

再生骨材を用いたコンクリートの強度発現および耐凍害性

渡辺 宏* 堺 孝司**

1. まえがき

近年、社会システムの高度化に伴って、これまで整備されてきた社会基盤の再構築を図らなければならない状況が見られるようになってきた。例えば、経済活動の拡大により既設コンクリート構造物の機能の拡張が要求される場合である。また、今後は、経年劣化により、新設を余儀なくされるコンクリート構造物の増加が予想される。何れにしても、コンクリート構造物は取り壊され、コンクリート塊が多量に発生する。一方、生活環境に対する人々の関心が高まり、取り壊されたコンクリート塊の処理が厳しくなりつつある。更には、近い将来、環境問題から骨材資源の確保が困難となることも予想されている。このような背景により、取り壊されたコンクリート塊の再利用技術の開発が社会的に強く要請されている。しかし、取り壊しコンクリートの再利用では、その多くが路盤材として用いられており、コンクリート用骨材としての適用例はほとんどない。また、再生骨材を用いたコンクリートの特性に関する検討は少なく、とくに、耐凍害性に関する検討はほとんどなされていない。

そこで、北海道のような寒冷地区で再生骨材が適切に利用できるかどうかを検討するために、道内 6 地区の再生骨材の物理的性質を調べ、その内の 2 地区の再生骨材を用いたコンクリートの圧縮強度試験および凍結融解試験を行った。ここでは、それらの結果について述べる。

2. 実験概要

2. 1 使用材料

セメントは、普通ポルトランドセメントを用いた。細骨材は、表-1 に示す苫小牧市樽前産の海砂を用い、粗骨材は、表-2 に示す道内 6 地区の再生骨材とバージン骨材として小樽市見晴産の碎石を用いた。混和剤は、リグニンスルホン酸化合物ポリオール複合体を主成分とする AE 減水剤と変性ロジン酸化合物を主成分とする空気連行剤を用いた。

2. 2 実験方法

コンクリートの練り混ぜは、容量 100 l のパン型強制練りミキサーを用い、練り混ぜ時間は全材料投入後 3 分とした。コンクリートの練り混ぜ温度および養生温度は 20℃ とした。養生は、供試体作成直後から脱型までの 1 日間を湿気養生とし、その後、所定の材齢の試験時まで水中養生を行った。圧縮強度試験用の供試体寸法は、 $\phi 15 \times 30 \text{ cm}$ とし、試験は材齢 7 日、28 日および 91 日で行った。凍結融解試験の開始材齢は、28 日とした。

2. 3 コンクリートの配合

表-3 に、コンクリートの配合を示す。目標スランプおよび空気量は、それぞれ $8 \pm 2.5 \text{ cm}$ および $4.5 \pm 1\%$ とした。水セメント比は 45% とし、一部のものについては 35% とした。バージン骨材の置換率は、0、50、70 および 100% とした。

3. 実験結果および考察

3. 1 再生骨材

道内 6 地区の再生骨材の比重、吸水率、実積率および安定性試験の損失質量についてそれぞれ図-1、図-2、図-3、および図-4 に示す。再生骨材はバー

表-1 細骨材試験結果

種 別	比 重	吸水率 (%)	単位容積 質量 (kg/m^3)	実積率 (%)	洗い損 失 量 (%)	有機不 純 物	安定性試 験損失量 (%)	塩 分 含有量 (%)	粒 度 分 布 (残留率%)						粗粒率
									5.0	2.5	1.2	0.6	0.3	0.15	
樽前産 海 砂	2.73	1.11	1,850	68.3	0.27	合 格	0.3	0.000	0	7	25	53	83	98	2.66

ジン骨材（見晴産の碎石、以下碎石と略称）よりも比重が小さく、吸水率が大きくなることがわかる。これは、再生骨材にはモルタルが付着しており、このモルタルが骨材よりも比重が小さく、吸水率が大きいことによる。図-5に、吸水率と絶乾比重の関係を示す。絶乾比重が大きくなると吸水率は小さくなり、両者には直線関係があった。

図-3に示すように、再生骨材の実積率は碎石よりも大きいものと小さなものがあり、実積率と他の物理指標との間には特別な関係を見出すことはできなかった。

図-4に示すように、再生骨材は碎石よりも安定性試験の損失質量が大きくなった。また、図-6に示すように、吸水率が大きくなると安定性試験の損失質量

表-2 粗骨材試験結果

種 別	粗骨材の 最大寸法 (mm)	比 重	吸水率 (%)	単位容積 質量 (kg/m ³)	実積率 (%)	安定性試験 損失量 (%)	粒 度 分 布 (残留率%)							粗粒率
							40	30	25	20	15	10	5	
見晴産 碎 石	40	2.69	0.95	1,560	58.1	0.7	0	17	32	54	60	84	98	7.36
再生骨 材 A		2.46	5.62	1,370	59.9	13.9	8	19	35	55	64	87	100	7.50
再生骨 材 B		2.44	5.86	1,310	56.9	25.1	0	14	32	59	71	91	100	7.50
再生骨 材 C		2.50	4.53	1,310	54.8	33.0	0	11	32	65	72	91	100	7.56
再生骨 材 D		2.43	6.00	1,380	60.2	24.3		0	24	46	56	82	100	7.28
再生骨 材 E		2.42	6.06	1,320	57.9	29.4	0	1	16	38	57	83	100	7.21
再生骨 材 F		2.38	6.66	1,250	56.0	32.5	0	9	34	62	71	88	99	7.44

表-3 コ ン ク リ ー ト の 配 合

再生骨 材地区	水セメ ント比 (%)	バー ジ ン 骨 材 置 換 率 (%)	細 骨 材 率 s/a (%)	単 位 量 (kg/m ³)					
				水 W	セメン ト C	細骨材 S	バー ジ ン Gs	再生骨 材 G _s	AE減水 剤 (ℓ)
B地区	45	0	40	135	300	792	0	1048	0.75
		50		132	293	797	588	527	0.73
		70		131	291	799	659	317	0.73
見晴産		100		129	287	803	1184	0	0.72
F地区		0		139	309	784	0	1032	0.77
		50		134	298	794	586	522	0.75
		70		133	296	795	822	314	0.74
	35	0	38	149	426	696	0	997	1.07

* : バージン骨材

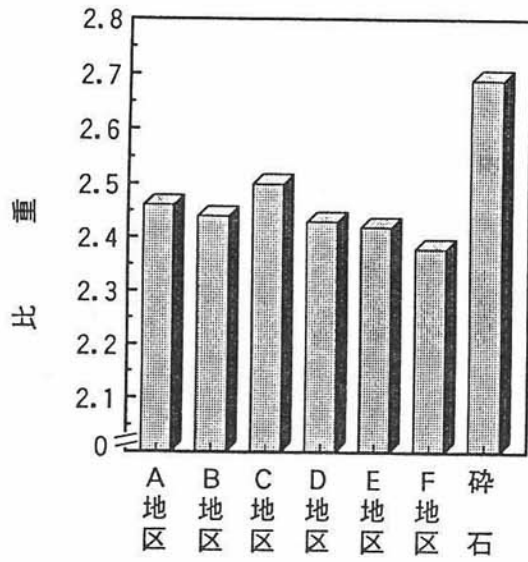


図-1 再生骨材の比重

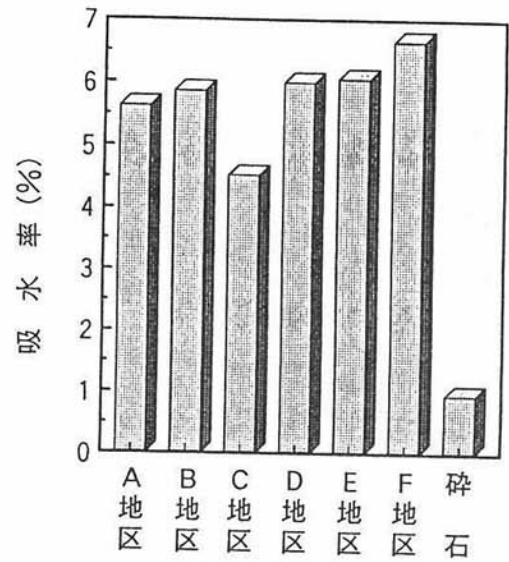


図-2 再生骨材の吸水率

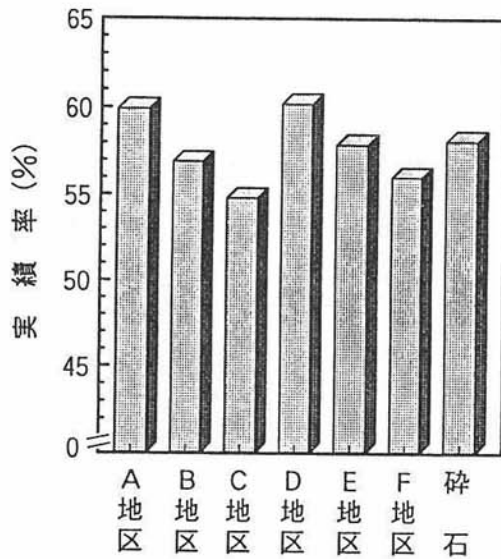


図-3 再生骨材の実績率

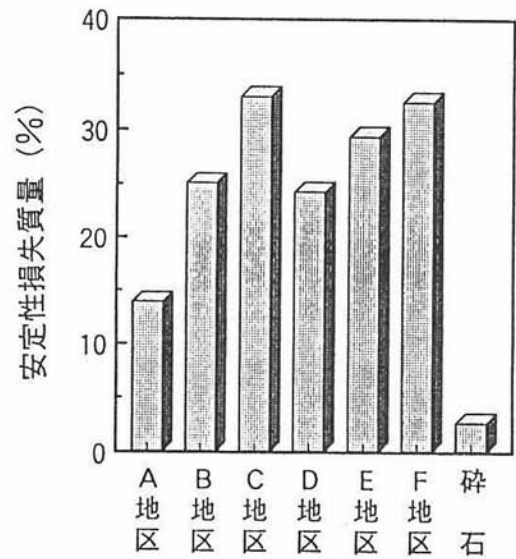


図-4 安定性損失質量

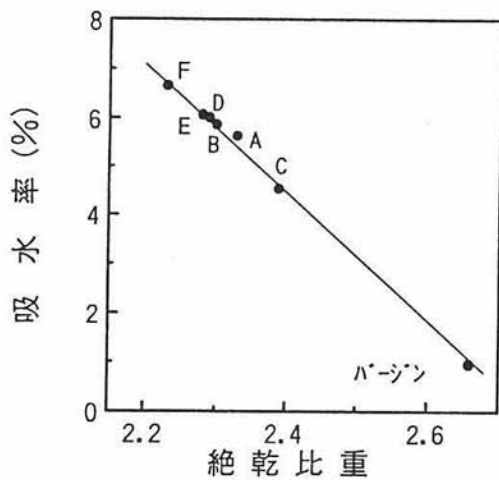


図-5 吸水率と絶乾比重の関係

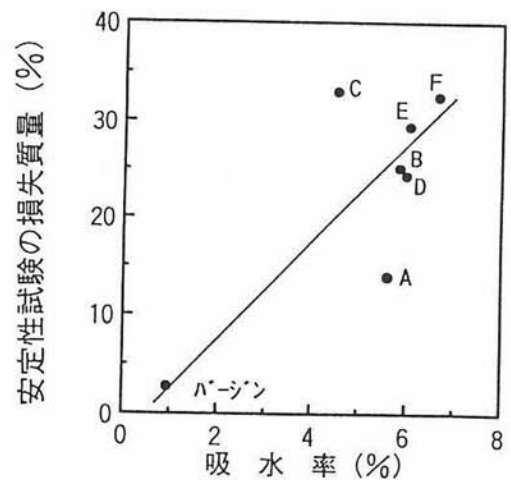


図-6 安定性試験の損失質量と吸水率の関係

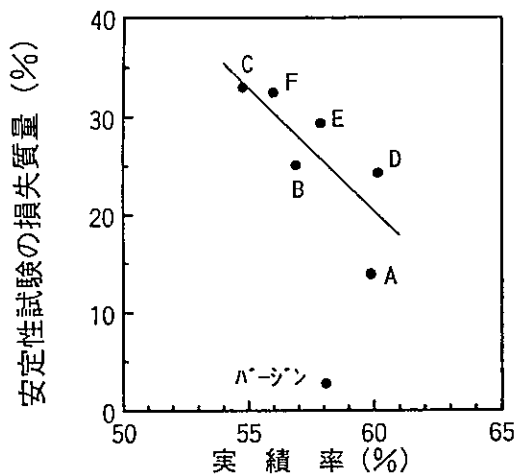


図-7 安定性試験の損失質量と実績率の関係

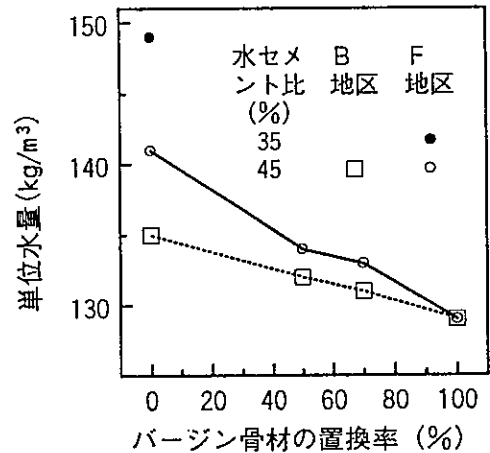


図-8 単位水量に及ぼす再生骨材の置換率の影響

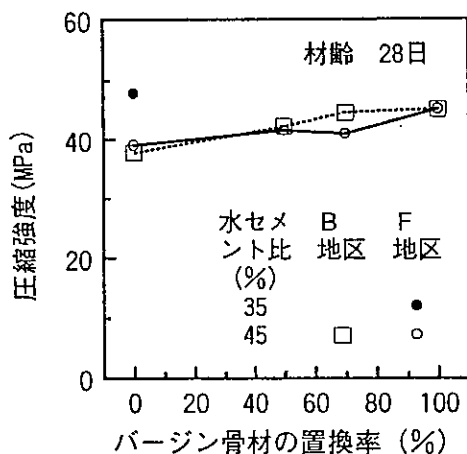


図-9 圧縮強度に及ぼす再生骨材の置換率の影響

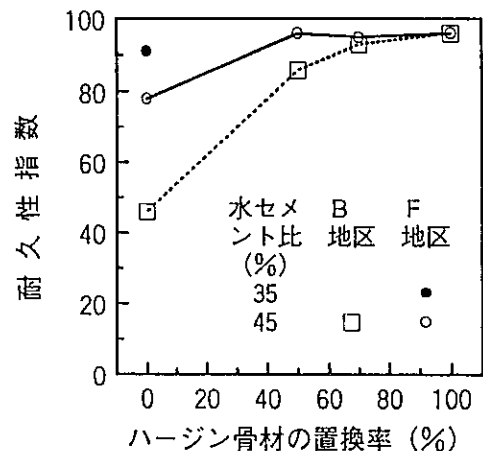


図-10 耐久性指数に及ぼす再生骨材の置換率の影響

も大きくなる傾向を示した。図-7に、安定性試験の損失質量と実績率の関係を示す。実績率が大きくなると安定性試験の損失質量が小さくなる傾向がある。

3. 2 単位水量

図-8に、単位水量に及ぼすバージン骨材の置換率の影響を示す。水セメント比が45%の場合、バージン骨材の置換率が大きくなると単位水量は減少し、再生骨材のみの場合の単位水量はバージン骨材のみの場合よりも6~10kg/m³多くなった。また、水セメント比が小さくなると単位水量は増加した。

3. 3 圧縮強度

図-9に、圧縮強度に及ぼすバージン骨材の置換率の影響を示す。水セメント比が45%の場合、バージン骨材の置換率が大きくなると圧縮強度は大きくなる傾向を示した。また、再生骨材のみを用いた水セメント比が35%の場合の圧縮強度は、バージン骨材のみを用

いた水セメント比45%の場合よりも大きなものとなった。このことは、再生骨材の利用による強度に対するマイナス効果は、水セメント比を小さくすることである程度補償できることを意味する。

3. 4 耐凍害性

図-10に、耐久性指数に及ぼすバージン骨材の置換率の影響を示す。水セメント比が45%で再生骨材のみを用いた場合、耐久性指数はかなり低い値となり、骨材の種類によっては60%以下となるが、バージン骨材で50%置換すれば、耐久性は著しく改善されることがわかる。また、再生骨材のみを用いた場合でも、水セメント比を35%と小さくすることにより、耐久性指数を大きくすることができることがわかる。

4. まとめ

以上の結果に示すように、限られた範囲での試験結

果によるものであるが、現在道内で製造されている再生骨材は、50%程度バージン骨材に置き換えてコンクリートに利用することにより、若干の強度低下はあるものの耐凍害性の観点からもコンクリート用として十分利用できることが明らかとなった。また、再生骨材のみを用いた場合でも水セメント比を小さくすることにより、十分な耐凍害性が確保できることが示された。今後、更なるデータの蓄積に加えて、塩化物イオ

ンの浸透や中性化あるいは乾燥収縮などに関する検討も必要である。

なお、本研究を実施するにあたり札幌開発建設部札幌道路事務所維持課の内藤勲技官（元開発土木研究所材料研究室）には多大な協力を得た。また、再生骨材の準備にあたって各建設部および再生骨材生産会社に御配慮いただいた。ここに、合わせて謝意を表す。



渡辺 宏*

開発土木研究所
材料研究室副室長



堺 孝司**

開発土木研究所
材料研究室長
工学博士