

# コンクリートのこわばりを低減できる混和剤「チキソリデュース」

清水建設(株) 土木技術本部 ○根本 浩史  
(株)フローリック 技術本部 平野 修也

## 1. はじめに

社会基盤整備に大きな役割を果たすコンクリート構造物を取り巻く状況は、近年大きく変化してきた。耐震性能の要求水準の引き上げによる鋼材の増加や、環境問題、資源の有効利用等の時代の要請に伴う材料特性の変化は、コンクリート施工の難易度を著しく増大させ、初期欠陥が発生するリスクが増大する結果になっている。<sup>1)</sup>

初期欠陥の発生は、上記に示す要因によるものだけではなく多岐にわたると考えられるが、要因の一つにコンクリート特有の性状変化である「こわばり」があると考えられる。コンクリートの施工途中にコンクリートがこわばると施工性能が大きく低下し、初期欠陥の要因となってしまう。

本稿では、このコンクリートのこわばりについて、そしてこわばりがコンクリートの施工に与える影響、またこわばりへの対策技術として新しく開発したこわばり低減剤「チキソリデュース」について説明する。

## 2. コンクリートのこわばり

コンクリートには、練り混ぜられて製造された後、一旦静置されて時間が経過することにより硬くなり、所要の流動性が損なわれて動きづらくなる若しくは動かなくなる現象を示すことがある。この現象は、練混ぜによって分散されたセメント粒子が静置によって凝集し、凝集体を形成することに起因すると考えられる。セメントの凝

集体はコンクリートが流動する際に抵抗となり、攪拌や振動によって凝集体が破壊されて、コンクリートは再び流動性を得ることができる。レオロジーの分野では、このような性質をチキソトロピーと呼び、時間によって性質の度合いが変わることから時間依存流体とも呼ばれる。

コンクリートのこわばりの程度が大きくなると、再び流動させるのにはより大きな外力が必要となる。もしくは、十分な外力を与えられない場合は、コンクリートのこわばりが解消されずに流動性が不足し、充填性が損なわれることを示唆している。コンクリートがこわばるという現象は、実際の工事現場において初期欠陥を招く要因となる。

コンクリートのこわばりが初期欠陥となる事例として、場所打ちコンクリート杭や逆打ち部分へコンクリートの充填、またはコンクリートポンプを使用した圧送等があげられる。場所打ち杭ではコンクリートをトレミー管により打込む場合が多いが、先に打ち込まれたコンクリートがこわばって流動性を失ってしまうとトレミー管が閉塞しコンクリートが打ち込めない状況となる場合がある。また、オールケーシング工法の場合はケーシングチューブを引き上げた跡にコンクリートが充填される必要があるが、既に打ち込まれたコンクリートがこわばって流動性が不足していると、ケーシング跡にコンクリートが流動せずに未充填

箇所となり欠陥が生じる（写真－1 参照）<sup>2)</sup>。逆打ち部でも先に打ち込まれたコンクリートがこわばってしまうと、後から打ち込まれたコンクリートの充填が阻害され、未充填の原因となる。圧送においてはポンプ配管内で先行して打ち込まれたコンクリートがこわばると、後から圧送されたコンクリートの変形に追従できず管内で閉塞する恐れがある（写真－2 参照）。さらに再圧送時の圧送負荷が著しく増加した場合、配管の接続箇所など局所的な破裂のリスクが高くなり、初期欠陥の復旧に時間と労力が費やされることとなる。

また、コンクリートのこわばりが顕著な場合、打重ね部で下層のコンクリートにおけるバイブレータの振動による影響範囲が小さくなり、上層と下層の一体化が阻害されコールドジョイントの発生につながる可能性もある。

コンクリート工事を円滑に進めるためには、コンクリートのワーカビリティを確保することが重要であるため、流動性の保持性能に優れ、こわばりが小さいことは、コンクリートのワーカビリティの観点で望ましいと言える。しかし、コンクリートのこわばりによる影響を定量化できる評価方法は確立されておらず、静置したコンクリートを対象としたスランプ試験の応用やレオロジー試験の結果に基づく検証などは今後の検討課題である。



写真－1 場所打ち杭における未充填箇所発生状況

### 3. こわばり低減剤「チキシリデュース」の開発<sup>3)</sup>

こわばりが原因で生じる初期欠陥は、フレッシュコンクリートがチキソトロピー性を有していることに起因しており、流動している場合には問題にならないが、一旦静置されて、時間が経過して再び動き始める際に流動抵抗（降伏値に近似）が著しく大きくなることが問題となる。チキソトロピーによる影響を低減することができれば、こわばりによる初期欠陥を防止する上で有効であると考えられ、化学混和剤を利用してセメントの近接や凝集を抑制することは、コンクリートのこわばりを低減するのに有効であると考えられる。

そこで、コンクリートのこわばりやチキソトロピーによる影響を低減する新しい混和剤「チキシリデュース」が開発されることとなった。

チキシリデュースの主成分は、オキシカルボン酸塩およびグリコールエーテル系誘導体の粉体であり、液体の混和剤に比べてコンクリートへの溶解速度が遅い点の特徴である。

グリコールエーテル系誘導体は非吸着で



写真－2 ポンプ施工における配管閉塞

弱い分散性とコンクリートのフレッシュ性状に寄与する保水性を有する成分からなり、分散したセメント粒子間に入り込んで、セメントの近接や凝集を抑制する効果がある。

チキシリデュースは、写真-3 に示すように水溶性の紙袋に梱包されたパック型の粉末状の混和剤である。1パック当たりの内容量は250g であり、バッチャープラントのミキサーやアジテート車に必要パック数を投入して使用する。必要パック数は、対象となるコンクリートの配合や使用材料、目標スランプ、添加時期やこわばりの程度によって異なるが、アジテート車の積載量が 4~4.25m<sup>3</sup> の場合、標準使用量は 4 パックであり、添加に必要な計量設備が不要であり、製品の取扱いは比較的容易である。

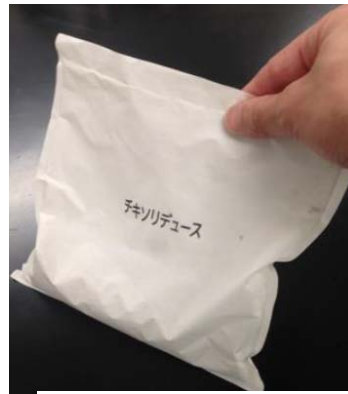


写真-3 チキシリデュースの荷姿



写真-4 静置スランプ試験 試験状況

表-1 コンクリートの配合および使用材料

No.	W/C (%)	s/a (%)	目標スランプ (cm)	空気量 (%)	単位量(kg/m <sup>3</sup> )			
					W	C	S	G
1	50.0	48.0	21程度	4.5±0.5	170	340	839	933
2	35.0	49.0	23程度	4.5±0.5	175	500	787	840

C：普通ポルトランドセメント(三種等量混合 密度：3.16g/cm<sup>3</sup>) S：山砂(静岡県掛川市 表乾密度：2.58g/cm<sup>3</sup>, F.M: 2.78) G：硬質砂岩碎石2005(東京都青梅市 表乾密度：2.65g/cm<sup>3</sup>, 実積率：59.5%)

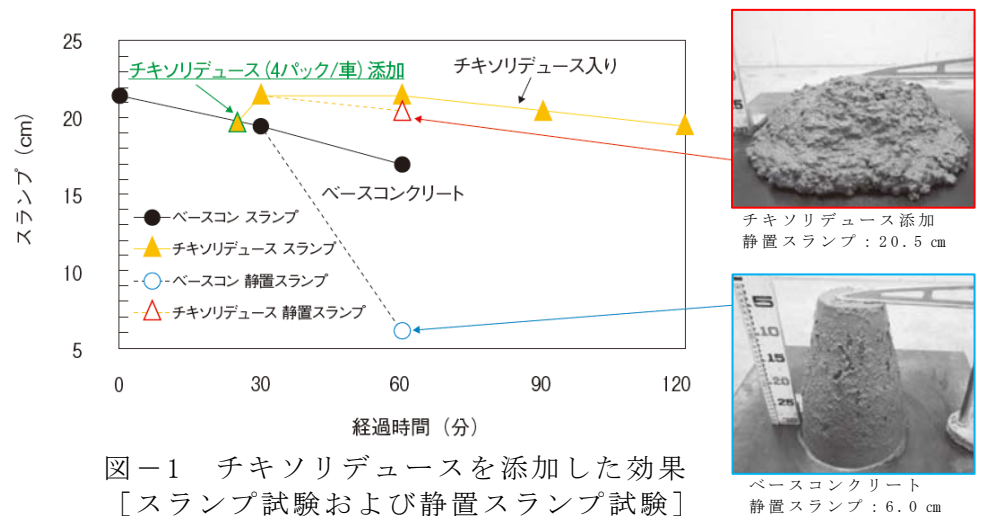


図-1 チキシリデュースを添加した効果 [スランプ試験および静置スランプ試験]

#### 4. 「チキシリデュース」のこわばり低減効果

チキシリデュースを添加したコンクリートのこわばりを簡易的に評価するために写真-4 に示すような静置スランプ試験を実施した。この試験は、スランプ試験で使用するスランプコーンの中にコンクリートを詰めて、所定の時間静置させた後にスランプコーンを引上げて、静置したコンクリー

トのこわばりによる影響を確認するものである。表-1 の配合 No.1 で高性能 AE 減水剤を使用したベースコンクリートを対象に、練上がりからの経過時間 30 分時点でチキシリデュースを添加した効果をスランプ試験と静置スランプ試験（静置時間は 30 分）によって確認した。その経時変化試験の結果を図-1 に示す。練上がりからの経過時間 60 分でベースコンクリートのスランプが 17.0cm であったのに対して、破線

で示した静置スランプは 6.0cm まで低下し、こわばりによってコンクリートの降伏値が著しく増加したことが推察される。一方、チキソリデュースを添加したコンクリートのスランプ保持性は向上し、静置スランプはコンクリートがこわばることなく 20.5cm となった。

また、コンクリートのチキソ

トロピーを評価するために、回転翼型のブレードを装着した回転粘度計を用いてせん断ひずみ速度制御によるせん断応力の履歴(ヒステリシスループ)を得た。表-1 の配合 No. 2 で高性能 AE 減水剤を使用したコンクリートを対象に、練上りから 60 分間コン

クリートを容器内に静置した場合のヒステリシスループを図-2 に示す。本実験では、せん断ひずみ速度を徐々に上げていく上昇曲線を経て、最大速度に到達後、せん断ひずみ速度を下げっていく下降曲線を描くことになるが、図-2(a)で見受けられるようにコンクリートのこわばりによって初期せん断応力(図中の x 軸上の矢印)が著しく増加する傾向が認められた。これに対して、チキソリデュースを添加した場合は、図-2(b)のように初期せん断応力が約 37%低下し、こわばりの低下が示唆された。ヒステリシスループで囲まれた面積は、試料が上昇曲線および下降曲線の応力-ひずみ履歴

に晒されて、凝集構造が破壊され、次第に凝集が回復する履歴のずれの度合いを示し、言すればチキソトロピーの度合いを示唆する。本実験結果では、チキソリデュースを添加することで、ヒステリシスループで囲まれた面積が約 29%減少し、静置した

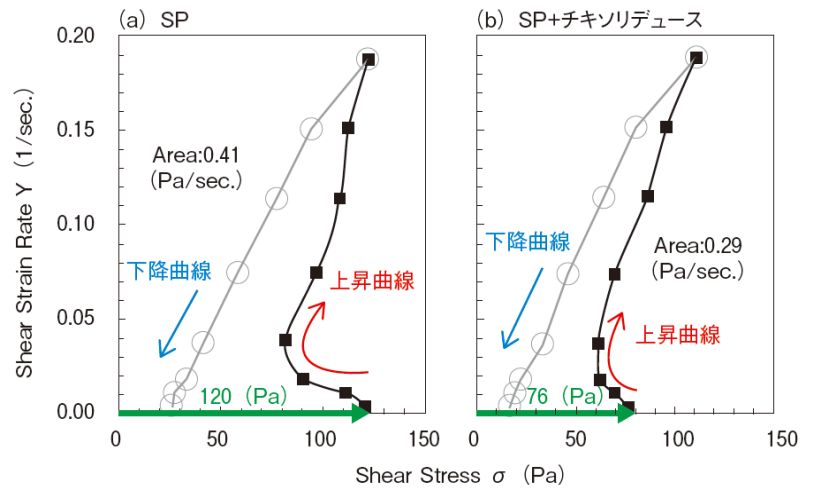


図-2 チキソリデュースを添加した効果  
[回転粘度計による測定]

コンクリートのチキソトロピーが低減する効果が認められた。

## 5. おわりに

こわばりを低減する新しい混和剤「チキソリデュース」を開発した。コンクリートのこわばりを低減できる本技術は、複雑化するコンクリート施工に対し、初期欠陥発生のリスクを低減する効果があると考えられる。今後、本技術が広く展開されることで、コンクリートの初期欠陥低減に寄与できれば幸いである。

[参考文献]

- 1) 土木学会コンクリートライブラリー126, 施工性能にもとづくコンクリートの配合設計・施工指針(案), 2007.3
- 2) 大川了, 岡本茂, 野村朋宏, 根本浩史/ 場所打ち杭に用いるコンクリートの施工性能評価に関する実験的検討, 土木学会コンクリートの施工性能の照査・検査システム研究小委員会(341委員会)委員会報告書, 2011
- 3) 根本浩史, 平野修也, 西祐宜, 伊達重之/ こわばり抑制剤を用いたフレッシュコンクリートの性状改善に関する実験的検証, コンクリート工学年次論文集, Vol.39 No.1 pp.1261~1266 2017.7