

遅延剤を添加したコンクリートの凝結性状とその評価方法に関する検討

鹿島建設(株) 正会員 ○向 俊成 藤岡彩永佳 芦澤良一 渡邊賢三

1. はじめに

コンクリート構造物の品質確保と生産性の向上を目的に、遅延剤を用いてコンクリートの打重ね時間間隔を24時間まで延長できる遅延コンクリートを使用した工法について検討を行い、これまで冬期において実構造物の底版に適用している。遅延コンクリートは遅延剤で凝結時間を遅らせていることから、ブリーディング量の増大を抑制するために増粘剤を添加している。本検討では遅延剤や増粘剤の温度依存性を鑑み、標準期および夏期における遅延コンクリートの適用可能性について、室内試験による検討を行った。また、打ち込んだコンクリートの硬化状態を簡易な方法で迅速に評価するため、N式貫入試験の適用について検討を行った。

2. 実験概要

冬期での施工実績を参考に、コンクリートの配合を表-1のように定めた。セメントは低熱ポルトランドセメントとし、骨材には一般的なコンクリート用材料を使用した。凝結時間を調整するためにオキシカルボン酸系遅延剤、およびブリーディングを抑制するためにセルロース系増粘剤を使用した。なお、使用した遅延剤に減水効果があることから、AE減水剤や高性能AE減水剤は使用しなかった。遅延剤の添加量はセメント重量の0.6%、0.7%、0.8%とし、標準期および夏期を模擬した環境温度20℃および35℃の試験室で実験を行った。また、比較例として冬期での施工実績を模擬し、遅延剤の添加率を0.6%とした配合にて5℃の環境下で同様の試験を行った。コンクリートは水平2軸型強制練りミキサ(容量50L)を用いて練り混ぜ、練上がり直後および30分静置後にコンクリート温度、スランブ、空気量を測定した。また、5℃、20℃、35℃の環境温度に設定した試験室内で、凝結試験とN式貫入試験による硬化状況の評価を行った。圧縮強度試験に供する試験体は、練上がり直後のコンクリートを採取し、材齢3日まで所定の環境温度の室内で静置した。脱型後、20℃での水中養生を所定の材齢まで行った。

3. 実験結果

フレッシュ試験の結果を表-2に示す。遅延剤を多量に添加していることもあり、練上がりから30分までのスランブの経時変化は見られなかった。また、遅延剤0.6%のケースで比較すると、20℃と5℃のケースでスランブがほぼ同等となった。通常、コンクリート温度が低いほどスランブが大きくなるとされているが、本検討では5℃のケースにおいて低温により増粘剤の粘性が著しく大きくなり、スランブが小さくなったものと考えられる。

圧縮強度の測定結果を図-1に示す。材齢3日の圧縮強度は遅

表-1 配合表

W/C (%)	s/a (%)	Air (%)	単位量 (kg/m ³)					
			W	C	S	G	AD	Vis
48.8	45.3	4.5	165	338	815	1009	※	0.20

W:水道水, C:低熱ポルトランドセメント(密度:3.24g/cm³), S:山砂(密度 2.62g/cm³粗粒率 2.60), G:碎石(密度 2.69g/cm³実積率 62.0%), AD:遅延剤(オキシカルボン酸系), Vis:増粘剤(セルロース系)

※ADの使用量を変更して検討を実施

表-2 フレッシュ試験結果

環境温度 (°C)	遅延剤添加量 (C×%)	フレッシュ試験			
		経過時間 (分)	コンクリート温度 (°C)	スランブ (cm)	空気量 (%)
5	0.60	0	10.0	17.5	3.6
		30	10.0	20.0	3.5
20	0.60	0	19.6	17.0	3.3
		30	19.2	18.5	3.4
	0.70	0	17.9	16.0	3.4
		30	17.8	18.0	3.2
	0.80	0	18.2	16.0	3.4
		30	17.7	18.0	3.4
35	0.60	0	32.7	14.5	4.0
		30	32.4	14.0	3.8
	0.70	0	33.9	14.0	4.5
		30	32.8	16.0	4.4
	0.80	0	33.8	14.5	4.6
		30	33.0	15.0	4.5

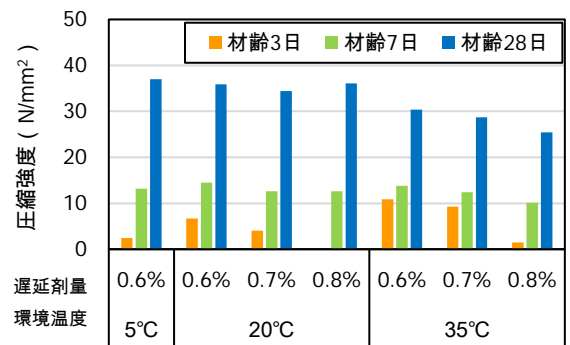


図-1 コンクリートの圧縮強度

キーワード 超遅延コンクリート, 遅延剤, 増粘剤, 打重ね, 生産性向上, 工程短縮

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 土木材料 Gr TEL 042-489-6745

遅延剤の添加により低下した。材齢 28 日の強度は環境温度 20℃では遅延剤の添加量によらず同程度となり、35℃では遅延剤の添加量の増加に伴い 5N/mm²程小さくなった。また、練上がり時のコンクリート温度が高くなるに従い圧縮強度が低下した。

凝結試験の結果を図-2 に示す。プロクター貫入抵抗値が 0.1N/mm²を超える時間や 3.5N/mm²を超える時間は遅延剤の添加により遅くなる傾向がみられた。既往の文献²⁾を参考に打重ね可能な硬化性状をプロクター貫入抵抗値 0.1N/mm²以下として各配合の打重ね可能な時間間隔を算出し、遅延剤添加量との関係を環境温度ごとに図-3 に示す。遅延剤の添加量を同一とした場合、環境温度が高いほうが打重ね可能な時間間隔が短くなった。また、遅延剤の添加量と打重ね可能な時間間隔は環境温度ごとに直線的な変化を示した。今回の実験結果から施工実績のある配合（遅延剤添加量 0.60%、環境温度 5℃）に対し同程度の打重ね可能な時間間隔を得るために必要な遅延剤添加量は、環境温度 20℃（標準期）では 0.63%、環境温度 35℃（夏期）では 0.66%となった。

プロクター貫入抵抗値の測定は精度の高い測定が可能であるが、コンクリートからモルタル分をふるい分けて測定を行う都合上、粗骨材の影響が取り除かれることや、現場の日常管理試験としては適用しにくい点が課題である。実際の構造物で打重ね前の遅延コンクリートの硬化性状を測定することを目的に、図-4 に示すような N 式貫入試験²⁾による硬化性状の評価を行った。N 式貫入試験による貫入量と同一時刻のプロクター貫入抵抗値を図-5 に示す。なお、N 式貫入試験の測定は 3 回行い、平均値を測定値とした。既往の報告²⁾において普通コンクリートで確認されている傾向と同様に、遅延コンクリートにおいても N 式貫入試験とプロクター貫入試験の測定値の間には相関関係がみられた。遅延剤添加量によらずプロクター貫入抵抗と N 式貫入試験の関係はほぼ一定であったことから、N 式貫入試験は現場での打重ね可否の判定方法として有効であると考えられる。また、図-3 に示したプロクター貫入抵抗値と N 式貫入試験の関係から、今回使用した配合では、打重ね部分の品質が十分に確保できる値としてプロクター貫入抵抗値 0.1N/mm²を満足するためには、N 式貫入試験において貫入量 60mm 以上を確保すれば良いと判断された。判定基準とする N 式貫入試験の貫入量が配合などから受ける影響については更なる検討が必要である。

4. まとめ

標準期や夏期を模擬した環境で遅延コンクリートの室内試験を実施した。その結果、遅延剤の添加量を環境温度に応じて調節することにより、打重ね可能な時間を 24 時間以上確保可能であることを確認した。また、現場で実施可能な簡易な硬化性状の確認方法として、N 式貫入試験が有効であることを確認した。

参考文献

- 1) 塩見尚潔ほか：超遅延コンクリートを使用した日またぎ打重ね工法の適用，土木学会全国大会第 76 回年次学術講演会，V-121（2021）。
- 2) 土木学会コンクリート委員会：コンクリートライブラリー103 コンクリート構造物のコールドジョイント問題と対策（2000）。

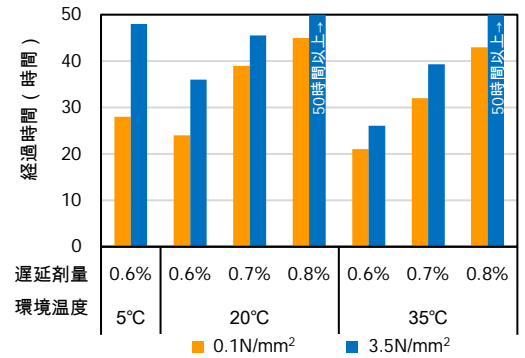


図-2 凝結試験の結果

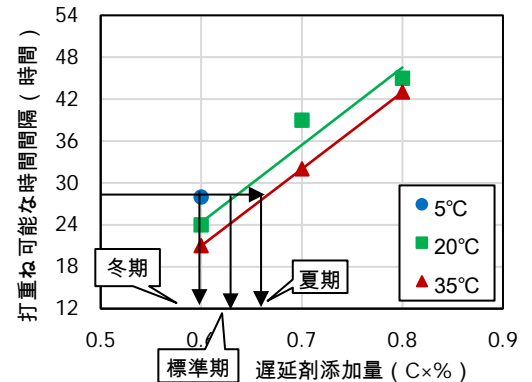


図-3 打重ね可能な時間と遅延剤添加量

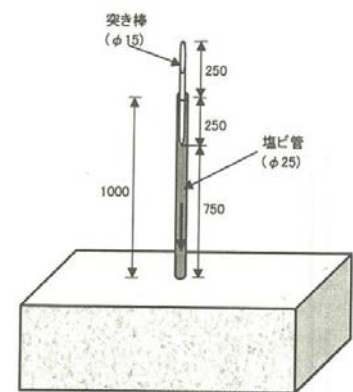


図-4 N 式貫入試験の試験方法²⁾

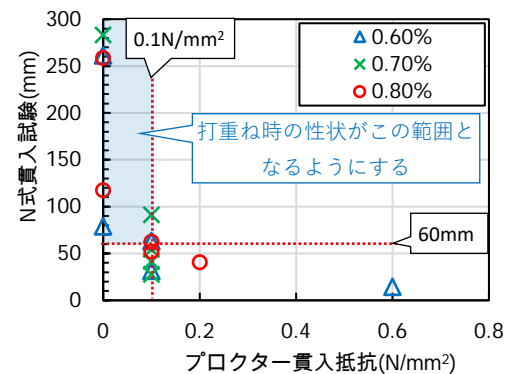


図-5 N 式貫入試験結果（20℃）