

養生温度に着目した混和材混入モルタルの収縮ひび割れ抵抗性の検討

埼玉大学 学生会員 ○辻 貴大
 埼玉大学 正会員 浅本 晋吾
 埼玉大学 正会員 牧 剛史
 (財) 電力中央研究所 正会員 蔵重 勲
 鹿島建設 正会員 加藤 優典

1. はじめに

産業廃棄物である高炉スラグ微粉末(以下、BS)、フライアッシュ(以下、FA)をコンクリート混和材として積極的に利用することが循環型社会の観点から求められている。本研究では、若材齢時の温度の履歴に着目し、混和材混入モルタルの乾燥収縮特性、およびひび割れ抵抗性について検討を行った。

2. 実験方法

JCI の研究委員会によって、コンクリートの収縮ひび割れ抵抗性を検討する試験方法が提案されている¹⁾。本研究では、その試験方法を参考に、断面および供試体長を大幅に縮小し、モルタルの収縮ひび割れを意図した区間に効果的に導入する方法を検討した。

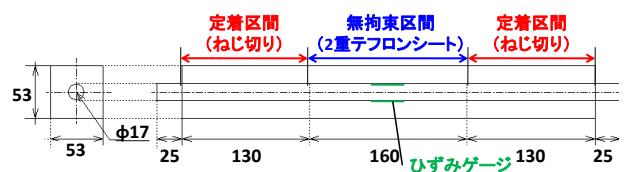


図-1 拘束供試体概要(単位:mm)

53*53*420mmの小型角柱供試体の中心に、端部にねじ切りを設けたφ17mmのPC鋼棒を埋設した。ねじ切りのない供試体中央160mmはテフロンシートを巻きつけ無拘束区間とし、ねじ切りのある両端部130mmをモルタルとの定着区間とした(図-1)。配合は、水粉体比50%、細骨材体積率40%のモルタルで、セメントの代わりにBSを30%(BS30)、FAを20%置換したもの(FA20)、および混和材無混入(OPC)の3種類とした。材齢1日で脱型、7日まで温度20℃もしくは60℃で水中養生し、その後恒温恒湿槽にて温度20℃、相対湿度60%で乾燥させた。収縮ひび割れを意図した区間内に発生させるため、中央120mmの2側面のみを乾燥させ、その他無拘束区間の一部と定着区間の全ての面は封緘し、無拘束区間の中央の乾燥が卓越するように工夫した。乾燥開始より、供試体のPC鋼棒中央のひずみを計測することで、収縮拘束によってモルタル断面に作用する引張応力を算出した。また、同一断面積で拘束供試体と同じ乾燥境界の無拘束の供試体で乾燥収縮を同時に計測した。乾燥収縮ひずみの絶対値からPC鋼棒ひずみの絶対値を差し引いたものを引張応力によってもたらさせる引張ひずみとし、それから供試体に作用する引張の弾性ひずみを引いた値をクリープひずみとした。引張弾性ひずみはPC鋼棒から得られる引張応力をヤング率で除することで求め、ヤング率は、同配合、養生条件で作製した50*100mmの円柱供試体を20℃湿度60%環境で乾燥し、乾燥1、3、7、14、21日で圧縮試験を行い、各結果を線形補間することで時系列のデータを求めた。収縮ひび割れの発生は、PC鋼棒のひずみがひび割れ発生によって大きく低下したときを発生時点とみなし、目視でも確認を行った。

3. 実験結果および考察

(1) 乾燥収縮試験

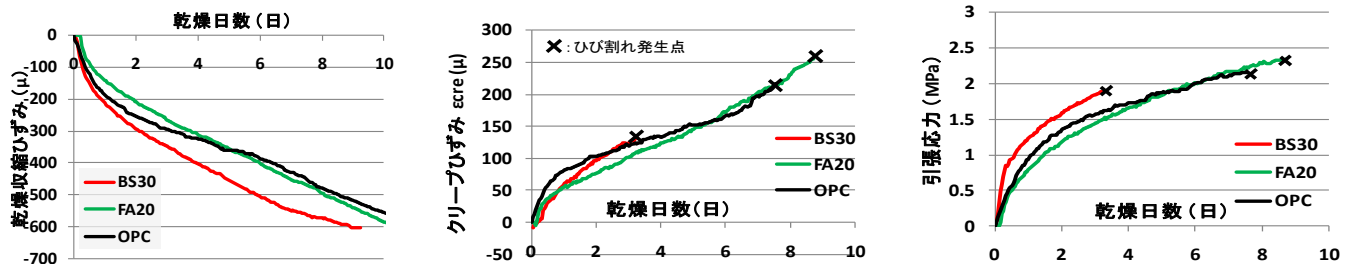
図-2、3(左)に示すように、配合によらず、高温養生を施すと常温養生に比べ乾燥収縮が小さくなった。これは、高温養生により水和反応が促進され剛性が増加したためと考えられる。OPC、BS30に比べ、FA20の方が高温養生による乾燥収縮の低下率が大きいことから、FAを混入した場合、温度に対する反応の敏感性が高く、高温では剛性の増進が大きいと推察される。また、BSを添加すると収縮が大きくなる傾向が表れた。

(2) ひび割れ発生材齢と引張クリープ

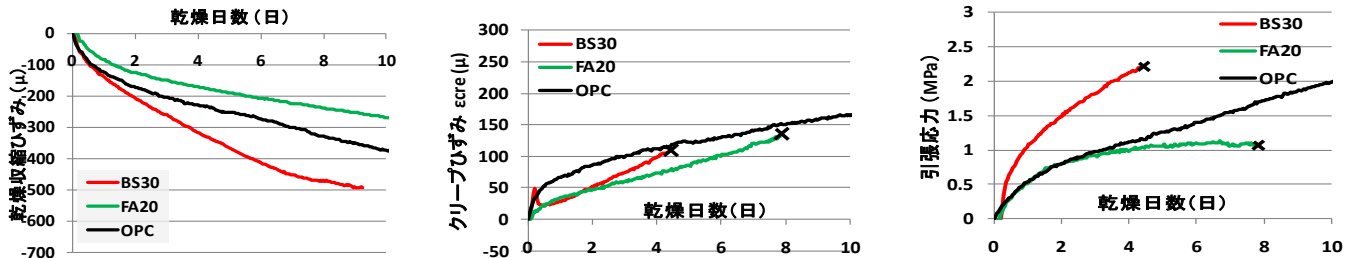
収縮ひび割れはいずれも無定着区間中央付近に発生し、中央120mm以外の封緘の効果があることが認められた。

キーワード 高炉スラグ微粉末、フライアッシュ、乾燥収縮、引張クリープ、ひび割れ抵抗性

連絡先 〒338-8570 埼玉県さいたま市桜区下大久保 埼玉大学大学院 理工学研究科建設材料工学研究室



図—2 20℃養生 20℃乾燥での乾燥収縮(左)、クリープひずみ(中央)、作用する引張応力(右)



図—3 60℃養生 20℃乾燥での乾燥収縮(左)、クリープひずみ(中央)、作用する引張応力(右)

乾燥開始後、供試体には乾燥収縮の進行に伴い引張応力が漸増的に作用し、引張クリープが発生する。これにより供試体に作用する拘束応力が緩和され、ひび割れ抵抗性が高まると考えられる。以上のことから、収縮ひび割れ発生までのクリープひずみ、および作用した引張応力の観点から、以下考察する。

常温養生の後、各配合のひび割れ発生までの時間を比較すると、FA20、OPC、BS30の順でひび割れが発生するまでの時間が長くなった(図—2 中央、右)。BS30は3配合間で乾燥収縮が最も大きく、図—2に示されるように、供試体に大きな引張応力が作用しているが、クリープは最も小さくなった。従って、BS30は収縮によって生じる引張応力をさほど緩和できず、最も早く引張応力が引張強度に達し、ひび割れが生じたと考えられる。FA20はOPCとほぼ同様な挙動を示したが、乾燥日数の経過に伴いクリープひずみがOPCより若干大きくなっているため、その分拘束応力を緩和し、ひび割れ発生材齢が長くなったと推察される。

次に、高温養生を施した場合の各配合のひび割れ発生について比較する(図—3)。ひび割れ発生までの時間は、OPC、FA20、BS30の順で長くなり、OPCに関しては、乾燥26日でもひび割れが確認されなかった。本養生条件では、高温によって促進されたOPCの引張強度が全配合間で最も大きく、26日程度の乾燥では収縮拘束応力が引張強度まで達さなかったと考えられる。BS30は常温養生と同様、乾燥収縮が大きく、クリープが小さいため供試体の拘束応力を緩和できず、最も早くひび割れが発生したと判断される。一方、FA20は、図—3右に示されるように、引張応力が小さいにも関わらず、収縮ひび割れが発生した。これは、モルタル表面の収縮が内部の拘束によって目視できない微細ひび割れが発生したためだと考えられる。実際、マイクロスコープで観察したところ、FA20のみ微細ひび割れが確認された。FA20は、乾燥収縮試験の結果より高温養生による水和反応の促進が大きく、空隙の緻密化が進むと考えられる。この空隙の緻密化は、供試体内部の乾燥を遅延させる。乾燥により大きく収縮する表面が、乾燥せず収縮の小さい内部の拘束を受けることで、微細ひび割れを発生させると推察される。FAを混入した供試体は、高温養生により微細ひび割れが入りやすくなり、それらが引張強度を低下させたために、常温養生より早くひび割れが発生したと考えられる。

4. 結論

本研究で得られた知見を以下に示す。

- 1) 混和材は温度感受性を有し、乾燥収縮の減少率からFAが最も反応が敏感である。
- 2) 高温養生を施した場合、FA混入の供試体は、常温養生より収縮が低減するものの、ひび割れ発生は早くなる。
- 3) 高温の養生によって、SGを混入すると引張クリープが大きく低下し、FAは微細ひび割れが発生し、収縮ひび割れ発生を高める可能性があることが分かった。

参考文献

- 1) 谷村充、片柳学:収縮ひび割れ試験法の検討、日本コンクリート工学協会、混和材料から見た収縮ひび割れ低減と耐久性改善研究委員会報告書、pp199-212