

# 復興道路におけるRC床版の品質確保、 高耐久化の取り組み

平成28年8月22日

東北地方整備局  
佐藤 和徳

前 南三陸国道事務所長  
現 地方事業評価管理官

## 本日のプレゼンテーション

1. 南三陸国道事務所とは
2. 復興道路・復興支援道路とは
3. 東北地方の道路橋のコンクリート床版では何が起きているのか？
4. 東北地方のコンクリート床版の劣化対策
5. 高耐久床版の試験施工の例
6. 高耐久床版の実施工の例

# 1. 南三陸国道事務所とは

東日本大震災からの早期復興を行うため、復興道路、復興支援道路の建設のために平成24年4月に岩手県釜石市に設置

平成28年度当初予算 388億円  
職員41名(うち他地整からの応援4名、PPP3チーム、委託職員など合計約100名)



## 2. 復興道路・復興支援道路とは

復興道路・復興支援道路の整備状況 H26.4.1 現在

路線名	全延長	供用中	事業中	うちH23 事業化
三陸沿岸道路	359km	152km	207km	148km
うち岩手県	213km	61km	152km	122km
うち 南三陸国道管内	74km	30km	44km	22km
宮古盛岡横断道路	100km	8km	58km	48km
うち岩手県	100km	8km	58km	48km
うち 南三陸国道管内	—	—	—	—
釜石花巻道路	80km	54km	26km	17km
うち岩手県	80km	54km	26km	17km
うち 南三陸国道管内	24km	18km	6km	6km
合 計	539km	214km	291km	213km
うち岩手県	393km	123km	236km	187km
うち 南三陸国道管内	98km	48km	50km	28km

## 復興道路・復興支援道路 南三陸国道事務所の担当区間

4課41名+PPP3工区体制で、  
6区間延長約50kmの改築事業を  
担当  
H28年度当初予算 388億円

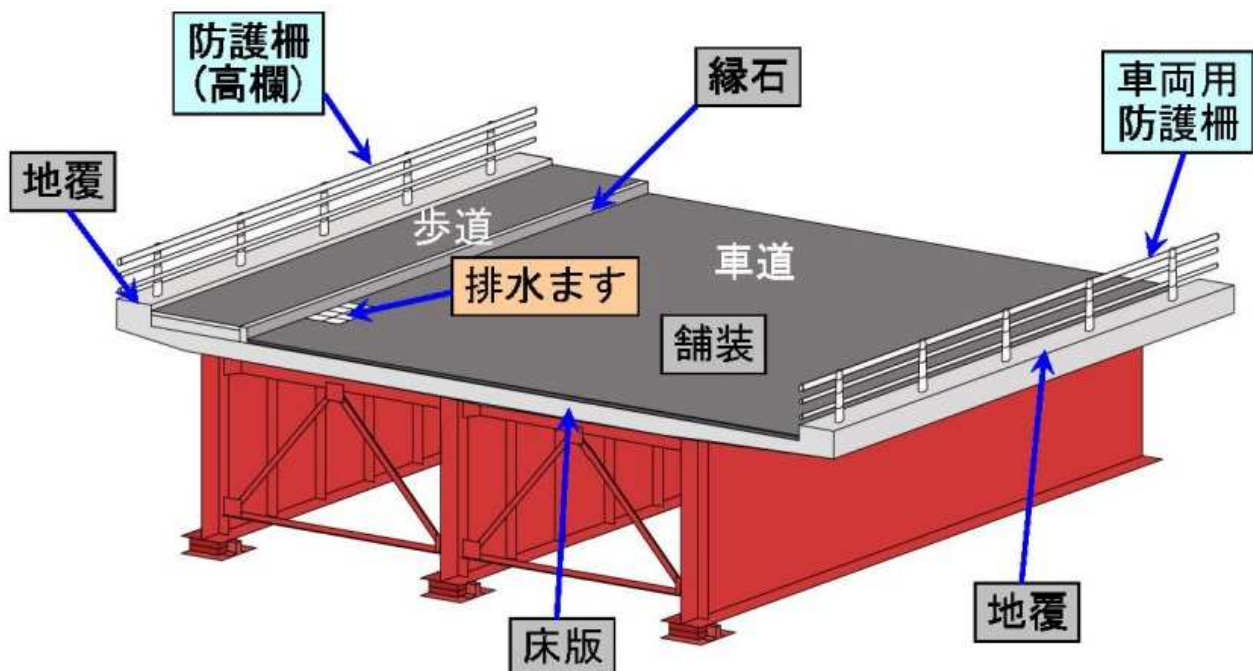
### ■三陸沿岸道路

- ・県境～陸前高田 8.0km
- ・高田道路 7.5km(内7.5km  
開通)
- ・吉浜道路 3.6km(内3.6km  
開通)
- ・吉浜釜石道路 14.0km
- ・釜石山田道路 23.0km(内4.6km  
開通)

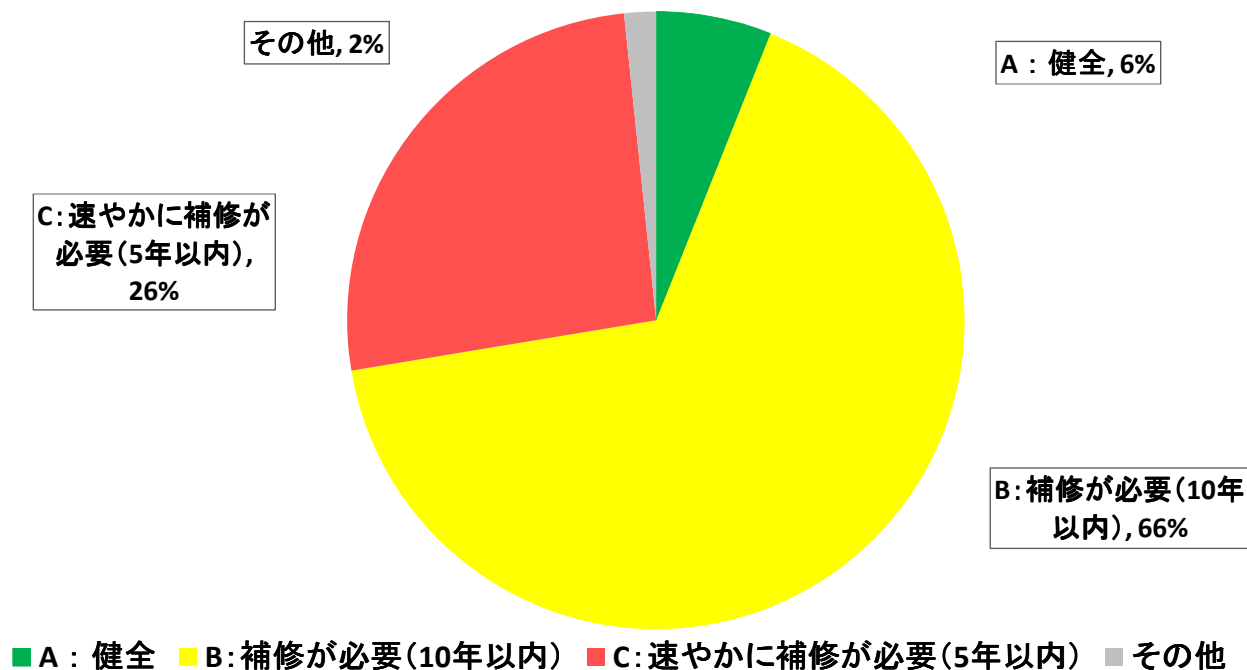
### ■東北横断自動車道釜石秋田線 (釜石花巻道路)

- ・釜石道路 6.0km

## 3、東北地方の道路橋のコンクリート床版では 何が起きているのか？



# 床版は4橋に1橋が5年以内に補修が必要



対象：東北地整管内鋼橋1322橋。(平成26年4月1日現在)

## 厳しい気象環境、供用環境

- 平均散布量は  
約10トン/km/年
- 峠部及び日本海側では  
30トン/km/年 超
- H5スパイクタイヤ禁止以降に  
散布量は増加
- 凍結しやすい橋梁部は  
重点散布区間
- 凍結防止剤による塩害と  
積雪・寒冷による凍害が発生
- 橋梁など構造物には過酷な環境

## 高架橋の路肩の堆雪状況



○ 路肩部分に除雪による堆雪が発生

## 路肩の堆雪がとけた状態



赤○の部分は凍結防止剤による塩分の結晶

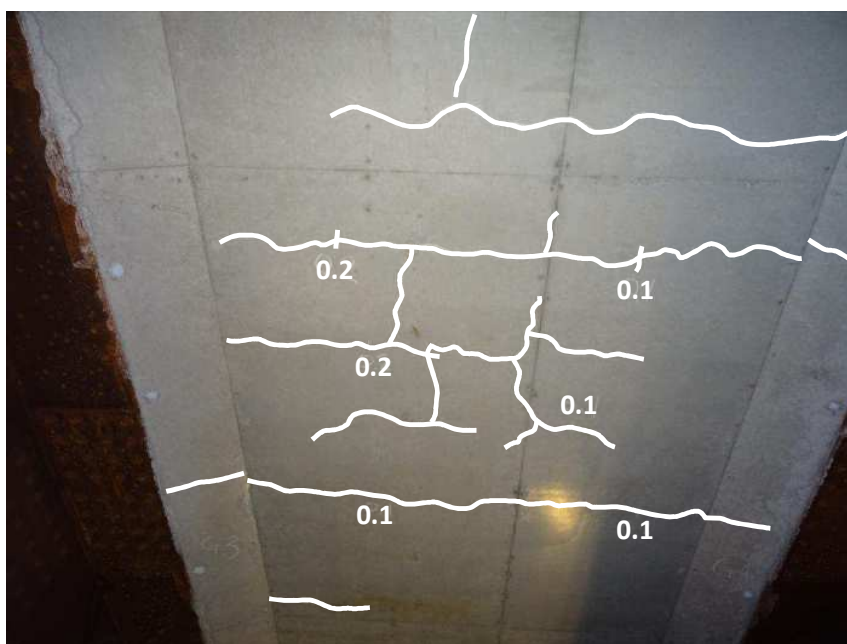


## 歩道下の床版のひび割れ・漏水(歩道は防水工なし)



遊離石灰がツララ状になっている。現行基準は歩道も防水工置。  
ひび割れ対策は適切だったのか？

## 車道下の床版のひび割れ(防水工あり)



既に幅0.1~0.2mmのひび割れが発生。若材齢で舗装機械などを載せたか？  
ひび割れに対する配慮が適切だったか？

## RC床版の漏水を伴うひび割れ



凍結防止剤含みの漏水により床版が塩漬けになっている

## 床版からの漏水で主桁が腐食



床版ひびわれからの漏水・遊離石灰

漏水の影響で腐食した主桁

供用して16年。床版からの漏水の影響で局部的に腐食が発生。

## 排水管まわりの漏水・遊離石灰



## コンクリート床版内部の鉄筋の腐食





## 桁の凍害の例(山形県小国町)



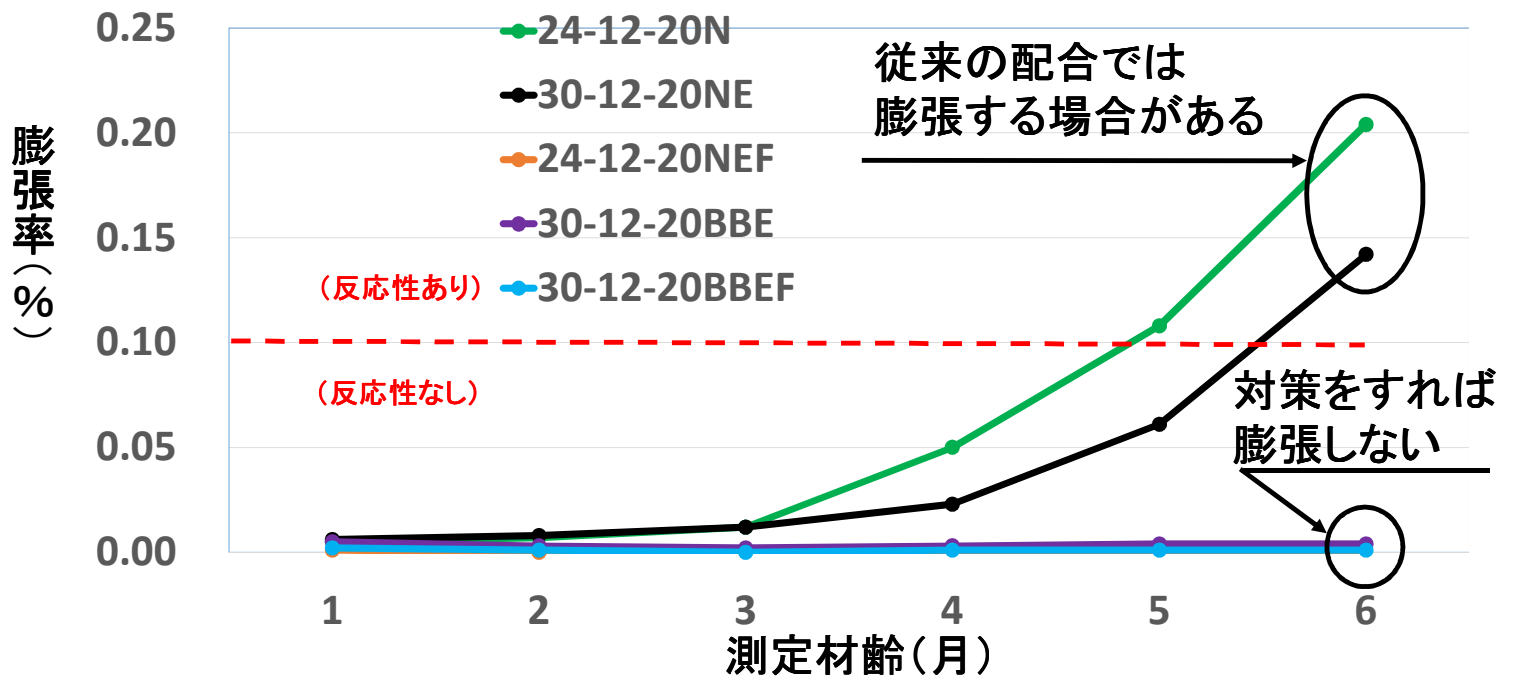
凍結融解の繰り返しでコンクリートがボロボロになっている。

## 桁端部だけに発生したひび割れ



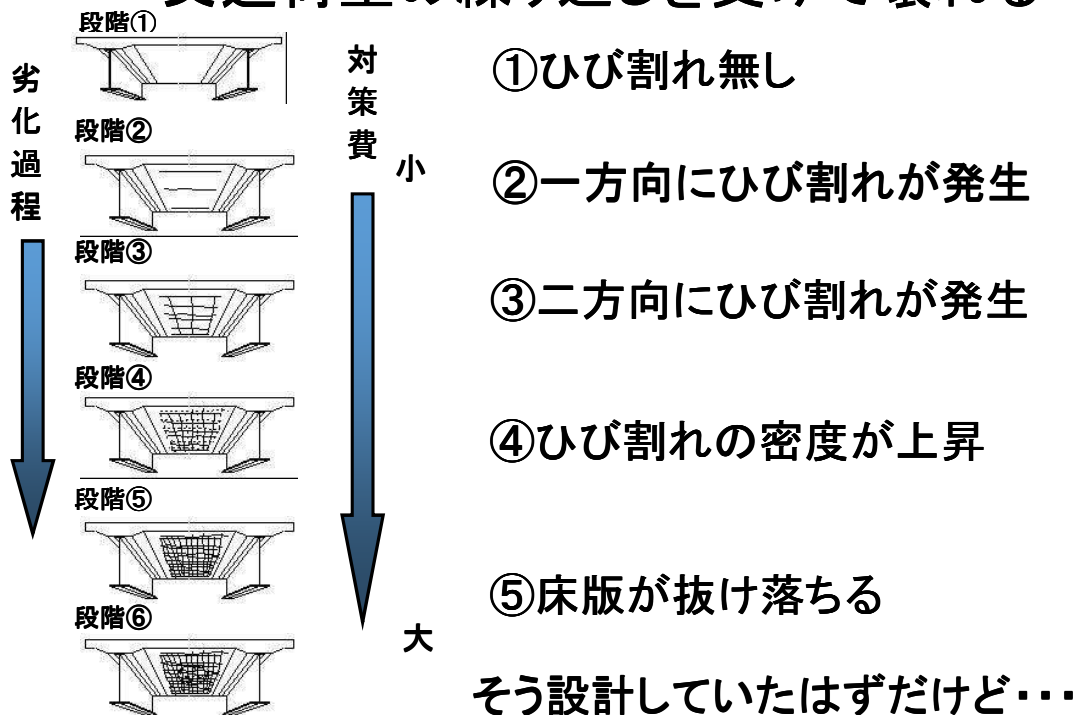
桁端部の漏水の影響範囲に発生したひび割れ。  
橋梁点検でもアルカリシリカ反応の疑い

# ASR反応性判定試験(SSWコンクリートバー法)



凡例・・・ N: 普通セメント E: 膨張剤 F: フライアッシュ BB: 高炉セメント

## 設計想定ではコンクリート床版は交通荷重の繰返しを受けて壊れる



## 疲労破壊した床版の例



押し抜きせん断破壊交通量約2万4千台/日  
昭和39年道路橋示方書 供用後45年

## 床版の新たな劣化形態 砂利化

舗装から土砂が噴出している箇所の  
床版の状態、コンクリートの砂利化、鋼材腐食



塩害、凍害、ASR及び交通荷重による疲労の複合劣化？  
交通量約1万2千台/日 昭和47年示方書 供用後36年



# 東北地方の床版は砂利化で壊れる

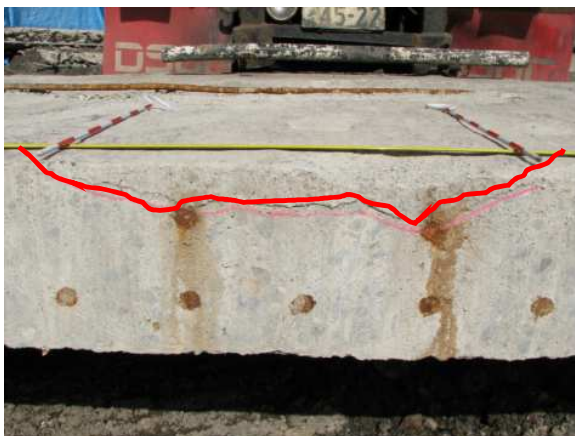
橋梁名	劣化形態	交通量(台/日)	供用後年数
橋梁1	交通荷重による疲労	約24、000台	45年
橋梁2	砂利化	約12、000台	36年
橋梁3	砂利化	約 8、000台	42年
橋梁4	砂利化	約 9、000台	35年
橋梁5	砂利化の疑い	約16、000台	36年

交通荷重による疲労で壊れた橋梁よりも短い期間で砂利化で壊れる

では、砂利化はなぜ起こるのか？

## 手掛かり 水平ひび割れと走行軌跡に沿ったうき

床版の水平ひび割れ



上縁鉄筋からRC床版上面に向かうひび割れ。ひび割れの上部コンクリートはうきとなっている。

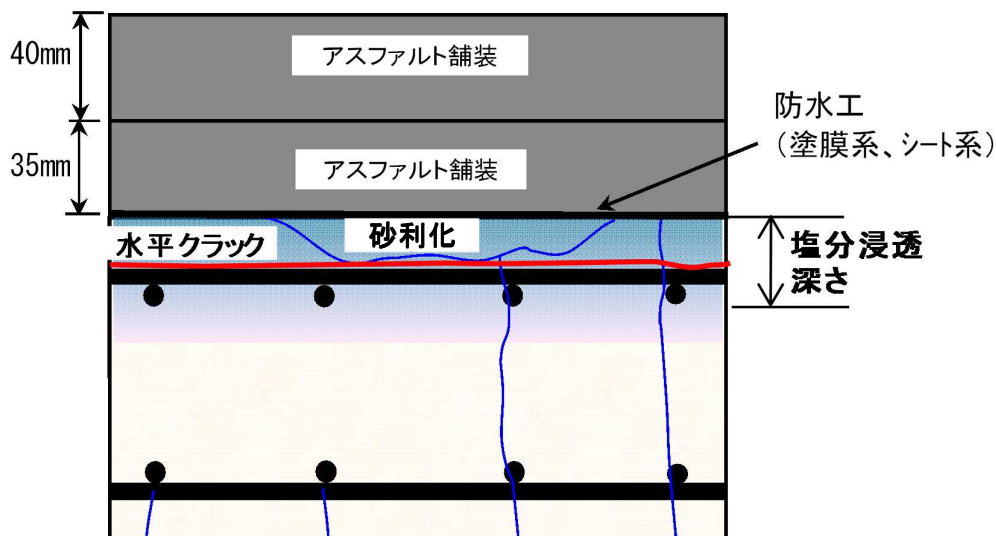
床版のうき



RC床版のうきを撤去した状況  
走行軌跡に沿ってうきが発生している  
鉄筋は腐食が始まっている



# 砂利化の推定メカニズム



水平ひび割れから入った塩分混じりの路面排水が、水平ひび割れ上部のコンクリート塊を、塩害や凍害、塩分環境下のASRで脆弱化させ、そこに交通荷重の繰り返しを受けて砂利化が発生 (資料提供: 日本大学 岩城 一郎教授)

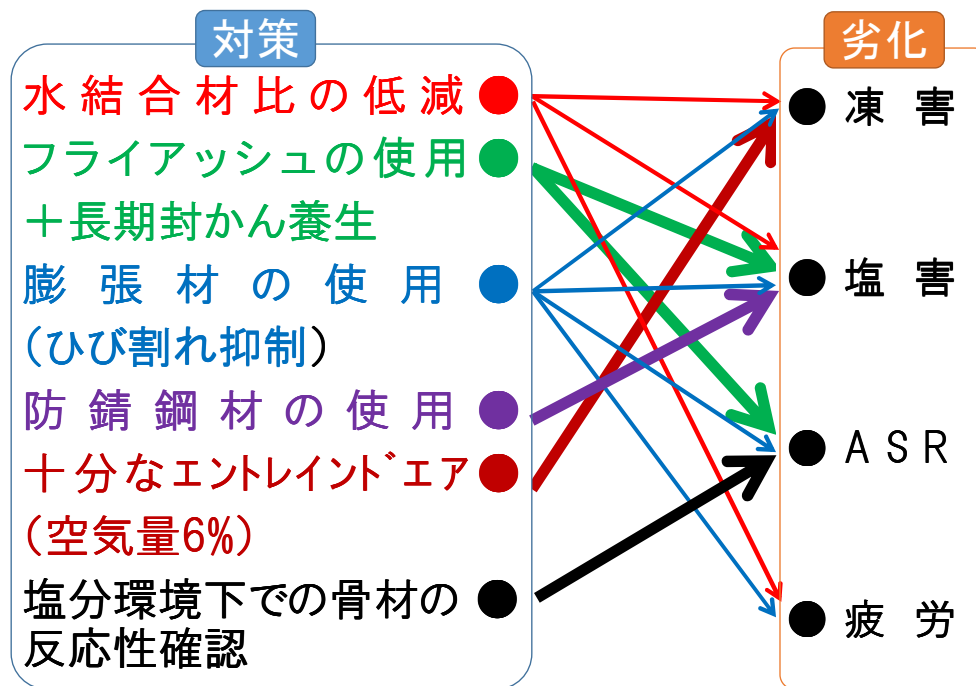
## 4. 東北地方のコンクリート床版の劣化対策

現状は交通荷重による疲労破壊よりも前に砂利化が発生  
砂利化の対策なしには、床版の耐久性確保はなしえない

- ① 緻密なコンクリートの使用
- ② ひび割れの抑制
- ③ 凍害を防止
- ④ 塩害を防止
- ⑤ 塩分環境下のASRを防止

高耐久床版の実現

# コンクリート床版の多重防護の考え方

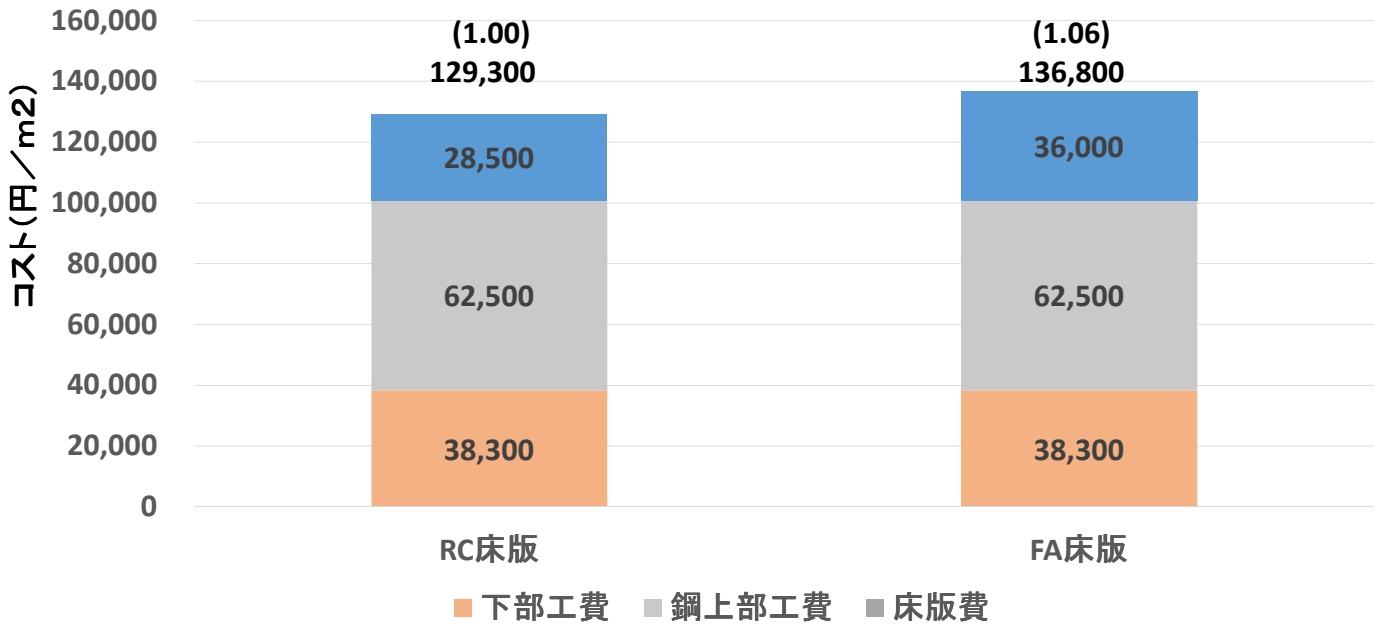


## 東北地方における高耐久床版の基本仕様(案)

- 緻密性向上 → W/B(水結合材比)は45%程度
- ひび割れ抑制 → 膨張剤の使用
- 凍害対策 → 空気量の目標値は4.5%~6%程度
- 塩害対策 → 鉄筋は防錆仕様(エポキシ樹脂塗装鉄筋)
- ASR対策 → フライアッシュ床版または高炉スラグ床版の採用

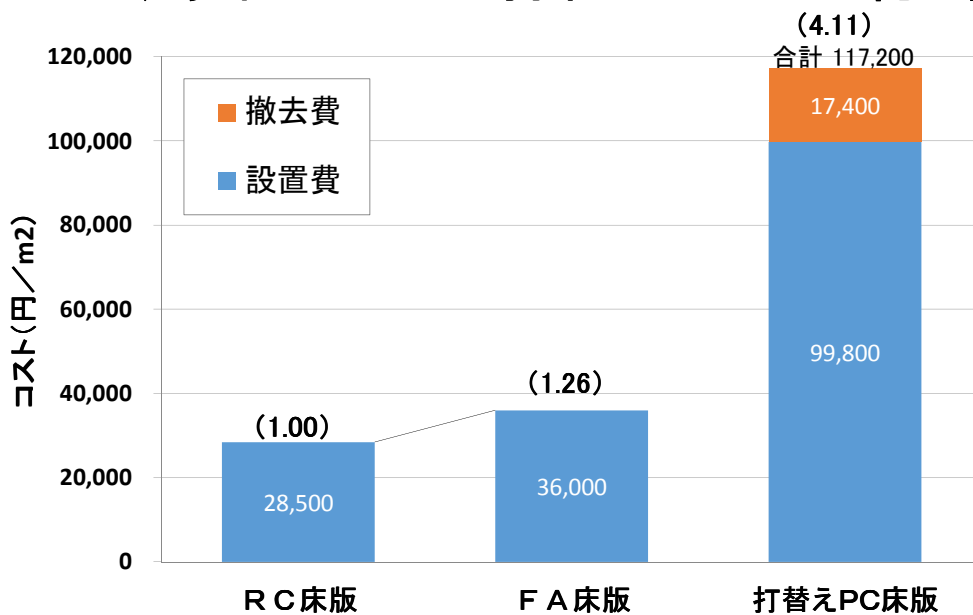
防水工に頼らず、床版本体を高耐久化

# 橋梁全体に占める床版のコストアップ分は約6%



注1) RC床版とは通常仕様。FA床版とは鉄筋は防錆仕様、コンクリートはフライアッシュ混入、膨張剤入り  
 注2) コストは全て直接工事費である  
 注3) 労務単価は全て平成26年度単価としている

# 床版単体で比較すると約26%コストアップ しかし、砂利化による打替えコストは約4倍



注1) RC床版は通常仕様。FA床版とはエポキシ樹脂鉄筋、コンクリートはフライアッシュ、膨張剤入り。  
 注2) 床版のコストは直接工事費である。  
 注3) 設置費には、型枠、鉄筋、コンクリート、足場が含まれる。打替えPC床版の設置費は、PC床版、間詰めコン、鉄筋、型枠、足場が含まれる。  
 注4) 撤去費には、既設床版撤去が含まれる。(舗装撤去や地覆・高欄、照明灯、伸縮装置等付属物の撤去復旧は含まれない。また、交通規制に伴う交通誘導員も含まれない。)

# 東北地方におけるRC床版の耐久性確保の手引き(案)

東北地方における  
RC床版の耐久性確保の手引き(案)

平成28年3月

南三陸国道事務所

## 1章 東北地方のRC床版の目指すべき方向(案)

### 1. 東北地方のRC床版の目指すべき方向

RC床版は、想定通りの疲労損傷過程を経るようにはしなければならない。そのためには、東北地方の自然環境、供用環境による変化が生じないように設計、施工、維持管理を行わなければならない。

#### 【解説】

1) 疲労破壊よりも先に土砂化が発生  
従来から、RC床版は活荷重による疲労で破壊とされてきた(図1-①参照)。東北地方のRC床版でも活荷重の影響により、床版下面に二方向ひび割れが発生したり(写真1-①参照)、押抜きせん断破壊を起こした事例もある(写真1-②参照)。



写真1-① R C床版の二方向ひび割れ

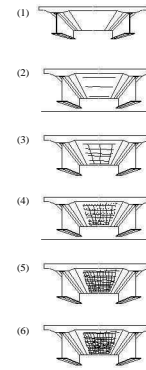


図1-① R C床版の疲労損傷過程

- 1 -

南三陸国道事務所の床版の試行工事専用の手引き

## 5. 高耐久床版の試験施工の例



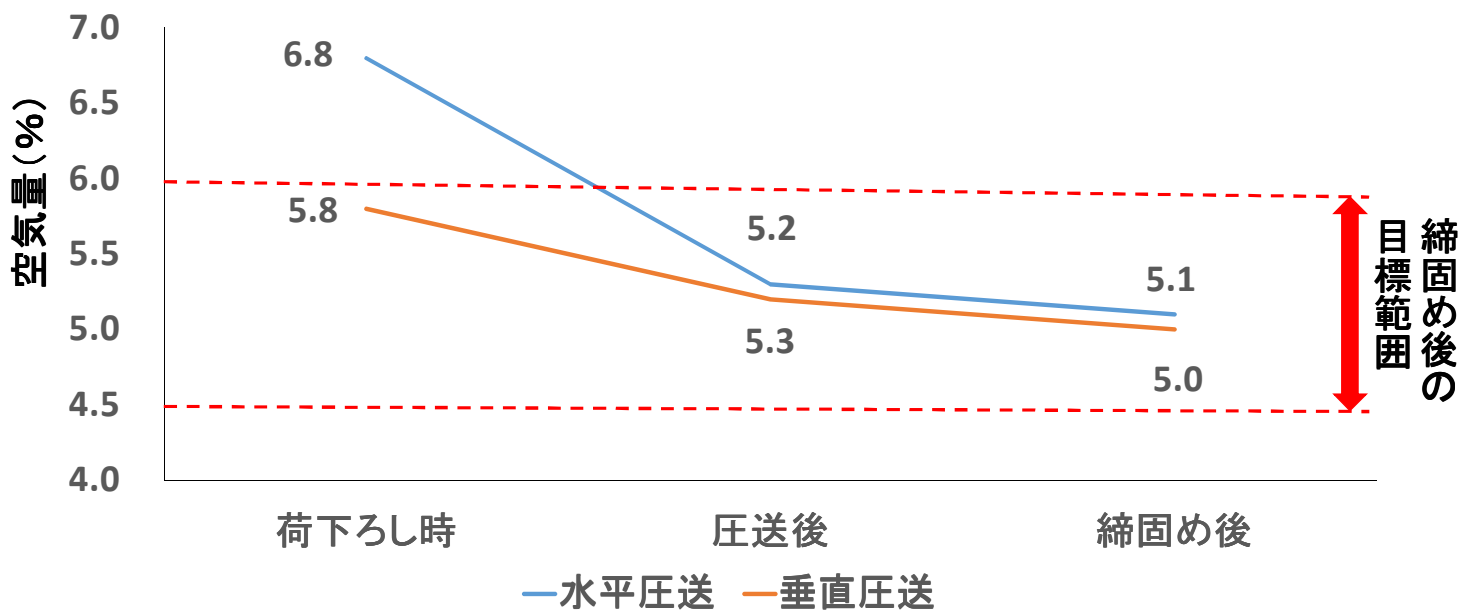


# 圧送試験の例



圧送高さ約35mのため水平換算延長200mの圧送試験を実施

## 圧送試験による空気量の保持状況



## 模擬床版の試験施工の例



配筋が終わった模擬床版。床版内に歪みゲージもセット。

## 模擬床版の試験施工の例



施工性の確認試験



## 模擬床版の試験施工の例



バイブレータによる振動締固め状況の確認

## 模擬床版の試験施工の例



左官工によるコテ仕上げの施工性確認

## 模擬床版の試験施工の例



平坦性確保のための新工法の適用試験

## 排水柵下部のコンクリート充填試験



排水柵の下部を木製型枠で模して試験施工を実施



# 模擬排水柵の取り付け状況



通常バイブレータ



空気は抜けていない

スパイラルバイブレータ



気泡が大きくなっている

決定版の対策がない。排水柵下の気泡を物理的に除去する方法が有力か？



# 排水柵下の気泡除去

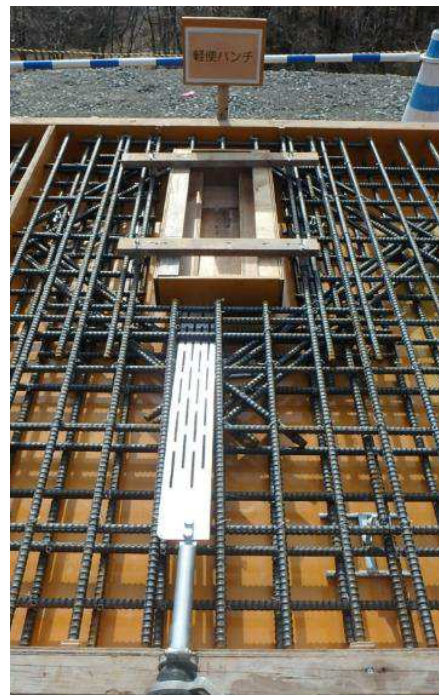


排水柵下にあらかじめビニールヒモを仕込んでおき、  
締固め後排水柵下の気泡をビニールヒモでかき出す

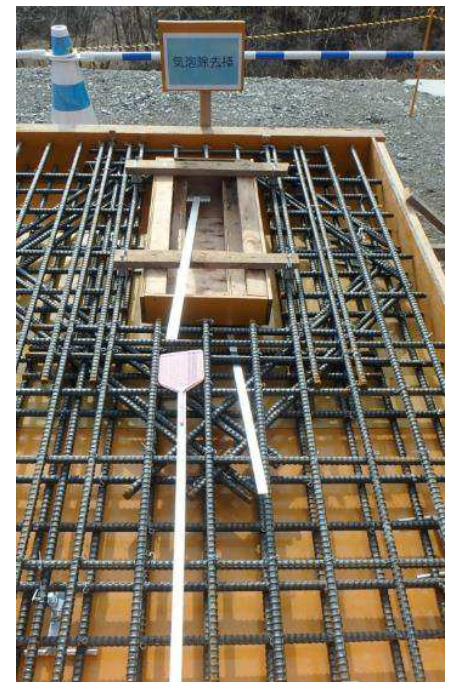
## 振動圧入法



## 軽便パンチ



## 気泡除去棒





振動圧入法



軽便パンチ

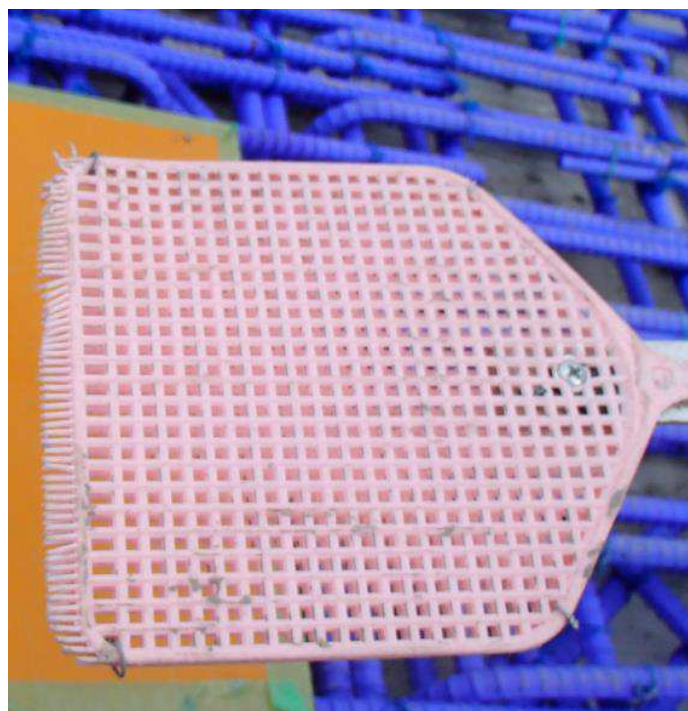


気泡除去棒



テーパー部分の気泡が最も少ない気泡除去棒を採用

## 気泡除去棒による排水柵下の気泡除去



平棒の先端にハエたたきをつけた気泡除去棒



## 6. 高耐久床版の実施工



### フライアッシュ床版第1号橋(向定内橋)





## フライアッシュ床版第2号橋(大沢第3橋)

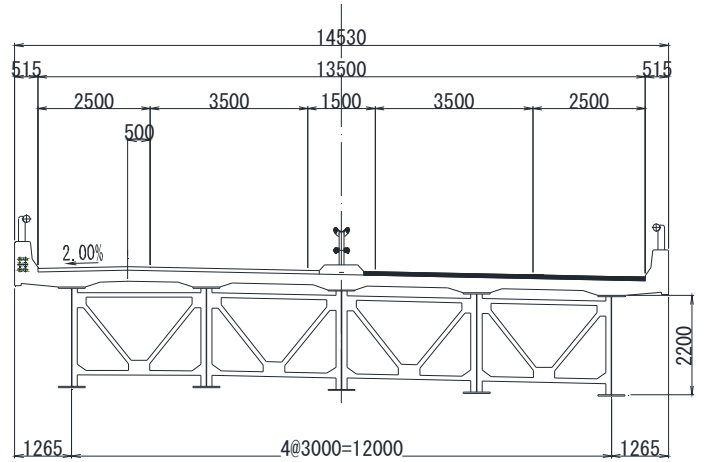
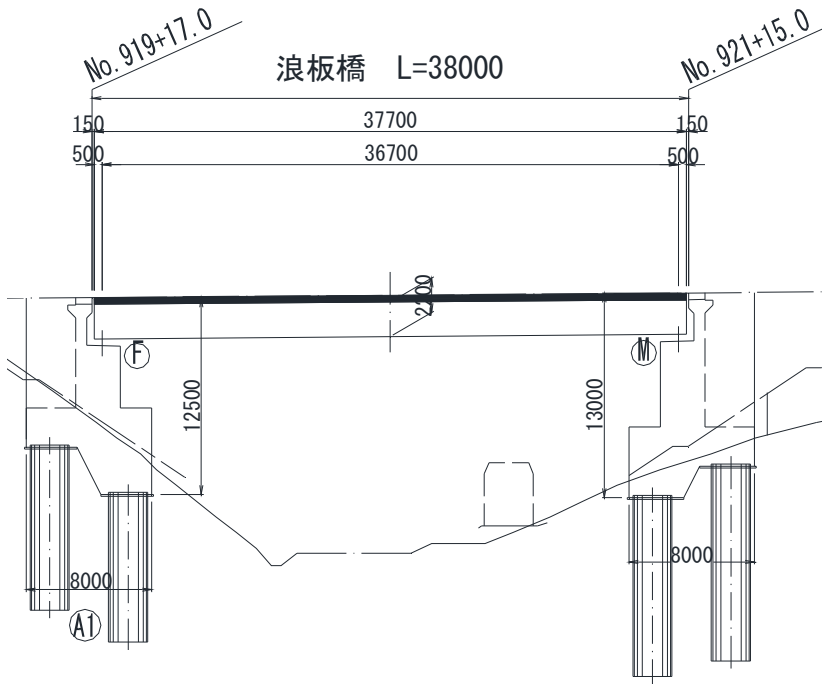


## 高炉スラグ床版第1号橋(新気仙大橋)



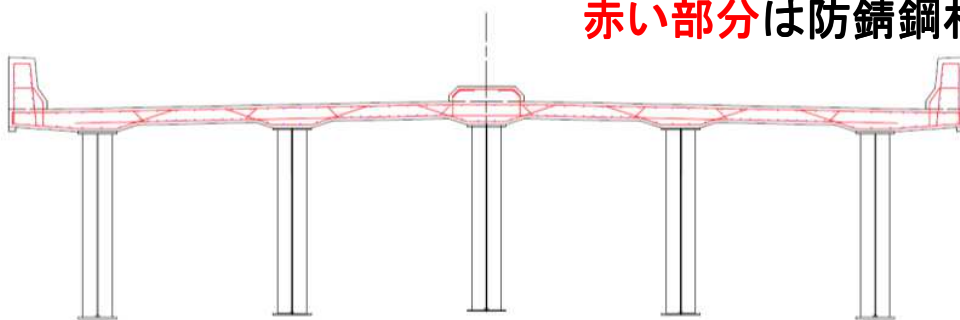
# フライアッシュ床版第3号橋 浪板橋 諸元

橋長 38.0m  
路面幅 13.5m  
単純非合成鈑桁



## 浪板橋のフライアッシュ床版の配合

赤い部分は防錆鋼材



凍害対策(現着4.5%~6.9%確保)  
塩害対策(防錆鋼材の採用)  
ASR対策(フライアッシュの混入)

配合表 kg/m <sup>3</sup>													
セメント	混和材		水	細骨材			粗骨材				混和材		
	①	②		①	②	③	①	②	③	④	①	②	③
272	20	62.5	152	825	-	-	497	497	-	-	2.13		
水セメント比	55.9 %		水結合材比	42.9%			細骨材率			46.1%			

混和材①膨張材 混和材②フライアッシュⅡ種 混和材①AE減水剤



# FA床版コンクリート用の施工状況把握チェックシート

【施工状況把握チェックシート（FA床版コンクリート用）修正版 H28.3.5】

事務所名				工事名				工区			
構造物名				打設箇所				リフト			
受注者				立会人							
配合				確認日時							
打込み開始時刻	予定		実績	打込み開始時気温			天気				
打込み終了時刻	予定		実績	打込み量 (m <sup>3</sup> )			リフト高 (m)				
施工段階	チェック項目							記述	確認		
計画	室内試し練り、実機を用いた試し練り試験施工等をもとに打込み・仕上げ・養生計画が立案されているか。										
準備	型枠内部に、木屑や結束線等の異物はないか。										
	型枠面や鉄筋は濡らされているか。										
	かぶり内に結束線はないか。										
	コンクリート打込み作業人員 <sup>(注)</sup> に余裕を持たせているか。(計画人員 打設工・左官工で15人)										
鉄筋	予備のバイブレータを準備しているか。										
	発電機のトラブルがないよう、事前にチェックをしているか。										
	エポキシ被覆部に損傷はないか。										
	被覆結束線を使用し緊結されているか。										
運搬	モルタルスペーサーを、構造物の側面については1㎡あたり2個以上、構造物の底面については1㎡あたり4個以上を適切に配置しており、かつ、適切に固定し鉄筋の所定のかぶりを確保しているか。										
	練混ぜてから打ち終わるまでの時間は適切であるか。(外気温25℃以下で2時間以内)										
打込み	ポンプや配管内面の潤滑性を確保するため、先送りモルタルの圧送等の処置を施しているか。										
	鉄筋や型枠は乱れていないか。										
	横移動が不要となる適切な位置に、コンクリートを降ろしているか。										
	ポンプの排出口からエポキシ鉄筋に直接激しく排出されないように配慮されているか。										
	コンクリートの打込みは、完了まで連続し、打ち重ね時間は、計画時間以内(外気温25℃以下で2.5時間以内)										
	ポンプ配管等の吐出口から打込み面までの高さは、1.5m以下としているか。										

縮固め	バイブレータを鉛直に挿入し、挿入間隔は50cm以下としているか。					
	縮固め作業中に、バイブレータをエポキシ鉄筋に接触させないよう配慮しているか。					
	バイブレータでコンクリートを横移動させていないか。					
	バイブレータは、穴が残らないように徐々に引き抜いているか。					
養生	日平均気温が4℃以下になることが予想されるときは、寒中コンクリートとしての施工を行っており、打ち込み時のコンクリートの温度を、構造物断面最少寸法、気象条件等を考慮して、5～20℃の範囲に保っているか。(打込コンクリート温度は10℃を標準とする。)					
	コンクリートが鉄筋の周囲及び型枠のすみずみに行き渡るように打設し、バイブレーター間隔が50cm以下、1箇所あたりの振動時間は試験施工で確認した程度(向定内橋の参考値8秒)で速やかにコンクリートを締め固めているか。					
	硬化が始まるまでに乾燥するおそれがある場合は、シートなどで日よけや風よけを設けているか。					
	N式貫入試験等を用い適切な時期に左官仕上げがなされているか。					
要改善事項	コンクリートの露出面を湿潤状態に保っているか。					
	湿潤状態を保つ期間は適切であるか。(橋面の湿潤養生は3ヶ月間)					
	型枠および支保工の取外しは、コンクリートが必要な強度(14N/mm <sup>2</sup> )に達した後であるか。(2週間後)					
型枠を取り外した後、封鎖養生で2.5ヶ月養生しているか。						
上記、要改善事項について改善指示します。			平成	年	月 日	
上記、要改善事項について了解しました。			平成	年	月 日	
			主任監督員		監督員	
			現場代理人		主任技術者	

※コンクリート打込作業人員・・・コンクリートの打込み・縮固め作業時の人員のうち、直接作業に携わらない者(監理・主任技術者やポンプ事運転手等)を除いた人員

## 打重ね時間の偏りを緩和するため打設は片押し





## 足場の全景



両側の足場は、打設が進むにつれて手前側に撤去してくる

足場板の下に保護マットを敷いて防錆鉄筋を保護





バイブレータ用の発電機は防錆鉄筋を傷つけないように  
プラスチックカゴに入れて移動



被覆結束線がかぶり内に入らないように内側に折り曲げ





中央分離帯は鉄筋が曲がらないように桁に支持された足場を設置



床版の仕上げ高さを示す目印



打設後鋼材がかぶり内に残らないように撤去



# 各自の役割分担をボードに明記

コンクリート打設管理体制			
職種	名前	所属会社	備考
総指揮者	宮下 剛	三井・東開JV	
生コンクリート品質管理者	鈴木 康宏	三井・東開JV	コンクリート受け入れ検査
生コンクリート品質管理者補助 アジテーター車誘導	立花 幹雄	三井・東開JV	コンクリート受け入れ検査(補助)
打設総指揮者	後藤 慎治	三井・東開JV	
打設総指揮者	谷本 徳彦	近畿鉄筋コンクリート(株)	
アジテーター車誘導	鈴木 孝幸	三井・東開JV	
先行パイプ	井出口 健順	近畿鉄筋コンクリート(株)	φ 50パイプ
先行パイプ	藤田 浩道	近畿鉄筋コンクリート(株)	φ 50パイプ
先行パイプ補助	矢野 正幸	近畿鉄筋コンクリート(株)	
先行パイプ補助	白浜 千八	近畿鉄筋コンクリート(株)	
後追いパイプ	野田 孝士	近畿鉄筋コンクリート(株)	φ 40パイプ

## 先送りモルタルの実施状況





## 生コン車2台付けで圧送



## 作業員の役割の明確化 (橙色打込み締固め、黄緑左官工)



ベストの後ろに役割と名前を明示



# 受け入れ検査での品質(24-12-20NFaEx) 品質は安定している



	スランプ(cm)	空気量(%)	コンクリート温度(℃)	外気温(℃)
1台目	12.0	5.0	21.0	14.0
2台目	12.0	5.0	21.0	17.0
3台目	12.5	5.6	22.0	17.0
4台目	13.5	5.9	22.0	17.0
5台目	12.5	5.7	22.0	19.0
6台目	12.5	5.9	23.0	19.0
7台目	13.5	6.0	23.0	19.0
8台目	12.5	6.0	23.0	19.0
9台目	13.0	6.0	23.0	19.0
10台目	13.5	6.2	23.0	20.0

**目標スランプ** 12.0±2.5cm      **実績スランプ** 12.0~13.5cm  
**目標空気量** 4.5~6.9%          **実績空気量** 5.0~6.2%

## 壁高欄に打重ね時間の管理用ボードを設置



打重ね時間	
打込時間	
10:35	11:05
打重ね時間	
目標時間 (150分)	実測時間 (分)
30	



# バイブレータの挿入位置を示すピンクの目印



# ロープにバイブレータの挿入位置を明示





# 床版の打込み・締固め状況



締固めが終わった部分から床版厚の一次仕上げを始める





## 締固め後の床版厚の一次仕上げ



## 打込み直前の散水状況



散水は朝打設前に行っているが、日中乾いてくるので、打設直前に鉄筋がぬれる程度に再び散水



## 円盤による押さえ



## サーファーによるタンピング





## ハンドマンによる最終仕上げ



## 湿潤養生マットの敷設



## 湿潤養生マット敷設完了



床版上面湿潤養生マットによる3ヶ月養生。型枠脱型7日。床版下面封緘養生3ヶ月。

## 床版打込み作業の時間経過

打込み締固め開始	7:00
円盤及びサーファー開始	10:00
打込み締固め完了	13:30
円盤及びサーファー完了	14:00
ハンドマンによる最終仕上げ完了	15:30
湿潤養生マット敷設開始	17:00
湿潤養生マット敷設完了	19:30