

大分商専正員丸山 巖
大分県工業試験場 戸高 章元

1. まえがき

セメントと硬質細骨材を原料として加圧成型される厚形スレート(さんがわら)は、その製造工場からの産業廃棄水が有害重金属を含む強アルカリ性であり、未処理のままの廃棄は公害として社会問題になったが、その完全なる処理は零細企業を含む業界にとってはむづかしい状況にあり大きな懸案事項となっている。

近年生産性向上の目的から全自動成型機の導入で飛躍的に生産が伸びるとともに必然的に廃棄水量も増加し、この量は九州に例をとれば昭和52年度後期6月の56社の平均月産量より推定すると約20,000^{トン}月に達する。

レディミクストコンクリートについては、セメント協会または日本コンフリート会議その他の研究者によって詳細な研究報告がなされている。しかし厚形スレート廃棄水は、セメントのほか多種多量の油類も含有しているためレディミクストコンクリート廃棄水と同様にあつたことには問題があるように考えられるので、独自に調査研究する必要がある。このため廃棄水を、厚形スレート用モルタルの混練水および混和物として還元利用した場合モルタルに与える影響について実験的研究を行なった。この結果より強度についてその概要を報告する。

2. 厚形スレート工場廃棄水の現状

実験に先立ち、大分県内4工場の製造工程と廃棄水の上澄水および沈殿物(スラッジという)の処理状況ならびに処理槽の規模等実態調査を行ない、代表される4工場を選び実験に用いる上澄水とスラッジを採取した。

現状としては上澄水はミキサーや成型機その他機械器具等の洗浄に循環使用されているほか、モルタルへの影響が不明のまま混練水としても使用されている。スラッジについても同様に80%の工場が全量またはその一部をモルタルに還元利用している。なおスラッジ中のセメント分と砂分の割合は平均して6:4でセメント分が多い。

3. 実験概要

本実験はJIS R5201によって成型する供試体(標準供試体という)と、モルタルに上澄水およびスラッジを添加した場合について、室内実験(A,B,C,Dの4工場)と製造工場(B,Cの2工場)における実験(現場実験という)とに分けて行なった。

3-1 上澄水添加による場合

①使用材料 セメントは室内、現場実験とも普通ポルトランドセメント(比重3.16)を用いた。細骨材は、室内実験には標準砂を用い、現場実験には工場で実際に用いられている海砂(現場砂という・B工場:比重2.55, FM2.2, 吸水率1.9% 塩分0.31%・C工場は比重2.55, FM2.32, 吸水率2.2% 塩分0.14%)を用いた。混練水としては室内、現場実験とも清水および最終沈殿槽より採取した上澄水(表-1)を用いた。

②実験方法 i)室内実験 標準供試体と上澄水を混練水に用いてJIS R5201に準じて成型した供試体(上澄水添加供試体という)につきそれぞれ1,2,3,4週において、曲げおよび圧縮強度を測定した。モルタル配合は、標準供試体(C:S=1:2, %=65%)上澄水添加供試体{C:S=1:2, %=65%(清水50%:上澄水50%, および上澄水100%)}とした。混練りは機械練りによる方法(JIS R5201)に成型は養生室で行ない24時間経過して脱型し水中養生した。

ii)現場実験 混練水に清水を、細骨材は現場砂を用いJIS R5201に準じて工場成型した供試体(現場標準供試体という)と、混練水に上澄水(表-2)を砂は現場砂を用いJIS R5201に準じて現場成型した供試体(現場供試体という)とをそれぞれ1,2,4週において曲げ及び圧縮強度を測定した。併行して同材料同配合により実際に成型機により厚形スレートを製造しこれを実物供試体とした。実物供試体は曲げ強度のため1,2,3,4週および2月,3月における強度を測定した。モルタル配合は表3-1,2の通りである。混練りはフルミルタのミキサーにより材料を完全に投入して3分間

表-1 室内実験用上澄水分析結果

工場	PH	6価クロム (PPM)	P-アルカ度 (EPM)	M-アルカ度 (EPM)
A	12.5	1.4	28.2	28.8
B	12.6	6.7	48.2	49.5
C	13.0	4.5	55.7	57.3
D	12.6	4.3	38.6	39.4

練つた。養生は実物供試体については工場養生室で敷水養生しその他は標準供試体と同養生室で空中養生した。

iii) 強度測定 実物供試体は曲げ試験機(JISR5412)によって、その他の供試体は、曲げ強度をミハエリ二重テコ形曲げ試験機で、圧縮強度は島津製20^{ton}万能試験機によって行なった。

3-2 スラッジ添加による場合

1) 使用材料 スラッジは前日廃出されたものを当日始業前(カ)波紋槽より採取し濾過器で脱水濃縮したものを試料とし乾燥ベースに換算してセメントに対する外側で添加した。表4に室内実験に用いたスラッジの分析結果と表5に現場実験に用いたスラッジの分析結果を示した。その他の材料は3-1-1)と同様である。

2) 実験方法 室内、現場実験とも3-1)と同様な方法によった。配合は室内実験用を表-6に、現場実験用を表-3-1、3-2に示す。

4. 実験結果

上澄水分析の結果PH値は右

工場ともほぼ程度(強アルカリ)であった。6価加ムも排出基準が0.5^{PPM}に対し表-1,2の値に高い値を示す。工場間に差異があるのは機械器具洗浄をするための清水の量に左右されるものと考えられる。

強度について、上澄水を用いた場合

4週強度について、室内実験で50%添加と100%添加での曲げ、圧縮強度低下率は、曲げ÷10%12%、圧縮÷3%、7%であった。

現場実験では100%添加で曲げ÷0%圧縮÷6%である。(図1,2参照)

スラッジ添加の場合 室内実験では、3%、6%、9%の添加で強度低下率は曲げ÷3%、6%、9%、圧縮÷12%、16%、20%である。18%添加したものは9%の添加のものに劣化しなかった。(図1,2参照)

現場実物供試体(厚形スレート)の場合

90日の強度は上澄水もスラッジ添加の場合も3%程度の低下率であった。(図-3)。このことから添加率が6%まであれば実物への影響は無視出来ると思われる。実物供試体中に含まれる全クロム量を調べた結果は24^{PPM}であった。室内実験用供試体の切断面を顕微鏡で観察した結果スラッジとみられる白色塊が固結収縮していく過程で供試体に空隙を作ることが強度低下の要因と考えられるが、加圧成型するとその影響が減少する。

おわく、本実験には大分県型スレート協同組合、関係工場との協力が得られ、感謝します。

参考文献 1) 日本尾根材経済新聞(C.5.53-6-28日号) 2) セメント協会・コンクリート学会報告 凡25 5.48.10 3) 日本コンクリート協会・国収水研究委員会報告 5.50.3.3 4) 重倉外2名・セメント保存会報告 凡VIII 5.49.

表-2 現場実験用上澄水分析結果

工場	PH	6価加ム PPM	全クロム 分%	CaO PPM	Na ₂ O PPM	K ₂ O PPM	SO ₃ PPM	Cl PPM	SiO ₂ PPM	R ₂ O ₃ PPM
B	12.6	8.8	1.32	409	2560	2891	2267	1600		
C	12.7	3.4	1.47	548	2830	2270			1128	196

表-3-1 B工場のモルタル配合

添加量	セメント (kg)	砂 (kg)	水セメント比 (%)	70-建 (mm)	水 (kg)
水道水100%	7.5	15.0	47.6	181	35.7
上澄水100%	7.5	15.0	45.9	185	34.5
スラッジ 3%	7.5	15.0	49.9	181	37.5
スラッジ 6%	7.5	15.0	53.8	181	40.4

表-3-2 C工場のモルタル配合

添加量	セメント (kg)	砂 (kg)	水セメント比 (%)	70-建 (mm)	水 (kg)
水道水100%	7.5	141.5	45.7	174	34.3
上澄水100%	7.5	141.5	45.5	185	34.1
スラッジ 3%	7.5	141.5	47.3	181	35.5
スラッジ 6%	7.5	141.5	46.0	176	34.5

表-4 室内実験用スラッジの分析結果

工場	ヘチマ抽出率 %	強熱減量 %	不溶残分 %	全クロム PPM	比重	粒度分布 mm					
						0.6	0.3	0.15	0.074	0.044	0.044
A	0.70	15.0	7.5	41.8	2.03	0.7	1.0	15.7	7.0	25.9	49.7
B	3.60	29.7	7.8	50.1		0.9	1.3	4.5	6.3	7.7	79.3
C	0.72	9.2	47.9	16.5	2.46	7.1	22.9	23.0	12.8	8.5	25.7
D	1.10	9.1	42.5	25.2		9.7	14.5	13.8	9.6	9.5	42.9

表-5 工場実験用スラッジの分析結果

工場	ヘチマ抽出率 %	強熱減量 %	不溶残分 %	全クロム ppm	比重	粒度分布 mm					
						0.6	0.3	0.15	0.074	0.044	0.044
B	1.59	19.4	11.7	64.0	2.12	6.3	6.6	13.8	12.1	8.7	52.5
C	0.40	7.9	43.6	34.0	2.44	15.8	15.5	11.3	8.9	9.0	56.2

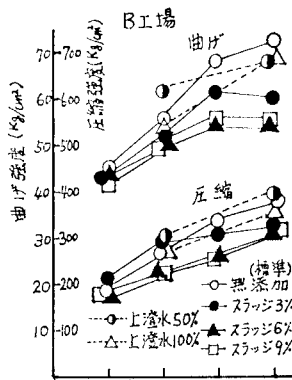


図-1 室内供試体強度

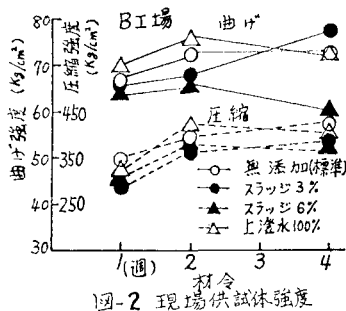


図-2 現場供試体強度

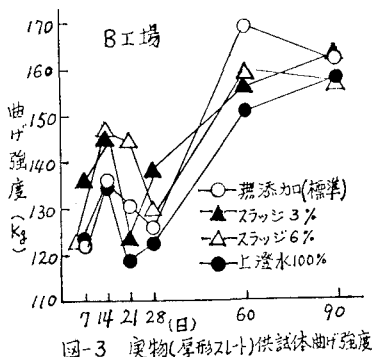


図-3 実物(厚形スレート)供試体曲げ強度