



日本のプレストレストコンクリート技術が 持続可能であるためになすべきこと

第8回 コンクリート技術交流会
2018年11月2日
三井住友建設(株)
春日昭夫

講演内容

1. 日本のPC、80年のあゆみ
2. 日本の課題
3. 日本の展望



1. 日本のPC、
80年のあゆみ

日本のPC技術

PC工学会は創立**60**周年（1958年、FIPメンバー）



*fib*はFIPから66年（1952年）

AFGC（仏）は1952年のFIP創立メンバー

DAfStb（独）は1955年からFIPメンバー

日本は技術導入したにしては着手が結構古い
→ このことが後の技術的发展につながる

日本の先駆者たち

吉田徳次郎先生



仁杉巖さん



鉄道技術研究所内に鋼弦コンクリート委員会 (1941年)

↓
商工省内に鋼弦コンクリート小委員会 (1946年)
(フレシネー工法の特許延長の影響)

↓
PCまくら木

↓
第一大戸川橋梁 (1954年)

- ✓ 戦後、独仏にあまり遅れることなく研究に着手し、早期に実用化
- ✓ この日本人の気質が現在につながる

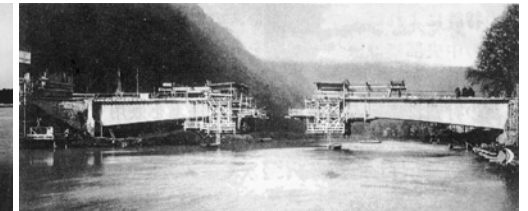
近代橋梁のイノベーション

フレシネー (施工法の工夫)



ブルガステル橋 (1930年)

フィンスタバルダー (張出し施工)



レーン川を渡るバルドウィン橋 (1950年)



戦後の独からの技術導入

斉藤武幸
(1904~2002)



- ✓ ドイツからのPC技術の導入、1958年住友電工PC鋼棒生産 (導入の条件)
- ✓ 導入後国内では約3000橋の実績

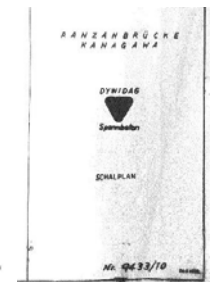
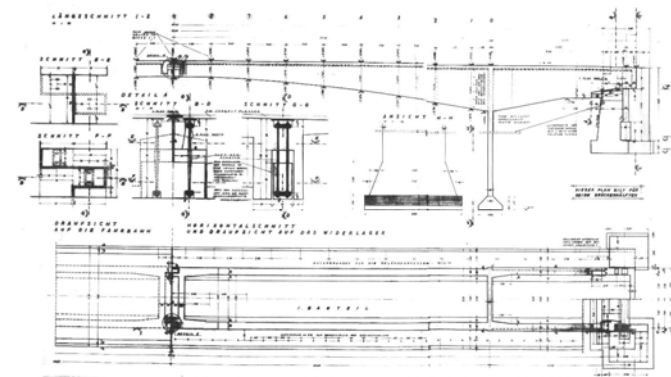
嵐山橋 (1959年)



スランブ2.8cm



嵐山橋の図面



嵐山橋に関する社報

昭和33年12月20日



- 寄稿者
- ・建設次官 米田正文氏
 - ・京大 坂静雄先生
 - ・九大 水野高明先生
 - ・北大 横道英雄先生
 - ・東大 国分正胤先生
 - ・DW社 ショルツ技師

日本のPC技術の特異性

✓ 欧州のPC技術を早くから導入し、自らも製作、開発をおこなった。



世界初の波形ウェブ

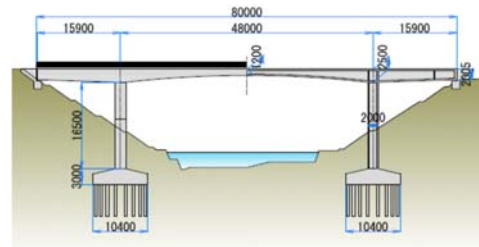
名大 島田静雄博士による
世界初の波形ウェブを用いたクレーン軌道 (1965年)



残念ながら橋梁への展開はなされなかった

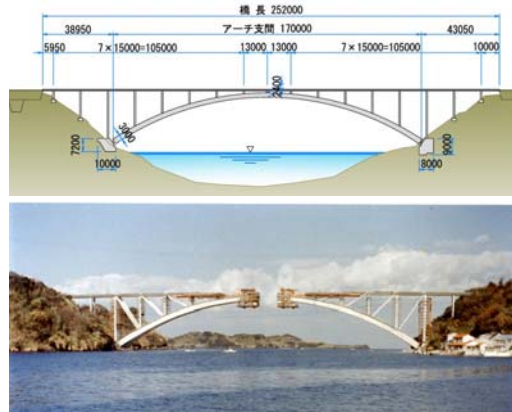
世界初のPRC橋

上姫川橋 (北海道、L=48m、1966年)
北大 横道英雄博士による世界初のPRC橋
防水層の重要性を当時から認識



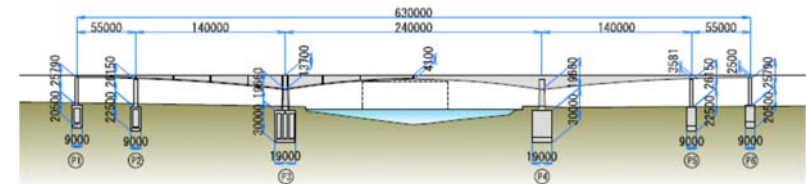
アーチ橋のチャレンジ

外津橋（佐賀県、1974年、L=170m、トラス工法）
解析ツールも整備されていない時代の**世界初**のトラス工法



桁橋のチャレンジ

浜名大橋（日本道路公団、1976年、L=240m、当時でも世界最大級



20世紀における橋梁技術の変遷

国外	年代	国内
・鉄筋コンクリートの特許 (1867年)	1900	<div style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; padding: 10px; display: inline-block;"> 欧州に遅れる こと約10年 </div>
・世界初の外ケーブル橋 アウエ橋(1936年)		
・フレイナーのマヌル5橋(1947~1950年)	1950	・プレストレストコンクリートの研究に着手(1941年)
・最初の 張出し架設 バルドインシュタイン橋(1950年)		
・世界初のマッチキャストセグメント工法 シェルトン橋 (1952年)	1960	・日本初のプレテン橋 長生橋(1951年)
・世界初のコンクリート 斜張橋 ベントンシティアー橋 (1957年)		
・世界最大を誇ったコンクリート アーチ橋 クルク橋(1964年)	1970	・日本初のコンクリート 斜張橋 島田橋(1963年)
・長大PC斜張橋の草分けとなったプロトンヌ橋(1977年)		
・世界初の 波形ウェブ橋 コニャック橋(1986年)	1980	・島田による 世界初 の 波形ウェブ橋 の研究(1965年)
・斜張橋の超長大化の幕開けとなったノルマンジー橋(1994年)		
・斜張橋の超長大化の幕開けとなったノルマンジー橋(1994年)	1990	・日本初の本格的な張出し施工による アーチ橋 外津橋(1974年)
・日本初の 波形ウェブ橋 新綾部橋(1988年)		
・日本初の 波形ウェブ橋 新開橋(1993年)	2000	・日本初の本格的な張出し施工による 斜張橋 新綾部橋(1988年)
・世界初の エクストラロード橋 小田原ブルーウェイブリッジ(1994年)		
・日本の橋が初めて <i>fib</i> Outstanding Structureを受賞(2006年)		

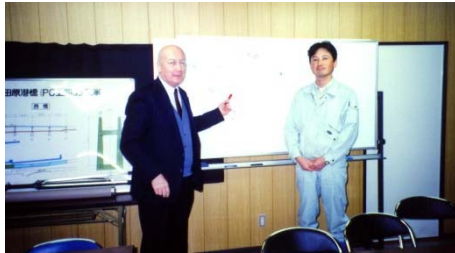
わくわくした国際会議 (fib)



私淑

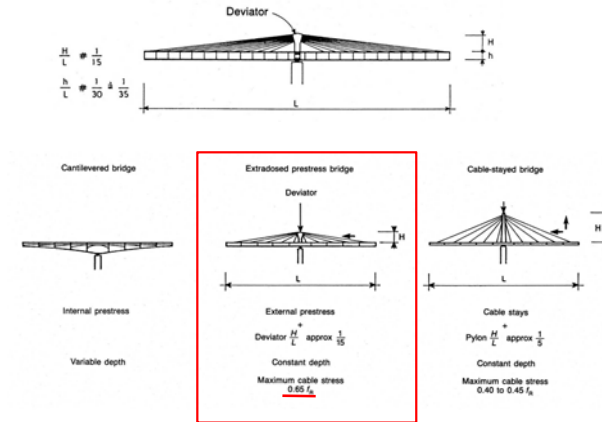
Jean Muller (1926 – 2005)

小田原ブルーウェイブリッジにて (1993年)



Mathivatのコンセプト

FIP Note 1988年



エクストラドーズド橋

- ✓ Mathivatの理論 (1988年、仏) から6年、
- ✓ **世界初**のエクストラドーズド橋が日本で実現 (1994年)

小田原ブルーウェイブリッジ



- ✓ JH (当時) の技術者の英断が日本のPCの大きな転機となる。

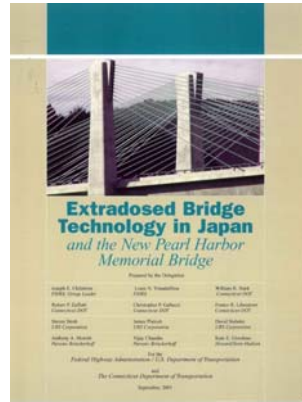
世界に広がったEDB

- ✓ 小田原ブルーウェイブリッジから世界へ広がるエクストラドーズド橋



世界に広がったEDB

✓ 先生だった米国 (FHWA) の視察 (2001年)



新東名・新名神でのオリジナル技術



U型コアセグメント



波形ウェブ橋合理化施工



バタフライウェブ橋



波形ウェブ橋コア押し出し



波形エクストラードズド橋

→ 部分プレキャスト工法

→ 設計施工の功

fib Outstanding Structures

Special Mention



fib Outstanding Structures

Winner

青雲橋 (2006)



田久保川橋 (2018)

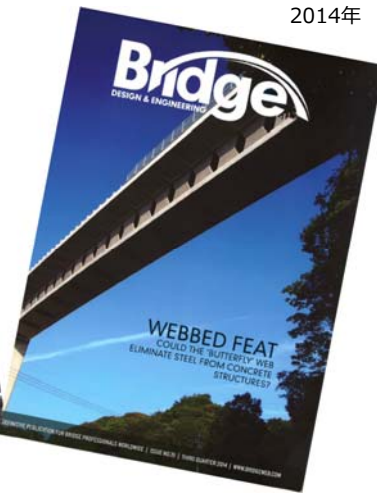


Bridge Design & Engineering

2004年



2014年



2. 日本の課題

追いかける目標を失った日本？

自ら先頭に立ってトレンドを作る事が苦手な日本



橋梁におけるノーベル賞現象

✓ 30年前の業績が引き継がれていない…

波形ウェブ
(島田、1965年)



世代間の
ギャップ

複合橋としての波形ウェブ
1986年



逆輸入後
150橋以上

1993年～



日本

日本のイノベーションの代表例

イノベーションとは、その後の市場を席巻する革新的技術をいう



英語の論文

八木アンテナ (1926年)



ウォークマン (SONY,1979年)



シカゴ大教授に招聘

F (藤田) スケール (1971年)

F 0	17~32m/s	(約15秒間の平均)
F 1	33~49m/s	(約10秒間の平均)
F 2	50~69m/s	(約7秒間の平均)
F 3	70~92m/s	(約5秒間の平均)
F 4	93~116m/s	(約4秒間の平均)
F 5	117~142m/s	(約3秒間の平均)

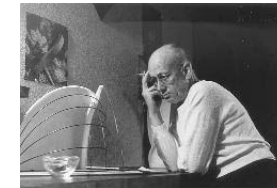
実務的メンターがない日本



フレシネー
(1879-1962)



レオンハルト
(1909-1999)



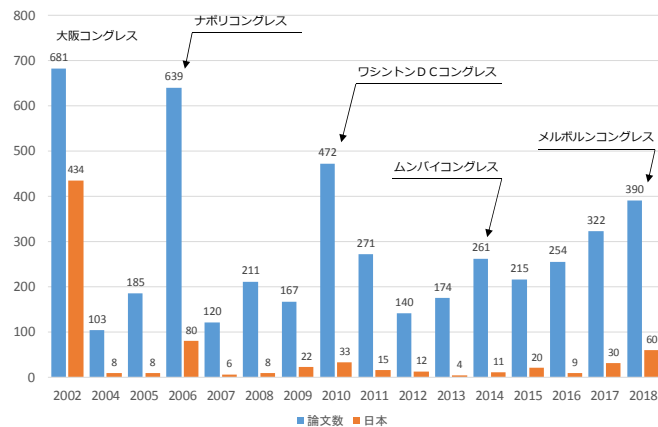
トロハ
(1899-1961)



マイヤール
(1872-1940)

世界への情報発信 (日本のプレゼンス)

日本の論文発表数の推移 (fib)



ASCEの論文集には多くの波形ウェブ橋の論文が中国から...

ビルディングコードの不在

ACI, EC, fib

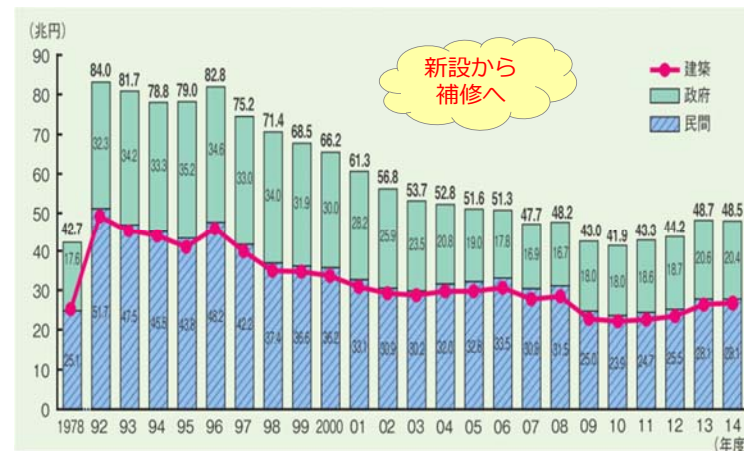


韓国、中国、途上国の台頭



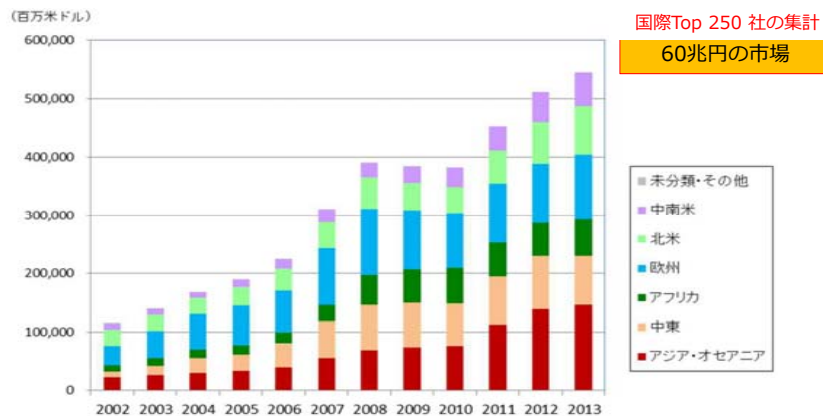
中国は最大支間312mを筆頭に2001年以来80橋以上のEDBを建設

縮小する日本の建設市場

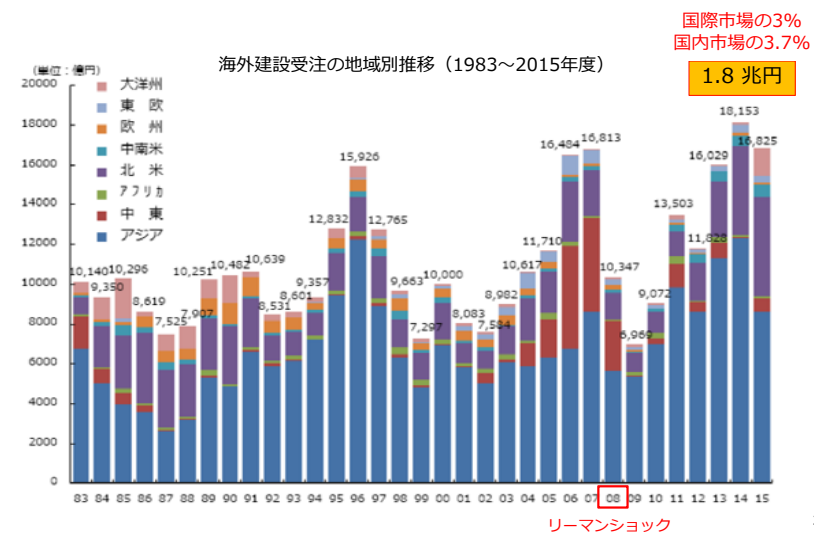


50兆円の市場を50万の建設会社で賄う

成長する国際建設市場

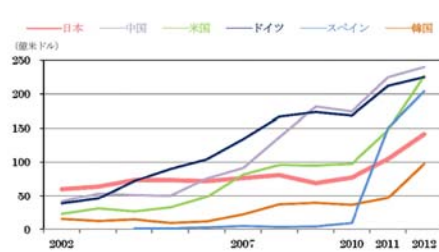


海外市場における日本の建設会社の受注

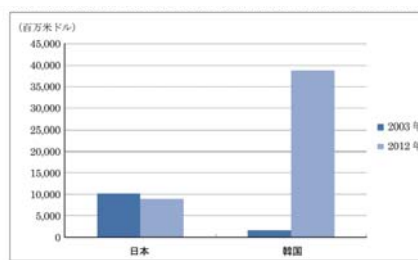


海外市場における日本の建設会社の受注

アジア・オセアニア市場における企業国籍別受注額の推移



海外建設市場上位50位以内における日韓企業の売上高推移



建設分野における競合国に関する調査研究：国土交通政策研究所、2015年7月 より

海外での日本の建設の見られ方

確かに海外は魅力的な市場だが...

- ✓ ODA（特にSTEP案件）に特化した日本の企業の姿勢は **やる気のなさ**の顕れと低く評価
- ✓ 技術水準の高さは認めるが、その必要性はまったく理解されていない
- ✓ **過剰な水準**による**コスト高**は不要
- ✓ **財務能力**（自己資金、資金調達能力）が低い

建設分野における競合国に関する調査研究：国土交通政策研究所、2015年7月 より

日本のPC技術の課題

- ✓ 世界に追いつき、追いかける目標を失った日本？
- ✓ イノベーションに対する感度が鈍い日本
- ✓ 実務的メンターがいない日本
- ✓ 海外での日本のプレゼンスの低さ
- ✓ 縦割り社会の弊害（土木 vs 建築=ビルディングコードの不在、鋼 vs コンクリート）
- ✓ 潤沢な国内の建設市場による内向き思考（真逆が韓国）
- ✓ ODA（無償とSTEP）を脱しきれない海外戦略
- ✓ 中国、韓国の目覚ましい台頭と途上国の技術レベルの向上
- ✓ 日本は過剰品質と海外で受け止められている事実
- ✓ 高速道路の設計施工がもたらした技術的ポテンシャルの維持



3. 日本の展望

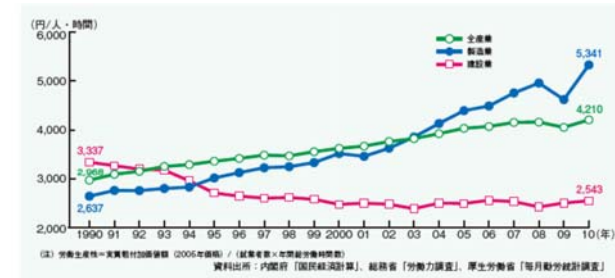
誇れるPC技術のための展望

国際競争を勝ち抜くための「差別化」

- ✓ PPP, BOTに対応する**急速施工**技術（生産性の向上）
 - ✓ **独自の長大橋**の研究（国際プロジェクトに参加するために）
 - ✓ ICTによる**超省力化**（生産性の向上）
 - ✓ **特化技術**の国際展開（ECとAASHTOの狭間を狙う）
 - ✓ **高耐久性**の必要性を日本の教訓として途上国に説く
 - ✓ 持続可能性の追求（**SDGs**に基づく技術開発）
- そして世界への**情報発信**を！（国際学会でのプレゼンス）

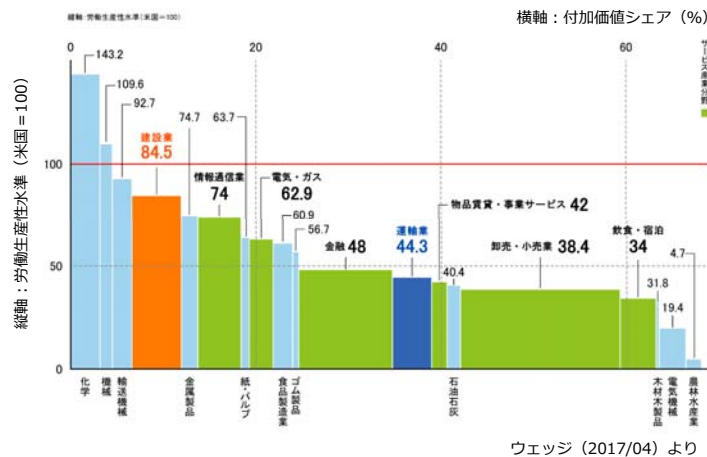
建設業の生産性

産業別労働生産性の変遷



建設業の生産性

産業別における米国との比較



PPP, BOTに対応する急速施工技術

急速施工によるミヨー高架橋（仏）



PPP : Public-Private Partnership, BOT : Build Operate Transfer

PPP, BOTに対応する急速施工技術

部分プレキャストを用いた橋脚の急速施工 (1m/日)

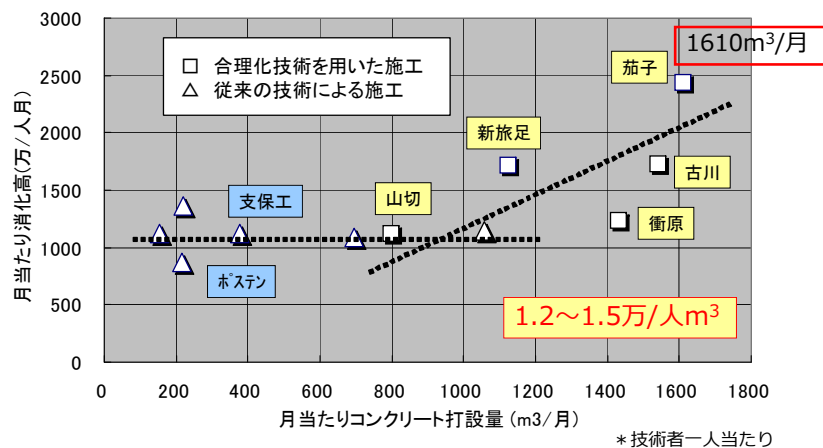


PPP, BOTに対応する急速施工技術

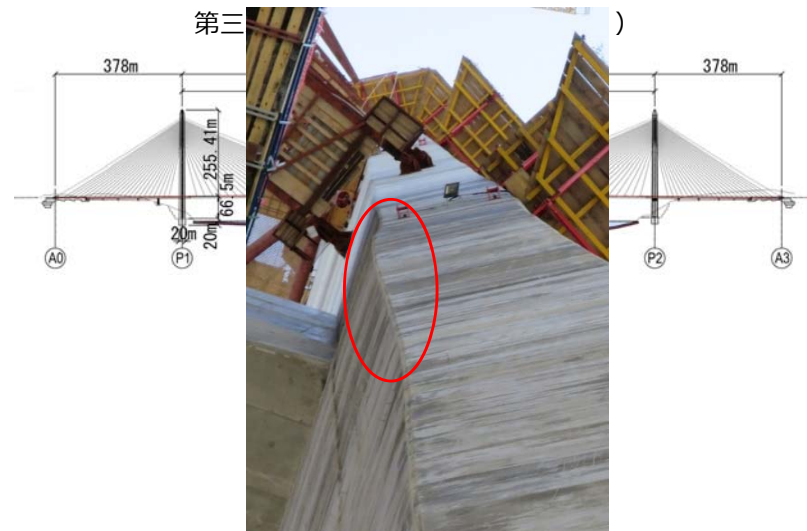


PPP, BOTに対応する急速施工技術

生産性の比較

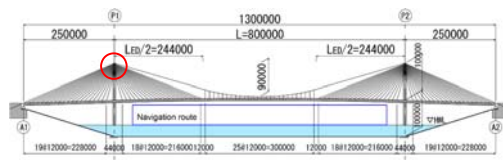


国際プロジェクトに参加するために

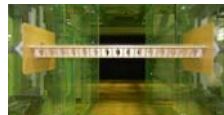
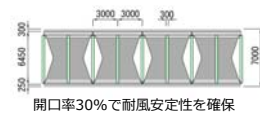
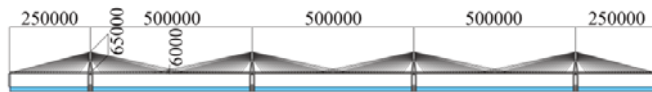


国際プロジェクトに参加するために

800m支間のハイブリッド橋 (fib 2017 Maastricht)



500m支間の多径間エクストラードス橋 (MSLB 2015 Porto)

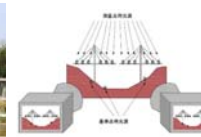


ICTを用いた超省力化

ICTによる測量技術、3Dモデル対応、など



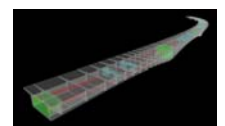
セグメント形状計測



可視光通信による測量



ARによる均し面測量



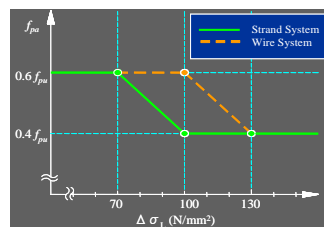
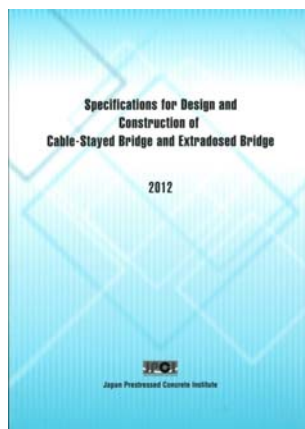
3Dモデル自動作成



SLAMによるダクト計測

特化技術の国際展開

斜張橋・エクストラードス橋設計施工基準 (2009年)



- 斜材の設計基準を持つのは、日本、仏、PTI (米) のみ
- fib、IABSEを通じて日本の基準を海外に展開していく

PC工学会規準の英訳

高耐久性の必要性

塩害 (補強鋼材の錆による劣化)



- ✓ PCはフルプレストレスで設計
- ✓ しかし、かぶりの塩害仕様が1984年までなかった。

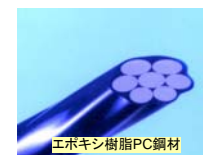
高耐久性の必要性

- ✓ グラウトの重要性を十分に理解していなかった
- ✓ ノンブリージンググラウトの採用 (2002年)
- ✓ グラウト時の流量計の使用



高耐久性の必要性

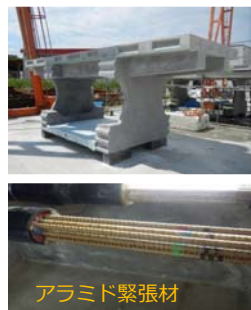
- ✓ 鉄筋コンクリートの劣化を防ぐために膨大な研究、技術が積み重ねられてきた。しかし、完全な対策はなかなか難しい。
- ✓ 欧州が使わない、エポキシ樹脂PC鋼材、アルカリに強いAFRPなどの日本独自の補強材を展開していく。



超高耐久化への取り組み

Dura Bridge[®] (繊維補強コンクリート+アラミド緊張材)

- ✓ 鉄筋、PC鋼材を使用しないノンメタル橋でコンクリート本来の高耐久に
- ✓ コンクリート (80MPa) と鋼繊維は海外でも調達可能
- ✓ 1.5倍のイニシャルコストでもLCCは最小化



西日本高速道路株式会社と三井住友建設の共同研究

超高耐久化への取り組み

別埜谷橋 (2019年)



写真提供：西日本高速道路株式会社

持続可能な社会の追求 (SDGs)

持続可能性はfibの次期
MC2020の根幹に



持続可能な社会の追求 (SDGs)

- ✓ 持続可能性 (Sustainability) は環境だけでなく、社会的側面、経済的側面の広範囲にわたって社会の繁栄を目指すもの
- ✓ SDGsは今後避けられない国際的潮流
- ✓ SDGsに合致する技術を追求め、他国との差別化を図る。

まとめ

- 先達たちの何事も突き詰める日本人気質が、世界における今の日本のPC技術の評価につながった。
- 初期のいくつかのオリジナル技術も海外への情報発信が十分でなかった。
- 日本のPC技術の大きな転機はエクストラロード橋。
- オリジナリティーの高い技術は世界に情報発信し、売れる技術とするために海外展開を視野に入れる。
- SDGsに則した技術を追求める。

