

粗骨材に焼化貢岩を用いたコンクリートの

圧縮強度についての二・三の実験

正 員 常 松 哲*

I まえがき

近年、建設工事への公共投資が活発となり、骨材の需要が急激に伸びている。しかし、この反面天然骨材—川砂利・川砂などは減少するとともに、骨材の品質は低下の傾向にあり、しかも河川における砂利の乱採・深掘などによって引起される河川災害や山砂利・山砂の乱採は自然保護の立場から様々な問題が起きている。

我国における骨材の供給実績を見てみると、昭和44年が516百万t、45年が580百万tであり、需給見通しをゴンペルス曲線で見ると、昭和50年には約800百万t、昭和55年には約1000百万tにも達し、昭和45年の約2倍の需要が見込まれている。¹⁾

これらのことから判断すると道内においても河川・山などから採取される骨材の枯渇は時間の問題ではないかと思われる。このような情勢のもとで今後骨材を需給していくためには、碎石・人工骨材・加工骨材などの生産を計る以外にはないと考えられる。

しかし、空知地方の産炭地には川砂利・山砂利などより安価な焼化貢岩（焼ズリ）が多量にたい積されており、もし焼化貢岩がコンクリート用骨材として利用が可能であれば産炭地地方での骨材利用にとって有意義なことである。焼化貢岩の年間使用量については明らかな資料がないため定かではないが、美流渡が8～9万t、奔別が9～10万t、三井美唄が8～9万t、三菱美唄1～2万

t、茶志内が1～2万tの計30万t／年程度といわれている。

焼化貢岩は加工されて人工軽量骨材として一部利用されているが、²⁾ その大部分は道路用バース、泥炭地農道の路盤材・宅地造成などに利用されているに過ぎず、コンクリート用として使用された例はこれまでほとんどないようである。コンクリート用として使用されていない主な原因は、比重が小さく、しかも吸水率が大きいうえに、粒形が角ばっていて多孔質で耐摩耗性が小さく、品質が不均一のためにコンクリートの耐久性・強度・ワーカビリティ・品質などが劣りはしないかという懸念があったためと思われる。

従って、本報ではまず焼化貢岩の諸性質を明らかにすると共に粗骨材に焼化貢岩を使用したコンクリートと川砂利を混合したコンクリートの圧縮強度試験を行なうことにした。

II 使用材料

1 セメント

セメントは普通ポルトランドセメント（比重3.15）を用いた。

2 骨材の諸性質

(1) 焼化貢岩

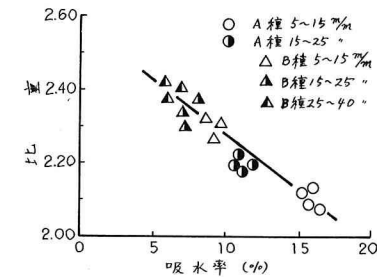
実験に用いた焼化貢岩は、美唄三美鉱から採取されたものである。焼化貢岩の物理的性質は第1表に示す通りであり、試験は全てJISに従って行なった。焼化貢岩

第1表 焼化貢岩の物理的性質

種 別	A 種 焼 化 貢 岩		B 種 焼 化 貢 岩			
	5 ～ 15 %	15 ～ 25 %	5 ～ 15 %	15 ～ 20 %	20 ～ 25 %	25 ～ 40 %
粒 径	5 ～ 15 %	15 ～ 25 %	5 ～ 15 %	15 ～ 20 %	20 ～ 25 %	25 ～ 40 %
比 重	2.07 ～ 2.17	2.14 ～ 2.19	2.24 ～ 2.35	2.29 ～ 2.39	2.38 ～ 2.45	
吸 水 率 (%)	12.5 ～ 16.2	8.8 ～ 11.6	7.8 ～ 9.3	6.4 ～ 8.2	6.3 ～ 7.1	
単位容積重量 (kg/m ³)	1247 ～ 1295	1275 ～ 1315	1325 ～ 1386	1305 ～ 1359	1315 ～ 1351	
実 績 率 (%)	58.5 ～ 61.0	58.1 ～ 60.2	58.5 ～ 62.5	54.9 ～ 57.3	54.1 ～ 57.1	
スリヘリ減量 (%)	47.6	38.3	42.7	35.1	31.7	

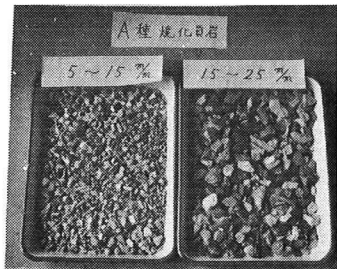
* 専修大学北海道短期大学 土木科 助教授

は風化の程度・焼化温度・母岩の種類などによってその性質が異なる場合が多いため、比重と吸水率を考慮に入れ、比重が2.20以下、吸水率が2.1%以上のものをA種、比重が2.21以上、吸水率が2.0%以下をB種焼化頁岩と便宜上区分してみた。粒径別の比重と吸水率との関係を示すと第1図の通りである。比重は粒径が大きいほど大きく、吸水

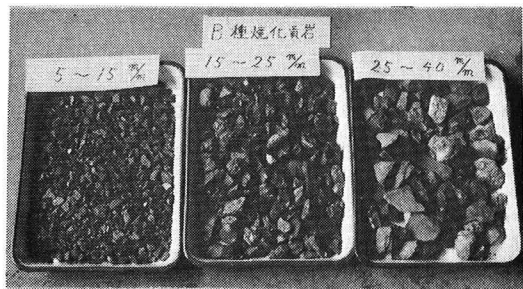


第1図 比重と吸水率の関係

率は粒径が大きいほど小さい傾向を示している。単位容積重量は粒径によって異なるが、A種で1247~1315kg/m³、B種が1305~1386kg/m³程度となっている。実績率はA種・B種焼化頁岩とも粒径が小さいほど大きな傾向を示し、粒形の角ばりと偏平さが影響しているものと思われる。スリヘリ減量試験は、A種およびB種の5~15%はC区分で、15~25%はB区分で、またB種の25~40%はA区分によって行なった結果を示した。スリヘリ減



写真一 A種焼化頁岩



写真二 B種焼化頁岩

第2表 焼化頁岩の化学組成の一例

主原料	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO
美 唄 三美鉱	65.47	19.26	3.64	1.44	1.52

Na ₂ O	K ₂ O	Ig loss	$\frac{\text{SiO}_2}{\text{Al}_2\text{O}_3}$	$\frac{\text{Na}_2\text{O}}{\text{K}_2\text{O}}$
1.48	1.02	6.69	3.40	2.66

量は各粒径群ともにA種の方が大きくなっている。なおA種・B種焼化頁岩の代表的な試料を写真1~2に示す。次に、美唄三美鉱の焼化頁岩の化学組成は、奥田ら²⁾によれば第2表に示す通りであり、SiO₂がその主成分の大部分を占めていることがわかる。

(2) 川砂利・川砂

実験に供した川砂利・川砂は、石狩川産(砂川)のもので、その諸性質は第3表に示す通りである。砂利の最大寸法は25%である。

第3表 川砂・川砂利の諸性質

項 目	川 砂	川 砂 利
比 重	2.58	2.59
吸 水 率 (%)	2.6	2.2
粗粒率 (F・M)	2.79	—
単位容積重量 (kg/m ³)	1640	1670
実 績 率 (%)	62.1	61.2
スリヘリ減量 (%)	—	19.1

Ⅲ 実験方法およびコンクリートの配合

実験は次の3種類について実施した。

- (1) 最大寸法25%A種焼化頁岩を用いた場合
- (2) 最大寸法40%B種焼化頁岩と最大寸法25%川砂利とを混合した場合
- (3) 最大寸法40%B種焼化頁岩を用いた場合

以上(1)~(3)の場合についてそれぞれ水セメント比を52%・47%・42%の3種類とし、スランプ・空気量・単位容積重量・圧縮強度などを求めた。

粗骨材の粒度は、(1)の場合単位粗骨材量当り5~15%・15~25%の骨材を等量ずつとし、(2)ではB種焼化頁岩と川砂利との混合率を第4表に示した3通りとし、また(3)では単位粗骨材量当り5~15%を45%・15~25%を35%・25~40%を20%とした。コンクリートの配合は

第4表 川砂利と焼化頁岩との混合率

粒径 (%)	(2) - I	(2) - II	(2) - III
(川) 5~15	25 %	22.5 %	20 %
(焼) 5~15	25 %	22.5 %	20 %
(川) 15~25	20 %	17.5 %	15 %
(焼) 15~25	20 %	17.5 %	15 %
(焼) 25~40	10 %	20 %	30 %

※ (川) - 川砂利 (焼) - 焼化頁岩

第5表に示す通りである。なお、(1)~(3)の実験結果と比較するために最大寸法25% (単位粗骨材量当り5~15%・15~25%を等量) 川砂利を用いて水セメント比をそれぞれ52%・47%・42%にした供試体を作成し圧縮強度試験に供した。

供試体の寸法はφ10×20cmとし、材令は7日・14日・28日とした。養生は20±2℃で水中養生を行なった。

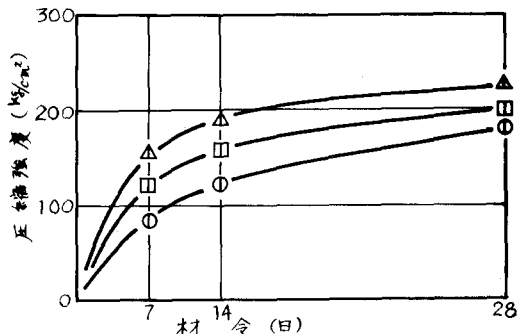
第5表 コンクリート配合

配合の種類	W/C	S/a	S	G
A種焼化頁岩 最大寸法25%	52	37.5	767	1067
(1)	47	36.5	738	1074
	42	35.5	710	1076
混 合 骨 材 (2) - I	52	37.5	767	1176
	47	36.5	738	1183
	42	35.5	710	1185
混 合 骨 材 (2) - II	52	37.5	767	1222
	47	36.5	738	1230
	42	35.5	710	1232
混 合 骨 材 (2) - III	52	37.5	767	1219
	47	36.5	738	1227
	42	35.5	710	1229
B種焼化頁岩 最大寸法40%	52	37.5	767	1215
(3)	47	36.5	738	1222
	42	35.5	710	1225

IV 実験結果と考察

(1) 最大寸法25%A種焼化頁岩を用いた場合

第2図は圧縮強度試験結果を示したものである。材令28日における圧縮強度は、水セメント比52%のとき185 kg/cm²・47%で205 kg/cm²・42%で227 kg/cm²の諸値を得た。スランプは2.0~3.0 cmの範囲にあり、空気量は約1.7%、単位容積重量は平均2175 kg/m³であった。単位容積重量は、川砂利を使用したコンクリートに比べ約120~220 kg/m³ほど低いことになる。

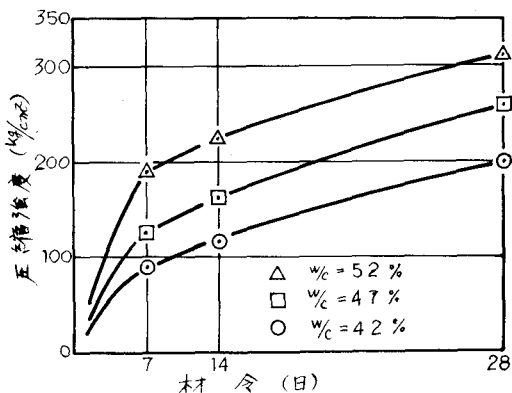


第2図 最大寸法25%A種焼化頁岩の圧縮強度と材令との関係

A種焼化頁岩は前述の通り比重が小さく、また単位容積重量も小さいために、コンクリートの圧縮強度および単位容積重量に影響を及ぼしたものと考えられる。ワーカビリティは低スランプのために当然悪く、特に水セメント比52%の時にタッピングを行なうと材料の分離がやや見受けられた。

(2) 最大寸法40%B種焼化頁岩と最大寸法25%川砂利とを混合した場合

(1)の結果では圧縮強度が低く、単位容積重量も小さかったので、(2)ではさらに高強度と単位容積重量を期待するために最大寸法40%B種焼化頁岩と川砂利とを第4表に示した割合で混合してコンクリートを配合した。

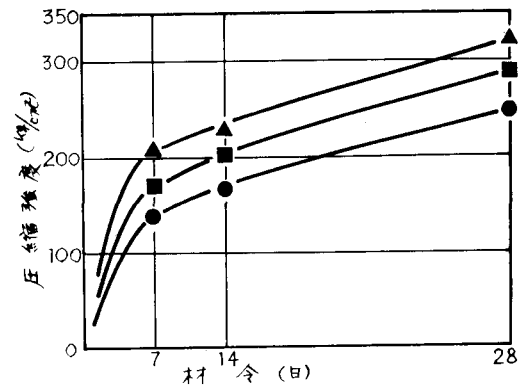


第3図 混合率 I の時の圧縮強度と材令との関係

まず、焼化頁岩と川砂利の混合率 I の時の材令28日における圧縮強度は第3図に示す通り、水セメント比が52%のとき198 kg/cm²・47%のとき255 kg/cm²・42%で

310 kg/cm²となり、各水セメント比ともに(1)の場合のときよりも強度が増大している。スランブは2.0～4.0 cmの範囲にあり、空気量は約1.4%、単位容積重量は平均2360 kg/m³となり、(1)に比べ約170 kg/cm²の増加がみられた。

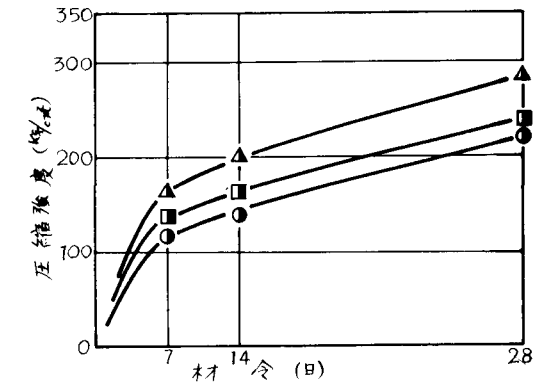
次に、混合率Ⅱの時の圧縮強度試験結果は第4図に示した。材令28日の圧縮強度は水セメント比が52%のとき245



第4図 混合率Ⅱのときの圧縮強度と材令との関係

kg/cm²・47%のとき289 kg/cm²・42%のとき321 kg/cm²となり、スランブは2.0～3.5 cm、空気量は約1.6%であり、単位容積重量は約2320 kg/m³である。前述した混合率Ⅰに比べ圧縮強度は全体的にやや増加しているが単位容積重量は逆に減少している。

また混合率Ⅲの場合の圧縮強度試験結果を第5図に示した。材令28日の圧縮強度は水セメント比



第5図 混合率Ⅲのときの圧縮強度と材令との関係

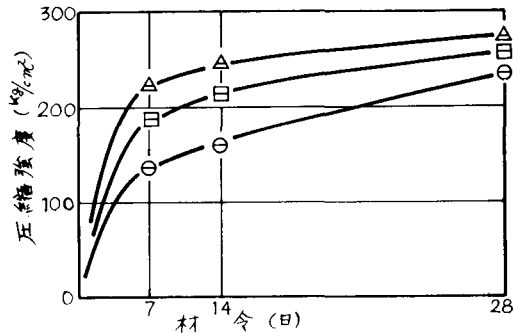
220 kg/cm²・47%のときの236 kg/cm²・42%で290 kg/cm²である。スランブは2.0～4.0の範囲にあり、空気量は約1.7%、単位容積重量は平均2340 kg/m³であった。圧縮強度は、混合率Ⅱのときに比べ低く、また混合率Ⅰ

のときよりも水セメント比52%を除いて低くなっている。

以上、焼化頁岩と川砂利とを混合した場合の圧縮強度を述べてきたが、強度的には混合率Ⅱのときが最大となった。これは骨材の粒度が他の混合率に比べ良かったことに起因すると考えられる。また単位容積重量は、川砂利の混合率が高いほど大きくなると考えられるが、Ⅱに比べⅢの方が大きな値となっている。この原因としては焼化頁岩でも比重の大きな40%の混合率が高かったためにこのような結果が得られたものと考えられる。ワーカビリティは、最大寸法の大きな焼化頁岩を使用したため(1)に比べさらに悪く、特に水セメント比52%では材料の分離が見られた。

(3) 最大寸法40%焼化頁岩を用いた場合

(2)において粗骨材の混合率がⅡのときに圧縮強度の最大を示すことが判明したので、ここでは最大寸法40%焼化頁岩を用いてⅡの時の粒度に従ってコンクリートの配合を行なった。圧縮強度試験結果は第6図に示す通りである。材令28日の強度は、水セメント比52%のとき



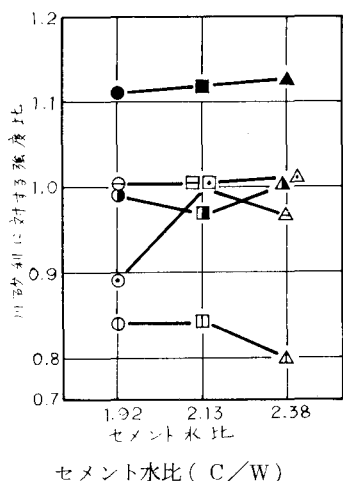
第6図 最大寸法40%焼化頁岩の圧縮強度と材令との関係

236 kg/cm²・47%のとき254 kg/cm²・42%のとき275 kg/cm²である。スランブは1.0～1.5 cmと低く、空気量は約1.4%、単位容積重量は平均2280 kg/m³であった。圧縮強度は(1)のときに比べかなり高強度を示しているが(2)の混合率Ⅱのときに比較すると水セメント比52%のときは大差は認められないが、47%のときで約35 kg/cm²、42%のときで約46 kg/cm²の差があり、水セメント比が小さくなるにつれて強度差が表われてくる。これはモルタル強度に比べ焼化頁岩の強度が劣っているためによるものと思われる。スランブは他の配合に比べ小さいが、単位容積重量は、(1)と(2)の場合の中間的な値となっている。

以上、(1)～(3)の圧縮強度試験結果について述べてきたが、次にこれらの結果を最大寸法25%川砂利を用いたコンクリートと比較してみる。最大寸法25%川砂利の圧縮

強度に対する強度比を示すと第7図の通りである。これより、(1)の場合は各水セメント比とも川砂利のみを用い

し上げる次第である。



第7図 川砂利に対するセメント水比別の強度化

た時よりも低く、また(2)の場合は混合率Ⅱの時が各水セメント比とも高強度を示しているが、混合率Ⅰの水セメント比52%の時はかなり低値を示しているほかは、同程度の強度となっている。混合率Ⅲの時は各水セメント比とも低値を示した。また、(3)においては水セメント比42%のときにやや低いほかは同程度の強度を示している。(1)と(3)のように焼化頁岩のみを粗骨材に用いた場合は、水セメント比が小さくなるにつれて強度の増大が川砂利に比べ顕著に表われないことを意味していると考えられるが、今回の実験では十分究明することができなかった。

V あとがき

以上、美唄三美鉱の焼化頁岩の諸性質とこれを用いたコンクリートの圧縮強度試験結果について述べてきた。圧縮強度は良質で最大寸法の大きな焼化頁岩を用いたり、粒度をさらに調整したり、川砂利を混合することによって、より高い強度を期待することができると思う。今回の実験で十分究明できなかった点が多々あるので、今後はそれらの点を解明していくと共にワーカビリティ・単位水量・細骨材率の関係を明らかにしたいと思う。また、長期材令については目下実験中であるが、耐久性試験に関しても実験を行ないたいと思っている。

最後に本実験を実施するに当って、材料の調整・計量・練混ぜなどに協力いただいた本学農業土木科2年生新妻寛・鈴木紹規・溝口茂・高倉信光の諸君に厚く御礼申

参 考 文 献

- 1) 原野律郎：コンクリート資源と需要の動向
コンクリートジャーナル
Vol. 10, No. 6 (1972)
- 2) 奥田寅之助・奥田正直：瞬間焼成法による頁岩質
軽量骨材の製法ならびに
骨材の特徴
セメント協会年報(1971)
- 3) 西 忠雄：構造用軽量コンクリート骨材
コンクリートジャーナル
Vol. 10, No. 9 (1972)
- 4) C. K. Wentworth : The shapes of
pebbles, U. S. Geol.
survey, Bull. 730-C (1922)
- 5) 常松 哲：石狩川産骨材がコンクリートの圧縮強度
に及ぼす影響について
専大農工短大年報 No. 1 (1969)
- 6) 常松 哲：粗骨材に焼化頁岩と川砂利を用いた混
合骨材コンクリートの圧縮強度につい
て
第21回農業土木学会北海道支部講演要
旨 (1972)