

補修・補強分野での機械化施工技術

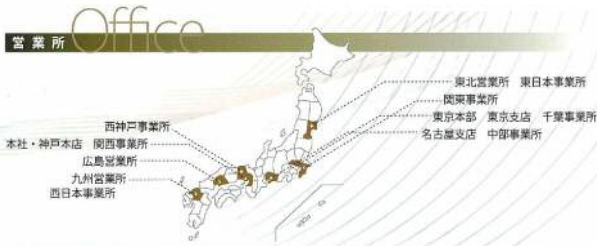
2016年 11月22日

株式会社ケミカル工事
事業統括本部 プロジェクト推進室
神田利之

目 次

1. (株)ケミカル工事のご紹介
2. 床版補修急速施工システム
3. 増厚床版剥離部補修システム
4. 桁端部下面補修システム
5. ケミカル工事の吹付システム（湿式・乾式）

1-1 会社概要

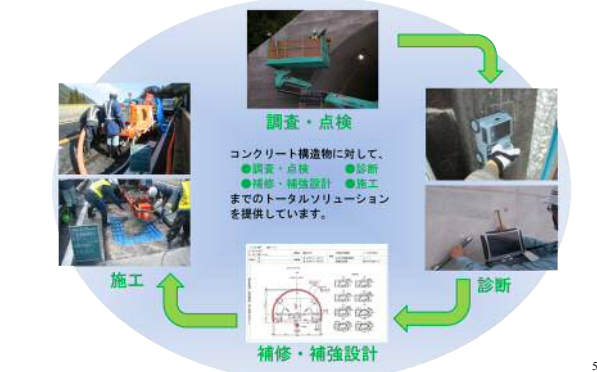


資本金 60,000,000円
 売上 38億円 (2015年度)
 社員数 計98名 (男性)90名 (女性)8名

1-2 沿革 ~History~

- 昭和49年10月 土木・建築コンクリート構造物の補修・補強専門工事会社として設立
- 昭和50年 4月 我が国初めての現場練り連続ミキシングプラント『コンクリートモービル車』を導入
- 昭和54~56年 調査部門を強化し、調査から設計、施工までのトータルシステムを確立
- 平成 5年 4月 ウォータージェット導入
- 平成 7年 1月 阪神・淡路大震災の発生
- 平成10年10月 20台目のコンクリートモービル車導入
- 平成13年 5月 コンクリート・ポリウレタン保護システム工法の導入
- 平成20年 9月 ストラクチャスキャンによる調査・診断を導入
- 平成21年 6月 蛍光X線分析機による塩分量測定試験を導入
- 平成23年 3月 東日本大震災の発生

1-3 業務内容(フロー)



1-3 業務内容(一般業務)

- 調査・診断業務
 - ・土木構造物・建築物の調査診断業務
 - ・橋梁点検業務
 - ・非破壊調査業務（鉄筋探査・赤外線・衝撃弾性波・超音波・鉄筋腐食度他）
 - ・微破壊調査業務（ソフトコアリング・ポス試験体・孔内局部載荷試験）
 - ・劣化診断業務（中性化試験・塩分量試験・残存膨張量試験他）
- 補修・補強工事
 - ・港湾構造物補修補強工事（棧橋・係留施設等）
 - ・橋梁補修補強工事（NEXCO・国土交通省・地方自治体）
 - ・民間工場補修工事（鉄鋼会社・製紙会社等）
 - ・鉄道関連工事

1-3 業務内容(調査事例)

コアボーリング
自然電位測定
鉄筋探査
外観変状調査
空洞確認調査

7

1-3 業務内容(調査機器例)

RCレーダー
ストックサースキャン
プロフォメーター
PS1000 X-Scan
赤外線サーモグラフィ
超音波法エルソニック
衝撃弾性波法CKK-300
超音波試験機ハンズオン
シュットルワーム
自然電位測定キャンビン
ビデオスコープ
蛍光X線分析装置

8

1-4 保有システム

- JECOMOシステムを用いた超速硬化コンクリートなどの混練
- ウォータージェットシステムを用いたコンクリートの下地処理から大規模除去
- モルタル吹付けシステムを用いた小～大断面修復、特殊モルタルの吹付け
- 可塑性モルタル(JETMS)、エアモルタルなどの充填施工
- ウレタン吹付けシステムを用いた防水、防食施工
- 電気化学的補修工法の施工(エルガードシステム、脱塩、再アルカリ化)
- 炭素繊維、アラミド繊維、鋼板などを用いた補強工事
- 塩害、中性化、ASR等による劣化対策工法の施工(表面含浸、表面被覆)
- GECS工法～橋梁桁端部・狭隙部塩害対策電気防食補修工法～
(東日本高速道路との共同開発)
- 橋梁桁遊間部補修システム(東日本高速道路との共同開発)
- 橋梁桁遊間部止水システム(西日本高速道路エンジニアリング関西との共同開発)
- 増厚床版空隙補修システム(西日本高速道路エンジニアリング関西との共同開発)

9

1-5 保有特殊機械

モバイル車
ポリウレタン保護システム
WJ(コンクリートバスター)
WJ(デジコンロボット)

10

1-7 ケミカル工事の特殊工法(損傷例)

既設床版の土砂化
水平剥離
舗装
既設床版(上面増厚床版)
既設床版
橋台
桁端部の劣化損傷
漏水
桁遊間部の損傷

11

1-6 ケミカル工事の特殊工法(対策工法)

床版補修急速施工システム
増厚床版剥離部補修システム
舗装
既設床版(上面増厚床版)
既設床版
橋台
桁遊間部止水工法
橋梁遊間部補修工法
桁端部下面補修工法
or
GECS工法(WJ+吹付+電気防食)

12

2. 床版補修急速施工システム

床版上面の劣化状況



13

2. 床版補修急速施工システム

本工法の組合せ

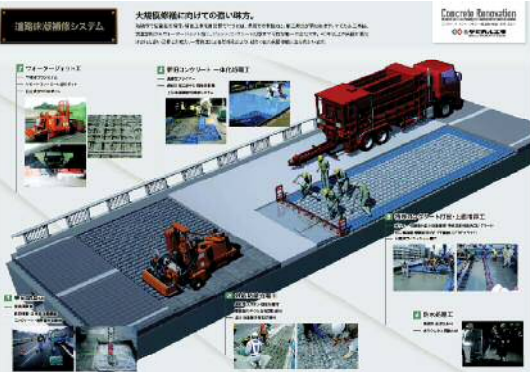
水の力によるコンクリートのはつりを可能にするウォータージェット + 3時間で24N/mm²以上の強度発現を可能にする超速硬コンクリート



14

2. 床版補修急速施工システム

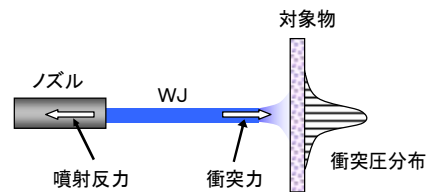
床版補修のイメージ



15

2. 床版補修急速施工システム

WJによる破碎のメカニズム



- ① 衝突力(衝撃力)による破壊 ⇒ 水撃作用(瞬間的力)
- ② 水くさび作用 ⇒ クラック内へ水圧が浸透し、破壊
- ③ 衝突圧によるミクロな破壊 ⇒ 切削作用、変形作用

16

2. 床版補修急速施工システム

WJ工法の特徴

- コンクリートはつり面におけるマイクロクラックがほとんど発生しないため、構造物への影響が少ない
- 鉄筋に損傷を与えない
- 手はつりよりも振動や騒音が小さい
- コンクリートの脆弱部だけを除去する選択的なコンクリート除去処理が可能
- 圧力の調整によって、対象物の塗膜や付着物だけを除去することが可能

17

2. 床版補修急速施工システム

ノズルの運動方式の種類

ノズル運動方式	旋回							
	斜角噴流		直角噴流(多穴)	衝突噴流(多穴)	回転噴流	揺動(単穴)		
	単穴	多穴	A	B	C	D	E	F
WJ(R)コンクリート除去処理	○	○			○			○
WJ(ST)塗膜処理	○	○			○		○	
WJ(T)腐蝕	○	○			○			○
WJ(CB)塗膜除去処理		○	○			○		
WJ(CL)洗浄処理		○	○			○		
WJ(RSR)すべり抵抗面復元処理			○					

18

2. 床版補修急速施工システム

ノズル形状による品質への影響

斜角噴流（単穴）ノズル

● 鉄筋裏に除去残りが発生
● 平坦性が確保しづらい

衝突噴流（多穴）ノズル（コリジョンジェットノズル）

水と水を衝突させ、エネルギーを消失

衝突点以深は破壊されない

● 鉄筋裏も確実に除去できる
● 平坦性が確保できる

2. 床版補修急速施工システム

コリジョンジェットノズルの採用

WJ 破砕装置（コンクリートバスター）

コリジョンジェットノズル

はつり作業状況

はつり後の状況

2. 床版補修急速施工システム

ジェコモシステム（モービル車）とは

多種多様（普通セメント・超速硬セメント）なコンクリート、モルタルを所定の配合で**現地にて混練・排出するシステム**

2. 床版補修急速施工システム

超速硬コンクリート

連続計量・混練

超速硬セメント
水道水
細骨材（粗粒率2.5～3.2程度）
粗骨材（粗粒率6.5～7.5程度）
高性能減水剤
凝結遅延剤

超速硬コンクリートの特徴

打設後3時間で実用強度発現（24N/mm²以上）
長期にわたり、安定した強度の増進
専用凝結遅延剤により、硬化時間を任意に調整
ブリーディングが殆ど無く、打設後の沈下がない

2. 床版補修急速施工システム

ジェコモシステム（モービル車）の特徴

- ①モービル車は、トラックシャーシに加装することにより機動性に優れ、山間部や生コン工場がない場所でも製造・供給が可能
- ②モービル車は、現地製造の為、各材料を現地搬入し供給する事により大量に製造・供給が可能
- ③モービル車は、現地で必要な量を混練する為、材料ロスが非常に少なく、1m³未満の小規模～100m³を超える大規模まで供給可能
- ④モービル車は、所定強度の超速硬コンクリートを必要な時に必要な量を1時間当たり6～10m³/hで品質の安定したコンクリートを製造・供給が可能
- ⑤モービル車はコンクリートだけでなく、モルタルやセメントペースト、又は骨材の空練りなど、様々な用途・種類の製造・供給が可能

2. 床版補修急速施工システム

床版の劣化損傷状況（上面）

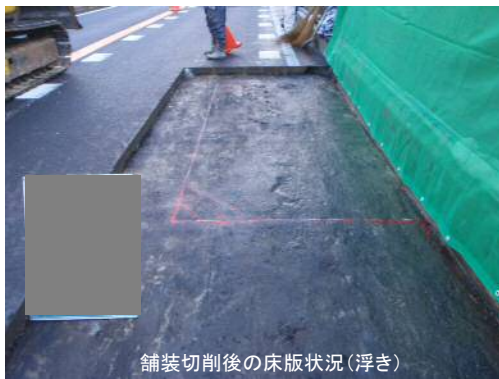
大型車の繰返し荷重による疲労や塩害、凍害などの複合劣化により床版が土砂化（砂利化）している。

RC床版の土砂化

RC床版の土砂化

2. 床版補修急速施工システム

施工事例(部分補修) ～床版状況～



25

2. 床版補修急速施工システム

施工事例(部分補修) ～WJによるはつり～



26

2. 床版補修急速施工システム

施工事例(部分補修) ～清掃～



27

2. 床版補修急速施工システム

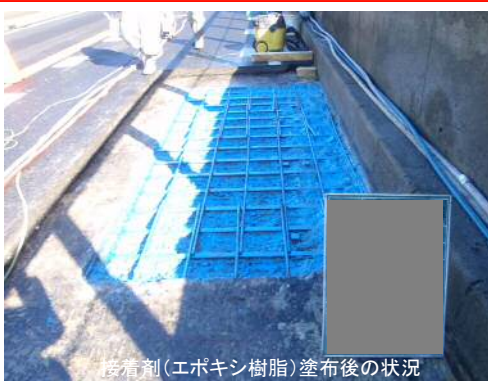
施工事例(部分補修) ～はつり後の状況～



28

2. 床版補修急速施工システム

施工事例(部分補修) ～接着剤塗布～



29

2. 床版補修急速施工システム

施工事例(部分補修) ～超速硬コンクリート～



30

2. 床版補修急速施工システム

施工事例(部分補修) ～超速硬コンクリート打設完了～

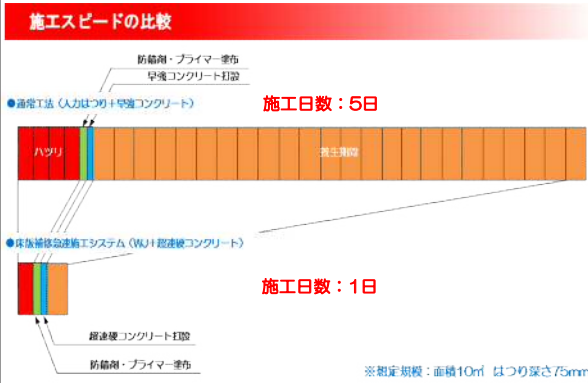


超速硬コンクリート打設完了状況

31

2. 床版補修急速施工システム

施工スピードの比較



●普通工法 (人力はつり+早強コンクリート) 施工日数：5日

●床版補修急速施工システム (WJ+超速硬コンクリート) 施工日数：1日


※想定規模：面積10㎡ はつり深さ75mm

32

3. 増厚床版剥離部補修システム

開発の目的

上面増厚工法により補修したRC床版と、既設床版との境界部において水平剥離の発生が顕在化



施工目地

施工目地からの雨水の侵入状況

剥離部で堆積したすり磨き粉の露出

既設床版と増厚床版に生じた剥離状況

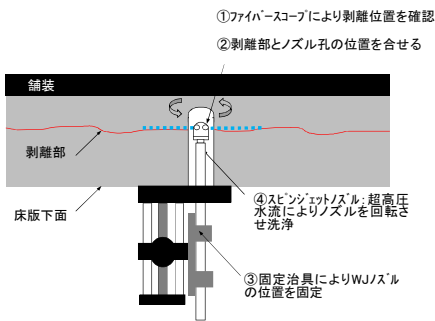
剥離部において、すり磨き現象によって砂利化し、床版の一体性が失われ、本来の機能を果たされていないのが現状

本研究開発では、土砂化が生じた当該部位の洗浄を行い、充填(接着)材を注入することによる補修工法の開発を行う

本補修工法は、床版下面から実施するため、交通規制を必要としない

3. 増厚床版剥離部補修システム

スピジェットノズルの概要



- ①ファイバースコープにより剥離位置を確認
- ②剥離部とノズル孔の位置を合わせる
- ③固定治具によりWJノズルの位置を固定
- ④スピジェットノズル:超高压水流によりノズルを回転させ洗浄

34

3. 増厚床版剥離部補修システム

洗浄方法



洗浄概要図

器具取付状況

注水時間:1分30秒
ホース露出:30秒

洗浄状況

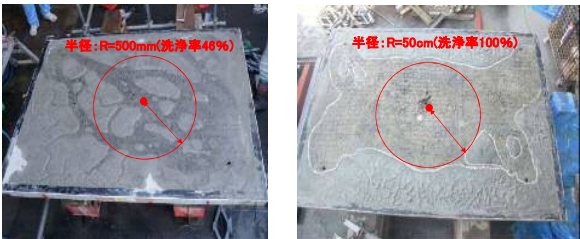
35

3. 増厚床版剥離部補修システム

洗浄試験比較 ～模擬試験～

【試験結果】

- ・洗浄率:ロータリーポンプ ⇒ 48%、スピジェットノズル ⇒ 100%
- ⇒ 洗浄孔の配置間隔は、500mm間隔で千鳥配置が有効



半径:R=500mm(洗浄率48%)

半径:R=500mm(洗浄率100%)

ロータリーポンプを使用した場合 (圧力1.3MPa, 水量16ℓ/min)

回転式スピジェットノズルを使用した場合 (圧力240MPa, 水量38ℓ/min)⁵⁶

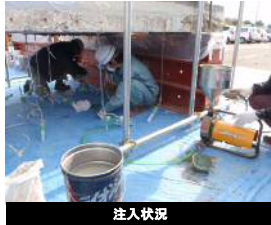
3. 増厚床版剥離部補修システム

樹脂注入方法


【使用材料一覧】

使用材料	粘度	収縮率
エポキシ系樹脂	650mPa・s	1.3%
アクリル系樹脂	300mPa・s	2.7%

【使用機械】



注入状況



電動ロータリー注入器
(吐出圧力1.4MPa 吐出量1.9L/min)

3. 増厚床版剥離部補修システム

注入試験結果

【試験結果】

- ひび割れ幅に関係なく、0.1~2.0mmのひび割れに確実に充填が可能
- 二重・三重のひび割れにも確実に充填が可能



注入前

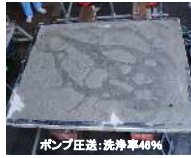


注入後


3. 増厚床版剥離部補修システム

本補修システムの利点(その1)

- ①交通規制をせずに施工が可能のため、交通渋滞が生じず、社会的影響の低減につながる
- ②高速道路リフレッシュ工事期間外に施工が可能のため、年間を通じての工事の平準化が図れる。また、不足の事態でも対処が可能となる(未充填箇所への再注入などの対応可)
- ③洗浄方法が特殊ウォータージェット工法により強制的に空隙部を洗浄するため、洗浄率が向上する。



ポンプ圧送: 洗浄率40%

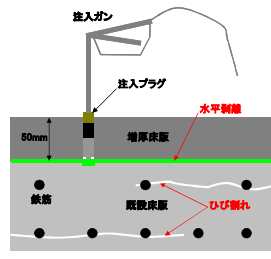


スピンジェットノズル: 洗浄率100%

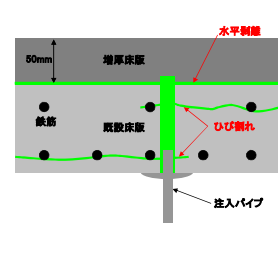
3. 増厚床版剥離部補修システム

本補修システムの利点(その2)

- ④注入材の充填方法が床版下面から増厚部まで注入するため、二重・三重の空隙に対して全て充填が可能となる



増厚床版上面から注入する方法



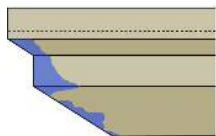

既設床版下面から注入する方法

4. 桁端部下面補修システム

1. 桁端部下面補修システムの概要

背景

- 橋梁の端部は、伸縮装置からの凍結防止剤等による塩分濃度の高い漏水が原因で、塩害等による損傷が多く発生している。竣工時かぶり不足の箇所も多い。
- RC中空床版端部は、橋台(橋脚)天端と主版下面との隙間が、14cm~20cm程度であることが多く、確実な補修が困難であった。
- RC中空床版端部は、第三者被害想定箇所ではない箇所が多いため、補修が先送りされてきた。

14cm~20cm

4. 桁端部下面補修システム

1. 桁端部補修工法の概要

RC中空床版端部の補修は、現場条件が14cm~20cm程度の狭隙部となることから、補修においては大きく分けて、①劣化コンクリートの除去方法、②断面修復方法が課題となる。

①劣化コンクリート除去方法

「鉄筋を損傷させない」「マイクログラックを発生させない」
⇒ウォータージェット工法でコンクリートの劣化部除去を行う。

確認項目

- ・劣化コンクリート除去面の平坦性・セレクトィビティ
- ・鉄筋背面コンクリートの確実な除去
- ・劣化コンクリート除去の所要時間の短縮

②断面修復方法

旧コンクリートとの密実性を考慮し、吹付け工法を基本とし実施する。

確認項目

- ・充填性(鉄筋背面および既設床版界面)
- ・既存コンクリートとの付着性能
- ・材料ロス

4. 桁端部下面補修システム

2. ウォータジェットによる劣化コンクリートの除去

試験体配置

作成した試験体をコンクリート台座の上に離隔を140mmとして配置し、桁端部の状況を再現した。

43

4. 桁端部下面補修システム

2. ウォータジェットによる劣化コンクリートの除去

ウォータジェット

脆弱部の除去を行うウォータジェットは、水平(XY)方向の動きをロボット制御するハツリロボットを作成し施工をした。

44

4. 桁端部下面補修システム

2. ウォータジェットによる劣化コンクリートの除去

施工状況

45

4. 桁端部下面補修システム

2. ウォータジェットによる劣化コンクリートの除去

試験施工結果

施工は、ロボット施工を2パスしハンドガンで修正ハツリを実施した。施工面の平坦性および鉄筋背面コンクリートの除去は良好な状態であった。

46

4. 桁端部下面補修システム

2. ウォータジェットによる劣化コンクリートの除去

ハツリ面状況の計測

ハツリ面の凹凸を定量的に把握するために、レーザにより凹凸状態の計測を実施。

橋軸直角方向
28mm

橋軸方向
27mm

橋軸方向・橋軸直角方向ともに、20mm~30mm程度の凹凸
⇒粗骨材の最大寸法程度の凹凸

47

4. 桁端部下面補修システム

3. 吹付けによる断面修復

断面修復条件

- 狭隘部の設定高さは14cm
- 断面修復深さは70mm程度と設定
- 桁かかり長=断面修復の奥行きは1.5m

奥行き=1.5m
高さ=14cm

↓

狭隘部での施工となることから通常の断面修復の仕様では対応できない

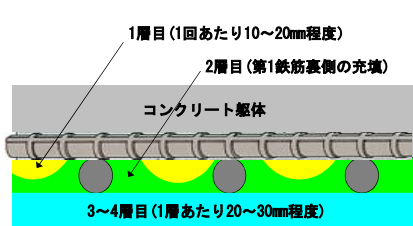
48

4. 桁端部下面補修システム

3. 吹付けによる断面修復

施工方法

吹付けによる断面修復の施工は、断面修復深さ60mm～80mmに対して4層での吹付けを基本とし、2日以上に分けて施工する。



1層目(1回あたり10～20mm程度)
2層目(第1鉄筋裏側の充填)
コンクリート躯体
3～4層目(1層あたり20～30mm程度)

49

4. 桁端部下面補修システム

3. 吹付けによる断面修復

使用機器



モルタルミキサー
鉄筋部専用吹付けノズル

50

4. 桁端部下面補修システム

3. 吹付けによる断面修復

試験体 施工状況



吹付け状況
吹付け面状況

吹付けノズル
養生確保のためのエア

※ブルーシートの色が映り込んでいるため、青みがかっている。

51

4. 桁端部下面補修システム

3. 吹付けによる断面修復

試験結果 (充填性)

ハツリ面に対する充填性は、大きなエアブロックは無く良好であった。



断面修復材
模範床版
吹付け界面

52

4. 桁端部下面補修システム

3. 吹付けによる断面修復

試験結果 (充填性)

局所的な窪み



鉄筋周り



局所的な母材コンクリートの窪みや、鉄筋背面への充填も良好であった。

53

4. 桁端部下面補修システム

3. 吹付けによる断面修復

試験体 (リバウンドによる材料ロス)

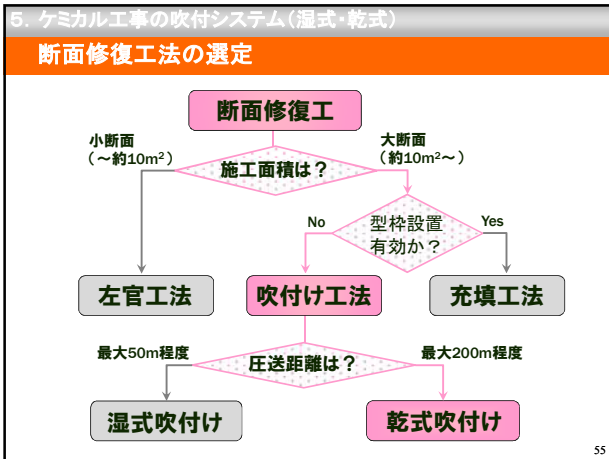
ロス率の確認は、施工数量(幅1.5m×奥行き1.5m×厚さ0.07m=0.158m³)に対して、リバウンドおよび材料はく離等により吹付け時に飛散・はく離・剥落したモルタル重量を計量し、リバウンドによるロス率として計算した。(断面修復材の単位体積重量=1875kg/m³)

ロス率(%) = $\frac{\text{モルタル重量(kg)}}{\{\text{施工数量(m}^3\)} \times \text{単位体積重量(kg)}\}$

	施工数量(m ³)	施工数量(kg)	モルタル重量(kg)	ロス率(%)
1層目(施工厚15mm)	0.034	63.3	2.70	4.3
2層目(施工厚20mm)	0.045	84.4	6.30	7.5
3層目(施工厚20mm)	0.045	84.4	1.80	2.1
4層目(施工厚15mm)	0.034	63.3	0.93	1.5
計(施工厚70mm)	0.158	293.3	11.73	4.0

計測の結果リバウンドによる材料ロスは全体で4%程度であり、吹付け工としてはかなり少ないロス率である。

54



5. ケミカル工事の吹付システム(湿式・乾式)

ケミカル工事の吹付システム

大断面の断面修復、狭隙部の断面修復、振動下や高い付着力を求められる断面修復の際に活用。
従来の乾式と湿式の吹付工法をさらに改良し、その構造物に合った最適な吹付工法を施工。

方式	商品名	特長	用途
湿式	CショットAC	急結材混入型湿式用断面修復材	湿式で厚付け施工(床版下面)
	CショットLN	亜硝酸リチウム混入型湿式用断面修復材	狭隙部の塩害対策(桁端部下面)
乾式	CショットDN	耐熱性乾式吹付用断面修復材	高温下の構造物補修(民間工場)
	CショットDC	耐薬品性乾式吹付用断面修復材	化学的浸食を受ける構造物(民間工場)
	RSショット	高密度乾式吹付用断面修復材	遮蔽・耐摩耗を必要とする構造物

ケミカル工事

御静聴ありがとうございました

59