

水産廃棄物(タコの内臓)を利用したコンクリートに関する基礎的研究

Base experiment of concrete with fishery wastes (bowels of octopuses)

苫小牧工業高等専門学校環境都市工学科 正会員 廣川 一巳(Kazumi Hirokawa)
 苫小牧工業高等専門学校専攻科環境システム工学専攻 ○学生員 高山 元憲(Motonori Takayama)
 苫小牧工業高等専門学校物質工学科 奥田 弥生(Yayoi Okuda)
 環境創研(株) 川辺 雅生(Masao Kawabe)
 川辺コンクリート(株) 中出 信比人(Akihito Nakade)

1. 研究の目的

産業廃棄物はここ数年の発生量の増加や質的な多様化のため、その処理や資源化は困難になっている。これらの問題を解決するためには、単に焼却処分や埋め立てをするのではなく産業廃棄物を未利用資源として用いるなどといった長期的な対応・対策が求められている。平成14年度の北海道内における産業廃棄物全体の再生利用率は51%で、農業から発生する汚泥などの再生利用率は70%となっている。しかし、漁業から発生する水産廃棄物は他の廃棄物と比べても著しく再生利用率が低く、12%にとどまっているのが現状である¹⁾。

そこで本研究では近年、水産廃棄物として問題にされている「タコの内臓(以下タコゴロ)」を取り上げた。水揚げされたタコは水産加工場にて食用部位と内臓部に分けられる。タコゴロの肝臓部にはカドミウム等の重金属が微量含まれていて現在は埋め立てや焼却等の処理方法がとられているが、従来方法より安全かつ安価な処理方法が求められている。

そこで、本研究ではタコゴロをコンクリートに混入・硬化させることによって重金属を溶出させず、タコゴロの成分を生かした魚礁や藻礁などに利用するため、モルタル供試体を作製し、強度試験(圧縮強度・曲げ強度)やフロー試験を行い、その強度特性や物性変化について調べ、コンクリートにするための基礎的なデータを得ることを目的としている。また、パーク灰、クリンカー等の産業廃棄物やシェルライム(HT, HTC)をセメントの一部に置換した場合の強度や脱型日数にどのような効果があるかについても実験し、考察した。

2. 実験方法

2.1 使用材料

本実験で使用した材料は以下のとおりである。

(1) タコゴロ

タコゴロはタコが水揚げされた後に水産加工場にて食用部位と写真-1の内臓部とに分けられる。このうち、肝臓部(写真-2)にはカドミウム等の重金属を微量含んでいる。元素分析の結果を図-1に示すが、結果を見てもわかるように最も多く検出された元素は硫黄(S)で35%、次いで塩素(Cl)で22%、カリウム(K)で14%、リン(P)で12%となっておりカドミウムはその他の部分に含まれているくらいの微量しか含まれていない。本実験ではとりたてのタコゴロをフードプロセッ

サーで筋を切断し、ペースト状にした後に-10℃のフリーザーで品質が劣化しないように冷凍保存した。タコゴロは使用するたびに解凍して使用した。

写真-1²⁾ タコの内臓部

写真-2 タコの内臓の肝臓部

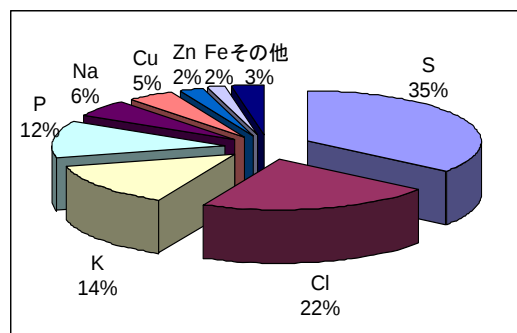


図-1 タコゴロの元素分析結果

(2) パーク灰

パーク灰³⁾(密度 2.46)とは木の皮などを燃やした

際に発生する焼却灰のことである。パーク灰はこれまで産業廃棄物として埋め立て処理されていたが、産業廃棄物の処理場・処理費や環境への配慮などの観点から有効利用への動きがある。本実験では結合材の一部であるセメントの一部をパーク灰で 10%置き換えた。図-2 にパーク灰の元素分析の結果を示した。最も多かったのがケイ素(Si)で 35%、次いでカルシウム(Ca)が 30%、アルミニウム(Al)が 8%、鉄(Fe)が 8%検出された。

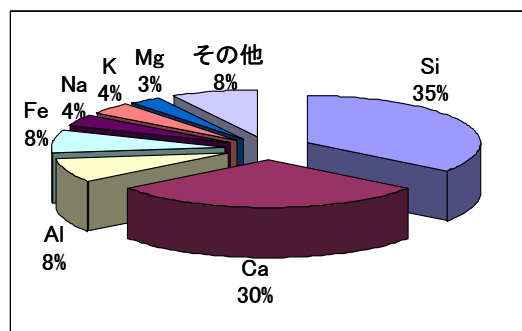


図-2 パーク灰の元素分析結果

(3) クリンカー

クリンカー³⁾ (密度 2.69)とは、灰の粒子が互いに凝集した状態のものであり、本実験で言うクリンカーとは、パークを燃焼させた際に不完全燃焼した塊を細かく砕いたもののことである。その後ふるい分けを行い、粒度が 0.25mm以下のものをパーク灰と同様の方法で使用した。クリンカーの元素分析は図-3 に示す。パーク灰同様最も多く検出されたのはケイ素(Si)で 50%、次いでカルシウム(Ca)が 15%、アルミニウム(Al)が 12%、鉄(Fe)が 12%検出された。

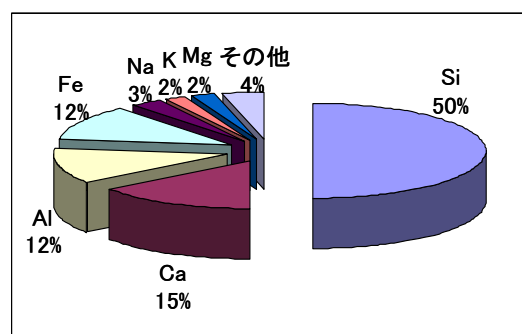


図-3 クリンカーの元素分析結果

(4) シェルライム

シェルライム³⁾とは、水産廃棄物のホタテなどの貝殻を粉末化して製品化したものである。シェルライム HTC(密度 2.79, 化合物 CaCO_3 , 以下 HTC)はホタテ貝を粉碎したもの、シェルライム HT(密度 1.32, 化合物 Ca(OH)_2 , 以下 HT)は粉碎後、焼成したものである。したがって、HTCの主成分は炭酸カルシウムで Ca 含有量 38%、粒度 1~5 μm で、HTの主成分は水酸化カルシウムで Ca 含有量 51%、粒度 10 μm である。

(5) モルタル供試体の作製材料

セメントは普通ポルトランドセメント(密度 3.16), 早強ポルトランドセメント(密度 3.14), 細骨材(密度 2.74), AE 減水剤(変性リグニンスルホン酸化合物)を用いた。

2.2 配合・養生方法

モルタル強度試験は、JIS R 5201 セメントの物理試験方法に準じて行った。一配合につき三連型枠 2 つで計 6 本のモルタル供試体を作成した。水セメント比はすべて 50%として、タコゴロ混入量を全体量に対し 0%, 5%, 10% とし、ゴロ含水率(60%)を考慮し単位水量からそれぞれ減じて配合を決定した。練り混ぜ後はフロー試験を各配合で 2 回ずつ行い、流動性の変化を見る。配合は表-1, 表-2 に示す。

表-1 モルタル供試体配合表

ゴロ混入率(%)	ゴロ量	C	S	W	AE減
0	0	1800	4600	882	18
5	365	1800	4600	643	18
10	730	1800	4600	403	18

表-2 他の材料を混ぜる場合の配合表

ゴロ混入率(%)	ゴロ量	C	S	W	AE減	置換材
0	0	1620	4600	882	18	180
5	365	1620	4600	643	18	180
10	730	1620	4600	403	18	180

C はセメント, S は細骨材, W は水, AE 減は AE 減水剤, 置換材はパーク灰, クリンカー, HT, HTC で単位はすべてグラム(g)である。供試体作製後は養生箱にて湿潤養生を 24 時間行った。タコゴロ含有率 0%の供試体は脱型した後、20±3℃で水中養生を行った。その他の配合の供試体は完全に硬化していなかったため養生箱による湿潤養生を続け、完全に硬化した後に脱型し 20±3℃で水中養生を行った。

2.3 コンクリート供試体による予備実験

モルタル供試体によるフロー試験や強度試験の結果を得ることができたので、タコゴロ含有率 5%のコンクリート供試体(500mm×600mm×200mm)を試験的に海中に沈めるために 3 個作製して、日高門別の漁港内(水深 3~4m)に沈めて、実際にタコゴロを混入したコンクリートにどのような効果があるのかを周辺の影響などを含め調査した。なお、海中供試体は昨年 12 月に設置して、2 月と 7 月、8 月、9 月に海中供試体を海から引き揚げ、付着している生物の調査を行った。

3. 実験結果と考察

(1) フロー試験

タコゴロのみを混入した供試体のフロー試験の結果を図-4 に、パーク灰などの材料を用いたモルタル供試体のフロー試験の結果を図-5 に示す。図-4 より、タコゴロ含有率 5%, 10%のフロー値は、タコゴロの含水率を考慮し水量を補正しているにも関わらずタコゴロ含有率

0%の供試体と比較してフロー値が大きくなる結果となった。これはまだタコゴロの特性が完全に解明されていない問題点があるので具体的な理由はわからない。また、**図-5**を見てわかるようにバーク灰などの材料を混入することによりタコゴロ含有率 5%のフロー値 243mm よりも全ての配合でフロー値は下がり、多少流動性は悪くなった。これはバーク灰などの材料がタコゴロに含まれている水分を吸収したためにタコゴロのみの供試体と比べてフロー値が低下したと考えられる。しかし、フロー値が低下したことによるワーカビリティへの影響は少なかった。

(2)タコゴロのみ配合供試体の強度試験結果

図-6、**図-7**に示すように、タコゴロを混入したモルタル供試体の曲げ強度と圧縮強度は共に、タコゴロ含有率が増えるにつれて、ほぼ一定の割合で強度が減少する結果となった。タコゴロをモルタルに混入することによってモルタル供試体の7日強度は低い水準にある。この原因として、タコゴロ中に含まれる脂肪分がセメントの水和反応を阻害し、その結果モルタル供試体の硬化が遅れ、7日強度が十分に発現しなかったことが考えられる。なお、タコゴロ含有率 10%の供試体では脱型に9～14日要したので7日強度の測定は行えなかったので脱型した日に強度試験を行った。28日強度試験においては、全ての供試体において強度の増進がみられた。

(3)早強セメントを用いた供試体の強度試験結果

図-8に普通ポルトランドセメントを早強ポルトランドセメントに置き換えたモルタル供試体の圧縮強度試験結果を示す。普通ポルトランドセメントを用いた供試体との強度を比較すると、早強ポルトランドセメントを使用することによって全体的な強度の増加が見られた。特に材齢 28 日のタコゴロ含有率 5%のモルタル供試体では普通ポルトランドセメント使用モルタル供試体で 27N/mm^2 だった圧縮強度が 40N/mm^2 まで強度が増加したので早強ポルトランドセメントは強度面では有効であると考えられる。

(4)他の材料を用いた場合の供試体の強度試験結果

図-9にタコゴロのみの供試体とバーク灰、クリンカー、HT、HTC を使用した供試体（全てタコゴロ含有率 5%）の圧縮強度の比較を示す。まず、7日強度について比較すると、クリンカーを用いた供試体以外は全てタコゴロのみの供試体よりも強度が大きかった。次に 28 日強度を比較すると HT、HTC 以外の供試体は全てタコゴロのみを配合した供試体よりも圧縮強度が強く発現した。特にバーク灰を使用した供試体ではクリンカー、HT、HTC を使用したものよりも強度がかなり大きく発現した。今回使用したバーク灰、クリンカー、HT、HTC は研究目的でも説明したように Ca を含んでおり、これがタコゴロの脂肪分により阻害されていた水和反応を促進させ、モルタル供試体の強度の増加につながったと考えられる。

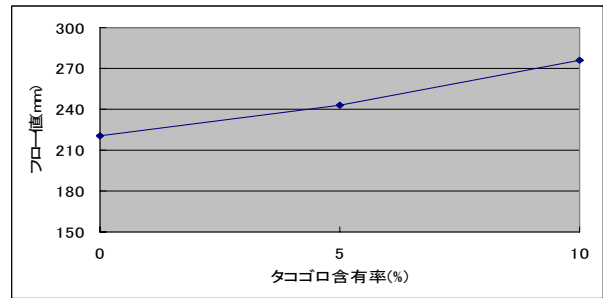


図-4 タコゴロのみ供試体のフロー試験結果

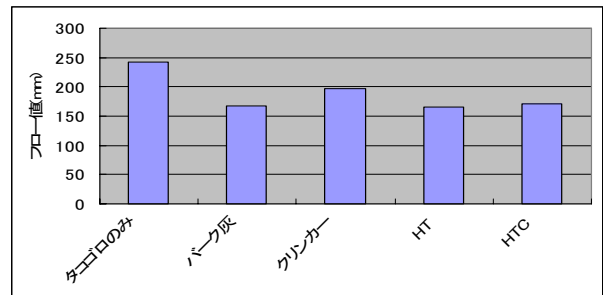


図-5 各配合のモルタルのフロー試験結果(ゴロ 5%)

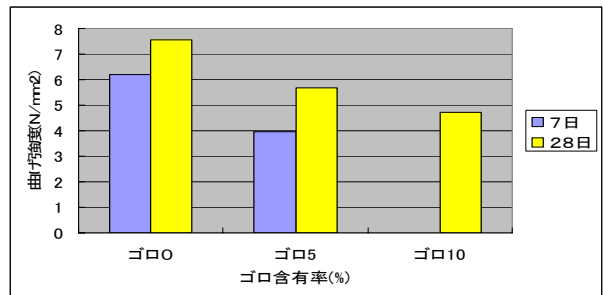


図-6 タコゴロのみ供試体曲げ試験結果

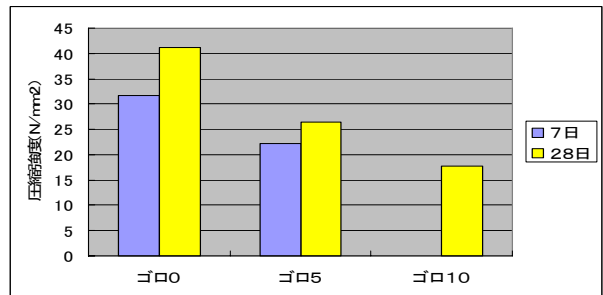


図-7 タコゴロのみ供試体圧縮試験結果

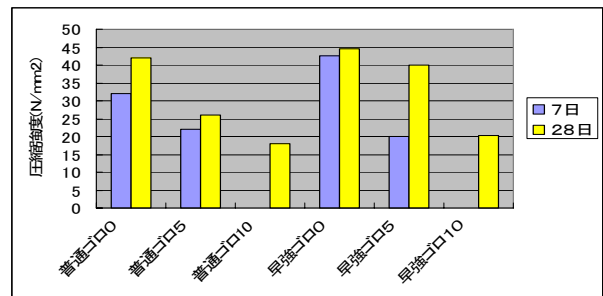


図-8 セメントの違いによる圧縮強度の比較

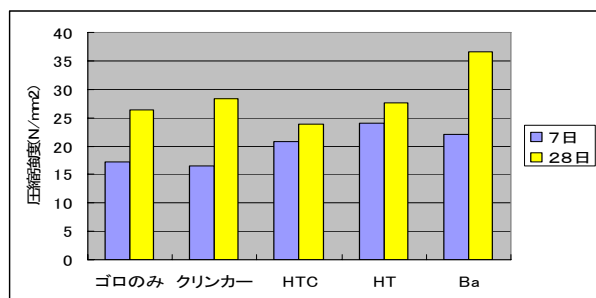


図-9 他の材料との圧縮強度の比較

(5) 脱型日数について

表-3、表-4 に脱型日数を比較したものを示す。製品実用化のためには型枠の回転率を上げること、つまり脱型日数が重要となってくる。

表3より、タコゴロ含有率が増えることによってモルタル供試体の硬化が遅くなって脱型日数が遅れた。タコゴロ含有率 5%の供試体は脱型までに 7 日要し、タコゴロ含有率 10%の供試体では遅いもので脱型までに 14 日要し、7 日試験が行えなかった。このことを踏まえてタコゴロを混入したモルタル供試体の脱型日数の促進のため、パーク灰、クリンカー、HT、HTC を使用した供試体をそれぞれ作製し、同様に実験を行った。その結果、表4に示すようにクリンカー、HT、HTC を使用した供試体は脱型日数を 1～2 日早めることができ、パーク灰を用いた供試体ではタコゴロのみ含有率 5%の供試体の 7 日と比較してパーク灰は 2～3 日と大幅な脱型日数の短縮に成功する結果となった。また、早強ポルトランドセメント使用のタコゴロ含有率 5%供試体の脱型日数は7日で、普通ポルトランドセメントを用いた供試体と比較しても脱型日数を早める効果は得られなかった。

表-3 タコゴロのみ供試体の脱型日数

タコゴロ含有率	0%	2.50%	5%	10%
脱型日数	1日	3～4日	7日	11～14日

表-4 他の材料を使用した場合の脱型日数

供試体の種類	脱型日数
普通セメント	7日
普通セメント+Ba	2～3日
普通セメント+HT、HTC、C	3～5日
早強セメント	7日

(6) コンクリート供試体観察結果

設置2ヶ月における調査では供試体表面や側面に小さな生物などが付着しているだけだったが、写真3に示すように設置半年を越えると供試体表面に昆布の根が生え、ツブ貝の付着が多く見られた。また、写真4に示すように7月観察時よりも8月観察時の方が昆布の根が成長したのを確認できた。しかし、9月観察時は昆布の成長は見られなかった。また、3個作製した供試体の比較としては日当たりのよい供試体には多くの昆布が生え、生物が群がっていたが、一番日当たりの悪い供試体には昆布もほとんど生えず、生物の付着もあまり確認できなかった。当初は水深が深く、ヘドロなどで供試体が沈むことも予想されたがあまり沈まなかった。これらの結果からタコゴロをコンクリートに混入することによって海洋生物の育成に効果があると考えられる。



写真-3 7月の海中供試体観察結果



写真-4 8月の海中供試体観察結果

4. まとめ

研究の結果、以上のことがわかった。

- (1) タコゴロを混入することにより 5%, 10%とタコゴロ含有率が増すごとにフロー値は大きくなった。
- (2) モルタル供試体の曲げ・圧縮強度はタコゴロ含有率が増えるにつれて一定の割合で減少し、脱型にも日数を要した。
- (3) 材齢 28 日では普通ポルトランドセメントを早強ポルトランドセメントに置き換えることにより強度を増加させることができたが、脱型日数を早める効果は無かった。
- (4) Ca を含んだパーク灰、クリンカー、シェルライムを混入することによって脱型日数を早める効果があることがわかった。現段階ではパーク灰を混入したものが強度、脱型日数の両面で1番有効であった。
- (5) 海中供試体観察の結果、日当たりのよい供試体においては昆布が生え、ツブ貝などの生物の付着が多く確認できたことから、海洋生物の育成に効果があるといえる。

5. 参考文献

- 1) 北海道庁ホームページ
<http://www.pref.hokkaido.jp/menu.html>
- 2) 金子虎寿：水産動物図説—ミジンコから魚介類まで—，成山堂書店，1992.
- 3) 廣川一巳，田中久恵：「産業廃棄物(パーク灰・クリンカー)を混入した混入したコンクリートの基礎的実験」，土木学会北海道支部論文報告集第 61 号，2005