石を粗骨材とし

たコンクリートの耐久性は 90 程度で、吸水率 3% の再生骨材、吸水率 5% の再生骨材、吸水率 2.90% の川砂利を用いた場合はそれぞれ耐久性指数が約 80、約 60、約 20 とある。本実験結果も類似した傾向を示しており、R シリーズより再生骨材の吸水率が小さい T シリーズでは普通コンクリートより耐久性指数が高い値を得た。

一般に、水セメント比の高い AE コンクリートで長期間水中凍結水中融解の条件を繰り返した場合、膨張による劣化が認められないまま断面の欠損が進行する場合があると言われており、同様に再生骨材コンクリートも耐久性指数は高い値を示しながらも質量減少率が大いという結果であった。

表-6 耐久性指数

供試体名	耐久性指数
N65	90
T1R65-100	98
T2R65-100	99
1R65-100	85
2R65-100	81

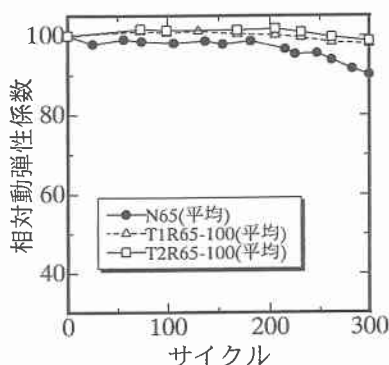


図-4 相対動弾性係数 (T シリーズ)

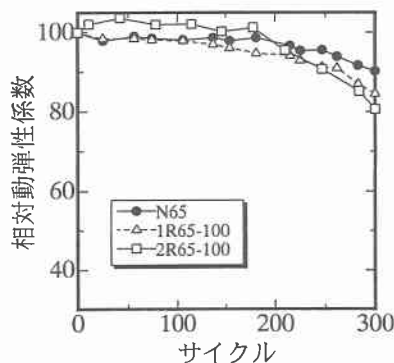


図-5 相対動弾性係数 (R シリーズ)

4. 結論

- 1) 凍結融解作用を受けたコンクリートから作製した再生骨材を粗骨材として用いたコンクリートは「再生」と「再々生」との間にほとんど変化はなかった。
- 2) 凍結融解作用を受けたコンクリートから作製した再生骨材を粗骨材として用いた再生骨材コンクリート（「再々生」を含む）と再生骨材コンクリート（「再々生」を含む）の比較では、前者の方が質量減少率は小さかったが骨材の吸水率とモルタル部の強度（緻密さ）と吸水率の差が影響したと思われる。
- 3) 凍結融解作用を受けたコンクリートから作製した再生骨材を粗骨材として用いた再生骨材コンクリート（「再々生」を含む）は質量減少率と耐久性指数で良好な結果を得た。
- 4) 再生骨材コンクリート（「再々生」を含む）は膨張による劣化があまり進行しないがスケーリングによる断面の欠損が大い結果が得られ、水セメント比の高い AE コンクリートと同様の傾向を示した。

参考文献

- 1) 南波篤志, 阿部道彦, 棚野博之, 前田弘美: 再生コンクリートの品質改善に関する実験, コンクリート工学年次論文報告集, Vol.17, No.2, pp.65~70, 1995.6

謝辞 再生骨材の作製には角山開発(株)の寺嶋氏, 北海道ケミカル(株)の白井氏に多大な助力を得た。また, 実験に際しては北海道コンクリート技術センターの太田利隆理事長, 今井益隆所長, 星野健一氏, ならびに北海道開発局開発土木研究所材料研究室の熊谷守晃室長, 遠藤裕丈氏, 高柴保明氏に甚大なる協力を得た。ここに感謝の意を表す。北海道工業大学学生高橋克史君, 戸部貴重君, 三浦剛志君には図表の整理等に尽力いただいた。ここに謝意を表す。