

補修用ポリマーセメントモルタルの耐火性評価に関する実験

その3 耐爆裂性の評価方法の検討

正会員	○鈴木 好幸*1	同	濱崎 仁*2	同	遊佐 秀逸*3	同	野口 貴文*4
	同 閑田 徹志*5	同	安田 正雪*6	同	小島 正朗*7	同	道越 真太郎*8
	同 野中 英*9	同	山田 人司*1				

ポリマーセメントモルタル	ポリマー量	爆裂
スクリーニング	TG-DTA	ピーク面積

1. はじめに

既報 1)および本報その1、その2では、補修材料として用いるポリマーセメントモルタル(以下、PCM)の大きな損傷や脱落がなければ、補修部材の耐火性が確保できることが確認されている。したがって、材料自体が過度の発熱や爆裂等の損傷を生じないことが補修材料に求められる要件となる。著者らはこれまでに、TG-DTA(示差熱-熱重量同時分析)や簡易爆裂評価試験によりPCMの耐爆裂性を評価できる可能性があることを報告した^{2),3)}。

本報その3ではPCMの耐爆裂性をできるだけ簡易に評価し、材料開発や補修材料の選定における一次的なスクリーニングとして適用できる耐爆裂性の評価試験の方法を確立するための検討を行った。

2. 実験概要

2.1 使用材料

使用材料はその1で示した市販のPCMと同種の試料に加え各メーカーが耐爆裂性向上のために改良を行った材料(試作品)も実験の対象とした。

2.2 試験方法

(1) 簡易爆裂評価試験

簡易爆裂評価試験は、文献²⁾で検討した結果を踏まえ、表-1に示す試験条件で実施した。ここで、電気炉内の温度条件(800℃)は、加熱実験において材料の爆裂が多く生じる時間帯(加熱開始後5分~25分程度)における耐火炉内の温度を考慮して決定した。また、試験体の内部拘束とは、剥落防止として使用しているSUS304製の平織金網を試験体中央部に縦方向に挿入したものである。

(2) TG-DTA

TG-DTAは文献³⁾と同様の測定装置および測定条件で実施した。結果の分析は、発熱ピーク面積および発熱温度範囲における質量減少率を評価指標とした。図-1にTG-DTAによる熱分析結果の一例とその解釈および評価指標について示す。

3. 結果および考察

3.1 簡易爆裂評価試験の結果

表-2に簡易爆裂試験、熱分析結果および壁試験体加熱実験における爆裂状況の一覧を示す。簡易爆裂評価試験における損傷の状況としては、爆裂による粉碎、割れ、

表-1 簡易爆裂評価試験条件

試験体	形状および寸法：φ50×100mmおよびφ50×50mm 内部拘束：拘束なしおよび一方方向の拘束
養生条件	打設~材齢2日：20℃・90%R.H.以上湿空養生脱型 材齢2日~7日：標準養生(表乾状態質量測定) 材齢7日~28日：空中乾燥(20℃・60%R.H.) →各調合の吸水率を測定(各調合3本ずつを105℃で乾燥) 以降、20℃~40℃に調整した恒温恒湿槽内で目標の含水率(5.0±0.5%)となるように含水率調整(含水率は材齢7日の質量および吸水率から推測)
試験条件	予め800℃に加熱した電気炉内に試験体を入れ20分間静置し、20分間経過後試験体を取り出し、爆裂や損傷の有無を目視により確認。 ※試験体が互いに接触せず、爆裂による影響を受けないように、試験体を網かご等により1体ごとに区分けて設置する。

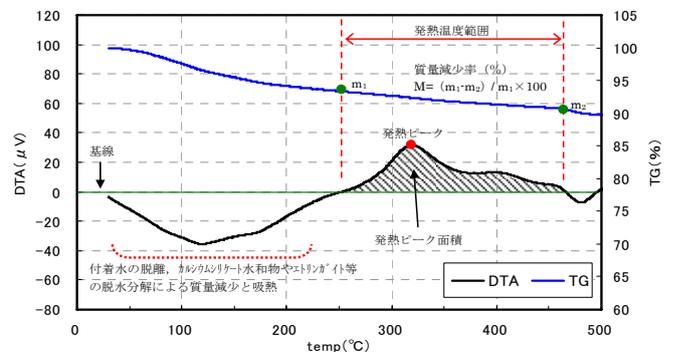


図-1 TG-DTA結果の一例と解釈および評価指標

折れおよび爆裂を伴わないひび割れ等が確認された。試験体の寸法の影響については大きな差異はないものの、100mmの方がより損傷が生じやすい傾向にあることが確認される。また、内部拘束の有無による影響は、内部拘束がある試験体の方がひび割れを生じやすい傾向にあり、拘束によってひび割れが生じやすくなることが確認される。ただし、壁試験体加熱実験における表層部のみの剥落・爆裂等の損傷状況(損傷状態II、III)との相関については今回の結果からは確認できなかった。

簡易爆裂評価試験の結果と壁試験体加熱実験の結果を比較した場合、壁試験体加熱実験で全面的な爆裂(損傷状態V)を生じた試料については、簡易爆裂試験でも、爆裂や折れ、割れ等の損傷が生じており、概ね再現できていると思われる。ただし、P4については簡易爆裂評価試験では爆裂等の大きな損傷が認められなかった。

3.2 TG-DTAの結果

図-2に発熱範囲の質量減少率と発熱ピーク面積の関係を示す。図には、比較用に“繊維無し”のPCMとして文献³⁾に示した既知調合のデータ(ただし、SBRは除く)も

表-2 試験結果一覧

記号	小型壁のPCM損傷状態φ30mm	簡易爆裂試験結果				TG-DTA熱分析試験結果	
		内部拘束なし		内部拘束あり		発熱範囲質量減少率(%)	発熱ピーク面積(°C・°C/mg)
		φ50-100	φ50-50	φ50-100	φ50-50		
P1	I	—	—	△	—	3.00	16.0
P2	IV	—	—	▲	△	2.77	4.8
P2-改良		—	—	—	—	3.00	5.3
P3	I	—	—	▲	—	2.88	7.1
P4	V	—	—	△	△	2.51	11.4
P4-改良		—	—	—	—	2.38	8.0
P5	V	○	—	—	—	3.06	14.1
P6	V	○	●	○△	—	3.20	14.7
P6-改良		—	—	▲	▲	4.31	18.5
P7	I	△	—	▲	▲	2.54	7.6
E1	II	—	—	▲	—	3.13	4.4
E2	III	—	—	—	—	2.98	8.7
E3	V	○	●	●	△	3.47	11.5
E3-改良		▲	—	▲	—	4.52	17.8
V1	V	●	○	○	○	2.99	6.8
V1-改良		○	—	○	○	1.49	2.2

簡易爆裂試験における記号の意味
 ●:2体とも爆裂・折れ・割れ等の大きな損傷, ○どちらか1体のみ爆裂・折れ・割れ等の大きな損傷
 ▲:2体ともひび割れ等の軽微な損傷, △:1体のみひび割れ等の軽微な損傷, —:損傷等なし
 ○:か○の損傷

合わせて示している。質量減少率と発熱ピーク面積には一定の関係があり、特に繊維が入っていない場合には強い相関が確認される。市販のPCMは繊維無しの場合に比べて質量減少率が大きくなる傾向にあり、それらは繊維などのセメント混和用のポリマー以外の焼失による質量減少などが要因と考えられる。

図-3 に耐爆裂性について改良を行った試料のみについて質量減少率と発熱ピーク面積の関係を示す。ここでは改良の内容についての詳細は確認していないが、改良の方向性には二通りの考え方があり、ポリマー量を減らして発熱量や燃焼によって発生するガスの量を減らそうというもの(P4 および V1) と、ポリマー量は減らさず繊維量を増やすなどの考え方によるもの(E3 および P6) があることが推測される。

3. 3 TG-DTA の結果と爆裂の有無の関係

図-4 に壁試験体加熱実験を行った試料のみの質量減少率と発熱ピーク面積の関係、図-5 に簡易爆裂試験を行った試料の質量減少率と発熱ピーク面積の関係を示す。図中、中実の記号は爆裂が生じた試料を表している。

TG-DTA の結果と爆裂の有無との関係は、VVA を混入した試料を除き、発熱ピーク面積が 10°C・°C/mg を超える範囲のものが爆裂を生じている。また、簡易爆裂試験において爆裂の生じなかった P4 試料についても、発熱ピーク面積は 10°C・°C/mg を超えている。質量減少率については、繊維の混入の影響などの理由により明瞭な傾向が確認できず、現時点では評価指標としての適用は難しいと思われる。VVA を混入した試料については、発熱ピーク面積が小さい場合でも簡易爆裂評価試験において爆裂を生じている。

以上のことから、爆裂の危険性を評価するスクリーニングの試験としては、EVA、PAE を混入した材料の場合

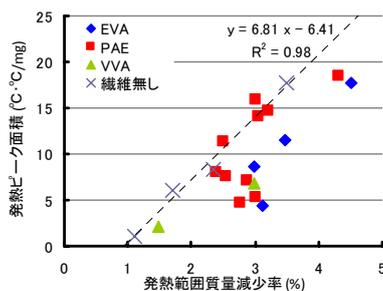


図-2 質量減少率と発熱ピーク面積の関係 (全データ)

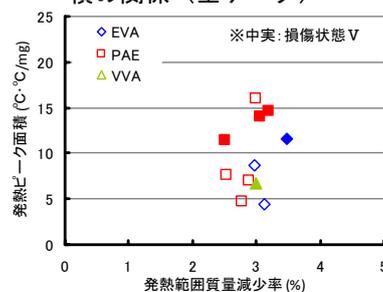


図-4 TG-DTA 結果と爆裂の有無の関係 (壁試験体加熱試験)

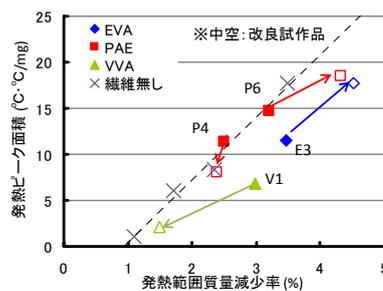


図-3 質量減少率と発熱ピーク面積の関係 (改良試作品)

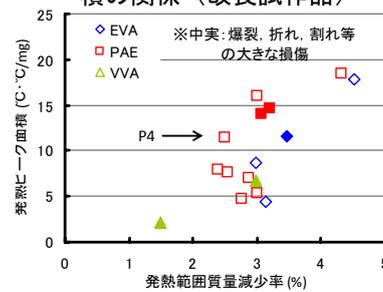


図-5 TG-DTA 結果と爆裂の有無の関係 (簡易爆裂評価試験)

は、TG-DTA 試験によって概ね 10°C・°C/mg 程度を閾値として、それより大きいものについては、爆裂の危険性をより詳細に検討することが望ましいと思われる。また、VVA の場合には簡易爆裂評価試験によるスクリーニングが有効である。また、いずれの評価方法についても、現時点では壁試験体加熱実験の損傷状況を完全に再現するには至っておらず、最終的な評価には、部材を模擬した試験体での確認が必要である。

4. まとめ

本実験より以下の知見が得られた。

- 1) 簡易爆裂評価試験により壁試験体加熱実験を概ね再現できていると思われる。
- 2) EVA、PAE のポリマーの場合は、TG-DTA 試験における発熱ピーク面積 10°C・°C/mg 程度を閾値として、爆裂の危険性が高くなる。
- 3) TG-DTA および簡易爆裂評価試験による評価方法は、材料選定や開発のための耐爆裂性のスクリーニング試験としては有効であると思われる。

謝辞

本報告は平成 22・23 年度国土交通省建築基準法整備促進事業「15.防火・避難対策等に関する実験的検討」における成果の一部をまとめたものである。共同研究先の(独)建築研究所ならびに本検討の実施にあたり組織したポリマーセメントモルタル検討委員会の関係者各位に厚く御礼申し上げます。

参考文献

- 1) 唐沢ほか: ポリマーセメントモルタルを用いて補修施工した壁試験体の耐火試験 (その 2)、日本建築学会大会学術講演梗概集、A-1、pp. 285-286、2011.8
- 2) 清水建設ほか: 防火・避難対策等に関する実験的検討 建築基準整備促進事業平成 22 年度報告書、pp.6-3~6-9、2011.3
- 3) 鈴木ほか: 補修用ポリマーセメントモルタルの耐久性および吸発熱特性に関する実験 (その 3)、日本建築学会大会学術講演梗概集、A-1、pp. 281-282、2011.8

*1 間組 *2 建築研究所 *3 ベターリビング
 *4 東京大学 *5 鹿島 *6 東洋建設
 *7 竹中工務店 *8 大成建設 *9 熊谷組

*1 HAZAMA CORPORATION *2 Building Research Institute *3 Center for Better Living
 *4 The University of Tokyo *5 KAJIMA CORPORATION *6 Toyo Construction
 *7 Takenaka Corporation *8 TAISEI Corporation *9 Kumagaigumi Co. Ltd