

論文 35℃を超える暑中コンクリートへのスランプ保持型混和剤の適用に関する実験検討

小泉 信一*1・芦澤 良一*2・渡邊 賢三*3・細田 暁*4

要旨： 打込み時のコンクリート温度が 35℃を超える暑中コンクリートの品質確保を目的として、スランプ保持型混和剤を使用したコンクリートの打重ね施工実験を行った。スランプ保持型混和剤を用いることで、35℃を超えた暑中コンクリートにおいても外気温 25℃を超える暑中コンクリートの標準的な施工時間を満足するスランプ保持性と凝結遅延性が確保できることを確認した。また、直射日光や風を受けた打重ね面のコンクリートは JIS に準じた場合に比べて凝結が促進されることを確認した。

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, スランプ保持性, 凝結遅延性, 打重ね

1. はじめに

近年、都市部のヒートアイランド現象等により、荷卸し地点でのコンクリート温度が 35℃近くになる事例が散見され、圧送による場内運搬などの影響を考慮すると、打込み時のコンクリート温度が 35℃を超えるおそれが高まっている。特別な配慮がなされないままコンクリートの打込み温度が 35℃を超えると、運搬中のスランプの低下、連行空気量の減少、コールドジョイントの発生、表面の水分の急激な蒸発によるプラスチック収縮ひび割れの発生、温度ひび割れの発生等の危険性が大幅に増加する。このため、土木学会コンクリート標準示方書〔施工編：施工標準〕¹⁾では、打込み時のコンクリート温度は 35℃以下を標準とし、これを超えるおそれがある場合には所要のフレッシュコンクリートおよび硬化コンクリートの品質が確保できることをあらかじめ確認することとしている。しかしながら、個々の工事においてこれらを検討することは容易ではない。

一方、昨今では、従来の化学混和剤よりもスランプ保持性が高く、かつ、適切な凝結遅延性を有する混和剤（スランプ保持型混和剤と称す）の技術開発が進められ、各種実験的検討^{2)~5)}が行われている。ここで、スランプ保持型混和剤には、コンクリートの製造時に添加されるプラント添加型混和剤と、コンクリート製造後のある時点に添加される別途添加型混和剤があり、実際の工事にも適用されてきている。

本検討では、打込み時のコンクリート温度が 35℃を超える暑中コンクリートに対するスランプ保持型混和剤の有効性を確認するため、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（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 時間以内）の

上限である練混ぜから 3.5 時間後に打ち重ねたコンクリートの施工実験を行った。本論文では、現在、土木学会で検討中のスランプ保持型混和剤に関する試験方法(案)に準じたプラント添加型混和剤と別途添加型混和剤の試験結果およびプラント添加型混和剤を使用した暑中コンクリートの施工実験結果を報告する。

2. スランプ保持型混和剤について

2.1 暑中環境下におけるコンクリートのスランプ保持性・凝結遅延性に関する混和剤の試験方法(案)

2023 年 1 月現在、土木学会コンクリート委員会では、「養生および混和材料技術に着目したコンクリート構造物の品質・耐久性確保システム研究小委員会」(356 委員会)における暑中コンクリートの技術の現状に関する調査結果に基づき、暑中環境下におけるコンクリートのスランプ保持性・凝結遅延性に関する混和剤の試験方法(案)を検討している(表-1 参照)。本試験規準案は、既往の文献データ^{4), 6)~9)}や JIS A 6204 を基に議論して作成中のものであり、35℃を超える場合の検討内容 5 項目¹⁾の中のフレッシュコンクリートの品質に及ぼす影響とコンクリートの施工に及ぼす影響に対して、所定の打込み終了時間までスランプが適切に保持されること、許容打重ね時間までバイブレータの振動により適切に締め固めできる凝結特性を有することを評価するためのものである。また、土木学会コンクリート標準示方書施工編の改訂において、コンクリートの打込み温度が 35℃を超える可能性のある暑中コンクリートには、この試験方法によって下記(a), (b)の評価規準を満足した混和剤を使用すると記述を盛り込むことが検討されている。

(a) 室内温度 36±2℃の環境で静置による 60 分後のス

*1 ポゾリス ソリューションズ(株) 技術開発センター 部長 博士(工学) (正会員)

*2 鹿島建設(株) 技術研究所 土木材料グループ 上席研究員 修士(工学) (正会員)

*3 鹿島建設(株) 技術研究所 土木材料グループ グループ長 博士(工学) (正会員)

*4 横浜国立大学 大学院都市イノベーション研究院 教授 博士(工学) (正会員)

表－1 暑中環境下におけるコンクリートのスランプ保持性・凝結遅延性に関する混和剤の試験方法（案）

適用範囲	プラント添加型混和剤および別途添加型混和剤の暑中環境下におけるスランプ保持性と凝結遅延性を、コンクリートを用いて試験する方法について規定する
プラント添加型混和剤	レディーミクストコンクリート工場または現場プラントにおいて、練混ぜ水と同時にミキサに添加する混和剤
別途添加型混和剤	あらかじめ練り混ぜられたコンクリート（以下、ベースコン）に対し、レディーミクストコンクリート工場または現場プラントからの出荷時あるいは施工現場に到着した後に添加する混和剤
材料	普通ポルトランドセメント三種等量混合 骨材（JIS A 5308 附属書Aに適合）、上水道水 ベースコン用AE減水剤およびAE剤（JIS A 6204に適合）
配合	[27 12 20Nを想定] $W/C \geq 50\%$, $W \leq 175\text{kg/m}^3$, $C = 300 \sim 350\text{kg/m}^3$ 練上がりスランプ $\geq 15 \pm 1\text{ cm}$, 練上がり空気量 $= 4.5 \pm 0.5\%$
練混ぜ時間	全材料投入後、強制練りミキサ（1.5min）または重力式ミキサ（3min）
練混ぜ量	40 L以上、ミキサの公称容量の2/3以上
温度	試験室およびコンクリート温度: $36 \pm 2^\circ\text{C}$
別途添加型混和剤添加量	添加直後に材料分離が生じない範囲で添加後のスランプが21 cm以下となる量
添加直後の空気量	ベースコンの練混ぜ直後の空気量に対して $\pm 1.0\%$
添加方法	ベースコンの練上がりから5～15分
添加後の練混ぜ	ミキサ内のコンクリート表面に散布後、強制練りミキサ（30s）または重力式ミキサ（60s）
測定項目	スランプ（JIS A 1101）、空気量（JIS A 1128） 凝結時間（JIS A 1147, $36 \pm 2^\circ\text{C}$ ）
経時変化	図－1参照
経時変化量	S_d （スランプの経時変化量） $= S_0 - S_{60}$ A_d （空気量の経時変化量） $= A_0 - A_{60}$

コンクリートの種類	プラント添加型混和剤使用	別途添加型混和剤使用	
バッチ	1	1	2
試験手順	練混ぜ	ベースコン練混ぜ	ベースコン練混ぜ
	↓	↓	↓
	練り舟に排出	練り舟に排出	
	↓	↓	
	スランプ(S_0), 空気量(A_0)の測定	スランプ(S_0), 空気量(A_0)の測定	
	↓	↓	↓
	練り舟で静置	添加時間まで練り舟で静置	添加時間までミキサ内で静置
	↓	↓	↓
		スランプ, 空気量の測定	別途添加型混和剤を添加、混練後練り舟に排出
			↓
	↓		スランプ, 空気量の測定
	↓		↓
	スランプ(S_{60}), 空気量(A_{60})の測定		練り舟で静置
			↓
			スランプ(S_{60}), 空気量(A_{60})の測定

図－1 経時変化試験の試験手順

- ランプ低下量が 6cm 以内であること
- (b) 室内温度 $36 \pm 2^\circ\text{C}$ の環境での凝結試験による貫入抵抗値が 0.1N/mm^2 に達する時間が 3.5 時間以上で、凝結の始発が 12 時間以内であること
- ここで、(a)は既往の文献データや JIS A 6204 の高性能 AE 減水剤の規定を参考とし、(b)は外気温 25°C を超える

表－2 使用材料

材料	記号	種類および物理的性質
セメント	C	普通ポルトランドセメント三種等量混合(密度: 3.16g/cm^3)
細骨材	S1	砕砂(表乾密度: 2.63g/cm^3 , 粗粒率: 2.95)
	S2	山砂(表乾密度: 2.60g/cm^3 , 粗粒率: 1.60)
	S3	石灰砕砂(表乾密度: 2.69g/cm^3 , 粗粒率: 2.90)
粗骨材	G	碎石(表乾密度: 2.71g/cm^3 , 実積率: 59.5%)
水	W	上水道水
一般混和剤	AD1	AE減水剤 遅延形／高機能タイプ リグニンスルホン酸化合物とポリカルボン酸エーテルの複合体
スランプ保持型混和剤	AD2	AE減水剤 遅延形／超保持型高機能タイプ(プラント添加型) リグニンスルホン酸化合物とポリカルボン酸エーテルの複合体
	AD3	減水剤 遅延形／別途添加型流動保持剤 ポリカルボン酸エーテル系化合物

表－3 コンクリートの配合 (27 12 20N)

バッチ No.	W/C (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m^3)						混和剤	
			W	C	S1	S2	S3	G	種類	(C×%)
1	53.0	46.0	170	321	415	166	248	1000	AD2	1.20
2-1									AD1	1.20
2-2									AD1 + AD3	1.20 + 0.30

表－4 試験結果

対象混和剤		AD2	AD3		基準(案)
バッチ No.		1	2-1	2-2	－
スランプ (cm)	0分	14.0	14.0	－	15±1
	10分	－	10.0	12.5	材料分離なし, ≤ 21
	60分	12.0	－	12.5	－
	経時変化量	2.0	1.5		≤ 6
空気量 (%)	0分	4.0	4.8	－	4.5±0.5
	10分	－	3.9	4.2	ベース直後 $\pm 1.0\%$
	60分	3.9	－	4.0	4.5±1.5
	経時変化量	0.1	0.8		－
コンクリート温度 ($^\circ\text{C}$)	0分	36	36	－	36±2
	10分	－	36	36	
	60分	36	－	36	
凝結時間 (h:m)	0.1N/mm^2	4:20	3:50		$\geq 3.5\text{h}$
	0.5N/mm^2	5:00	4:35		－
	1.0N/mm^2	5:25	4:55		－
	3.5N/mm^2	5:40	5:20		$\leq 12\text{h}$

暑中コンクリートの標準的な施工時間の上限である練混ぜから 3.5 時間後において上層に打ち重ねたコンクリートと一体化できる必要があることと、凝結が過度に遅延しないことを考慮した値となっている。

2.2 スランプ保持型混和剤の試験概要および結果

ここでは、2.1 に記載の試験方法（案）で行ったスランプ保持型混和剤の試験概要および結果を報告する。使用材料、コンクリート配合および試験結果を表－2～4 にそれぞれ示す。AD2, AD3 が対象とするスランプ保持型混和剤で、AD2 がプラント添加型、AD3 が別途添加型である。コンクリートの配合は、試験規準案に相当する 27 12 20N とした。スランプの経時変化量は、AD2 が 2.0cm, AD3 が 1.5cm であり、2.1 で説明したスランプ保持性に

表－5 使用材料

材料	記号	種類および物理的性質
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: 2.63g/cm ³ , 粗粒率: 2.95)
	S2	山砂(表乾密度: 2.60g/cm ³ , 粗粒率: 1.60)
	S3	石灰砕砂(表乾密度: 2.69g/cm ³ , 粗粒率: 2.90)
粗骨材	G	砕石(表乾密度: 2.71g/cm ³ , 実積率: 59.5%)
水	W	地下水(練上がり温度を35℃程度とするため45℃に加温)
混和剤	AD1	AE減水剤 遅延形／高機能タイプ リグニンス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(プラント添加型) リグニンスルホン酸化合物とポリカルボン酸エーテルの複合体

表－6 コンクリートの配合 (27 12 20N)

Case*	W/C (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m ³)						混和剤	
			W	C	S1	S2	S3	G	種類	(C×%)
1-1	53.0	46.0	170	321	415	166	248	1000	AD1	1.15
1-2									AD1	1.15
2-1									AD2	1.15
2-2									AD2	1.15

* -#は、#目、#層目を表す

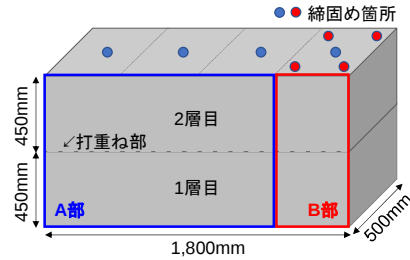
表－7 実験ケースおよび施工条件

Case	対象	混和剤	練混ぜから 打終りまで		打重ね 時間 間隔	練混ぜから 打重ねまで の合計
			1層目	2層目		
1	一般配合	AD1	1.5時間	1.5時間	2.0時間	3.5時間
2	スランブ保持配合	AD2	1.5時間	1.5時間	2.0時間	3.5時間

関する評価規準の 6.0cm 以内を満足した。また、0.1N/mm²に達する時間は AD2 が 4:20、AD3 が 3:50 であり、凝結遅延性についても 2.1 で説明した評価規準の 3.5 時間以上を満足する結果であった。

3. 暑中コンクリートの施工実験概要

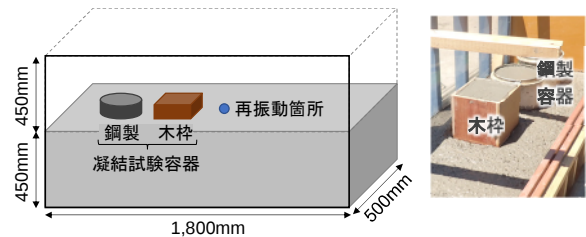
打込み時のコンクリート温度が 35℃を超える暑中コンクリートを用いた施工実験において、スランブ保持型混和剤の有効性を検証した。使用材料、コンクリートの配合を表－5、6 に、実験ケースおよび施工条件を表－7 にそれぞれ示す。AD1 を用いた Case1 は土木工事で広く用いられている 27 12 20N の一般配合、Case2 は混和剤の種類を 2.2 で示したプラント添加型の AD2 に変更したスランブ保持配合であり、市中の生コン工場からコンクリートを出荷した。いずれの施工条件も外気温 25℃を超える暑中コンクリートの標準的な施工時間の限度である 3.5 時間に設定し、屋外で試験体を作製した。試験体の概要および締固め箇所を図－2 に示す。試験体は、コンクリートを 2 層（45cm/層）で打ち込むため、Case 毎にトラックアジテータを 2 車用意した。締固めは、φ 40mm のパイプレータを用い、挿入位置は、長さ方向を 4 等分にした中央 1 ヶ所（青丸）を基本とし、B 部では端部から 15cm および 40cm の位置でかぶり（赤丸）にも振動締固めを追加した。なお、締固め時間は、青丸で 15 秒、赤丸で 10 秒とした。また、試験体の作製と並行して、表－



図－2 試験体概要および締固め箇所

表－8 試験項目

試験項目	試験方法	備考
外気温	ロガー付温度計	テント下で30分毎
コンクリート温度	JIS A 1156	テント下で30分毎
スランブ	JIS A 1101	テント下で30分毎
空気量	JIS A 1128	テント下で30分毎
ブリーディング	JCI-S-015-2018	テント下(蓋あり), 90分後に採取
		テント外(蓋なし), 90分後に採取
凝結時間	JIS A 1147	テント下, 90分後に採取 凝結確認用試験体内, 90分後に採取
圧縮強度 (7, 28日)	JIS A 1108	出荷時と90分後に採取→日陰に存置 →2日後に脱型→20℃水中養生



図－3 凝結確認用試験体および凝結容器の設置状況

8 に示す試験を行った。ここで、ブリーディング試験は、φ 150mm の小型容器を用いた方法とし、屋外での水分逸散の影響を確認するため蓋の有無を水準とした。凝結試験は、直射日光を避けたテント下で実施した。加えて、打重ね面の状態を確認するため、下層コンクリートのみを打ち込んだ図－3 に示す凝結確認用試験体を作製した。この試験体では、上面に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設置し、1 層目の打重ね面が直射日光や風に直接曝される環境を模擬して凝結時間を確認した。なお、凝結試験容器は試験体上面から約 2cm 埋まった状態で固定され、測定毎に容器をテント下に移して貫入試験を行った。また、下層コンクリートの打込み終了から約 2.0 時間が経過した時点で試験体中央の上面を φ 40mm のパイプレータで加振し振動範囲を確認した。なお、図に示すように鋼製の凝結試験容器の他に容器材質の影響を比較するため木枠による凝結試験も実施したが、凝結試験結果に及ぼす容器の差異は認められなかったため後述する結果からは除外した。

4. 暑中コンクリートの施工実験結果

4.1 外気温およびコンクリート温度

実験中の外気温は 32～36℃であった。コンクリート温

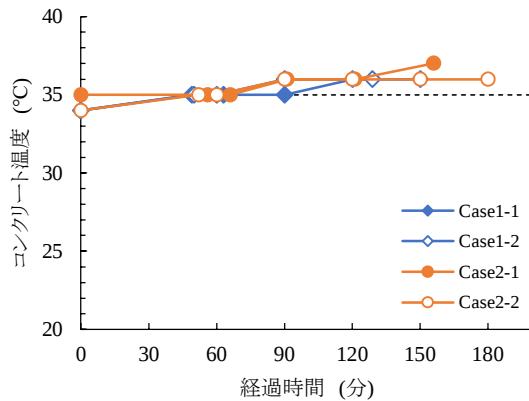


図-4 コンクリート温度の経時変化

度の経時変化を図-4 に示す。ここで、本実験における経過時間は、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) として表した。出荷時のコンクリート温度は 34~35℃であったが、Case1-1(-#は#台目を表す)は 120 分以降、Case1-2, Case2-1, 2-2 は 90 分以降で 35℃を超える結果であった。つまり、Case1-1 を除き、コンクリート温度が 35℃を超えたコンクリートを試験体に打ち込んだことになる。

4.2 スランプおよび空気量の経時変化

スランプの経時変化を図-5 に示す。一般配合の Case1-1, 1-2 は 90 分後のスランプが管理幅の下限(9.5cm)付近まで低下し、120 分で管理幅を下回った。一方、スランプ保持配合の Case2-1, 2-2 はスランプの低下が小さく、スランプの管理幅内を 150 分以上保持した。

空気量の経時変化を図-6 に示す。空気量は、いずれの水準も測定終了まで管理幅内であった。

4.3 凝結

凝結試験結果を図-7 に示す。注水時間も 1 バッチ目と 2 バッチ目の中間を起点としている。テント下に存置した鋼製容器で測定した場合、一般配合の Case1-1 の貫入抵抗値が 0.1N/mm²に達した時間は 3:10 であり、試験体への打込み時である 3.5 時間後の貫入抵抗値は 0.5N/mm²であった。一方、スランプ保持配合の Case2-1 の貫入抵抗値が 0.1N/mm²に達した時間は 4:20 で、試験体へ打ち込む 3.5 時間よりも遅延するとともに、かつ、始発時間は 5:15 と大幅な遅延は見られなかった。なお、凝結確認用試験体の上面に設置した鋼製容器で測定した場合、Case1-1 ではテント下との差はなかったが、Case2-1 では 0.1N/mm²に達する時間が約 30 分、始発時間が約 15 分早まった。これは、直射日光や風があたる時間の長さが影響したものと考えられ、35℃を超えるような暑中コンクリートを施工する際にはこれらの影響を念頭に置くとともに、遮光や遮風の対策の重要性が改めて示唆された。

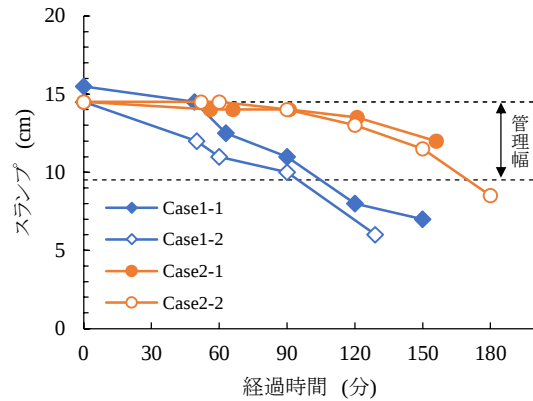


図-5 スランプの経時変化

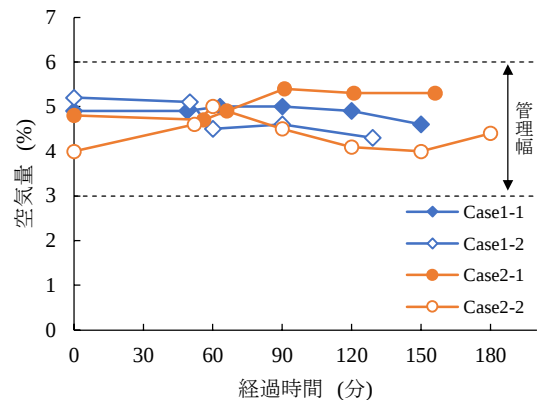


図-6 空気量の経時変化

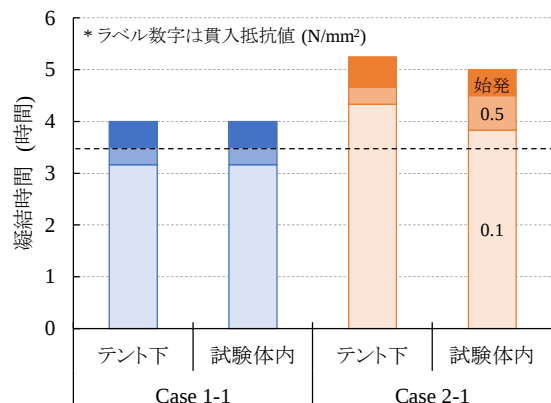


図-7 凝結時間

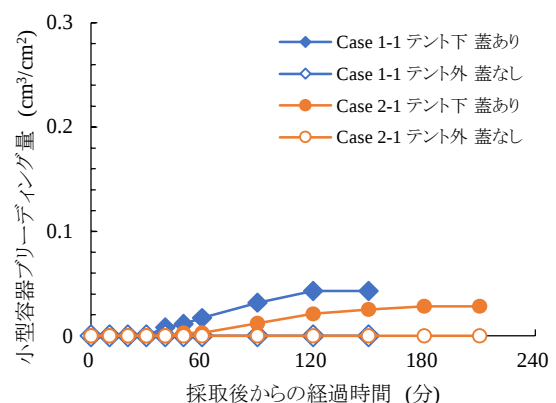


図-8 小型容器ブリーディング量

4.4 ブリーディング

テント内外および容器の蓋の有無で実施した試験体採取後(練混ぜから 90 分後)からの小型容器ブリーディング量の測定結果を図-8 に示す。テント下で容器に蓋をした場合のブリーディング量は Case1 で $0.04\text{cm}^3/\text{cm}^2$ 、Case2 で $0.03\text{cm}^3/\text{cm}^2$ であり、Case2 においてスランプ保持性と凝結遅延性を高めたことによるブリーディングの過大な発生は認められなかった。なお、テント外で容器の蓋なしで実施した場合のブリーディング量は、Case1, 2 ともに $0\text{cm}^3/\text{cm}^2$ であったことから、直射日光や風があたる実際の施工では凝結と同様に、これらが強く影響していることがわかる。

4.5 圧縮強度

圧縮強度試験結果を図-9 に示す。Case1 に対して Case2 は同等以上の強度が得られた。また、出荷時と 90 分後にそれぞれ採取した供試体の強度差が認められるが、図-6 に示す空気量の差を考慮するといずれも同等であると考えられる。

4.6 試験体への打込み・締固め・打重ね

試験体作製に要した打込み終了までの時間と打重ね時間間隔を表-9 に示す。下層コンクリート(各 Case の 1 車目)の練混ぜから打終わりまでの経過時間は、Case1 で 92 分、Case2 で 89 分であった。また、下層コンクリートの打込み終了から上層コンクリート(各 Case の 2 車目)の打込みを開始するまでの打重ね時間間隔は、Case1 で 116 分、Case2 で 117 分であった。なお、コンクリートの打込み温度は Case1 の 1 車目が 35°C であったのを除き、 35°C を超えた。以上より、外気温 25°C を超える場合の標準的な施工時間の限度である 3.5 時間に対し、概ね計画したとおりに打込みを実施した。トラックアジテータのシュートから型枠内に所定量の下層コンクリートを投入し、締め固める前の山になった状態で高さや広がり測定して流動勾配を求めた。流動勾配は、Case1 で約 1/1.5、Case2 で約 1/2.5 と、スランプ保持型混和剤を用いた Case2 の方が小さくなり、約 1.5 時間経過後でもより高い流動性を保持していることが確認された。また、図-3 の試験体で行った打重ね面の評価において、Case1 ではパイプレータの挿入が可能であったものの、加振してもその振動範囲は半径 6cm 程度とかぶりまで達しておらず、写真-1 のようにパイプレータの引き抜き後には挿入跡が残った。一方、Case2 では加振により周囲が液状化し、振動範囲は半径 20cm 程度とかぶり付近まで達していたことに加え、パイプレータ引き抜き後の挿入跡も認められず、スランプ保持型混和剤の効果が確認された。ただし、既往の知見¹⁰⁾では、スランプ 12cm のコンクリートを $\phi 40\text{mm}$ のパイプレータで締め固めた場合の振動範囲は半径 30~40cm 程度であることが示されており、スランプ

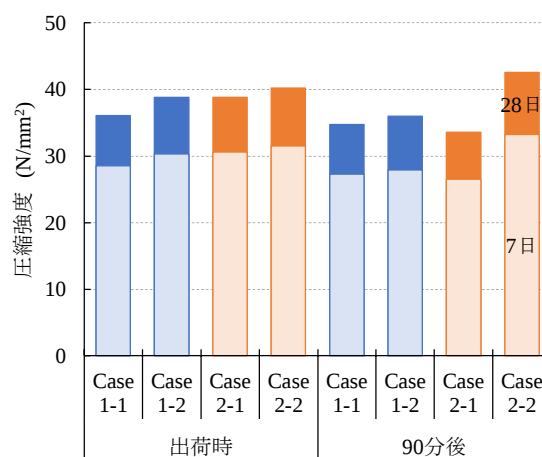


図-9 圧縮強度

表-9 打込み終了までの時間と打重ね時間間隔

項目		Case1	Case2
練混ぜから打終わりまでの時間	下層(1車目)	92分	89分
	上層(2車目)	84分	79分
打重ね時間間隔		116分	117分

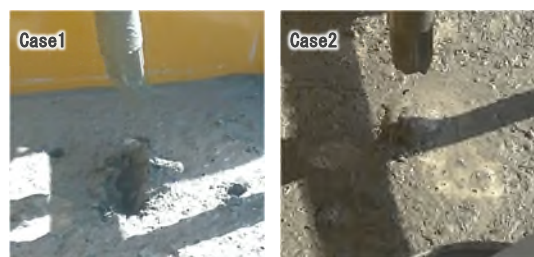


写真-1 パイプレータの挿入跡

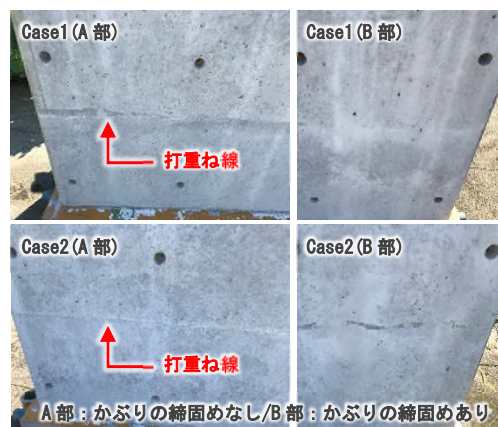


写真-2 型枠取外し後の試験体

保持型混和剤を用いた Case2 であっても、これよりは小さい半径となっている。このことから、暑中コンクリートにおいて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。また、下層コンクリートの打込み終了から約 2.0 時間が経過した時点において図-3 の試験体内で計測された貫入抵抗値は Case1 で $0.5\text{N}/\text{mm}^2$ 、Case2 で $0.03\text{N}/\text{mm}^2$ であった。Case1 ではコールドジョイントが生じる危険性が高いとされる $0.1\text{N}/\text{mm}^2$ を超えていたのに対して、Case2

はこれよりも十分に小さく、打重ね面の加振状況からもスランブ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判断される。

4.7 型枠取外し後の状況

型枠を取り外した後の試験体外観を写真-2 に示す。いずれの試験体においても、目視観察では打重ね部にひび割れが生じるなどのコールドジョイントの発生は認められなかった。かぶりにバイブレータを挿入していない箇所(図-2 の A 部)では、Case1 および Case2 ともに打重ね線が確認され、外観上大きな差異は認められなかった。かぶりにバイブレータを挿入した箇所(図-2 の B 部)では、Case1 および Case2 ともに A 部に比べて打重ね線が目立たなくなった。これは、かぶりを直接締め固めることで、試験体の表層まで十分な振動が伝達したためと考えられる。既往の知見¹¹⁾によれば、かぶりの締固めによって打重ね部のひび割れ発生を防ぎ、透気係数などの表層品質を確保した事例が示されている。本結果からも、暑中コンクリートにおいて打重ね時間間隔が長くなる場合には、かぶりを直接締め固めることが表層品質を確保する上で有効である可能性が示唆された。

5. まとめ

打込み時のコンクリート温度が 35℃を超える暑中コンクリートの施工性の改善を目的として、スランブ保持型混和剤を用いたコンクリートの打重ね施工実験を行った。本研究により得られた知見を以下に示す。

- 1) スランブ保持型混和剤を用いることで、35℃を超えた暑中コンクリートにおいても外気温 25℃を超える暑中コンクリートの標準的な施工時間を満足するスランブ保持性と凝結遅延性が確保できる。
- 2) 直射日光や風を受けた打重ね面のコンクリートは JIS に準じた場合に比べて凝結が促進される。
- 3) スランブ保持配合の打重ね面は、練混ぜから 3.5 時間が経過した時点においても一般配合よりバイブレータの振動範囲が大きい。加えて、貫入抵抗値も 0.1N/mm² 以下であり、コールドジョイントなどの発生リスクを低減できる。
- 4) スランブ保持型混和剤の有無によらず、かぶりを直接締め固めることで打重ね線が目立たなくなり、表層品質の確保に有効である可能性が示唆された。今後、試験体の非破壊試験や破壊試験により、打重ね部の品質を評価していく予定である。

謝辞

本研究を実施するにあたり、横浜国立大学 コンクリー

ト研究室、国際企業株式会社ならびに関係各位の協力を得ました。ここに記して謝意を申し上げます。

参考文献

- 1) 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〕，p.31，2018
- 2) 小泉信一，作榮二郎：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
- 3) 中元奏希，細田暁，藤岡彩永佳，小泉信一：スランブ保持性を高めたコンクリートの暑中環境下における打重ね部の品質評価，コンクリート工学年次論文集，Vol.44，No.1，pp.316-321，2022
- 4) 小泉信一，菅俣匠，阿合延明，細田暁，藤岡彩永佳，渡邊賢三，柳井修司，筒井達也：スランブ保持型混和剤を使用したコンクリートの経時変化，令和 4 年度土木学会全国大会第 77 回年次学術講演会，V-394，2022
- 5) 藤岡彩永佳，渡邊賢三，柳井修司，細田暁，小泉信一，阿合延明，菅俣匠，筒井達也：スランブ保持型混和剤を使用したコンクリートによる品質確保に関する一考察，令和 4 年度土木学会全国大会第 77 回年次学術講演会，V-395，2022
- 6) 日本コンクリート工学会近畿支部：土木構造物における暑中コンクリート工事の対策検討ガイドライン，参考資料編，2018.6
- 7) 伊佐治優，桜井邦昭，齊藤和秀，大石卓哉：特殊混和剤による暑中コンクリートの品質改善に関する実験的検討，コンクリート工学年次論文集，Vol.42，No.1，pp.941-946，2020
- 8) 伊佐治優，桜井邦昭，齊藤和秀，大石卓哉：特殊混和剤の後添加により暑中期や酷暑期の施工性を改善できる新しいコンクリートの施工実験，コンクリート工学年次論文集，Vol.43，No.1，pp.1415-1420，2021
- 9) 橋本紳一郎，西村和朗，西祐宜，根本浩史：暑中コンクリートへのこわばり低減剤の適用性に関する検討，コンクリート工学年次論文集，Vol.44，No.1，pp.772-777，2022
- 10) 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
- 11) 関春彦，向俊成，芦澤良一，柳井修司，塚本優，坂井吾郎：かぶりの締固めとスぺーディングがコンクリート構造物の表層品質に及ぼす影響，令和 3 年度土木学会全国大会第 76 回年次学術講演会，V-71，2021