

「コンクリート構造物への鋼材, FRP, セラミックなどの各種材料の適用例」

～研究開発・実用化と特許～

古市 耕輔

西武ポリマ化成 企画開発部

目次

1. 自己紹介
2. 技術開発の流れ
3. 個別技術の説明
 - ・鋼とコンクリートの複合構造
 - ・シールド用セグメント
 - ・あと施工アンカーと機械式定着鉄筋
 - ・FRPと繊維
 - ・セラミックス
4. 特許について
5. まとめ

1.自己紹介

横浜国立大学 大学院修士卒(海岸工学専攻)

1986年4月 鹿島建設 技術研究所 土木部(構造)に配属

1991年4月 関東支店 土木部 設計課

1993年4月 技術研究所 第一研究部

1995年9月 関東支店 越谷工事事務所(現場)

1997年1月 技術研究所 主任研究員・上席研究員

2010年9月 横浜国大 博士(工学)取得

2011年4月 技術研究所 土木構造グループ長

2014年4月 (兼)横浜国大 非常勤講師(4年間)

2016年4月 土木管理本部 土木技術部 技術管理部長

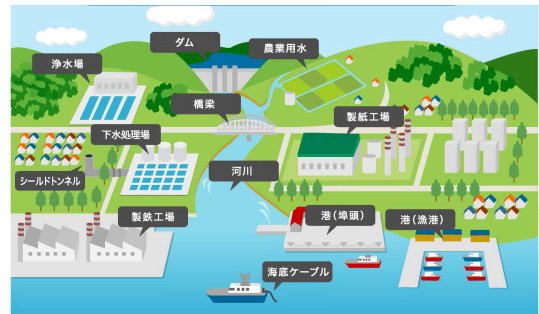
(兼)リニューアルグループ長

研究開発 27年 / 設計・現場 3年 / 開発管理 5年

2021年4月 西武ポリマ化成 企画開発部 部長

[西武ポリマ化成(株)]

インフラ構造物に適用される、
ゴム製品の製造・販売をする会社。



用途: 海洋



大型船舶用防舷材



普通船舶用
防舷材



オイルフェンス

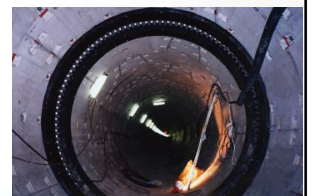


マリンネット

用途: 変形・伸縮対応(耐震)



可撓管



可撓セグメント



用途: 耐震・免震

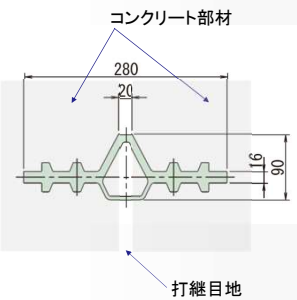


支保部

用途: 構造物間の止水・防水



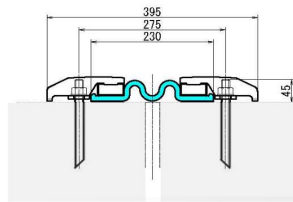
ゴム止水板



用途: 構造物間の止水・防水(耐震補強)



後付け可撓継手



2.技術開発の流れ

- コンクリートサンドイッチ構造 (耐力、軸力伝達)
- RC橋脚の耐震性能評価
- RC橋脚の耐震補強工法の開発
- 新型RCセグメントの開発 (WB, QB, SFRC, 耐火コンクリート)
- MMST工法の開発
- 拡底式アンカーの開発 (LFアンカー)
- 合成セグメントの開発 (DRC, 6面鋼殻, SBL)
- 鋼・コンクリート複合トラス橋の開発
- 合成土留壁(合成梁)の開発
- FRPの開発と適用研究
- 機械式定着工法の開発 (Jフットバー、プレートフック、プレートナット)
- セラミックスの適用研究 (CCb工法、他)
- 超高強度繊維補強コンクリートの適用研究
- 構造物のモニタリング技術の開発
- 床版更新工法の開発 (SDRシステム)

橋梁関係

地下構造物

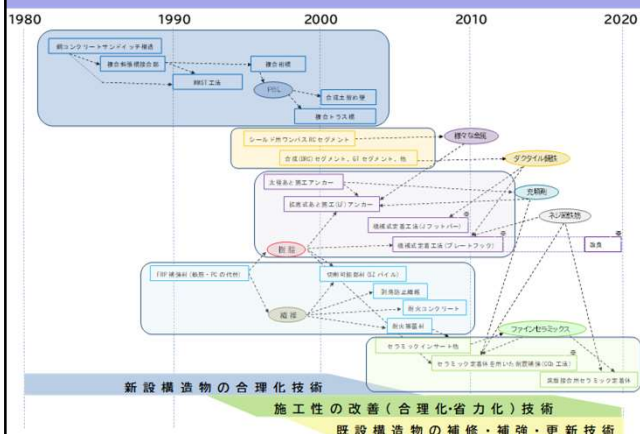
耐震構造

維持・更新

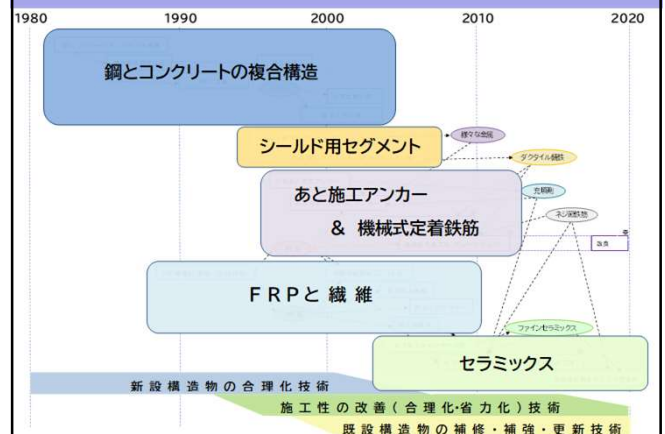
高性能・新形式

合理的・生産性

2.技術開発の流れ

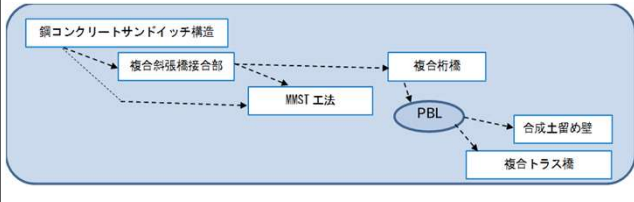


2.技術開発の流れ

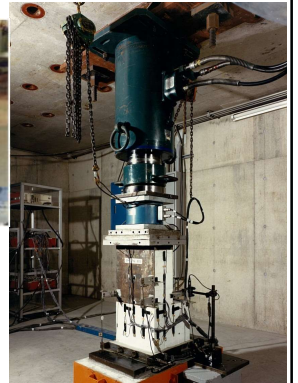


3.個別技術の説明

- ・鋼とコンクリートの複合構造
- ・シールド用セグメント
- ・あと施工アンカーと機械式定着鉄筋
- ・FRPと繊維
- ・セラミックス



1986～1988 コンクリートサンドイッチ構造(耐力・軸力伝達)

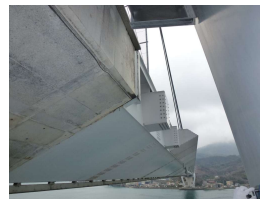


試験体の製作
ゲージ貼り
計測装置(ソフト含む)の作成
実験の実施(半年間現23号館
の地下にこもり実験三昧)

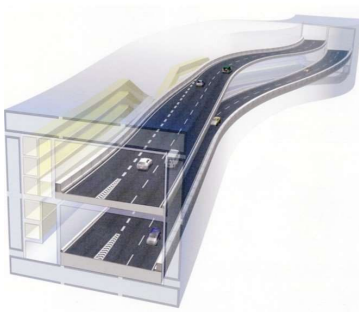
複合斜張橋



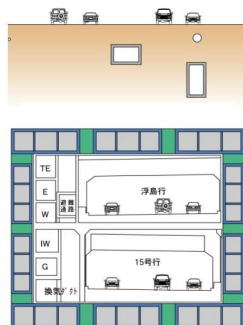
生口橋・多田羅橋を視察(2010年10月)



2000～2002 MMST工法の開発



MMST工法のトンネル



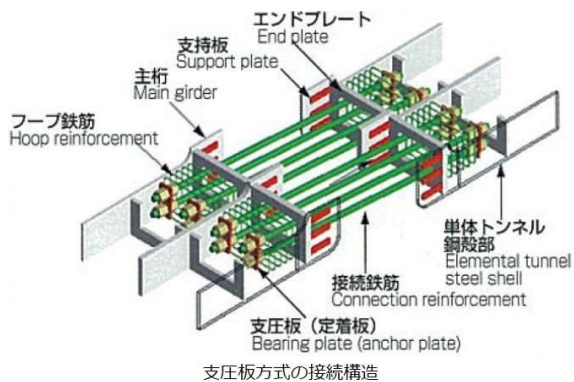
トンネル内空間の概要図(川崎線)

2000～2002 MMST工法の開発



施工ステップ

2000～2002 MMST工法の開発

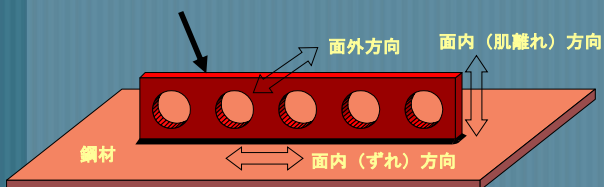


1996～1998 複合桁橋の接合部



鋼とコンクリートの接合要素(ジベル)に着目

孔あき鋼板ジベル(PBL)



2000～2002 孔あき鋼板ジベルを用いた合成土留壁

合成土留め壁の概要

RC壁部の部材厚を薄く
用地と掘削土量の低減

接合構造の種類

鉄筋長スタッド

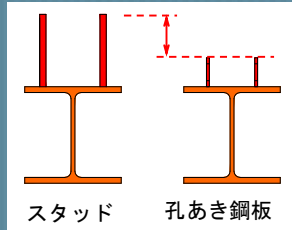
頭つきスタッド

4

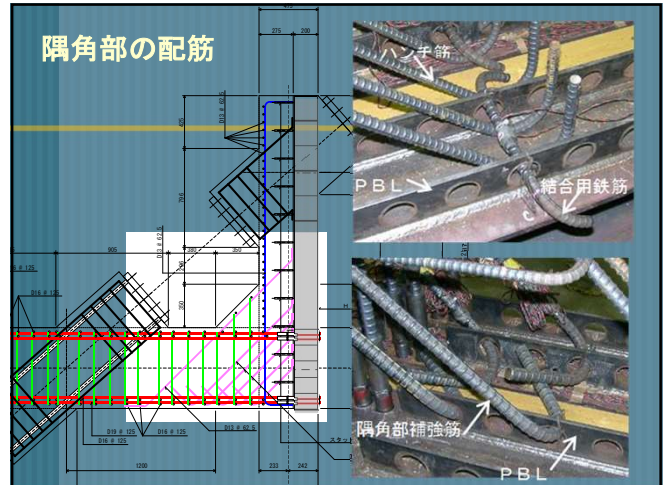
孔あき鋼板ジベルの特徴

スタッドジベルと比較して施工性等の面で、以下の優位性が挙げられる。

- ・同耐力で必要高さを低く押さえられる
- ・鋼材建込み前に、溶接することが可能
- ・工場溶接により、品質の向上・省力化



隅角部の配筋



期待される施工性向上効果(工期)

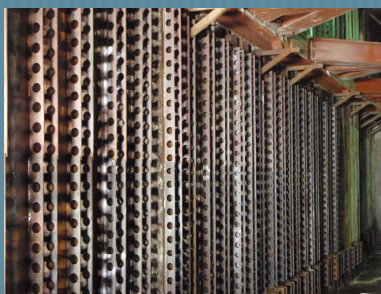
1BL (15m) 深さ16m		単位(日)			
	スタッド	PBL後付け	差	PBL先付け	差
前工程	-	-		-	
土留め壁工	13	13		13	
掘削工	76	76		76	
躯体工	160	149		122	
(ジベル)	33	27	6	0	27
(鉄筋)	37	32	5	32	
埋め戻し	46	46		46	
全体	295	284	11	257	27
			▲4%	▲9%	▲13%

- ・スタッドを孔あき鋼板ジベルにすると、現場施工でも11日(4%)
- ・孔あき鋼板ジベルを工場で先付けにすると27日(9%)
が短縮でき、トータルでは38日(13%)の短縮

実験状況



実適用(合成土留め壁)



大阪市道高速道路淀川左岸線
・阪神高速道路株式会社淀川左岸線(1期)
島屋北工区開削トンネル工事

1999~2002 鋼・コンクリート複合トラス橋の格点部構造

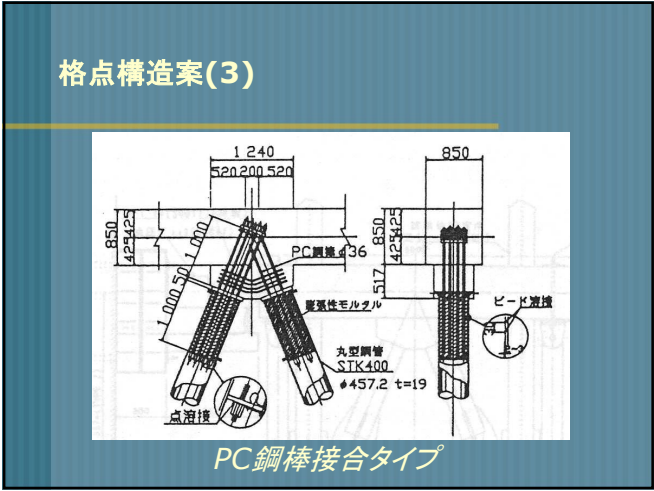
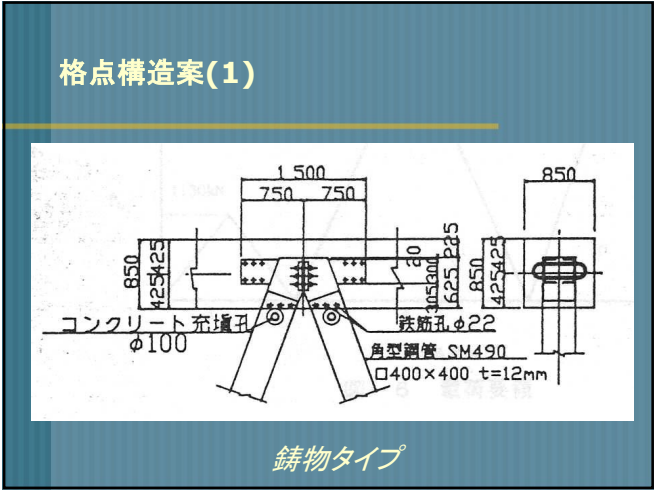


複合トラス橋の概要

The diagram illustrates the internal structure of a composite truss bridge. Key components labeled include:

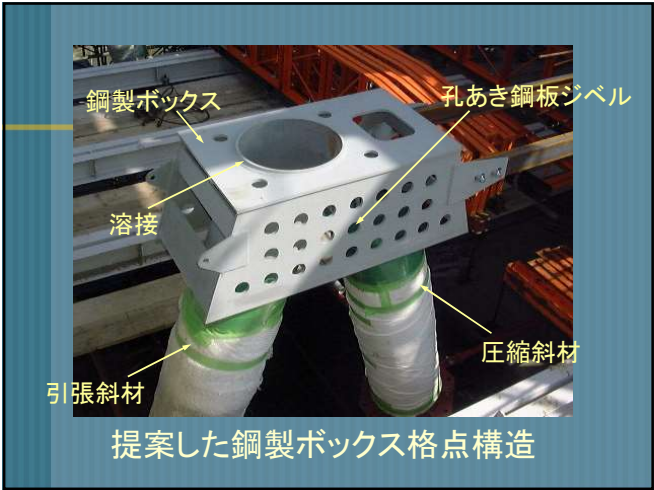
- 上床版 (Top Deck)
- 内ケーブル (Internal Cable)
- 外ケーブル (External Cable)
- 鋼管トラス (Steel Tube Truss)
- 格点部 (Lattice Point)
- 下床版 (Bottom Deck)
- 内ケーブル (Internal Cable)
- 主桁 (Main Girder)

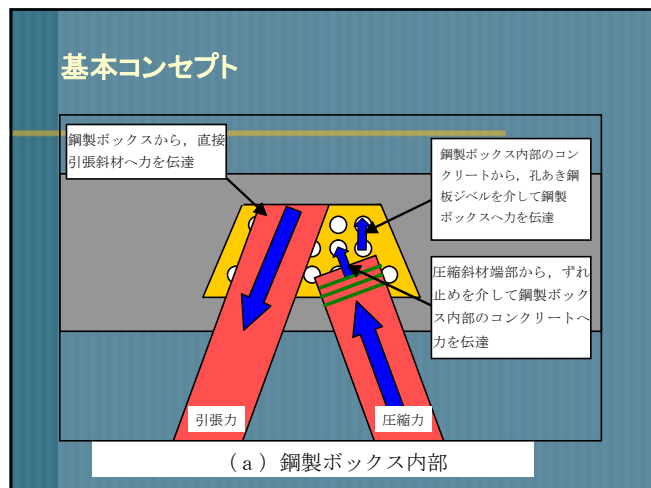
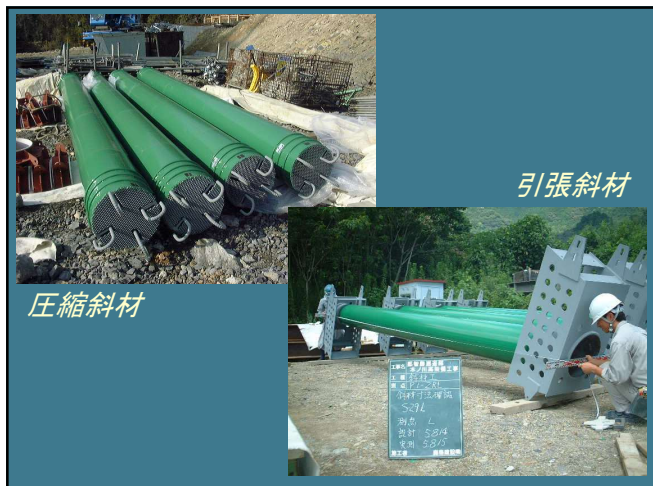
格点部が施工上・構造上のポイント



格点構造に設定した要求項目

- 特殊な材料を使わない(経済性・工期)
- 疲労特性に優れた丸型鋼管を採用可能(耐久性)
- 格点部を小さくする(重量・景観)
- トラス斜材の角度補正が容易(施工性)
- 現場での溶接, ボルト締めなどをしない(施工・品質)
- 現場での塗装作業をなくす(耐久性・工期)
- 架設に大型の機械が不要(施工性・経済性)
- 過密な鉄筋配置を必要としない(施工性・耐久性)



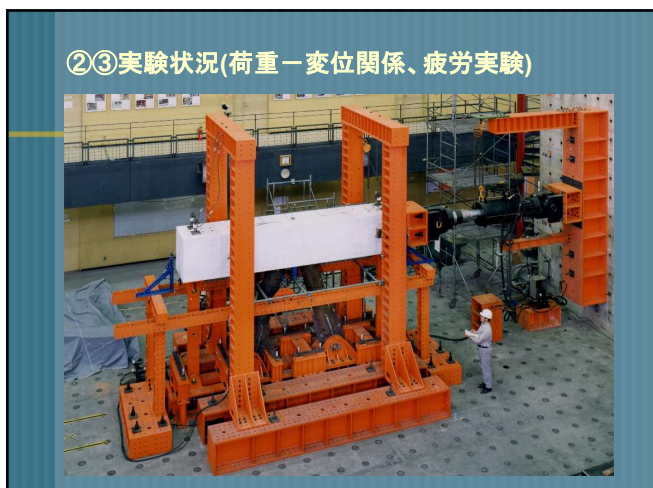
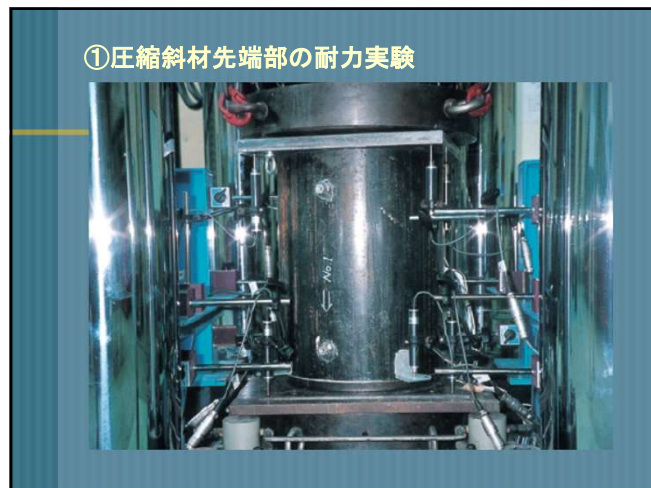


期待される施工性向上効果(工期)

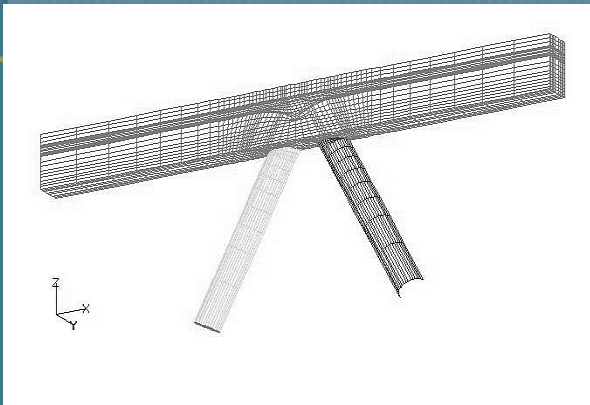
1BL(4m)	幅員11m		単位(日)		
	PC箱桁	PC鋼棒接合	差	鋼製BOX	差
ワーゲン移動	0.5	0.5		0.5	
トラス設置	0	1	-1	0.5	-0.5
鉄筋組立て	4	3.5	0.5	2.5	1.5
型枠組立て	1.5	1.5		1	0.5
コンクリート	1.5	1	0.5	1	0.5
緊張	0.5	0.5		0.5	
全体	8	8	0	6	2

▲25%

・張出し仮設の場合、1ブロックあたり、2日(25%)が短縮可能



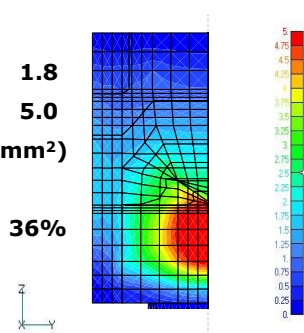
⑤線形FEM解析によるコンクリート応力評価



⑤供用時のコンクリート応力(分担率)

ボックス外 1.8
ボックス内 5.0
(N/mm²)

外/内 = 36%



②実験での外コンクリートの分担率は30～40%

実適用(複合トラス橋)



国土交通省近畿地方整備局の国道42号線
那智勝浦道路「木ノ川高架橋」【2003年竣工】

張出し架設



鋼製ボックス周りの配筋状況

実適用(複合トラス橋)



東日本旅客鉄道株式会社の羽越線
「(新)山倉川橋梁」【2003年竣工】

総支保工架設



実適用(複合トラスエクストラード橋)

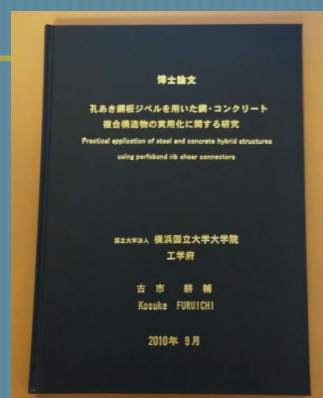


国土交通省関東整備局 ハツ場ダムの付け替え道路
「東吾妻線2号橋」

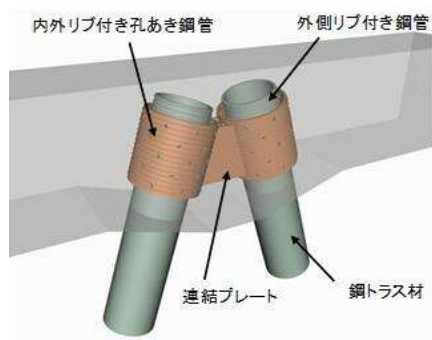
特許

- 特許登録番号: 第3362019号,
- 特許名称: 「土留め壁・RC合成構造物」,
- 登録日: 2002.10.18,
- 発明者: (阪神高速)金治英貞, 佐藤奈津代,
(鹿島)日紫喜剛啓, 須田久美子,
古市耕輔, 平陽兵, 安藤進, 斉藤勲雄, 村田俊彦
- 特許登録番号: 第3549754号,
- 特許名称: 「鋼・コンクリート複合トラス構造物の格点構造」,
- 登録日: 2004.4.30登録,
- 発明者: (鹿島)古市耕輔, 日紫喜剛啓, 平陽兵, 山村正人,
上迫田和人, 新保弘

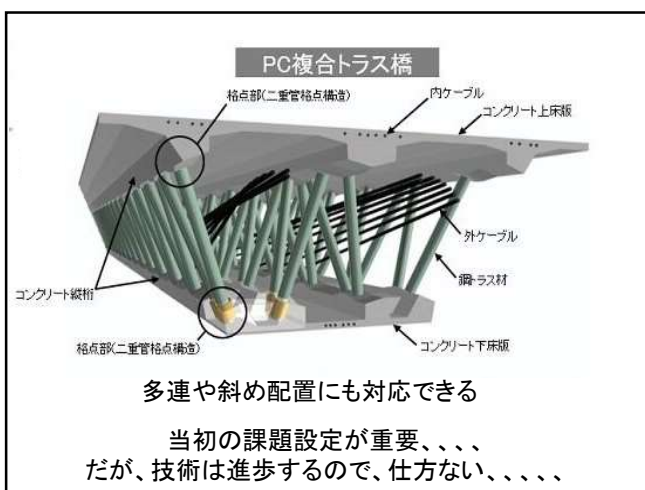
学位授与(2010年 9月)



他社が新しい格点構造を開発・提案



我々が想定した課題を満足し、さらに



3.個別技術の説明

- ・鋼とコンクリートの複合構造
- ・**シールド用セグメント**
- ・あと施工アンカーと機械式定着鉄筋
- ・FRPと繊維
- ・セラミックス

シールド用ワンパス RC セグメント

合成 (DRC) セグメント、GT セグメント、他

20

新型セグメントの概要

従来のボルト型RCセグメント

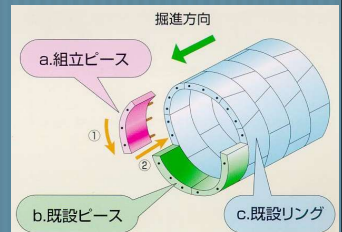


課題

- ・内ボルトボックスの中埋め (ボルト防錆)
- ・平内面平滑 (二次覆工省略)

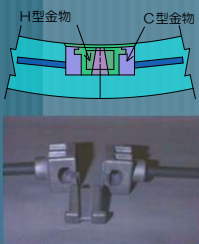
ニーズ

- ・内面平滑 (二次覆工省略)
- ・施工の合理化 (ワンパス-ボルト締め無し)



高速施工用準内面平滑型セグメント (半径挿入楔式継ぎ手方式)

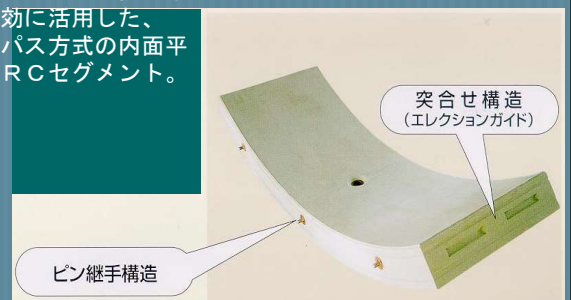
コッター継手



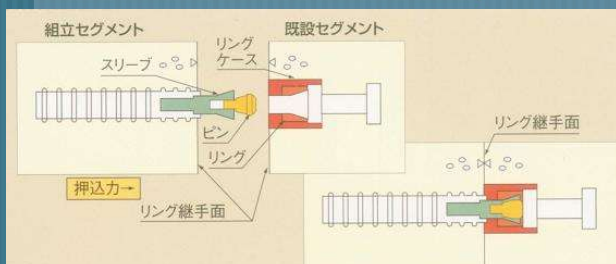
ウェッジロックピン

QBセグメント構造概要

セグメント継手を「突合せ構造」、
リング継手を「ピン継手構造」とし
千鳥組による添接効果を
を有効に活用した、
ワンパス方式の内面平滑
型RCセグメント。

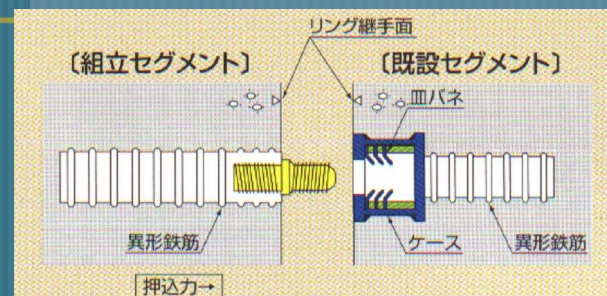


楔式ピン継手 (WLP)



ボルト相当の引張荷重, シールドジャッキにて押し込み

皿バネ継手



施工時荷重対応, エレクターにて組立て可能

1996～1998 急速施工用RCセグメント(WB,QB,SL)

[開発を通して得られた知見]

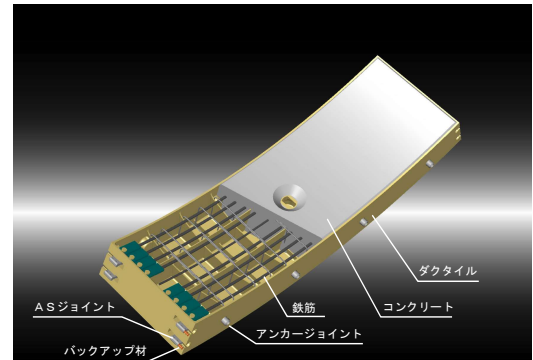
- ・金属の種類
硬さ、加工性
- ・表面処理
塗装、メッキの種類、表面加工(摩擦係数)
- ・緩衝材としてのゴム、スポンジ
種類と特性

[特許を多数出願]

- ・もれの無いように出願

2000～2001 新型合成セグメント(DRCセグメント)

(Ductile and Reinforced Concrete Segment)



ダクタイル鋳鉄

正式名称、『球状黒鉛鋳鉄』といい、マグネシウムを添加することで鋳鉄中の炭素結晶を球状化させた鋳鉄。

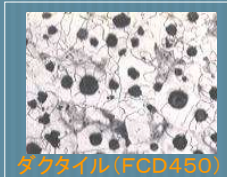


ネズミ鋳鉄(FC200)

結合力の弱い炭素結晶が、片状(たくさんの筋状)



もろく、折れやすい

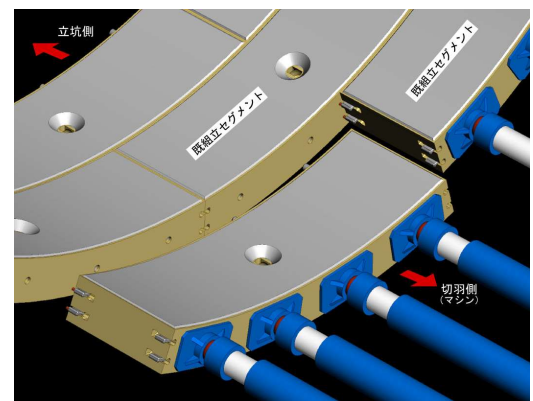


ダクタイル(FCD450)

炭素結晶が球状で独立

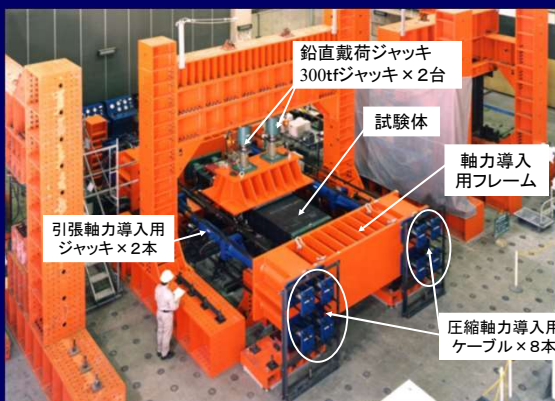


強度・伸び向上



組立イメージ図

戴荷試験装置



外郭放水路第4工区トンネル新設工事

トンネル延長: 1,235m
トンネル外径: 11.8m
セグメント桁厚: 46.5cm

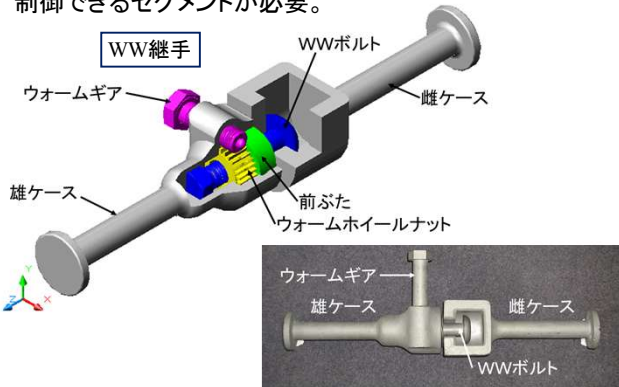
- ・従来セグメントに対して組立時間が約2/3 (55分⇒35分)
- ・セグメントの割れ、欠けは皆無
- ・高水圧下における漏水なし



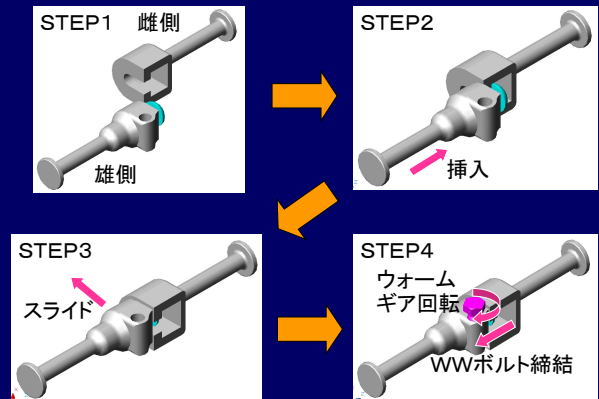
	従来タイプ	DRC
セグメント単体	100	106
ボルトボックス 充填込み	100	96

2002～2003 GTセグメントの開発

内面が平滑で、組み立てが簡易であり、ボルト締結力を制御できるセグメントが必要。

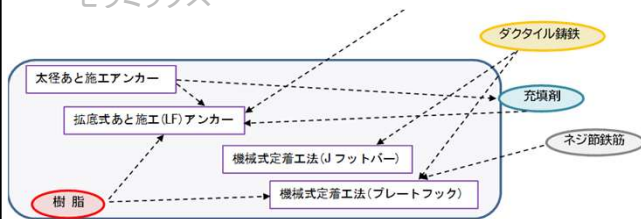


WW継手の締結機構



3.個別技術の説明

- ・鋼とコンクリートの複合構造
- ・シールド用セグメント
- ・あと施工アンカーと機械式定着鉄筋
- ・FRPと繊維
- ・セラミックス



1997～2002 拡底式あと施工アンカー (LFアンカー)

阪神淡路大震災を受けて、基準や安全性の考え方が変化し、耐震補強・デバイスの検討がなされるようになった。また、既設コンクリート構造物の補修工事も徐々に増えていた。

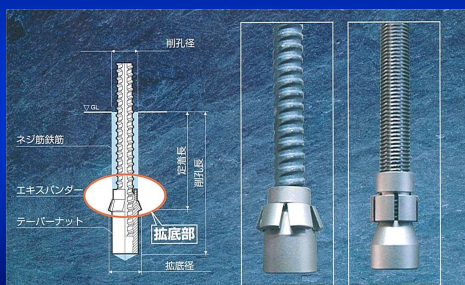
引抜安定性と施工性に優れた(短い)、あと施工アンカーが必要

↓
拡底式に着目し、鉄筋を用いたあと施工アンカーを開発

- ・基本性能試験(引張)、疲労試験、衝撃試験
- ・施工方法の改善

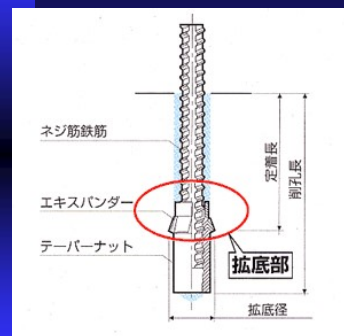
LFアンカーとは

- ・ Long life Fastening Anchorの略
- ・ アンダーカット式アンカー(拡底式アンカー)



Dタイプ (ネジ筋鉄筋使用) (全ネジボルト使用) (拡底状態)
Mタイプ (全ネジボルト使用) (未拡底状態)

LFアンカー(鉄筋の機械式定着)



[課題設定]

- ・施工の確実性
- ・部品調達先
- ・設計概念 (既製/特注)
- ・価格設定
- ・施工体制

ドリルの種類(下穴)



削孔用ドリル



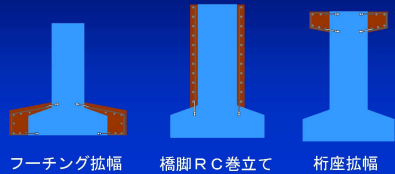
コアドリル(ダイヤモンドカッター)

拡底径の管理



拡径専用ドリル(アンダーカッター)

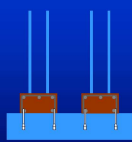
L Fアンカーの用途



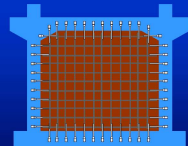
フーチング拡幅

橋脚RC巻立て

桁座拡幅

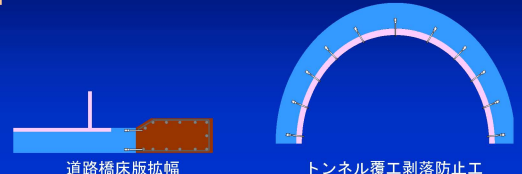


鉄骨柱脚増設



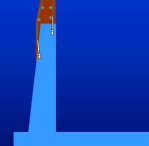
耐震補強壁増設

L Fアンカーの用途



道路橋床版拡幅

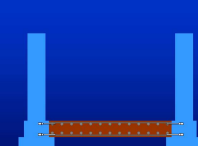
トンネル覆工剥落防止工



防油堤、防波堤嵩上げ

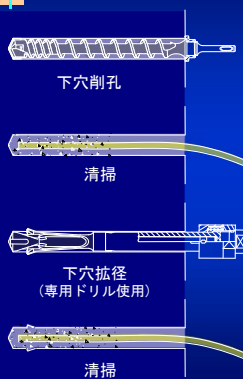


落橋防止工



地中梁増設

施工手順(横向き)

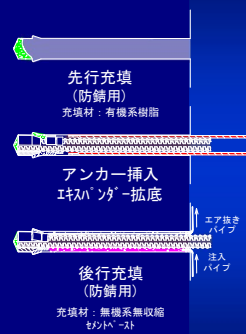


下穴削孔

清掃

下穴拡径
(専用ドリル使用)

清掃



先行充填
(防錆用)

充填材: 有機系樹脂

アンカー挿入
エキパンで拡底

後行充填
(防錆用)

充填材: 無機系無収縮
セメントペースト

エア抜き
パイプ
芯入
パイプ

L Fアンカー引抜き試験



D16(8φ) 浅いコン
クリート剥離のみで
鉄筋が降伏しても抜
けない。



D32(8φ) 浅いコンクリート剥離のみで鉄筋が降伏しても抜けない。

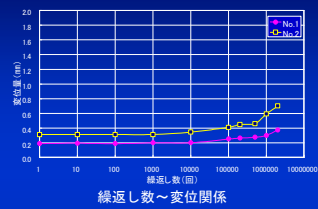


D25(8φ) 浅いコンクリート剥離のみで鉄筋が降伏しても抜けない。



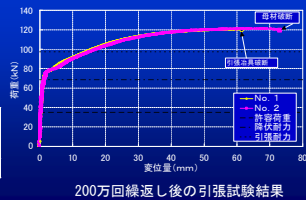
D16(11φ) 鉄筋が破断してもコンクリートの破壊はなし

LFアンカー耐疲労性能確認試験



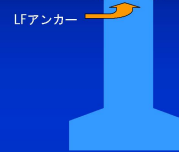
- 試験条件
 - ・ 鉄筋: D16 SD345
 - ・ 定着長: 10φ
 - ・ 載荷方法: 片振り載荷
 - ・ 繰返し回数: 200万回
 - ・ 試験ケース
 - ・ 上限荷重: 許容荷重及び許容荷重/1.2

試験体 No.	上限荷重 (kN)	応力振幅 (N/mm ²)	繰返し回数
No. 1	29.1	144	200万回
No. 2	35.0	174	



LFアンカー落橋防止壁衝突試験

◆ JH殿のご指導をうけて実施



CASE	パラメータ		破壊モード
	落橋防止壁構造	アンカー定着長	
1	鋼製ストッパー	15φ	ボルト破断
2	鋼製ストッパー	10φ	補強筋破断
3	RC逆T式アンカーバー	10φ	コンクリート圧壊

CASE1

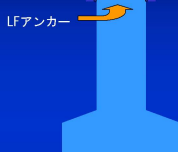


供試体全景

試験後供試体状況

LFアンカー落橋防止壁衝突試験

◆ JH殿のご指導をうけて実施



CASE	パラメータ		破壊モード
	落橋防止壁構造	アンカー定着長	
1	鋼製ストッパー	15φ	ボルト破断
2	鋼製ストッパー	10φ	補強筋破断
3	RC逆T式アンカーバー	10φ	コンクリート圧壊

CASE2



供試体全景

試験後供試体状況

LFアンカー落橋防止壁衝突試験

◆ JH殿のご指導をうけて実施



CASE	パラメータ		破壊モード
	落橋防止壁構造	アンカー定着長	
1	鋼製ストッパー	15φ	ボルト破断
2	鋼製ストッパー	10φ	補強筋破断
3	RC逆T式アンカーバー	10φ	コンクリート圧壊

CASE3



供試体全景

試験後供試体状況

LFアンカー施工実績

◆ グリコ乳業（株）東京工場 ラック倉庫増築工事



現場品質確認試験

LFアンカー施工後



LFアンカー施工実績

◆ 神宮橋 P 6 5 橋脚耐震補強工事試験施工



耐震補強工事全景

変位制限構造用
LFアンカー施工状況



技術・権利はカジマリノベイトに移管し、数現場で適用したが、施工手間、コストが高いなどの理由で普及せず
開発から約15年後に、「LFアンカー」としての取り扱いを断念

メーカーは「アンゼックス」の名称で販売を継続

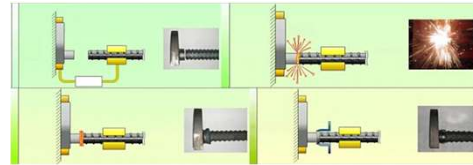


2022年
コンクリートあと施工アンカー
設計・施工・維持管理指針(案)
[土木学会] に拡底式を掲載



2003～2005 機械式定着工法の開発(Jフットバー)

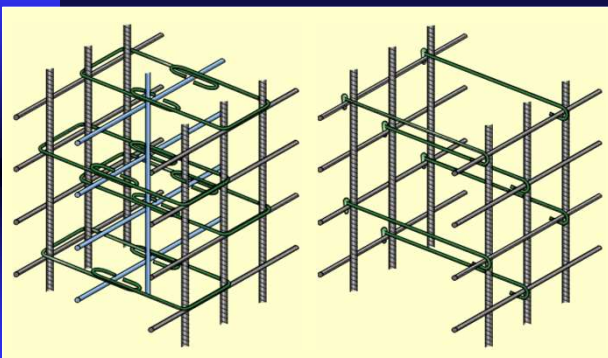
機械式定着工法を大成と清水が実用化していたので鹿島も・・・
2003年1月に、NKKよりフラッシュ溶接の技術紹介を受ける



他工法より、品質が良く、短時間に安く施工できるとのこと
⇒開発予算を積み上げて、社内説明し鹿島内では了解
⇒先方内での共同研究予算確保のために市場調査を実施、収支予測も含めた説明資料を作成
⇒先方の常務(開発担当)に直談判
⇒共同研究契約

30

●配筋状況の比較



半円形フック

Jフットバー

2003～2005 機械式定着工法の開発(Jフットバー)

基礎実験をすると、平板と鉄筋の接合強度が安定しない???



調査すると、**接合部の断面積が大きく違うと安定しないことが判明**
⇒突起付きのプレート(最適形状)を考案(ダクタイル鋳鉄)



マクロ試験体 D22

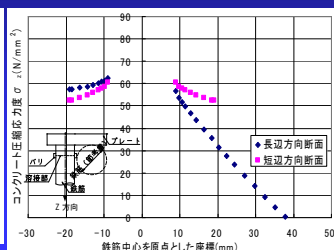
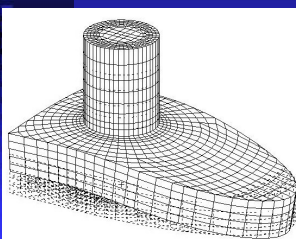
●解析結果

着目点

- ・プレートの応力
- ・コンクリートの支圧応力



プレート形状
の決定



Jフットバー外観

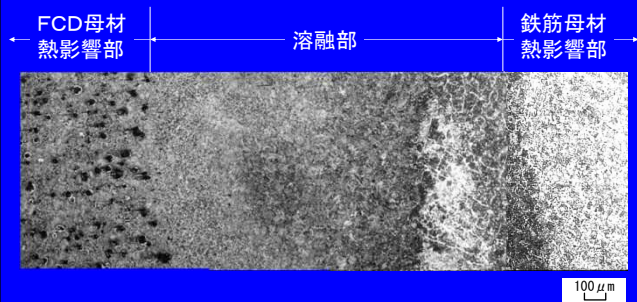


断面マクロ写真



FCD700+SD345-D16

接合部ミクロ写真



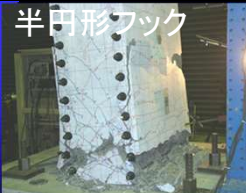
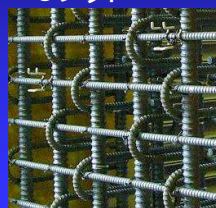
● 定着性能確認試験方法



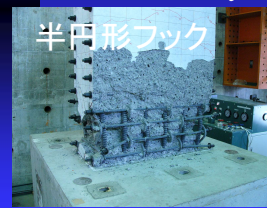
1. 母材の規格降伏荷重の95%まで載荷
2. 母材の規格降伏荷重の2%まで除荷
3. 1～2を30回繰返し (D16のみ)
4. 規格引張荷重まで載荷

高圧力継ぎ手鋼材
の確認(D16)
鉄筋のS確認 D16,D22,D32

● 配筋・実験状況



—11σ_y終了時の状況



実験終了時の状況

● 試験で確認された性能

- 接合部強度: 規格引張強度以上 (母材破断)
- 定着性能: 半円形フックと同等以上
- 主筋の座屈抑止性能: 半円形フックと同等以上
- 部材のじん性向上効果: 半円形フックと同等以上



半円形フックのせん断補強鉄筋に
替わる方法として採用可能

2003～2005 機械式定着工法の開発(Jフットバー)

各種構造実験(接合強度試験・定着性能試験)により、
性能を確認し売り込みを開始したが
→実績がないため展開が困難

そこで、
土木研究センターの技術審査証明 を取得(2004年)
→複数件入手(施工承諾)
(この時が初めての審査証明※で、ノウハウを取得)

- ・鉄道ACT研究会: 2005年2月登録
- ・東京都新技術登録: 2005年3月登録
- ・NETIS : KT-050105-A 更新06/07/19

●特許

1.補強鉄筋の定着方法及び定着部形成装置並びに定着プレート付き補強鉄筋
鹿島建設(株)

特願2003-043817 / 平成15年2月21日

2.溶接装置と溶接方法及びせん断補強鉄筋の作製方法

鹿島建設(株) / JFE工建設(株)

特願2003-333452 / 平成15年9月25日

2003～2005 機械式定着工法の開発(Jフットバー)

製造に入るが、初期は品質が安定せず、自社で引張試験を、また、製造時のデータ(電流量、油圧他)を全て確認。

⇒専門家を信じ切れず、自分たちで品質管理指標を確立



鉄筋径	プレートタイプ	新筋面積 (mm ²)	溶接 本数	新溶接条件					管理基準						
				設定電力			F時間 (sec)	入熱 (J/mm ²)	巾 (mm)	入熱量 (J/mm ²)		アプセット量 (mm)		フラッシュ量 (mm)	
				(kW)	(kW)	(W/mm ²)				下限	上限	下限	上限	下限	上限
D13	16PL	126.7	4	4.8	9.6	37.9	23.8	902	7.0	850	1050	6.5	7.5	7.0	15.0
D16	16PL	198.6	4	6.8	13.6	34.2	23.4	801	7.5	750	950	6.5	8.5	7.0	20.0
D16	22PL	198.6	4	10.0	20.0	50.4	26.8	1350	8.5	1300	1400	7.5	9.0	10.0	20.0
D19	22PL	286.5	4	9.3	18.5	32.3	32.5	1050	8.0	1000	1200	7.0	9.0	7.0	20.0
D22	22PL	387.1	2	12.0	12.0	24.5	38.0	931	9.0	850	1100	7.5	9.5	7.0	20.0
D25	25PL	506.7	2	12.4	12.4	24.5	38.0	930	10.0	850	1050	9.0	10.5	7.0	20.0
D29	32PL	642.4	2	15.9	15.9	24.8	50.5	1250	12.0	1200	1450	10.0	13.0	10.0	30.0
D32	32PL	794.2	2	19.7	19.7	24.8	48.5	1203	11.5	1150	1400	10.0	13.0	10.0	30.0

2003～2005 機械式定着工法の開発(Jフットバー)

大量製造に向けて、再度先方役員に市場規模(需要予測)の説明をしてラインを整備してもらい、事業化。

(2006年)

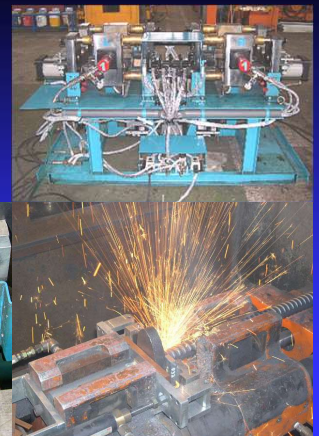


●自動溶接装置

マルチ溶接

◇ D13～D22: 4本同時溶接

◇ D25～D32: 2本同時溶接



●適用実績

06年9月末時点, 23現場に適用

- 1.北海道電力 : 放水路縦坑
 - 2.東京都水道局 : 浄水場
 - 3.阪神高速道路公団 : 開削トンネル
 - 4.国土交通省 : 橋梁下部工
 - 5.秋田県 : 開削トンネル
 - 6.農林水産省 : 排水機場
 - 7.国土交通省 : 立坑側壁
 - 8.東京都建設局 : 橋梁下部工
- ほか

橋梁基礎 側壁(D25)



2003～2005 機械式定着工法の開発(Jフットバー)

様々な現場に売り込み、順調に現場に展開 (2007年)

ただ、機械式定着の適用には懐疑的な企業者やコンサルが多かったため、先行2社と市場拡大の共同戦線を計画するも、価格に関する協定は法違反となるため断念。

教訓:

- ・市場で開発品が生き残るためには、性能だけではなく、デリバリーを含めたコストが重要。
- ・パートナー会社の事業形態が従来事業と違うと様々な支障がある。

(当初、定価と販売価格には十分な余裕を持たせていたが、結果として製造原価と輸送費を含めると他製品より高かった)

Jフットバーがなくなることによって、鹿島の現場に安く供給できなくなる事だけは避けなければいけない ⇒ 設計思想が同じであるVSL-JIに相談を持ち掛け、鹿島価格の設定をもらった。

2003～2005 機械式定着工法の開発(プレートフック)

東京鉄鋼と鹿島の建築でプレートナットの開発を実施していた。

この技術を使って、機械式定着も作れるのではないかと...

- ・先方企業の事業(営業)形態は問題ない。
- ・ねじ接合なので現地で製作できる、方向を任意に調整可能という技術的な特徴は出せる。
- ・ただし、コスト的には他社製品よりも確実な高くなる。

先方としては、メイン事業の鉄筋販売の促進策として、この部分だけでの利益追求は不要ということで、開発を進め、技術審査証明を取得し、多くの現場で適用。



プレートナット



プレートフックの特徴

- ・ねじ鉄筋の端部に定着金物(プレートフック)を回転させて取り付け(螺合)

- ・グラウト材を充填し固定



ねじ鉄筋(ネジテツコン) プレートフック

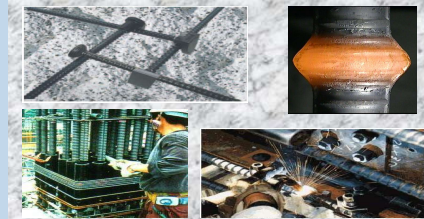
- ・片端プレートフック付き、両端プレートフック付きのいずれも可能



鉄筋継手指針の改定の際に委員となり、機械式定着についても指針に組み込むことで、普及展開を促進。

コンクリートライブラリー

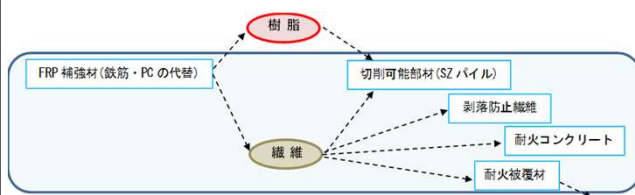
鉄筋定着・継手指針



土木学会

3.個別技術の説明

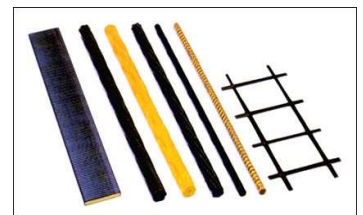
- ・鋼とコンクリートの複合構造
- ・シールド用セグメント
- ・あと施工アンカーと機械式定着鉄筋
- ・FRPと繊維
- ・セラミックス



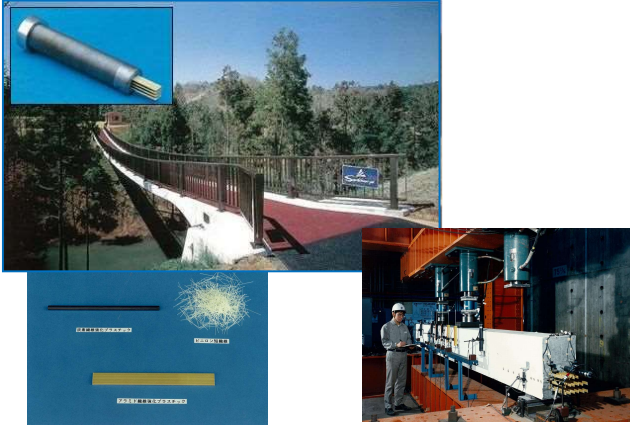
1988～1995 新材料・新素材の適用開発

連続繊維補強材 (開発当時はこのように呼ばれていた)

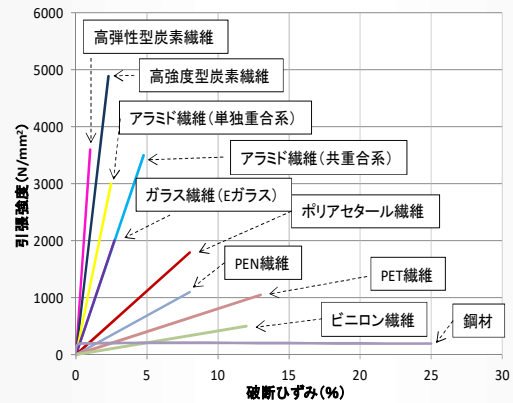
- ・板材、棒材、より線、格子筋
- ・工場生産のFRP筋材、線材
- ・新設構造物の鉄筋代替
 - － 腐食しない⇒塩害地域
 - － 非磁性体⇒リニアモーターカーガイドウェイ
- ・つり橋のケーブル
 - － 超長大橋への適用(軽量)



バーディー橋(FRPを活用した吊り床版橋)



各種繊維の基本特性



2003～2010 コンクリート補強繊維

剥落防止繊維

「ポリウェーブ」



繊維直径: 1mm
繊維長: 30mm
混入量: 0.35vol%
コスト: -30%

「パルチップPW-Jr」



0.06mm
12mm
0.05vol%
-70%

背景1

トンネル・高架橋コンクリートの剥落事故

↓ 第三者への安全性確保が強く望まれている

従来のコンクリートの剥落防止技術

↓ 既設構造物; 連続繊維シート・鋼板接着工法など

構造物の建設時に剥落防止機能を付与

↓ 構造物の長寿命化, 維持管理の簡略化

↓ 作業性・分散性・耐久性に優れる有機系短繊維を用いた繊維補強コンクリートを開発

「ポリウェーブ」

- ・繊維形状を波形とし、コンクリートからの引抜け抵抗力を増大
- ・繊維表面の微少な凹凸(エンボス)を施し、付着強度を増大
- ・繊維加工時に熱処理工程を加え繊維自身の剛性を改善
- ・繊維径を従来の繊維に比べ細くしたことにより、剥落防止に対して必要な混入量を低減



橋梁上部工への適用

○繊維混入率を0.35vol%としたコンクリートを
橋梁上部工および壁高欄に適用



繊維なし: 14時間後



繊維0.35vol%: 48時間後

トンネル吹付けコンクリートへの適用



背景2

ポリウェーブの開発・適用

混入量が体積で0.35%程度

コスト縮減の要望

JR東日本の規格(2003年1月)

コンクリートの剥落による第三者危害が懸念される部位に対して、合成短繊維を混入するコンクリートを使用することを規定

ポリウェーブのノウハウをもとに改良
高性能化, コスト縮減

「バルチップ PW-Jr」

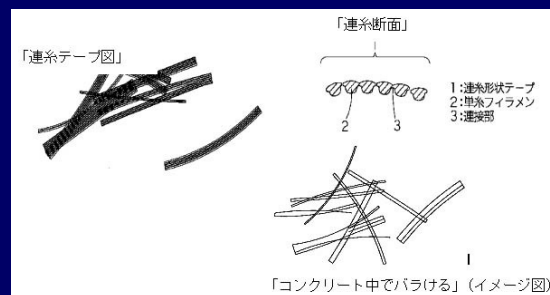
1. 繊維の細径化
約1mm → 約0.06mm
2. 繊維長の短縮
30mm → 12mmに
3. 連枝状成形

・剥落防止に対して必要な混入量を低減可能
・分散性に優れ、コンクリートの各種性能に影響を及ぼさない。



連系状成形

単系を横につなぎ平たいテープ状に成形、コンクリート内で攪拌すると単系にバラける



特徴 ①高い剥落防止性能



剥落防止性能評価実験

特徴 ②優れた施工性

生コン車実機による試験で投入後2分で十分な分散性を確認



「バルチップPW-Jr計量」



「生コン車への投入状況」



「分散性試験作業状況」

適用実績

「2007年時点」

商品名	主な適用先	現場名
バルチップPW-Jr	JR, 私鉄各社橋梁工事	仙台長町高架橋, JR東環状二号線他 約50現場
ポリウェーブ (Φ0.8mm,L30mm)	JH, 国交省などのトンネル工事	箕面トンネル, オランダ坂トンネル他 約20現場

2003～2010 シールド関連の耐火構造の開発



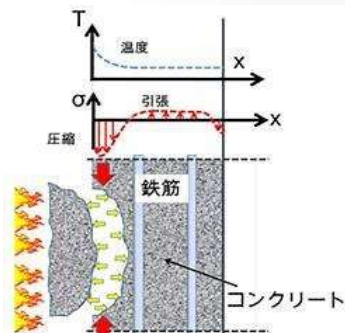
耐爆裂コンクリート

爆裂防止用に短繊維(PP、PA、他)を混入

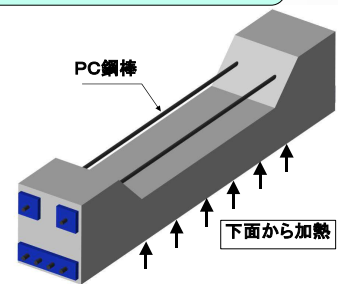
繊維:融点の低い有機繊維
直径:20～60μm程度
長さ:10mm程度



前述のバルチップPW-Jrをそのまま適用



シールドセグメントの実大断面模型を使用した耐火実験を実施



耐爆裂性能確認して現場適用

新FRP材の開発 (超高強度ポリエチレン繊維の適用)

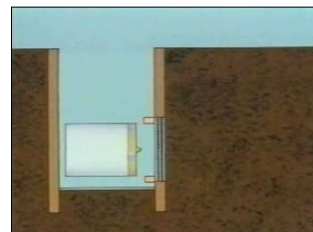
安価なFRPを目指して



接着がうまくいかない・クリープが大きすぎるため開発を断念

切削可能部材「SZパイル」の開発

シールド機の発進立坑および到達立坑の切削壁体

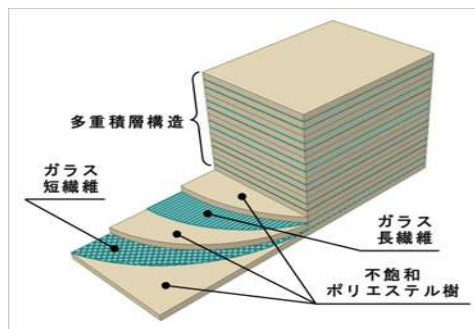


発進立坑におけるシールド機の掘進



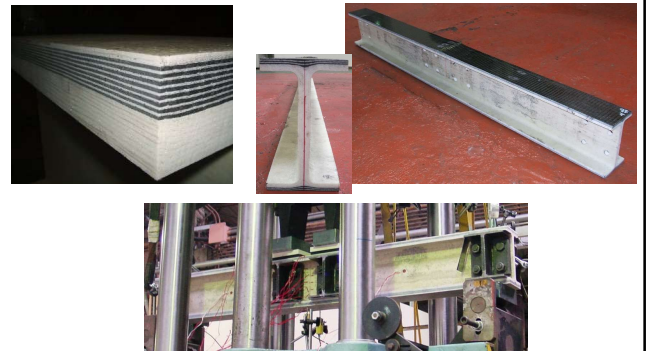
到達立坑と発進立坑の例

切削可能部材「SZパイル」の開発



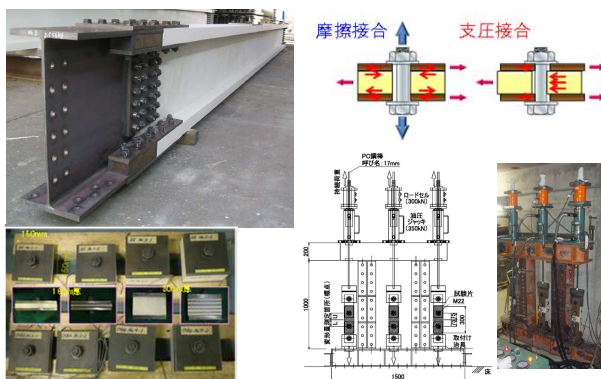
最初はガラス繊維で開発

切削可能部材「SZパイル」の開発



長尺用にガラス繊維と炭素繊維の積層構造を開発

切削可能部材「SZパイル」の開発



接合部の性能確認のためにクリープ特性を把握

切削可能部材「SZパイル」の開発



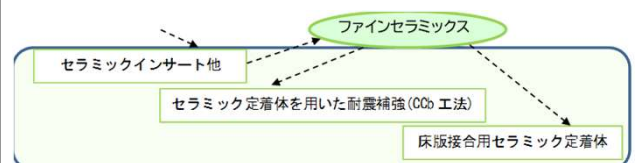
一般部・接合部の挙動と切削性能を確認

施工実績 [大和川線シールド立坑, 他数件]



3.個別技術の説明

- ・鋼とコンクリートの複合構造
- ・シールド用セグメント
- ・あと施工アンカーと機械式定着鉄筋
- ・FRPと繊維
- ・セラミックス



2003～2010 ファインセラミックスの適用検討

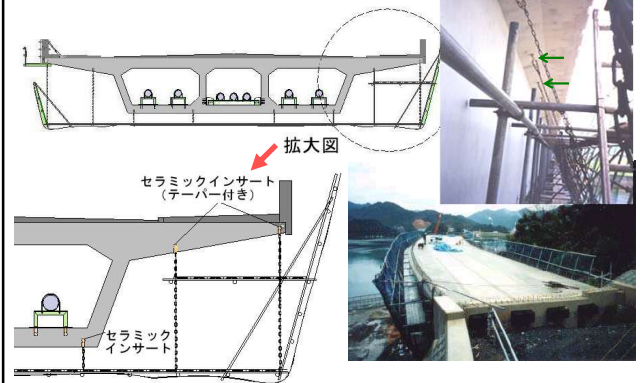
高純度アルミナ系セラミックスの特性



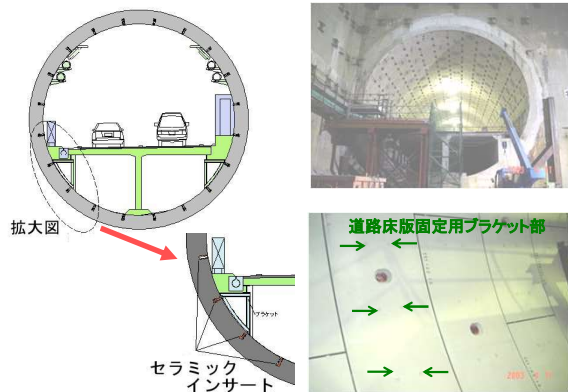
セラミックインサート:M10 ～ M30

項 目	耐食性	耐火性	絶縁性
アルミナセラミックス	◎	◎	◎
ステンレス	○	○	×
スチール	×	○	×

適用例 1

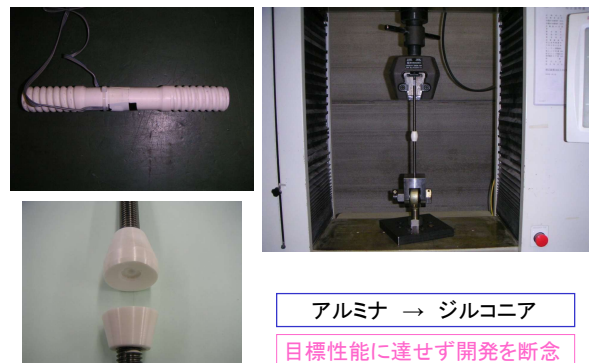


適用例 2



ファインセラミックスの適用検討

[耐久性に着目し、地層処分施設への適用を検討]



アルミナ → ジルコニア

目標性能に達せず開発を断念

ファインセラミックスの適用検討

[耐熱性、熱伝導率に着目]



目標性能に達せず開発を断念

ファインセラミックスの適用検討

[耐熱性に着目し、グラウトキャップに]



目標性能に達せず開発を断念

2007～2013 あと施工せん断補強工法の開発(CCb工法)

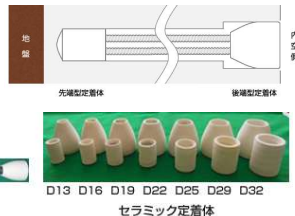
東北電力から、**鹿島式あと施工せん断補強工法**の提案を打診される。最初はLFアンカーの適用を検討→×

「先行技術よりも、性能が良く、施工性に優れ、特別な製造設備への投資が不要で、安い(原価)ものでなければいけない。さらに、販売価格に余力を持たせられなければ、開発しても無駄になる。」という基本コンセプトで考案。

高い耐久性
高い定着効率
高い品質安定性
特殊な製造機械が不要

セラミックス定着体とネジ鉄筋

セラミックキャップバー (CCb)
標準型



2007～2013 あと施工せん断補強工法の開発(CCb工法)

すぐ開発に着手し、
各種性能試験を実施

技術審査証明を取得
(2008年)

現場適用開始



図-1 セラミックキャップバー (CCb) 設置状況

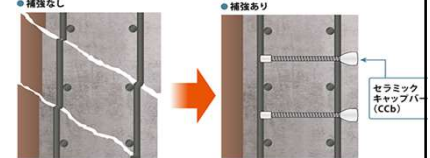


図-2 地震動によるせん断破壊の防止 (RC 構造物)

2007～2013 あと施工せん断補強工法の開発(CCb工法)

審査証明取得時は、キャップは国内での生産品としていたが、原価低減のために中国での生産に切り替える。(2008年)
(ただし、品質を確保するには確実な管理が必要)
今までに、セグメント、溶接接合などの製造管理をしてきたノウハウを活かして、製造の指導をする。
(当初4年間は指導・検査・確認も含め年3回は訪中していた)



施工実績

上下水道施設、橋脚、河川関係他、多数採用



本工法は、現在もカジマノバイトにて広く展開中

特許

基本特許だけでなく、
施工方法など関連する周辺特許を多数出願

2015～2020 道路橋更新用床版(工法と接合構造)

床版更新工事を受注するために、大幅な工期短縮が可能となる施工方法(SDR工法)とともに、独自の施工省力化が可能な**床版継手構造**を開発。



自社でPC床版を製造するにあたり、JIS工場の認定が必要であり、初代工場長に

特許についての前段

開発成果の展開

石油掘削リグ・サンドイッチ構造→なし
混合桁接合部構造→生口橋、サンマリブリッジ、他数橋
FRPロッド(アラブリ、CFCCストランド)→各3程度
WBセグメント(数件)、QBセグメント(十数件)
GTセグメント(2)、DRGセグメント(2)、SBLセグメント(1)
LFアンカー → 8
MCファイヤーブレード → 1
バルチックPW-Jr. → 多数
合成土留め壁 → 1
複合トラス橋 → 3
プレート式定着 → 多数
CCb工法 → 多数
SDR工法 → 3(現在も増えている)

4.特許について

研究開発を進める中で、
常に(特に後半)特許出願を意識

目的:

- ・他社に容易にまねされないことでの優位性の確保
- ・実施料収入の獲得(会社としては純利益)
- ・アイデアが十分練られているかを確認できる

出願件数:	160件 (35年間で)
拒絶査定:	25件
未審査、取下げ、棄却:	20件
登録件数:	115件 (内権利維持 70件)
	7割 (6割)

「発明奨励賞」 社団法人 発明協会

2008年度

- ・鋼製ボックス構造を用いた複合トラス橋

2021年度

- ・セラミック定着体を用いたせん断補強方法



4.特許について

実施料対象技術

WB・QB・DRC他セグメント関係
複合トラス橋
耐火・剥落防止コンクリート関連
機械式定着
CCb工法

会社としての実施料収入は数億円
このほか技術提案などでの工事入手による利益

5.まとめ

得られた教訓

- ・いかなる技術でも専門家に任せにせず、自分で本質を理解しておく
- ・そのためにも、専門家に色々と教えてもらうことは重要
- ・製品の品質管理の手法を確立するのは大変
- ・各社の業態を理解する(適切な分担)
- ・価格の操作はできない
- ・原価を正確に把握することが重要
- ・開発は、先行しないと利益が出ない
- ・技術の差別化は難しい
- ・開発品を事業として継続させることは非常に難しい
- ・技術の普及には技術審査証明や基準・指針などが有効
- ・組織上の立場ではなく、本当に本人が主体として取り組んでいると判断されれば、色々な人がちゃんと相手をしてくれる

5.まとめ

提言

- ・私はアンテナを張り、そこで得られた情報から、ニーズを整理し、自分の経験で得られた情報・知見を組み合わせでアイデアを創出し、開発を計画・実施してきました。
- ・AIが発達した今日、これらのうちの前段である、情報に基づく開発計画や、下手するとアイデア創出も、AIに任せられるかもしれないと感じています。
- ・ただし、それを具体的に進めるのは、これから人間の主体的な意識、情熱だと思っています。
- ・自分がいたから、「これ」が世の中に存在した、社会のために役立った、と思えるような仕事ができれば良いのではないのでしょうか。

END

ありがとうございました。