

バイプレッシング工法[®]

《桁高制限にこたえるPC橋》



バイプレッシング工法協会

低 桁高

桁自重 減少

都市の明日を考え、環境と調和するバイプレストレス

支間 増大

少 桁本数

はじめに

1985年に国内初のバイプレッシング工法を採用した橋梁が建設されて以来、2018年4月1日までに747橋の実績を有しています。

バイプレ工法は、独自開発したポストコンプレッション工法定着システムを適用した世界に誇れる国産PC応用技術です。

プレストレストコンクリート技術に優れた建設会社を中心に構成されたバイプレッシング工法協会では、バイプレ工法の普及活動を行っており、今日では桁高制限桁の代名詞となっております。当協会では、主桁のセグメント化や連結桁化などの時代の要請に応じた技術開発を継続して行なうと同時に、圧縮PC鋼材のプレグラウト化によって耐久性向上を図り、技術の研鑽に努めております。

近年の橋梁構造物には多種多様な性能が要求されていますが、桁高制限という最も過酷な要求性能を満たすことが可能なバイプレ工法を通じて、高品質で耐久性に優れた構造物を提供することにより、社会貢献に寄与するものと確信しております。

CONTENTS

バイプレ方式の原理	P3
バイプレ方式の特長	P5
設計例	P7
施工手順	P9
応用技術①プレキャストセグメント工法	P11
②バイプレ方式連結桁	P12
新技術①桁端部押込み方式定着システム	P13
②プレグラウト方式圧縮PC鋼棒	P14
施工例	P15
プレキャスト桁の標準断面	P25

グ工法。

バイプレ方式の原理

バイプレッシング方式 (Bi-Prestressing System) とは、“2つの”を意味する接頭辞 Bi と Prestressing System の合成語です。従来のポストテンション方式 (あるいはプレテンション方式) とコンクリート中の PC 鋼材を圧縮・定着して、コンクリートに引張プレストレスを与えるポストコンプレッション方式を組み合わせたプレストレス方式という意味です。略してバイプレ方式と呼んでいます。

バイプレ方式の原理を PC 単純桁に例をとって説明すると次のようになります。

桁自重

①は桁自重による曲げ応力です。実際には、この段階では桁は下から底枠で支えられていますのでほぼ無応力状態ですが、プレストレスの導入により桁が上向きになった状態でこのような曲げ応力が発生します。

ポストテンション

②はポストテンション方式によって与えられるプレストレス応力図です。設計荷重作用時に桁下縁に生ずる荷重による曲げ引張応力を打ち消すために、PC 鋼材を断面図心より下側に配置し、主として下縁に圧縮プレストレスを与えます。

圧縮プレストレスの導入と同時に桁自重による曲げ応力は合成され、桁の応力分布は⑤のようになります。ここで⑤はプレストレス導入直後のコンクリートの曲げ応力に対する許容値を満足しなければなりません。

ポストコンプレッション

③はポストコンプレッション方式によって与えられるプレストレス応力図です。設計荷重作用時に桁上縁に生ずる荷重による曲げ圧縮応力のうち、コンクリートの許容曲げ圧縮応力を越える曲げ圧縮応力を打ち消すために、PC 鋼材を断面図心より上側に配置し、主として上縁に引張プレストレスを与えます。

⑤の合成応力にさらに③のプレストレスが加わり桁の応力分布は⑥のようになります。ここで⑥は⑤と同様にプレストレス導入直後のコンクリートの曲げ応力に対する許容値を満足しなければなりません。

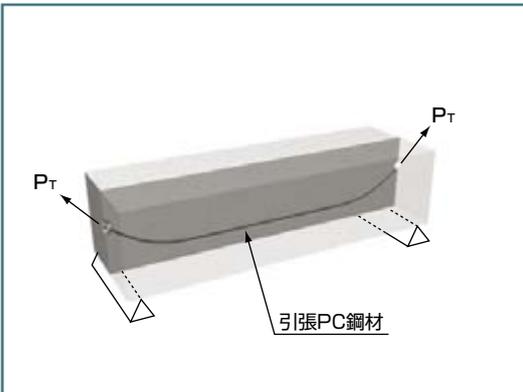
橋面荷重、活荷重等

④は PC 桁架設後に載荷される橋面荷重、活荷重等による曲げ応力です。設計荷重作用時には②および③のプレストレスは、コンクリートのクリープ・乾燥収縮などにより減少または増加します。これを②' および③' とすると設計荷重作用時における合成応力の分布は⑦のようになります。⑦は設計荷重作用時のコンクリートの曲げ応力に対する許容値を満足しなければなりません。

コンクリート断面の応力状態〔(+)：圧縮 (-)：引張〕



①桁自重による
曲げ応力



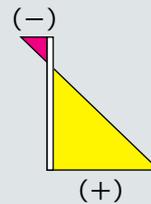
軸応力



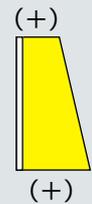
曲げ応力



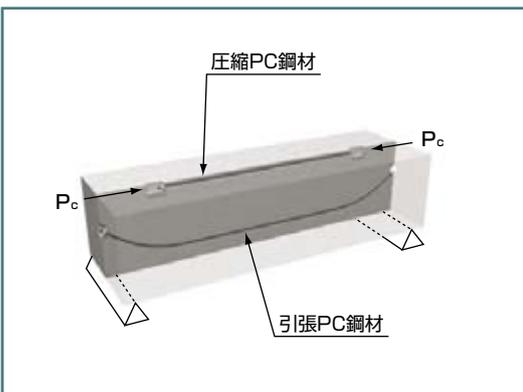
②ポストテンション
によるプレストレス



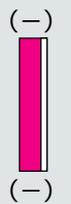
⑤合成応力
(①+②)



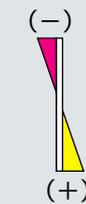
$$\sigma_{cat}' \leq ⑤ \leq \sigma_{cat}$$



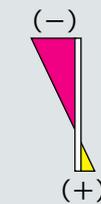
軸応力



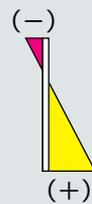
曲げ応力



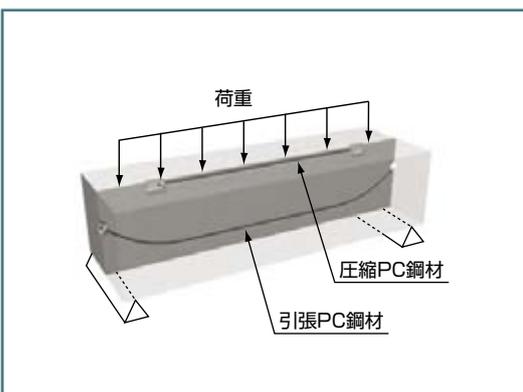
③ポストコンプレッション
によるプレストレス



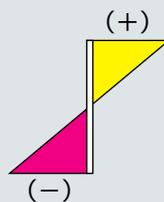
⑥合成応力
(⑤+③)



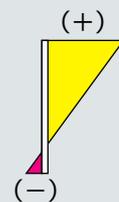
$$\sigma_{cat}' \leq ⑥ \leq \sigma_{cat}$$



④橋面活荷重等
による曲げ応力



⑦合成応力
(①+②'+③'+④)



$$\sigma_{ca}' \leq ⑦ \leq \sigma_{ca}$$

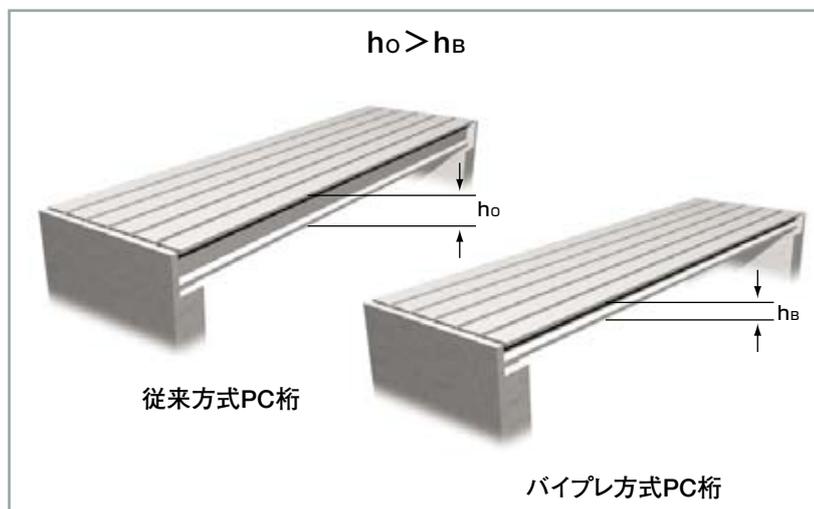
注)
②'③'は設計荷重
作用時でのそれ
ぞれのプレステ
スを示す。

バイプレ方式の特長

バイプレ方式によるPC桁は従来のポストテンション方式あるいはプレテンション方式のみによるPC桁に比べ次のような特長があります。

桁高を低くすることができる

道路橋の場合、バイプレ方式単純桁の桁高／支間比は、1/32程度であり、桁高を非常に低くすることができます。



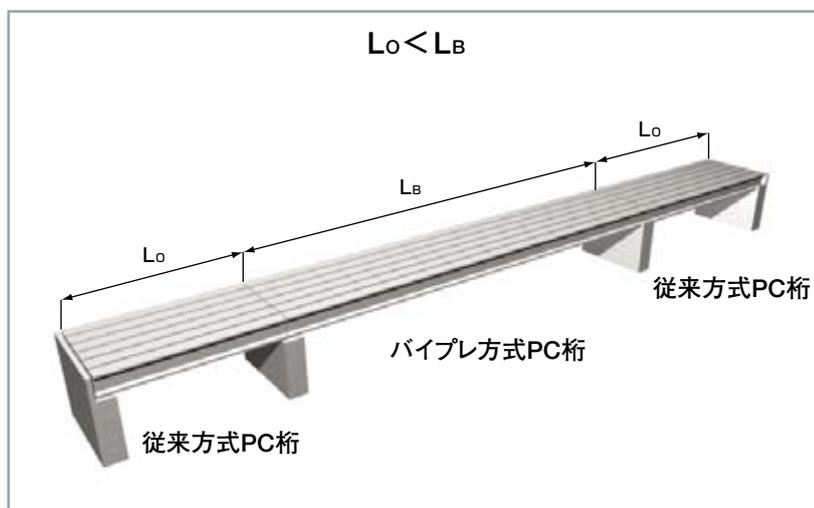
桁重量を減少させることができる

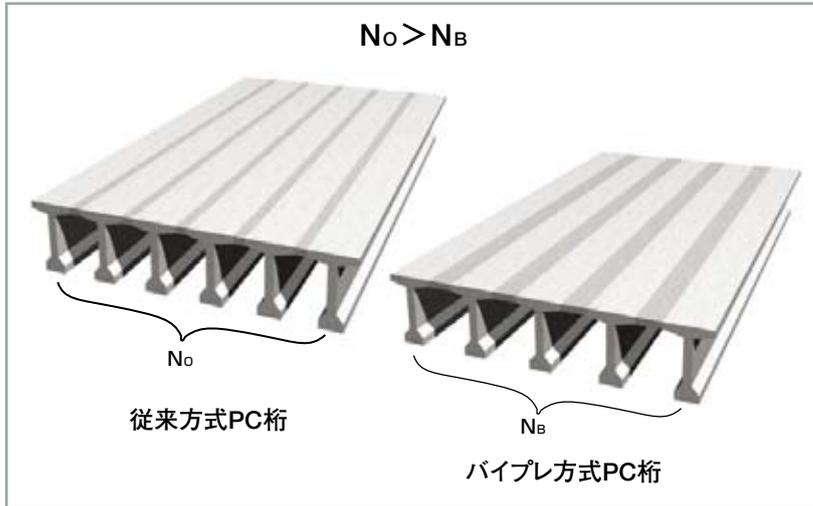
プレキャスト桁では、1本当りの重量を減少させることができ、より安全に架設することができます。



支間を増大することができる

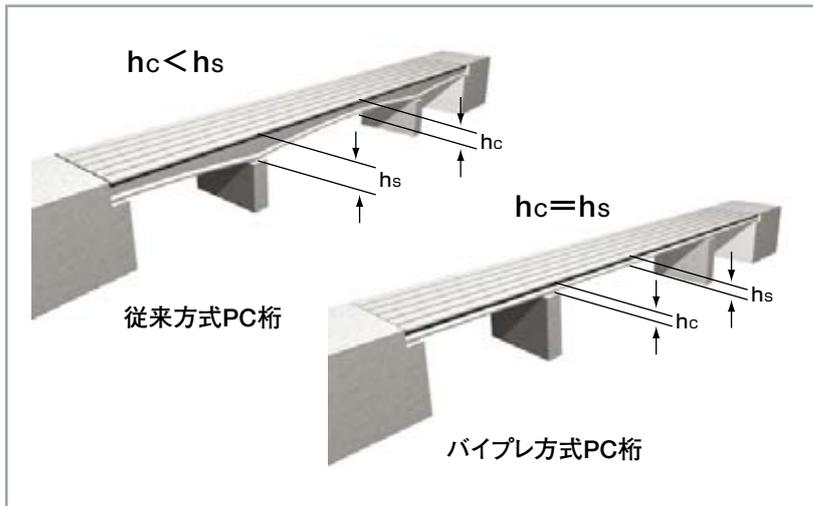
同じ桁高で支間を増大することができます。また支間の異なる連続高架橋などでは、同じ桁断面を使用して側面形状を整えることができます。





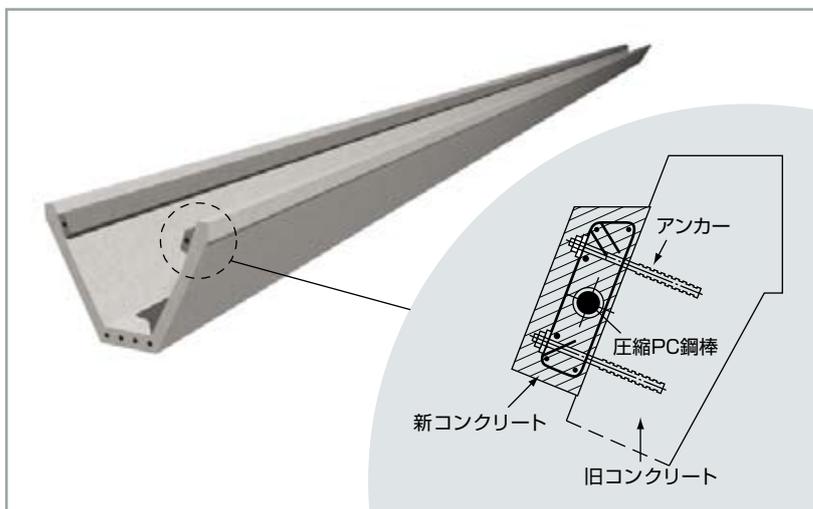
桁本数を少なくできる

従来方式PC桁を使用し、わずかに圧縮応力が許容値を超えてしまい桁高を変更できない場合でも、桁本数を増やすことなく対処できます。



設計上の自由度を高めることができる

圧縮プレストレスと引張プレストレスをコントロールすることにより、施工性、経済性、美観等を考慮し、従来の構造概念にとらわれずに、構造形式や断面を選択することができます。

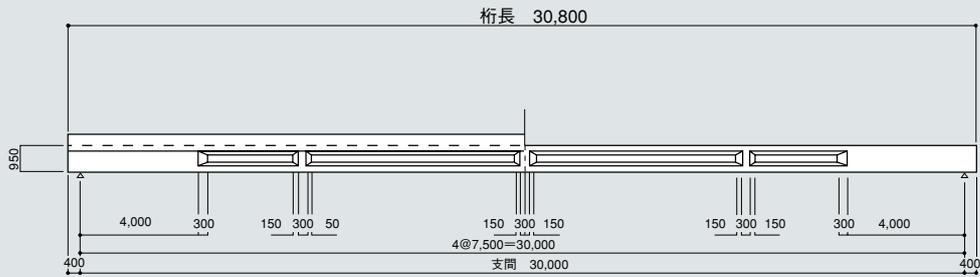


既存建造物の補強に応用できる

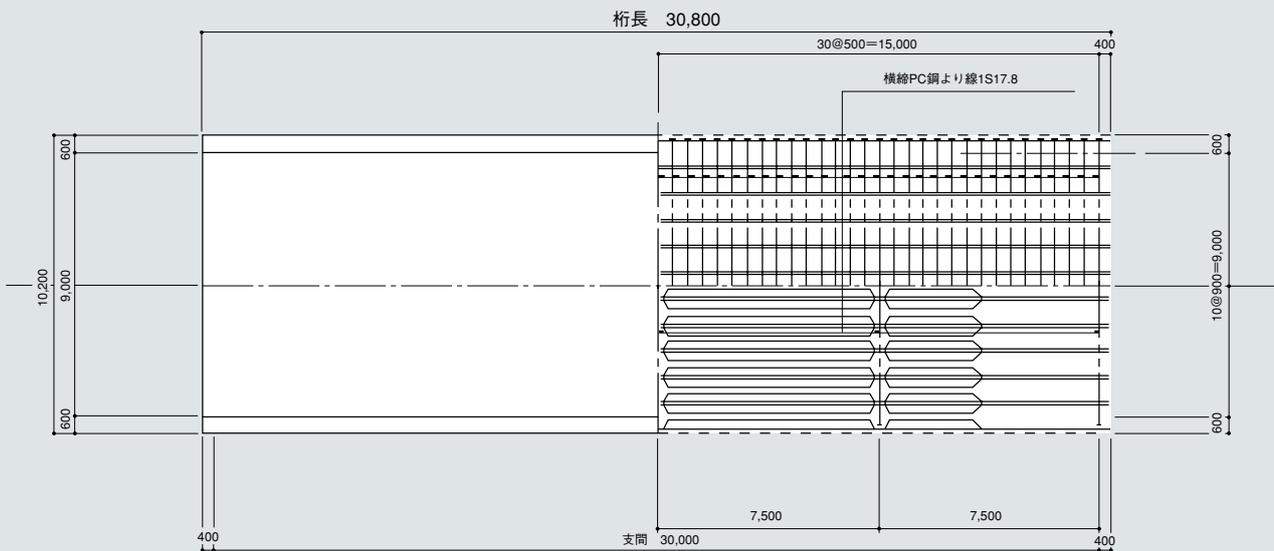
既存建造物の圧縮断面が不足した場合にも、構造を大きく変えることなく補強することができます。

設計例

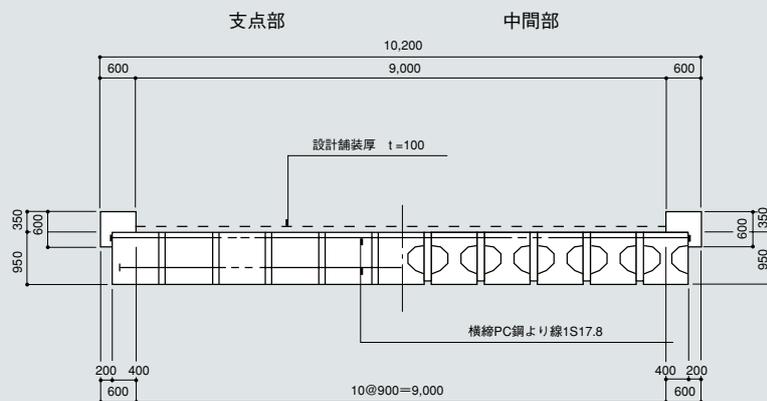
側面図



平面図



横断面図



● 設計条件

型式	バイプレ方式単純I桁橋
橋長	
桁長	30,800
支間	30,000
幅員	0.600m(地覆)+9,000(車道)+0.600m(地覆)
荷重	B活荷重
角度	90°
衝撃計数	$i=10/(25+l)$

● 材料強度及び許容応力度

コンクリート		主桁	場所打
設計基準強度	σ_{ck}	40N/mm ²	30N/mm ²
許容曲げ圧縮応力度	導入直後	σ_{cat} 18 "	14 "
	設計時	σ_{ca} 14 "	11 "
許容曲げ引張応力度	導入直後	σ_{cat}' -1.5 "	0 "
	死荷重時	σ_{di}' 0 "	0 "
	設計時	σ_{ca}' -1.5 "	0 "
許容せん断応力度	設計時	τ_m 0.55 "	0.45 "
	終局時	τ_{max} 5.3 "	4.0 "
許容斜引張応力度	σ_i	2.0 "	— "
プレ導入時の圧縮強度	σ_{id}	34 "	25 "
P C 鋼材			
■ 引張材			
		12S12.7B	1S17.8
引張強度	σ_{pu}	1850N/mm ²	1850N/mm ²
降伏点応力度	σ_{py}	1600 "	1600 "
■ 圧縮材			
		$\phi 32(930/1080)$	
降伏点応力度	σ_{py}	930kg/mm ²	
許容圧縮応力度	σ_{pa}	697N/mm ²	
鉄筋			
斜引張鉄筋を計算する場合	σ_{sa}	295N/mm ²	
引張鉄筋を "	σ_{sa}	180 "	
床版鉄筋を "	σ_{sa}	140 "	
粗骨材最大寸法		20mm	

● 主桁1本当り材料表

主桁製作工			
種別	仕様	単位	数量
コンクリート	$\sigma_{ck}=40N/mm^2$	m ³	18.3
型桁		m ²	103.8
鉄筋	SD295A, D13, D16	kg	2012
PC鋼材	12S12.7(SWPR7B)	"	1230
	$\phi 32(SBPR930/1080)$	"	488

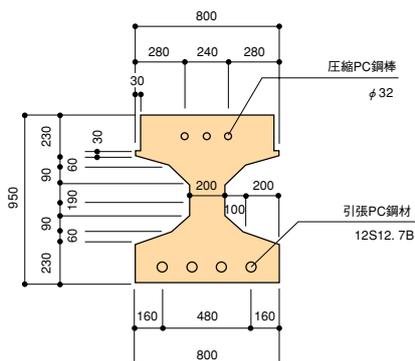
● 1橋当り材料表

種別	仕様	単位	数量
主桁工	46 ^t	本	11
横組工			
コンクリート	300N/mm ²	m ³	10
型枠		m ²	38
鉄筋	SD295A	kg	1303
PC鋼材	1S17.8(SWPR19)	"	1199
支承工			
合成ゴム沓	可動250×600×46	枚	11
	固定200×600×18	"	11
橋面工			
舗装	アスファルトt=50	m ²	277
	均しコンクリート	m ³	14
地覆	コンクリート	"	16
	型枠	m ²	75
	SD295A	kg	690
高欄		m	62
伸縮継手		"	20
有効橋面積		m ²	277

● 橋台反力 (KN)

死荷重	3121KN
活荷重	1261KN
衝撃	229KN
合計	4611KN

主桁形状図



施工手順

施工順序は、主桁コンクリートの打込み場所、PC鋼材のプレストレス方式の組み合わせによって異なります。一般的な施工順序は以下のとおりです。

場所打ち支保工架設工法

ポストテンション方式+ポストコンプレッション方式



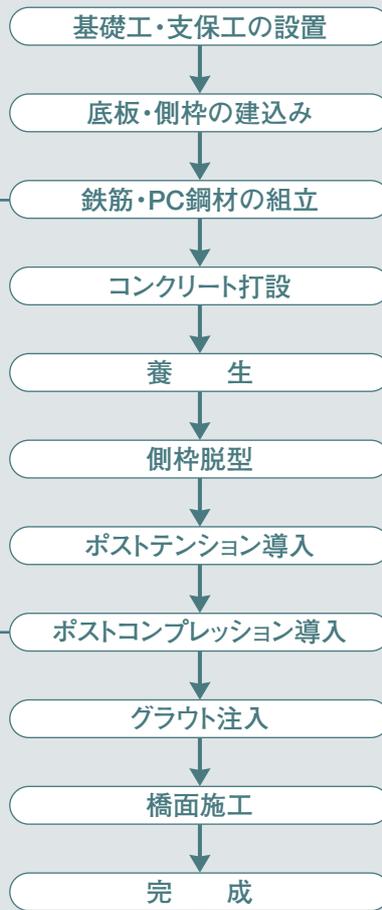
圧縮PC鋼材配置



圧縮PC鋼材配置の短縮量測定



圧縮PC鋼材用油圧ポンプ



日本で最初のパイプ工法施工例 (川端橋側道橋)

プレキャスト桁架設工法

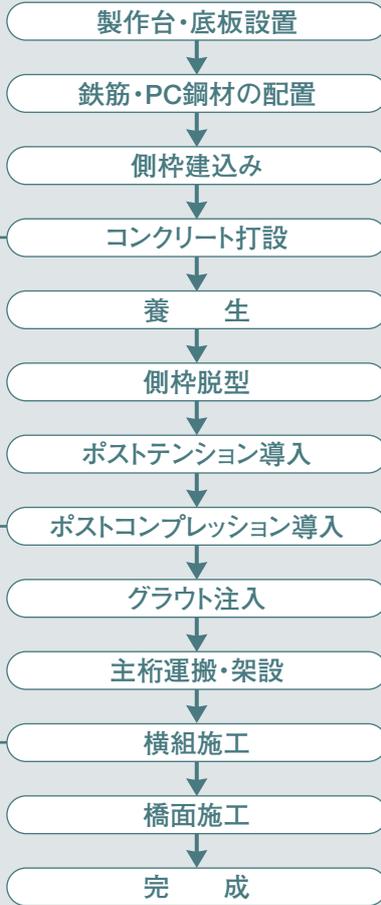
ポストテンション方式+ポストコンプレッション方式



センターホールジャッキ取付け状態



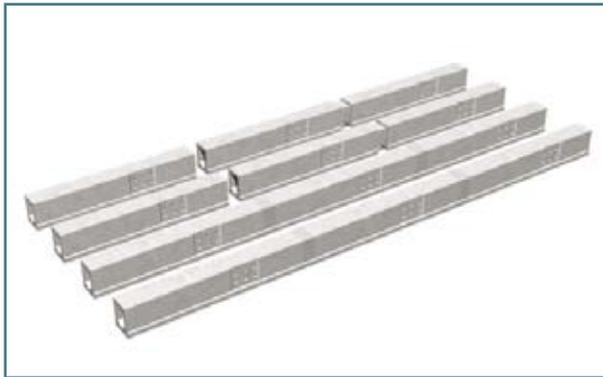
圧縮PC鋼棒定着部



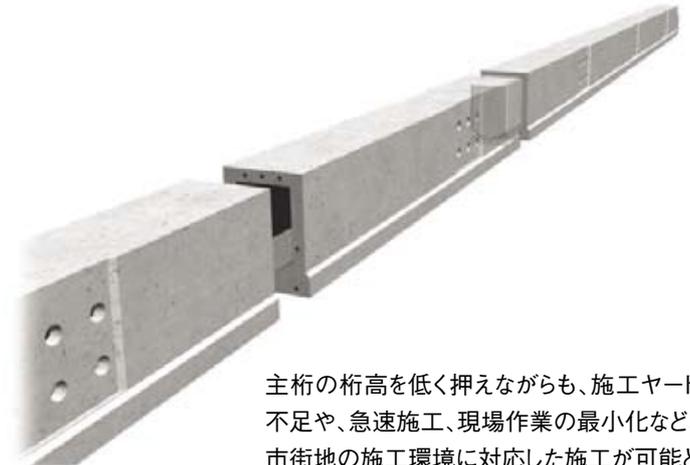
応用技術 ①プレキャストセグメント工法

通常のPC橋と同様に、プレキャスト桁を運搬・組立て可能な大きさのブロックに分割して製作するセグメント工法です。

セグメントは工場などで製作し、架設地点に運搬。ポストテンションのプレストレスを与えて一体化した後に、ポストコンプレッションを導入して、バイプレ方式の主桁が完成します。



プレキャスト桁製作



主桁の桁高を低く押えながらも、施工ヤード不足や、急速施工、現場作業の最小化など、市街地の施工環境に対応した施工が可能となります。桁高／支間比は、おおよそ1／28～1／30程度が目安で、バイプレ桁標準断面（P34参照）の桁高より1割程度高くなります。



主桁運搬

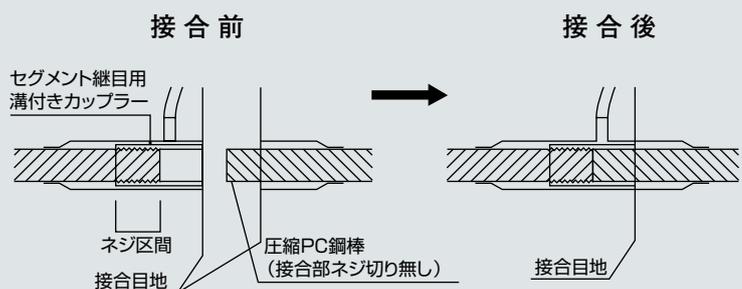


桁架設

圧縮PC鋼棒接合方法

バイプレ方式のプレキャストセグメント工法では、主桁上縁に配置される圧縮PC鋼棒を、接合目地で確実に接合する必要があります。セグメント継目用の専用の圧縮PC鋼棒継手を使用します。

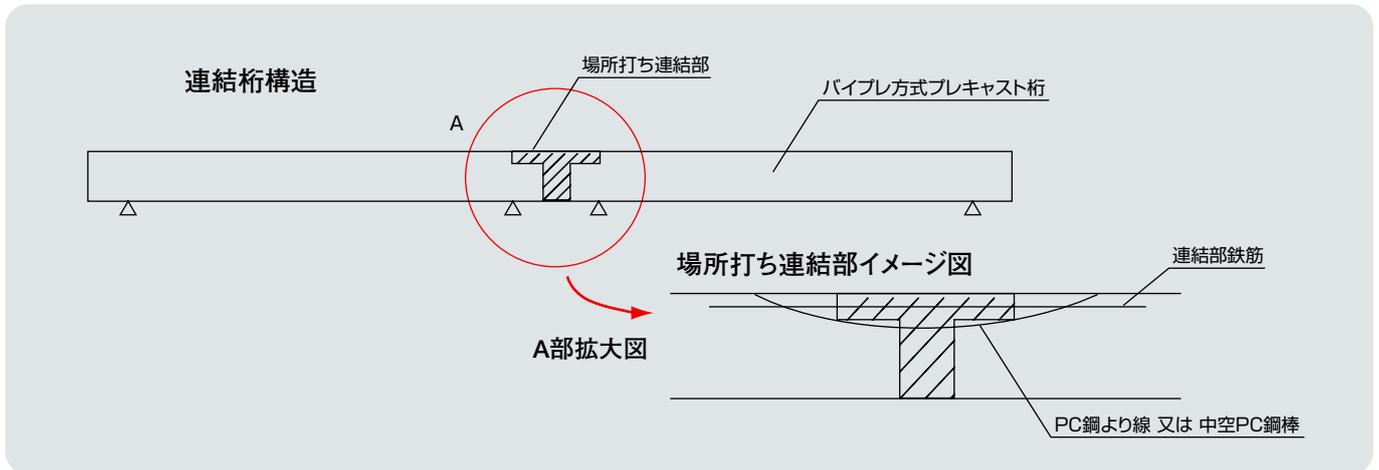
■ グラウト方式



応用技術 ②バイプレ方式連結桁

通常のPC連結桁橋と同様に、プレキャストのバイプレ方式単純桁を架設した後、中間支点上の連結部をPCもしくはPRC構造などで一体化し、連続桁構造とします。

バイプレ方式連結桁橋では、プレキャスト桁に配置された圧縮PC鋼棒のプレストレス二次力によって、中間支点の負の曲げモーメントを低減し、低い桁高の連結桁構造を可能としました。

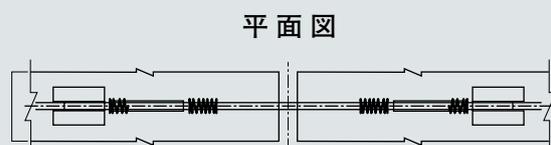
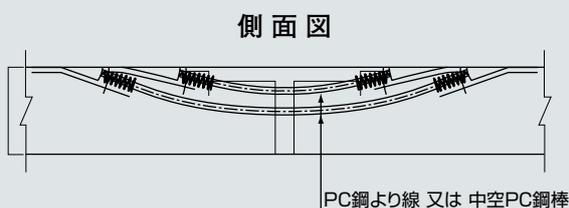


連結部構造例

一般に中間支点上のRC連結部には、主桁同士を接合するために連結鉄筋が多量に配置されますが、バイプレ方式連結桁の連結部に配置したPC鋼より線や中空PC鋼棒のプレストレスによって、鉄筋量を最小化しながら施工性・構造性能を高めます。

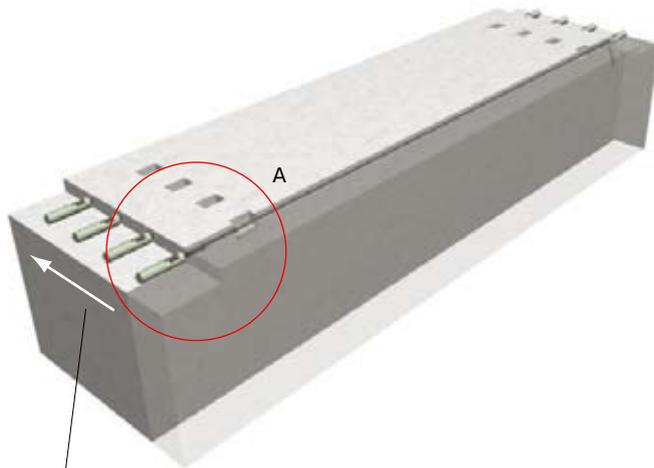


■ 連結部PC鋼材配置概要図

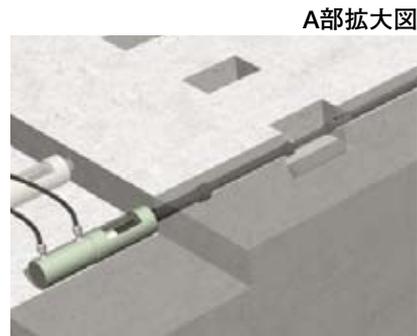


新技術 ①桁端部押し込み方式定着システム

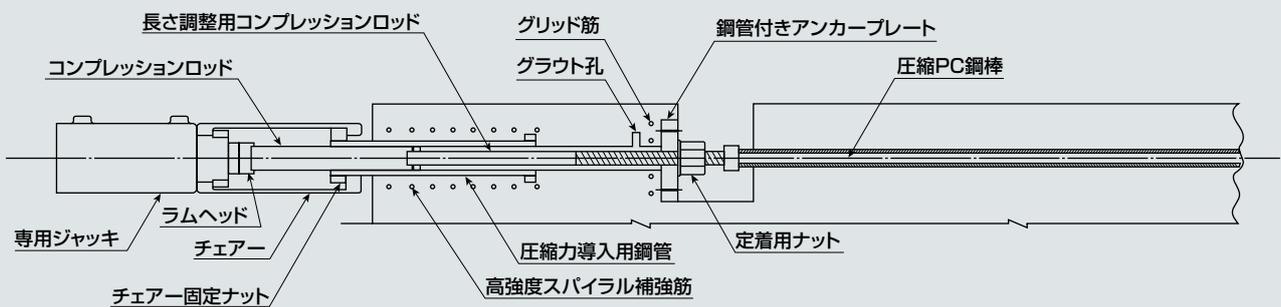
桁端部押し込み方式は、太径の鋼管を定着装置として利用したもので、従来の切欠き方式のジャッキ用切欠きを設置することなく、桁端部にて圧縮PC鋼棒を押し込み定着することが可能となりました。上床版の切欠きを最小化し、耐久性・施工性に優れ、連結桁構造などにも適した構造となります。



圧縮力導入用専用ジャッキは、順次場所を移動し定着します。



■システム概要図



桁端部押し込み方式専用ジャッキと定着具



端部定着部ジャッキ部品



高強度スパイラル補強筋



鋼管付きアンカープレート



圧縮力導入用鋼管



組立状況

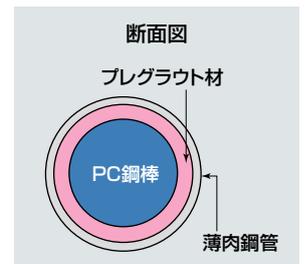
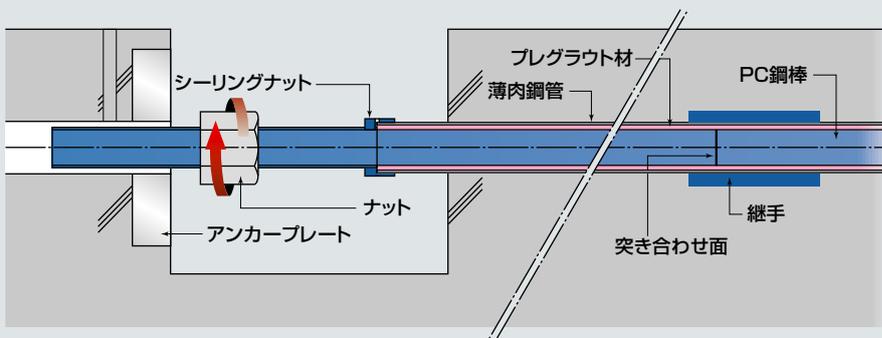
新技術 ②プレグラウト方式圧縮PC鋼棒

グラウト施工の品質向上と現場作業の省力を目的として、プレグラウト圧縮PC鋼棒が開発されました。

圧縮力導入時のPC鋼棒の横拘束は、安定した押圧作業を保証します。従来は絞りシースがその役割を担っていましたが、プレグラウト圧縮PC鋼棒では、僅かの隙間を有した薄肉鋼管が安定した横拘束効果を生み出します。圧縮PC鋼棒の施工性が改善され、耐久性も向上します。

プレグラウトPC鋼棒の接続部概要

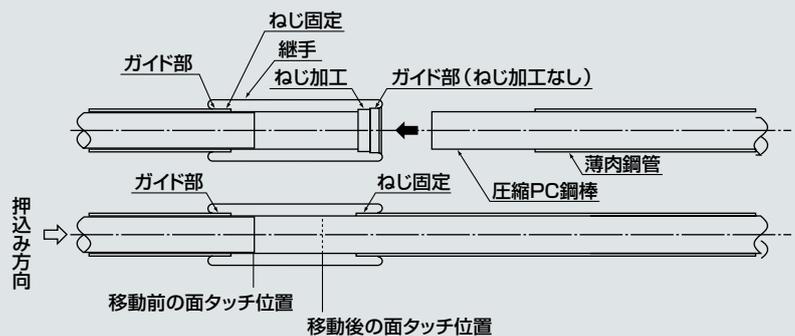
■プレグラウト圧縮PC鋼棒を用いたバイプレ工法概略図



プレグラウト圧縮PC鋼棒の接続には、専用の継手を使用します。片側の圧縮PC鋼棒に接合された継手に、もう一方の圧縮PC鋼棒を差込み接続します。

接続部でのPC鋼棒のネジ切りは不要ですが、継手と薄肉鋼管はネジ切りして連結します。

■接続部概要図



摩擦係数

バイプレ工法用プレグラウトPC鋼材の計算用の摩擦係数は次の通りです。

$$\lambda=0.005 \text{ (1m当り)}$$

プレグラウト方式の施工

プレグラウト圧縮PC鋼棒は、工場でPC鋼材と鋼管の間にエポキシ系の硬化性樹脂などのプレグラウト材を充填しているので、現場における鋼材の配置作業が容易となり、グラウト作業も不要となります。その一方、保管・組立作業時の取り扱いに注意をし、使用期限・保管条件などを確実に管理する必要があります。

施工例 市街地橋梁

桁高が低くスリムな橋を構築できるバイプレ方式。

従来の構造概念にとらわれず、施工性・経済性を考慮でき、景観性にも大変優れています。



唐戸筋川線後田大橋

施 主 山口県
工事場所 山口県下関市
竣 工 平成9年8月

《設計条件》

構造形式 プレキャスト単純単純1桁橋
橋 長 41.200m
支 間 40.000m
幅 員 8.000m
荷 重 B活荷重
桁 高 1.700m～2.100m

新西田橋

施 主 鹿児島県
 工事場所 鹿児島県鹿児島市
 竣 工 平成11年1月

《設計条件》

構造形式 場所打単純6室箱桁橋
 橋 長 52.000m
 支 間 50.700m
 有効幅員 26.400m
 荷 重 B活荷重
 桁 高 1.163m~1.911m



高知城大橋

施 主 高知県
 工事場所 高知県高知市
 竣 工 平成8年11月

《設計条件》

構造形式 プレキャスト単純1桁橋
 橋 長 28.500m
 支 間 27.700m
 有効幅員 17.000m
 荷 重 B活荷重
 桁 高 0.800m~0.950m



施工例 道路交差部



御藺宇高架橋

施主 建設省中国地方建設局
工事場所 広島県東広島市
竣工 平成12年12月

《設計条件》
構造形式 プレキャスト単純I桁橋
橋長 31.000m
支間 30.100m
有効幅員 18.000m
荷重 B活荷重
桁高 1.100m



長嶺町小山 第2号橋

施主 熊本市
工事場所 熊本県熊本市
竣工 平成10年5月

《設計条件》
構造形式 プレキャスト単純中空床版橋
橋長 40.200m
支間 39.220m
有効幅員 14.500m
荷重 B活荷重
桁高 1.500m



桑名第2-IC橋

施主 日本道路公団名古屋管理局
 工事場所 三重県桑名市
 竣工 平成1年1月

《設計条件》

構造形式 プレキャスト単純T桁橋
 橋長 27.900m
 支間 27.100m
 幅員 12.000m~13.700m
 荷重 TL-20
 桁高 1.000m



中館高架橋

施主 茨城県
 工事場所 茨城県下館市
 竣工 平成16年3月

《設計条件》

構造形式 プレキャスト単純I桁橋
 橋長 46.500m
 支間 45.400m
 幅員 10.000mm
 荷重 B活荷重
 桁高 1.700m

施工例 河川橋梁



新別所橋

施主 福岡県
工事場所 福岡県筑紫郡那珂川町
竣工 平成4年3月

《設計条件》

構造形式 プレキャスト単純
中空床版橋
橋長 34.500m
支間 33.630m
幅員 12.000m
荷重 TL-20
桁高 1.050m



臨空夢大橋

施主 松本市
工事場所 長野県松本市
竣工 平成14年3月

《設計条件》

構造形式 現場打単純4室箱桁橋
橋長 41.000m
支間 40.000m
有効幅員 15.000m
荷重 B活荷重
桁高 1.150m



ガーデンパーク 北橋

施 主 静岡県
 工事場所 静岡県浜松市
 竣 工 平成13年6月

《設計条件》

構造形式 プレキャスト単純I桁橋
 橋 長 43.200m
 支 間 42.200m
 有効幅員 12.000m
 荷 重 A活荷重
 桁 高 1.600m



新潟西大橋

施 主 新潟県潟東村
 工事場所 新潟県西蒲原郡潟東村
 竣 工 平成13年3月

《設計条件》

構造形式 プレキャスト単純
中空床版橋
 橋 長 29.300m
 支 間 28.500m
 有効幅員 11.500m
 荷 重 B活荷重
 桁 高 0.900m

施工例 鉄道跨線橋



南ヶ丘Bo

施主 日本鉄道建設公団
工事場所 長野県北佐久郡軽井沢町
竣工 平成8年3月

《設計条件》

構造形式 プレキャスト2径間単純中空床版橋
橋長 62.000m
支間 26.600m+33.600m
有効幅員 7.500m~8.281m
荷重 TL-20
桁高 0.900m~1.100m



植木大橋

施主 福岡県
工事場所 福岡県粕屋郡須恵町
竣工 平成10年9月

《設計条件》

構造形式 プレキャスト単純中空床版橋
橋長 32.000m
支間 31.140m
有効幅員 16.000m
荷重 B活荷重
桁高 1.100m

施工例 連結桁橋



市役所通り大橋

施主 千葉県企業庁
工事場所 千葉県木更津市
竣工 平成11年1月

《設計条件》

構造形式 プレキャスト3径間連結
中空床版橋
橋長 99.500m
支間 32.200m
幅員 25.800m
荷重 B活荷重
桁高 1.200m



実橋

施主 札幌市
工事場所 北海道札幌市
竣工 平成15年3月

《設計条件》

構造形式 プレキャスト2径間連結
中空床版橋(セグメント)
橋長 58.700m
支間 28.400m
幅員 12.500m
荷重 A活荷重
桁高 0.750m~1.020m

施工例 歩道橋



若葉台駅前歩道橋

施主 住宅都市整備公団
工事場所 東京都稲城市
竣工 平成11年2月

《設計条件》

構造形式 プレキャスト単純中空床版橋
橋長 32.850m
支間 31.500m
幅員 12.850m
荷重 3.5KN/m²
桁高 1.100m

西神住宅団地 中央公園歩道橋

施 主 兵庫県神戸市
 工事場所 兵庫県神戸市
 竣 工 平成元年9月

《設計条件》

構造形式 プレキャスト単純1桁橋
 橋 長 36.800m
 支 間 35.900m
 有効幅員 11.200m
 荷 重 3.5KN/m²
 桁 高 0.950m



芥川歩道橋

施 主 大阪府高槻市
 工事場所 大阪府高槻市
 竣 工 平成9年3月

《設計条件》

構造形式 プレキャスト2径間単純
 1桁橋(セグメント)
 橋 長 57.200m
 支 間 27.840m
 有効幅員 3.500m
 荷 重 3.5kN/m²
 桁 高 0.800m



プレキャスト桁の標準断面

桁高制限を受ける道路橋を対象として、バイプレ方式単純I桁及び、中空桁の試設計を行いました。

その特長は次の通りです。

- ① 従来のPC桁と比較して著しく桁高が低く、桁高/支間比はおよそ1/32です。
- ② 圧縮PC鋼棒の押圧作業および架設には一般に用いられている機械器具が使用できます。
- ③ 主桁断面はねじり剛性が大きいので、支間が50mの場合でも架設時の横座屈に対して安全です。

設計条件

荷重:B活荷重

支間:25m~50m(5m間隔)

幅員:9m

斜角:90度

衝撃係数: $i=10/(25+l)$

活荷重のたわみ制限: $\delta_l/l \leq 1/600$

使用材料

主桁コンクリート: $\sigma_{ck}=40N/mm^2$

場所打ちコンクリート: $30N/mm^2$

引張PC鋼材:12S12.7(SWPR7B)

12S15.2(SWPR7B)

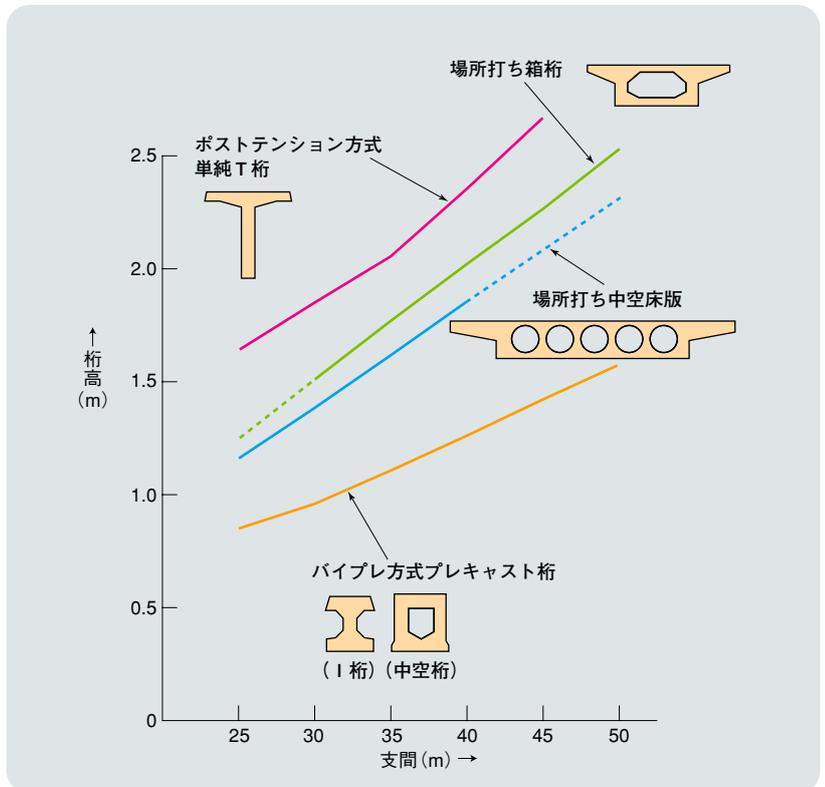
圧縮PC鋼棒: $\phi 26, \phi 32$ (SBPR930/1080)

横締PC鋼材:1S17.8(SWPR19)

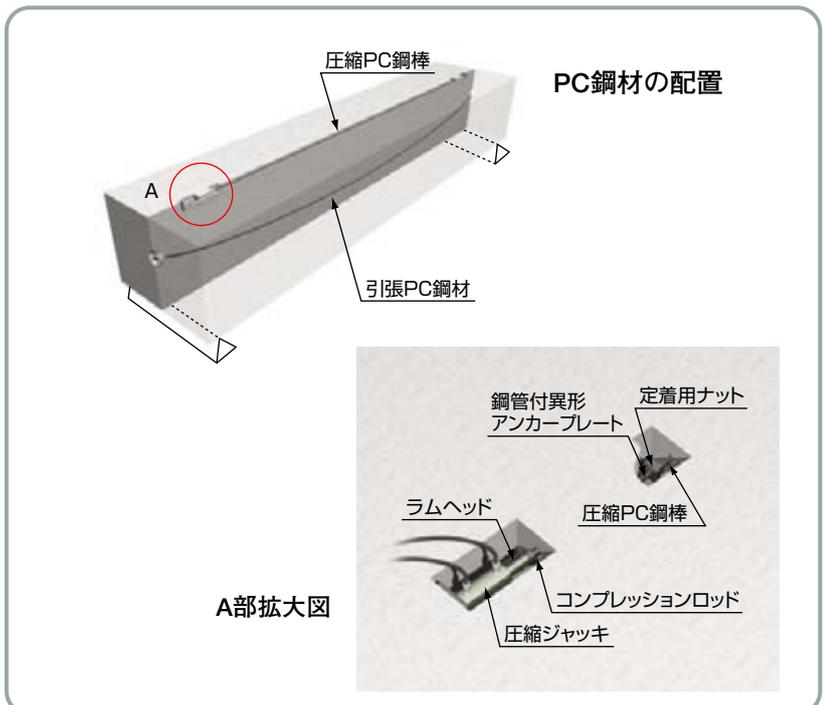
1S21.8(SWPR19)

鉄筋:SD295A

桁高と支間の関係(B活荷重)

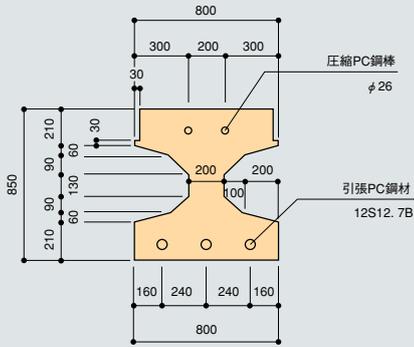


圧縮PC鋼棒の定着要領図

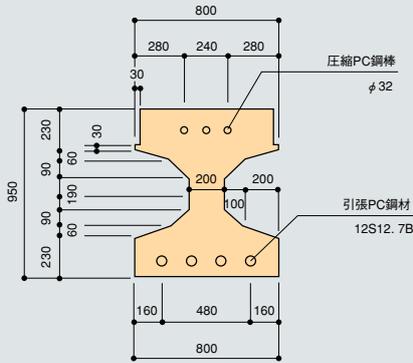


バイプレ方式プレキャストI桁の断面図

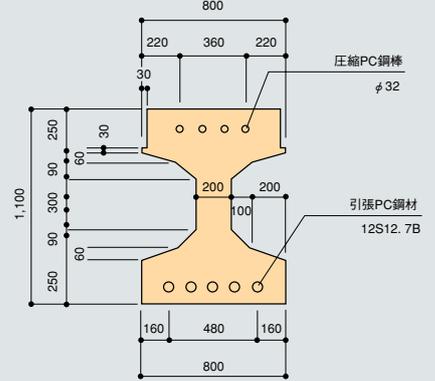
支間:25 (m)



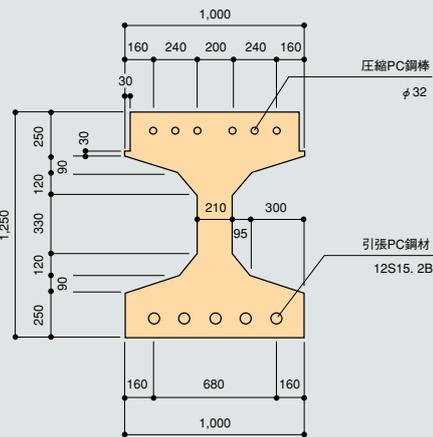
支間:30 (m)



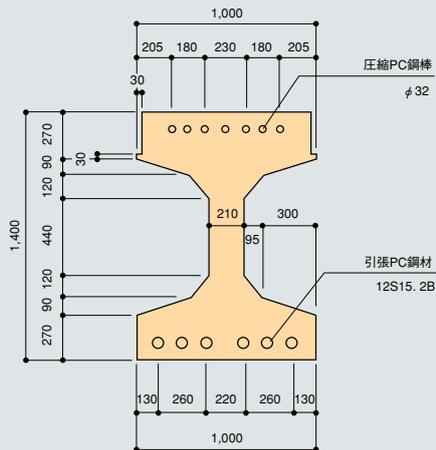
支間:35 (m)



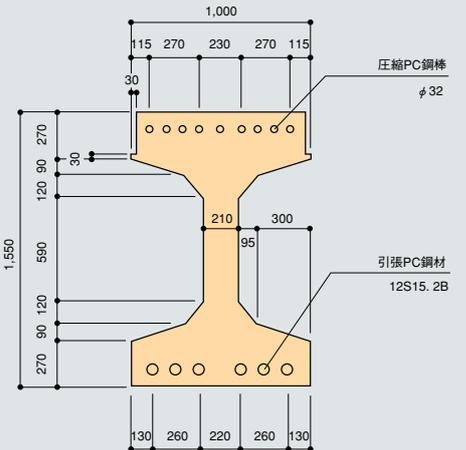
支間:40 (m)



支間:45 (m)

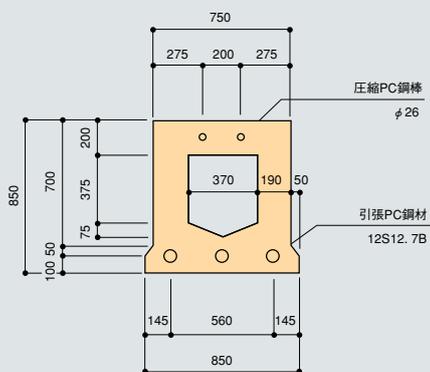


支間:50 (m)

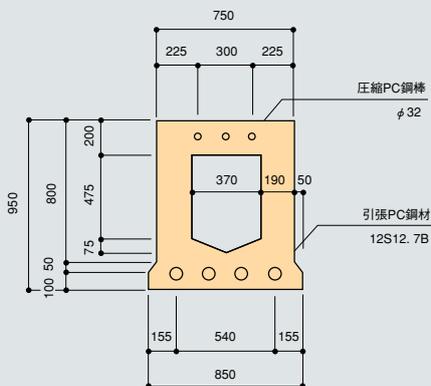


バイプレ方式プレキャスト中空桁の断面図

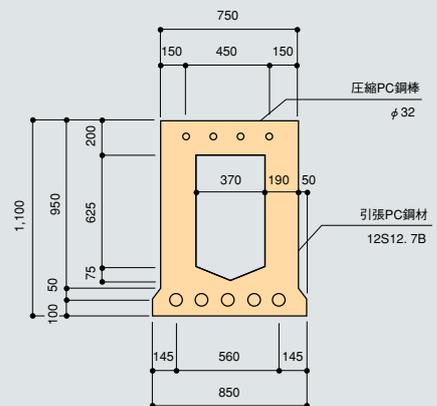
支間:25 (m)



支間:30 (m)



支間:35 (m)



■ バイプレストレッシング工法協会

株式会社 IHIインフラ建設
株式会社 愛橋
株式会社 安部日鋼工業
株式会社 SNC
オリエンタル白石株式会社
川田建設株式会社
極東興和株式会社
コーアツ工業株式会社
昭和コンクリート工業株式会社
ドーピー建設工業株式会社
日本高圧コンクリート株式会社
株式会社 日本ピーエス
ピーエス・コンストラクション株式会社
東日本コンクリート株式会社
株式会社 富士ピー・エス
高周波熱錬株式会社

事務局 高周波熱錬株式会社内

〒141-8639 東京都品川区東五反田二丁目17番1号 オパルコート大崎マークエスト TEL. 03-3443-5444 FAX. 03-5488-7538