

## 骨材にシャモットを用いた鉄筋コンクリート管の強度性状

河合 紘 茲 (土木工学科)

**概要:** 下水道施設のコンクリート構造物は、多岐に渡る流下物の化学反応によって、コンクリートの中性化が進行し耐久性に問題を投げかけている。このような背景から、下水道施設のコンクリート構造物の延命化を図る目的で、コンクリート材料である骨材に着目した。すなわち、耐化学性に有効的であるシャモットを骨材とした、シャモットコンクリートの強度性状、耐久性、耐化学性等を試験すると共に、暴露試験をおこなっている。その試験結果から、シャモットコンクリートの有効性が認められたので中間報告をするものである。

**キーワード:** コンクリートの中性化、耐久性、延命化、骨材、シャモット、シャモットコンクリート

### 1. まえがき

コンクリート構造物の耐用年数は、100年とも50年とも言われてきた。しかし、近年急速な環境変化の影響によって、その神話が崩れかけている。その主たる原因は、二酸化炭素、酸性雨等に起因するコンクリートの中性化である。下水道施設においては、硫化水素に起因するコンクリート腐食劣化が主たるものとされている。また、コンクリート材料である細・粗骨材の枯渇化に因る骨材の品質低下も否めない事実である。

このような背景から本研究は、わが国の乏しい資源の有効利用として、建設廃棄物の再資源化を試みた。すなわち、木造家屋解体時に発生する屋根瓦、煉瓦等をはじめ、一般家庭から排出される陶器類を破碎・粒度調整したシャモットをコンクリートの細・粗骨材として用いたシャモットコンクリートの強度性状および防食効果について報告するものである。

### 2. シャモット

シャモットは、**写真-1**に示すように家屋解体現場および一般家庭から排出された屋根瓦、煉瓦、陶器等を中間処理場に運び込まれたものを、隣接した破碎工場で、日本工業規格<sup>1)</sup>で規定されているコンクリート骨材粒径に適合するように破碎およびフルイ分けしたものである。破碎状態を**写真-2**に示す。

シャモットの物理性状を表-1に、粒度曲線を図-1に示す。表-1において、細骨材および粗骨材ともに吸水率が通常のコンクリート骨材と比

較して大となっている。屋根瓦の製造工程である焼成温度が通常の陶器類に比較して低温で焼成していることに因ると推察される。また、粗粒率においては、埋め立て処理用に破碎している工場であることから、破碎工程の効率を優先した関係で、コンクリート骨材としての粒度が適格に確保できなかった。しかし、シャモット・コンクリートとして確立できればこの問題は解決される。



写真-1 中間処理場に運び込まれた屋根瓦、陶器、煉瓦の状態



写真-2 シャモット破碎状態

表-1 シヤモットの物理性状

	最骨材	粗骨材
密度(g/cm <sup>3</sup> )	2.4	2.4
吸水率(%)	4.4	5.2
粗粒率	4.17	6.22

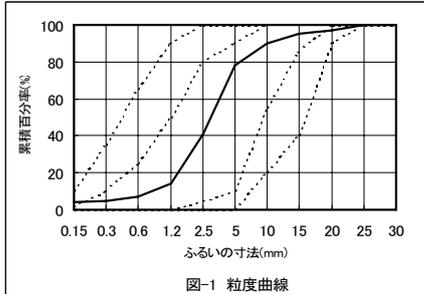


図-1破砕シヤモットの粒度曲線

### 3. シヤモット・コンクリートの配合設計

シヤモット・コンクリートの性状を確認する目的で、通常のコンクリートとの比較を行った。シヤモットと碎石および砕砂の置換率によるシヤモットコンクリートの試し練りを表-2に示す配合で行った。

その結果、細・粗骨材共にシヤモットを用いたコンクリートと、細骨材にシヤモット、粗骨材に碎石を用いたコンクリートのスランプは、両者共に1.5cmと固いコンクリートとなった。

圧縮強度は、細・粗骨材共にシヤモットを用いた場合42N/mm<sup>2</sup>に対して、細骨材にシヤモット、粗骨材に碎石を用いた場合53.6N/mm<sup>2</sup>であった。このようにシヤモットを細骨材、粗骨材に碎石を用いた配合は、細・粗骨材共にシヤモットを用いた配合の圧縮強度は約28%大となった。このときのスランプ値は4.8~5.1cmの範囲であった。

以上の試し練りの試験結果から製管の配合は、水セメント60%、スランプ値5.0cmを目標として製管した。

製管したシヤモット・コンクリートの配合は、表-3に示す配合とした。

表-2 シヤモット・コンクリートの試し練り配合

水セメント比 W/C (%)	単 位 量 (kg/m <sup>3</sup> )			
	水 W	セメント C	シヤモット	
			細骨材	粗骨材
51.9	250	482	955	635
68.3	329	482	1590	

表-3 製管のシヤモット・コンクリートの配合

水セメント比 W/C (%)	単 位 量 (kg/m <sup>3</sup> )					混和剤
	水 W	セメント C	シヤモット		碎石 G	
			S	G		
54.9	263	480	893	267	423	4.8

表-3に基づいたシヤモットコンクリートのスランプ値は4.8cmであった。これは、通常の鉄筋コンクリート管製管に用いるスランプ値より硬めである。したがって製管作業工程では、表-4に示すように製管時間が約1.4倍掛かった。これは、シヤモットコンクリートの骨材表面が鋭角にとがっていることによって、骨材が管内面に突出する傾向にあり、内面仕上げに時間を要した。

表-4 製管の作業内容

作業内容	普 通 コンクリート	シヤモット コンクリート
投入	6 分	6 分
初 速	2 分	2 分
中速 1	2 分	2 分
中速 2	2 分	2 分
高 速	7 分	7 分
仕上げ	6 分	16 分
合計時間	25 分	35 分

### 4. 外圧圧縮強度試験

シヤモット・コンクリートの外圧試験は、写真-4に示す様に(社)日本下水道協会規格JSWAS A-1に準拠した<sup>1)</sup>。供試管を試験機の台上に水平にセットし、下水道管頂部および低部に厚さ約20mmのゴム板と150×150mmの角材を下水道管長手方向に、線荷重が分布するようにして載荷した。



写真-4 外圧試験状況

#### 4-1 外圧圧縮強度試験結果

外圧圧縮強度試験結果を表-5に示す。表-5において、シャモットコンクリート鉄筋コンクリート管の外圧圧縮ひびわれ強度は平均35.9kN/mm<sup>2</sup>であった。これは、(社)日本下水道協会、JSAW A-1に規定<sup>1)</sup>している外圧圧縮ひびわれ強度の約150%に相当する。このように強度が大きくなったのは、シャモットの原料は、セメント製造時のクリンカーと同じような性質であることから、ポズラン反応効果に起因すると推察される。

外圧圧縮強度試験の破壊性状は、普通コンクリートの破壊と同様に、上下載荷面を中心にひび割れが発生した後、円周90°方向(十文字)にひび割れが発生し破壊に至った。

表-5 シャモットコンクリートの  
外圧圧縮ひびわれ強度試験結果

供試管 No.	破壊荷重 (kN)	圧縮強度 (N/mm <sup>2</sup> )	平均強度 (N/mm <sup>2</sup> )
1	273	34.8	35.9
2	276	35.1	
3	298	37.9	

#### 4-2 軸方向圧縮強度試験

下水道管は、施工方法によって異なった強度性状を要求されることから、推進施工方法に要求される軸方向圧縮強度および曲げ強度試験についても試験した。

軸方向圧縮強度試験は、(社)日本下水道協会、JSWAS A-6<sup>2)</sup>に準拠して行った。試験状況を写真-5に示す。

試験結果を表-6に示す。表-6において軸方向圧縮強度の平均値は57.3N/mm<sup>2</sup>であった。これは、JSWAS A-6に規定されている49.03N/mm<sup>2</sup>に対して約17%大となった。軸方向圧縮強度が普通コンクリートの強度より大きくなった要因としては、前述にも述べたように、シャモット骨材のポズラン反応効果が上げられるが、この他の要因としてシャモット骨材の比表面積が大きいことに起因していると推察される。

破壊性状は、管短部の支圧面部で高強度コンクリートの破壊性状に見られる爆裂破壊であった。



写真-5 軸方向圧縮強度試験状況

表-6 軸方向圧縮強度試験結果

供試体 N.o	軸方向圧縮強度 N/mm <sup>2</sup>	
1	58.4	57.3
2	57.1	
3	56.4	

#### 4-3 曲げ強度試験

下水道推進施工方法では、施工中に下水道管が蛇行して推進されることがある。したがって、下水道管の曲げ強度を把握しておくことは重要である。

曲げ強度試験は、軸方向圧縮強度試験と同様に、JSWAS A-6に準拠して行った。試験の状況を写真-6に示す。

曲げ強度試験結果を表-7に示す。表-7において曲げ強度の平均値は、723.2Nであった。これはJSWAS A-6に規定されている607.5Nに対して約12%大となった。このように普通コンクリート下水道管の曲げ強度より大きくなった要因はシャモット骨材の表面形状によると推察される。すなわち、シャモット骨材と骨材の界面噛み合わせが良好であったと思われる。

表-7 曲げ強度試験結果

供試体 No.	曲げ破壊強さ N	
1	731.8	723.2
2	722.1	
3	715.7	



写真-6 曲げ強度試験状況

### 5. シャモットコンクリートの防食試験

下水道施設のコンクリート構造物は、まえがきにも述べたように、硫化水素に因ってコンクリートが腐食され、耐久性を失っている。

本研究では、シャモット骨材を用いたモルタル供試体による暴露試験と、実寸大シャモットコンクリート下水道管の暴露試験を行い、その耐久性効果を調べた。

#### 5-1 シャモット・モルタル供試体暴露試験

試験は、日本工業規格、JIS JIS R 5201に規定されているセメント強さ試験に準拠した。すなわち、シャモット・モルタルの配合は表-8に示す配合とした。

供試体寸法は、セメント強さ試験の型枠を利用したことから40×40×160mmとした。

暴露試験は、供試体成形後28日間標準水中養生を行った。その後、水中養生層から取り出し、供試体表面の水分を乾いたウエスで拭き取り、供試体質量を計測した。

暴露試験は、生産工学部内の浄化槽に写真-7に示すようにステンレス製の籠に供試体を入れて暴露した。

暴露試験中の計測は、30日間毎に暴露試験開始時の要領で供試体質量の経時変化質量を計測した。質量試験結果を図-2および3に示す。図-2の普通コンクリートの暴露試験14ヶ月後の質量は約1.34~2.84%の減少に対して、シャモットコンクリートの質量変化はほとんど認められなかった。このことは、シャモットの原料が、セラミック廃材であることから、表面がガラス質膜を形成していることに因ると推察される。



写真-7 ステンレス製籠に供試体を入れた状態

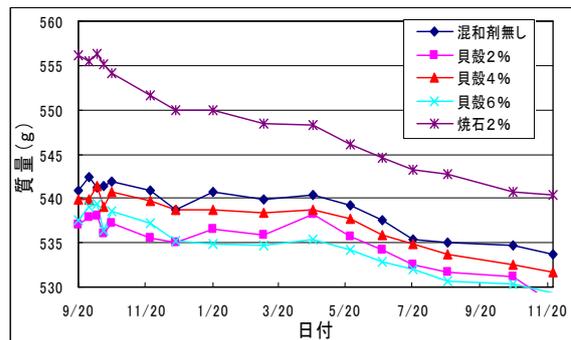


図-2 標準砂供試体の質量変化試験結果

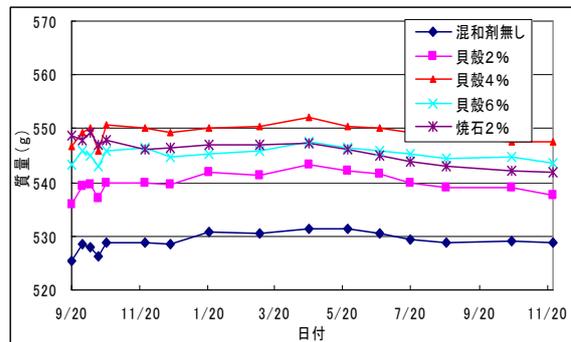


図-3 シャモット供試体の質量変化試験結果

実寸大シャモットコンクリート下水道管は、九十九里海岸近郊に敷設して14ヶ月になるが、現在のところ耐海水性には異常は認められていない。

### 6. まとめ

本試験結果からつぎのことが言える。

- 1) シャモットコンクリートは、強度性状、耐海水性、防食効果等効果的である。
- 2) 環境問題改善に貢献できる。

#### 参考文献

- 1) (株)日本下水道協会、A-1下水道用鉄筋コンクリート管
- 2) 社日本下水道協会、A-6下水道小口径管推進工法用鉄筋コンクリート管