

炭素繊維補強モルタルに対する細骨材最大寸法、混和材および蒸気養生の影響

徳島大学工学部 正会員 河野 清
宇 部 興 産 正会員○千谷 孝之
大阪セメント 正会員 松村也寸志

1. まえがき

近年、新素材として炭素繊維が開発され、モルタル・コンクリートへの利用が注目されている。短繊維として炭素繊維を利用する場合、繊維長が短くなるので、モルタルへの利用が適している。

モルタル製品として使用する場合、練り混ぜの際の炭素繊維の分散とワーカビリティが問題となるが、これらを改善するために昨年の研究¹⁾では、メチルセルロースが有効であることを報告した。製品化を進めるための基礎的資料を得ることを目的として、所定のワーカビリティを確保するためのフロー値と空気量を考慮して、細骨材の最大寸法、混和材の種類と代替率および蒸気養生の際の最高温度が炭素繊維補強モルタルの曲げ強度および圧縮強度に及ぼす影響を調査、検討した。

2. 実験概要

実験で使用した材料は表-1に示す。所要のワーカビリティを得るためのモルタルのフロー値200、空気量3%を基準として、水結合材比 70%、メチルセルロース、消泡剤の添加率をそれぞれ 0.3%、0.08% またナフタリン系の高性能減水剤を1.8%加えた。この時、結合材砂比は経済性を考え0.5 すなわち 1:2モルタルとし、次の3シリーズの実験を行った。

表-1 実験に使用した材料

名 称	諸 元
普通ボルトランドセメント	比重3.15, 比表面積 0.311m ² /g
細骨材	川 砂 比重2.60, F.M 2.81
混和材	シリカ微粉末 比重2.27, 比表面積 12m ² /g
	シリカフューム 比重2.95, 比表面積 20m ² /g
	高炉スラグ微粉末 比重2.90, 比表面積 0.798m ² /g
混和剤	高性能減水剤, メチルセルロース, 消泡剤
炭素繊維	比重1.60, 繊維長10mm, 引張強度800MPa

実験Ⅰ；細骨材の最大寸法を5、2.5、1.2および0.6mmとし、(a)配合一定でフロー値を変えた場合、(b)フロー値一定で水結合材比を変えた場合について曲げ強度および圧縮強度を調べた。(a)ではフロー値はそれぞれ195、186、178および170であり、(b)ではそれぞれの水結合材比は、70%、75%、80%および85%となった。

実験Ⅱ；混和材の種類と代替率の影響について調べた。シリカ微粉末(SiO₂A)、シリカフューム(SF)の代替率を10、15%、そして高炉スラグ微粉末(BFS)の代替率を30、50%として 材令28日と91日の曲げ強度および圧縮強度を調べた。

実験Ⅲ；実験Ⅰ、Ⅱで決まった配合を用いて、蒸気養生(最高温度 50、65および 80℃)と比較のために標準養生を行い、炭素繊維補強モルタルの曲げ強度および圧縮強度を調べた。

モルタルの練り混ぜには、容量が 7%の大型のモルタルミキサーを用いた。フロー試験および強度試験は、JIS R 5201“セメントの物理試験方法”に従って行った。

供試体は材令 1日で脱型し、以後強度試験の材令 14、28日および91日まで20±2℃の水中養生を行った。また蒸気養生は、蒸気養生槽を用い、3 時間の前養生をとった後、3時間で最高温度まで上昇させ、3時間等温養生を行い、翌日まで除冷した。蒸気養生後は、20±2℃の水中養生を行い、材令3日、14日および28日で曲げ強度および圧縮強度試験を行った。

3. 実験結果と考察

(1)細骨材の最大寸法の影響；配合一定の場合(実験Ⅰ (a))の曲げ強度および圧縮強度の結果を示した図-1および図-2に見られるように、最大寸法が大きくなるにつれて強度が低下する傾向がある。0.6 mmの場合の曲げ強度が特に大きいのは、骨材の細かいものが繊維と繊維の間に入り、繊維の分散に役立つ

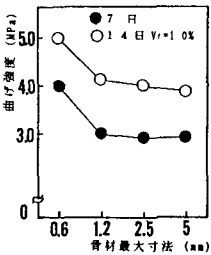


図-1 配合一定の場合の曲げ強度

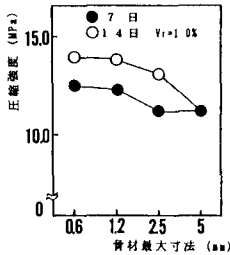


図-2 配合一定の場合の圧縮強度

つこと、またひび割れの伝達が骨材粒の小さいものほど遅いことが考えられる。一方、フロー値を一定にするために水結合材比を増加していった場合(実験Ⅰ(b))の曲げ強度および圧縮強度を図-3 および図-4に示す。細骨材最大寸法が大きくなると、水結合材比が小さくなるので、曲げ強度がやや増加する傾向があり、圧縮強度ではこの傾向はさらに顕著になる。最大寸法が小さいほど繊維の分散に有効であるが、所定のフロー値を得るために水結合材比を高くしすぎるのは耐久性上好ましくないことも考慮して、Ⅱ、Ⅲの実験では、5 mmの細骨材を使用した。

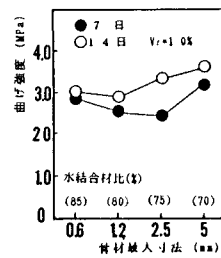


図-3 フロー値一定の場合の曲げ強度

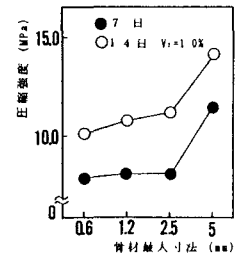


図-4 フロー値一定の場合の圧縮強度

(2) 混和材の種類と代替率の影響；3種の混和材を用いた場合の曲げ強度および圧縮強度をそれぞれ図-5および図-6に示す。高炉スラグ微粉末は、材令28日までの強度は大きくなるが、材令28日から91日への伸びが悪く、材令91日の曲げ強度はシリカフュームやシリカ微粉末が大であり、長期材令におけるポズラン反応の効果を示している。この時曲げ強度では、シリカ微粉末やシリカフュームは代替率15%より10%のほうが多少良い結果が得られている。

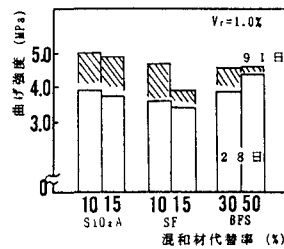


図-5 混和材代替率と曲げ強度

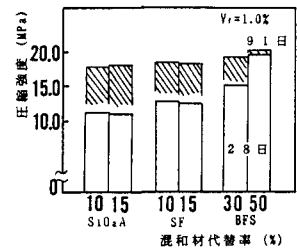


図-6 混和材代替率と圧縮強度

(3) 蒸気養生の際の最高温度の影響；実験Ⅲで得られた各材令における曲げ強度および圧縮強度を図-7および図-8に示す。最高温度80℃の場合が材令3日においては高い値を示しているが、その後の強度の伸びは各最高温度の中で、最も低い。これは、蒸気養生温度をあまり高温に上げると初期材令の水和は促進されるが、高温で早く生成される水和物のセメント粒子の表層の皮膜が、長期材令への水進行を阻害するためといわれている。65℃養生の場合、材令28日までの各材令における強度発現が50℃の場合より良好であり、曲げ、圧縮とも高い強度が得られており、炭素繊維補強モルタルの場合もコンクリート製品のJIS規格にみられる最高温度65℃の蒸気養生が適当であるといえる。

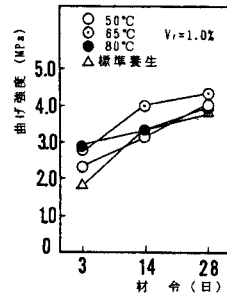


図-7 蒸気養生の際の養生温度と曲げ強度

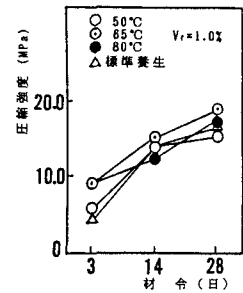


図-8 蒸気養生の際の養生温度と圧縮強度

4. まとめ

炭素繊維補強モルタルは、配合一定では粒度の細かい細骨材が強度が高くなるが、フロー値が低下するので、所定のフロー値を確保し、水結合材比をできるだけ小さくするには、粗目の細骨材を用いるのがよい。混和材においては28日材令では高炉スラグ微粉末が有効で、長期材令では、シリカ微粉末やシリカフュームの使用が効果的である。また蒸気養生を行う場合、最高温度は65℃が適当である。

なお、炭素繊維を提供して頂いた住友金属工業(株)に感謝の意を表します。

【参考文献】1)河野・千谷・須田；炭素繊維補強モルタルの強度の及ぼす配合要因の影響；土木学会中国四国支部平成元年度学術講演会講演概要集 1989, pp.464~465。