

# コンクリート工の生産性 向上方策とその効果

国立研究開発法人土木研究所  
渡辺博志・古賀裕久

# 講演内容の概要

- 生産性向上の基本方針とコンクリート工の現状
- コンクリート工の生産性向上に向けた具体的な方策とその現場普及を目指して作成されたガイドラインの紹介
  - 2020年11月現在で7つのガイドライン公表
- その効果
- 今後の展望

# i-Construction

## ～建設業の生産性向上～ 背景

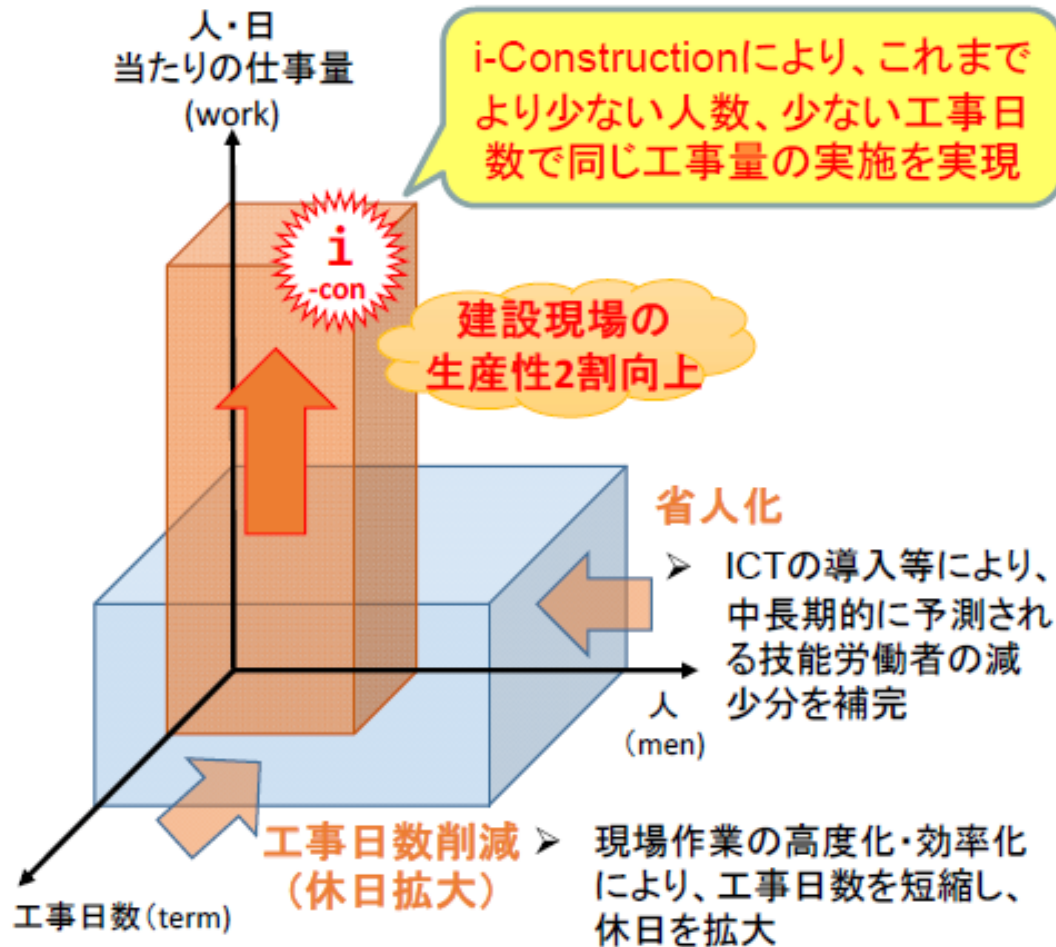
- 建設業は**社会資本の整備の担い手**であると同時に、**社会の安全・安心の確保**を担う、我が国の国土保全上**必要不可欠な「地域の守り手」**
- **人口減少や高齢化**が進む中であっても、これらの役割を果たすため、**建設業の賃金水準の向上**や**休日の拡大**等による働き方改革とともに、**生産性向上が必要不可欠**。
- 国土交通省では、**調査・測量から設計、施工、検査、維持管理・更新**までの全ての建設生産プロセスでICT等を活用する「**i-Construction**」を推進し、**建設現場の生産性を、2025年度までに2割向上**を目指す。

# i-Constructionの目標と構成

- 平成27年12月i-Construction委員会第1回委員会資料より
- 目指すところ
  - 一人一人の生産性を向上させ、企業の経営環境を改善
  - 建設現場に携わる人の賃金の水準の向上を図るなど、魅力ある建設現場へ
  - 建設現場での死亡事故ゼロに
  - 「きつい、危険、きたない」から「給与、休暇、希望」を目指して
- 構成要素
  - ICT技術の全面的な活用（土工）
  - 規格の標準化（コンクリート工）
  - 施工時期の平準化

# 生産性向上イメージ

国土交通省  
i-Construction資料より

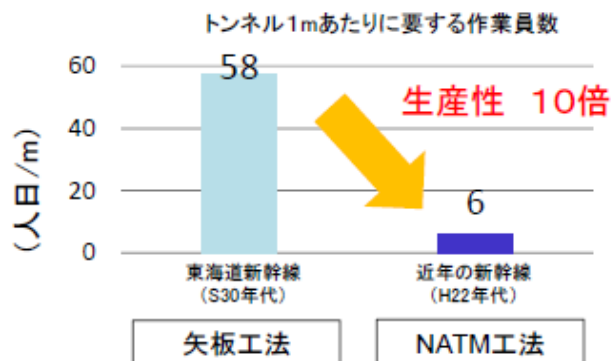


# 各工種の状況

## □ 生産性向上が遅れている土工等の建設現場

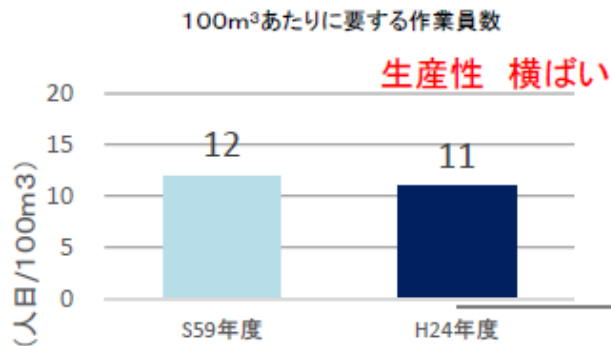
トンネルなどは、約50年間で生産性を最大10倍に向上。一方、土工やコンクリート工などは、改善の余地が残っている。(土工とコンクリート工で直轄工事の全技能労働者の約4割が占める)

### ■ トンネル工事



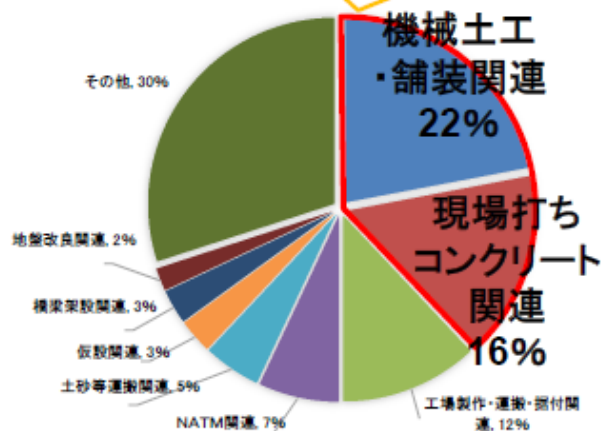
出典: 日本建設業連合会 建設イノベーション

### ■ コンクリート工



標準歩掛より算出

「機械土工・舗装関連」及び「現場打ちコンクリート関連」で全体の約40%



H24国土交通省発注工事实績

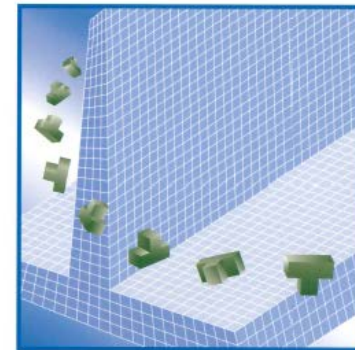
平成28年3月  
コンクリート  
生産性向上協議会  
第1回会議資料  
より

# コンクリート構造物の生産性向上を 目指した過去の指針

- 平成11年11月土木構造物設計ガイドライン
  - 建設省大臣官房と土木研究所
  - 資材価格の相対的低下と労務費の上昇
  - 労働者の高齢化，若年労働者不足
  - 熟練工／技能工の不足
  - 設計の標準化，施工の自動化
  - 材料ミニマムからの脱却

## 土木構造物設計ガイドライン 土木構造物設計マニュアル(案) [土工構造物・橋梁編]

土木構造物設計マニュアル(案)に係わる設計・施工の手引き(案)  
[ボックスカルバート・擁壁編]



監修 建設大臣官房技術調査室  
建設省土木研究所

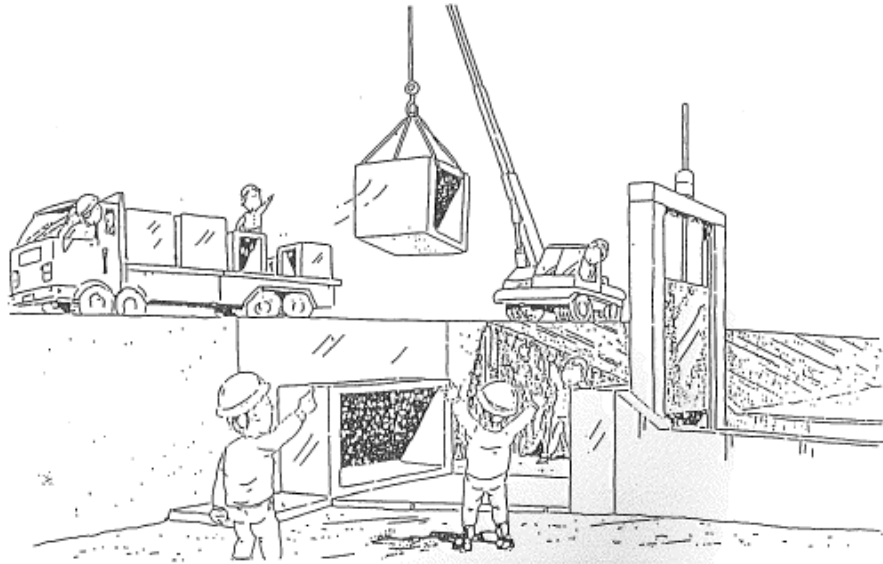
# 当時の土木構造物設計ガイドラインガイドラインに示された生産性向上策

- 構造物形状の単純化
  - たとえばフーチング上面テーパの廃止
  - 壁／柱形状の単純化
  - 主桁
- 使用材料主要部材の標準化，規格化
  - 柱寸法標準化
  - 形鋼使用種類数の制約
  - 配筋仕様の標準化
  - ユニット鉄筋
- プレキャスト化
  - 橋梁だけではなく擁壁／ボックスカルバートへ

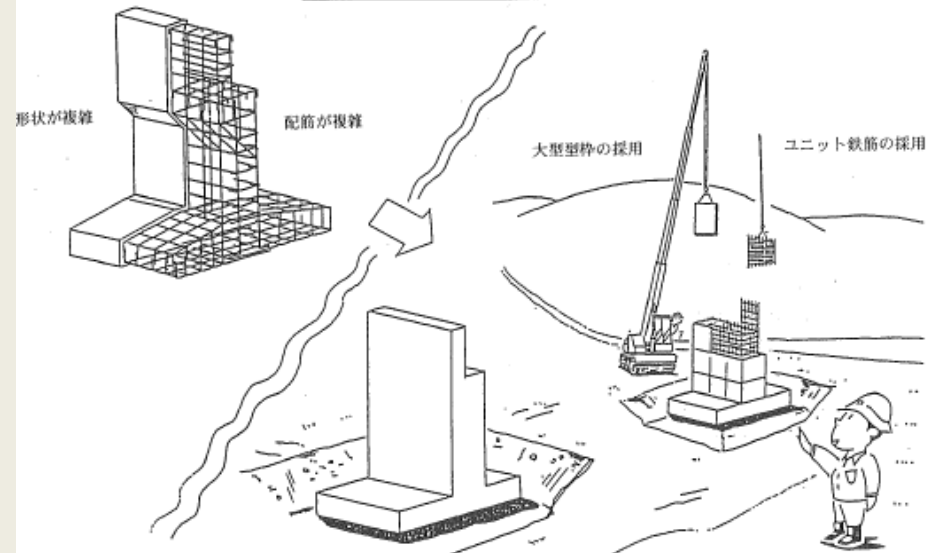


# イメージ例

構造物のプレキャスト化（樋門・樋管・大型排水路等）

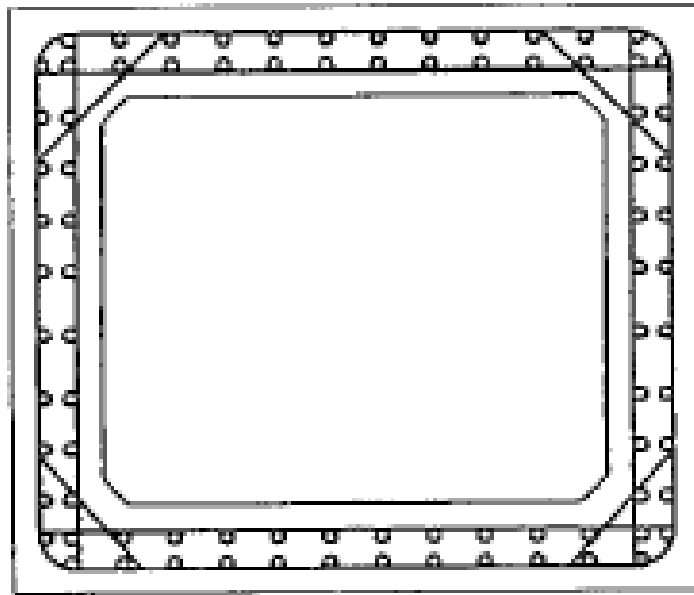


構造物形状の単純化（下部構造物）

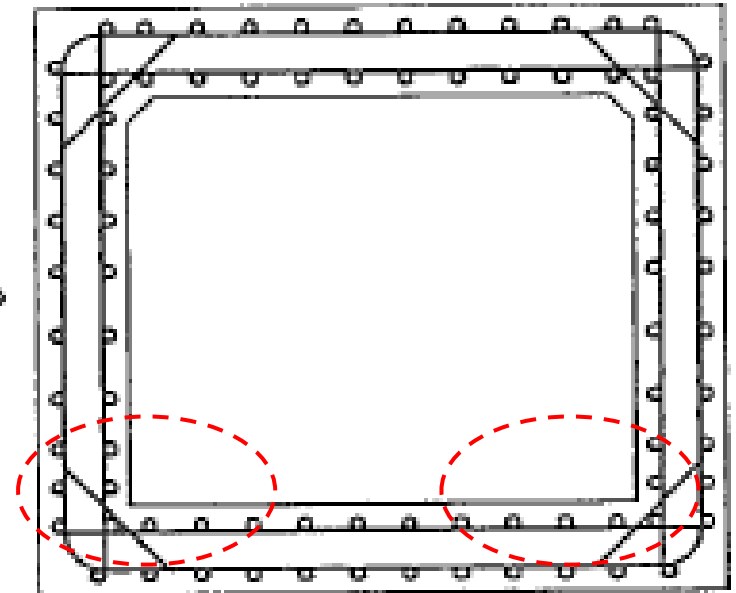


# ハンチ（下側の省略）

配力鉄筋は主鉄筋の内側



配力鉄筋は主鉄筋の外側



# その後のコンクリート分野の 技術的情勢の変化

- 耐震設計の高度化に伴い鉄筋量が増えた
- 塑性変形を考慮した設計を導入したことから、端部曲げ加工寸法変化（フック余長の増加）し、**鉄筋加工組み立て**が難しくなった。
- 高密度配筋によるコンクリートの打ち込み難度の高まり
- 化学混和剤の普及により単位水量とスランプの関係が希薄
- 現着コンクリートの単位水量の検査、非破壊微破壊試験によるコンクリートの検査、が定着
  - **スランプは施工性を考慮して、条件に応じた自由な設定が可能なはず**
- プレキャストコンクリート製品の製造技術、製品規格類の発展



**生産性改善に資する技術を対象として個別のガイドライン整備し現場普及を図る**

# 鉄筋の配置密度の高まり



鉄筋が輻輳している例

# 一例として 鉄筋加工組み立て技術進歩

- **機械式鉄筋定着**
  - 片側の端部、もしくは両側の端部に定着板を設け、確実にコンクリートに鉄筋を定着する手法
- **機械式鉄筋継手**
  - ねじ節
  - スリーブ
  - グラウトなどによる鉄筋継手
- **これらの新たな工法の性能評価と信頼性向上**
  - 建設技術審査証明制度
  - 土木学会による技術指針の策定

# 公表された各ガイドライン

- 2020年11月現在で7つのガイドライン
  - 総括的な考えを示した土木構造物設計ガイドライン 1つ
  - 各個別の技術について活用方法を示したガイドライン 6つ
- 7つのガイドラインの内訳は次のとおり
  - 土木構造物設計ガイドライン
  - 機械式鉄筋定着工法の配筋設計ガイドライン
  - 流動性を高めた現場打ちコンクリートに関するガイドライン
  - 現場打ちコンクリート構造物に適用する機械式鉄筋継手工法ガイドライン
  - プレキャストコンクリート構造物に適用する機械式鉄筋継手工法ガイドライン
  - コンクリート橋のプレキャスト化ガイドライン
  - コンクリート構造物における埋設型枠・プレハブ鉄筋に関するガイドライン

# 策定されたガイドライン（その1）

対象技術	策定年月	概要
1) 機械式鉄筋定着	H28.7	・ 機械式鉄筋定着工法を活用するうえでの、設計・施工上の技術的検討事項をまとめたもの。（性能検証、塑性ヒンジ）
2) 機械式鉄筋継手 （現場打ち用）	H29.3	・ 機械式継手工法を活用するうえでの、設計・施工上の技術的検討事項をまとめたもの。（性能検証、塑性ヒンジ）
3) 流動性を高めたコンクリート	H29.3	・ 構造物の状況に応じて柔軟にスランプを設定することにより打込み、締固めの生産性向上を図る。

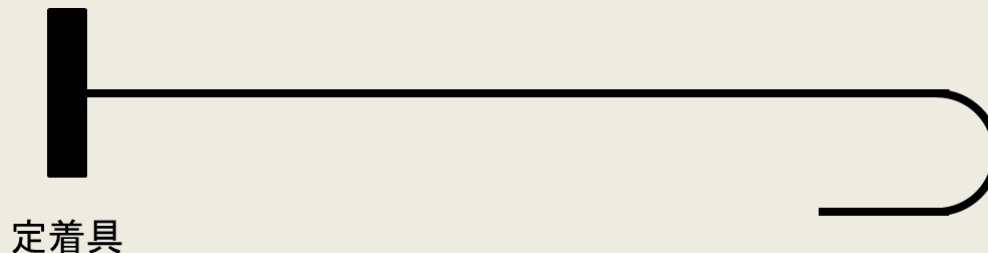
# ガイドライン策定状況（その2）

対象技術	策定年月	概要
4) 埋設型枠・プレハブ鉄筋	H30.6	<ul style="list-style-type: none"><li>・埋設型枠の特徴や種類、設計上の取り扱い</li><li>・プレハブ鉄筋の施工上の注意事項をまとめたもの</li></ul>
5) コンクリート橋のプレキャスト化	H30.6	<ul style="list-style-type: none"><li>・設計段階におけるプレキャスト化の検討のあり方</li><li>・</li></ul>
6) 機械式鉄筋継手（プレキャスト用）	H31.1	<ul style="list-style-type: none"><li>・プレキャスト製品の結合部に機械式継手を用いるうえでの、設計・施工上の技術的検討事項をまとめたもの。</li></ul>
7) 土木構造物設計ガイドライン	H31.3	土木構造物のライフサイクル全体および一連の事業区間全体の最適化を目指した設計の考え方をまとめたもの。フロントローディングの導入



# 機械式鉄筋定着工法

- **機械式定着**：支圧を主体とした機構によって鉄筋をコンクリートに定着する方法
- **定着具**：機械式定着において、鉄筋に作用する引張力をコンクリートに伝達するために鉄筋端部に設けられる板、またはこぶ状のもの
- **定着体**：定着される鉄筋端部（定着具やフック含む）と、その周囲の定着性能に寄与するコンクリート



片側に定着具を設けた例

# 定着具の例

- **ねじふし嵌合定着具**：ねじふし鉄筋に定着金物を嵌合し有機グラウトや無機グラウトを充填した定着具
- **摩擦圧接接合定着具**：異形鉄筋と定着板、または定着板取付用ねじを摩擦圧接接合により接合した定着具
- **フラッシュ溶接定着具**：異形鉄筋と定着板をフラッシュ溶接により一体化した定着具
- **鉄筋端部拡径定着具**：異形鉄筋端部を熱間加工などにより拡径して形成した定着具

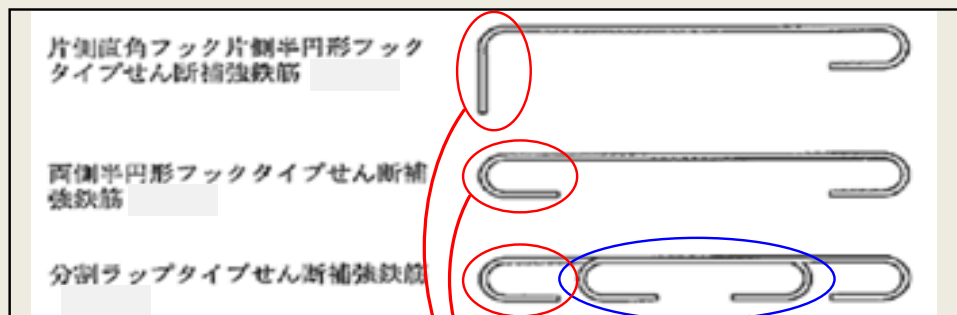
# コンクリート工の生産性向上の視点

## ■ 現場打ち施工

### ■ 鉄筋加工組立て

- 端部曲げ加工（フック）を施した鉄筋の組立て困難
- 特に耐震設計上、塑性ヒンジをもうける区間ではフック端部の寸法が異なる
- 中間帯鉄筋で、どうしても組立てできない場合は重ね継手

従来の方法で配置されるせん断補強鉄筋

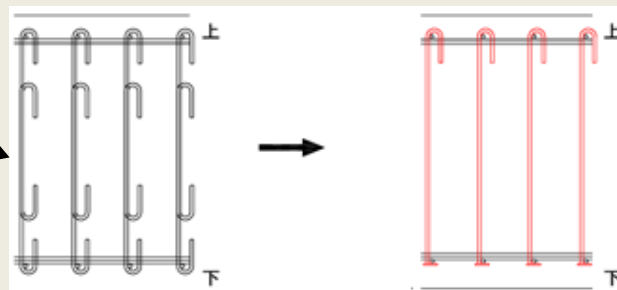


半円形フック部分をそのまま  
機械式定着に変更する

定着体を使用したせん断補強鉄筋

分割ラップは  
1本ものに変更

重ね継手



両端半円形フック

機械式鉄筋定着工法  
(下側が定着体)

# 機械式鉄筋定着工法の経緯

- 鉄筋端部フックによる定着は、既に土木学会から1931年に示方書にて規定化
- 1967年の土木学会標準示方書では、機械式定着体による定着も条文に記述された
  - ただし性能検証方法は明示されていなかった。
  - 道路橋示方書においても同様の状況であった。
- 2007年に土木学会から指針。試験方法が提示された。
- 建設技術審査証明制度の定着、審査証明を受けた工法複数。

# 機械式鉄筋定着工法の適用にあたっての 検討事項

- 適用対象となる鉄筋の機能について明確にしたうえで、工法および適用部位の判断。
  - せん断補強鉄筋 ⇒ 強度に対する要求
  - 横拘束筋 ⇒ せん断強度に加え、じん性確保に対する要求も
- 有効に機能するように配置計画を立てるとともに、確実な定着効果が得られるように施工管理
  - 柱や壁部材で軸方向鉄筋を断面周長方向に囲むせん断補強鉄筋に対しては、機械式鉄筋定着工法を使用しない
  - 定着板付近にコンクリートが確実に充填されるように、施工を行う
- 原則として建設技術審査証明により性能が確認されているものから選定

# 機械式鉄筋定着工法の適用にあたっての 検討事項

- 適用対象となる鉄筋の機能について明確にしたうえで、工法および適用部位の判断。
  - せん断補強鉄筋 ⇒ 強度に対する要求が主
  - 横拘束筋 ⇒ 強度に加え、じん性確保に対する要求も
- 有効に機能するように配置計画を立てるとともに、確実な定着効果が得られるように施工管理
  - 柱や壁部材で軸方向鉄筋を断面周長方向に囲むせん断補強鉄筋に対しては、機械式鉄筋定着工法を使用しない
  - 定着板付近にコンクリートが確実に充填されるように、施工を行う
- 原則として建設技術審査証明により性能が確認されているものから選定

# 主な鉄筋継手工法の種類

## ■ 重ね継手

- 鉄筋と鉄筋を重ねる。鉄筋周りのコンクリートにより力の伝達
- 昔から存在する方法
- 鉄筋径が太いと、重ね継手長もそれに応じて長くなる。
- 鉄筋の軸線がずれる

## ■ ガス圧接継手

- ガス圧接により鉄筋をつなぐ
- 鉄筋種類により圧接の難易度変化する
- 火器を使うため天候や風による品質変化の可能性

## ■ 溶接継手

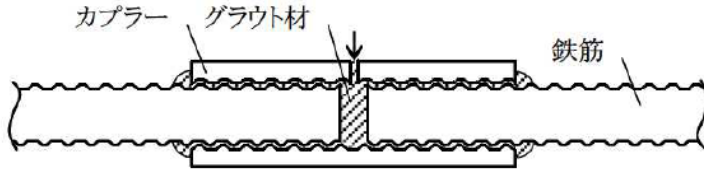
- 溶接により鉄筋をつなぐ
- 当金によって溶接部の目視検査困難

## ■ 機械式鉄筋継手

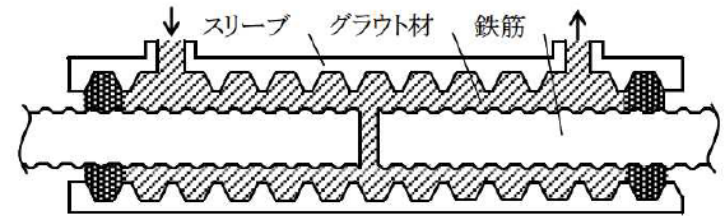
- 多種多様の継手タイプがあり、それぞれの特徴をよく理解する必要

# 機械式鉄筋継手工法

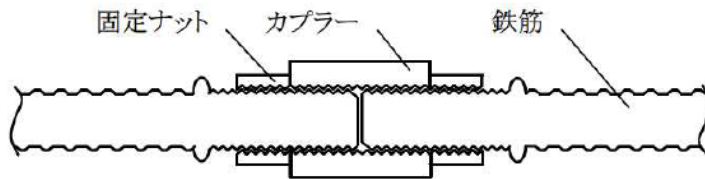
## ■ 機械式継手工法の例



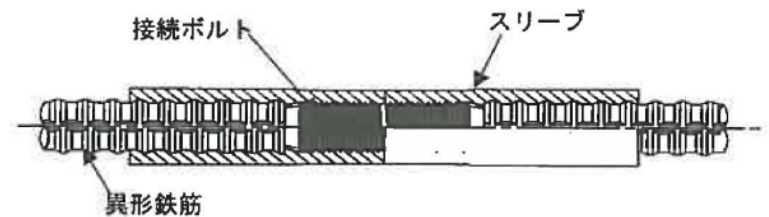
ねじふし鉄筋継手(グラウト固定方式)



モルタル充てん継手



摩擦圧接ネジ継手



スリーブ圧着ネジ継手



# 機械式鉄筋継手工法の特徴と分類

- 重ね継手と異なり、鉄筋の軸線のずれが発生しない。
- 火器を使わないので、継手の品質が天候や風に左右されにくい。
- カプラーの施工などが短時間で可能となる。
- 機械式鉄筋継手には性質に応じた等級が定められている。

等級	強度	剛性	伸び性能
S A級	○	○	○
A級	○	○	—
B級	○	—	—
C級	—	—	—

○：母材鉄筋に相当、 —：母材鉄筋より劣る

# 機械式鉄筋継手工法の選定時の 主な留意事項

- 適用箇所の荷重状態に適合した継手等級の選定
  - 例えば、塑性ヒンジ区間か、そうでない区間なのか
- 公的な機関で性能の認証を受けた工法を原則とする
  - 例えば、土木研究センターなど
- 原則として一断面に集中させない
  - やむを得ない場合は、準拠する設計基準に従って妥当性の判断を
- 継手（スリーブなど）の外径や長さなど
  - かぶりやあきが確保できるように

# 流動性を高めたコンクリート／背景

- 従来より、一般的な土木用鉄筋コンクリート構造物のスラブは8cmを標準設定
  - ダム、舗装、トンネル覆工コンクリート等特殊な事例は別途設定。
- 鉄筋が次第に高密度化
- 化学混和剤の発達により単位水量を増加させることなくスラブの調整が可能に
- スラブを大きくすると品質への悪影響の心配。一方で、現着生コンの単位水量検査や、非破壊・微破壊試験によるコンクリート品質検査の普及により、品質に対する信頼性向上。

# 流動性を高めたコンクリート ガイドラインの目的と概要

- コンクリート構造物の品質を確保した上で、現場打ちコンクリートの生産性向上を図る。
  - 品質確保上重要なのは、**分離しない均質なコンクリート**とすること
- そのために、流動性の合理的な選定（判定）方法と留意事項をガイドライン中に提示
- 適用対象は、一般的な鉄筋コンクリート構造物及びプレストレストコンクリート構造物

# コンクリートの流動性の選定と判断(1)

- コンクリートの流動性はスランプ（スランプフロー）を指標とし、打込みの最小スランプを考慮して施工者が適切に選定
  - 目標スランプを12cm とすると、ほとんどの現場において、必要な施工性能を確保できる。（標準値）
  - 施工条件から、コンクリートに特別な流動性能が必要と判断された場合は高流動コンクリートも採用できる。
- スランプ 12 cm の場合は配合計画確認




表-解 3-1 配合計画書による確認事項

粗骨材の最大寸法	確認項目	基準値
20～25mm	単位水量	175kg/m <sup>3</sup> 以下（推奨値）
	単位セメント量	270kg/m <sup>3</sup> 以上（推奨値）
	水セメント比	55%以下
40mm	単位水量	165kg/m <sup>3</sup> 以下（推奨値）
	単位セメント量	250kg/m <sup>3</sup> 以上（推奨値）
	水セメント比	55%以下

# コンクリートの流動性の選定と判断(2)

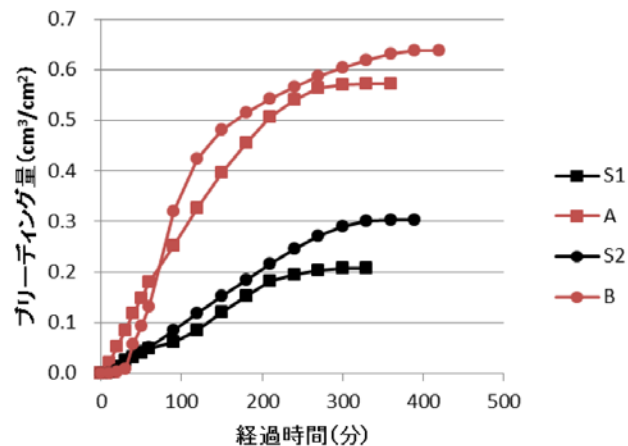
- スランプ 12 cm を超える場合は試し練りで分離抵抗性確認
  - 目視観察およびブリーディング（簡易ブリーディング）試験

参考表 3-1 スランプ試験時の試料の観察による分類

分類	通常	全くずれ	片くずれ
くずれ方の特徴	<ul style="list-style-type: none"> <li>・試料がスランプコーン中での形状（円錐台）を概ね維持しながら下方または横方向に変形し、くずれは生じない。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・試料が下方にくずれながら変形する。スランプコーン中での形状が維持されず、山状になる。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・試料が下方に変形すると同時に、その一部が外側に割れるようにくずれる。くずれない箇所が、スランプコーン中での形状を維持することもある。</li> </ul>
事例		 ※試料上面に平面が見られない。	 ※試料の一部が外側に割れるようにくずれた。
材料分離抵抗性の評価	良	可	不可

# コンクリートの流動性の選定と判断(3)

- ブリーディング試験（簡易ブリーディング試験）
  - フレッシュコンクリートから分離するブリーディング水量を指標
  - ブリーディング試験はJIS規格が定められている（JIS A 1123）
  - JIS規格の試験は試験時間が長いので簡易ブリーディング試験を提案
  - ブリーディング量が $0.35\text{cm}^3/\text{cm}^2$ 以下、もしくは簡易ブリーディング試験による30分後の簡易ブリーディング量が $0.28\text{cm}^3/\text{cm}^2$ 以下



参考 図・解 3-2 JIS A 1123 によるブリーディング試験結果の例

# 埋設型枠・プレハブ鉄筋 ガイドラインの概要(1)

## ■ 埋設型枠の長所

- コンクリート打込み後の型枠脱型が省略可能
- 足場の省略可能性による安全性の向上
- 工場製作による埋設型枠表面のデザイン自由度、高品質化による耐久性向上、美観の向上

## ■ 埋設型枠の設計上の取り扱い

- 非構造部材 or 構造部材
  - 埋設型枠部分も構造部材として考慮して構造計算するかどうか

## ■ 埋設型枠使用上の注意

- 経年劣化等による落下・剥離、分離が生じないようにする。
- 施工時に発生する荷重に対する安全性
- 美観や意匠性の考慮



# 埋設型枠・プレハブ鉄筋 ガイドラインの概要(2)

## ■ プレハブ鉄筋の長所

- 現場作業の短縮
- 鉄筋組立作業と他の作業並行実施が可能
- 工場内での鉄筋組立作業となるので安全性向上

## ■ プレハブ鉄筋使用上の注意

- プレハブ鉄筋接合部の鉄筋継手の性能確認（継手個所の集中？）
- プレハブ鉄筋組立後の形状保持、倒壊防止
- プレハブ鉄筋の型枠内への正確な据え付け

3) 現場製作（橋梁上部工）



写真・解 3.4.3 プレキャストセグメントへの適用事例

# コンクリート橋のプレキャスト化 ガイドラインの概要

- 予備設計段階での橋梁形式選定にあたり、一部もしくは全部をプレキャスト化するか、場所打ちとするか、比較検討を行うことを目的に、技術的特性や留意事項をまとめたもの
  - プレキャスト導入による省力化、工期短縮
  - 予備設計段階から、プレキャスト化に付帯する設計施工、維持管理上の理解が必要
- 対象構造物
  - 道路橋示方書に従って設計・施工されるコンクリート橋のうち、上部構造の一部または全部にプレキャスト部材を用いた橋梁
- プレキャスト部材の製造
  - 工場、もしくは現地の製作ヤード

# コンクリート橋のプレキャスト化 比較検討時の留意事項

- 構造特性、施工性、経済性、維持管理性等を総合的に判断
- 事業全体としても、合理的な選定となるように比較
- 経済性の検討では、積上げ可能な間接工事費の考慮
- 技能労働者の確保の影響
- プレキャスト採用時には架設時の荷重状態や安全管理
- 現場での騒音や振動など環境や景観への配慮

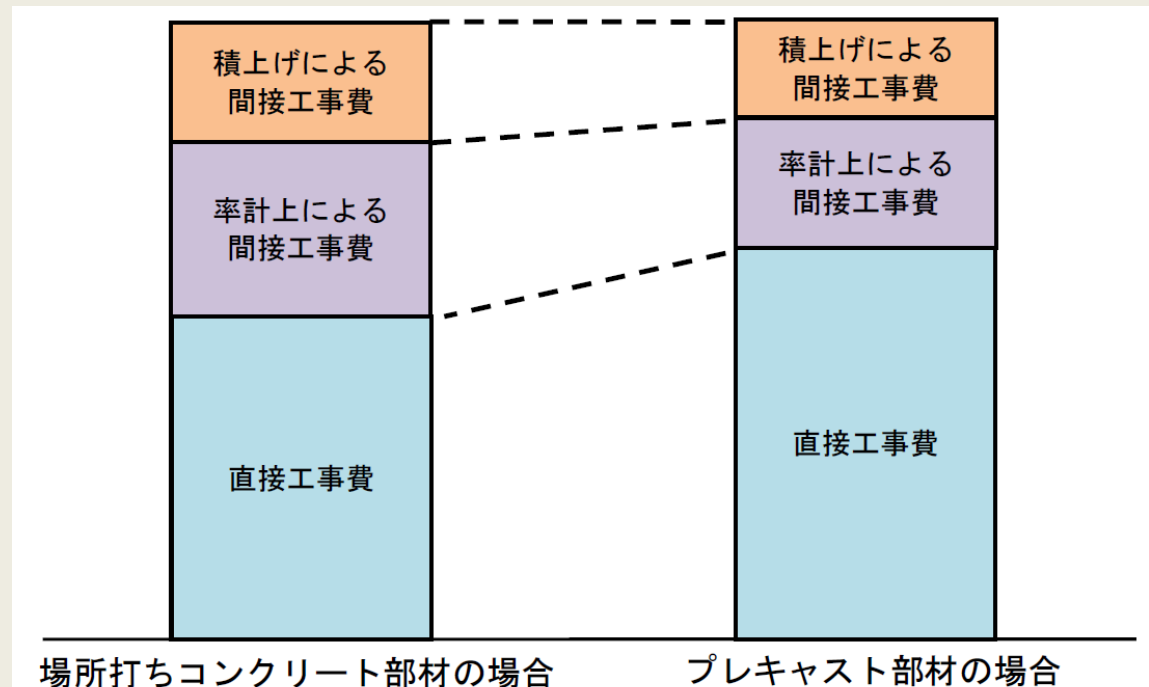
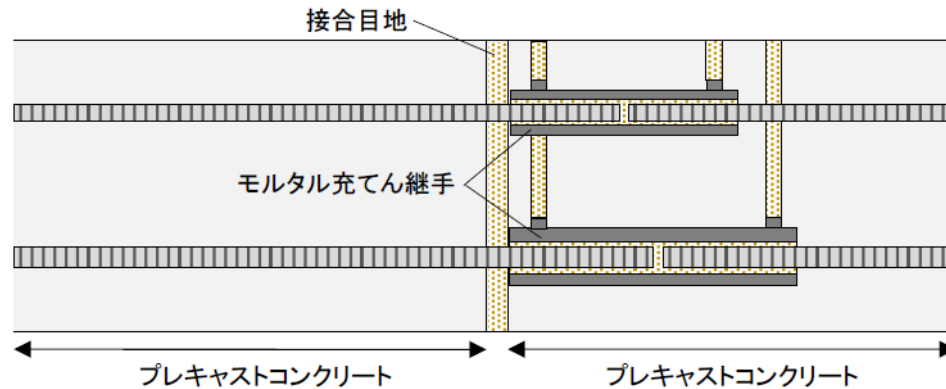


図-解 2.2.2 積上げによる間接工事費を考慮した比較の概念図

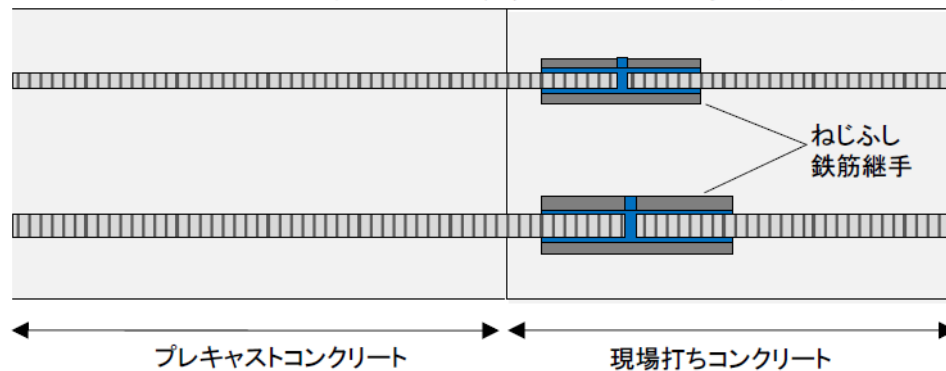
# プレキャストコンクリート構造物 に適用する機械式鉄筋継手ガイドライン

- **機械式継手工法について現場打ち部材とプレキャスト部材で区別した理由**
  - **プレキャスト部材の接合の場合，一般的な現場打ち構造物で実施しているように，機械式鉄筋継手が集中しないように位置をずらすことは必ずしも容易ではない**
  - **機械式鉄筋継手の位置をずらした場合，プレキャスト部材から露出する鉄筋が運搬時の障害になったり，施工性が悪くなったりすることが考えられるため，生産性向上の観点からは鉄筋継手を同一断面に配置することが望ましい**

# プレキャストコンクリート構造物 の機械式鉄筋継手部



a) プレキャスト部材同士の接合の例



b) プレキャスト部材と現場打ちコンクリートの接合の例

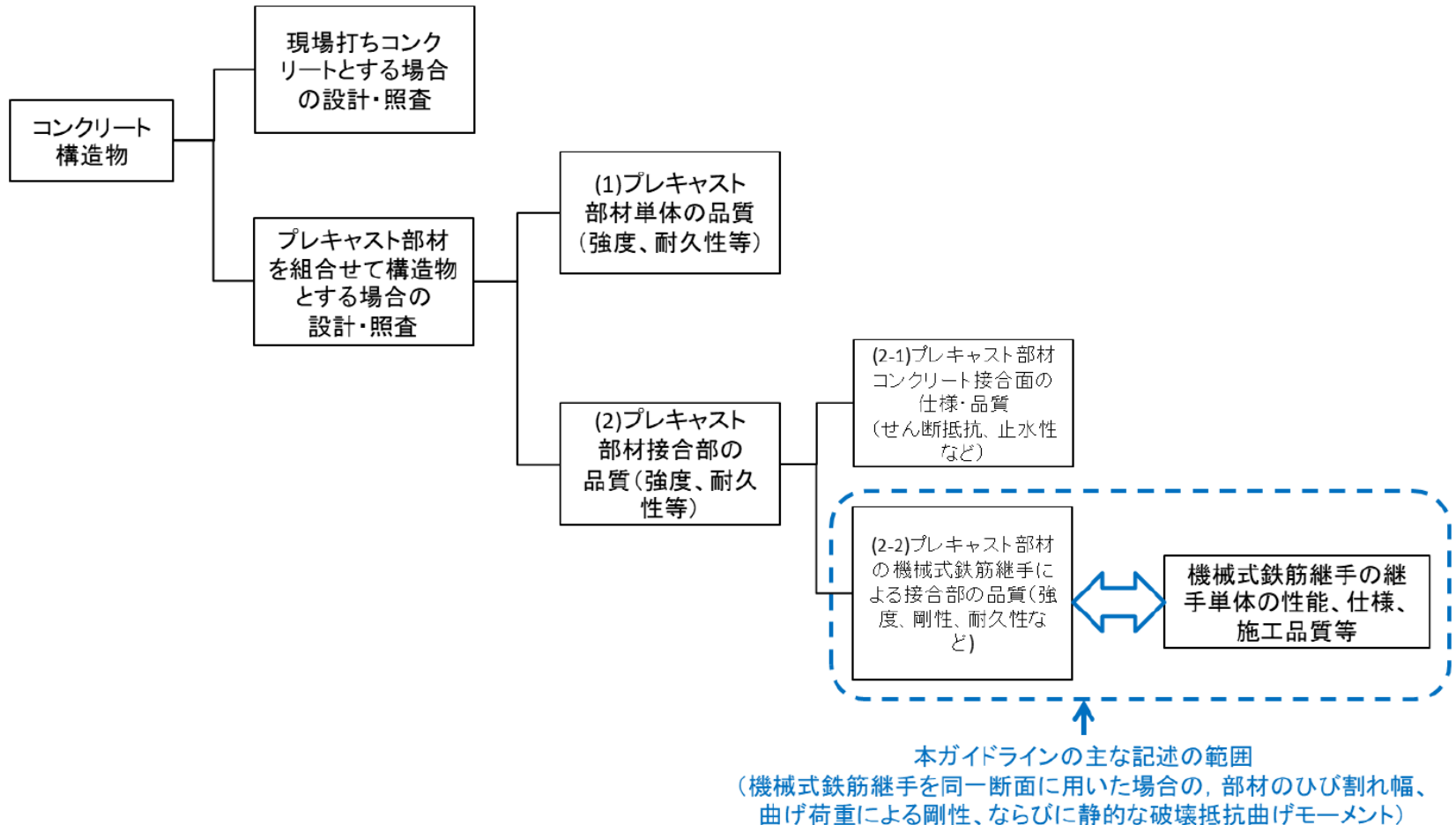
図-解-1-1 機械式鉄筋継手工法を用いたプレキャスト部材の接合の例

# プレキャストコンクリート構造物 に適用する機械式鉄筋継手ガイドライン

## ■ ガイドラインの位置づけ

- 同一断面に鉄筋継手を配置してプレキャスト部材を接合した構造部材について、鉄筋継手がなく単一の鉄筋を一体的に配置して構築された部材と同等の静的曲げ強度、曲げ剛性の確保、およびひび割れ幅制御を通じた耐久性の確保ができるように、機械式鉄筋継手の設計、施工及び検査に関する留意事項を示した参考図書的位置づけ
- 当該構造物の設計や施工において適用される技術基準、関連する部材・接合等の要求性能等を満足することを確認しなければならない

# プレキャストコンクリート構造物 に適用する機械式鉄筋継手ガイドライン



## ガイドラインの記述の範囲

# プレキャストコンクリート構造物 に適用する機械式鉄筋継手適用条件

## ■ 適用を想定する接合部の条件

- 部材断面内にある鉄筋継手であること
- 塑性ヒンジ区間内でないこと
- 疲労の影響を受けないこと
- ヒンジになり得るように設計された区間内でないこと

## ■ 適用を想定する継手単体の品質

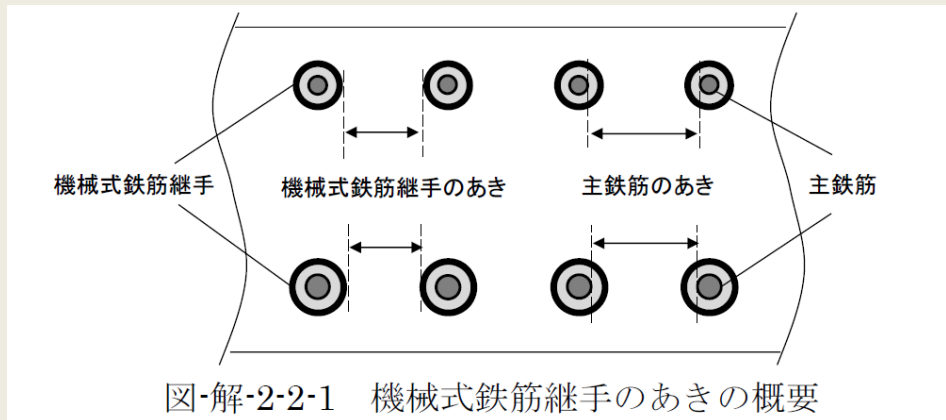
- 設計、施工、検査が適切に実施可能なもの
- SA級もしくはA級で、弾性域正負繰り返し試験時のすべりが0.15mm未満の継手



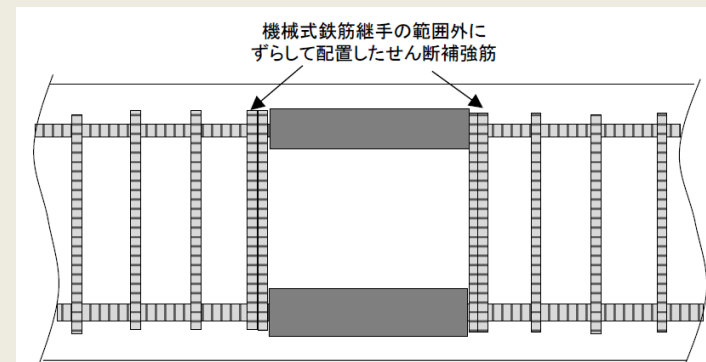
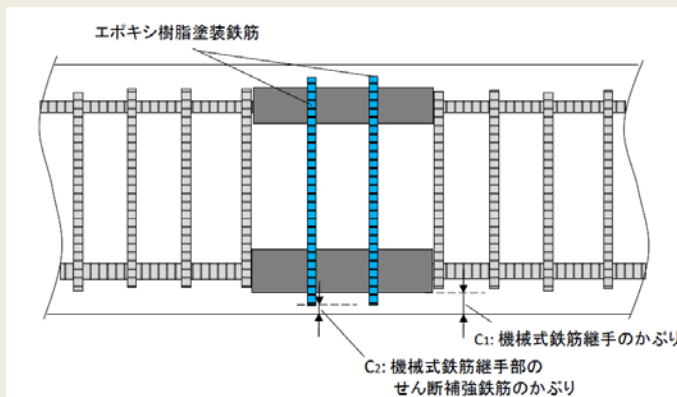
# プレキャストコンクリート構造物 に適用する機械式鉄筋継手の構造細目

## ■ 機械式鉄筋継手のあき

- 接合される主鉄筋の直径の1.5倍以上



## ■ 継手部のかぶり

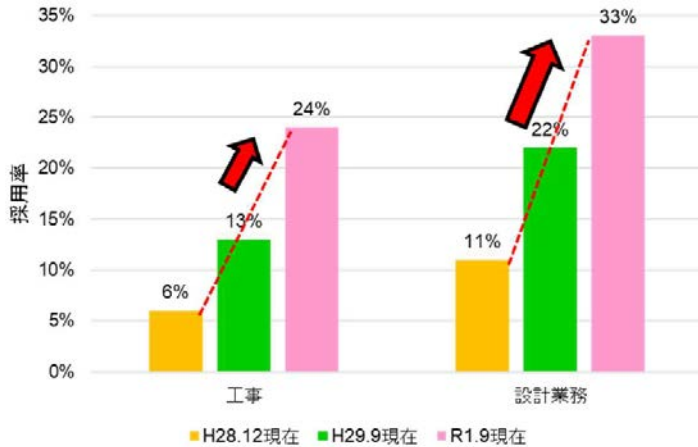


# フォローアップ調査結果

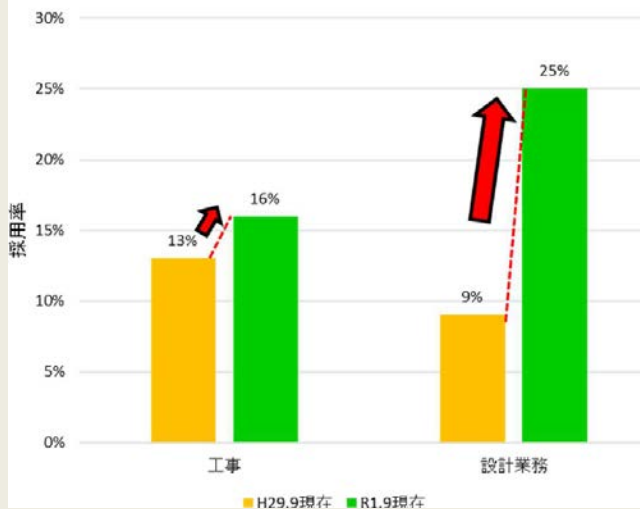
- 国交省コンクリート生産性向上協議会で報告されたもの
  - 機械式鉄筋定着工法の配筋設計ガイドライン
  - 現場打ちコンクリート構造物に適用する機械式鉄筋継手工法ガイドライン
  - 流動性を高めた現場打ちコンクリートの活用に関するガイドライン
  - いずれも、平成29年10月から令和元年9月までを対象
  - 令和2年7月開催の第9回コンクリート生産性向上協議会にて公表

# フォローアップ調査結果（採用状況）

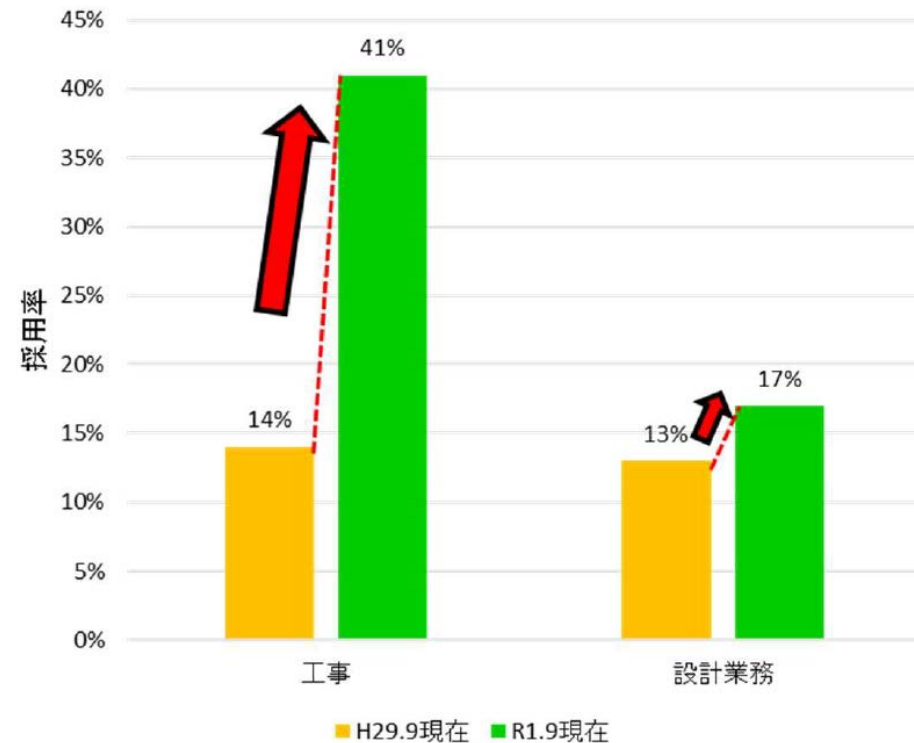
機械式鉄筋定着工法の採用率



機械式鉄筋継手工法の採用率



流動性を高めたコンクリートの採用率



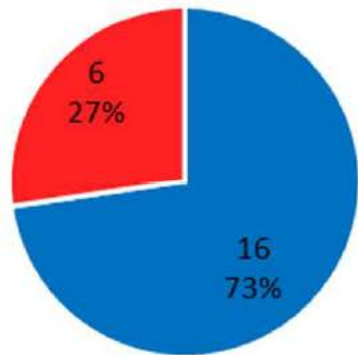
第9回コンクリート生産性向上協議会資料より抜粋

# 機械式鉄筋定着工法の配筋設計ガイドライン

## ■ 高評価の主なコメント

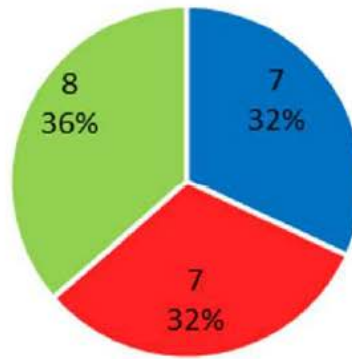
- 過密配筋の解消と締固め作業の施工性向上
- 鉄筋組立の最終段階でも配置可能。熟練工でなくても対応可
- 足場作業がなくなり、安全性向上、施工費低減
- 全体工程が短縮、施工性向上

工程短縮効果  
0  
0%



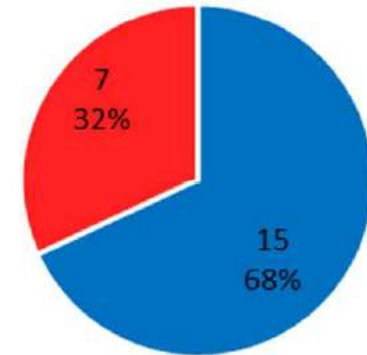
■ 短縮 ■ 増減なし ■ 延伸

コスト縮減効果



■ 縮減 ■ 変化無し ■ 増加

人員削減効果  
0  
0%

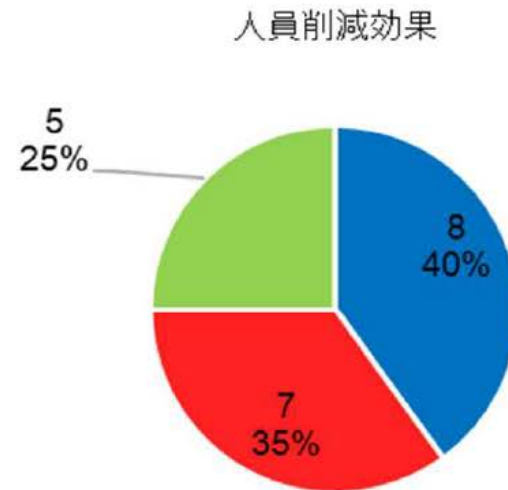
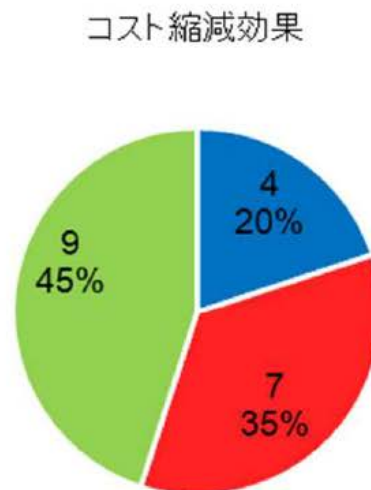
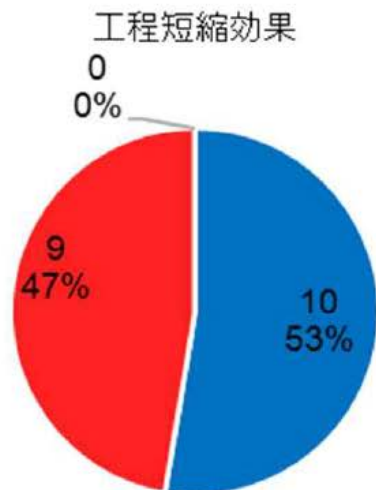


■ 削減 ■ 変化無し ■ 増加

# 現場打ちコンクリート構造物に適用する 機械式鉄筋継手工法ガイドライン

## ■ 高評価の主なコメント

- 講習を受講すればだれでも均一な品質で施工可能
- 圧接作業者が不足している状況で有効。鉄筋工の工期短縮実現
- 作業者の技能によらず品質確保。天候に左右されない。
- 火気を使用しないため安全性高い



■ 短縮 ■ 増減なし ■ 延伸

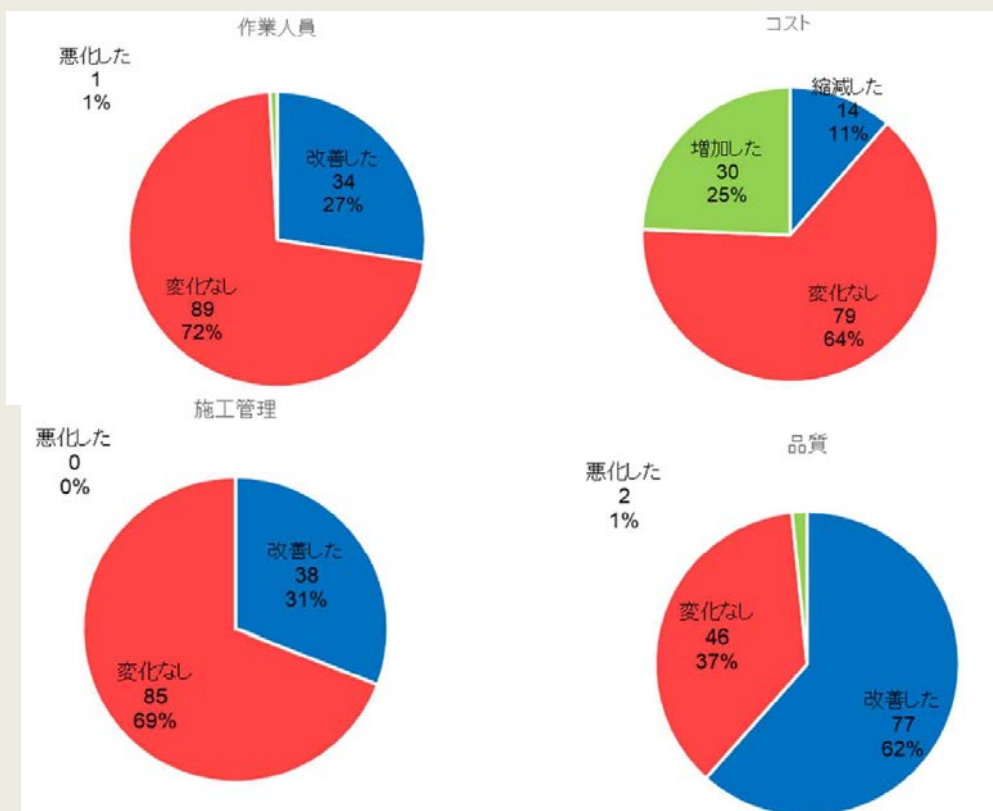
■ 縮減 ■ 変化無し ■ 増加

■ 削減 ■ 変化無し ■ 増加

# 流動性を高めたコンクリート ガイドライン

## ■ 高評価の主なコメント

- 作業性が向上し、少ない人数で施工可能となった。
- 充填性が向上し品質向上につながった。



第9回コンクリート生産性向上  
協議会資料より抜粋

# 今後の展望（技術開発の側面）

- **プレキャストコンクリートの有効活用**
  - 接合部の性能確認方法の確立
  - 硬化してから出荷できるメリット
    - ⇒コンクリートの性能評価方法の抜本的な改革
  - 再生材料の有効利用
- **DX活用による品質管理や検査の技術革新**
  - 品質管理データの遠隔取得、点群データの活用
  - 現場映像を活用したプロセス管理
  - 品質管理データのクラウド化、情報共有、サプライチェーン
  - 3Dプリンターの活用
    - プレキャスト製品
    - 仮組、模型による取り合いの確認