

塑性粘度を考慮した間隙充填モルタルの充填性評価に関する研究

首都大学東京大学院 学生会員○武地 慧征 艾爾肯艾麗菲拉

正会員 宇治 公隆

正会員 上野 敦 正会員 大野健太郎

1. 目的

構造物の耐震補強工法に、既設柱と鋼板との間隙にモルタルを充填して一体化を図る鋼板巻立て工法がある。この間隙充填モルタルの要求性能には、狭い間隙にも充填可能な流動性と骨材の閉塞を起こさない材料分離抵抗性が挙げられる。しかし間隙条件が厳しい場合、せん断方向の抵抗力や骨材の滞留により閉塞する恐れがある。本研究では、閉塞を起こさず流動するモルタルの条件解明のため、間隙幅毎に間隙充填モルタルの流動挙動を考察した。

2. 実験概要

使用材料を表-1 に、モルタルの配合を表-2 に示す。粒径 1.2mm 未満の骨材と粒径 1.2~2.5mm の骨材を 8 : 2 の割合で使用した。骨材粒径を 1 水準に固定し、塑性粘度が充填性に及ぼす影響に着目した。増粘剤添加量を増すと塑性粘度および降伏値は増加し、高性能 AE 減水剤(以下、SP)添加量を増すと降伏値は低下する¹⁾という関係をもとに増粘剤と SP の添加量を調整した。試験項目を表-3 に示す。二重円筒式間隙充填試験装置を図-1 に示す。間隙幅は 2, 3, 5mm を対象とした。内側のアクリルパイプに試料を充填して 1 分間静置後、各間隙幅分だけ内側パイプを引き上げ、充填高さを計測した。その充填高さを理論充填高さ(内パイプ中と間隙中の試料の等しくなる高さ)で除した値を間隙充填率と定義し、間隙充填性の指標とした。モデル型枠式間隙充填試験装置を図-2 に示す。領域 1 にモルタルを投入後、仕切りを外し、間隙部を通過させ領域 2 を充填させる。その際、領域 1 から領域 2 に流動するまでの所要時間を到達時間とし、また流動開始して 5 分後静置状態で領域 1 と領域 2 のヘッド差から圧力損失を、領域 2 の細骨材割合を含有骨材率として求めた。表-4 に 10 配合の増粘剤と SP の添加量の組み合わせならびに間隙充填性試験の結果を示す。

表-1 使用材料

セメント(C)	普通ポルトランドセメント 密度: 3.16(g/cm ³), 表面積: 3000(cm ² /g)		
細骨材(S)	石灰石砕砂	小粒径細骨材 (粒径1.2mm未満)	
	絶対密度: 2.54(g/cm ³)	大粒径細骨材 (粒径1.2~2.5mm)	
	吸水率: 1.50%		
高性能AE 減水剤(SP)	ポリカルボン酸エーテル系化合物		
増粘剤	ヒドロキシプロピルメチルセルロース		
消泡剤	ポリアルキレングリコール誘導体		

表-2 モルタルの配合

W/C	単位量(kg/m ³)				増粘剤 (C×%)	高性能 AE減水 剤(W ×%)	消泡剤 (C×%)
	W	C	S	<1.2mm 1.2mm ≤			
0.4	388	969	621	156	※	※	0.05

※は各配合により適宜、調整(表-4 参照)

表-3 試験項目

試験項目	評価指標	試験方法
粘度測定試験	塑性粘度(mPa·s)	JIS Z 8803
間隙充填性試験	二重円筒式 (鉛直方向)	間隙充填率(%)
	モデル型枠式 (水平方向)	到達時間(s), 圧力損失(Pa), 含有骨材率(%)
		別途記載

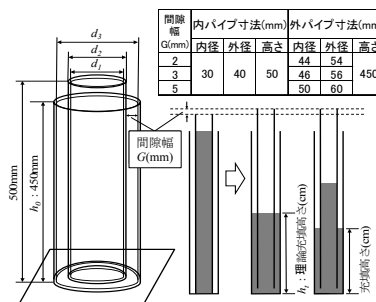


図-1 二重円筒式間隙充填性試験装置¹⁾

表-4 間隙充填性試験結果

	増粘剤 (W×%)	SP(C×%)	塑性粘度 (mPa·s)	充填率(%)			到達時間(s)			含有骨材率(%)			圧力損失(Pa)		
				2mm	3mm	5mm	2mm	3mm	5mm	2mm	3mm	5mm	2mm	3mm	5mm
No.1	0.10	1.20	2136	39.5	95.5	100.0	4.88	2.79	2.16	59.0	28.4	43.2	1526	376	397
No.2	0.30	1.90	3637	28.7	85.0	97.7	13.72	10.49	6.52	88.1	94.2	33.5	2530	1505	1024
No.3	0.45	2.20	4989	27.0	83.8	92.5	36.93	19.56	11.33	-	87.4	71.9	2954	2005	1477
No.4	0.45	2.00	5005	53.1	86.0	95.1	49.98	31.79	16.68	-	111.9	112.9	2978	2429	2091
No.5	0.15	1.00	3549	46.6	87.5	95.6	8.83	4.29	2.85	100.6	40.0	59.4	1911	714	462
No.6	0.10	1.00	2355	39.7	95.5	100.0	3.85	1.80	1.14	36.5	40.0	49.4	1113	357	378
No.7	0.10	0.70	2818	33.1	92.8	100.0	12.90	6.59	5.20	81.6	137.4	101.0	2809	1677	1384
No.8	0.08	0.70	3221	23.0	91.0	99.5	4.53	3.23	2.83	102.3	117.4	125.2	2327	1405	1069
No.9	0.05	0.50	3382	18.7	89.3	91.5	5.28	1.16	3.39	-	95.2	78.7	3058	2199	1613
No.10	0.01	0.50	3371	27.6	97.4	97.7	3.10	2.36	1.36	107.4	91.9	103.5	1843	1340	1194

3. 実験結果

3. 1 充填率と塑性粘度

図-3 に二重円筒式間隙充填試験における充填率と塑性粘度の関係を示す。図-3 より塑性粘度が大きくなる

キーワード 間隙充填モルタル, 塑性粘度, 充填性, 流動性, 材料分離抵抗性,

連絡先 〒192-0397 東京都八王子市南大沢 1-1 Tel 042-677-1111 (代表)

ほど充填率は低下している。充填率 90%を充填可能の基準とする¹⁾と、間隙幅 5mm ではいずれの試料もこの基準を満たす。間隙幅 3mm では塑性粘度 3000mPa・s 程度の試料であれば、概ねこの基準を満たす。なお、間隙幅 2mm の充填率に関しては塑性粘度にかかわらず低かった。これは使用材料の最大粒径が間隙幅よりも大きかったことにより、間隙に骨材が滞留し閉塞したためと考えられる。

3. 2 圧力損失と塑性粘度

図-4 に充填率とモデル型枠式間隙充填性試験による圧力損失の関係を示す。図-4 で得られた近似曲線の決定係数は低く、相関は弱い。しかし圧力損失(ヘッド差)が大きくなると、充填率は下がる傾向が認められる。間隙幅 3mm の場合、図-4 より圧力損失 1405Pa の試料 No.8 は充填率 91%、圧力損失 1505Pa の試料 No.2 が 85%となっており、充填可能な圧力損失の境界は 1500Pa 程度であることが分かる。図-5 に圧力損失と塑性粘度の関係を示す。図-4 と同様に決定係数は低い、塑性粘度が高くなるほど圧力損失は大きくなる傾向が認められた。図-5 より圧力損失 1405Pa の試料 No.8 は塑性粘度が 3220.8mPa・s(充填可能)、1505Pa の試料 No.2 が 3636.8mPa・s(充填不良)となっている。3.1 の充填率と塑性粘度の関係も踏まえ、本試験の結果では塑性粘度 3300mPa・s 以内であれば間隙幅 3mm 以上で充填できることが明らかになった。また、図-6 に増粘剤添加量と塑性粘度の関係を示す。塑性粘度 3300mPa・s 以内という条件を満たすためには増粘剤添加量を 0.10%以内にすることが必要である。なお、本試験による圧力損失と充填率および塑性粘度の関係の相関は弱く、他の要因も充填性に影響を及ぼしていることが考えられる。

3. 3 充填率と含有骨材率

図-7 に充填率と含有骨材率の関係を示す。含有骨材率が低く、充填率が高い試料群(A 群 No.1, 6)はペースト分の先流れが考えられ、材料分離抵抗性が低いと言える。含有骨材率 100%前後で充填率が低い試料群(B 群 No.2, 3, 4, 9)はモルタル中で骨材相互の干渉や摩擦が発生し、充填率が低下したと考えられる。含有骨材率が 100%前後で充填率も高い試料群(C 群 No.7, 8, 10)は流動性と材料分離抵抗性を有しており、塑性粘度は 2818~3371mPa・s であり、増粘剤添加量 0.10%以内で SP 添加量は 1.00%未満のものである。SP 添加過多は材料分離を助長することとなり、充填性に優れたモルタル製造には増粘剤添加量を 0.10%以内、SP 添加量を 1.00 未満にする必要があることが明らかになった。

4. まとめ

本研究で行った最大粒径 2.5mm の間隙充填モルタルの間隙充填性試験の結果、以下の知見が得られた。

- (1) 流動性と材料分離抵抗性を有するモルタルの塑性粘度は概ね 2800~3300mPa・s とするのが適当である。
- (2) 2800~3300mPa・s を満足するモルタル製造において、増粘剤添加量を 0.10%以内、SP 添加量を 1.00%未満に設定する必要がある。

参考文献

- 1) 尾原弘樹, 宇治公隆, 上野敦, 大野健太郎: 間隙幅を考慮した充填モルタルの最適充填条件に関する研究, コンクリート工学年次論文集, Vol.37, No.1, pp.1213-1218, 2015

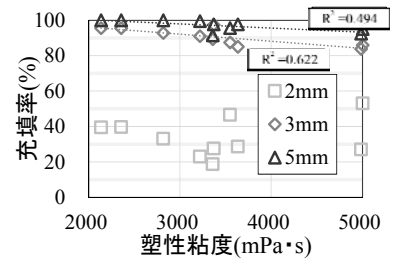


図-3 充填率と塑性粘度の関係

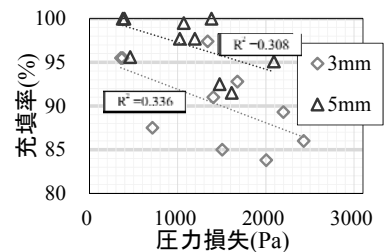


図-4 充填率と圧力損失の関係

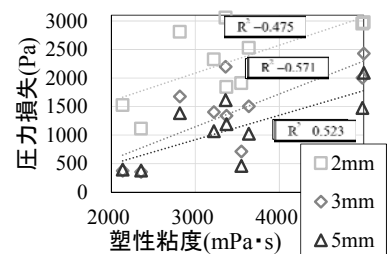


図-5 圧力損失と塑性粘度の関係

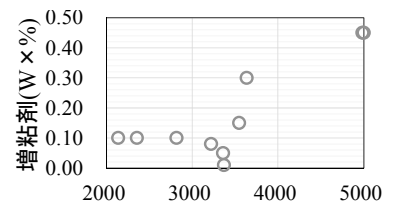


図-6 増粘剤添加量と塑性粘度の関係

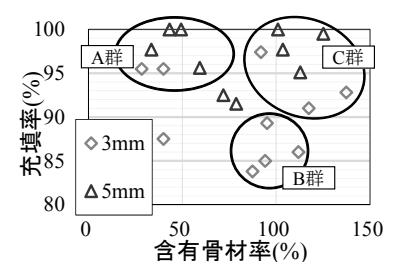


図-7 充填率と含有骨材率の関係