

コンクリート温度 35℃を超えた場合におけるスランプ保持型混和剤が打重ね面に及ぼす影響

鹿島建設(株) 正会員 ○芦澤良一 大橋雅恵 柳井修司 フェロー会員 渡邊賢三
横浜国立大学 正会員 細田 暁 学生会員 森 陽香
ポゾリスソリューションズ(株) 正会員 菅俣 匠 小泉信一 阿合延明
国際企業(株) 正会員 筒井達也

1. はじめに

夏期の気温上昇に伴い、荷卸し時のコンクリート温度が 35℃近くになる事例が散見される。圧送による場内運搬などを考慮すると打込み時のコンクリート温度が 35℃を超える恐れがあり、コールドジョイントをはじめとする不具合の生じる危険性が高まっている。一方で、最近では従来の化学混和剤よりもスランプ保持性が高く、適切な凝結遅延性を有する混和剤（以下、スランプ保持型混和剤と称する）が開発されている¹⁾。本報では、土木学会コンクリート標準示方書[施工編]²⁾に示される外気温 25℃を超える暑中コンクリートの標準的な施工時間の上限（練混ぜから打終わりまでの時間: 1.5 時間以内、許容打重ね時間間隔: 2.0 時間以内）に対して、コンクリート温度が 35℃を超えた場合におけるスランプ保持型混和剤の使用が打重ね面の状態に及ぼす影響を確認した。

2. 実験概要

表-1 に使用材料、表-2 にコンクリートの配合を示す。コンクリートは、普通ポルトランドセメントを用いた水セメント比 53.0%で、一般的な AE 減水剤の遅延形を使用したケース（以下、一般配合と称する）およびスランプ保持型混和剤を使用したケース（以下、スランプ保持配合と称する）とした。いずれも、荷卸しの目標スランプを 12±2.5cm、目標空気量を 4.5±1.5%とし、レディーミクストコンクリート工場で製造してトラックアジテータで運搬した。なお、コンクリート温度を 35℃以上とするため、練混ぜ水を加温した。

外気温が 25℃以上で、直射日光が作用する屋外において、図-1 に示す幅 500mm×高さ 900mm×長さ 1,800mm の型枠に高さ 450mm までトラックアジテータのシュートからコンクリートを打ち込んだ。打込みに際しては、トラックアジテータを待機させ、コンクリートの練混ぜから打終わりまでが 1.5 時間となるようにした。その後、打込み終了から約 2.0 時間が経過した時点で、試験体中央の上面にφ40mm のバイブレータで再振動を与えて振動範囲を確認した。また、打重ね面の凝結特性を把握するため、ウェットスクリーニングしたモルタルを詰めた凝結試験容器を試験体上面に設置し、直射日光や風に直接曝される環境で JIS A 1147 に則したプロクター貫入抵抗試験を行った。さらに、簡易的な貫入試験として、試験体上面を対象に N 式貫入試験と T 式貫入試験を行った。N 式貫入試験は、JIS A 1101 に用いられる突き棒を高さ 750mm から落下させて貫入量を測定した。T 式貫入試験は、N 式貫入試験と同一の突き棒を人力で貫入し、その貫入量の経時変化を測定した。突き棒はφ16mm×L550mm、質量 860g である。

表-1 使用材料

材料	記号	摘要
水	W	地下水，密度 1.00 g/cm ³
セメント	C	普通ポルトランドセメント，密度 3.16g/cm ³
細骨材	S1	砕砂，表乾密度 2.63 g/cm ³ ，粗粒率 2.95
	S2	山砂，表乾密度 2.60 g/cm ³ ，粗粒率 1.60
	S3	石灰砕砂，表乾密度 2.69 g/cm ³ ，粗粒率 2.90
粗骨材	G	碎石，表乾密度 2.71 g/cm ³ ，実積率 59.5%
混和剤	AD1	AE 減水剤遅延形/高機能タイプ ¹⁾ （一般配合） リガニソルホン酸化合物とポリカルボン酸エーテルの複合体
	AD2	AE 減水剤遅延形超保持型高機能タイプ ²⁾ （スランプ保持配合） リガニソルホン酸化合物とポリカルボン酸エーテルの複合体

表-2 コンクリートの配合 (27 12 20N)

W/C (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m ³)						
		W	C	S1	S2	S3	G	AD1・2
53.0	46.0	170	321	415	166	248	1000	3.69

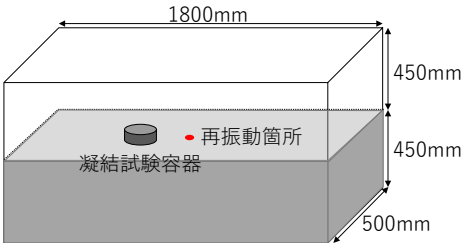


図-1 型枠の概要

キーワード 暑中コンクリート，酷暑期，スランプ保持型混和剤，打重ね，コールドジョイント
連絡先 〒182-0036 東京都調布市飛田給 2-19-1 鹿島建設(株)技術研究所 TEL 042-485-1111

3. 実験結果

実験中の外気温は $32\sim 36^{\circ}\text{C}$ であった。コンクリート温度は出荷時には 35°C をわずかに下回ったが、一般配合では 120 分以降、スランプ保持配合では 90 分以降に 35°C を超えた。なお、本実験の経過時間は、トラックアジテータ 1 車あたり 2 バッチの積込みにおいて 1 バッチ目と 2 バッチ目の出荷伝票に記載される時刻の中間を練混ぜ開始 (0 分) とした。図-2 にスランプの経時変化を示す。一般配合のスランプは 90 分後に管理幅の下限 (9.5cm) 付近まで低下し、120 分で下回った。一方、スランプ保持配合のスランプは、150 分以上管理幅内を保持した。

打込み終了から 2.0 時間 (練混ぜから 3.5 時間) が経過した時点の試験体上面は、一般配合ではバイブレータ ($\phi 40\text{mm}$) の挿入が可能であったものの、加振しても振動範囲は半径 6cm 程度であり、写真-1 のようにバイブレータの引抜き後には挿入跡が残った。一方、スランプ保持配合では加振により周囲が液状化し、振動範囲は半径 20cm 程度であったことに加え、バイブレータ引抜き後の挿入跡も認められなかった。ただし、既往の知見³⁾では、スランプ 12cm のコンクリートを $\phi 40\text{mm}$ のバイブレータで締め固めた場合の振動範囲は半径 $30\sim 40\text{cm}$ 程度であることが示されており、スランプ保持型混和剤を用いた場合でも、これよりは小さい半径となった。このため、暑中コンクリートで打重ね時間間隔が長くなる場合には締固めの間隔を狭めるなど施工面の配慮も必要と考えられる。

図-3 に凝結時間を示す。コールドジョイントが生じる危険性が高いとされるプロクター貫入抵抗値 0.1N/mm^2 となるのは、一般配合で 3 時間 10 分、スランプ保持配合で 3 時間 50 分であった。打込み終了から 2.0 時間 (練混ぜから 3.5 時間) のプロクター貫入抵抗値は、一般配合で 0.5N/mm^2 、スランプ保持配合で 0.03N/mm^2 であった。一般配合は 0.1N/mm^2 を超えているのに対して、スランプ保持配合はこれよりも十分に小さく、上述の加振状況からもスランプ保持型混和剤の使用によってコールドジョイントなど打重ね部の一体性を損なうリスクを低減できるものと考えられる。図-4 に N 式および T 式貫入試験の結果を示す。練混ぜから 3.5 時間が経過した

時点の貫入量は、一般配合の N 式貫入試験で約 30mm 、T 式貫入試験で約 50mm 、スランプ保持配合の N 式貫入試験で約 100mm 、T 式貫入試験で約 400mm であった。両試験ともに、プロクター貫入抵抗値の違いを検知できおり、打重ね面の状態を簡易的に評価できることが確認された。特に、人力で貫入する T 式貫入試験は、初期のフレッシュな状態の貫入量が大きくなるため、凝結の進行に伴う貫入量の低下を鋭敏に捉えられる可能性が考えられる。

4. まとめ

コンクリート温度が 35°C を超えた場合の打込み実験を実施した。本実験により、スランプ保持型混和剤を有効に活用することで、暑中コンクリートの施工時におけるトラブルや品質低下の回避に寄与できることが考えられた。

参考文献

- 1) 小泉ら：流動性を長時間保持する AE 減水剤・超保持型高機能タイプ，コンクリート工学，Vol. 57，No.1，pp.12-15，2019.1
- 2) 土木学会：2017 年制定コンクリート標準示方書〔施工編：施工標準〕，2018
- 3) 日本コンクリート工学会：コンクリート技術の要点' 21，p.175，2021.9

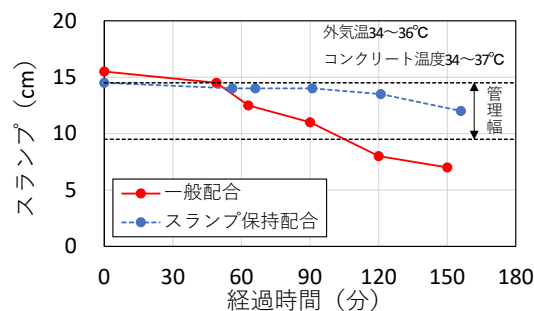


図-2 スランプの経時変化



写真-1 バイブレータの引抜き跡

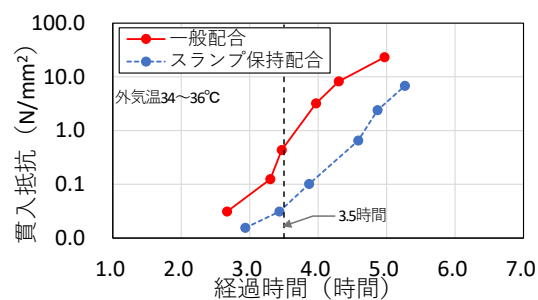


図-3 凝結時間

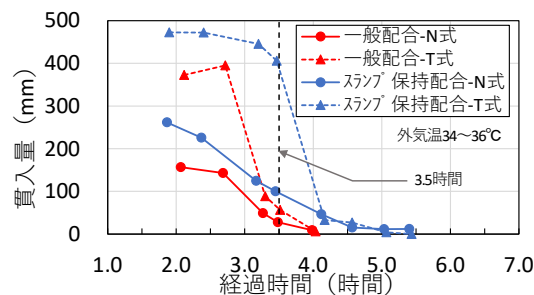


図-4 N 式および T 式貫入試験の貫入量