

(V-11) 各種結合材を用いたモルタルと炭素繊維シートとの付着界面性状に関する実験的検討

東京工業大学大学院 学生員 松井孝治
東京工業大学大学院 正会員 大即信明
東京工業大学大学院 正会員 宮里心一

1. はじめに

炭素繊維シートは施工性に優れており、それ自体の材料特性が高強度・軽量である。そのため、炭素繊維シートを用いたコンクリートの補強工法は効果的である。一般的に、炭素繊維シートによるコンクリートの補強は、樹脂を用いて炭素繊維シートをコンクリートに接着させ、コンクリートと一体化させることにより行うものである。その付着性状が補強効果に及ぼす影響は大きく、炭素繊維シートとコンクリートとの付着強度に関する研究は多数行われている。しかしながら、炭素繊維シートとコンクリート間の付着界面性状について検討した例は少ない。そこで本研究では、各種結合材を用いたモルタルと炭素繊維シートとの付着界面基礎性状を把握するため、実験的に検討を行った。

2. 実験概要

2.1 供試体概要

結合材の物理的特性を表1に示す。配合について表2に示す。モルタル供試体(4×4×16cm)はJIS R 5201セメント強さ試験に準じて作製し、水中で28日間養生した。炭素繊維シート(引張強度=3.0(GPa))、モルタル下部(供試体 α)、及び前述の供試体を2分割した4×4×8(cm)のモルタル間(供試体 β)に貼り付けた(図1)。

2.2 炭素繊維シートの貼り付け方法

養生後、炭素繊維シートが貼付けられるモルタル表面のレイタンスを、グラインダーを用いて除去した。除去面に対して、プライマー 250(g/m²)、パテ 400(g/m²)の順に塗布し、それぞれ20℃で1日間乾燥養生を行った。その後、樹脂 400(g/m²)を塗布し、炭素繊維シートを貼り付け、さらに樹脂を200(g/m²)塗布し、20℃で10日間乾燥養生を行った。

2.3 実験項目及び実験概要

炭素繊維シートとモルタルとの付着界面の、①微小構造、②硬さ、③炭素質量比について検討を行うために、供試体 α を用いて以下の実験を行った。①では、SEM観察を行った。②では、ビッカース硬さ試験を行った。試験体は、炭素繊維シートとモルタルの付着部分を1(cm)程度の角柱に切り出し、測定面を研磨した(写真1)。その後、プライマー層とモルタル付着界面から、50、100、150、200、250、300(μ m)の距離におけるモルタル部のビッカース硬さ(A)を測定した。

表1 各種結合材の物理的性質

結合材の種類	略称	密度(g/cm ³)	比表面積(cm ² /g)
普通ポルトランドセメント	OPC	3.15	3270
フライアッシュ	FA	2.24	3680
高炉スラグ微粉末	BFS	2.80	4010
石灰石微粉末	LS	2.70	4000

表2 モルタルの配合

結合材の種類	セメント	水	砂	混和材
OPC	450	225	1350	0
FA+OPC	315	225	1350	135
BFS+OPC	270	225	1350	180
LS+OPC	315	225	1350	135

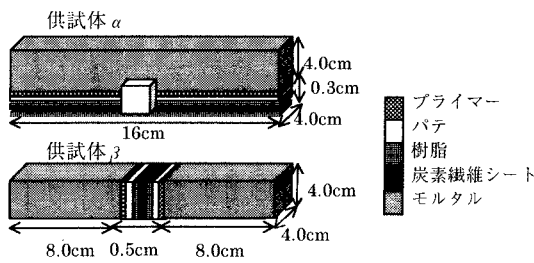


図1 供試体概要

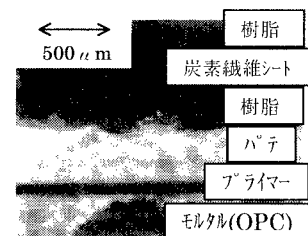


写真1 ビッカース硬さ試験体概要(図1供試体 α 中の開い部分を採取)

キーワード：炭素繊維シート 各種結合材 付着界面

〒152-8552 東京都目黒区大岡山 2-12-1 東京工業大学工学部 大即研究室 TEL:03-5734-2594 FAX:03-5734-2585

比較のため、炭素繊維シートを張り付けない場合について、同様の距離におけるビッカース硬さ(B)を測定した。AをBで除した値(以下、ビッカース硬さ比)を求め、各種結合材について比較検討した。③では、エネルギー分散型X線分析装置を用いて、モルタル中に含まれる炭素原子の質量の測定を行った。ここでは、付着界面から100、100~200、200~300(μm)の範囲に分けて、炭素繊維シートを張り付けたモルタル中の炭素原子質量(C)、及び炭素繊維シートを張り付けないモルタル中の炭素原子質量(D)を測定した。CをDで除した値(以下、炭素質量比)を求め、各種結合材について比較検討した。なお、プライマーの主成分は炭素原子(表3)であることから、炭素質量比が大きいほど、プライマーがモルタル内部に浸透していると考えられる。また、炭素繊維シートを貼付けたモルタルの破断面の様子について観察するため、供試体 β を用いて4点曲げ試験(3等分点荷重、スパン33(mm))を行った。

3 実験結果及び考察

3.1 SEM観察結果

写真2に、炭素繊維シートとモルタル間の付着界面のSEM観察結果を示す。各種結合材を用いた全てのモルタル中において、針状結晶が確認された。この結晶は、モルタル供試体内部にプライマーが浸透したことによって生成されたものであると考えられる。

3.2 ビッカース硬さ試験結果

図2に、結合材の種類とビッカース硬さ比の関係を示す。この図によると、ビッカース硬さ比は1以上で、付着界面に近いほどビッカース硬さ比が増加することがわかる。このことは、プライマーが浸透することにより、モルタル供試体内部が緻密化されて、ビッカース硬さが大きくなったためであると考えられる。

3.3 エネルギー分散型X線分析結果

図3に、結合材の種類と炭素質量比の関係を示す。この図によると、炭素質量比は1以上で、付着界面に近いほどその値が大きくなる。このことは、炭素原子が主成分であるプライマーがモルタル供試体内部に浸透したためであると考えられる。

3.4 曲げ試験によるモルタルの破断面の観察結果

写真3に、供試体の破断面の様子を示す。全ての供試体においてモルタル部分で破断していた。このことから、モルタル(OPCの曲げ強度=6.9(MPa))と比較して、炭素繊維シートとモルタルの付着界面の曲げ強度は大きかったといえる。

4. まとめ

本実験では、各種結合材(普通ポルトランドセメント・フライアッシュ・高炉スラグ微粉末・石灰石微粉末)を用いたモルタルと炭素繊維シートとの付着界面性状に関して実験的検討を行った。その結果、プライマーは何れのモルタルにおいても内部に約200(μm)浸透しており、炭素繊維シートとモルタルの曲げに対する付着性能は良好であることがわかった。

【謝辞】この研究の一部は、文部省科学研究費補助金113550200(代表者：町田篤彦)の一環で行ったものであることを記し、謝意を表する。

表3 プライマーの元素分析結果

元素	質量(%)
炭素	68.2
酸素	29.2
その他	2.6



写真2 SEM観察結果(OPC) プライマー層から約200(μm)離れた箇所

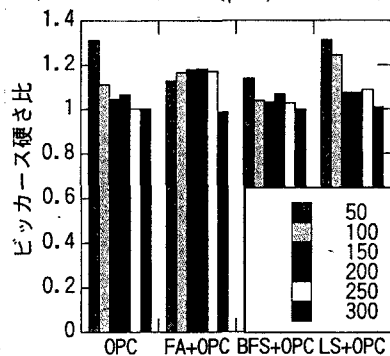


図2 結合材の種類とビッカース硬さ比

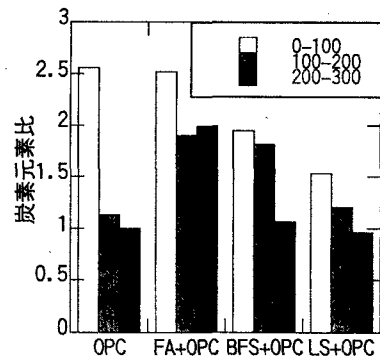


図3 結合材の種類と炭素質量比

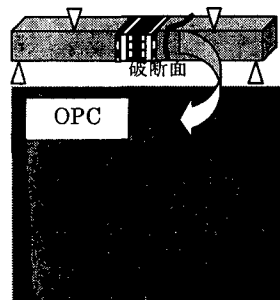


写真3 供試体破断面の様子