HIGH QUALITY CONCRETE PRODUCTION METHOD

SAND ENVELOPED with CEMENT

高品質コンクリートの新しい製造方法

SEC® コンクリート

（特許工法）

NETIS登録番号:KT-100097-VE

LEC
リブコンエンジニアリング株式会社
URL:livecon.co.jp

SECコンクリートの特長と適用分野

SEC：Sand Enveloped with Cement

特　長

SECコンクリート（分割練混ぜ）は従来コンクリート（一括練混ぜ）に比べ次のような優れた特長があります。

施工性

- ポンプ圧送性が良い
- 振動下の流動性・充てん性に優れる
- 分離抵抗性が大きい
- ブリーディングが少ないため仕上げ時間が短い

強　度

- 圧縮強度が向上する
- 鉄筋付着強度が高い
- 引張強度が大きく均一性が高い
- 繰り返し曲げ耐力が高い

耐久性

- クラックの発生が少ない
- 透水係数が小さい
- ブリーディングが少ないので筋下面等の欠陥が少ない

適用分野

優れた特長を生かして下記のような様々な分野で使用されています。

1. トンネル吹付けコンクリート
2. 打込み(打設)コンクリート
   - トンネル覆工コンクリート
   - 橋梁床板コンクリート
   - 橋脚、橋台、桁コンクリート
   - 桟橋コンクリート
   - ダムコンクリート（PCD）
   - 舗装コンクリート
   - 建築躯体コンクリート
   - プレキャスト部材コンクリート、RCセグメント、カーテンウォール建築用 柱・梁部材、コンクリートブロック
   - 現場施工杭コンクリート（水中コンクリート）
3. ダムコンクリート（RCD）
4. モルタル（高品質充てんモルタル）

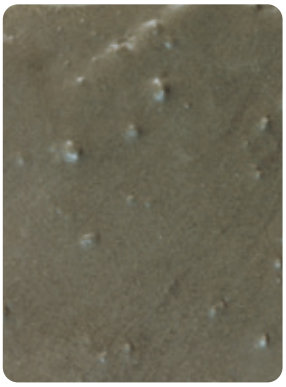
■SECコンクリートはブリーディングが少ないため、鉄筋や鉄骨の下側の空隙が大幅に減少します。

SECコンクリート

従来練りコンクリート（SECと同配合）

■セメントの分散効果

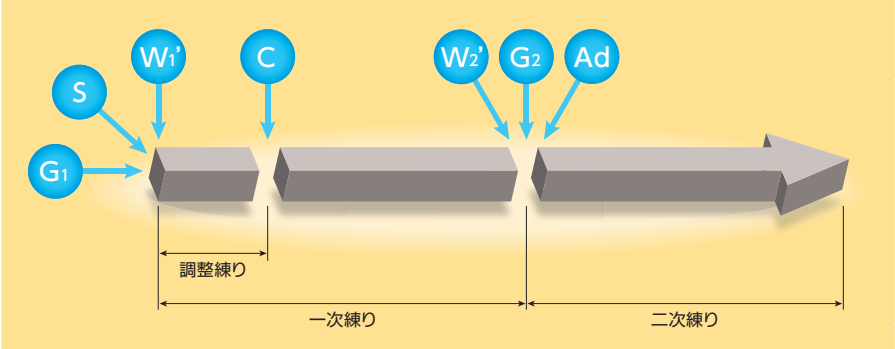
分割練混ぜによるセメントペースト



一括練混ぜによるセメントペースト（ダマが見られる）

SECコンクリートは、一次練り・二次練りの連続した二つの練混ぜ工程を経て製造されます。

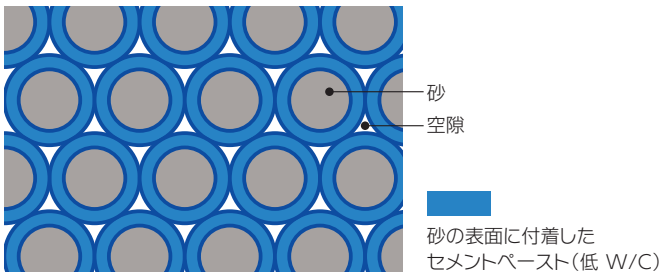
■SECコンクリートの練混ぜ手順



S　:細骨材
C　:セメント
G　:全粗骨材
G_1 :粗骨材(ミキサにより決定)
G_2 :粗骨材(=G-G1)
W_1 :一次水
W_2 :二次水
Ad :混和剤(必要に応じて)

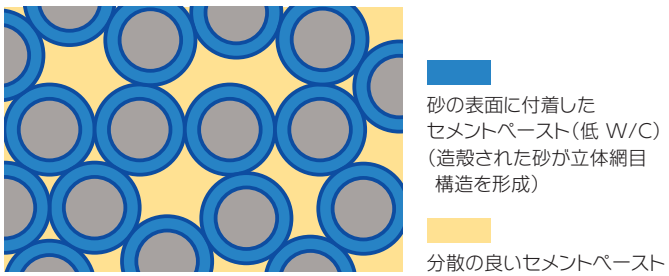
◎一次練り

骨材に一次水を加え、調整練りをしたのち、セメントを加えて練混ぜます。これにより骨材の周囲にキャピラリー状態のセメント混練物が付着し造殻されます。



◎二次練り

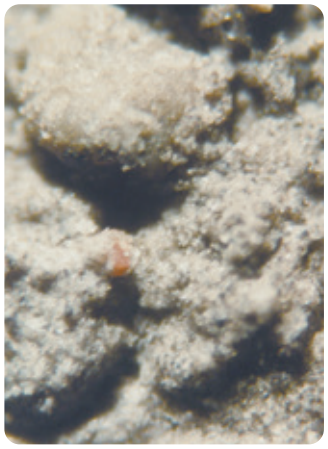
造殻された骨材に二次水を加えて練混ぜ必要なワーカビリティを得ます。これによって非造殻部のセメントがよく分散し、均質なSECコンクリートが得られます。



◎一次水の決定

最適一次水は、使用するセメントおよび骨材により拘束水率が変化するので当社試験研究所で試験して決定します。
試験はセメントのトルク試験および骨材の遠心力試験など行います。

■細骨材の造殻状況

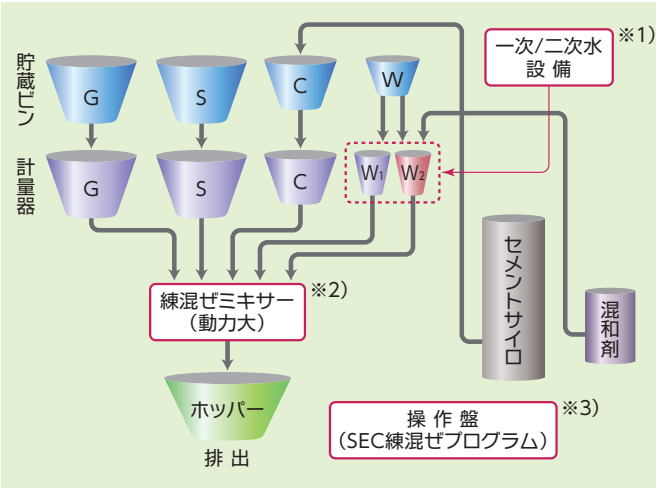


造殻された細骨材(×100)
(SEC練混ぜ)

造殻されていない細骨材(×100)
(一括練混ぜ)

◎SEC対応バッチャープラント

従来のバッチャープラントに次の機能が加わったものです。



※1) 配合水を一次水(W1)と二次水(W2)に分割して計量·排出できる。
※2) ミキサは、一次練り時の負荷に対応できる能力を有する。
※3) 次のことが入力できる操作盤を有する。
(①配合および一次水·二次水の入力
②SEC練混ぜ：手順·時間等入力
③一次練り使用骨材の表面水を一次水で補正入力)

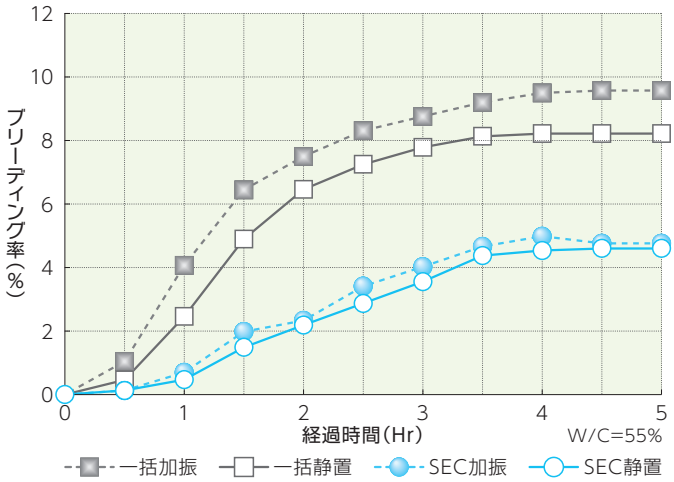
SECコンクリートはブリーディングが少なく、ポンプ圧送性にすぐれ、振動下の流動性がよく、施工性に優れたコンクリートです。

■ブリーディングが少ない

SECコンクリートのブリーディング量は（静置および加振とも）一括練混ぜに対して小さいです。これは、分割練混ぜのセメントペーストのブリーディング量が一括練混ぜに対して小さいことが主な理由です。

（セメントペーストのブリーディング試験結果参照）

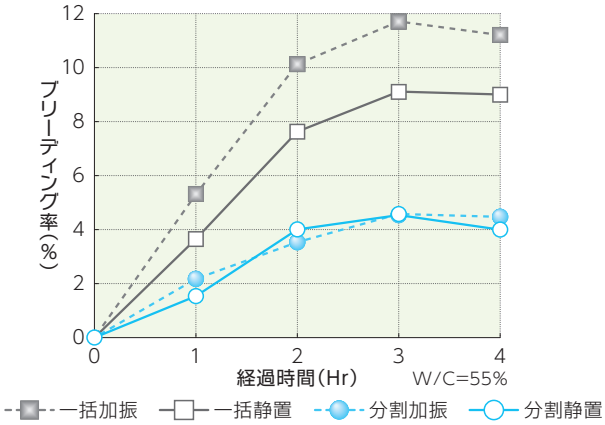
◎コンクリートのブリーディング試験結果



加振のケースは練混ぜ後30秒加振した後のブリーディングの結果でSEC練混ぜは増加しません。

（加振：全振幅1.0mm、30Hz）

（セメントペーストのブリーディング試験結果）



加振のケースは練混ぜ後30秒加振した後のブリーディングの結果で分割練混ぜは増加しません。

（ブリーディング率とは配合水に対する分離水の比）

■ポンプ圧送性が良い

SECコンクリートはそのペーストの流動時の塑性粘度が小さいので圧送抵抗は小さくなります。

また、ブリーディング発生量が小さく保水性に優れ、高圧下での分離抵抗性も優れているためポンプ圧送性が良好です。

（現場ポンプ圧送試験結果および加圧ブリーディング試験結果参照）

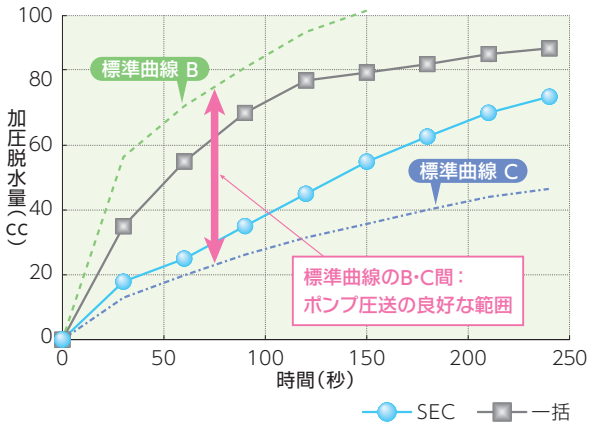
◎橋梁床板工事でのポンプ圧送試験

最大水平換算距離が300m程度のポンプ圧送試験（配管径125A、スランプ値10cm）の結果です。

吐出量をそろえた時の単位長さ当たりの圧力損失および理論圧送距離を下表に示します。

	理論吐出量（㎥/h）	圧送圧力（MPa）	圧力損失（×10⁻²MPa/m）	圧送可能距離（m）
SEC練混ぜ	40	7.5	2.2	340
一括練混ぜ			2.8	265

（加圧ブリーディング試験結果）



出典：「分割練混ぜコンクリートによる鋼橋床版の施工」
築山、大川、渡辺、門倉：土木学会関東支部講演概要集 vol.28, P734～735, 2001年

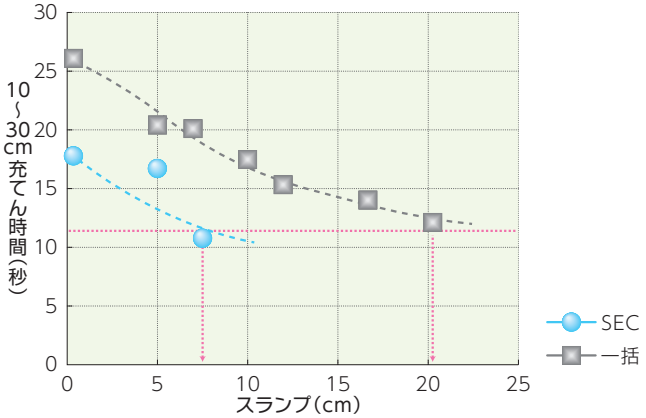
■振動下の流動性・充てん性が良い

SECコンクリートは、一括練混ぜに対して振動を加えた状態の流動性が大きいです。（振動充てん性試験結果参照）
これは、分割練混ぜのセメントペーストの流下時間が一括練混ぜに対して小さい（塑性粘度が小さい）ことが主要な理由です。
（Pロートによる流動性試験結果参照）

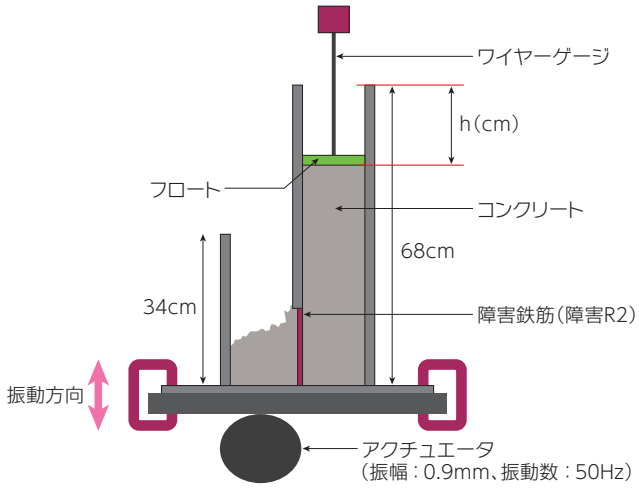
◎コンクリートの充てん性試験結果

SECコンクリートは、振動下の充てん性に優れています。
そのため小さいスランプでも十分な充てん性が確保できます。

振動充てん性能試験結果



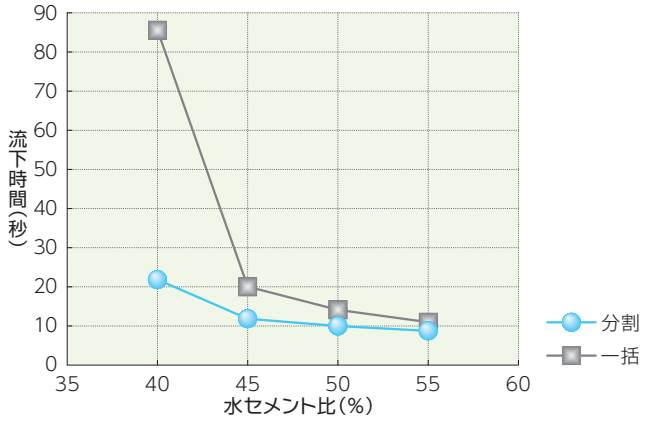
（振動充てん性試験装置）



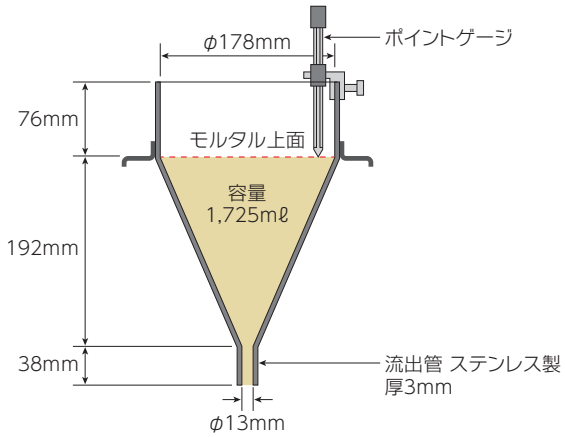
出典：「コンクリートの振動充てん性能に及ぼすフレッシュ性状の影響」
伊達ほか：コンクリート工学年次論文集 vol.29, No.2, 2007

◎セメントペースト流動性試験結果

Pロートによる流動性試験結果（練上り10分後）

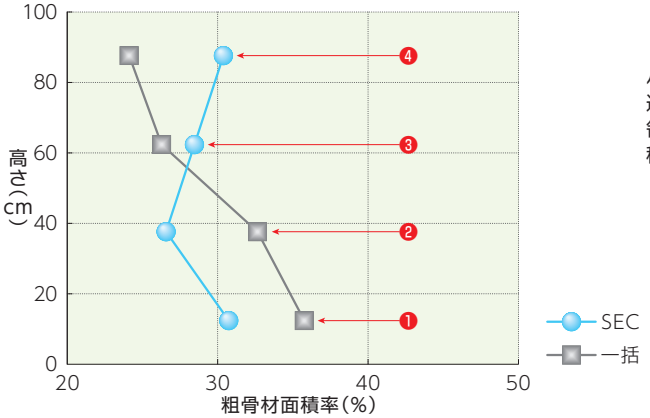


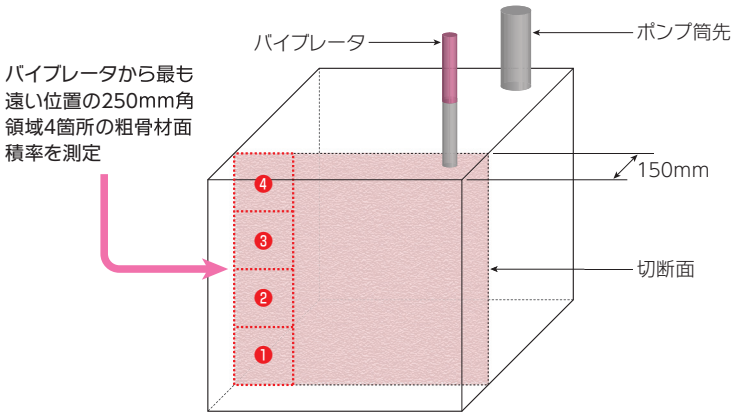
（流動性試験装置：Pロート試験器）



■分離抵抗性が大きい

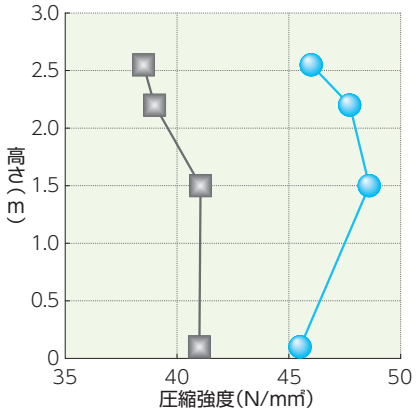
SECコンクリートは一括練混ぜと比べて、打込まれたコンクリートに含まれる粗骨材量の変動が小さいです。これは分離抵抗性が大きいので粗骨材の沈降が少なくなるためです。1m角の過密鉄筋試験体にコンクリート（水結合材比50%、スランプ値21cm）を打込み、硬化後断面を切断して粗骨材面積率を測定した結果を下図に示します。

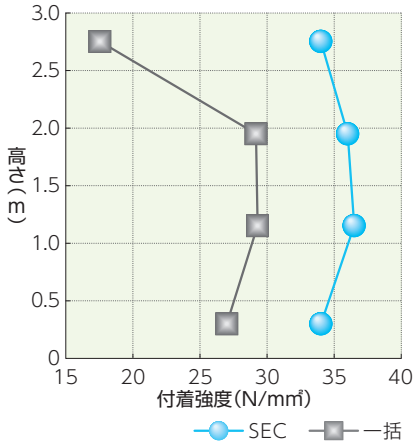




SECコンクリートは圧縮強度や付着強度が高く、均質で耐久性の良い高品質のコンクリートです。

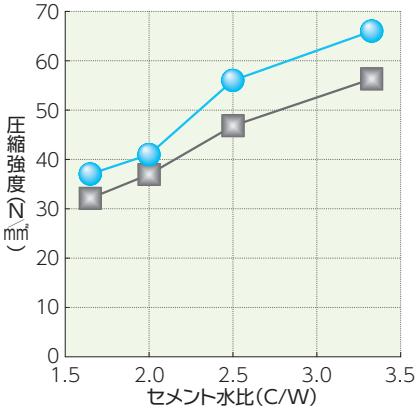
■圧縮強度、鉄筋との付着強度が高く均質

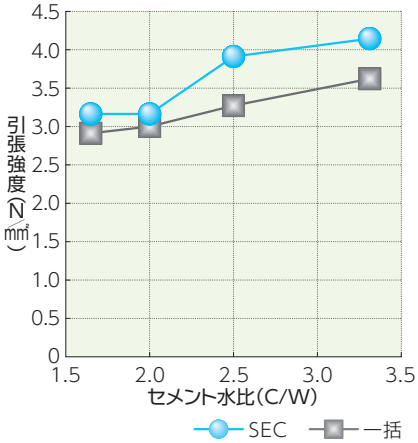




高さ：3m、幅：0.8m、厚さ：0.15mの壁状試験体

■圧縮・引張強度が高い



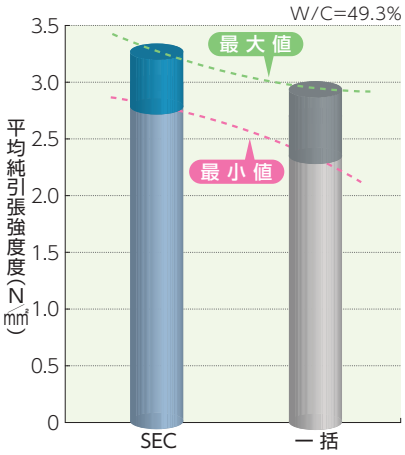


出典：「SECコンクリートの特性と建築工事への適用」
加賀、山本、伊東：建築の技術施工 P53～64, 1981年10月

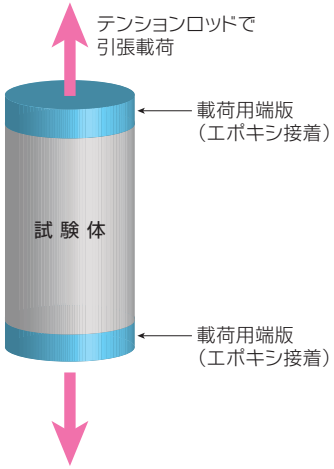
■引張強度が大きく変動幅が小さい

SECコンクリートは一括練混ぜコンクリート比べ純引張強度が大きく、その変動幅は小さいです。
構造物のコンクリートとして、品質の安定と、クラック発生低減に貢献します。

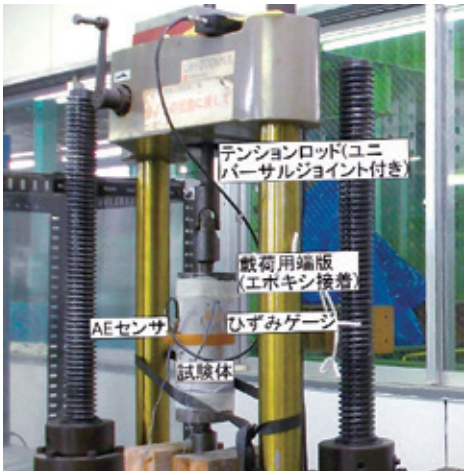
平均純引張強度の比較（供試体数 各5本）



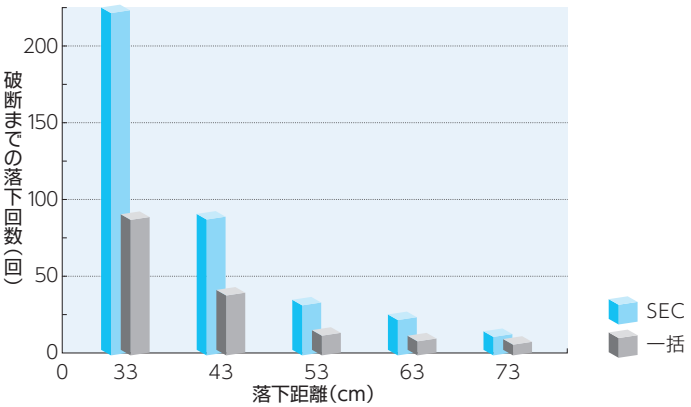
純引張試験供試体

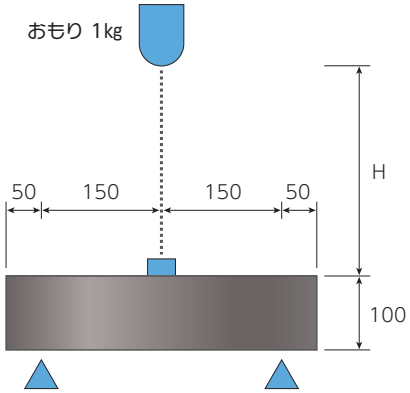


引張試験状況



■繰り返し衝撃曲げ耐力が大きい

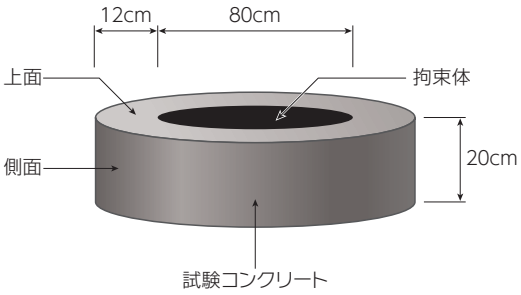




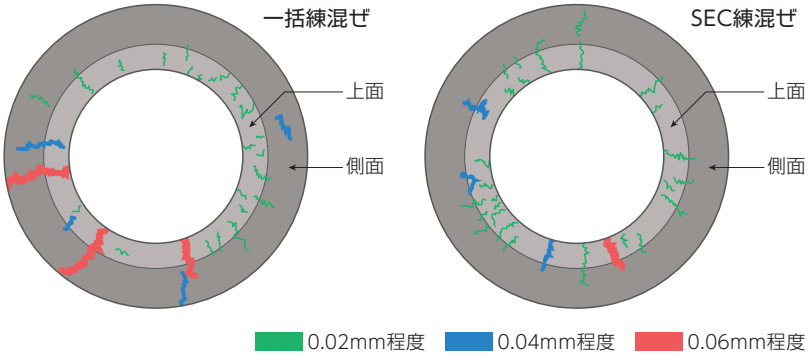
出典：「SECコンクリートの特性と建築工事への適用」
加賀、山本、伊東：建築の技術施工 P53～64, 1981年10月

■乾燥収縮ひび割れ幅が少ない（内面拘束：拘束体の周囲にリング状の試験コンクリートを打込んだ）

◎試験体概要図



◎ひび割れ状況（展開図）



◎比較のために時間経過毎のクラック面積（ひび割れ長さ×ひび割れ幅）を比較して表に示します。

SEC練混ぜはクラック面積が約1/3となっています。

単位：mm²

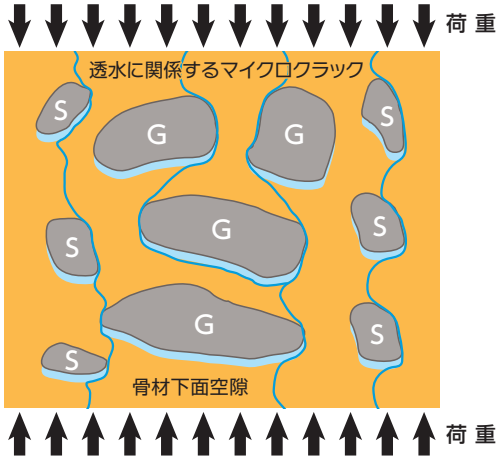
	材　齢				
	21日	26日	32日	39日	46日
SEC練混ぜ	0	36.1	37.5	58.4	65.3
一括練混ぜ	6.7	108.6	149.5	161.8	201.4

出典：「SECコンクリートの乾燥収縮ひび割れに関する基礎的研究」
辻、伊東、山本：セメント技術年報 vol.36, 1982年

■透水係数が小さい

透水試験の結果では、載荷をしない通常の場合、SECコンクリートの方が透水係数は小さいです。
さらに、破壊荷重の35%、85%の荷重を載荷した後のコンクリートの透水係数は、一括練混ぜは増加しますが、SEC練混ぜでは35%まで増加しません。
SEC練混ぜと一括練混ぜの透水係数の比率は、載荷荷重の増加に応じて大きく増加します。これは、一括練混ぜのコンクリートのほうが載荷に対し微小なクラックの成長が著しく進み（クラック進展概念図参照）、透水係数が増加するためと考えられます。

◎クラック進展概念図



◎載荷後の透水試験結果

載荷応力レベル（%）		0	35	85
透水係数（$\times 10^{-13}$m/秒）	SEC練混ぜ	5.2	5.3	50.4
	一括練混ぜ	6.9	12.5	660.0
比　率（=一括/SEC）		1.33	2.36	13.1

＊応力載荷レベルが0%は無載荷を示す。（当社データ）

SEC練混ぜの特長とその効果・要因

SEC練混ぜの特長は「一次練混ぜ」を行うことです。 その役割と要因・効果を示します。

一次練混ぜの役割

❶骨材の表面に水を均等に配置した後、セメントと練混ぜる。
- セメントのキャピラリー*1)状態での練混ぜを行う。

❷骨材の周囲の水とセメントを骨材ごと練混ぜる。
- セメント混練物の効率的な練混ぜができる。

❸セメントをキャピラリー状態で骨材の表面に層として固着させる。
- 強固な「造殻体」を製造する練混ぜとなる。

キャピラリーペースト*2)を製造する

❶ペーストのブリーディング発生量が小さい。
- コンクリート・モルタルの場合も小さくなる。
- 振動を加えてもブリーディングは増加しない。

❷ペーストの塑性粘度が小さい（振動下、流動時）。
- 充てん性・流動性・ポンプ圧送性が向上する。

❸ペーストの降伏値が大きい。
- コンクリートの分離抵抗性が大きい。
- もったり感がある練り状態となる。

骨材の周囲をキャピラリー状セメントで造殻*3)する

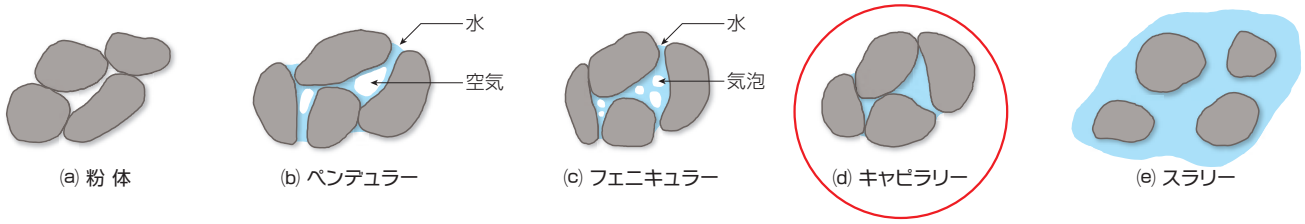
❶骨材の表面が改質される。
- 骨材の付着物等による表面欠陥が少なくなる。
- 周囲ペーストとの付着が向上する。
  - ア）載荷に伴うクラックの発生と進展が抑制される。
  - イ）引張強度のバラツキが小さくなる。
  - ウ）圧縮強度が増加する。

❷造殻体によるボールベアリング効果がある。
- ポンプ圧送性が向上する。
- 振動下の流動性・充てん性が向上する。

【注 記】

*1）：キャピラリーとは

粉体が液体と混合されるとき液体の量の増加に応じて下図の各相を右方向へ変化します。
キャピラリー状態とはその一つで、このとき粒子間が液体で満たされ、粒子間の結合力が最大となります。
したがって、練混ぜトルクも最大となります。（大きなせん断力を加えるキャピラリー状態の練混ぜは、ダマの少ない均一な混ぜができます。）



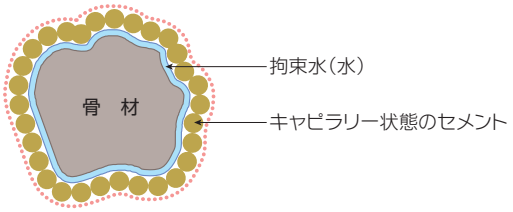
(a) 粉 体　(b) ベンデュラー　(c) フェニキュラー　(d) キャピラリー　(e) スラリー

*2）：キャピラリーペーストとは

セメントのキャピラリー練混ぜを行ったあと、さらに全配合水となるよう水を加えて練混ぜた時のスラリー状のペーストのことです。
キャピラリーペーストは前掲のように本質的にブリーディングが少なく、振動を加えた後もブリーディングは増加しません。
また、前掲のように流動時の塑性粘度も小さいため、振動を加えた時に流動性が良くなります。
SEC練混ぜのモルタル、コンクリートでもこれらの特性が発揮されます。

*3）：造殻と調整練混ぜ

骨材（砂等）に一次水を加えて調整練混ぜを行います。
調整練混ぜを行うことにより、骨材表面に均等に水を配分でき、
均一なセメントペーストの練混ぜと造殻層の形成ができます。



SECコンクリートは高品質を求められる さまざまな工事に用いられています。

◎RCセグメント

◎橋梁床版

◎桟橋コンクリート工事

◎プレキャストコンクリート

◎RCDダムコンクリート

◎ダムコンクリートのポンプ圧送（Gmax40mm、C=190kg）

◎建築コンクリートの打込み

◎コンクリート舗装工事

SECコンクリートはトンネルの吹付けコンクリートに採用され、低粉じん・低はね返りを実現し、多くの現場で採用されています。

■SEC吹付けコンクリート（分割練混ぜコンクリート）

◎SEC吹付けコンクリートは次のような特長があります。

1）粉じん発生量が低減する。

2）はね返りが少なく、急結剤の添加率も少なくてすむ。

3）高強度で耐久性に優れた吹付けコンクリートが得られる。

4）SEC練混ぜを基本とし、微粉末（シリカフューム・石灰石粉・フライアッシュ等）を混入することにより、さらに高性能・高効率化が図れる。
（（独）鉄道建設・運輸施設整備支援機構「吹付コンクリート設計・施工指針（案）」に分割練混ぜとして採用されている。）

5）ポンプ圧送性が良いため、低スランプコンクリートを圧送トラブルなく、吹付け施工することができる。

6）細骨材（砕砂・海砂など）の選択幅が比較的大きい。

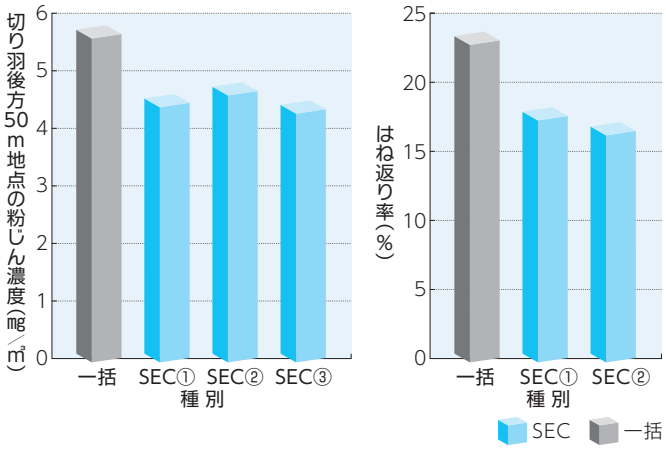
◎SEC吹付けコンクリートは経済性に優れます。

1）コスト縮減要素
（はね返り率低下、サイクルタイム短縮等による）
イ. コンクリート材料費、製造費
ロ. 急結剤費
ハ. 骨材費差（品質差）
ニ. 粉じん低減剤他の混和剤費

2）コスト増加要素
イ. 特許許諾・実施料と技術指導料
ロ. SEC対応バッチャープラント追加費

■土木研究所共同研究での試験結果

（独）土木研究所の民提案型共同研究：「ずい道建設における吹付け作業時の発生粉じん量の低減技術および局所集じんシステムの開発」（平成14年～平成16年）に参加しました。実大模擬トンネルにおける実験結果を示します。



◎模擬トンネル内部および吹付け試験状況

種　別	単位セメント量（kg/m³）	平均粉じん濃度（mg/m³）	はね返り率（%）	初期強度 3時間（N/mm²）	初期強度 24時間（N/mm²）
一　括	360	5.82	23.0	1.8	13.1
SEC①	360	4.38	17.6	2.3	13.7
SEC②	400	4.79	—	2.7	13.1
SEC③	450	4.39	16.4	2.9	13.2

【試験条件】 トンネル内空断面：80m²
坑内換気量：1,000m³/min　集じん機吸気量：1,260m³/min

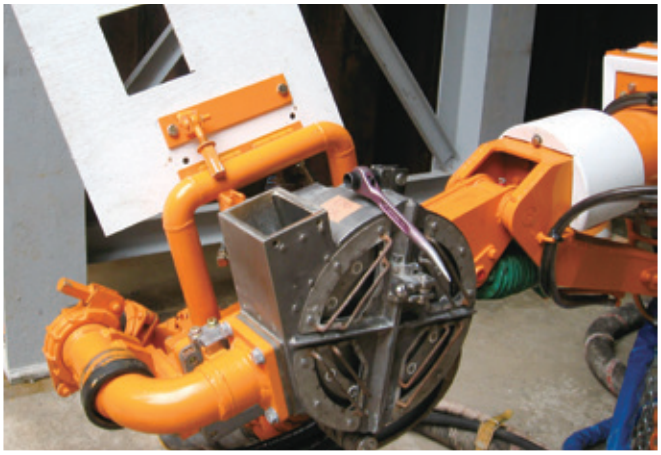
◎模擬トンネル内部および吹付け試験状況

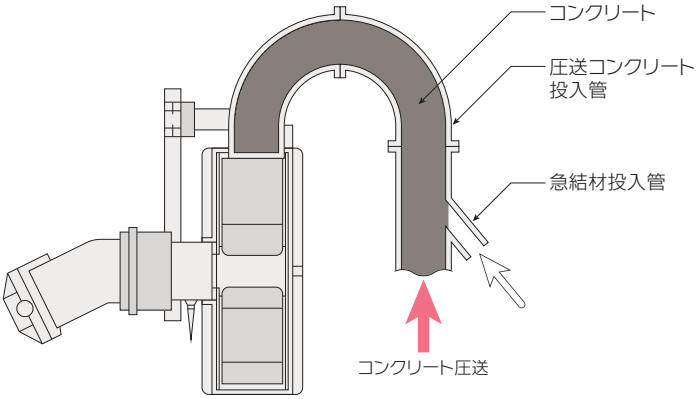
出典：「粉じん低減を目的に実施した実大模擬トンネルでの吹付け試験（その5）」
高野、鈴木、大下、波田：土木学会第60回年次学術講演会講演概要集 6-021, P4～5, 2005年

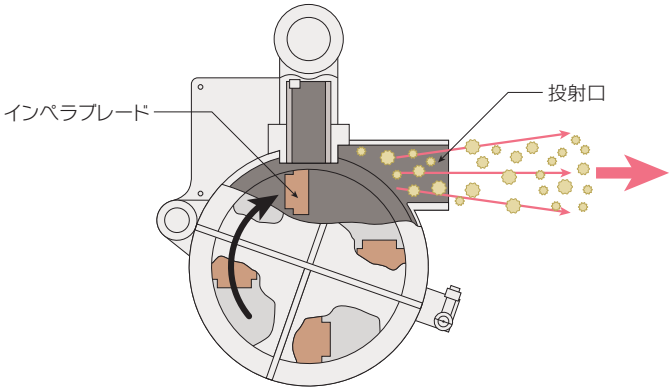
吹付けエアを使用しない打撃投射方式による、「超低粉じん・低はね返り」のエアレス吹付け機を販売し、実績を重ねています。

◎エアレス吹付けシステム（吹付け能力：最大20㎥/h ）

◎インペラヘッド部（φ30cm、65kg、2000～2500rpm）



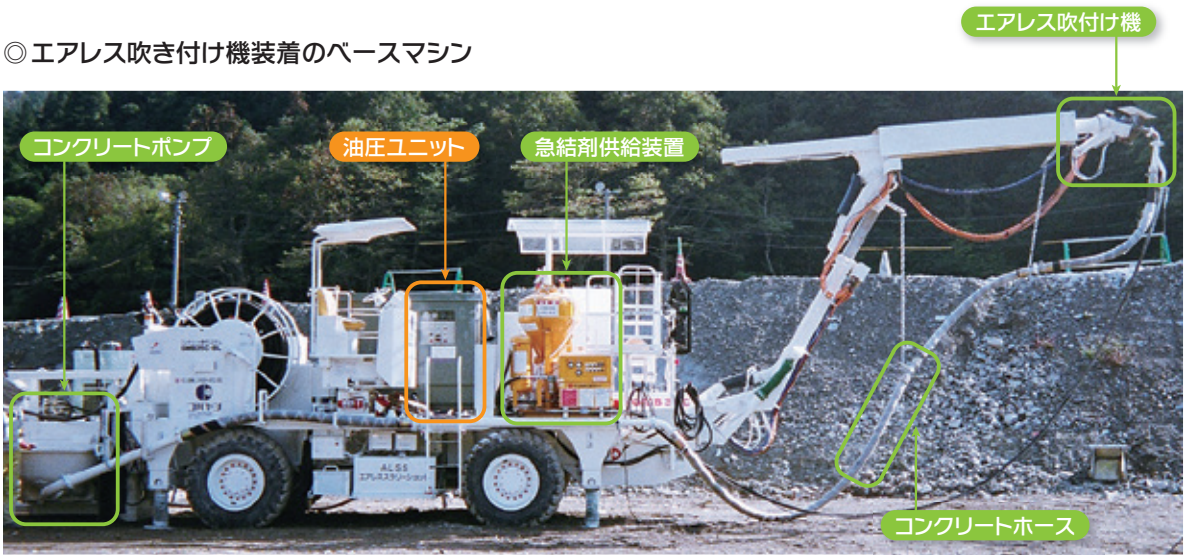




特　長

❶打撃投射方式なので粉じん発生量が従来のエアー吹付け方式に比べ大幅に小くなります。
（粉じん量：1mg/㎥以下 切羽より50m後方）
集塵設備および送排気設備が設置できない小断面トンネル工事等に最適です。
❷リバウンド量（率）が従来方式に比べ小さいです。（リバウンド率：15%程度）
❸粉体系の急結剤を使用するので早期の強度発現が大きく、湧水箇所への適用ができます。
❹吹き付け装置全体の消費電力が少なくなります。（20kw/時間 程度減少）

◎エアレス吹き付け機装着のベースマシン



試験研究所では、各種コンクリート試験装置を用いて、コンクリートに関するエンジニアリング業務を行っています。

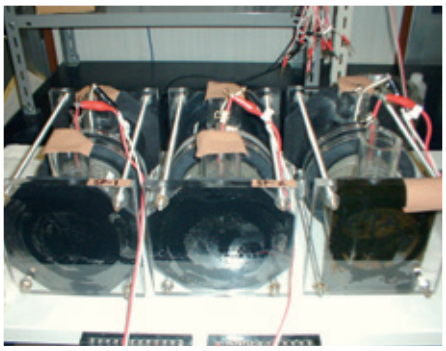
◎輪荷重走行疲労試験装置

◎構造試験装置(門型)

◎材料強度試験装置

◎凍結融解試験装置

◎塩分電気泳動試験装置



◎促進中性化試験装置

◎透水･透気試験装置

試験業務内容

❶コンクリートの物理試験
- 強度試験、ヤング係数試験、骨材試験 等

❷コンクリートの耐久性試験
- 中性化、透水･透気、凍結融解、塩化物イオン浸透、乾燥収縮試験 等

❸構造試験
- 輪荷重走行試験、各種部材載荷試験(500t、200t)、各種材料試験 等

LEC
リブコンエンジニアリング株式会社

URL：livecon.co.jp　E-mail：livecon@livecon.co.jp

本　　社
〒101-0044 東京都千代田区鍛冶町1-8-8（神田鍛冶町ビル）
TEL.03（3257）8011（代表）　FAX.03（3257）8015

Bayside Engineering Center
〒235-8501 神奈川県横浜市磯子区新中原町
TEL.045（759）2348（代表）　FAX.045（759）2356

事業内容
- SEC工法の特許許諾･技術指導業務
- コンクリートに関するエンジニアリング業務
- 土木･建築工事に係わる機器販売
- コンクリートに関する各種試験および研究業務の受託

SECコンクリート機械協会の事務局会社
URL：livecon.co.jp/sec-kyoukai/

1403-1000FXSS(HF365)