

下水汚泥焼結骨材のコンクリート用骨材への利用

愛知県建設技術研究所 宮川作次、○服部春海
日本ガイシ（株） 吉田修一、 永田克司
大有建設（株） （正）中島佳郎

1. まえがき

下水道整備に伴い年間約 150 万 t（乾燥質量）¹⁾ 発生する下水汚泥の有効利用方法として下水汚泥を焼却灰、熔融スラグ化し利用する方法が試みられている。^{1) 2) 3) 4)} しかし建設資材への有効利用は 10%程度¹⁾ であり大量に使用できる利用方法の開発が望まれている。今回、高分子系焼却灰を用い下水汚泥焼結骨材（以下、焼結骨材と言う）とし土木資材への有効利用を試みるものである。本論文では焼結骨材単粒（YR-1）、焼結骨材 5～2.5mm 以下を破碎し 2.5mm 以下としたもの（YR-2）を普通細骨材、軽量骨材コンクリートとしての適用性を調べた結果を報告するものである。

2. 実験概要

焼結骨材は高分子系汚泥焼却灰のみ、もしくは若干の添加材からなり、表-1 の化学組成を有している。一般の高分子系下水汚泥焼却灰と比較し若干 Al₂O₃、P₂O₅が多く Fe₂O₃、CaO が少ない⁵⁾ 組成である。単粒の焼結骨材（YR-1）を破碎し約 80%を 2.5mm 以下とし粒度分布を持つ細骨材とした（YR-2）。表-2 に焼結骨材の溶出試験結果を示す。表-2 から焼結骨材は土壤環境基準値以下となっている。使用した骨材の物理性状を表-3 に示し、骨材粒度分布を図-1 に示す。表-3 から YR-2 は絶乾密度 2.17～2.24 と軽量細骨材より若干重い。YR-2 の吸水率は 4.4%程度と人工軽量細骨材の 18.2%より少なく、およそ 1/4 ほどとなっている。YR-2 ではその他の JIS 基準もほぼ満足している。

3. 実験結果と考察

焼結骨材コンクリート配合は YR-1 を普通細骨材（2.5mm 以下）と置換した実験と YR-2 を軽量細骨材配合を示した。焼結骨材試験練り、圧縮強度結果を表-4 に示す。表-4 からワーカビリティは YR-1 が細骨材粒度範囲に入る 20%置換では良好であるが細骨材粒度範囲を外れる 50%置換では分離しており、焼結骨材単味は 20%以内の細骨材置換が可能である。破碎調整した YR-2 では呼び強度 21 が若干微粒分不足となっているがほぼ 100%軽量細骨材との置換が可能であった。硬化後の物性

表-1 下水汚泥焼却灰の化学分析結果(%)

種類	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	P ₂ O ₅	Na ₂ O	K ₂ O	MnO	ZnO
YR-1	28.0	26.9	6.1	5.2	1.9	24.1	0.6	1.4	0.8	0.4
YR-2	34.6	29.0	3.3	4.7	2.6	19.3	0.3	2.2	0.4	0.5

表-2 焼結骨材の溶出試験結果(mg/l)

溶出試験項目	T-Hg	Cr ⁶⁺	Cd	As	Pb	Se
YR-1	<0.0005	<0.04	<0.001	<0.005	<0.005	<0.002
YR-2	<0.0005	<0.04	<0.001	<0.005	<0.005	<0.002
土壤環境基準値	≤0.0005	≤0.05	≤0.01	≤0.01	≤0.01	≤0.01

土壤環境基準値

表-3 焼結骨材、人工軽量骨材、普通骨材の物理性状

試験項目	YR-1	YR-2	軽量細骨材	軽量粗骨材	普通細骨材	普通粗骨材
有機不純物	淡い	淡い	淡い	淡い	淡い	淡い
安定性(%)	0.14	0.70	—	—	—	—
粘土塊量(%)	0.0	0.1	0.0	—	0.1	—
表乾密度(kg/l)	2.288	2.265	1.896	1.713	2.57	2.64
絶乾密度(kg/l)	2.242	2.170	1.604	1.317	2.52	2.62
吸水率(%)	2.02	4.38	18.2	30.1	2.14	0.63
微粒分量(%)	0.04	2.6	3.5	—	1.85	0.1
モルタル実積率(%)	—	53.8	52.5	—	—	—

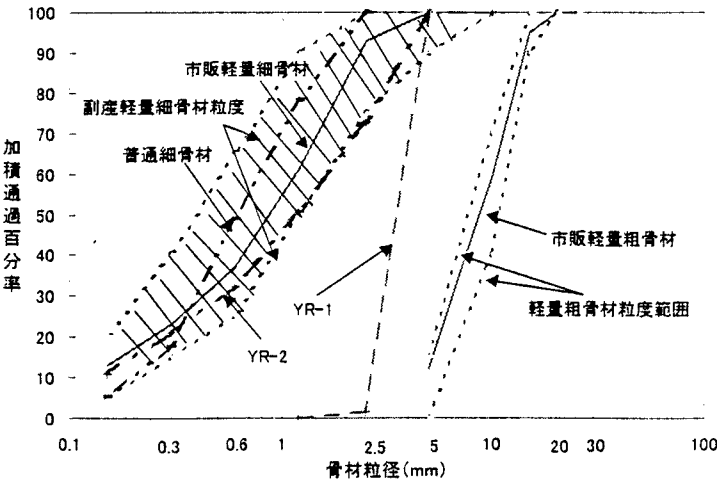


図-1 焼結骨材及び使用骨材の粒度分布

表-4 焼結骨材コンクリート試験練り、圧縮強度結果

コンクリート配合	呼び強度	スランプ	N C	単位容積 積 (kg/L)	温度 (℃)	ワーカ ビリチー	圧縮強度 (N/mm ²)		
							7日	28日	91日
普通骨材 (NO1)	21	12cm	271	2.256	19.0	良好	22.3	31.9	36.6
YR-1 20% (NO2)			261	2.273	19.0	やや良好	23.2	33.5	37.3
YR-1 50% (NO3)			261	2.267	18.2	分離	16.8	26.2	
軽量骨材 (SK-1)	21	15cm	310	1.687	21.0	やや良好	16.3	23.2	30
YR-2 50% (SK-2)			310	1.721	21.0	分離ぎみ	14.1	22.1	26.1
YR-2 100% (SK-3)			310	1.854	21.1	分離ぎみ	11.4	21.8	22
軽量骨材 (SK-4)	30		393	1.772	21.0	良好	30.9	36	47.2
YR-2 50% (SK-5)			393	1.765	21.2	やや良好	29.1	37.8	41.9
YR-2 100% (SK-6)			393	1.779	21.1	やや分離ぎみ	25.6	35.4	40.4

* NO2、3骨材修正係数0.2%、SK-2、3、5、6は1.5%にて補正

は圧縮強度、静弾性係数、熱伝導率を測定した。セメント量の少ない SK-3 は圧縮強度 28 日養生以後の伸びが不良である。これはワーカビリチーの分離ぎみあることに起因している。図-2 に普通コンクリート、強度、軽量コンクリートの圧縮強度と静弾性強度との比較を示す。普通コンクリートは細骨材の 20% 置換でも圧縮静弾性強度の比例関係は殆ど変わっていない。軽量コンクリートは、軽量細骨材と焼結骨材を置換すると静弾性強度が若干低くなっている。図-3 に熱伝導率の測定結果を示す。熱伝導率は JIS R 2618 (熱線法) に準じた迅速熱伝導率計 (KS 社: QTM-D3) により測定した。図-3 から普通細骨材の 20%、50% 置換では、焼結骨材の増加とともに熱伝導率は減少している。軽量細骨材との置換では、軽量細骨材とほぼ同様の熱伝導率を示している。

4. まとめ

(1) YR-1 は骨材の 20% までなら使用可能である。(2) YR-2 では軽量細骨材 100% まで置換が可能である。但しセメント量の少ない配合 (呼び強度 21 など) ではワーカビリチー改良のため微粒分の補足が若干必要である。(3) コンクリート硬化後の物性では圧縮強度、静弾性係数は YR-1 が 20% 以内、YR-2 では 100% 置換してもほぼ同等の物性である。(4) 熱伝導率は普通骨材置換では熱伝導率が低下し断熱性の改善が見られる。また軽量細骨材との置換では軽量細骨材と同等の断熱性を示している。(5) 焼結骨材は 5~2.5mm 単粒で製造されコンクリートで使用する場合、粒度分布範囲内に調整することで軽量コンクリートへ大量使用が可能となり軽量細骨材として JIS A 5002 の副産軽量骨材としての使用が可能と思われる。

参考文献

1) 尾崎正明, 久保忠雄: 下水汚泥再生資材の品質特性、土木技術資料、39-5、1997. 5、 pp60~pp65
2) 尾崎正明, 久保忠雄: 下水汚泥を原料とする微粉末のモルタルおよびコンクリート用混和材としての利用、コンクリートと資源の有効利用、土木学会 1998. 11、II pp57~pp64
3) 坂田 昇, 丸山久一, 桃井清至, 緑川猛彦: 下水汚泥溶融スラグの高流動コンクリートへの適用、コンクリートと資源の有効利用、土木学会 1998. 11、II pp71~pp84
4) 藤井 岳, 塩田耕三, 香川保徳, 常深武志: 下水汚泥溶融スラグのアスファルト粗骨材への利用、第 10 回廃棄物学会研究発表講演論文集、1999、pp602~pp604
5) 建設省土木研究所: 公共事業における試験施工のための他産業再生資材試験評価マニュアル案、土木研究所資料第3667号、1999. 9

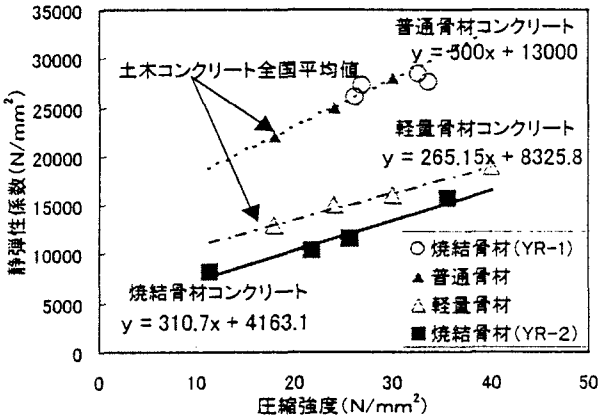


図-2 焼結骨材コンクリートの圧縮強度、静弾性係数

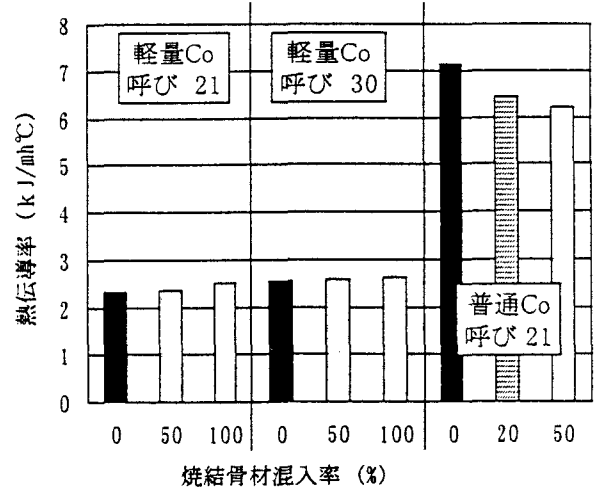


図-3 焼結骨材使用軽量、普通コンクリートの伝熱性