

断面修復工法の紹介 その2

■はじめに

前回に引き続き、連続繊維シート補強後の外観や品質を確保するために重要となる断面修復工法および断面修復材について紹介いたします。

■断面修復工法の分類

断面修復材を分類すると表1のようになり、添加されるポリマーの種類や量によって性能が異なります。結合材として主にセメントを使用するセメント系断面修復材（セメントモルタル、ポリマーセメントモルタル）と結合材にポリマーを使用する樹脂系断面修復材（ポリマーモルタル）があります。セメントの一部もしくは全部をポリマーに代替することで、一般的なセメントコンクリートの結合材であるセメント水和物の欠点を改善し、所要の強度、硬化速度、化学抵抗性等を得ることができます。

表1 断面修復材の種別

分類	種別	成分
セメント系断面修復材	セメントモルタル（セメントコンクリート）	普通セメント、特殊セメントあるいは混和材を使用したコンクリート、モルタル
	ポリマーセメントモルタル（ポリマーセメントコンクリート）	SBR系、PAE系、EVA系、防錆剤添加型等
樹脂系断面修復材	ポリマーモルタル（ポリマーコンクリート）	エポキシ樹脂モルタル、メチルメタクリレートモルタル等

3.1 セメント系断面修復材

セメント系断面修復材には、特殊セメントや混和材を使用したセメントモルタル、または、セメントモルタルにポリマー混和剤を混和して結合材とするポリマーセメントモルタルがありますが、一般的にはポリマーセメントモルタルを指すことが多いようです。ポリマーセメントモルタルは、ポリマーディスパージョンや再乳化型粉末樹脂などのポリマー混和剤をセメント質量に対して概ね5～30%の範囲で混和されたものをいい、一般的なセメントコンクリートに比べ、付着強度、曲げ強度、耐薬品性等の性能を向上させることができます。

ポリマーセメントモルタルは、ポリマーセメント比が高くなるほど弾性係数は小さく、圧縮強度に対する曲げ強度比や引張強度比、熱膨張係数、また、価格についても高くなる傾向にあります。また、耐火性を求められる部位においては、防火上の問題からポリマーセメント比4%以下、塗付け層厚さ20mm以下、補修範囲などの各種制限があります。

以上のように、セメント系断面修復材といってもポリマーセメントモルタルの場合はポリマーセメント比に応じて性能が大きく異なり、発注者によっては要求性能項目や品質確認のための試験方法等を指定する場合も多く、その際はそれらの要求に適した材料を選定することになります。

そのような要求がない場合は、(財)日本建築防災協会発行の「連続繊維補強材を用いた既存RC造およびSRC造建築物の耐震改修設計・施工指針」等の指針を参考に材料を選定しなければなりません。セメント系断面修復材の品質基準を表2に示しますので、品質規格値や目標性能等が明示されていない場合の参考にしてください。

表2 セメント系断面修復材の品質基準

試験項目	単位	基準値	試験方法
単位容積質量	kg/l	表示項目	JIS A 1171
だれ	下がり量	mm	5以下
	表面状態	—	ひび割れ発生がないこと
耐ひび割れ性	—	ひび割れがないこと	JIS A 6916
曲げ強さ	N/mm ²	5.0以上	JIS R 5201
圧縮強さ	N/mm ²	25.0以上	JIS R 5201
付着強さ	標準	N/mm ²	1.0以上
	耐久性		1.0以上
長さ変化	%	0.15以下	JIS A 6916

3.2 樹脂系断面修復材（ポリマーモルタル）

連続繊維補強を行う場合の断面修復材として使用されるエポキシ樹脂系モルタルやメタクリル酸メチル（MMA）樹脂系モルタルは、結合材の全部がポリマーに代替されており、その樹脂連続繊維補強を行う場合の断面修復材として使用されるエポキシ樹脂系モルタルやメタクリル酸メチル（MMA）樹脂系モルタルは、結合材の全部がポリマーに代替されており、その樹脂や硬化材の特徴が断面修復材としての性能に大きく関与します。これらポリマーモルタルは、その名称にモルタルという語が含まれますが、通常のセメントモルタルのようなセメントの水和反応に伴う硬化システムとは異なり、その結合は分子間の重合反応によって生じます。ポリマーモルタルに使用される液状レジンには主に不飽和ポリエステル樹脂が使用され、結合材として耐薬品性や耐水性を要求される場合はイソフタル酸系を、耐アルカリ性や耐熱性を要求される場合はビスフェノール系の不飽和ポリエステルが一般的に使用されます。

エポキシ樹脂やMMA樹脂も液状レジンとして用いられ、練り混ぜ時に硬化剤を加えて使用します。エポキシ樹脂系断面修復材は、硬化材によって特徴が大きく変わり、硬化剤の種類を変えることで、コンクリート用断面修復材、水中用接着剤、耐熱塗料等、様々な用途に使用できます。それに対し、MMA樹脂系断面修復材は、硬化材の特徴が硬化物にそれほど反映しません。また、MMA樹脂系はエポキシ樹脂系より速硬性、低温硬化性、耐候性に優れているという特徴があります。ポリマーセメントモルタル同様、発注者によっては要求性能項目や品質確認のための

試験方法等が指定されない場合もありますので、一般的な品質基準としてエポキシ樹脂系断面修復材およびメタクリル樹脂系断面修復材の品質基準を、それぞれ表3および表4に示します。参考にしてください。

3.3 セメント系断面修復材と樹脂系断面修復材の比較

セメント系および樹脂系断面修復材として一般的である、ポリマーセメントモルタル系断面修復材とエポキシ樹脂系断面修復材の特性比較を表5に示します。

対象とするコンクリートの劣化原因、環境条件から、断面修復材に要求される性能を考慮し材料の選定を行います。

■その他注意点

断面修復材の使用にあたり、主な注意点を以下に示します。

- ・セメント系断面修復材は硬化に時間を要するものが多いので、必要な養生期間を確保できるような工程計画とする必要があります。
- ・断面が著しく深い場合は、樹脂系断面修復材の使用は避け、コンクリートと同等以上の圧縮強度、圧縮弾性係数を持ち、厚付け可能な無収縮モルタルや無収縮グラウト材等のセメント系材料により補修を行います。
- ・樹脂系断面修復材を用いる場合には、断面修復用のプライマーを塗布する必要があります。
- ・樹脂系断面修復材料は、連続繊維シート含浸接着用樹脂との接着不具合が生じないように、原則として含浸接着用樹脂と同一の樹脂系材料を使用して下さい。

表3 エポキシ樹脂系断面修復材の品質基準

試験項目	単位	基準値		試験方法	
		一般用	低温用		
単位容積質量	kg/l	表示項目		JIS A 1171	
硬化時間	分	表示項目		温度上昇法	
だれ	-	形状に異常がなくだれが生じないこと		建設大臣官房官庁営繕部監修「建築改修工事監理指針」に規定される試験方法	
		曲げ強さ	N/mm ²		10.0 以上
圧縮強さ	N/mm ²	35.0 以上		JIS R 5201	
付着強さ	標準	N/mm ²	1.0 以上	JIS A 6916	
	低温		-		1.0 以上
	耐久性		1.0 以上		
硬化収縮率	%	3 以下		JIS A 6024	

表4 メタクリル樹脂系断面修復材の品質基準

試験項目	単位	基準値	試験方法	
単位容積質量	kg/l	表示項目	JIS A 1171	
硬化時間	分	表示項目	温度上昇法	
だれ	下がり量	mm	5 以下	建設大臣官房官庁営繕部監修「建築改修工事監理指針」に規定される試験方法
	表面状態	-	だれが生じないこと	
曲げ強さ	N/mm ²	10.0 以上	JIS R 5201	
圧縮強さ	N/mm ²	35.0 以上	JIS R 5201	
付着強さ	標準	N/mm ²	1.0 以上	JIS A 6916
	耐久性		1.0 以上	
硬化収縮率	%	5 以下	JIS A 6024	

表5 ポリマーセメントモルタル系断面修復材とエポキシ樹脂系断面修復材の特性比較

項目	ポリマーセメントモルタル系断面修復材	エポキシ樹脂系断面修復材 (ポリマーモルタル)
各種強度	一般的に、コンクリートと同程度であるが、ポリマーの種類や混入量によって異なるものもある。	一般的に、圧縮強度、引張/圧縮強度、曲げ/圧縮強度ともコンクリートより大きい。
弾性係数	一般的に、コンクリートと同程度であるが、ポリマーの種類や混入量によって異なるものもある。	一般的に、コンクリートよりやや小さく変形しやすい。
熱膨張係数	一般的に、コンクリートと同程度であるが、ポリマーの種類や混入量によって異なるものもある。	コンクリートより大きい。
耐火、耐熱性	応じ、適切な材料を選定する必要がある。	温度が高くなると軟化や変形が起こる。
耐候性	良好であるが、混和されるポリマーの種類によって若干異なる。	紫外線の影響を受ける場合がある。一般的に表面被覆材を併用する必要がある。
接着性 (付着性)	良好であるが、混和されるポリマーの種類によって若干異なる。	通常良好な接着性を示すが、低温時等施工条件によっては、性能が低下する。
施工性	湿潤面の施工が可能。取り扱いは容易で左官・充てん・吹付け施工が可能。大断面の施工にも適している。	従来、湿潤面への施工は接着性の面から困難であったが、湿潤面施工用のエポキシ樹脂が開発され、湿潤面への施工も可能。施工方法は左官施工に限定される。また、取り扱いに関しては、エポキシ系のため、施工時の換気等に注意を要する。
強度発現性	普通、早強、速硬とセメントのタイプにより数時間～数日と幅広い強度発現速度範囲がある。	一般的に早く、硬化剤の種類により硬化速度を調整できる。ただし、温度依存性が大きく低温時に硬化しにくいものもある。

■おわりに

断面修復工法および断面修復材について2回にわたって概観しました。連続繊維補強に用いられるセメント系、エポキシ樹脂系、MMA樹脂系の断面修復材は、すでに多くの利用実績を有し、多数の商品の中から選定することができます。要求性能を満足させるうえで、適切な補修工法と材料の選定は特に重要となることから、本稿では断面修復に関する基礎的な事項を紹介しました。本稿が少しでもお役にたてば幸いです。

なお、本編は、(株)コンステック寺島辰郁様に多大な協力をいただきました。紙面をお借りして謝意を表します。

[参考資料]

- 平成11年3月発行 (社)建築研究振興協会 炭素繊維シートによる建築構造物の耐震補強・補修工法の検討(その3)
- 平成11年6月23日 (社)建築研究振興協会 連続繊維シート補強工事の材料と工法
- 平成23年9月発行 (社)セメント協会 すぐに役立つセメント系補修・補強材料の基礎知識