



フロコンシートによるコンクリート表層の改善と コンクリート構造物の長寿命化への提案



 アイエスティー株式会社

1

目次



1. フロコンシートとは

1) 概要 2) 特徴 3) 機能

2. フロコンシートの品揃え

1) 一般用 2) 本実アート
3) タイル下地用

3. コンクリート表層の改善

1) 実験 2) 土木構造物
3) PC製品

4. コンクリート物性の向上

* 試験項目：断面観察、圧縮強度、吸水率
摩耗性、中性化、透気性、凍結融解

5. フロコンシート使用対象構造物

1) 現場（サイト） 2) PC工場

6. まとめ

7. 今後の対応

8. お問い合わせ先

2

1. フロコンシートとは

1) 概要

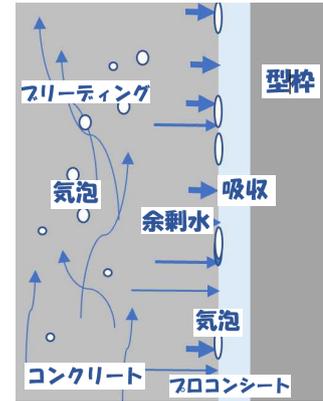
フロコンシートとはポリプロピレン製等の不織布を熱加工した吸水性・透水性・保水性を兼ね備えている特殊な積層シートです。

2) 特徴

フロコンシートは型枠に貼るだけでコンクリート表面のピンホールやボイドを除去し、平滑な表面とすることができます。また、コンクリートの表層の余剰水を吸収し、結果として水セメント比が小さくなるとともに、シートの保水機能がコンクリート表層の水和反応を促進させ、表層の品質が向上します。

3) フロコンシートの機能

- ①フロコンシートはコンクリート表層の余剰水を吸収します。
- ②そのため、型枠との界面にフリーティング現象が無く、フリーティング水の移動が無い。
- ③余剰水の吸収の深さは、硬化した組織を観察する中で表層から5~7mm程度まで影響を与えていると思われる。



フロコンシートの機能イメージ

2. フロコンシートの品揃え

1) 一般用

幅：1,000mm 厚さ：約1.0mm
長さ：30m/巻 重量：約14kg (裏面のり付き)



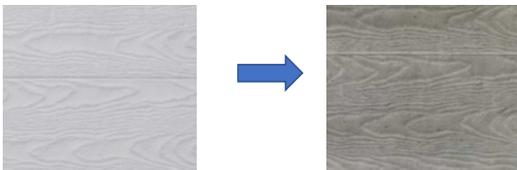
2) タイル下地用

幅：600mm 厚さ：約1.6mm
長さ：30m/巻 重量：約18kg (裏面のり付き)



3) 木目アート (本実)

美しい杉の模様を転写できます



4) その他 フロコンテープ

厚さ：0.08mm
幅：30mm





3. コンクリート表層の改善

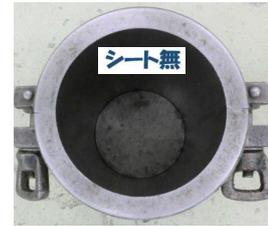
1) 実験: 脱型時のコンクリート表面状況



鋼製型枠: 100×100×400



脱型後のコンクリート表面



鋼製型枠: φ100×200



フロコンシート貼付け



シート無

脱型後のコンクリート表面

3. コンクリート表層の改善

2) -1 土木構造物: 橋脚への適応事例



< 全景 >



< 拡大 >

黒光り状況が良く判ります。

表層はガラス質状の硬質仕上げとなっています。





3. コンクリート表層の改善

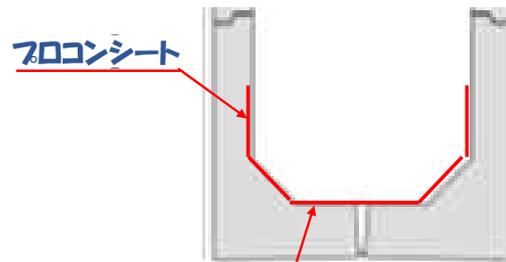
2) -2 土木構造物：支柱への適応事例

擁壁：傾斜角度45°



3. コンクリート表層の改善

3) コンクリート製品工場での適応事例：U字溝



型枠セット状況

コンクリート打設

コンクリートの仕上り面

4. コンクリート物性の向上

1) 試験概要 試験機関：太平洋コンサルタント

① 試験項目と試験体概要

| 項目 | 試験体(mm) | 試験体概要 |
|------|-------------|-------------------|
| 断面観察 | 100×100×50 | 型枠側面にシート有・無 |
| 圧縮強度 | φ100×200 | 型枠内部側面にシート有・無 |
| 吸水率 | 100×100×400 | 型枠側面にシート有・無 |
| 耐摩耗性 | 100×100×50 | 型枠側面にシート有・無 |
| 中性化 | 100×100×400 | 型枠側面にシート有・無 |
| 透気性 | 150×150×530 | 型枠側面(2面)にシート有・無 |
| 凍結融解 | 100×100×400 | 木製型枠側面(4面)にシート有・無 |



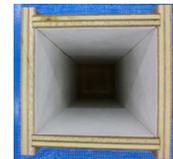
供試体寸法；100×100×400
試験項目；断面観察、吸水試験
摩耗試験、中性化試験



試験体寸法；φ100×200
試験項目；圧縮強度



試験体寸法；150×150×530
試験項目；透気試験



供試体寸法；100×100×400
試験項目；凍結融解試験

② コンクリートの使用材料

| 使用材料 | 記号 | 銘柄および産地 | 密度 (g/cm ³) |
|-------|-----|---------------------------------------|----------------------------|
| セメント | C | 普通ポルトランドセメント 太平洋セメント社製 | 3.16 |
| 水 | W | 佐倉市上水道水 | 1.00 |
| 細骨材 | S | 山砂、静岡県掛川市産 | 2.56(表乾) |
| 粗骨材 | G | 砕石2005、茨城県桜川市産 | 2.64(表乾) |
| AE減水剤 | AD1 | AE減水剤標準型 I 種、マスターボゾリスNo.70、BASFジャパン社製 | - |
| AE剤 | AD2 | AE剤、マスターエア303A BASFジャパン社製 | - |

9

③ コンクリートの配合

水セメント比55%の配合のコンクリート供試体を作製し、各種試験を実施した。

| W/C (%) | s/a (%) | 目標値 | | 単位量 (kg/m ³) | | | | 混和剤添加率 (C×%) | |
|------------|------------|--------------|------------|--------------------------|-----|-----|-----|-----------------|-------|
| | | スランブ (cm) | 空気量 (%) | W | C | S | G | AD1 | AD2 |
| 55 | 46.0 | 12±2.5 | 4.5±1.5 | 163 | 296 | 822 | 996 | 0.25 | 0.002 |



試験体作製状況

④ 試験体作製

| 試験項目 | 試験方法 |
|---------|---|
| 練混ぜ方法 | <p>ミキサ:100リットル強制練りミキサ(パン型) 試験環境:温度20±3℃、湿度60%以上(恒温室) 練混ぜ方法は、以下のとおりである。 ミキサ内に粗骨材+半分量の細骨材、セメントおよび半分量の細骨材を投入し、空練り30秒後に混和剤を溶解した水を投入し、60秒間練混ぜて、その後にかき落としを行い、更に60秒間攪拌し排出する。</p> <p style="text-align: center;">G+1/2S+C+1/2S $\xrightarrow[30秒]{\text{練混ぜ}}$ W+AD $\xrightarrow[60秒]{\text{練混ぜ}}$ かき落とし $\xrightarrow[60秒]{\text{練混ぜ}}$ 排出</p> |
| スランブ試験 | JIS A 1101「コンクリートのスランブ試験方法」に準拠する。 |
| 空気量試験 | JIS A 1128「フレッシュコンクリートの空気量の圧力による試験方法-空気室圧力方法」に準拠する。 |
| 練上り温度測定 | JIS A 1156「フレッシュコンクリートの温度測定方法」に準拠する。 |

| | | | |
|-------|----------------------------------|----------|-------|
| 件名 | プロコンシートコンクリート試験 (凍結融解試験、透気試験) | | |
| 配(調)合 | WC55 | | |
| 経時 | 分 | コンクリート温度 | 22 °C |
| スランブ | 12.5 cm | 空気量 | 4.5 % |
| フロー値 | - x - cm | 50cm到達時間 | - 秒 |
| 備考 | フレッシュコンクリート状況 | | |

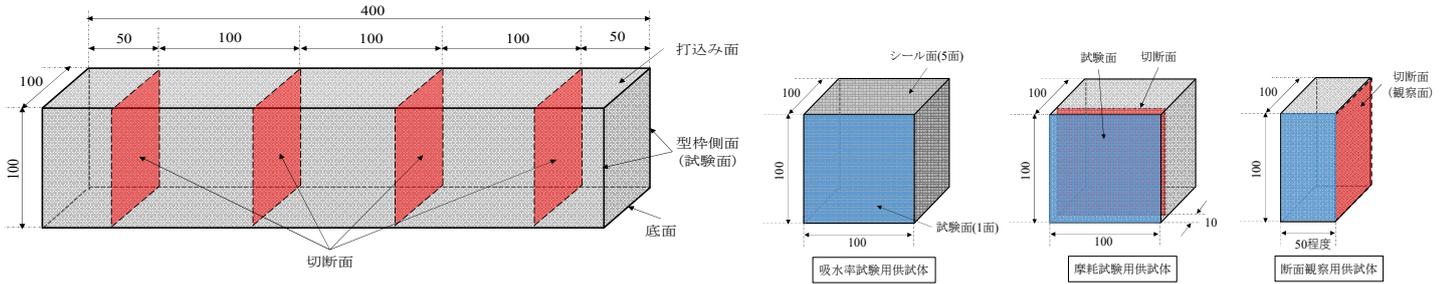
フレッシュコンクリート状況

10



⑤ 試験体概要図

吸水用、摩耗用、断面観察には供試体100×100×100mmの角柱体から切り出し、試験に供した。



⑥ 試験方法

各試験項目の試験方法は右表の通りです。

| 項目 | 試験体(mm) | 試験方法 |
|------|-------------|---------------------------------|
| 断面観察 | 100×100×50 | 走査電子顕微鏡(SEM)により観察 |
| 圧縮強度 | φ100×200 | JIA A 1108「コンクリートの圧縮試験方法」 |
| 吸水率 | 100×100×400 | JSCE-K571「表面含浸材の試験方法 6.4吸水率試験」 |
| 耐摩耗性 | 100×100×50 | JIS K 7204「プラスチック-摩耗輪による摩耗試験方法」 |
| 中性化 | 100×100×400 | JIS A 1153「コンクリートの促進中性化試験方法」 |
| 透気性 | 150×150×530 | トレント法 |
| 凍結融解 | 100×100×400 | JIS A 1148「コンクリートの凍結融解試験方法(A法)」 |

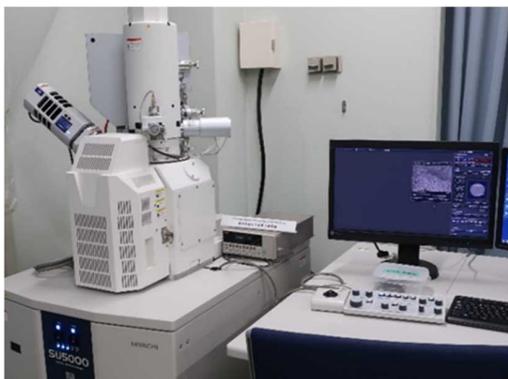
断面観察：走査電子顕微鏡 (SEM)と試料

使用装置および観察条件を以下に記す。

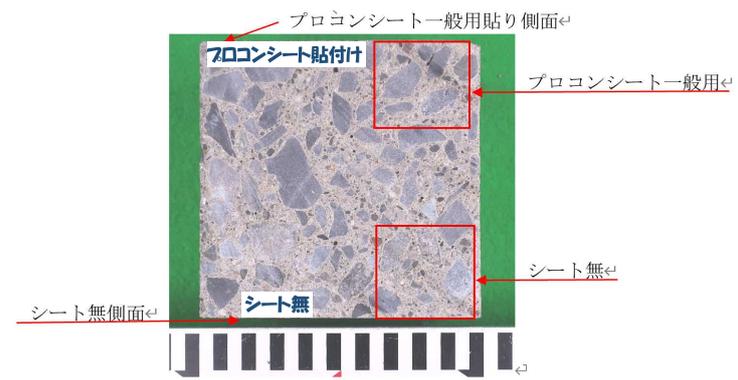
【使用装置および観察条件】

SEM :SU-5000(日立ハイテクノロジーズ社製)

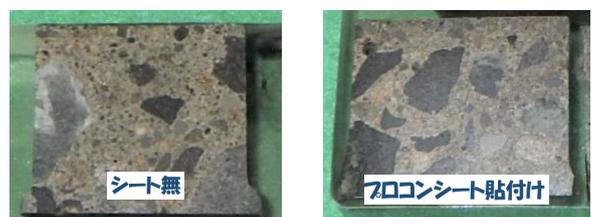
観察位置:型枠面近傍(型枠面の凹凸観察)、型枠面から深さ2.5および5mm程度の位置



SEM :SU-5000(日立ハイテクノロジーズ社製)



試料切出し位置



観察用試料



2) 試験結果と考察

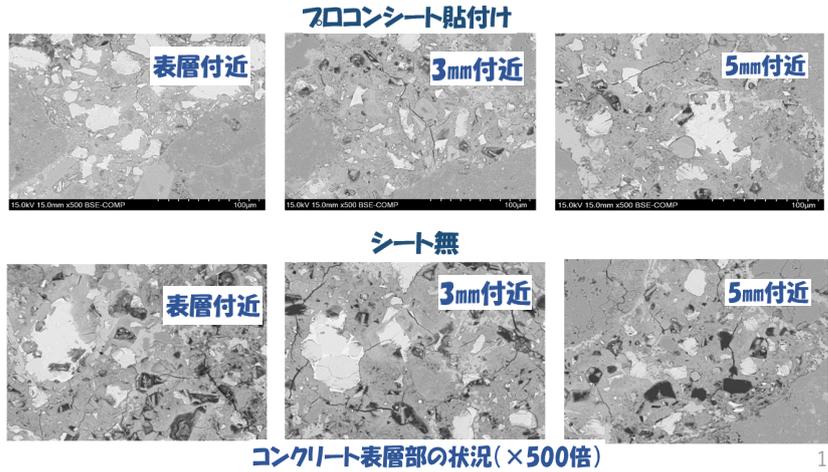
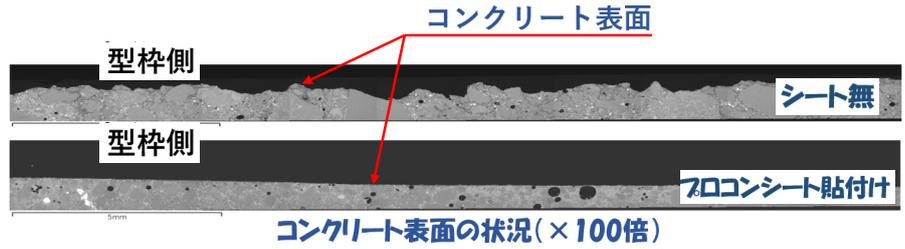
① 断面観察

*コンクリート表面の状況

脱型したコンクリートの表面の拡大写真を右図に示す。シート無は型枠界面をブリーディング水の上昇でコンクリート表面が凸凹になっている。一方、シート有ではブリーディングの発生が無く、ブリーディング水の移動が無いため、コンクリート表面が平滑になっている。

*コンクリート表層部の状況

表層から深さ5mm付近までの拡大断面写真を右図に示す。シート無は全体的に黒っぽく空隙(隙間)の多い組織が認められる一方、シート有は全体的に白っぽく緻密な組織となっている。(白い断面部はセメント粒子)

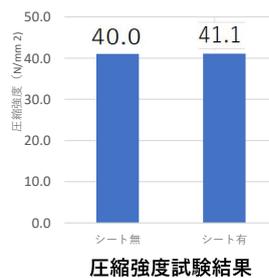


13

② 圧縮強度

供試体は、成型後、翌日まで温度20℃の恒温室に静置し、翌日、脱型した後に、温度20℃の水中にて試験(材齢28日)まで養生した。

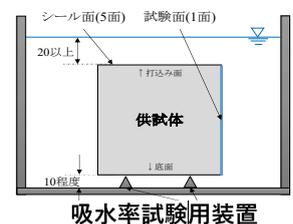
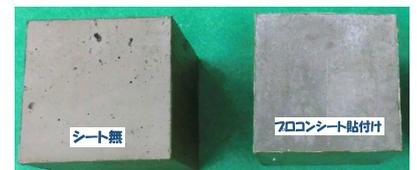
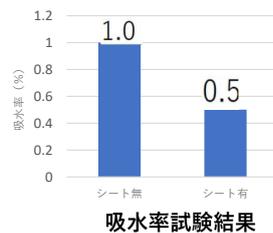
シート無は40.0N/mm²、シート有は41.1N/mm²でシートによる強度差はなく、同様な圧縮強度であった。



③ 吸水率

試験体は、切断後の供試体を材齢35日まで気温20±2℃、相対湿度60±5%の恒温恒湿室で気中養後で試験に供した。

シート無は1.0%、シート有は0.5%でシート有はシート無に比較して1/2であった。この差は断面観察の結果の通り表層部の緻密さによるものと推定できる。



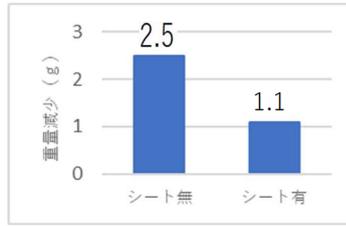
14



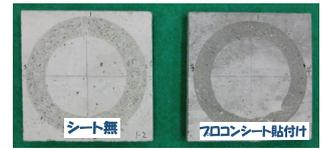
④ 摩耗性

試験体は、圧縮強度と同様な養生後に所定厚さに切断。摩耗輪H22を使用し、1000回転後の質量を測定し、摩耗による質量の減少量を測定した。

シート無は2.5g、シート有は1.1gでシート有の重量減少はシート無に比較して1/2あった。この差は断面観察の結果の通り表層の緻密さによるものであると推定できる。



摩耗性試験結果

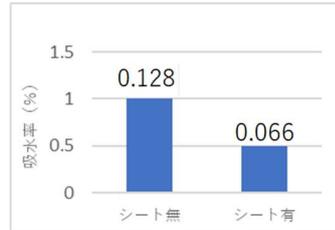


1000回転後の状況

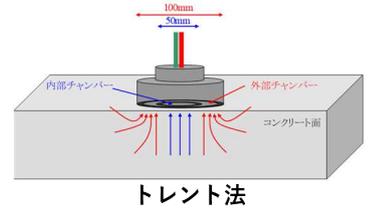
⑤ 透気性

トレント法の測定原理のイメージを図2示す。測定は、水中養生後の乾燥期間7日後(材齢35日)および14日後(材齢42日)に実施した。

シート無は0.128、シート有は0.066でグレーディングとしては、シート無は一般、シート有は良の評価であった。シート有のコンクリートの表層はシート無に比較して密実であるとの評価である。



透気性試験結果



トレント法



透気試験状況 15

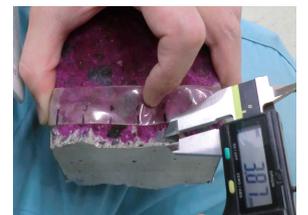
| 透気係数 | 優 | 良 | 一般 | 劣 | 極劣 |
|---------------------------------------|------------|----------|-------|------|--------|
| kT(10 ⁻¹⁶ m ²) | 0.001~0.01 | 0.01~0.1 | 0.1~1 | 1~10 | 10~100 |

品質(評価) グレーディング

⑥ 中性化

促進中性化試験は、圧縮強度と同様な養生後に、温度20±2°C、相対湿度60±5%、二酸化炭素濃度5±0.2%の恒温恒湿槽内にて材齢8週(56日)まで養生を行った。なお、促進期間は1週、4週、8週、13週および26週とした。

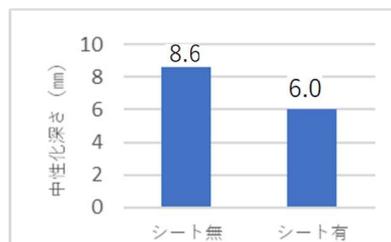
各促進期間ごとの測定結果を下表に示す。最終の促進期間26週の結果は、シート無は8.6mm、シート有は6.0mmで、シート無に比較して約70%であった。この差は断面観察の結果の通り表層の緻密さによるものと推定でき、同一な環境では鉄筋の腐食を約30%程度遅らせる事が可能と思われる。



中性化深さ測定状況

| 試料名 | 中性化深さ(mm) | | | | |
|--------------|-----------|-----|-----|-----|-----|
| | 促進期間(週) | | | | |
| | 1 | 4 | 8 | 13 | 26 |
| (シート無) | 3.2 | 4.4 | 6.3 | 6.8 | 8.6 |
| (プロコンシート一般用) | 0.2 | 0.8 | 2.0 | 2.9 | 6.0 |

促進期間毎の測定結果



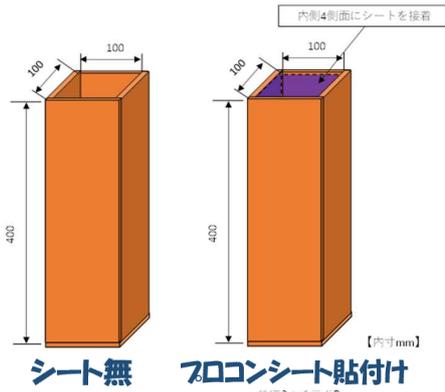
促進期間26週の測定結果



促進期間26週の測定結果

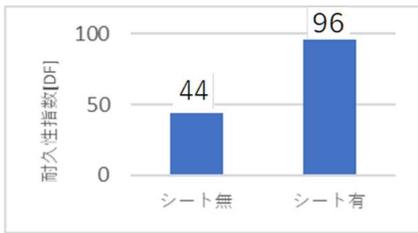


⑦凍結融解

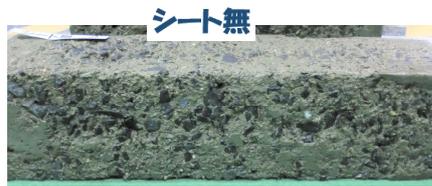


型枠は左図に示す縦型の木製型枠を使用し、圧縮強度試験と同様な養生後凍結融解試験に供した。試験は300サイクルに達した時点で終了とする。なお、凍結融解試験装置は株式会社マルイ製の凍結融解試験装置MIT-683-0-05を使用し、凍結融解サイクルにおける温度は、同一寸法の試験体の中心温度により管理した。

シート無の表面は、粗骨材も露出している一方、プロコンシートを貼り付けた表面は、損傷もなく健全である。
 耐久性指数 [DF] はシート無44、シート有96であった。



耐久性指数 [DF]



300サイクル後のコンクリート表面

⑦凍結融解



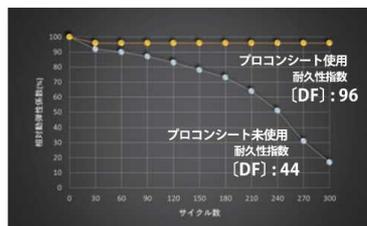
スケーリングを抑制するコンクリートの技術革新

プロコンシートの優れた耐凍害効果を実証！

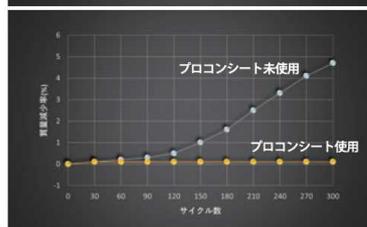


凍結融解 300回の結果

相対動弾性係数 (%)



質量減少率 (%)



製品性能試験
 株式会社太平洋コンサルタント



【プロコンシート使用】



【プロコンシート未使用】

⑧塩分浸透性試験—1

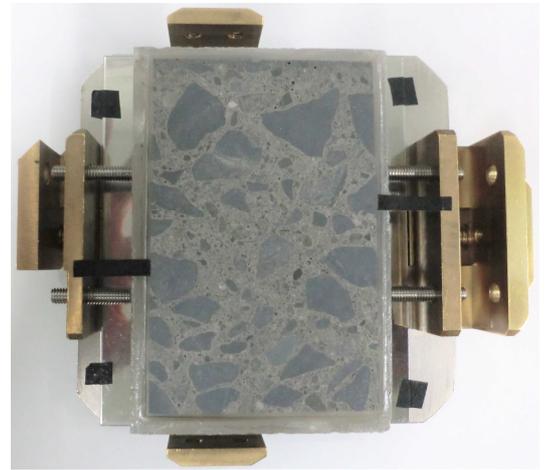
EPMA法（電子線微小部分分析装置）による塩化物イオン濃度測定

EPMA法による塩化物イオン濃度測定はJSCE-G 574「EPMA法によるコンクリート中の元素の面分析方法」により実施した。

測定機器、測定用試料を以下に示す。



測定機器



測定用試料

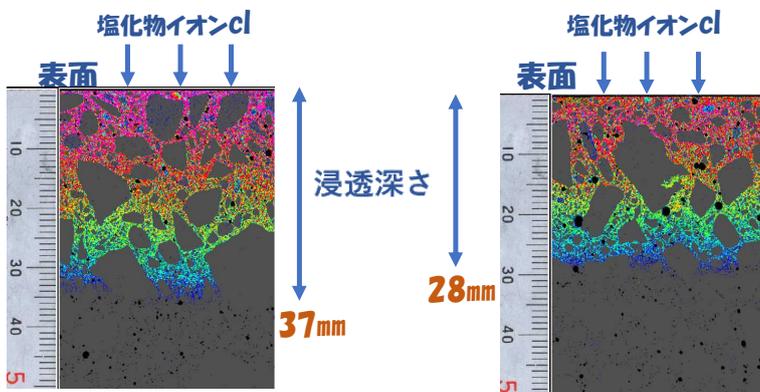
⑧塩分浸透性試験—2

塩化物イオンの浸透深さおよび拡散係数の算出は以下の通り。

拡散係数の算出はJSCE-G 572「浸せきによるコンクリート中の塩化物イオンの見掛けの拡散係数試験方法(案)」に準じた。

1) 塩化物イオンの浸透深さ

材齢6か月浸漬後の塩化物イオンの浸透状況



シート無

フロンシート

2) 見掛けの拡散係数 (D_{ap} (cm²/y))

シート無：2.99 ②フロンシート2.05

3) 鋼材腐食発生限界濃度に達する期間

条件①鋼材腐食発生限界濃度は1.75 kg/m³

条件②鉄筋のかぶり深さは50 mm

①シート無 : 1.30Y

②フロンシート : 2.23Y

フロンシートでは鋼材腐食発生限界濃度に達する期間は、シート無の1.7倍となり、コンクリート構造物の長寿命化に貢献できる



5. まとめ

フロコンシートはコンクリート表面のピンホールやボイドを除去し、表面を平滑にすると共に表層の密実化が図れ、各種物性を向上させることが確認できました。

まとめると以下の通りです。

- ①圧縮強度：配合は同一であり、同等である。（圧縮強度：40.0⇔41.1 N/mm²）
- ②吸水率：50%低減できる。（吸水率：1.0%→0.5%）
- ③耐摩耗性：56%向上できる。（重量減少：2.5g→1.1g）
- ④透気性：48%向上できる。（透気係数：0.128→0.066）
- ⑤中性化：30%低減できる。（中性化深さ：8.6mm→6.0mm）
- ⑥凍結融解：表面のスケールが全くない。（耐久性指数：44%→96%）
- ⑦塩分浸透：鋼材腐食発生限界濃度に達する期間は、1.7倍と長くなる。
（期間：1.30Y→2.33Y）

21

6. フロコンシート使用対象構造物



1) 現場（サイト）

- ①土木：凍害・塩害（想定）環境にある構造物
ピンホール・ボイドが発生している構造物
- ②建築：打ち放しコンクリートの建築物
本実（アート）案件など意匠性の高い建築物
特に付着強度を期待したい建築物（タイル下地）

2) PC工場

- ピンホール・ボイドが発生し、補修を実施している
建築・土木用PC製品

22



7. 今後の対応

- ①フロコンシートは転用回数が3回～4回使用出来ますのでコスト面では表面に発生するピンホールやクラック等の補修費の低減、また建築現場においては足場の費用等が大幅に減少でき、トータルコストの低減が可能となります。又、安全面では省人化に伴う危険率の減少が見込まれます。
- ②さらに環境面では、現在主に使用されている塗装ベニヤ型枠を国産材の間伐材を取り入れて行く事が山林の保善と地域活性化にも繋がりますので、大手製造メーカー様と一緒に間伐材を使用したフロコンパネルを製造致しまして試験施工を致しております。
- ③フロコンシートの数多くの効果と特長を活かし、今求められている国土強靱化、SDGs、カーボンニュートラル等の大きなテーマに対して、少しでも貢献出来る事を目指して参りますので今後共何卒宜しく御願い申し上げます。

23

8. お問い合わせ先

 アイエスティー株式会社

代表取締役 近森精志

住所：〒104-0061 東京都中央区銀座8-10-3 銀座三鈴ビル8F

TEL 03-3569-3339 FAX 03-3569-3313

<http://www.istcorp.co.jp/>



24



ご清聴ありがとうございました。