

コンクリートの基礎知識
コンクリート構造物の補修・補強対策
コンクリート舗装の基礎知識

一般社団法人 セメント協会

普及部門

瀧波 勇人

セメント系補修補強材料推進WG 委員 高山 浩平

委員 井原 潤一

コンクリート舗装推進WG 委員 藤野 由隆

コンクリートの基礎知識

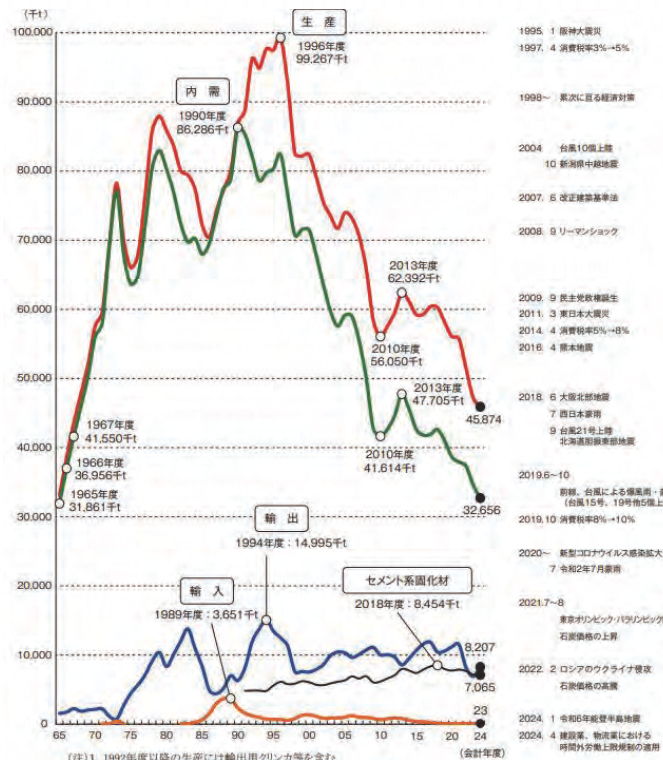
セメント協会

本日の内容

1. 日本のセメント産業
2. セメントの種類
3. コンクリートの構成材料
4. コンクリートの配合設計
5. コンクリートの施工・養生
6. いろいろなコンクリート

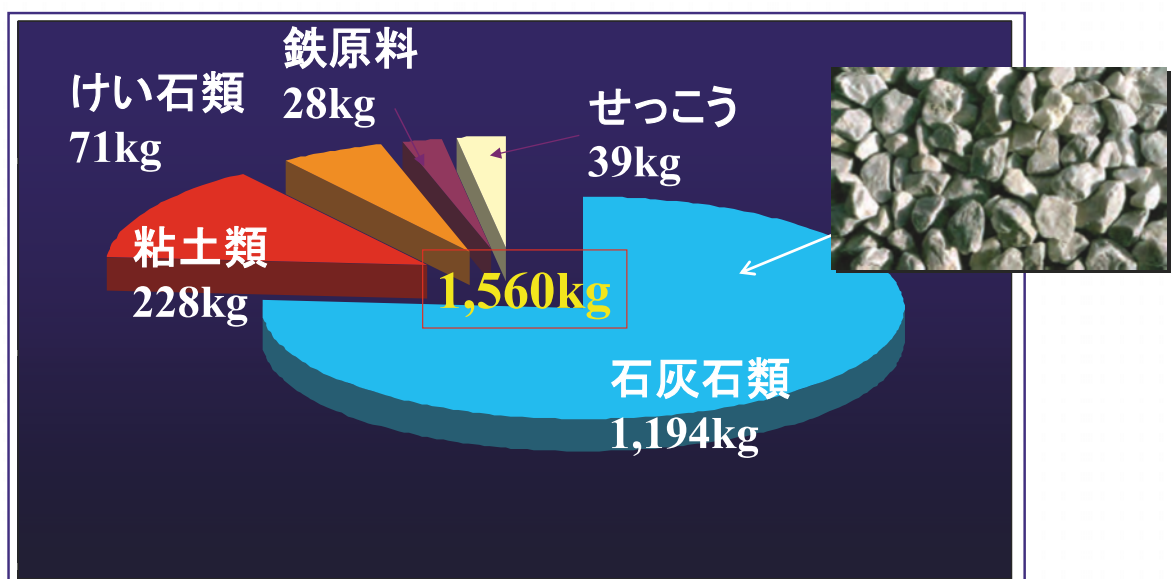
セメントの需給

- セメントの2023年度国内需要:
3,458万トン(前年比93%)
- セメントの国内需要のピーク:
8,629万トン(1990年)
- 一方で、土を固めるためのセメント
「セメント系固化材」についても
セメントと同様に需要が減速
2024年度:707万トン
2018年度:845万トン(ピーク)



出典:セメント協会ホームページ

セメントの原料(天然原料として)

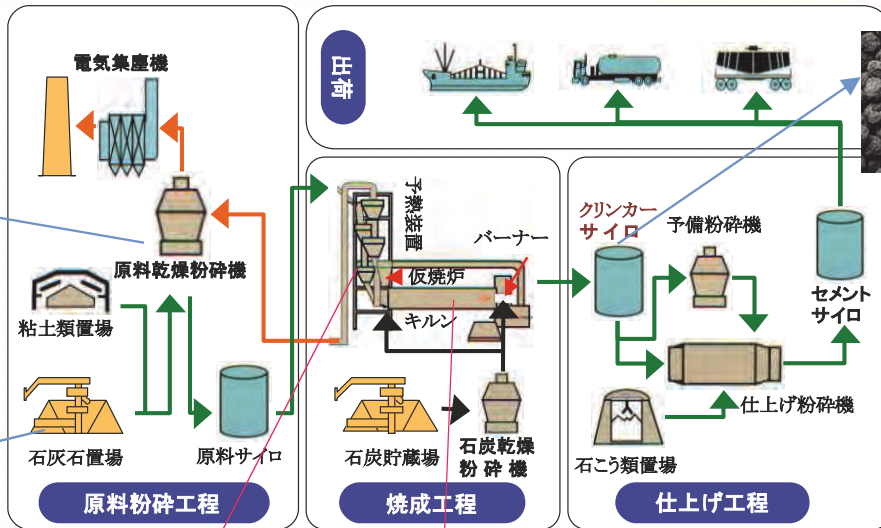


セメント1tonを造るのに必要な原料

出典:セメント協会、セメントの常識、2020.1



写真1-3 丸型製成機



予熱装置

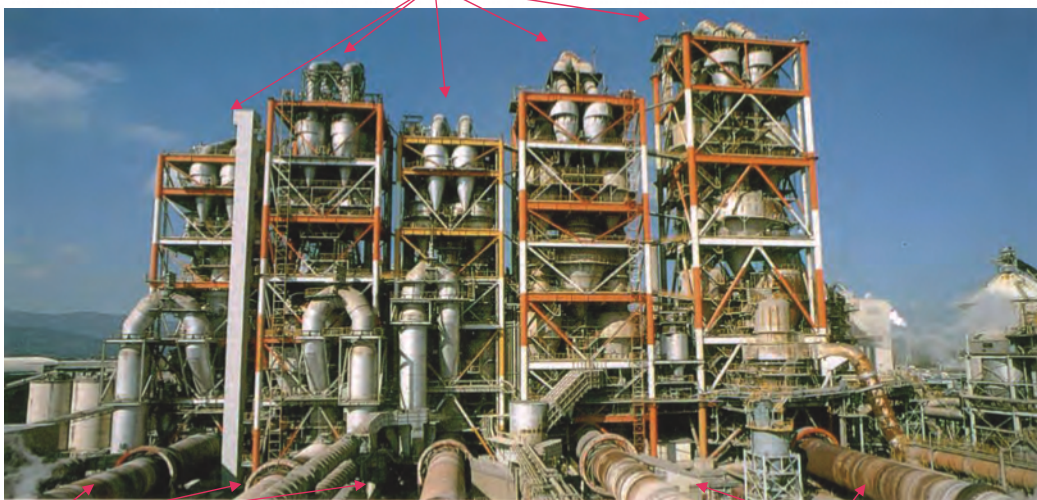


セメント原料・製品
排ガス
燃料

キルン(焼成温度1450℃)

セメントの製造工程⁵

予熱装置(NSP方式)



回転窯(ロータリーキルン)

回転窯(ロータリーキルン)

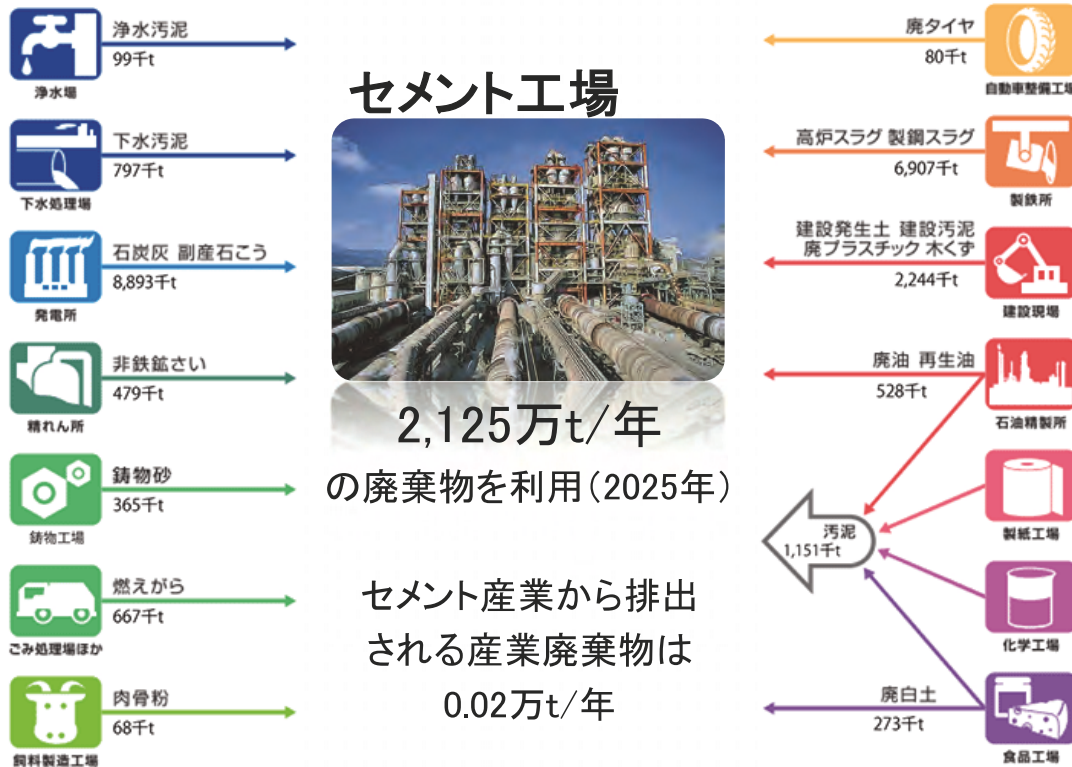
手前の太い円筒が回転窯
直径:4~6m 長さ:60~100m
傾斜:3~5% 回転数:2~3/分
平均的な焼き出し量(能力):132トン/時間

セメント工場の焼成装置

出典:セメント協会、セメントの常識、2020.1

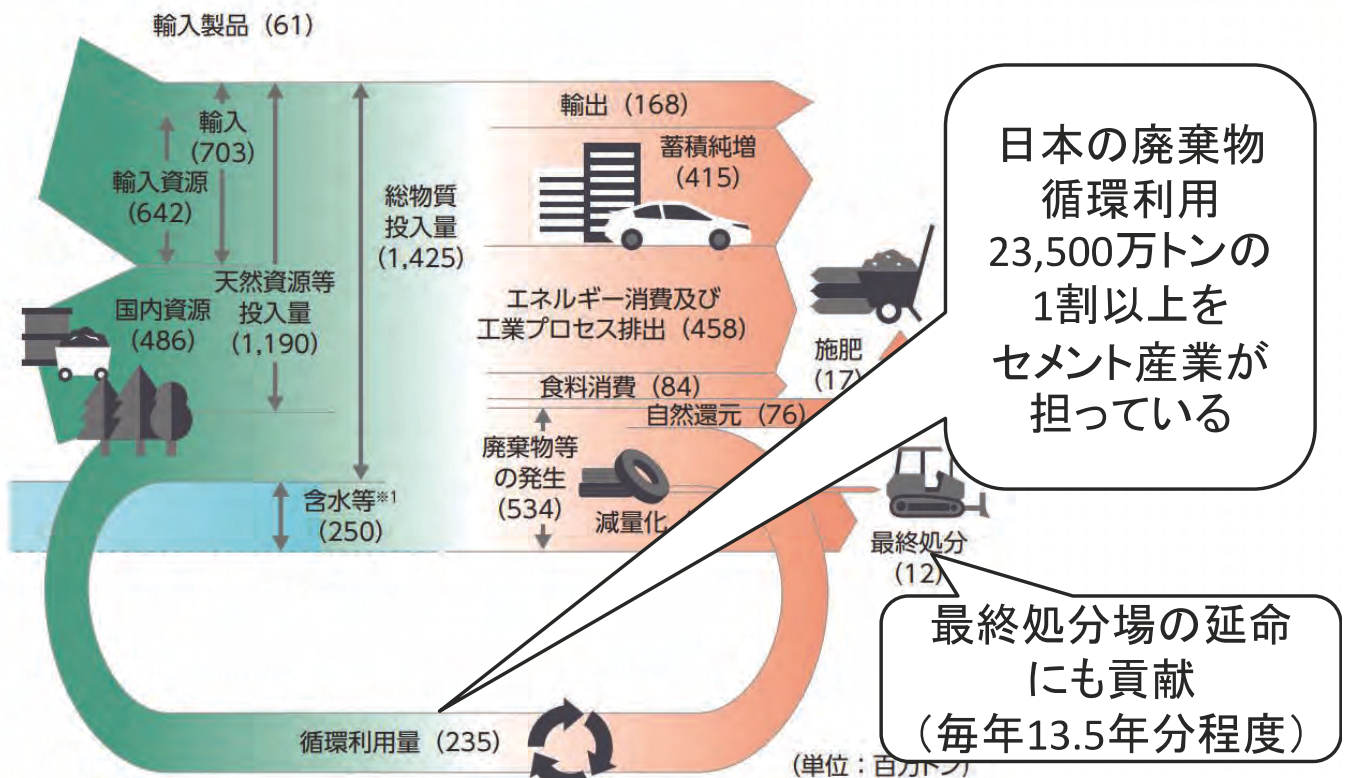
循環型社会に果たす役割

セメント産業で有効利用している廃棄物・副産物（480kg/c-t）



7

廃棄物の循環利用



日本の物質フロー図(環境白書より)

8

循環型社会に果たす役割

セメント産業で廃棄物・副産物が有効利用できる理由



廃棄物の組成が天然原料と類似している場合に代替として利用
(粘土を例に)

由来	品目	成分			
		酸化カルシウム (CaO)	二酸化けい素 (SiO ₂)	酸化アルミニウム (Al ₂ O ₃)	酸化鉄 (Fe ₂ O ₃)
天然原料	粘土	～ 5%	40～80%	10～30%	3～10%
廃棄物	石炭灰	5～20%	40～65%	10～30%	3～10%
	焼却灰	20～30%	20～30%	10～20%	～10%
	下水汚泥	5～30%	20～30%	20～50%	5～10%

9

災害廃棄物の受け入れ

災害廃棄物も積極的に受け入れ

受け入れた水害廃棄物



発災日	災害名	主な処理品目
2004年10月	中越地震	木くず
2007年 3月	能登半島地震	木くず
2007年 7月	中越沖地震	木くず
2011年 3月	東日本大震災	木くず、混合廃棄物、不燃物
2014年 8月	広島県土砂災害	木くず
2015年 9月	関東・東北豪雨	畳
2015年 9月	D.Waste-Net に加入	
2016年 4月	熊本地震	木くず、瓦、混合廃棄物
2016年12月	糸魚川大火	廃材
2017年 7月	九州北部豪雨	混合廃棄物、木くず
2018年 7月	西日本豪雨	土砂、汚泥、木くず
2019年 8月	令和元年8月豪雨	汚泥
2019年10月	令和元年台風第19号	土砂、稲わら、木くず
2020年 7月	令和2年7月豪雨	木くず、畳
2024年 1月	能登半島地震	木くず
	処理量合計	167万t

地域社会の復旧・復興に貢献

10

セメント産業のカーボン ニュートラルに向けた取組み

11

セメント産業からの二酸化炭素排出の現状



セメント産業が目指す脱炭素の方向性

【二酸化炭素の排出量の削減】

- ・徹底的な省エネルギー化
- ・非化石燃料の利用促進
- ・クリンカ/セメント比の低減
- ・セメントカーボネーション

可能な限りCO₂を削減



【二酸化炭素の回収・利用・貯留】

- ・排出される二酸化炭素を回収
- ・回収した二酸化炭素を循環利用
(炭酸塩化、メタネーション)
- ・余った二酸化炭素は地層貯留

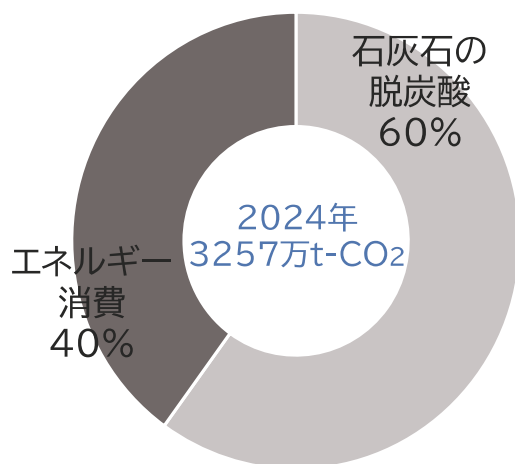
CCUSの推進

2050年、セメント製造におけるカーボンニュートラル達成を目指す

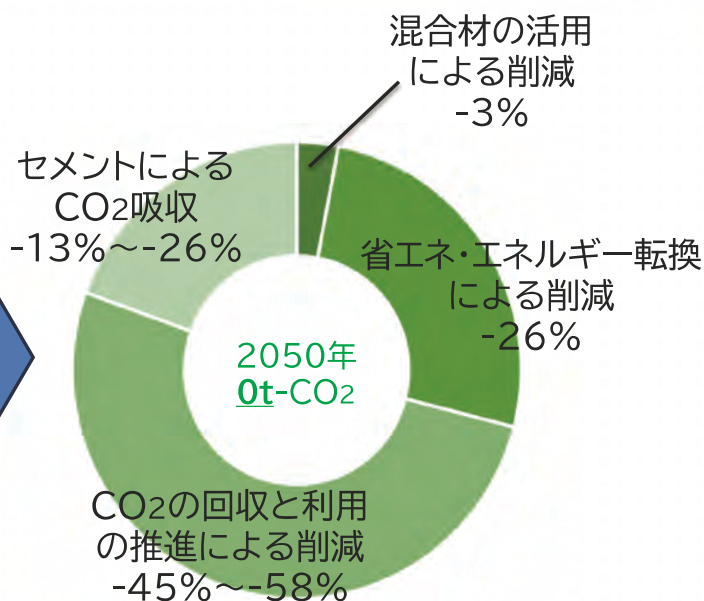
12

カーボンニュートラルを目指すセメント産業の長期ビジョン

セメントは2050年にCO₂ゼロへ



2024年におけるセメント産業の
総CO₂排出量の内訳



2050年におけるセメント産業の
カーボンニュートラル将来像

2024年時点でCO₂総排出量の削減は2030年目標を183%達成済み

13

国内の事業活動における削減目標 セメント製造用エネルギー原単位の削減

<基準年度> 2013年度

<目 標> セメント製造用エネルギー原単位を、2013年度実績から、
2030年度において327MJ/t-cem削減した3,040MJ/t-cemとする。

<主な対策> ① 省エネ設備の導入 ② エネルギー代替廃棄物の使用拡大



省エネ設備の一例
(廃熱発電設備と縦型ミル)



エネルギー代替廃棄物の利用
(粉碎設備と廃プラスチック※)

※太平洋社: <https://www.esisyab.iis.u-tokyo.ac.jp/symposium/20210527/20210527-03.pdf>

14

2050年CNに向けた取組み：普通ポルトランドセメントの少量混合成分増量に向けたJIS改正

セメント協会では、普通ポルトランドセメントに5%まで混合することが認められている少量混合成分の量を10%に増やすことを目指し、JIS改正を推進 ➡ 26.3改正済み
これによりクリンカ比率低減によるプロセス起源及びエネルギー起源の二酸化炭素排出削減とともに、二酸化炭素を吸収した人工石灰石を少量混合成分として規定し、更なる削減効果を生み出すことを目的としている。

少量混合成分増量の意義

- ・普通ポルトランドセメントの少量混合成分を5%増量することにより、CO₂排出量を5%削減。
- ・国内全体では、最大で年間100万トン程度のCO₂排出が削減可能。

JIS改正の目指すところ-省エネ型セメント



<https://www.jcassoc.or.jp/cement/1jpn/231026.html>

15

グリーンイノベーション基金事業／CO₂を用いたコンクリート等製造技術開発プロジェクト／(2)セメント分野

別紙2-4

CO₂回収型セメント製造プロセスの開発／セメント製造プロセスにおけるCO₂回収システムの開発

事業の目的・概要

【研究開発項目3】

2030年までに石灰石由来のCO₂を全量近く回収でき、かつ既存のCO₂回収手法と同等以上のコスト低減を実現するため、プレヒーターで発生するCO₂のうち85%以上を回収し、また広く適用されている化学吸収法（アミン法）におけるCO₂を1トン回収するための標準的なエネルギー（原単位：2.6GJ/t-CO₂）よりも20%以上の省エネとなる技術を開発する。

そのため、従来型NSPキルンの利点である高い熱交換性を維持しながら、仮焼炉において通常用いられる空気代わりにO₂を用いて焼成して脱炭酸させることにより石灰石由来CO₂をコンパクトな設備で直接回収するシステムを開発する。

さらにエネルギー由来相当のCO₂をセメント製造プロセスに再利用できるエネルギーに変換するため、本プロセスに直したメタネーションシステム(前処理工程含む)を開発する。

実施体制

※太字：幹事企業

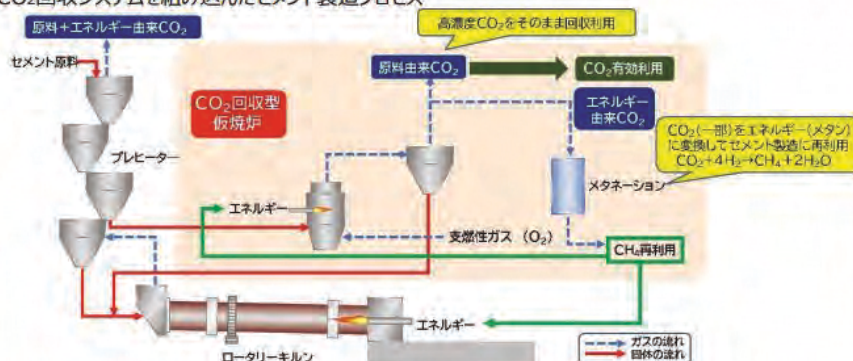
太平洋セメント株式会社（再委託予定先：株式会社IHI）

事業期間

2021年度～2030年度（10年間）

事業イメージ

CO₂回収システムを組み込んだセメント製造プロセス



実証試験設備のイメージ写真（仮焼炉）



出典：太平洋セメント株式会社

実証試験は目標をクリアし、実機建設を検討中

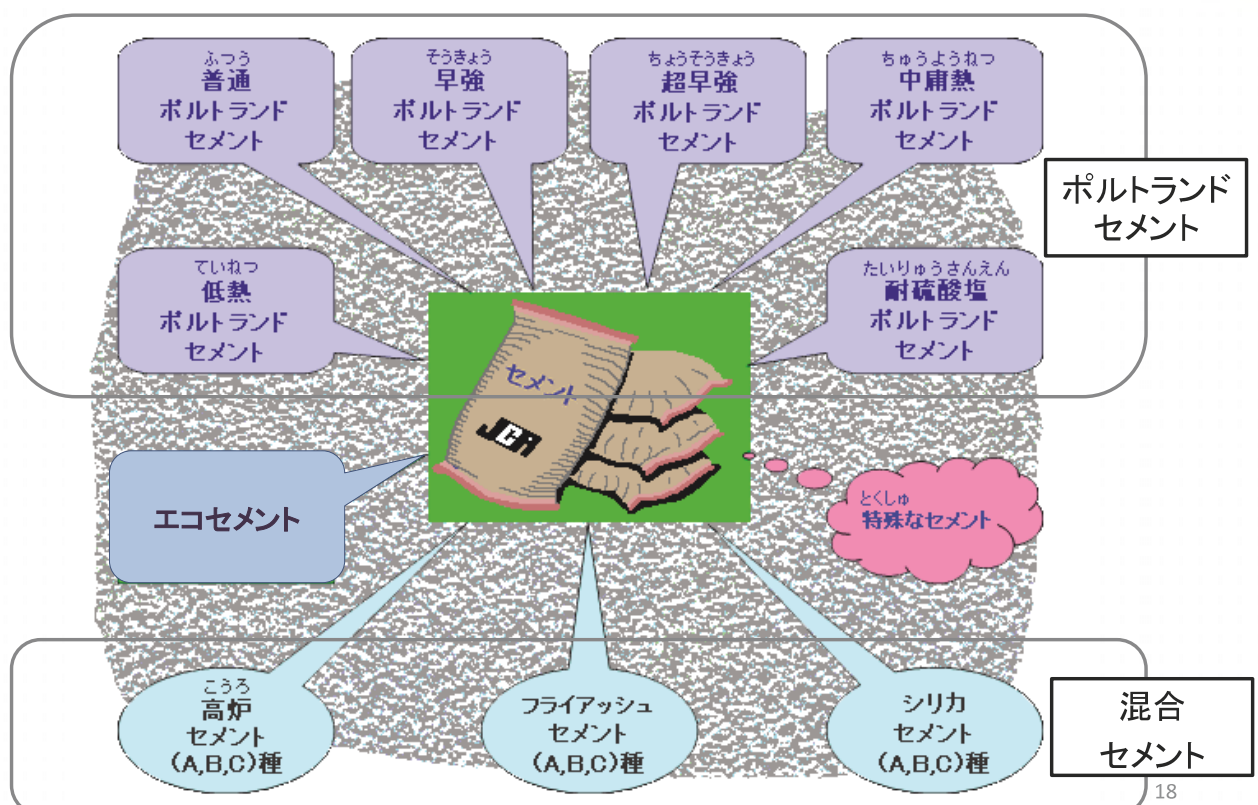
本日の内容

1. セメント産業とセメント製造
2. セメントの種類
3. コンクリートの構成材料
4. コンクリートの配合設計
5. コンクリートの施工・養生
6. いろいろなコンクリート

10:25

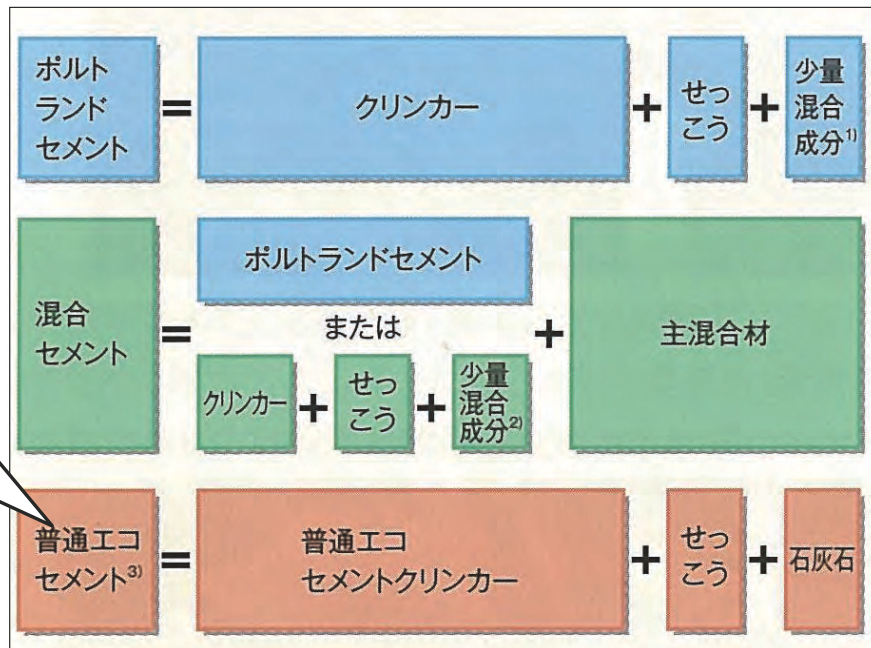
17

セメントの種類



18

ポルトランドセメントと混合セメントの違い



セメント1tあたり500kg以上の廃棄物を利用

セメントの製造は、まずクリンカーを製造し、ポルトランドセメントや混合セメントに仕上げていく。

出典: セメント協会、セメントの常識、2020.1

19

ポルトランドセメントの特徴(まとめ)

セメントの分類		特徴
ポルトランドセメント	普通 (OPC)	汎用性が最も高いセメント 国内販売実績 (2020年度) の70.5%を占める
	早強 (HPC)	強度発現性に優れるエーライト (C_3S) の含有率が高いセメント → OPC材齢7日強度 $\approx$ HPC材齢3日強度
	中庸熱 (MPC)	水和熱を低くするため、エーライト (C_3S)、アルミネート相 (C_3A) の含有量を少なくしたセメント 大型構造物 (ダム等) に用いられる
	低熱 (LPC)	MPCよりもさらに水和熱が小さいセメント 高強度コンクリートを大型構造物 (LNGタンク等) に用いる場合に適用
	耐硫酸塩	耐硫酸塩性に優れたセメント 温泉や下水関連の硫酸塩が多い環境で用いられる

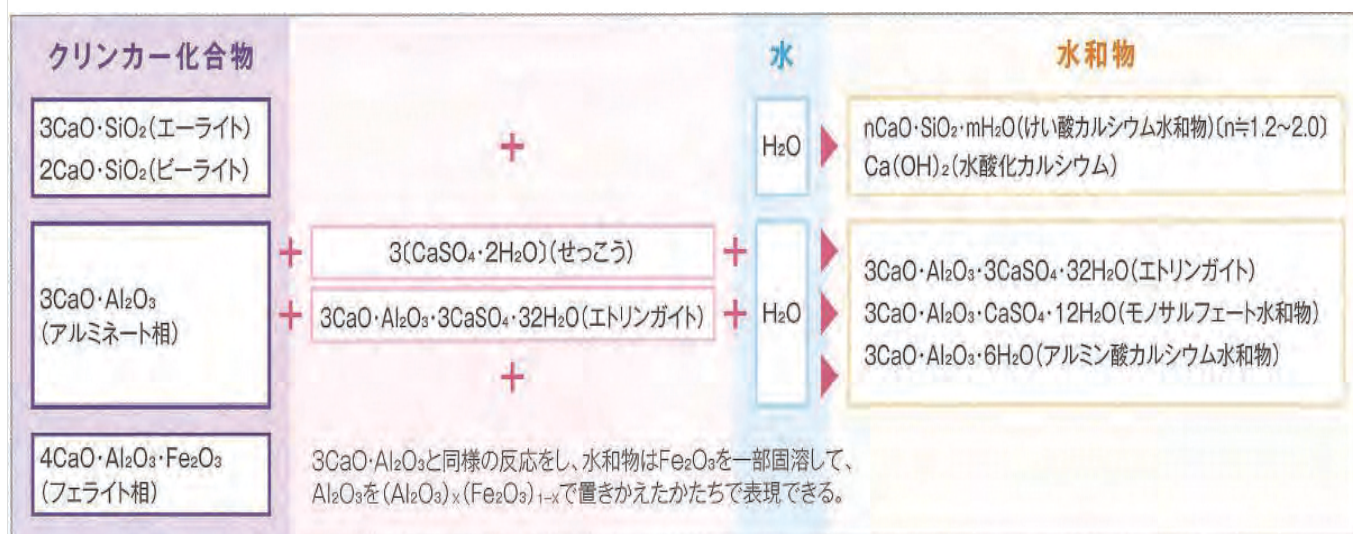
混合セメントの特徴(まとめ)

セメントの分類		特 徴
高炉セメント	A種: 5を超え30以下	混合材として高炉水砕スラグ(副産物)を用いる。 ①長期強度の発現性が良い ②塩分の浸透に対する抵抗性に優れる ③硬化組織が緻密である
	B種: 30を超え60以下	
	C種: 60を超え70以下	
シリカセメント	A種: 5を超え10以下	混合材としてシリカ質混合材を用いる。 ①耐薬品性に優れる ②初期の強度発現が低い
	B種: 10を超え20以下	
	C種: 20を超え30以下	
フライアッシュセメント	A種: 5を超え10以下	火力発電所のボイラー排ガス中に含まれる石炭灰の微粉末であるフライアッシュを混合する。 ①球形のためコンクリートの流動性を良くする ②水和熱が低い ③長期強度の発現性が良い
	B種: 10を超え20以下	
	C種: 20を超え30以下	

21

ポルトランドセメントの水和

セメントは水と結合して固まる



各種セメントのモルタル圧縮強さ

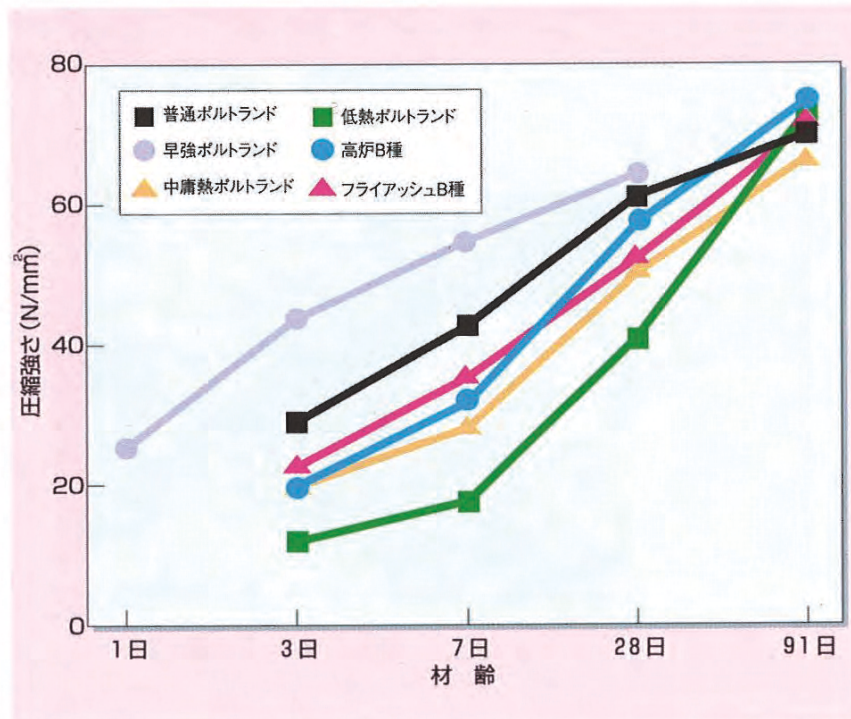


図1-10 モルタル圧縮強さ

出典：セメント協会、セメントの常識、2020.1〔JIS R 5201〕

23

本日の内容

1. セメント産業とセメント製造
2. セメントの種類
3. コンクリートの構成材料
4. コンクリートの配合設計
5. コンクリートの施工・養生
6. いろいろなコンクリート

セメントからコンクリートへ

セメント + 水 = セメントペースト

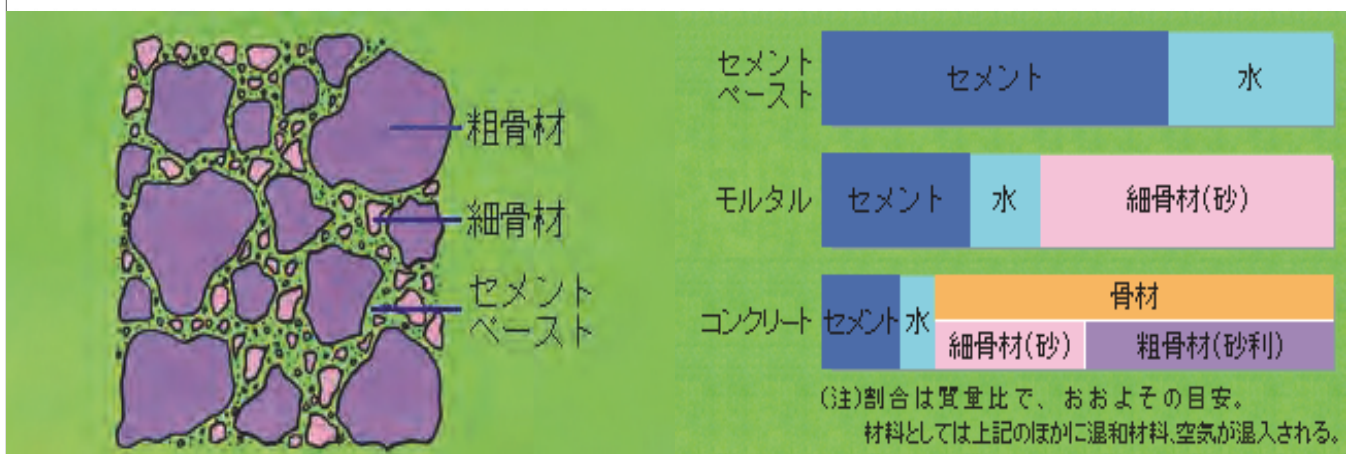
水 + セメント + 砂(細骨材) = モルタル

砂(細骨材) + 水 + セメント + 砂利(粗骨材) = コンクリート

25

コンクリートの構成材料

コンクリートの構成材料はセメント、水、細骨材(砂)、粗骨材(砂利)、混和材料(混和材、混和剤)である。各種構成材料にはそれぞれ品質(JIS)規格値が設けられている。



コンクリートの構成材料

- セメント

セメントの種類は工事の条件や構造物の種類に適したものを選ぶ

- 水

一般的には上水道水や生コン工場の回収水などが使用される。

- 骨材

コンクリートの体積の約70%を占める。

5mm以下のものを「細骨材」、5mmを超えるものを「粗骨材」という。

- 混和材料

コンクリートの品質を改善する目的で加える。

使用する量が多いものを「混和材」、少ないものを「混和剤」という。

- 空気

コンクリートの施工性の向上や耐久性確保のために導入する。

エントレインドエアとエントラップトエアがあり、前者が重要

27

骨材

良いコンクリートを作るために
求められる骨材特性

堅硬・強固

物理的に安定

化学的に安定

有害物質・不純物を含まない

28

さまざまな骨材（絶乾密度の比較）

種類		絶乾密度の規定値 (g/cm ³)	関連JIS
砂利・砂		2.5以上	JIS A 5308 附属書A
碎石・砕砂		2.5以上	JIS A 5005
高炉スラグ骨材	粗骨材	L:2.2以上、N:2.4以上	JIS A 5011-1
	細骨材	2.5以上	
フェロニッケル スラグ骨材	粗骨材	2.7以上	JIS A 5011-2
	細骨材	2.7以上	
銅スラグ骨材	細骨材	3.2以上	JIS A 5011-3
電気炉酸化 スラグ骨材	粗骨材	N:3.1以上4.0未満 H:4.0以上4.5未満	JIS A 5011-4
	細骨材	N:3.1以上4.0未満 H:4.0以上4.5未満	
構造用軽量 コンクリート骨材 (人工軽量骨材)	粗骨材	L:1.0未満 M:1.0以上1.5未満 H:1.5以上2.0未満	JIS A 5002
	細骨材	L:1.3未満 M:1.3以上1.8未満 H:1.8以上2.3未満	

29

混和材料

コンクリート用語(JIS A 0203)によると

セメント、水、骨材以外の材料で、コンクリートなどに特別の性質を与えるために、打ち込みを行う前までに必要に応じて加える材料

混和材料を利用して

- 1) セメントの反応性の改善
- 2) コンクリートの流動性の改善
- 3) 硬化後の物理的性質の改善
- 4) 耐久性の改善

30

混和剤の種類と作用

種類	特徴	効果
AE剤	界面活性剤の一種で、コンクリート中に多くの独立した微細な空気泡(エントレインドエア)を一様に連行する。	- ワーカビリティが改善され、所要のコンシステンシーを得るための単位水量を減少できる。 - 凍結融解の繰返し作用に対する抵抗性(耐凍害性)が著しく増大する。
減水剤 ・ AE減水剤	セメント粒子の界面に吸着し、静電的な反発作用によりセメント粒子は個々に分散され、セメントペーストの流動性が増大する。	ワーカビリティが向上し、所要のコンシステンシーおよび強度を得るのに必要な単位水量および単位セメント量を減少させることができる。
高性能減水剤	使用量を増加することにより減水性が向上するが、使用量を増加しても過剰な空気連行性や異常な凝結の遅延性が少ない。	単位水量を大幅に減少することができ、その結果、高強度コンクリートの製造が比較的容易に可能となる。
高性能AE減水剤	高い減水性能と優れたスランプ保持性能を有する。	AE減水剤よりも減水機能が著しく大きい。
流動化剤	あらかじめ練り混ぜられたコンクリートに添加し、これをかくはんすることによって、その流動性を増大させる。	流動性を保持したり、流動化させることができる。

31

空気(一般に4.5%)

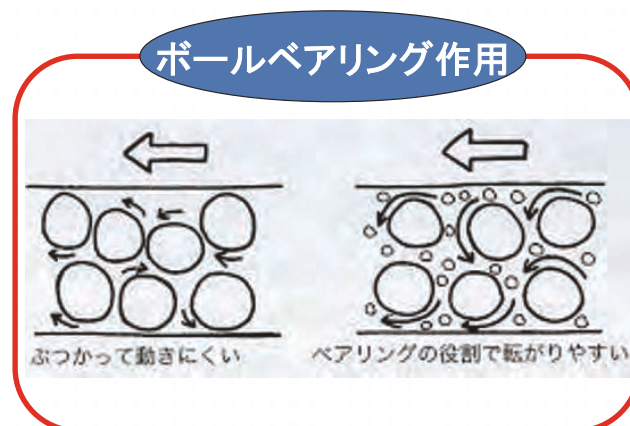
✓ エントラップトエア

コンクリートの混練時に自然に取り入られる空気

✓ エントレインドエア

AE剤によりコンクリート中に連行される微細な空気。

ボールベアリング効果を示し、コンクリートの流動性を改善する。また、凍結時に水の膨張圧力を分散し凍結融解抵抗性を向上させる。



32

本日の内容

1. セメント産業とセメント製造
2. セメントの種類
3. コンクリートの構成材料
4. **コンクリートの配合設計**
5. コンクリートの施工・養生
6. いろいろなコンクリート

11:10

33

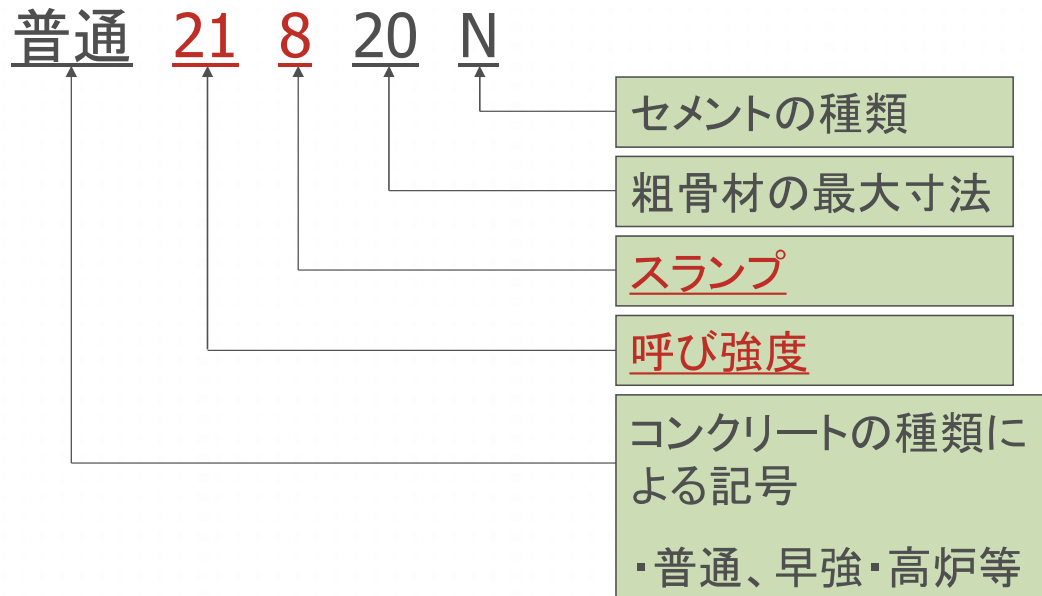
配(調)合設計の基本

配合:土木学会、(生コン) 調合:日本建築学会

- 作業に適したワーカビリティを満足する。
→フレッシュコンクリートの性能(施工性能)
- 所要の「強度」、「耐久性」を満足する。
→硬化コンクリートの性能

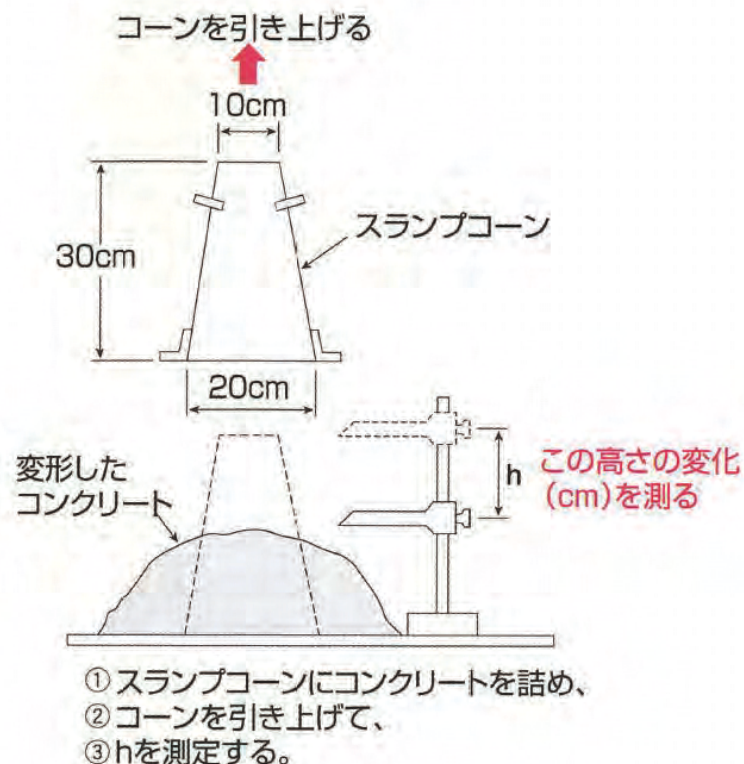
34

レディーミクストコンクリート(JIS A 5308)の呼び方



35

ワーカビリティーの判定方法（スランプ試験）



36

ワーカビリティーの良し悪しの一例

良好な配合

スランプ20.5cm



上面にフラットな面がなく、
分離傾向にある場合
(粗骨材5~10mmが過小、粒度分布粗悪等)

スランプ19.5cm



出典 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)

37

レディーミクストコンクリート(JIS A 5308)の種類

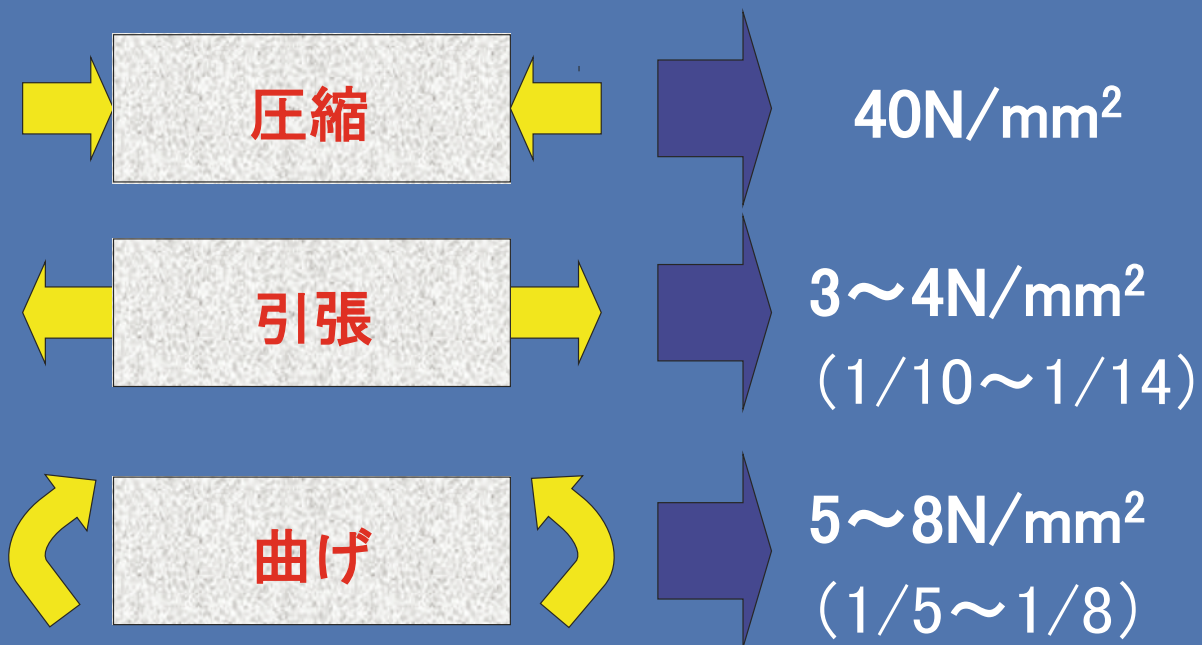
コンクリートの種類	粗骨材の最大寸法 mm	スランプ又はスランプフロー※1) cm	呼び強度													
			18	21	24	27	30	33	36	40	42	45	50	55	60	曲げ 4.5
普通 コンクリート	20 25	8、10、12、15、18	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○				
		21		○	○	○	○	○	○	○	○					
		45				○	○	○	○	○	○					
		50						○	○	○	○					
		55							○	○	○	○				
		60								○	○	○				
	40	5、8、10、12、15	○	○	○	○	○									
軽量 コンクリート	15	8、12、15、18、21	○	○	○	○	○	○	○							
舗装 コンクリート	20、25、40	2.5、6.5													○	
高強度 コンクリート ※2)	20、25	12、15、18、21											○			
		45、50、55、60											○	○	○	

※1 荷卸し地点での値 ※2 ○印と○印の間の整数、及び45を超え、50未満の整数を呼び強度とすることができる

購入者は原則、この中から生コンを選択し、発注する。

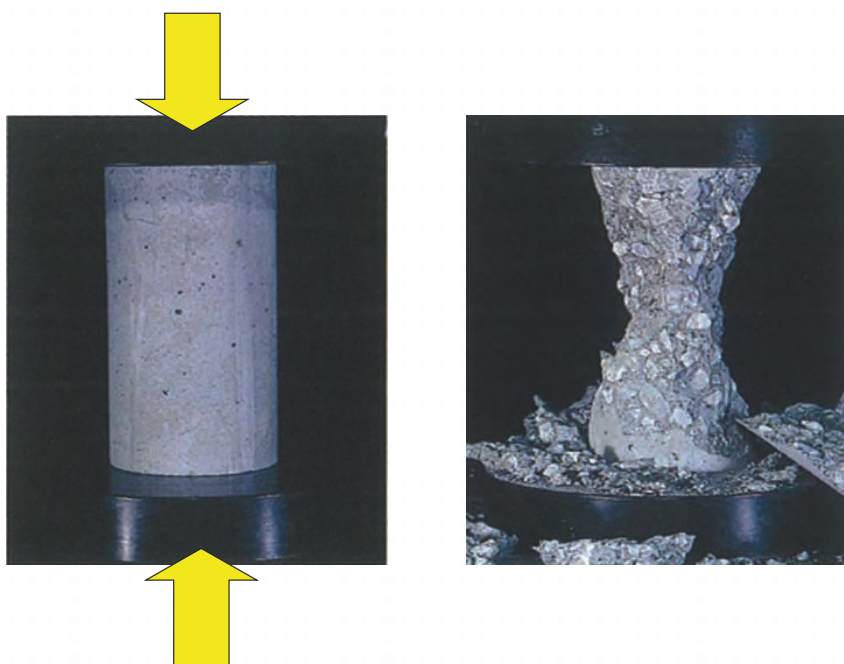
38

硬化したコンクリートの強度特性



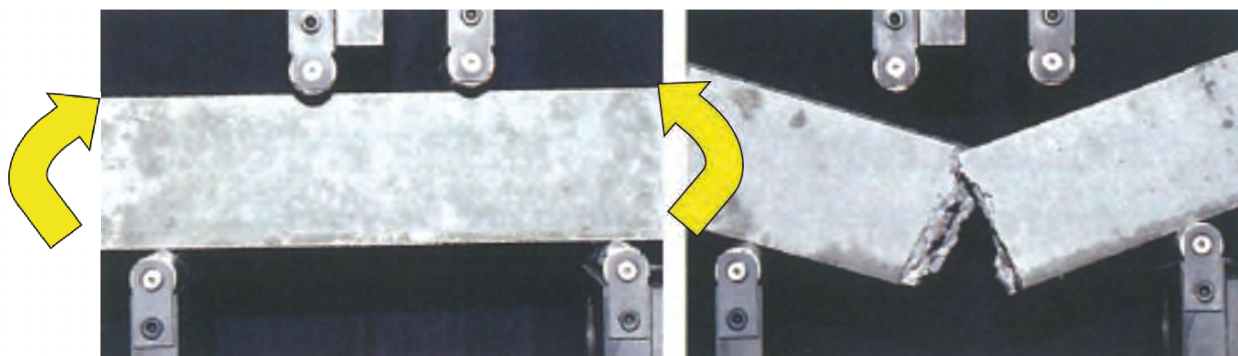
39

硬化したコンクリートの圧縮強度試験状況



圧縮強度試験 JIS A 1108

硬化したコンクリートの曲げ強度試験状況



曲げ強度試験 JIS A 1106

41

引張強度試験状況



曲げ強度試験 JIS A 1106

42

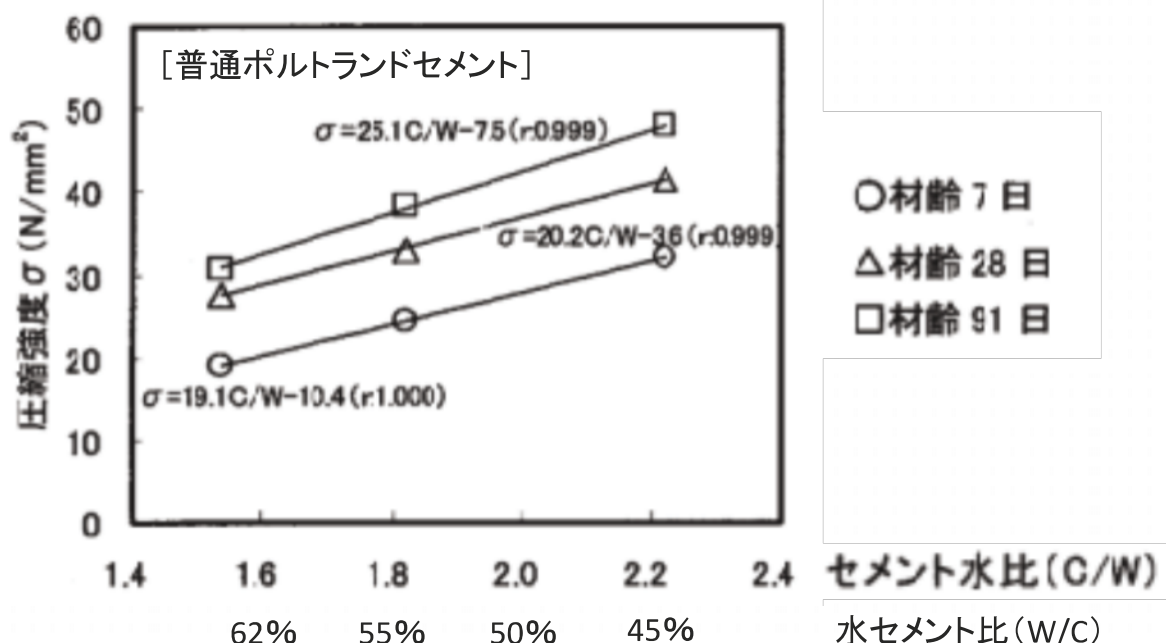
水セメント比(W/C)

- ❖ W/Cとはコンクリートにおけるセメントと水の質量割合であり、この値が小さいほど強度(耐久性)が高く、大きいほど強度が低くなる。
- ❖ コンクリートに要求される強度から定まるW/C
- ❖ コンクリートの劣化に対する抵抗性ならびに物質の透過に対する抵抗性が定まるW/C

これらから定まる**最小のW/C**を設定する

43

セメント水比(C/W)と圧縮強度



本日の内容

1. セメント産業とセメント製造
2. セメントの種類
3. コンクリートの構成材料
4. コンクリートの配合設計
5. コンクリートの施工・養生
6. いろいろなコンクリート

11:35

45

施工計画と管理

コンクリート施工に先立って、以下を確認・調整・検討しておく。

- ❖ 工事全体の工程計画中の**コンクリート工事計画の位置づけ**
- ❖ コンクリートの**施工時期および工期**
- ❖ **施工計画量**
- ❖ コンクリート**製造プラントの能力**
- ❖ コンクリートの**運搬、打込みおよび締固め方法**
- ❖ 作業人員の配置
- ❖ **気象条件および養生方法**
- ❖ 工事場所周辺の交通事情、資材運搬の難易
- ❖ 型枠、支保工および鉄筋加工場の設備と面積
- ❖ 施工管理、品質管理・試験の方法

46

コンクリートの運搬（生コン工場～荷卸し地点～打設場所）

	生コン工場	施工現場	打設場所
運搬方法	● トラックアジテータ ● ダンプトラック	● コンクリートポンプ ● バケット ● シュート ● その他（ベルコン・手押し車）	
	練混ぜ開始	荷卸し地点到着	打設終了
JIS A 5380	トラックアジテータ⇒1.5時間以内 ダンプトラック⇒1時間以内	→	
土木学会標準示方書	外気温25℃以下 ⇒ 2時間以内 外気温25℃を超える ⇒ 1.5時間以内	→	→
JASS5	外気温25℃未満 ⇒ 120分を限度 外気温25℃以上 ⇒ 90分を限度	→	→

47

コンクリートの養生

所要の強度、耐久性、ひび割れ抵抗性などを確保するためには
セメントの十分な水和反応 = 適切な養生

□ 養生：

コンクリートに所要の性能を発揮させるため、打込み直後の一定期間、適切な温度及び湿度に保つと同時に有害な作用から保護する行為又は処置

□ 標準養生：

温度を $20 \pm 3^{\circ}\text{C}$ に保った水中、湿砂中又は飽和蒸気中で行う供試体の養生

□ 水中養生：

コンクリートを水中に浸せきして行う養生

□ 封かん養生：

コンクリート表面からの水分の出入りが無い状態に保って行う供試体の養生

□ 湿潤養生：

コンクリートを湿潤状態に保つ養生

□ 膜養生：

打込み後の適切な時間に、コンクリート表面に膜養生剤を散布して、皮膜を形成させ、水分の蒸発を防ぐようにした養生

□ 蒸気養生：

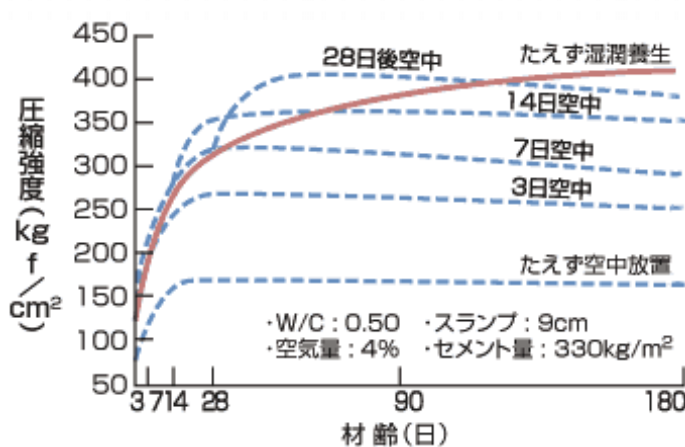
高温の水蒸気中で行う促進養生

コンクリート用語（JIS A 0203）より引用

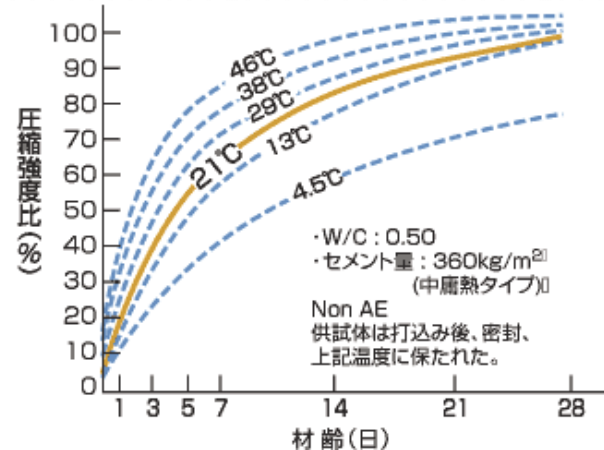
48

養生が強度に及ぼす影響

- ❖ 湿潤養生 → 強度の増進
- ❖ 乾燥(気中)養生 → 強度の増進は期待できない



(a) 湿潤養生期間の影響



(b) 養生温度の影響

出典: 全国生コンクリート工業組合連合会 全国生コンクリート協同組合連合会ホームページ

49

本日の内容

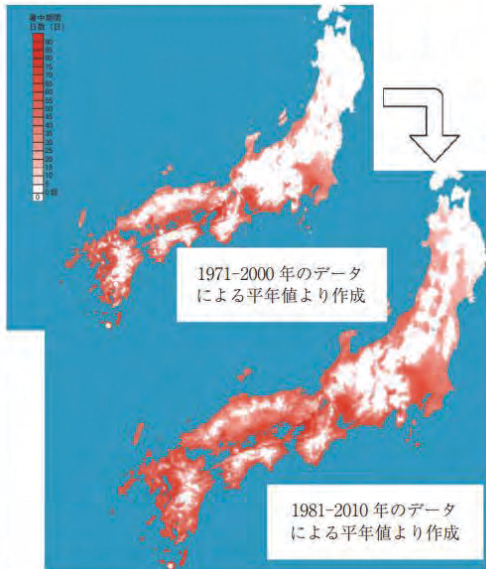
1. セメント産業とセメント製造
2. セメントの種類
3. コンクリートの構成材料
4. コンクリートの配合設計
5. コンクリートの施工・養生
6. いろいろなコンクリート

いろいろなコンクリート～暑中コンクリート～

問題点 スランプロスが大きい。単位水量が多くなる。

長期強度が小さい(短期強度は大きい)。

コールトジョイントやプラスチック収縮ひび割れが発生し易くなる。



適用期間

日本建築学会：

過去10年の日平均気温が25℃を超える期間を暑中期とし、28℃を超える期間を酷暑期としてより念入りな対策を求めている

土木学会：

日平均気温が25℃を超える場合に、暑中コンクリートとして施工する

暑中期間の変化

51

いろいろなコンクリート～暑中コンクリート～

対策

- ❖ 日平均気温が25℃を超える場合に適用。
- ❖ 混和剤は、遅延型を使用。水や骨材を冷却する。
- ❖ 所要の強度、ワーカビリティが得られる範囲内で、単位水量・セメント量を少なくする。
- ❖ 輸送時間を短く、アジテーター車のドラムを遮熱材で覆う。
- ❖ 打込み時のコンクリート温度は、35℃以下。確認すれば38℃
- ❖ 打込み箇所に散水して十分濡らす。
- ❖ 温度が高くならないように覆いをする。
- ❖ コンクリートを常に湿潤状態とする。

52

いろいろなコンクリート～暑中コンクリート～

日平均気温25℃を超える場合、暑中コンクリートとして扱う。以前は打設・受け入れ時のコンクリート温度は35℃が上限であったが近年では土木・建築ともに38℃に緩和されたが特別の対策が必要

コンクリート温度が35℃～38℃になることが予想される場合の対策

✓ 土木の場合：**スランプ保持型混和剤**を用いる

(AE減水剤とは別の場合もある)

混練から打設終了までを1.5時間以内

✓ 建築の場合：目標スランプを原則21cm、高性能AE減水剤遅延型を使用

試験練りによって、35℃を超えた場合の性能を確認
混練から打設終了までを1.5時間以内

53

いろいろなコンクリート～寒中コンクリート～

問題点— 初期材齢でコンクリートが凍結すると、その後適当な温度で養生しても強度、ひび割れ、耐久性などが低下する。

- ❖ 日平均気温が4℃以下に適用。
- ❖ セメントは、一般に普通か早強セメント使用。
- ❖ 混和剤は、AE剤またはAE減水剤を標準使用。
- ❖ セメント以外の材料を加温するとよい。(水の加温が有利)
- ❖ 打込み時のコンクリート温度は、5～20℃とする。
- ❖ 型枠は、保湿性・保温性を有すること。
- ❖ 養生温度は、圧縮強度が5～15N/mm²に達するまで5℃以上に保つ。

54

ご清聴ありがとうございました



55

セメント系材料によるコンクリート構造物の 補修・補強対策について

一般社団法人セメント協会
コンクリート普及専門委員会
セメント系補修・補強材料推進WG

本日の内容

- ・背景
- ・断面修復工で使用するセメント系補修材の特徴
- ・断面修復工法(左官・充てん・吹付け)
- ・各工程における留意点
- ・施工例のご紹介
- ・技術資料のご紹介

建設後50年以上経過する社会資本の割合

	2025年3月	2030年3月	2040年3月
道路橋 注1) [約73万橋 (橋長2m以上の橋) 注3)]	約42%	約54%	約75%
トンネル 注1) [約1万2千本 注3)]	約28%	約35%	約52%
河川管理施設 注1) 注4) [約2万8千施設]	約26%	約41%	約64%
水道管路 注2) [約75万km 注3)]	約10%	約20%	約40%
下水道管きよ 注2) [総延長: 約50万km 注3)]	約7%	約15%	約34%
港湾岸壁 注1) [約2万5千施設 注3) 注5)]	約29%	約40%	約64%

注1) 建設後50年以上経過する施設の割合については、建設年度不明の施設数を除いて算出。注2) 2024年3月時点。

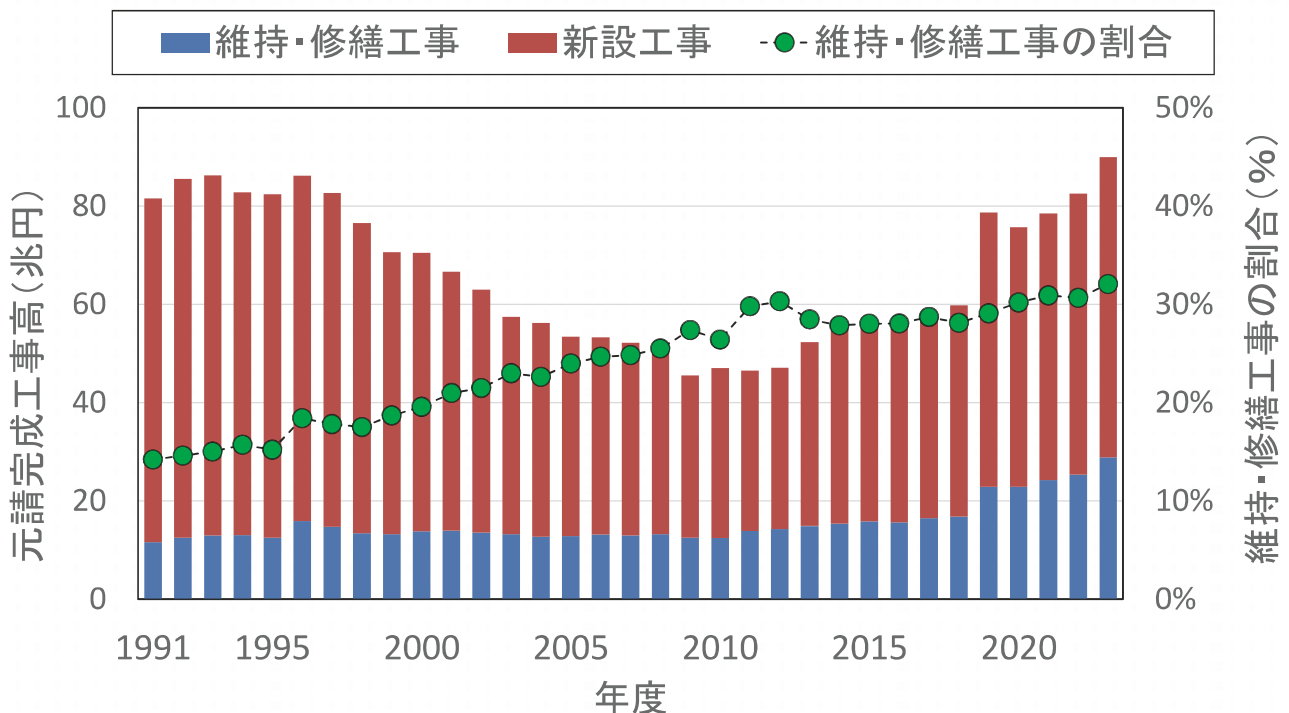
注3) 建設年度不明の施設数を含む。

注4) 国: 堰、床止め、閘門、水門、揚水機場、排水機場、樋門・樋管、陸閘、管理橋、浄化施設、その他(立坑、遊水池)、ダム。独立行政法人水資源機構法に規定する特定施設を含む。都道府県・政令市: 堰(ゲート有り)、閘門、水門、樋門・樋管、陸閘等ゲートを有する施設及び揚水機場、排水機場、ダム。注5) 公共の港湾施設のうち、海上物流に資する主要な施設

資料) 国土交通省

3

元請完成工事高に占める維持・修繕工事の割合



国土交通省 建設工事施工統計調査報告を基に作図

4

セメント系補修・補強材料の役割

[現状]

- 社会資本の高齢化は今後も進行する。
- 元請完成工事高(新設工事+維持・修繕工事)は増加傾向にあり、さらに維持・修繕工事は、工事高に占める割合も高まっている。
- さらに少子高齢化に伴い、人口が減少する。



社会資本を新設でリプレイスするよりも、
維持管理・修繕することの方が社会的合理性が高い



維持管理・修繕の効率的・効果的な実施には
セメント系補修・補強材料を正しく理解し、
適切に使うことが重要

5

「セメント系補修・補強材料の基礎知識」 第2版



2006年8月に初版

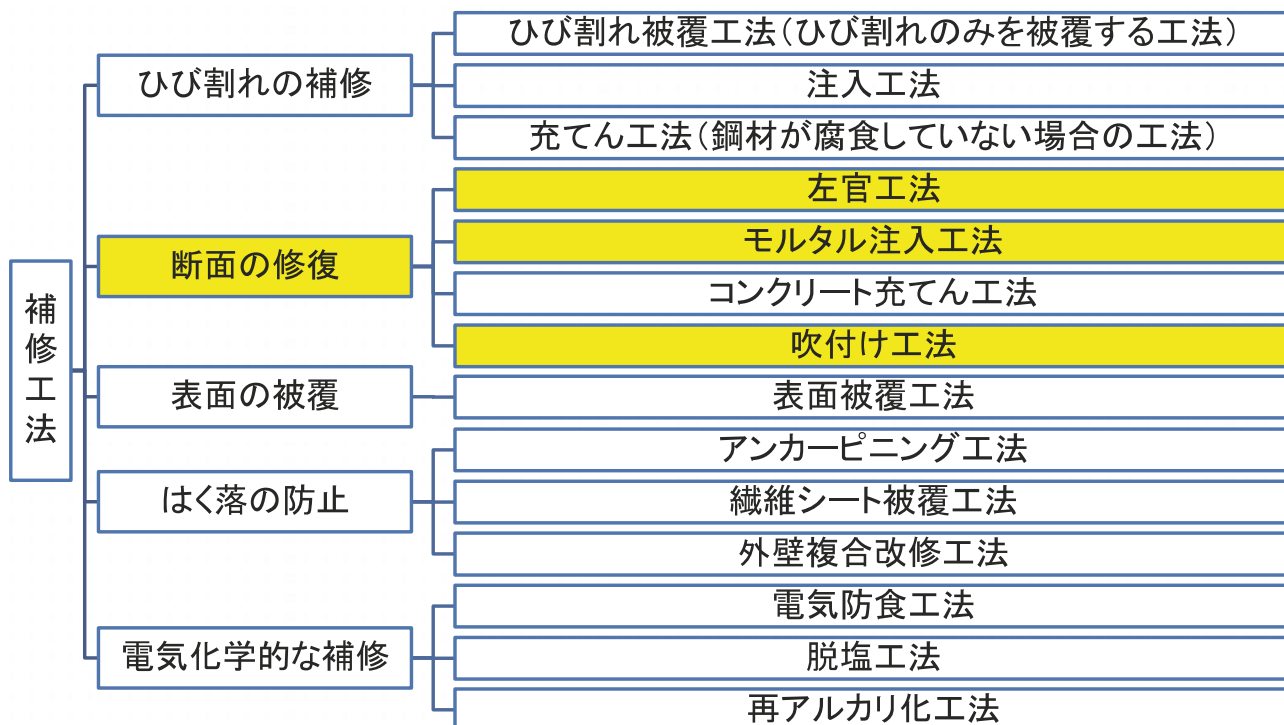
- ・ セメント系補修・補強用材料の選定において、わかり易く、活用し易い、実務的な技術資料
- ・ 断面修復工法、グラウト工法を中心に材料・工法の解説

2011年8月に改定版

- ・ ひび割れ注入材、表面被覆材、表面含浸材、電気化学的防食工法等の工法・材料の解説を追加
- ・ 耐久性、ライフサイクルコストについて解説
- ・ 補修・補強に関する現場での失敗事例を解説

6

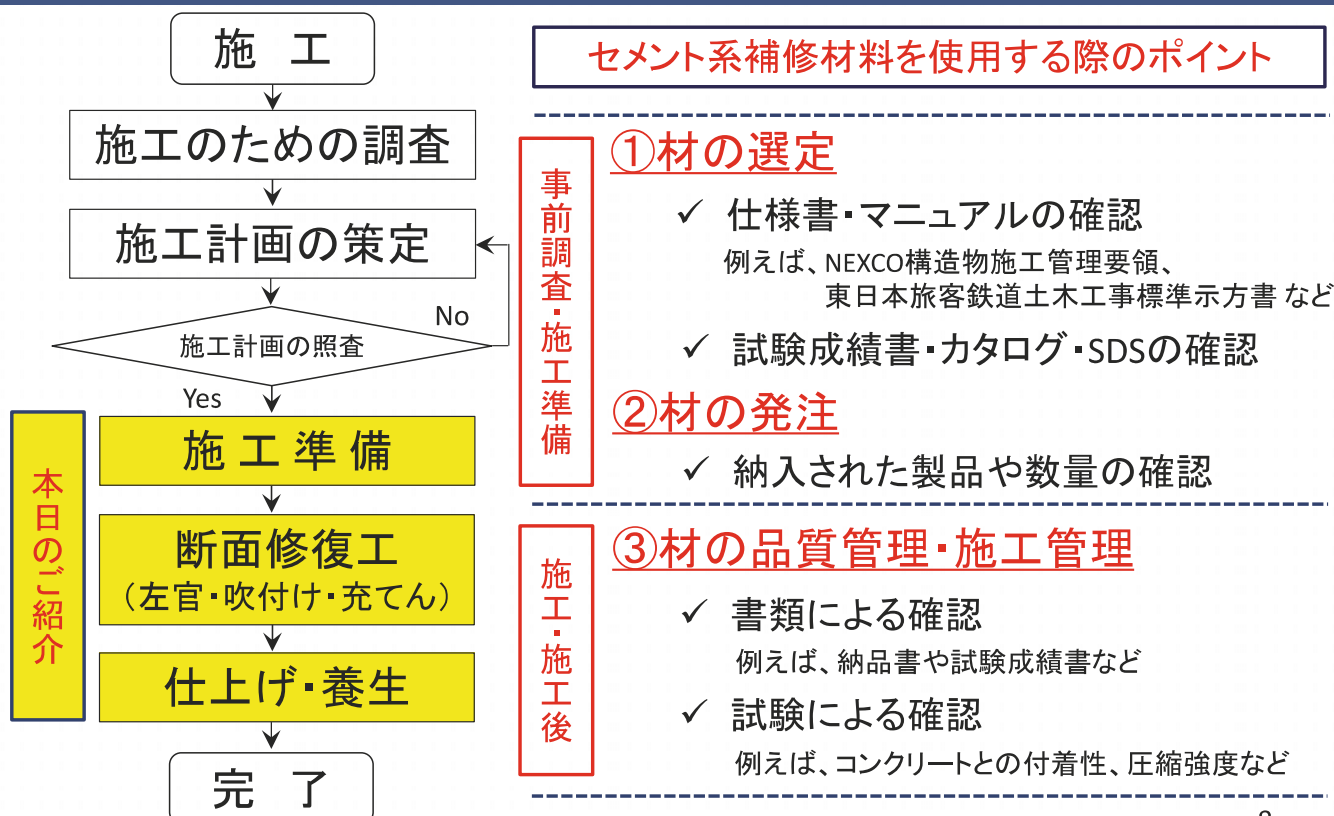
セメント系補修工法の分類



出典：日本コンクリート工学会：コンクリートのひび割れ調査，補修・補強指針-2022-、p.113

7

断面修復工の流れ



8

出典：土木学会コンクリートライブラリー119：表面保護工法 設計施工指針(案)[工種別マニュアル編]、p.229を基に作成

断面修復工で使用する セメント系補修材の特徴

9

断面修復材の種類

[種 類]	[構成材料]	
セメント モルタル 【製品紹介(スライド52)】	セメント	ポルトランドセメント 等
	細骨材	川砂、砕砂、珪砂、天然・人工軽量骨材等
	混和材料 その他	短繊維、保水剤、化学混和剤、硬化促進剤、凝結遅延剤、鉄筋防錆材、膨脹材、高炉スラグ微粉末、シリカフューム 等
ポリマー セメントモルタル 【製品紹介(スライド52)】	セメント モルタル	酢酸ビニル系(エチレン・酢酸ビニル等)、アクリル酸エステル(スチレン・アクリル酸エステル等)、スチレンブタジエンゴム(SBR) エマルジョンタイプ (二材型)  再乳化タイプ (一材型) 
	ポリマー	
ポリマーモルタル	エポキシ系、アクリル系 等	

10

10

断面修復材の特徴

[種 類]	[特 徴]
セメント モルタル 【製品紹介(スライド51)】	出典：土木学会コンクリートライブラリー 119：表面保護工法 設計施工指針(案) [工種別マニュアル編]、p.198 ① 構造体コンクリートと同等以上の強度、同等の弾性係数、熱膨張率が得られる。 ② 練混ぜ、施工が容易で大断面の施工に適する。 ③ 電気抵抗性が低い
ポリマー セメントモルタル 【製品紹介(スライド51)】	① 構造体コンクリートとの接着(付着)力が大きく乾燥収縮が小さい。 ② 練混ぜ、施工が容易で大断面の施工にも適する。 ③ 曲げ、引張強度が大きい。 ④ 劣化因子の浸入に対する抵抗性に優れる。
ポリマーモルタル	樹脂の種類によって様々 11

断面修復材の特徴

比較概念	セメント モルタル	ポリマー セメントモルタル (小<P/C→大)	ポリマーモルタル (エポキシ樹脂系)
施工方法の種類	左官・充てん・吹付け工法(3種類)		左官工法(1種類)
弾性係数	高	>	低
曲げ／圧縮強度比	低	<	高
引張／圧縮強度比	低	<	高
接着性(付着性)	可	<	良
湿潤面接着性	可	可	不可もある
熱膨張係数	小	<	大
耐火、耐熱性	大	>	小
価 格	安い	<	高い

P/C：ポリマーセメント比 注) 繊維を混入していないプレーンの状態での基本性能比較

出典：土木学会コンクリートライブラリー119：表面保護工法 設計施工指針(案) [工種別マニュアル編]
セメント協会：すぐに役立つセメント系補修・補強材料の基礎知識第2版

断面修復工法 (左官・充てん・吹付け)

13

断面修復工法の一般

●左官工法、充てん工法、吹付け工法

※過去に多く採用され、実績の多い工法

【断面修復工法の特徴】

構造物を健全な状態に回復可能

既存コンクリートの性状に近い

補強（力学的性能向上）も可能

あらゆる劣化原因や劣化の進行過程に
対応が可能

他の補修工法との併用による相乗効果

劣化したコンクリート部分ならびに
腐食した鉄筋部分を除去し、元の状態に回復

無機系材料
／セメントモルタル・ポリマーセメントモルタル

鉄筋量の追加による
構造物の耐荷性や耐震性等の向上

【劣化原因】

中性化, 塩害, 凍害, 化学的腐食, アルカリ骨材反応

【劣化の進行過程】

潜伏期～進展期～加速期～劣化期

表面被覆や電気防食などとの併用実績が多い

14

断面修復工法の種類と特徴

■ 左官工法

型枠を設置せずコテ等を用いて断面修復材を塗りつける工法

- 型枠の設置が不要
- 断面修復箇所が小規模や点在している場合に適用（経済的理由）
- 施工方向：全ての方向に（下向き，横向き，上向き）適用可能



15

断面修復材 (左官工法)

断面修復工法の種類と特徴

■ 充てん工法

型枠を設置し、流動性の高いモルタルやコンクリートを流し込む工法

断面が10cm以上：コンクリート打継ぎ工法，プレパックス工法

断面が5cm程度：モルタル充てん工法

- 大規模（100m²以上）に適用
- 厚い面でも塗り重ねが不要
- 型枠を組むことで、構造体の側面や下面にも施工が可能

【側面充てんの施工】



【下面充てんの施工】



17

断面修復工法の種類と特徴

■ 吹付け工法

型枠を設置せず、モルタルやコンクリートを
圧縮空気や遠心力等により施工する工法

- 主に上向きや側面の断面修復に用いられる

湿式吹付け工法

- 吹付け設備が比較的コンパクト
- リバウンドが比較的少ない



乾式吹付け工法

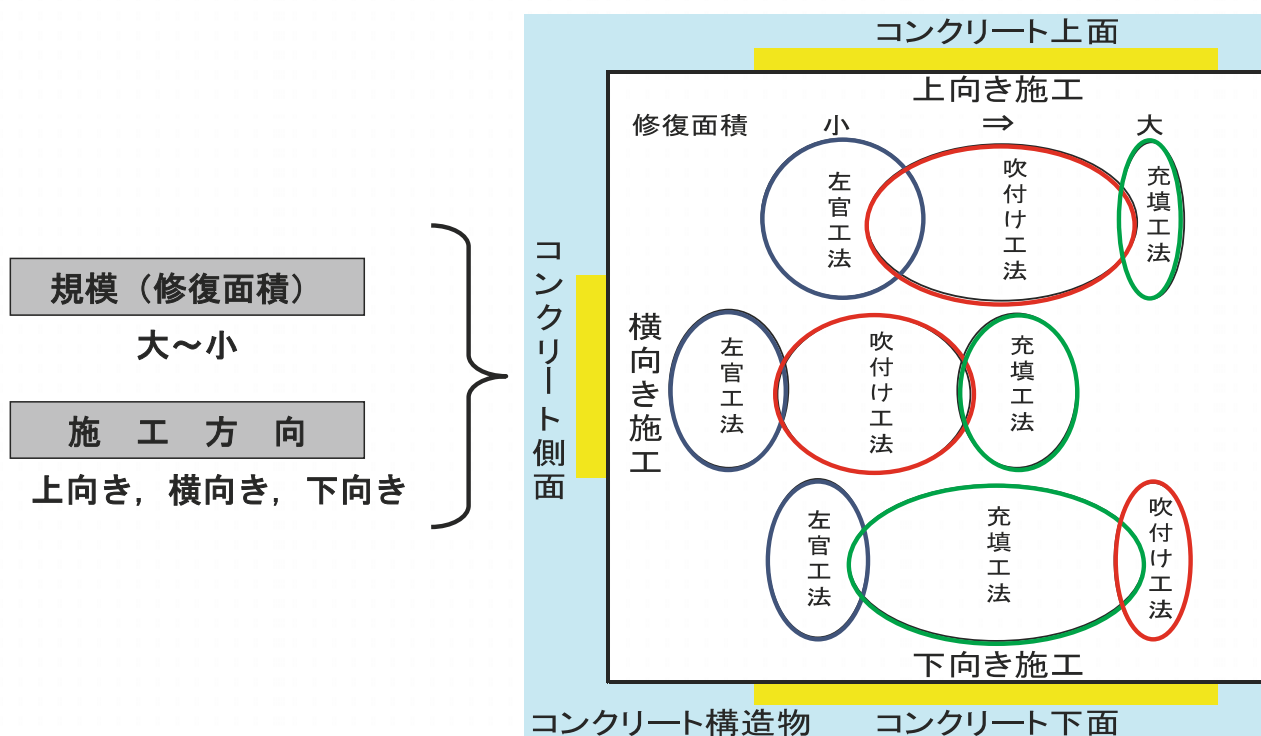
- 施工能力が大きい
- 1層当たりの施工厚さが厚い(10cm以上)
- 長距離圧送が可能



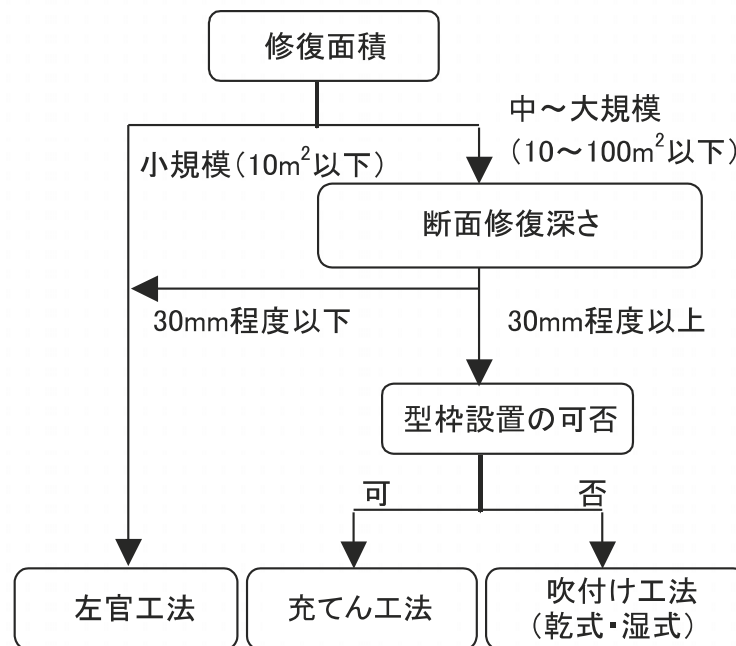
18

断面修復材 (湿式吹付け工法)

工法の選定例(面積・方向による分類)



工法の選定例（面積・深さ・型枠の有無による分類）



- 構造物の立地条件・環境条件により異なる場合がある
- 1箇所の施工面積が小さくても箇所数が多い場合に吹付け工法が選定される場合がある

21

断面修復工の要求性能（力学的性能）

■ 圧縮強度試験

角柱供試体
(JIS A 1171, JIS R 5201)



角柱供試体の型枠

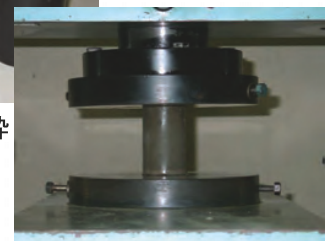


角柱供試体による測定状況

円柱供試体
(JIS A 1132, JIS A 1108)



円柱供試体の型枠



円柱供試体による測定状況

〈評価での留意点〉

- ・ 供試体の形状および寸法が異なるため、同一材料を使用しても強度値が異なる。
- ・ 環境温度によって、強度発現性が異なる（試験室と実現場では強度値が異なる）。

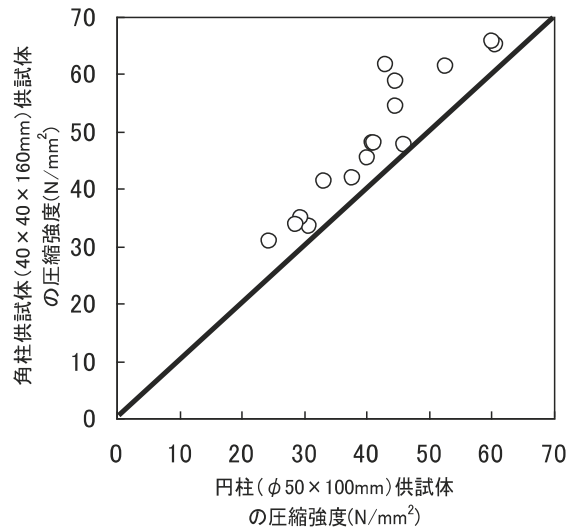
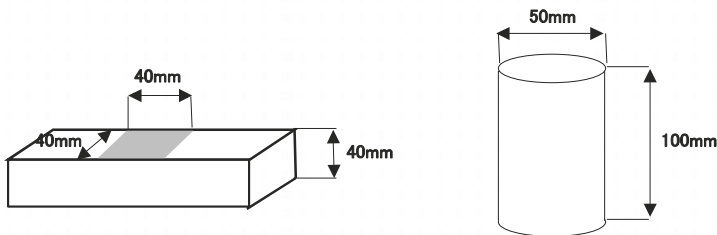
22

断面修復工の要求性能(力学的性能)

●評価における留意点

供試体の形状および寸法の影響

試験方法	供試体寸法 (mm)	H/D	圧縮強度の傾向
JIS R 5201 JIS A 1171	40×40×160の 角柱供試験体	1	円柱供試体より 高い
JIS A 1108	φ50×100の円 柱供試体	2	角柱供試体より 低い

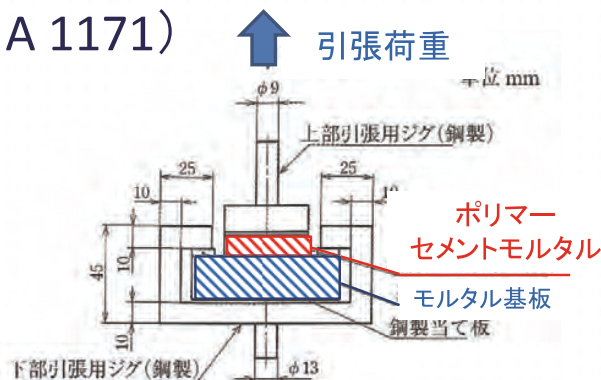


**円柱供試体 (φ5×10cm) は、
角柱供試体と比べ強度が低い傾向**

23

断面修復工の要求性能(力学的性能)

■接着強度試験(JIS A 1171)



■接着強度試験(その他の試験方法)



油圧式簡易引張試験機



建研式引張試験機

- 基材にコンクリート平板を使用
- 試験時にカッターで切込みを入れるが、若材齢では接着強度に影響する場合がある

24

接着強度試験

25

断面修復工の要求性能(施工性能)

モルタルのフレッシュ性状を確認する試験方法

フロー試験器具



スランプ試験器具



J₁₄ ロート試験器具



左官材、吹付け材の施工性能
を主に評価する器具

充てん材の施工性能
を主に評価する器具

現場で試験困難

現場で簡易に試験可能

26

断面修復材の規格値一例

		東日本旅客鉄道 土木工事標準示方書	NEXCO構造物施工管理要領 左官工法
硬化時間		1時間以上	
厚塗り性		厚塗り性が良いもの	—
断面修復材の外観		—	断面修復材は均一で、 われ、はがれ、ふくれのないこと
硬化収縮性		—	0.05%以下
熱膨張性		—	$2.0 \times 10^{-5}/^{\circ}\text{C}$ 以下
コンクリートとの 付着性（接着強度）	全付着強さ	コンクリートと 断面修復材の 接着強度は $1.5\text{N}/\text{mm}^2$ 以上	—
	界面付着強さ		—
	湿潤時		コンクリートと 断面修復材の 接着強度は $1.5\text{N}/\text{mm}^2$ 以上
	耐アルカリ性試験後		
	温冷繰り返し試験後	—	
塗装塗膜との 付着性		被覆材との接着性が $1.0\text{N}/\text{mm}^2$ 以上	
圧縮強度		$24\text{N}/\text{mm}^2$ 以上	補修設計で定めた 設計基準強度以上であること

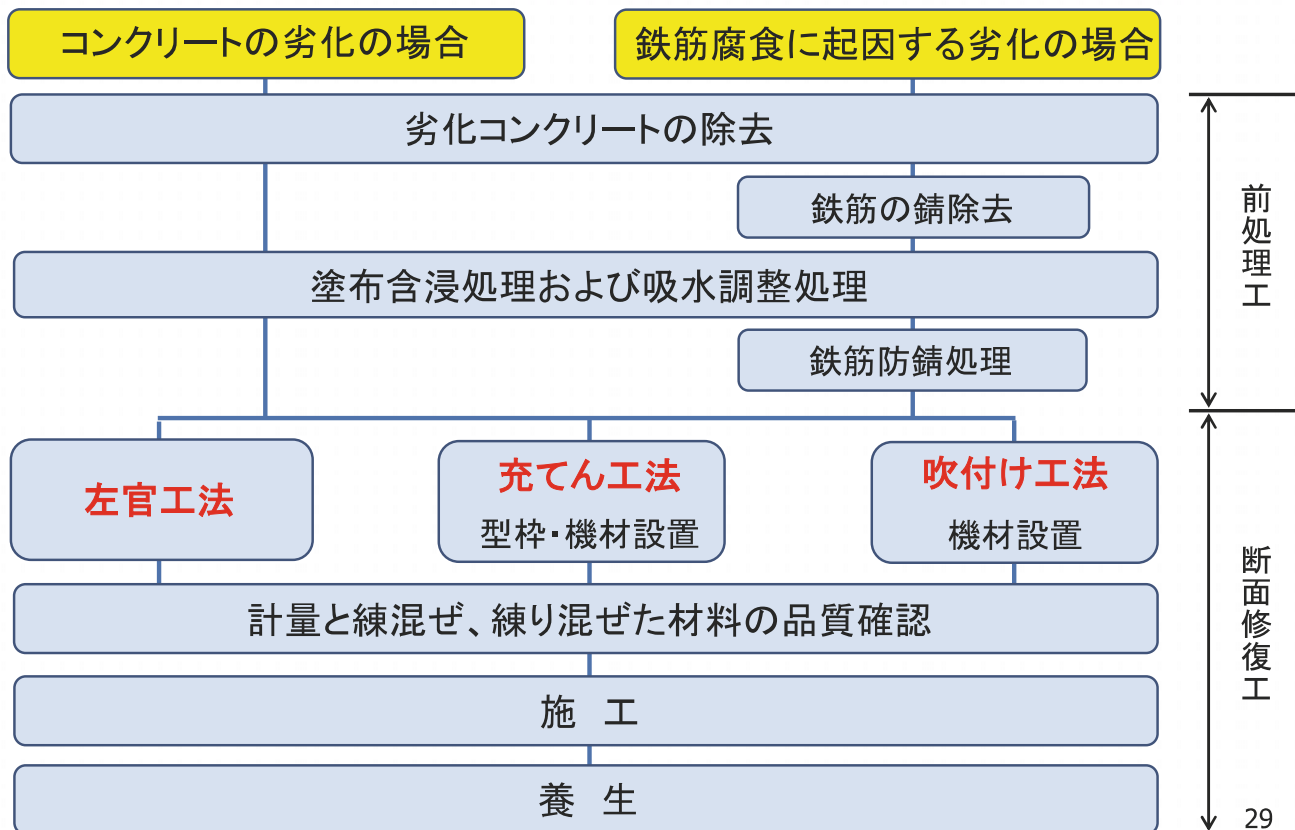
* 試験方法などの詳細については、各規格をご参照ください。

27

各工程における 留意点

28

施工フロー



前処理工での留意点1

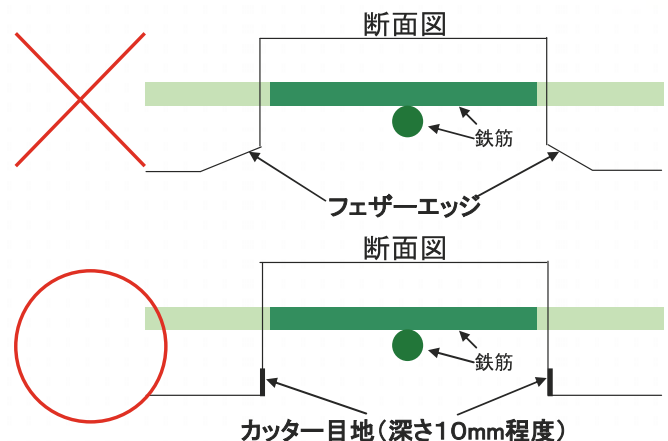
フェザーエッジの発生防止

フェザーエッジ部では断面修復材の厚みが薄くなり、はがれ、ひび割れ等の再劣化を起こしやすい。

はつり箇所の周囲に
10mm程度カッターを入れる

躯体コンクリートと
断面修復材の確実な接着

高圧洗浄等で下地に残るほこり、脆弱部を取り除く



はつり作業により生じる、下地材のほこり等は断面修復材の接着不良の要因となる。

前処理工での留意点2

プライマー材(吸水調整材)、添加材(亜硝酸塩系など) 使用の留意点

断面修復材とプライマーの組合せによっては、接着強度に差が生じる場合がある。

添加材を断面修復材に添加した場合、断面修復材の物性（流動性、凝結時間等）が変化する場合がある。



- プライマーは、施工要領書に記載された材料を使用。
- 希釈の有無、塗布量、塗布間隔を確認。

- 添加材（亜硝酸塩系など）を断面修復材と併用する際は、製造業者に確認。

31

前処理工での留意点3

鉄筋の錆除去、防錆処理における留意点

鉄筋とコンクリートの
確実な接着

高圧洗浄でほこりを確実に除去

錆の再発生防止

錆を落とした鉄筋を放置すると、錆が再び生じる

防錆材の塗布は、錆落とし後早めに行い、塗り残しがないように塗布

ポリマーセメント系
防錆材の塗布方法

鉄筋の凹凸が鉄筋防錆材でなくならないように注意して塗布

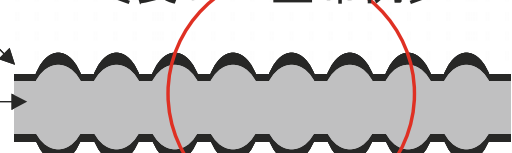
〔悪い 塗布例〕



防錆ペースト

鉄筋

〔良い 塗布例〕



32

断面修復工での留意点1

●練混ぜ水量が物性に与える影響

指 標	練混ぜ水量の 増加(過剰)	練混ぜ水量の 減少(不足)
流動性	上 昇	低 下
コテ押え	ダ レ	負荷増
吹付け	ダ レ	閉 塞
圧縮・曲げ強度	低 下	上 昇
接着・耐久性	低 下	上 昇※

※状況により低下：締め固め不足が発生した場合



- 練混ぜ水量は、製造業者が定めた範囲内で決定。
- フロー試験等で、材料の適切な硬さを判断する。

出典：土木学会：西日本旅客鉄道 鉄道本部施設部：コンクリート構造物補修の手引き[第三版]

33

練混ぜによる 不具合事例 (モルタルミキサ)

断面修復工での留意点2

●練混ぜ機械が性能に与える影響

アルミ製攪拌羽根のハンドミキサ

容器や骨材により羽根が削られ、アルミの粉が発生



アルミの粉がセメントのアルカリ成分と反応することで発泡（水素ガスが発生）し、断面修復材が異常膨張を起こし、強度低下を起こす場合がある。



アルミ製攪拌羽根の付いたハンドミキサは使用しない



35



一般社団法人 セメント協会

アルミ製羽根使用 による不具合事例

断面修復工での留意点3

●練混ぜ機械が性能に与える影響

ハンドミキサの羽根の形状

ディスクタイプ



流動性の高い材料に適する
充てん材(グラウト材)向き

カゴタイプ



粘性の高い材料や繊維が入った材料に適する
左官、吹付け材向き

羽根の形状は練り混ぜる材料の種類に合わせ適宜選択

37

ハンドミキサ による練混ぜ

断面修復工での留意点4

●練混ぜ時間が性能に与える影響

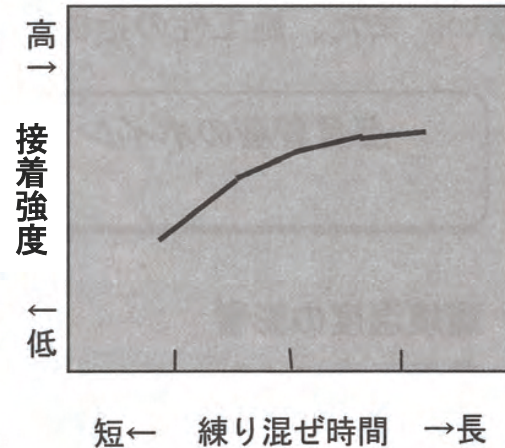
**練混ぜ時間が短い場合、
接着強度が低くなる傾向**

ポリマーセメントモルタルでは、練混ぜ時間が短いと、ポリマーの性能が発揮されない場合があるため。



**所定の性能を発揮させるため
十分な練混ぜが必要**

ただし、過剰な練混ぜは、エアーの巻き込み等による強度低下をまねく場合もある。



適切な練混ぜ時間を確認

39

断面修復工での留意点5

●養生方法，冬期・夏期の注意事項

強風・直射日光による乾燥ひび割れ防止

シート養生，養生剤の塗布

冬期，強度発現前の初期凍害防止

- ・練混ぜ水に温水を使用
- ・シート養生，ヒーター養生

※急結の恐れがあるため水を40℃以上に加熱しない

夏期，高温時の異常凝結防止

- ・練混ぜ水に冷水を使用，冷却



〔シート養生状況〕

40

施工例のご紹介

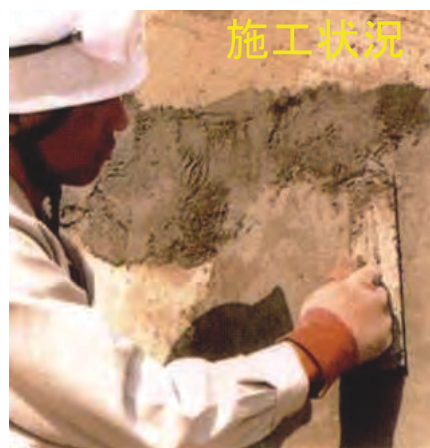
41

■施工例(その1) 断面修復工法(左官工法)

劣化したRC構造物(橋梁)の欠損部

〈現場概要〉

- ☆高速道路の高架橋の鉄筋腐食による断面欠損。
- ☆アルカリ性付与材および防錆ペーストを適用。
- ☆ポリマーセメント系断面修復材(左官工法)で補修。



42

■施工例(その2) 断面修復工法(左官工法)

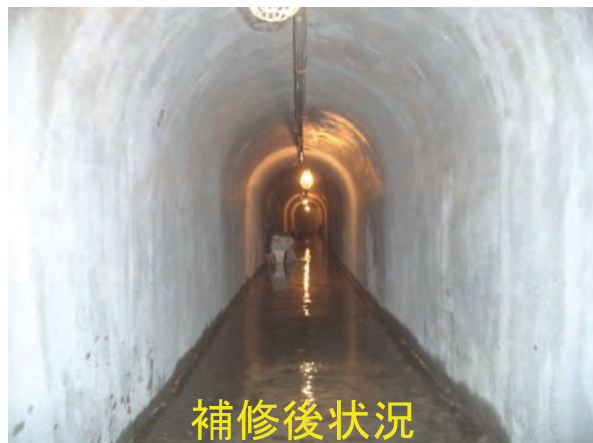
経年劣化した導水路

〈現場概要〉

- ☆磨耗により導水路の躯体コンクリート表面が劣化。
- ☆高圧洗浄機により脆弱部を除去し、止水を行った。
- ☆ポリマーセメント系断面修復材(左官工法)で補修。



補修前状況



補修後状況

43

■施工例(その3) 断面修復工法(充てん工法)

融雪剤で凍害劣化した橋台

〈現場概要〉

- ☆東北地方山間部の道路橋台コンクリートが劣化。
- ☆融雪剤を含む水が路面から橋台側面に供給され劣化が促進。
- ☆高流動ポリマーセメント系断面修復材(充てん工法)で補修。



補修前状況



補修後状況

44

■施工例(その4) 断面修復工法(充てん工法)

化学的腐食により劣化した橋台

〈現場概要〉

- ☆北海道に所在する道路橋の強酸(pH=1.5)と接触するフーチング部および橋台躯体かぶり部が化学的腐食により劣化。
- ☆耐酸性セメントを用いたコンクリート(充てん工法)で補修。

コンクリートの充てん状況



型枠の設置



施工状況

45

■施工例(その5) 断面修復工法(充てん工法)

塩害により劣化した栈橋

〈現場概要〉

- ☆栈橋の橋桁部のコンクリート劣化(塩害)部分をはつり落とし、鉄筋を露出・防錆処理し、スターラップ筋を交換。
- ☆設計荷重増に伴う鉄筋量を増加させた後、充てん工法で補修。

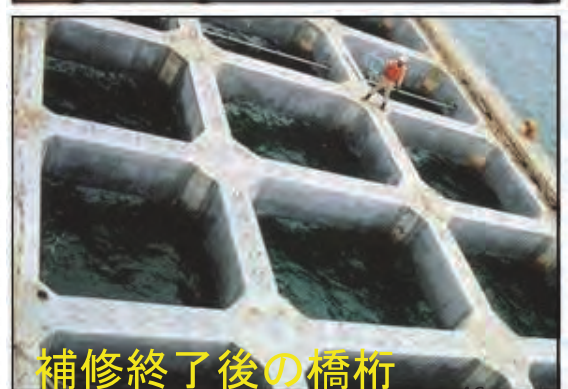
10年経過後の橋桁部の外観



打設状況



補修終了後の橋桁



46

■施工例(その6) 断面修復工法(湿式吹付け工法)

施工規模の大きい建築構造物

〈現場概要〉

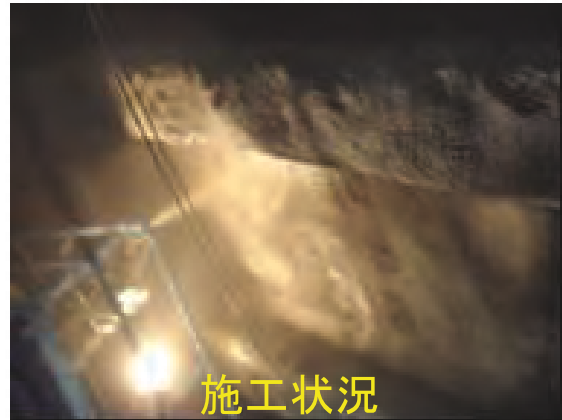
☆施工後80年以上経過した大規模建築物

☆中性化等による劣化が進行。

☆炭酸ガスの遮断性に優れるポリマーセメントモルタルで補修。



施工状況



施工状況

47

■施工例(その7) 断面修復工法(湿式吹付け工法)

橋脚巻き立てによる耐震補強

〈現場概要〉

☆橋脚の耐震補強工事に、ポリマーセメントモルタルを巻き立てる工法が採用された。

☆湿式吹付け工法用断面修復材(ポリマーセメントモルタル)を使用。



吹付け状況



耐震補強後の橋脚

48

■施工例(その8) 断面修復工法(乾式吹付け工法)

塩害により劣化した道路橋RC床版の下面

〈現場概要〉

- ☆寒冷地にあり、凍結防止剤として塩化カルシウムが散布されていた高架橋の床版端部。
- ☆凍結防止剤による塩害劣化が顕在化。
- ☆長距離圧送が可能な乾式吹付け工法が採用された。



道路橋の外観



吹付け状況



施工終了後の状況

49

■施工例(その9) ひび割れ注入工法

漏水を伴うひび割れが発生したコンクリート壁面

〈現場概要〉

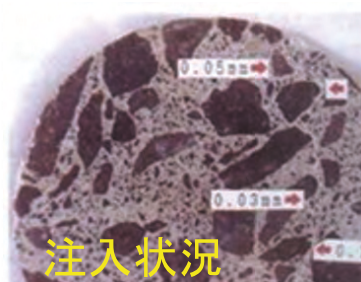
- ☆ダム取水棟に発生した漏水を伴うひび割れを超微粒子セメントスラリーで補修
- ☆ひび割れ幅0.2～0.4mm、躯体厚さ3.0mの壁面に、手押しポンプで注入材を低圧注入。
- ☆ひび割れ内部の洗浄ののち、セメント比120%の低濃度スラリーを先行注入
- ☆ひび割れ幅によって60～80%の範囲(標準70%)で本注入



補修前の状況



補修の状況



注入状況

50

技術資料のご紹介

51

セメント系補修・補強材料のホームページ

【セメント協会ホームページ】



【内
容】

- セメント系補修・補強材料の役割
- 主な補修工法と断面修復工法
- セメント系断面修復材の種類
- セメント系補修・補強材料 関連出版物
- 適用事例
- セメント系補修・補強材料の構成社

無料でダウンロードできます

セメント系補修・補強材料の
基礎知識 [第2版] の目次



セメント系補修・補強材料の製品紹介



知識の習得、本日の内容の復習にご活用ください

52

動画配信セミナーのご案内

【セメント協会ホームページ】



【URL】 <https://jcafukyu.jp>

【講座の内容】

- セメント系補修・補強材料の基礎知識
- コンクリート舗装の基礎知識
- セメント系固化材の基礎知識

土木学会認定CPDプログラムです。

動画配信のご案内 セメント系材料の基礎知識

セメント協会では、セメント系材料であるコンクリート舗装、セメント系固化材、セメント系補修材・補強材について、各種リアルセミナーの開催や技術展示会への出展など、幅広く普及活動を実施しております。
このたび、セメント系材料に関する基礎知識講座を開催しました。本講座では、材料の種類や特性、用途など基本的な知識の習得を目的としております（土木学会CPD認定プログラム）。
いつでも、どこでも、なんども、必要な時に役立つ情報を提供できるように努めてまいります。



いますぐクリック! jcafukyu.jp
本講座はテーマごとにシリーズ化いたします
定期的なチェックをお願いいたします

無料

お問合せ先
一般社団法人セメント協会 普及部門
fseminar@jccsac.or.jp

知識の習得、本日の内容の復習にご活用ください⁵³



コンクリート舗装の基礎知識

一般社団法人セメント協会
コンクリート普及専門委員会
コンクリート舗装推進WG

舗装とは？

- 道路の表面を構成する**構造物**
- 利用者に直接サービスを提供する珍しい土木構造物であり、要求性能が多様である

- ✓ 耐久性
- ✓ 走行安全性能
- ✓ 走行快適性能
- ✓ 環境低負荷性能

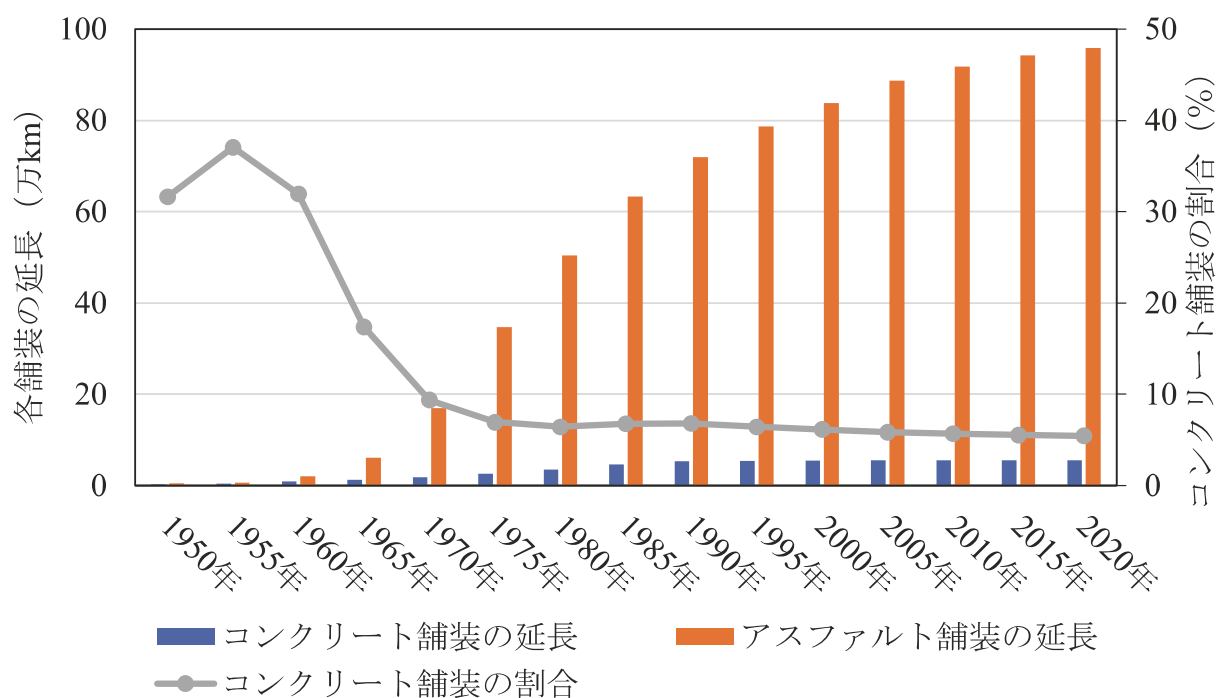
アスファルト舗装



コンクリート舗装

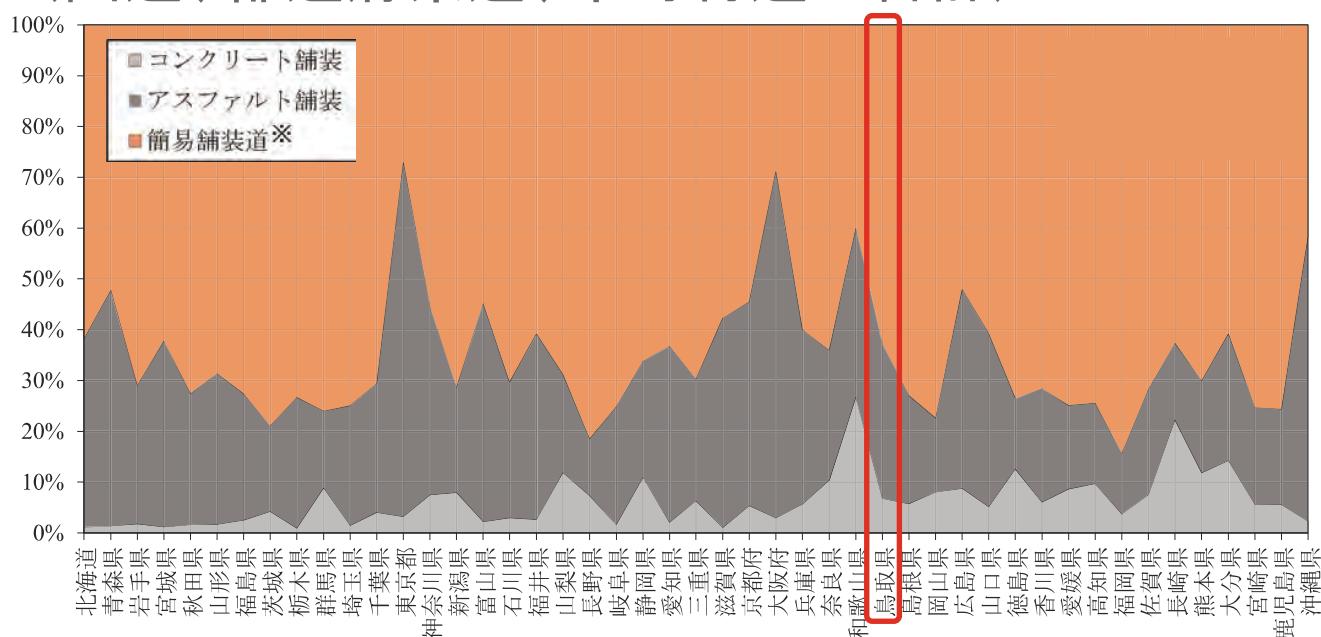


舗装の割合



3

舗装の構成比 2021年 (国道、都道府県道、市町村道の合計)



※簡易舗装: 軽交通を対象とした舗装であり、表層5cm程度のアスファルト舗装

国土交通省/道路統計年報2023/都道府県別実延長内訳(一般道)より

4

コンクリート舗装への見直しの動き

コンクリート舗装の衰退理由

自動車社会
の到来

- ・ 緊急的な道路整備の必要性



石油化学工業
の発展

- ・ 原油輸入量の急激な増大
- ・ 大量・安価なアスファルト

(アスファルト舗装のメリット)

- ・ 施工が容易
- ・ 補修が容易
- ・ 施工費が安い
- ・ 施工後即時交通開放可能

アスファルト舗装時代の到来

5

コンクリート舗装への見直しの動き

コンクリート舗装に対する期待理由

持続可能
(サステイナブル)
時代の到来

- ・ 長寿命
- ・ 高耐久性
- ・ 低ライフサイクルコスト
- ・ 維持管理費用の抑制
- ・ ヒートアイランド現象の緩和
- ・ 大型車燃費の改善

コンクリート
舗装の長所

コンクリート舗装への期待

6

国土交通省道路局の方針

- 平成24年12月「国土交通省技術基本計画」への位置づけ
 - ・コンクリート舗装の採用によるLCC縮減を明記
- 平成25年度設計業務等共通仕様書の改訂＜新設舗装＞
 - ・道路詳細設計において、As舗装とCo舗装をLCCも含めて比較検討したうえで決定することを規定
- 平成28年10月舗装点検要領の策定＜舗装修繕＞
 - ・点検結果に基づく修繕設計にあたって、コンクリート舗装等への変更も含め、LCC比較検討を行うことを明記した「舗装点検要領」を全道路管理者へ通達
- 平成28年10月～ 地方自治体へのCo舗装のPR
 - ・全都道府県に設置している「道路メンテナンス会議」の場等を活用し、コンクリート舗装の適材適所での採用推進をPR
- 令和3年12月舗装種別選定の手引きのとりまとめ
 - ・道路管理者が道路や沿道の状況に応じて適切な舗装種別を選定する際の検討手順やポイントをわかりやすく解説
- 令和4年3月設計業務等共通仕様書および詳細設計照査要領の改定
 - ・舗装種別選定の手引きに示されたチェックシートを用いて比較検討のうえ、舗装の種類・構成を決定し、設計すること。また、照査においてもチェックシートを用いて確認することを規定

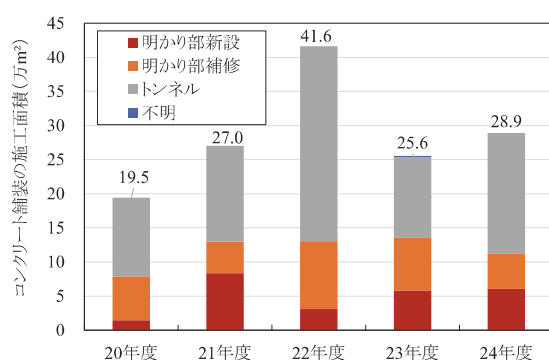
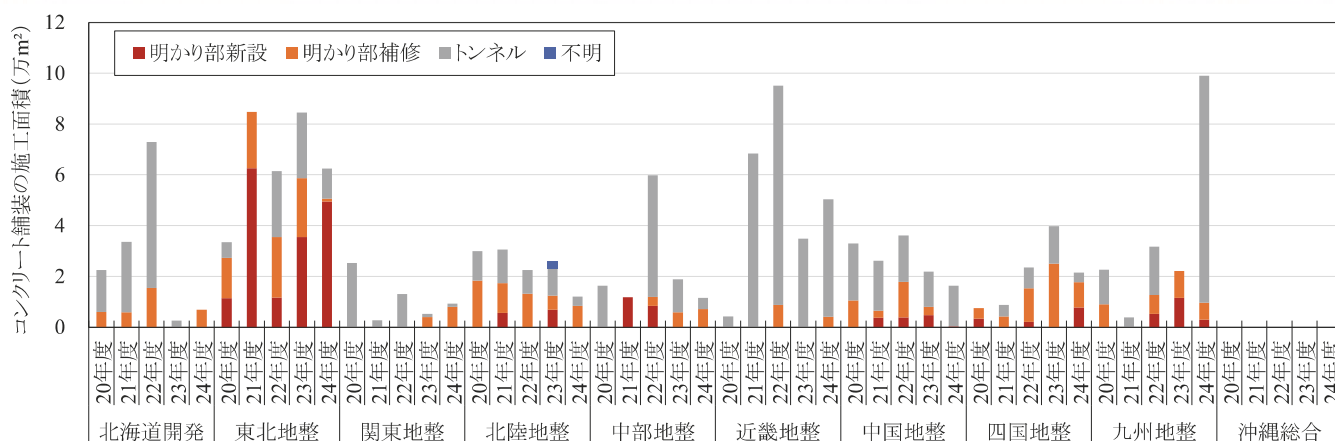
7

コンクリート舗装の現状

- ✓ 国道・県道におけるコンクリート舗装の延長
 - ✓ 諸外国と日本の比較

8

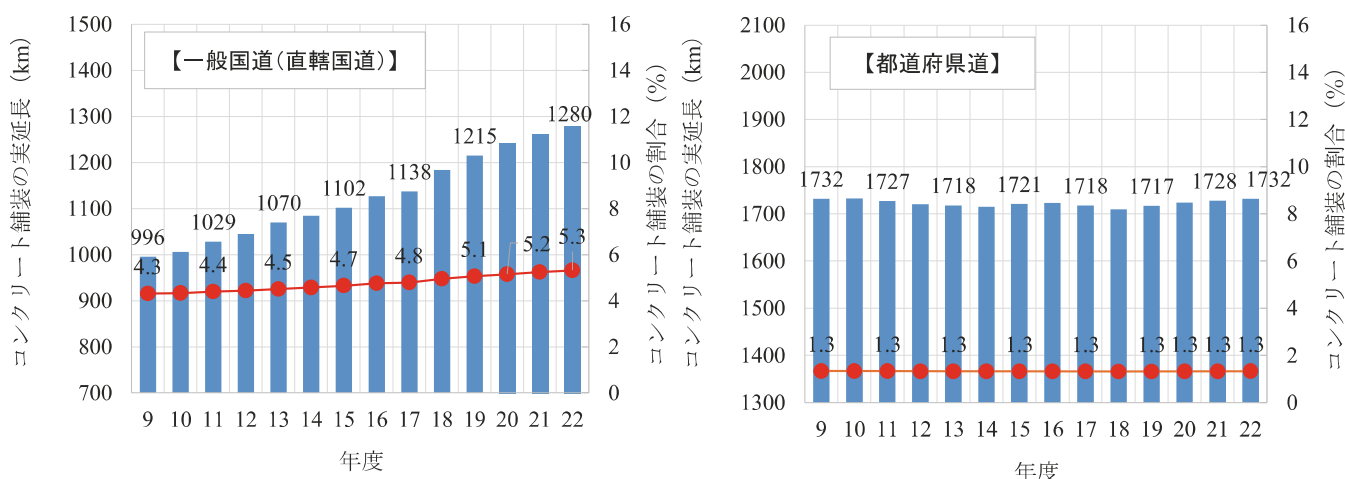
直轄国道におけるコンクリート舗装の活用



✓ 直轄国道においては明かり部も含め活用が進みつつある

9

コンクリート舗装の延長の推移

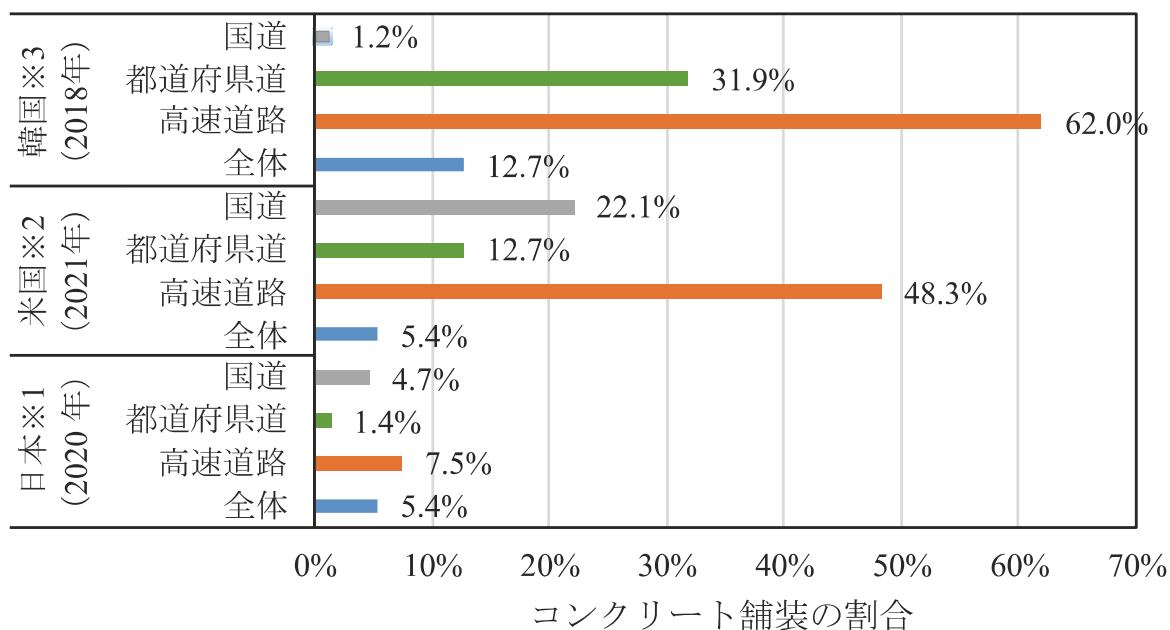


- ✓ 直轄国道では活用が進みつつあり、延長が伸びている
- ✓ 都道府県道での活用は低調となっている

10

コンクリート舗装の延長の推移

✓ 諸外国と比較して適材適所での舗装選定が来ているのか？



※1 日本の国道の値は直轄・非直轄を含んだ値

※2 米国における国道は州道、都道府県道は群・市道等の値

※3 韓国における都道府県道は特別・広域市道の値)

11

コンクリート舗装の利点 耐久性とライフサイクルコスト

✓ コンクリート舗装の特徴

✓ 耐久性

✓ ライフサイクルコストの例

12

コンクリート舗装の特徴

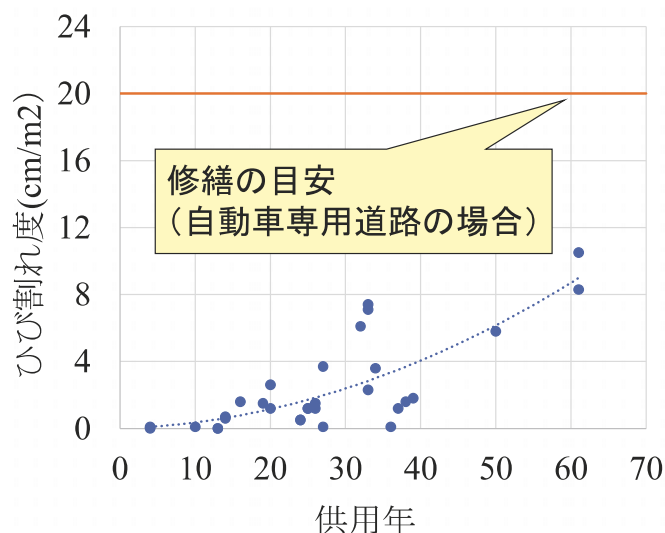
コンクリート舗装	項目	アスファルト舗装
セメントはすべて国産	材料	アスファルトの3割は韓国から輸入
養生期間が必要	工事期間	打設後数時間で交通開放可能
高い傾向	施工コスト	安い傾向
50年以上も可能	耐用年数	10～20年
安い	ライフサイクルコスト	高い
可能	補修	比較的容易

耐久性が高いコンクリート舗装

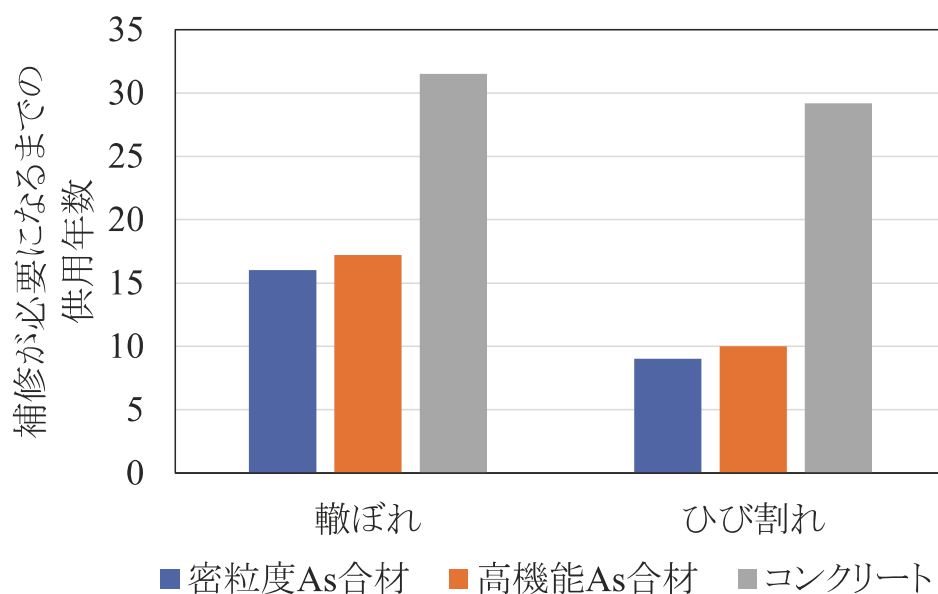
- ✓ コンクリート舗装の路面のひび割れ度は、60年を経過しても維持修繕要否判断の目標値(維持修繕要綱)よりも小さな数値



国道16号 神奈川県横浜市
(N7交通、供用61年)



舗装の耐久性比較



高速道路における実際の供用データより
(明かり部の重交通路線)

15

コンクリート舗装のライフサイクルコスト例

✓ 国道20号の例 (国土交通省試算)

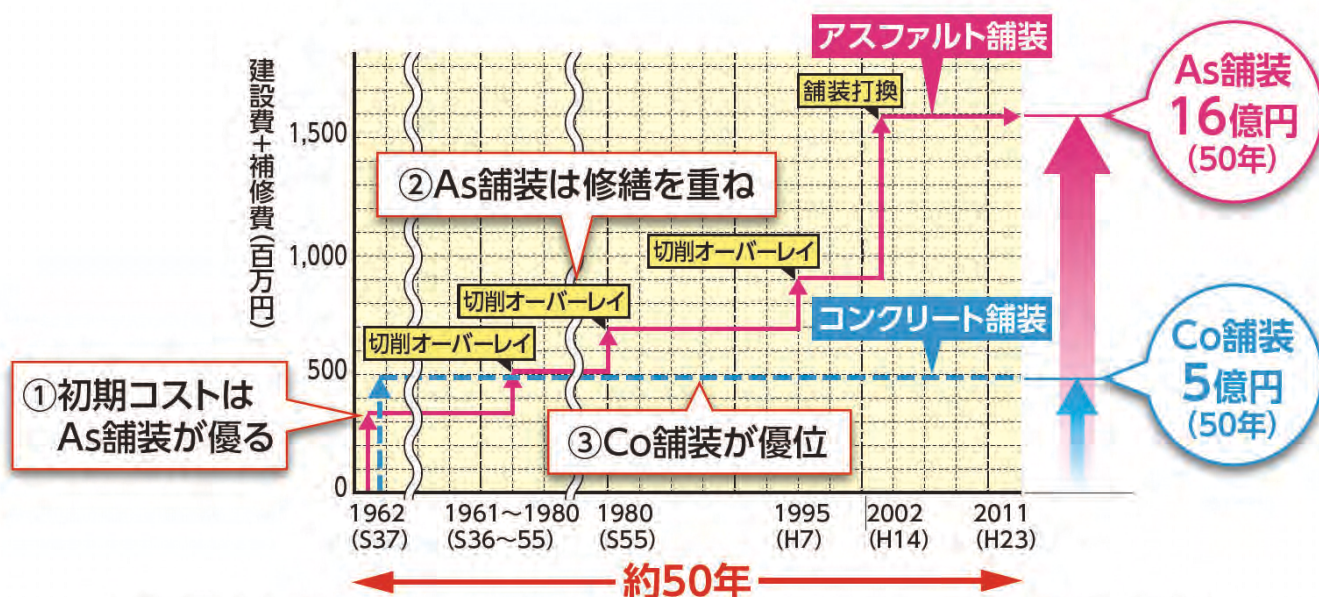


東京都国道20号
(2025年時点で供用63年)

- ・東京都八王子市追分町～高尾町
- ・昭和37年にコンクリート舗装にて供用開始(延長約4km)
- ・現在まで大規模補修の実施無し

16

コンクリート舗装のライフサイクルコスト例



※上記LCCは建設費及び補修費の累計額 (As舗装のLCCはCo舗装区間の近傍区間において算出)

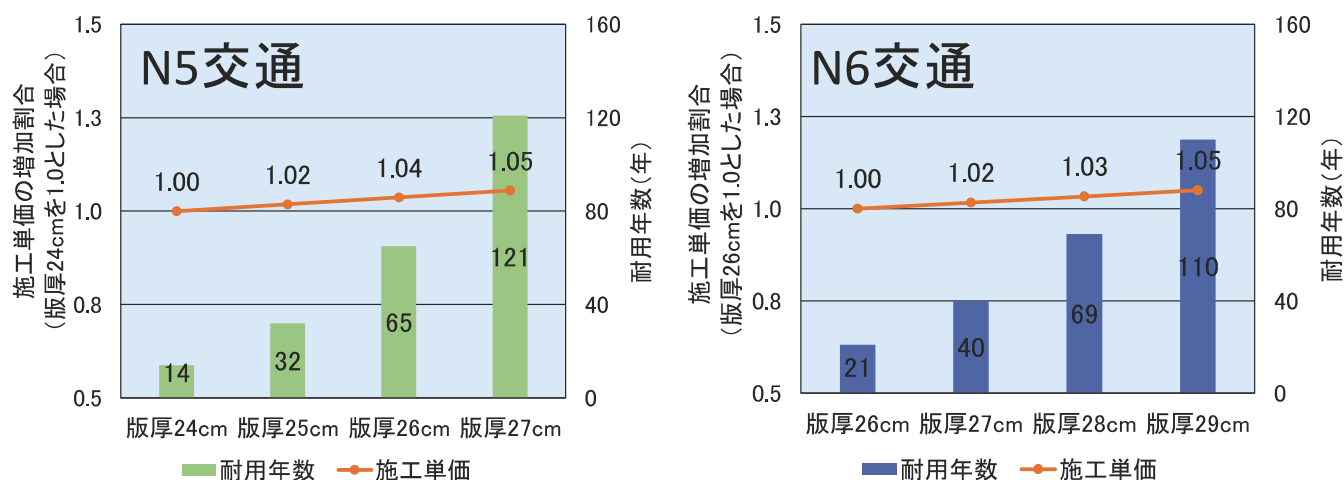
●2011年原単価を用いた直接工事費ベース ●目地補修等の維持的補修工事は含まない

- ✓ 重交通の直轄国道においても現在まで大規模補修なし
- ✓ LCCはAs舗装の1/3程度

17

コンクリート舗装は容易に長寿命化可能

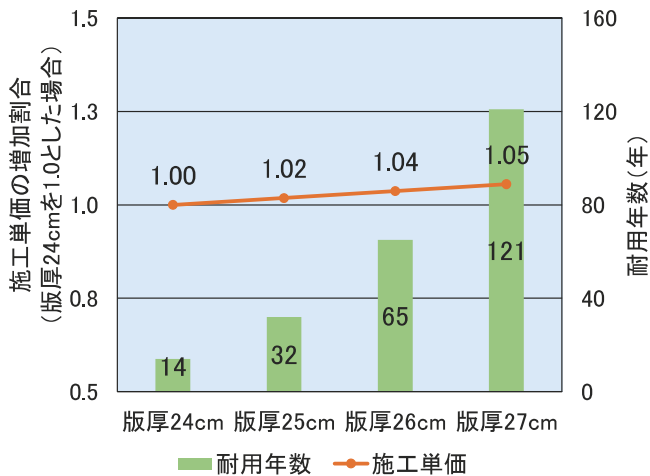
コンクリート版厚と耐用年数、直工費の一例



- ✓ コンクリート舗装は版厚を増すことで容易に長寿命化可能
- ✓ 直工費+数%で寿命を数倍に増やすことが出来る

18

コンクリート舗装の理論的設計法



✓ 理論的設計法

コンクリート版に作用する 交通荷重等に対してコンクリート版が疲労破壊しないか照査する手法、様々な交通条件や舗装構造について検討できる

疲労計算シート

[https://www.road.or.jp/img/dl/xls/design_sheet_for_concrete_slab_ver.1.1%20\(2\).xls](https://www.road.or.jp/img/dl/xls/design_sheet_for_concrete_slab_ver.1.1%20(2).xls)

使用上の注意

https://www.road.or.jp/img/dl/pdf/instructions_for_use_ver.1.1.pdf

19

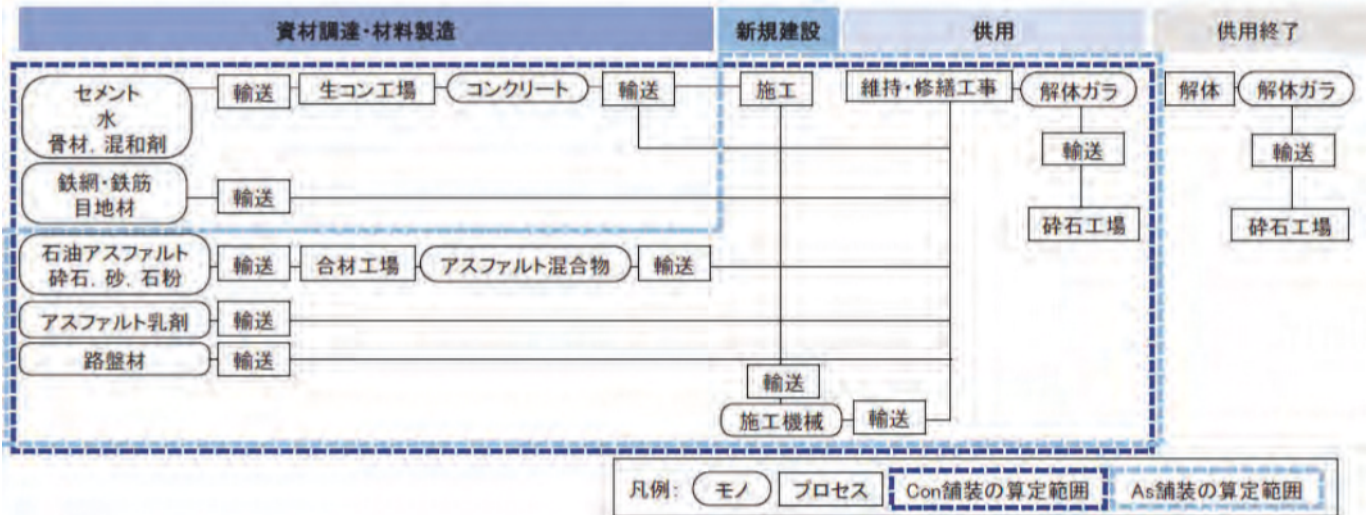
コンクリート舗装の環境性能

- ✓ LCCとLCCO2について
- ✓ ヒートアイランドの緩和
- ✓ 大型車燃費向上によるCo2の削減
- ✓ トンネル内の照明削減
- ✓ セメント製造における廃棄物の循環利用

20

コンクリート舗装のLCCとLCCO2試算の例

- ✓ 土木研究所において試算されたライフサイクルコストとライフサイクルCO2の試算例
- ✓ コンクリート舗装とアスファルト舗装を比較

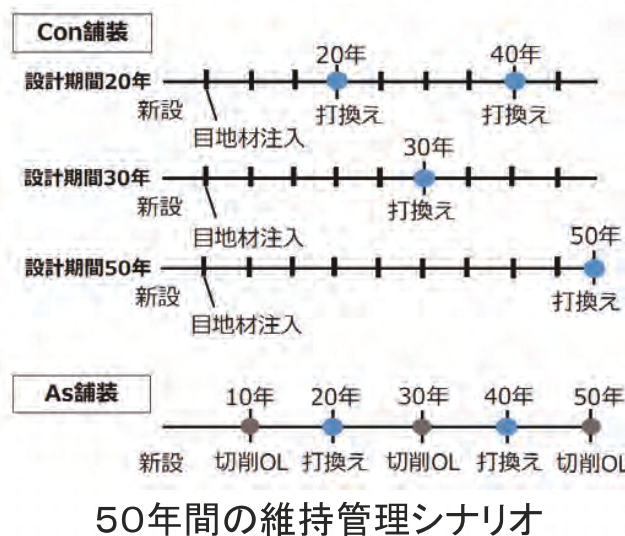


出典: 七尾ら、供用・解体段階におけるCO2吸収量を考慮した舗装の環境・経済性評価、土木学会論文集2025、Vol81、No21

21

コンクリート舗装のLCCとLCCO2試算の例

- ✓ 比較条件(評価期間50年)



コンクリート舗装

設計期間20年: 版厚28cm
設計期間30年: 版厚30cm
設計期間50年: 版厚32cm

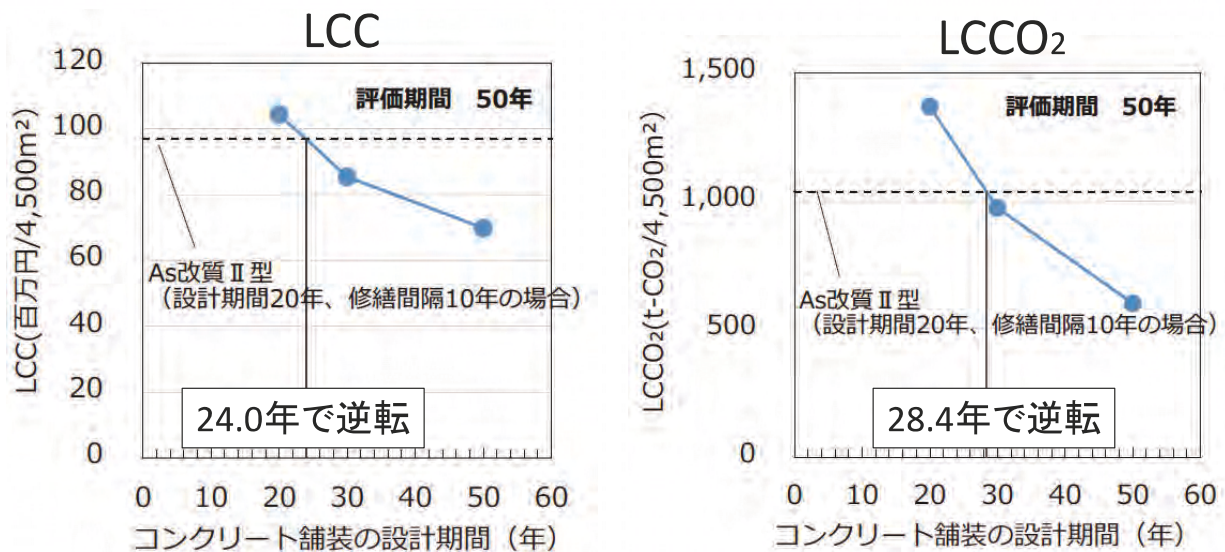
アスファルト舗装

設計期間20年: 舗装10cm
(改質Ⅱ型)

出典: 七尾ら、供用・解体段階におけるCO2吸収量を考慮した舗装の環境・経済性評価、土木学会論文集2025、Vol81、No21

22

コンクリート舗装のLCCとLCCO₂試算の例

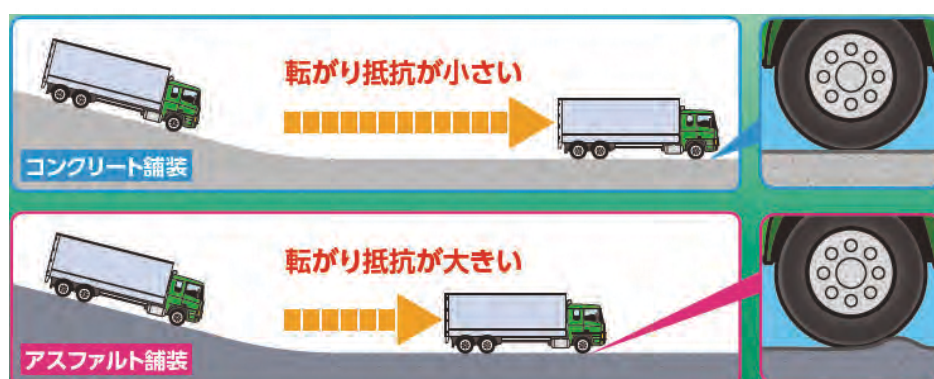


50年設計の場合、**LCCで約3割、LCCO₂で4割**優れる
コンクリート舗装は設計期間を延ばすことでコスト・脱炭素
両面において優れた舗装となる

23

大型車燃費改善によるCo₂の削減

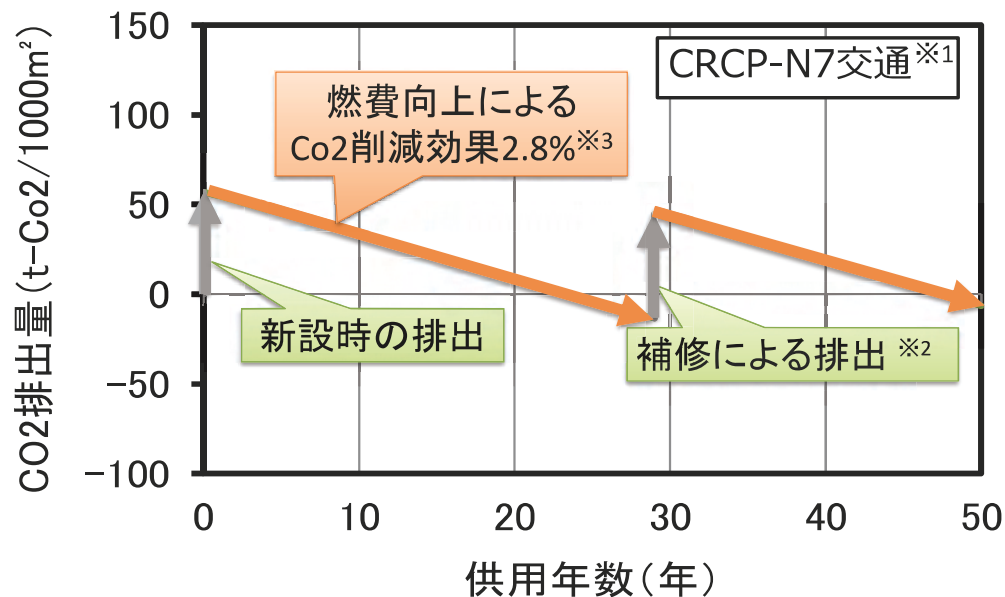
- ✓ カナダ国立研究評議会(2000年)
コンクリート舗装はアスファルト舗装より、**大型車燃費が0.8～6.9%有利**
- ✓ セメント協会(2007年)
日本でも、コンクリート舗装における**大型車燃費は0.8～4.8%低減**する検討結果が得られた



24

大型車燃費改善によるCO₂の削減

✓ 供用が進むに従いカーボンニュートラルに近づきます



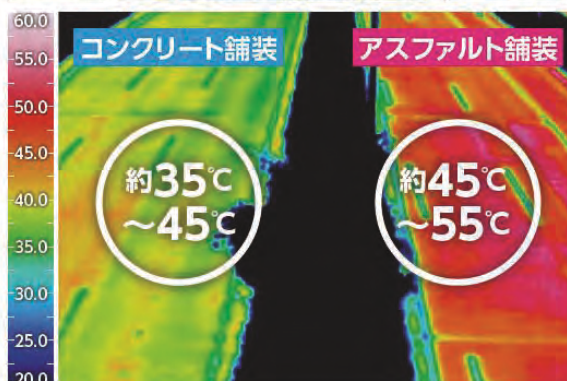
※1 連続鉄筋コンクリート舗装(高炉セメント)、大型車交通3000台/日における試算(セ協調べ)

※2 供用29年で打替え、29年は実道における補修が必要になるまでの平均供用年数(NEXCO調べ)

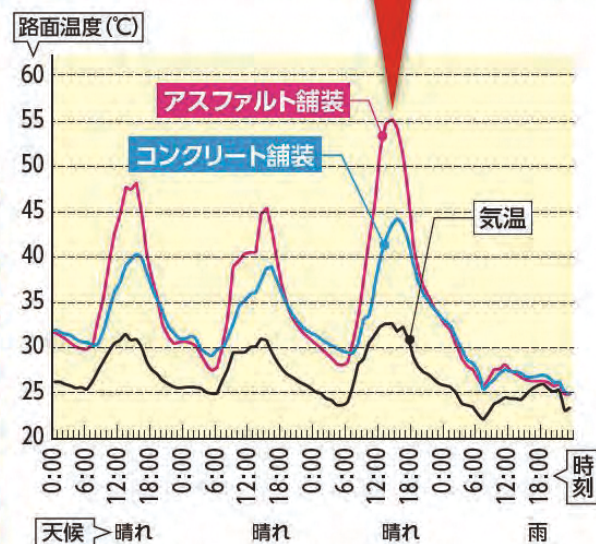
※3 国内の調査結果0.8%~4.8%の平均値

25

ヒートアイランド現象を緩和させるコンクリート舗装



気温が高いほど、コンクリート舗装とアスファルト舗装の路面温度の差は大きくなります。



土木研究所試験走路

26

道路を明るくさせるコンクリート舗装

照明の効率が向上 ⇒ 視認性のよい道路環境

【アスファルト舗装との比較】

- ・必要な照明能力 → 約30%減
(日本道路協会『道路照明施設設置基準・同解説』)



27

廃棄物の循環利用(セメント1tあたり480kg)

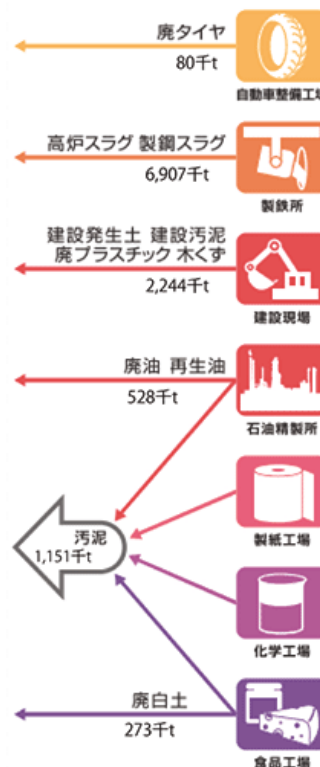


セメント工場



2,187万t/年
の廃棄物を利用(2024年)

セメント産業から排出
される産業廃棄物は
0.02万t/年



28

廃棄物の循環利用

セメント産業で廃棄物・副産物が有効利用できる理由

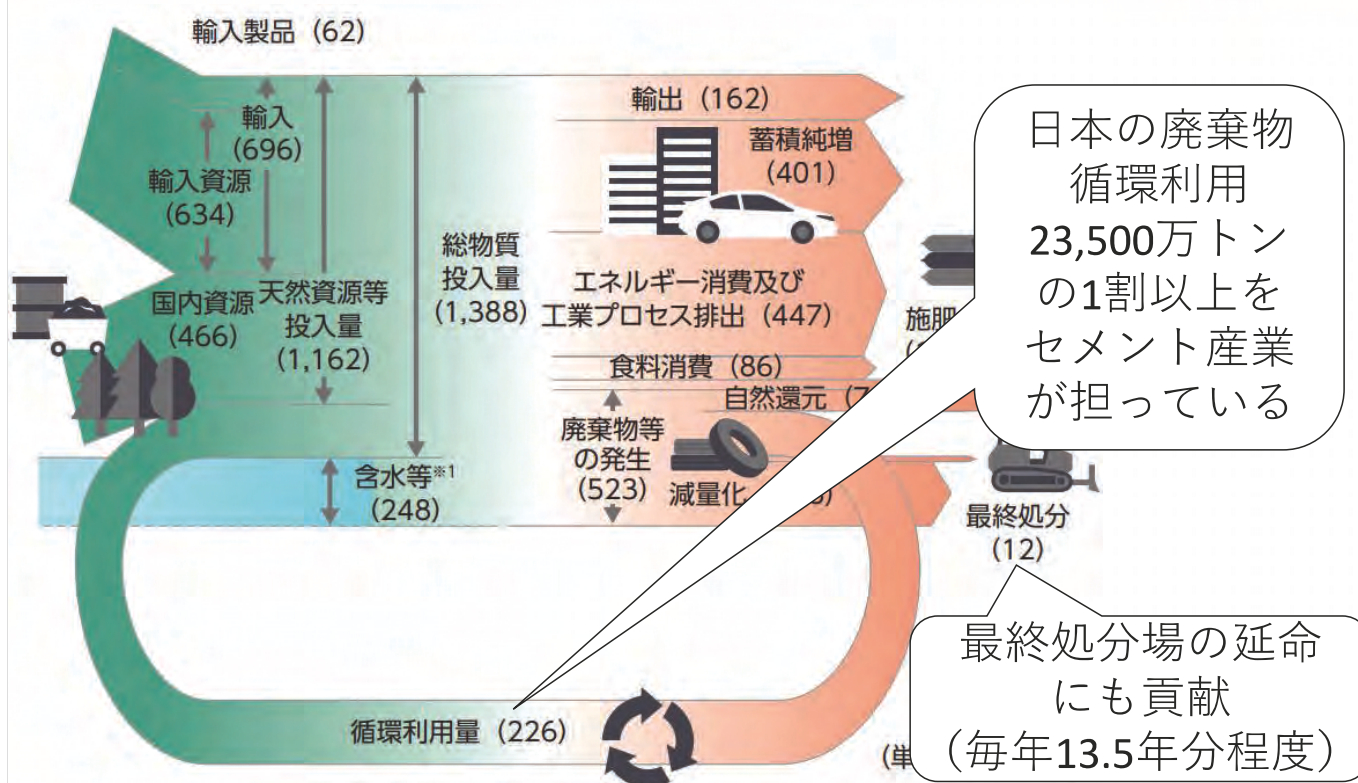


廃棄物の組成が天然原料と類似している場合に代替として利用
(粘土を例に)

由来	品目	成分			
		酸化カルシウム (CaO)	二酸化けい素 (SiO ₂)	酸化アルミニウム (Al ₂ O ₃)	酸化鉄 (Fe ₂ O ₃)
天然原料	粘土	～5%	40～80%	10～30%	3～10%
廃棄物	石炭灰	5～20%	40～65%	10～30%	3～10%
	焼却灰	20～30%	20～30%	10～20%	～10%
	下水汚泥	5～30%	20～30%	20～50%	5～10%

29

廃棄物の循環利用



日本の物質フロー図 (環境白書より)

30

大分県における廃棄物の受け入れ

セメント生産において大分県における産業廃棄物循環利用の約1割※を担っている

- ・ 燃えがら 3.9万トン
 - ・ 汚泥 7.0万トン
 - ・ 廃アルカリ 1.8万トン
 - ・ ばいじん 8.7万トン
- 等※

大分県津久見工場全体では156万トンとなり
セメント産業では他産業で受け入れ困難な廃棄物を多く受け入れている

※ 第5次大分県廃棄物処理計画実態調査業務委託報告書

31

災害廃棄物の受け入れ

災害廃棄物も積極的に受け入れ



受け入れた水害廃棄物

発災日	災害名	主な処理品目
2004年10月	中越地震	木くず
2007年3月	能登半島地震	木くず
2007年7月	中越沖地震	木くず
2011年3月	東日本大震災	木くず、混合廃棄物、不燃物
2014年8月	広島県土砂災害	木くず
2015年9月	関東・東北豪雨	畳
2015年9月	D.Waste-Net に加入	
2016年4月	熊本地震	木くず、瓦、混合廃棄物
2016年12月	糸魚川大火	廃材
2017年7月	九州北部豪雨	混合廃棄物、木くず
2018年7月	西日本豪雨	土砂、汚泥、木くず
2019年8月	令和元年8月豪雨	汚泥
2019年10月	令和元年台風第19号	土砂、稲わら、木くず
2020年7月	令和2年7月豪雨	木くず、畳
2024年1月	能登半島地震	木くず
	処理量合計	167万t

32

コンクリート舗装の種類

- ✓ 普通コンクリート舗装 (NC)
- ✓ 連続鉄筋コンクリート舗装 (CRCP)
- ✓ プレキャストコンクリート舗装
- ✓ コンポジット舗装

33

普通コンクリート舗装

- ✓ 目地を有するコンクリート舗装
- ✓ 古くより活用されてきた
- ✓ 目地にはバーが入っており、版から版に荷重伝達しコンクリート版に発生する応力を低減してる



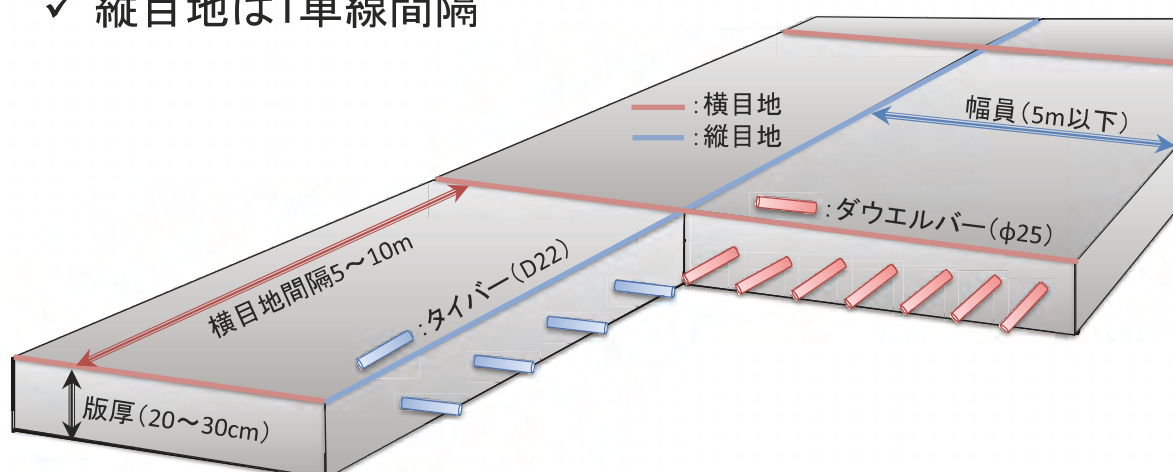
愛知県・国道22号伏見通



福島県・国道4号郡山西循環道路

普通コンクリート舗装の構造

- ✓ 縦目地と横目地を有し、ダウエルバー、タイバーを設置する
- ✓ 版厚は一般に20～30cm
- ✓ 横目地間隔は5～10m
- ✓ 縦目地は1車線間隔



ダウエルバー・タイバーの役割

ダウエルバー: 横目地に設置してコンクリート版間での荷重伝達を目的とする。**丸鋼**を使用して自由にすべる構造とし、版の収縮に追随させる。

タイバー: 縦目地部に設置して、目地の開きやコンクリート版が縦断方向に動くことを防止する。
異形棒鋼を使用

縦目地部:
タイバー(異形鉄筋)

横目地部(収縮、膨張):
ダウエルバー(丸鋼)



普通コンクリート舗装の設計

✓ 交通量区分によってコンクリートの版厚が決まってくる

交通量 区 分	舗装計画交通量 (台/日・方向)	コンクリート版の設計			収縮目地 間隔	タイバー, ダウエル バー
		設計基準 曲げ強度	版厚	鉄網		
N ₁ ～N ₃	T<100	4.4MPa (3.9MPa)	15cm (20cm)	原則として 使用する。 3 kg/m ²	・ 8 m ・ 鉄網を用 いない場 合 5 m	原則として 使用する。
N ₄	100≦T<250	4.4MPa (3.9MPa)	20cm (25cm)			
N ₅	250≦T<1,000	4.4MPa	25cm			
N ₆	1,000≦T<3,000	4.4MPa	28cm			
N ₇	3,000≦T	4.4MPa	30cm			

[注]

1. 表中の版厚の欄における（ ）内の値は設計基準曲げ強度3.9MPaのコンクリートを使用する場合の値である。

2. N₅～N₇の場合で鉄網を省略する場合には、収縮目地を 6 m程度の間隔で設置することを検討するとよい。

鉄網を原則使うことになっているが...

鉄網とは

- 通常D6の異形棒鋼を溶接で格子に組み上げたものとする(鉄筋量 = 3 kg / m² を標準)。
- 敷設位置は、表面から版厚の1/3の位置とする(15cmの版厚の場合は版の中央)。

2層施工が必要



舗装に用いられる鉄網

鉄網が浅く不具合発生

連続鉄筋コンクリート舗装(CRCP)

- ✓ 目地のないコンクリート舗装
- ✓ 走行快適性や施工性が良好で、近年多く活用されている



鳥取県 国道9号北条バイパス

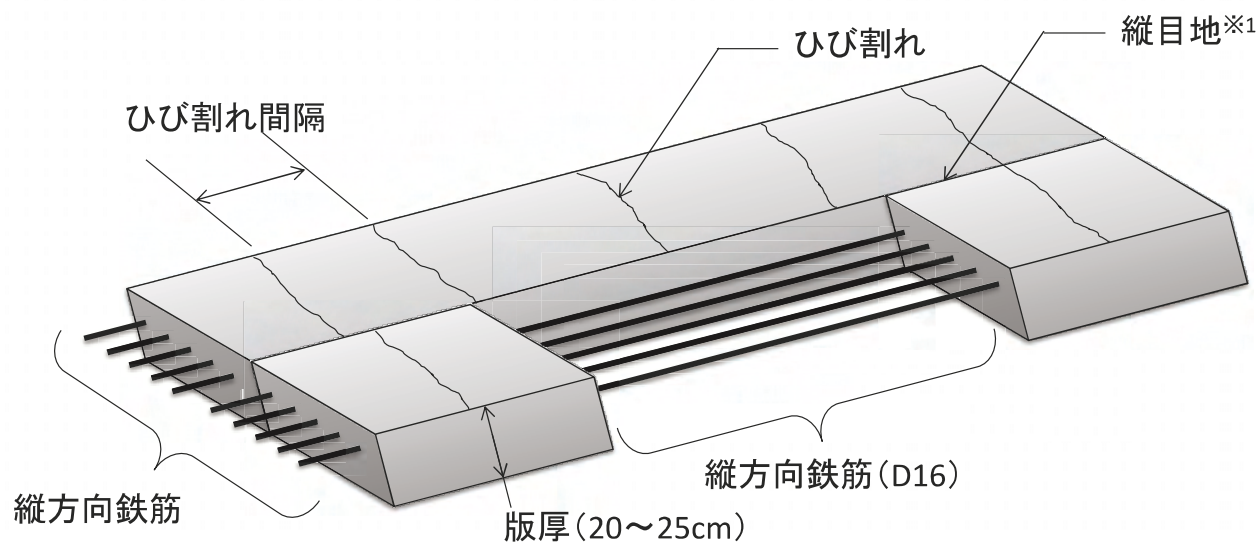


山形県 日本海東北自動車道

39

連続鉄筋コンクリート舗装の構造

- ✓ 鉄筋を縦断方向に連続的に配置し、無害な幅の収縮ひび割れを意図的に分散して発生させる
- ✓ 鉄筋位置は、コンクリート版の厚さ方向に上から1/3の高さ
- ✓ 横収縮目地を設けない。



※1 原則タイバーを使用、図中では省略

40

連続鉄筋コンクリート舗装の設計

✓ 交通量区分によってコンクリートの版厚と鉄筋量が決まっている

交通量 区 分	舗装計画交通量 (台/日・方向)	コンクリート版の設計		鉄 筋			
		設計基準曲げ強度	版厚	縦 方 向		横 方 向	
				径	間 隔 (cm)	径	間 隔 (cm)
N ₁ ～N ₅	T<1,000	4.4MPa	20cm	D16	15	D13	60
				D13	10	D10	30
N ₆ , N ₇	1,000≤1,000	4.4MPa	25cm	D16	12.5	D13	60
				D13	8	D10	30

〔注〕
 1. 縦方向鉄筋および横方向鉄筋の寸法と間隔は、一般に表中に示す組み合わせで版厚に応じて用いる。
 2. 縦目地を突合わせ目地とする場合は、ネジ付きタイバーを用いる。

連続鉄筋コンクリート舗装は、“鉄筋コンクリート舗装”ではありません

- ✓ コンクリート版に発生する主な応力は正の曲げ応力
- ✓ 連続鉄筋舗装の鉄筋は路面から1/3の圧縮領域に入っており、荷重による引張応力は作用しない。
- ✓ 鉄筋はコンクリートの収縮を拘束し、ひび割れを分散して発生させる役割を持つ。
- ✓ 連続鉄筋コンクリート舗装のひび割れは、意図して生じさせたものであり、破損ではない。
- ✓ 0.3mm程度以下のひび割れ幅であれば、ひび割れシールは必要ない。
- ✓ ひび割れ幅は、鉄筋位置、コンクリート強度や収縮量、打設時からの温度降下量に影響される。

沈下に追従できるCRCP (国道9号北条バイパス、鳥取県中部地震)



- ✓ 液状化による不等沈下が発生したが、CRCPは沈下に追従し地震直後も交通が可能であった

43



コンポジット舗装

- ✓ 表層にアスファルト混合物を用い、その下層にコンクリート舗装 (CRCP)を用いた舗装構造
- ✓ 表層のアスファルト舗装が供用性を担保し、下層のコンクリート舗装が耐久性を担保する両方の利点を生かした構造
- ✓ 供用期間 (NEXCOでは40年を想定) 中にコンクリート舗装の補修は行わず、アスファルト舗装の切削オーバーレイのみ実施



新名神のコンポジット舗装

44

コンポジット舗装の設計（NEXCO基準）

- ✓ 表層は8cm(4+4)のアスファルト舗装(表層は高機能型)
- ✓ 表層のアスファルト舗装によりコンクリート版に発生する応力(輪荷重+温度)が減少することも加味して設計

表 4-1 連続鉄筋コンクリート版の設計厚さ

	累積大型車交通量（万台）			
	3,000 未満	10,000 未満	10,000 以上～ 20,000 未満	20,000 以上
土 工 部	25 cm	25 cm	28 cm	30 cm
トンネル部	21 cm	22 cm	24 cm	26 cm

表 4-2 鉄筋の寸法と間隔

連続鉄筋コンクリート版厚	縦方向鉄筋		横方向鉄筋	
	鉄筋径	間隔 (mm)	鉄筋径	間隔 (mm)
21cm, 22cm	D16	150	D13	300
24cm, 25cm, 26cm	D16	125	D13	300
28cm, 30cm	D19	150	D13	300

1DAY PAVE（早期交通開放型コンクリート舗装）

打設後1日で交通開放可能なコンクリート舗装

特殊な結合剤や混和材料等を使用せず、JIS A 5308に適合する汎用的な材料を用いたコンクリートを使用し、コンクリート打設後の養生期間が1日（24時間）で交通開放可能なコンクリート舗装

- ✓ 汎用材料を使用しつつも配合の調整（低W/C）により早期強度を確保
- ✓ 早強セメントと高性能AE減水剤を常備する生コン工場であれば製造可能

「1DAY PAVE」想定適用箇所

補修工事

- ✓コンクリート舗装における比較的小面積（打設が1日で終わる）の補修工事（移動規制等で小規模施工を繰り返していく場合も含む）
- ✓重交通路線における交差点などの、舗装への負荷が大きく、As舗装が短期間で破損するような箇所の打ち換え

新設工事

- ✓早期交通開放が必要な現場における新設工事



小面積の打換え工事



目地部の補修工事

47

舗装も地産地消を

コンクリート舗装の原材料は
国内調達、安定供給ができます



ご清聴ありがとうございました

48

「橋梁修繕・コンクリート工」講習会アンケート



<https://forms.office.com/r/ZbPRU5R8cW>

お手元のスマートフォン、タブレット端末より
QRコードを読み取りご回答ください。