「ハレーサルト」を用いた超耐久性プレキャストコンクリートによる生産性向上とインフラ長寿命化の提案

ランデス株式会社
市場開拓部　次長
五百蔵　賛（イオロイ　アキラ）

LANDES
http://www.landes.co.jp

会社紹介

- 事 業 内 容　コンクリート製品の企画開発及び製造・販売
  土木建築工事の設計・施工、その他関連事業

- 本社所在地　〒719-3192　岡山県真庭市開田630-1
- 代　表　者　代表取締役会長　　大月隆行
- 　　取締役執行役社長　　上田誠也
- 略　　歴　1962年10月　中国コンクリート工業株式会社設立
- 　　1992年10月　ランデス株式会社に社名変更
- 資　本　金　9,750万円
- 従　業　員　186名
- 売　上　高　65億円（2020年8月期）
- 事　業　所　10営業所　4工場
- 関 連 会 社　(株)ランネット　ランデス特殊工事(株)　ランデスセーフティー(株)

本日お伝えしたいこと

超耐久性素材である「ハレーサルト」を用い、
「プレキャストコンクリート」で施工することにより

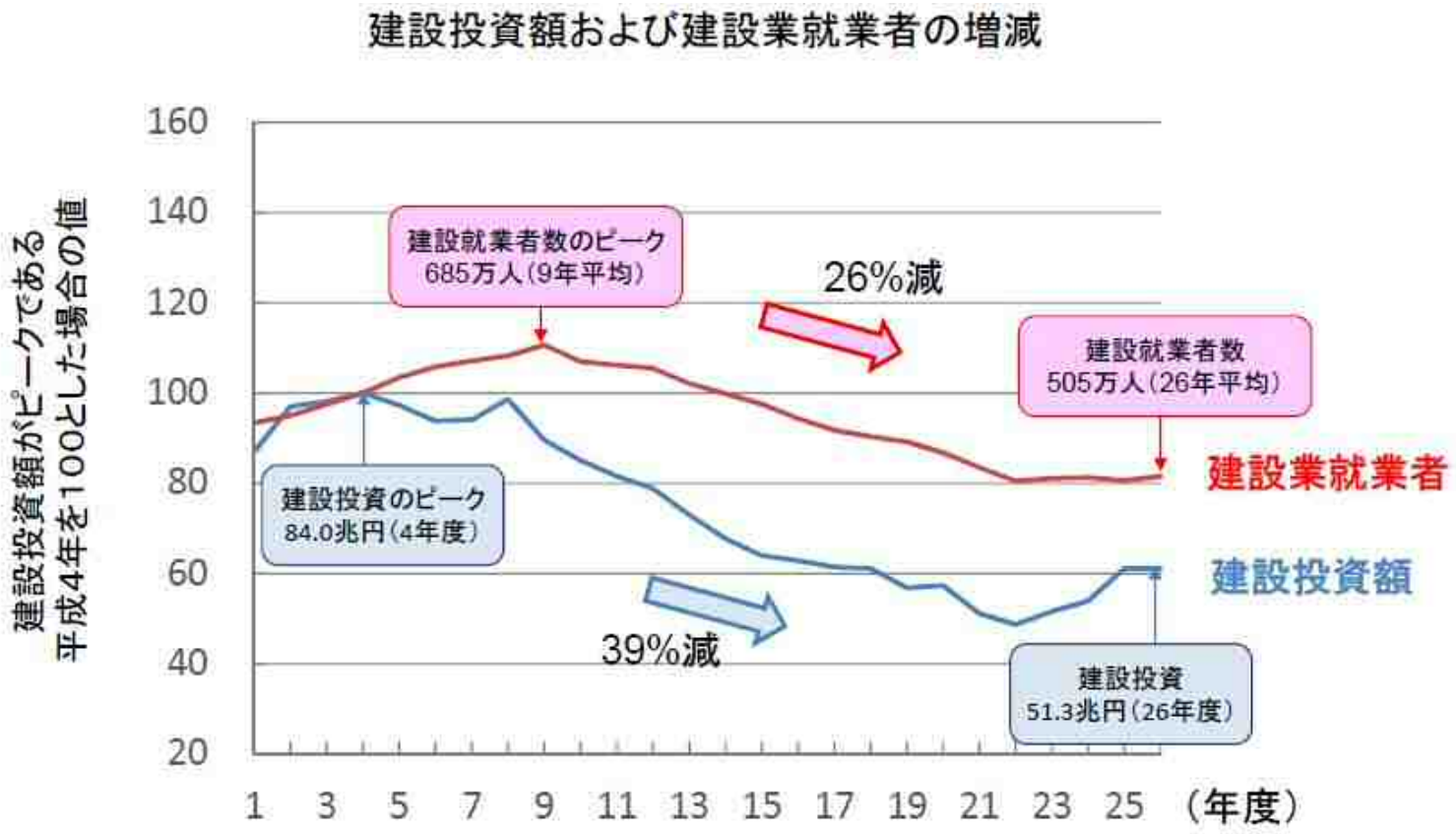
・施工現場での生産性向上
・インフラ長寿命化
が実現できます！

講演内容

1. 土木業界の課題
2. プレキャストコンクリートのメリット
3. ハレーサルトの特性
4. 土木構造物における耐久性とライフサイクルコスト（LCC）
5. 水島港玉島地区岸壁（-12m）での活用事例
6. おわりに

1. 土木業界の課題

（1）建設現場での生産性



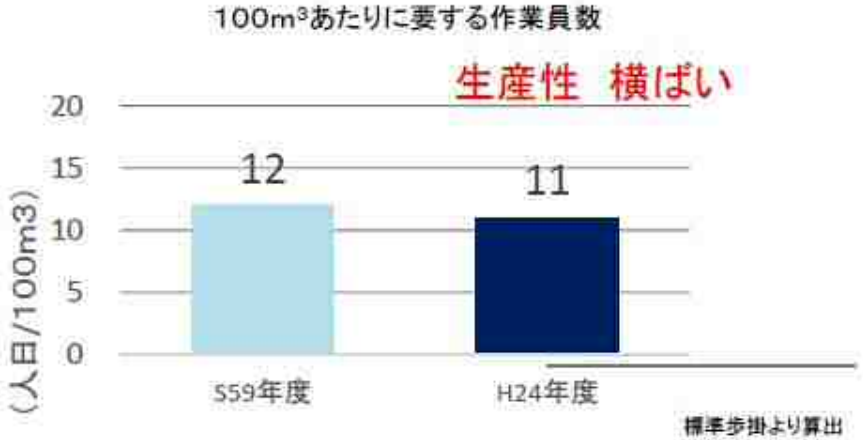
出典：コンクリート生産性向上検討協議会（第1回）

1. 土木業界の課題

（1）建設現場での生産性

■トンネル工事

■コンクリート工



コンクリート工は生産性向上が進んでいない！

出典：コンクリート生産性向上検討協議会（第1回）

1. 土木業界の課題

(2)社会資本の急速な老朽化

建設後50年以上経過する社会資本の割合

	2018年3月	2023年3月	2033年3月
道路橋 ［約７３万橋注1）（橋長２m以上の橋）］	約２５％	約３９％	約６３％
トンネル ［約１万１千本注2）］	約２０％	約２７％	約４２％
河川管理施設（水門等） ［約１万施設注3）］	約３２％	約４２％	約６２％
下水道管きょ ［総延長：約４７万ｋm注4）］	約４％	約８％	約２１％
港湾岸壁 ［約５千施設注5）（水深－４．５m以深）］	約１７％	約３２％	約５８％

出典:国土交通白書2019

2. プレキャストコンクリートのメリット

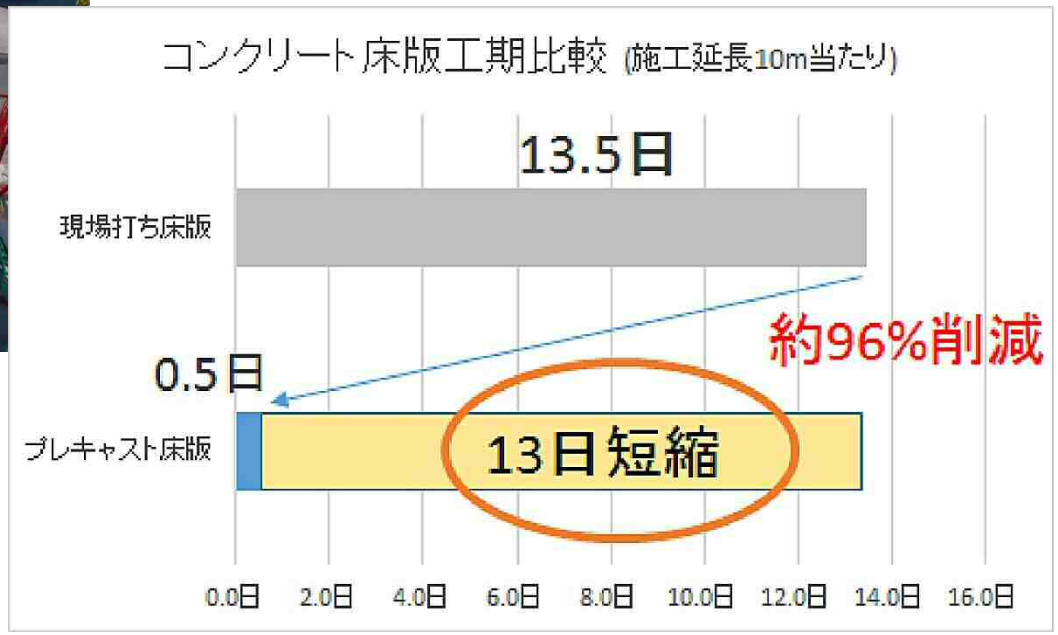
プレキャスト工法

現場打ち工法

2. プレキャストコンクリートのメリット

- 現場での労力を最小化し、工期短縮が容易にできる。

比較条件
・設計荷重：T−25
・床版長さ：　B=5m
・施工延長：10m



2. プレキャストコンクリートのメリット

- 工期短縮に伴い、仮設費用などを低減することができる。
- 管理された工場制作のため、品質のバラツキが小さい。
- 現場施工に比べて高強度であり、部材断面を小さくすることができる。
- 水中施工が容易に行える。

3. ハレーサルトの特性

- 独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）による助成を受け、岡山大学・広島大学・秋田大学・ランデス株式会社の産学共同研究により開発された、コンクリート素材である。
- JIS A 5364で使用が認められた高炉スラグ微粉末、高炉スラグ細骨材を用いたCO2排出量の少ない高強度と高耐久性の両立が可能となった技術である。

ハレーサルトとは

超耐久性コンクリート

●資源循環　再資源化率５０％

・普通セメントの一部を高炉スラグ微粉末と、細骨材の１００％を高炉スラグ細骨材と置き換えるため、高炉スラグを質量比率で約５０％使用しており、資材の有効利用による資源循環が図れます。

配合例（１m³あたり）

練混水　結合材　細骨材　粗骨材　混和剤

普通コンクリート　W/C=39.0%　f'ck=35N/mm²

材料名	水	セメント	砂	砕石	混和剤	合計
使用量（kg）	170(7%)	436(19%)	690(29%)	1052(45%)	2.7※	2348.0
CO_2排出量（kg）	0.0	334.2(98%)	2.6(0.8%)	3.0(0.9%)	0.9(0.3%)	340.7

ハレーサルト　W/B=26.2%　f'ck=50N/mm²

材料名	水	セメント	高炉スラグ微粉末	高炉スラグ細骨材	砕石	混和剤	合計
使用量（kg）	160(7%)	244(10%)	366(15%)	842(36%)	764(32%)	6.5※	2376.0
CO_2排出量（kg）	0.0	187.1(93%)	9.7(4.8%)	0.0	2.3(1.1%)	2.3(1.1%)	201.4

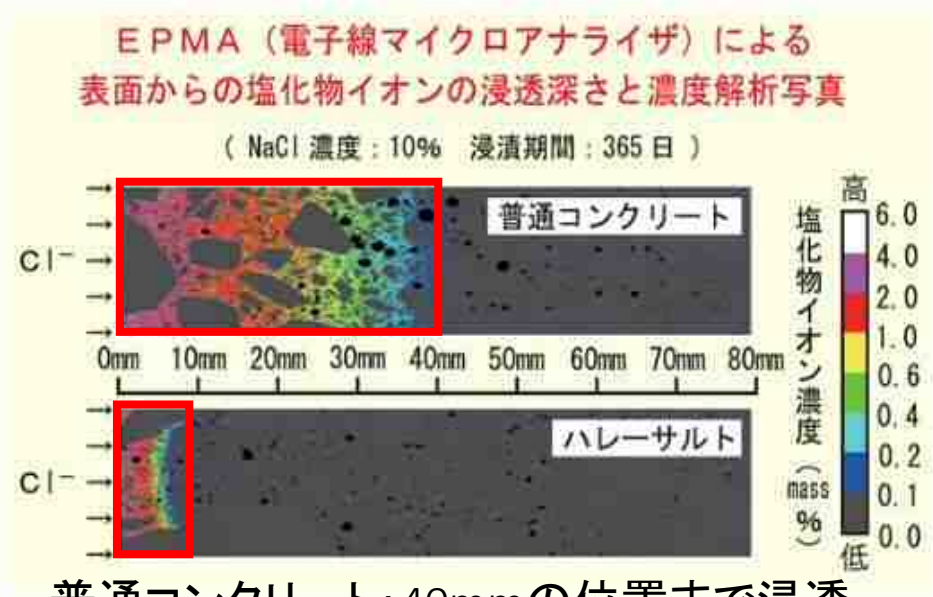
※混和剤は使用材料の合計質量に含まれません。

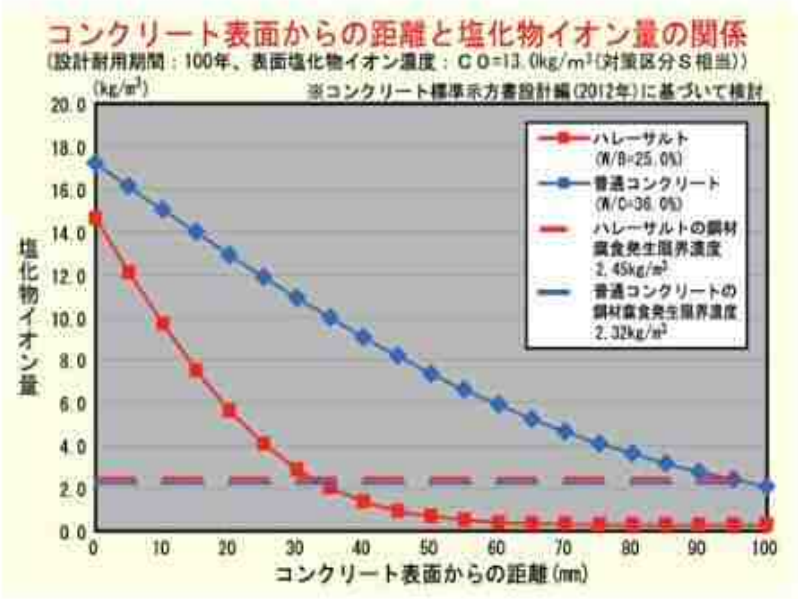
ハレーサルトとは

超耐久性コンクリート

●耐塩害性　５倍以上

・ハレーサルトは高炉スラグを用いた水結合材比の低いコンクリートであるため、高い塩害抵抗性を発揮し、塩化物イオンの見かけの拡散係数は普通コンクリートの1/6以下、設計耐用期間は５倍以上です。





普通コンクリート：40mmの位置まで浸透
ハレーサルト　　：8mmの位置まで浸透

つまり塩化物イオンの浸透速度が1/5！

ハレーサルトとは

超耐久性コンクリート

✓高強度	50N/mm^{2}以上
✓**耐塩害性**	**5倍以上（普通コン対比）**
✓耐凍害性	5倍以上（普通コン対比）
✓耐硫酸性	3倍以上（普通コン対比）
✓資源循環	スラグ使用率50%
✓低炭素	40%以上CO_2削減

４．土木構造物における耐久性とLCC

道路橋示方書・平成8年

道路橋示方書・同解説

Ⅰ共　通　編
Ⅲコンクリート橋編

- 平成８年１２月
- 社団法人　日本道路協会

4. 土木構造物における耐久性とLCC

2.4.3 有効断面 …… 145
2.4.4 部材断面の応力度の算出 …… 146
2.4.5 ねじりモーメントに対する横方向鉄筋および軸方向鉄筋 …… 149
2.5 付着応力度の照査 …… 151
2.6 押抜きせん断応力度の照査 …… 152

3章 許容応力度 …… 153

3.1 一般 …… 153
3.2 鉄筋コンクリート部材に対する許容応力度 …… 155
3.2.1 コンクリートの許容応力度 …… 155
3.2.2 鉄筋の許容応力度 …… 157
3.3 プレストレストコンクリート部材に対する許容応力度 …… 159
3.3.1 コンクリートの許容応力度 …… 159
3.3.2 PC鋼材の許容応力度 …… 162
3.3.3 鉄筋の許容応力度 …… 163
3.3.4 コンクリートの許容引張応力度の割増し …… 163

4章 構造細目 …… 165

4.1 適用の範囲 …… 165
4.2 形状および部材寸法 ……
4.3 最小鋼材量 ……
4.4 鋼材の配置 ……
4.4.1 鋼材のかぶり …… 169
4.4.2 鋼材のあき …… 170
4.4.3 鉄筋のフックおよび鉄筋の曲げ形状 …… 172
4.4.4 鉄筋の定着 …… 174
4.4.5 鉄筋の継手 …… 179
4.4.6 PC鋼材の配置 …… 181
4.4.7 PC鋼材の定着 …… 183
4.4.8 定着具付近の補強 …… 185
4.4.9 主鉄筋の配置 …… 192
4.4.10 スターラップおよび折曲げ鉄筋の配置 …… 192
4.4.11 ねじりモーメントに対する鉄筋の配置 …… 193
4.4.12 ハンチに沿う鉄筋 …… 195

4.4.13 用心鉄筋 …… 195

5章 床版 …… 199

5.1 適用の範囲 ……
5.2 設計一般 ……
5.3 床版の支間 ……
5.4 床版の最小全厚 …… 201
5.4.1 鉄筋コンクリート床版 …… 201
5.4.2 プレストレストコンクリート床版 …… 203
5.5 床版の設計曲げモーメントおよび応力度の照査 …… 204
5.5.1 床版の設計曲げモーメント …… 204
5.5.2 床版の応力度の照査 …… 207
5.6 構造細目 …… 208
5.6.1 ハンチ …… 208
5.6.2 鉄筋の種類および配筋 …… 208
5.6.3 PC鋼材の配置 …… 211
5.6.4 片持版端部および横げた上の床版 …… 212

6章 床版橋 …… 214

6.1 適用の範囲 …… 214
一般 …… 214
解析 …… 216
一般 …… 216
6.3.2 片持床版のない単純床版橋の曲げモーメント …… 217
6.4 構造細目 …… 218

7章 下げた橋 …… 227

7.1 適用の範囲 …… 227
7.2 設計一般 …… 227
7.3 構造解析 …… 228
7.4 構造細目 …… 229

8章 箱げた橋 …… 231

8.1 適用の範囲 …… 231
8.2 設計一般 …… 232

道路橋示方書・平成8年

耐久性の項目なし

４．土木構造物における耐久性とLCC

道路橋示方書・平成２９年

道路橋示方書・同解説

Ⅰ共　通　編
Ⅲコンクリート橋編

- 平成29年11月
- 社団法人　日本道路協会

4. 土木構造物における耐久性とLCC

5.8.5 支圧応力を受ける部材 …… 176

6章 耐久性能に関する部材の設計 …… 177

6.1 一 般 …… 177
6.2 内部鋼材の防食 …… 180
6.2.1 一 般 …… 180
6.2.2 耐久性確保の方法 …… 181
6.2.3 かぶりによる内部鋼材の防食 …… 183
6.3 コンクリート部材の疲労 …… 187
6.3.1 一 般 …… 187
6.3.2 耐久性確保の方法 …… 187

7章 接 合 部 …… 192

7.1 適用の範囲 …… 192
7.2 一 般 …… 193
7.3 接合部の耐荷機構 …… 195
7.3.1 一 般 …… 195
7.3.2 同じ機能を有するコンクリート部材の連結 …… 199
7.3.3 異なる機能を有するコンクリート部材の連結 …… 200
7.3.4 コンクリート部材と鋼部材の連結 …… 202
7.4 接合部の耐久性能に関する設計 …… 204
7.5 アンカーボルトによる連結 …… 205
7.5.1 一 般 …… 205
7.5.2 アンカーボルトの限界状態1 …… 206
7.5.3 アンカーボルトの限界状態3 …… 211
7.6 双対の鉄筋をループ状に重ねた継手を用いた接合部 …… 213

8章 横桁及び隔壁 …… 215

8.1 一 般 …… 215
8.2 構造解析 …… 216

9章 床 版 …… 218

9.1 一 般 …… 218
9.1.1 適用の範囲 …… 218
9.1.2 設計の基本 …… 218
9.2 鉄筋コンクリート床版及びプレストレストコンクリート床版 …… 221
9.2.1 一 般 …… 221
9.2.2 床
9.2.3 床
9.2.4 床
9.2.5 鉄筋の種類及び配置 …… 227
9.2.6 PC鋼材の配置 …… 231
9.2.7 床版のハンチ …… 231
9.2.8 片持版端部及び横桁上の床版 …… 232
9.3 床版の限界状態1 …… 234
9.3.1 曲げモーメントを受ける床版の限界状態1 …… 234
9.3.2 せん断力を受ける床版の限界状態1 …… 235
9.4 床版の限界状態3 …… 235
9.4.1 曲げモーメントを受ける床版の限界状態3 …… 235
9.4.2 せん断力を受ける床版の限界状態3 …… 236
9.5 床版の耐久性能 …… 237
9.5.1 床版の疲労に対する耐久性能 …… 237
9.5.2 床版の内部鋼材の腐食に対する耐久性能 …… 239
9.6 橋梁防護柵に作用する衝突荷重に対する照査 …… 239

10章 コンクリート桁 …… 242

10.1 適用の範囲 …… 242
10.2 一 般 …… 242
10.2.1 設計の基本 …… 242
10.2.2 曲げモーメント又は軸方向力に対する有効断面 …… 246
10.2.3 ねじりモーメントに対する有効断面 …… 249
10.2.4 曲線の影響 …… 251
10.3 フランジ及びウェブ …… 252
10.3.1 一 般 …… 252
10.3.2 T桁のフランジ及びウェブ …… 258
10.3.3 箱桁のフランジ及びウェブ …… 259
10.4 横桁及び隔壁 …… 260
10.4.1 一 般 …… 260
10.4.2 T桁橋の横桁 …… 261
10.4.3 箱桁橋の横桁及び隔壁 …… 263

道路橋示方書・平成29年

4. 土木構造物における耐久性とLCC

6章　耐久性能に関する部材の設計

道路橋示方書・平成29年

6.1　一　　般

(1)　コンクリート部材は，経年的な劣化による影響に対し，必要な耐久性能を確保しなければならない。

(2)　コンクリート部材の経年的な劣化による影響として，少なくとも鋼材の腐食及び疲労を考慮しなければならない。

(3)　コンクリート部材の耐久性能の確保は，3.8.2の規定に従い構造設計上の配慮を行うとともに，Ⅰ編6.1の規定に従い部材の耐荷性能を保持するための設計耐久期間を定めたうえで，Ⅰ編6.2の規定に従わなければならない。

(4)　鋼材の腐食に対する耐久性確保の方法を選定するにあたっては，Ⅰ編6.2の規定によるほか，少なくとも架橋地点の環境，橋の部位，規模及び部材の形状を考慮しなければならない。

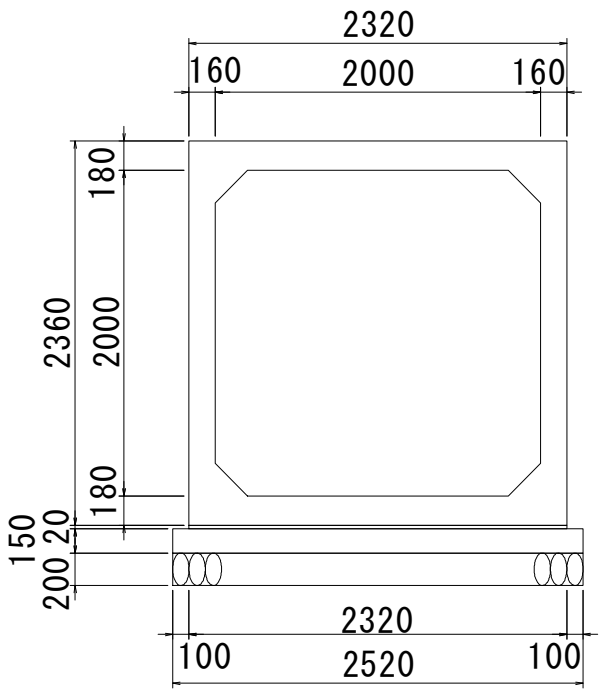
(5)　鋼材の腐食に対する耐久性確保の方法を設計するにあたっては，補修，更新等，想定される維持管理に配慮しなければならない。

(6)　鋼材の腐食に関してはⅡ編7章によるほか，この編の6.2の規定による。また，コンクリート部材の疲労の影響は6.3の規定によるほか，床版及び支間長が10m以下の床版橋については9章，ケーブル部材については13章による。

4. 土木構造物における耐久性とLCC

ボックスカルバートでの事例

ボックスカルバート断面



設計条件

設計耐用年数	100年
サイズ（内空）	2.0m×2.0m
土被り	0.50m
上載荷重	T-25
塩害区分	汀線付近（海岸線から100m以内の地域）
表面塩化物イオン濃度	4.5kg/m3相当

4. 土木構造物における耐久性とLCC

ライフサイクルコストの比較

名称		ハレーサルト	普通コンクリート	普通コンクリート＋ エポキシ塗装鉄筋
コンクリート	材料	緻密コンクリート（ハレーサルト）	普通コンクリート	普通コンクリート
	強度	σck=50N/mm^{2}以上	σck=35N/mm^{2}以上	σck=35N/mm^{2}以上
鉄筋	使用材料	普通鉄筋	普通鉄筋	エポキシ樹脂塗装鉄筋
	最小かぶり	25mm	25mm	25mm
初期費用		286,900円/m	244,300円/m	423,600円/m
		100%	85%	148%
耐用年数		100年以上	12年	100年以上
更新費用		—	1,954,400円/m（8回更新）	—
100年当たりのLCC		286,900円/m	2,198,700円/m	423,600円/m
		100%	766%	148%
		◎	△	○

5. 水島港玉島地区岸壁(-12m)での活用事例

岸壁(-12m)の工事状況

令和2年4月

◆作業中の工事◆

R1 玉島地区岸壁(-12m)付属施設設置工事
工事内容 ： 渡版取付、陸閘設置 等

出典:中国地方整備局 宇野港湾事務所 HP

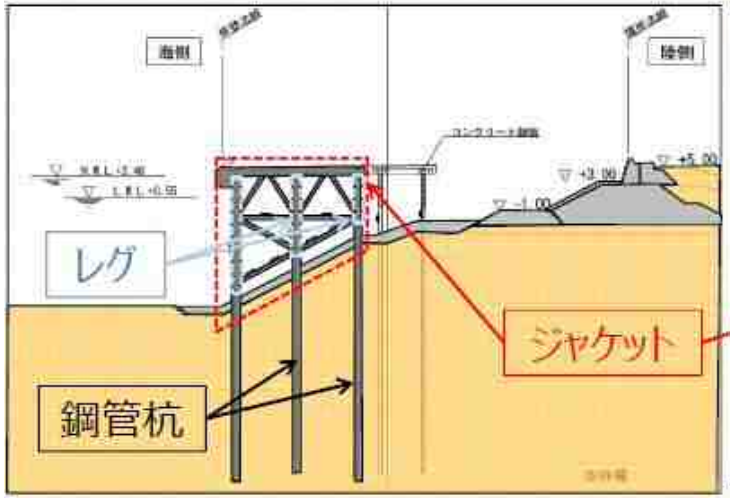
5. 水島港玉島地区岸壁(-12m)での活用事例

岸壁(-12m)について

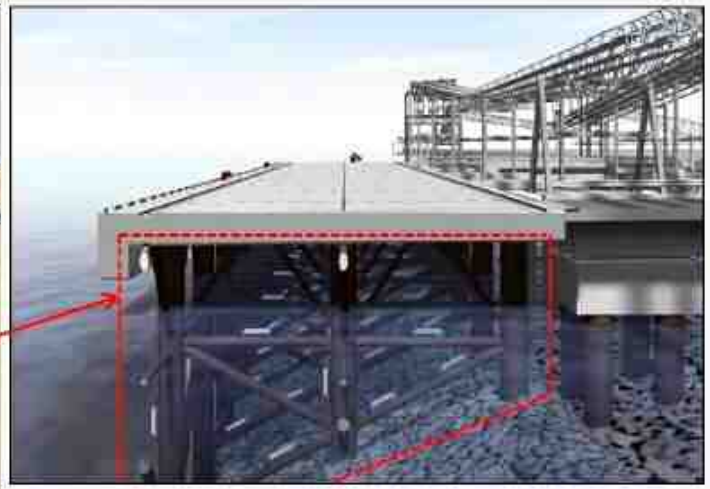
令和2年4月

本岸壁の構造形式はジャケット式桟橋です。

鋼管で組み立てた立体トラスの構造物（ジャケット）のレグ（脚）に鋼管杭を打ち込み海底地盤に固定し、杭と脚をセメント系のグラウトで一体化させる構造です。
ジャケット自体は工場にて製作を行います。



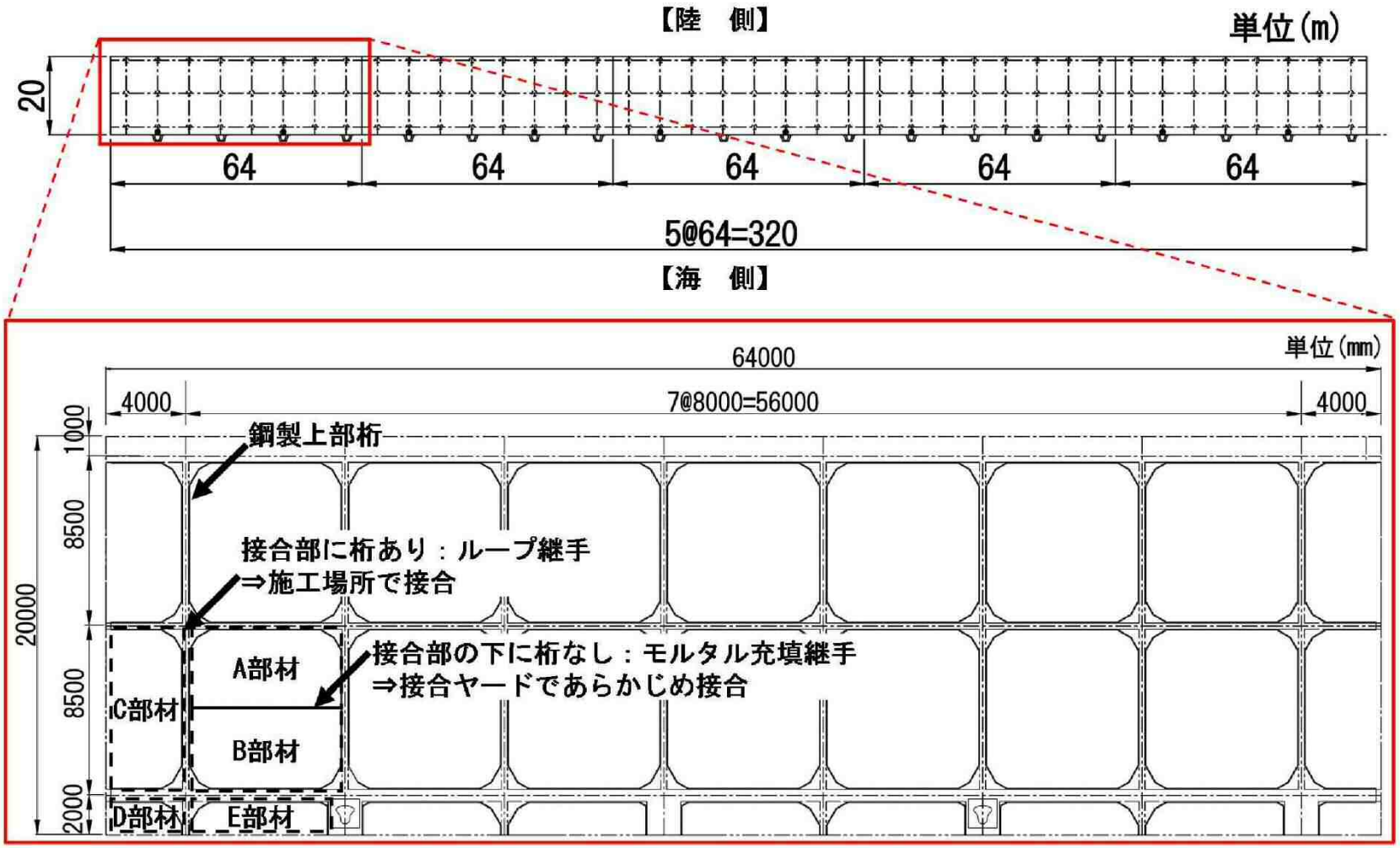
イメージ断面図



イメージパース

出典：中国地方整備局　宇野港湾事務所　HP

物件概要


【陸　側】
単位(m)
20
64
64
64
64
64
5@64=320
【海　側】
単位(mm)
64000
4000
7@8000=56000
4000
1000
8500
20000
8500
2000
鋼製上部桁
接合部に桁あり：ループ継手
⇒施工場所で接合
A部材
C部材
B部材
接合部の下に桁なし：モルタル充填継手
⇒接合ヤードであらかじめ接合
D部材
E部材

採用理由

・耐塩害に優れている、「ハレーサルト」を使用し、LCC（ライフサイクルコスト）で比較検討し、採用頂いた

床版は飛沫帯に位置し、塩害対策が必要であった

	案1	案2	案3
塩害対策	ハレーサルト	表面塗布	通常のRC床版
製作費比率	1.86	1.46	1.00
維持管理	更新不要(50年耐久)	30年毎に更新	30年毎に床版打替え
LCC（50年間）比率	0.93	0.96	1.00
評価	◎	○	○

実績写真

配筋状況

床版は
2分割で製造

8m × 4m
版厚0.4m
約30t

配筋状況

床版内部は
普通鉄筋

製品

製品端部は
洗出処理

ストック状況

接合方法は
モルタル
充填式継手

実績写真

出荷状況

工場
↓
JFE岸壁

出荷状況

JFEの常設
クレーン
使用

出荷状況

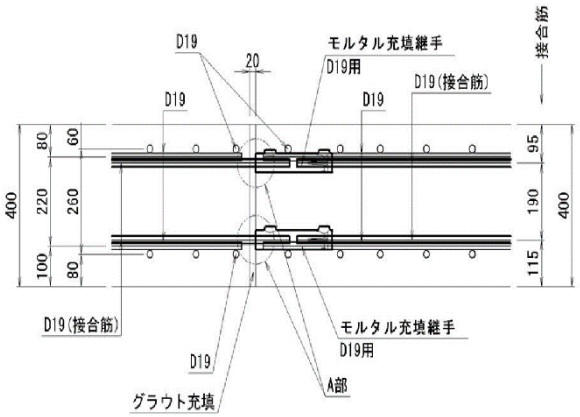
台船
積込

ランデス倉敷工場

JFEスチール
構内に
立地

実績写真

継手詳細図

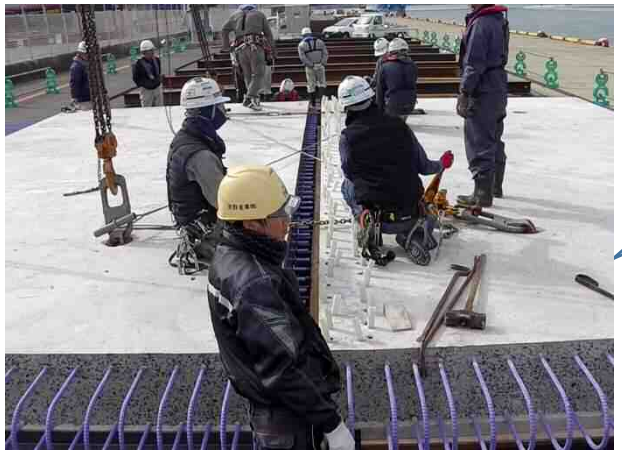


鉄筋継手は
モルタル
充填式継手

モルタル充填継手

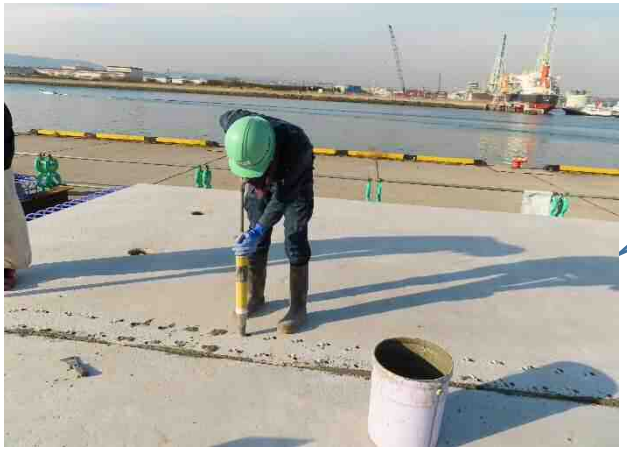
モルタル
充填式継手

接合状況



レバーブ
ロックで引き
寄せ

接合状況



継手に
モルタル
注入

実績写真

接合完了

接合し
8m×8mに

据付状況

床版間は
ループ継手

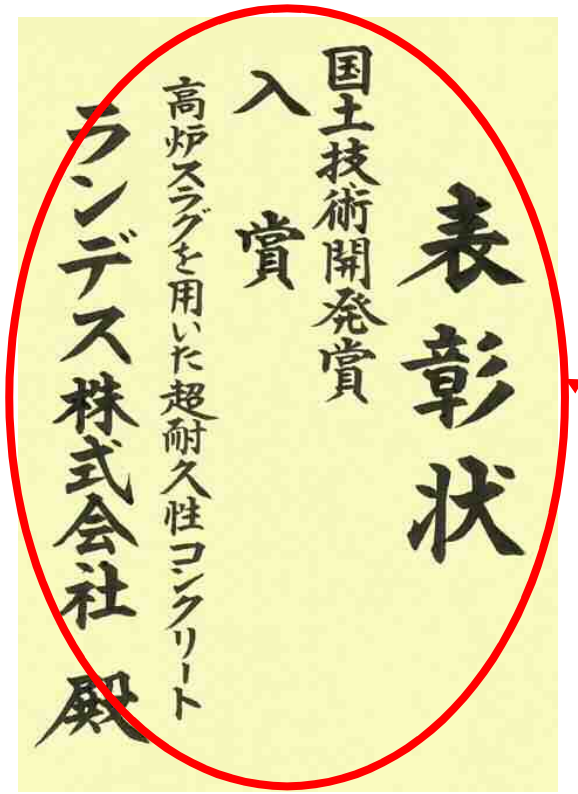
据付状況

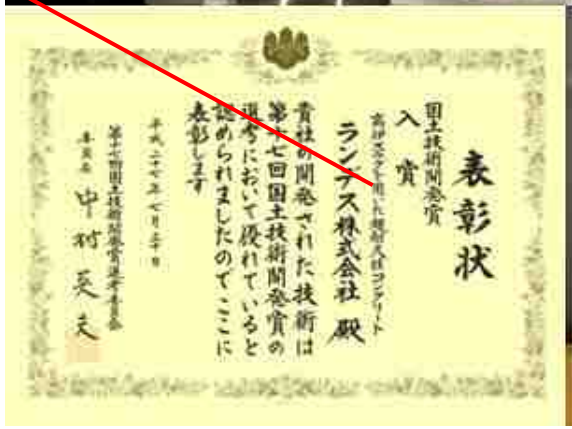
間詰Co
打設

据付完了

6. おわりに

- ハレーサルトを用いたプレキャストコンクリートは、建設現場での喫緊の課題である生産性向上、構造物の長寿命化に大きく寄与できる技術である。





6. おわりに

- 今後も土木構造物の設計・施工を検討する際にはイニシャルコストだけではなく、施工性、ライフサイクルコストなどを考慮して工法決定していくことが重要である。
- 最後に、弊社の取り組みに対して深い理解を賜り、本技術を採用して頂きました中国地方整備局宇野港湾事務所様には、この場を借りてお礼申し上げます。

ご清聴、ありがとうございました。