

震度7対応／築200年対応／工期大幅短縮／コスト縮減

スタジアム建築は、<PC圧着関節工法>です。

GRAND STADIUM



本社 〒163-0717 東京都新宿区西新宿2-7-1 小田急第一生命ビル17F
TEL. 03-6302-0221(代表)

札幌営業所 〒060-0061 北海道札幌市中央区南1条西8-14-3 札幌第2スカイビル9F
TEL. 011-272-6041(代表)

仙台営業所 〒980-0811 宮城県仙台市青葉区一番町2-8-10 あいおいニッセイ同和損保仙台一番町ビル3F
TEL. 022-262-8422(代表)

横浜営業所 〒231-0011 神奈川県横浜市中区太田町1-20 三和ビルディング6FB号
TEL. 045-640-3359(代表)

山梨営業所 〒400-0031 山梨県甲府市丸の内2-25-15 大洋ビル2F
TEL. 055-228-9630(代表)

大阪営業所 〒550-0015 大阪府大阪市西区南堀江1-4-19 なんばスミソウビル9F
TEL. 06-6543-0123(代表)

福岡営業所 〒810-0074 福岡県福岡市中央区大手門2-3-11 HTCリベルテ大手門ビル7F
TEL. 092-711-1779(代表)

苫小牧工場 〒053-0002 北海道苫小牧市晴海町43-3 (日本軽金属(株)苫小牧製造所内)
TEL. 0144-55-1230(代表)

秦野工場 〒259-1303 神奈川県秦野市三屋字川原135
TEL. 0463-75-1324(代表)

関東桜川工場 〒309-1246 茨城県桜川市高森1179-6
TEL. 0296-58-4350(代表)

横浜国際総合競技場 (日産スタジアム)

日本最大・7万人収容スタジアムを1年数ヶ月で建築。
震度7超の大地震にも耐えられるスタジアムです。

日本が世界に誇る、ビッグスタジアム。

横浜国際総合競技場(日産スタジアム)は、2002FIFAワールドカップ日韓大会の決勝戦に使用され、2019年にはラグビーワールドカップ日本大会のメイン会場にもなります。一級河川・鶴見川の遊水池にPC人工地盤を構築して建築された、第1種公認陸上競技場です。収容人員は7万人を超え、

国際大会に対応する機能を備えた本スタジアムは、プレキャスト・プレストレスト・コンクリート(PCaPC)造をさらに進化させた「PC圧着関節工法」によって建築された、高耐震・高耐久スタジアムです。しかも、PCスタンド施工は1年2か月、PC人工地盤工事は1年4か月と、工期の大幅短縮も実現しました。



建設概要

所在 / 神奈川県横浜市
発注者 / 横浜市
設計・監理 / 松田平田・東畑建築事務所共同企業体
施工 / 竹中・奈良建設共同事業体ほか
PC施工 / 黒沢建設(スタンド、フィールド、人工地盤)
全体面積 / 約226,000㎡
開場: 1998年

建設費の目安

収容人員: 72,327席
総工費: 603億円
当社請負金額: 142億9千万円
●総工費÷席数=834,000円/席
●当社請負金額÷席数=198,000円/席

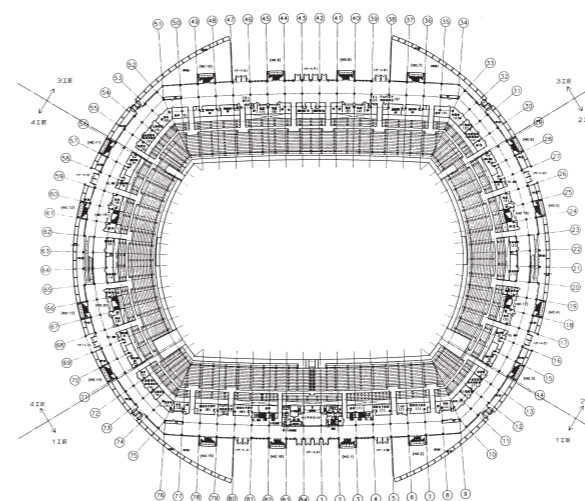
大観衆の安全第一、震度7超対応、堅牢なスタジアムづくり。

ビッグスタジアム建築に求められるのは、より高い精度と堅牢さ、そして建設工期の短縮です。本スタジアムは、「PC圧着関節工法」の特長である、エキスパンションジョイントの無い多連続PC剛節構造(PCラーメン構造)によって、求められるすべての条件をクリアし、かつ従来工法のSRC造等

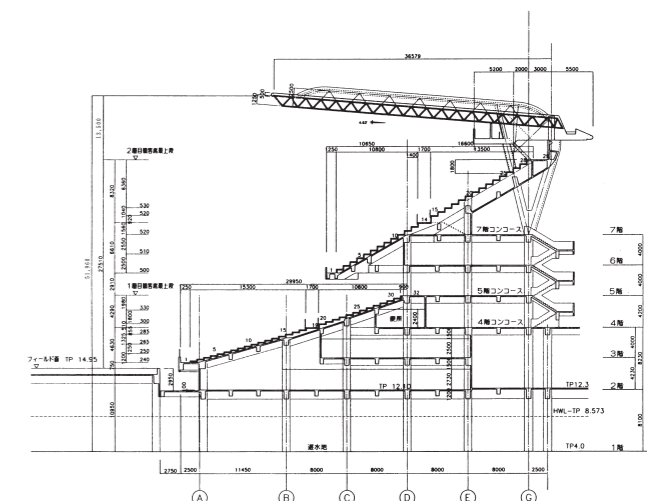
に比べ建設工期も大幅に短縮しました。また、気軽に試合観戦を楽しめる、居心地の良い観客席づくりも心がけました。さらに、万一の災害を想定し、何よりも大観衆の安全を第一に考え、震度7を超える大地震にも耐えられる高耐震構造物の構築を実現しました。



PC骨組み全景



平面図4F



メインスタンド断面図

PC施工工程表<PCスタンド14か月/PCフィールド12か月/PC人工地盤16か月>

年月	平成6年												平成7年												平成8年												平成9年												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
着工																																																	
スタンド	準備、地盤改良工事												アーstdリル杭、基礎躯体工事												地上PC開始												地上PC完了 屋根鉄骨完了												
																									PC建方工事(PC圧着関節工法)												屋根鉄骨工事												
																																					仕上工事												
フィールド	準備、地盤改良、アーstdリル杭、基礎躯体工事																								スタンド工用重機走行線												PC建方工事(PC圧着関節工法)												
																																					仕上工事												
人工地盤	準備、杭、根切、基礎躯体工事																																				PC建方工事												
																																					仕上工事												

広島市民球場 (MAZDA Zoom-Zoomスタジアム広島)

観客ファーストで設計された多彩なスタンド・デザイン。
短工期で、ローコストなスタジアムが実現しました。

これまでにない斬新な球場の誕生です。

広島市民球場(MAZDA Zoom-Zoom スタジアム広島)は、プロ野球・広島東洋カープの本拠地球場(専用球場)。市民球場の名の通り、市民や街との一体感を活かした、開放感あふれるスタジアムです。国内では大変に珍しい左右非対称を基本とした構造で、MLB球場並のゆったりとしたレイ

アウトの観客席、観戦しやすい緩やかな勾配のスタンド、従来球場よりフィールド側にせり出した臨場感あふれる2階席、さらに多様な観戦シートなど、多彩な設計が施されています。「PC圧着関節工法」の採用により、このユニークな設計のスタジアムを短工期、ローコストで実現しました。



建設概要

所在 / 広島県広島市
発注者 / 広島市
設計 / 仙田満+環境デザイン研究所(意匠)
金箱構造設計事務所(構造)
施工 / 五洋・増岡・鴻治建設工事共同企業体
PC施工 / 黒沢建設
建築面積 / 22,964㎡
開場 / 2009年

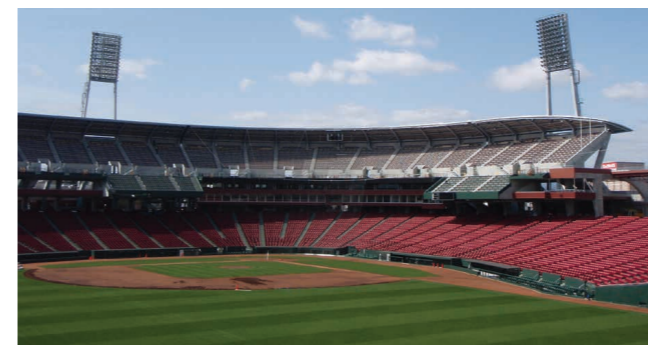
建設費の目安

収容人員: 33,000席
総工費: 110億円
当社請負金額: 12億3千万円
●総工費÷席数=333,000円/席
●当社請負金額÷席数=37,000円/席

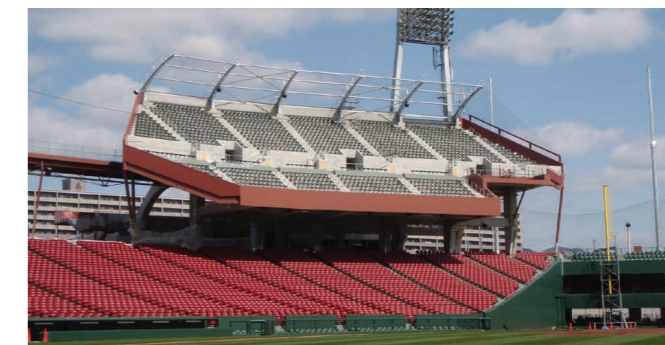
高難度な設計も自在に建築、「PC圧着関節工法」。

左右非対称形のフィールドと同様に、外野スタンドもホームチーム側(ライト側)の観客席を多くした非対称設計です。1階観客席後方には球場を一周するコンコースを設け、その空間を確保しつつ、2階席をできる限りグラウンドに近づけるために、アーチ

状のPCaPC構造体を連続配置して建築されています。さらに、パフォーマンスシート、パーティフロア、ブルペンレストランなど、PC圧着関節工法ならではのデザインの自在性を活かした、多彩なスペースが工夫されています。



内野1・2階観客席



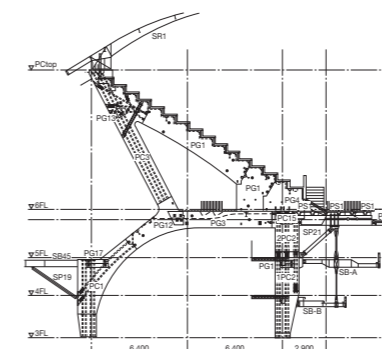
パフォーマンスシート



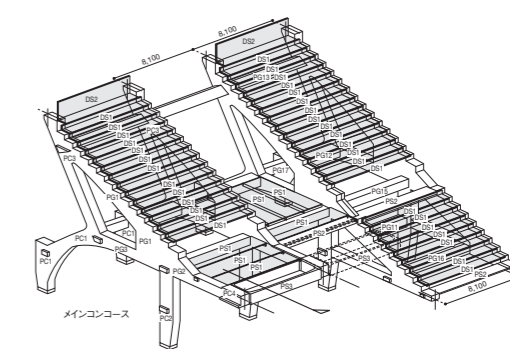
アーチ状PCaPC構造体



パフォーマンスシート施工状況



PC形状図(組立図)



PCアイソメ図

総合工程表

	2007			2008												2009		
	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3
仮設工事																		
準備工事																		
杭工事																		
内野棟 (F棟)																		
(BN棟)																		
(T棟)																		
外野棟 (L棟)																		
(C棟)																		
(R棟)																		
グラウンド工事																		
外構工事																		

施工事例
③

東京スタジアム (味の素スタジアム)

日本最大級7,600㎡の天然芝フィールド、
球技を中心とした多目的スポーツスタジアム。

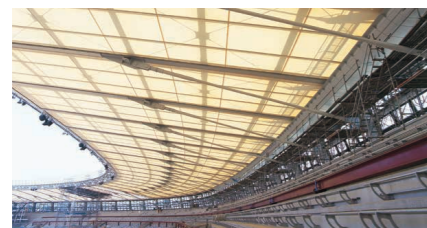


建設概要

所在/東京都調布市
発注者/東京都
設計/東京スタジアム・日本設計
施工/大成建設JV・鹿島建設JV
PC施工/黒沢建設
ケーブル施工/黒沢建設
建築面積/約44,400㎡
開場:2001年

建設費の目安

収容人員:49,970席
総工費:307億円
当社請負金額:27億1千万円
●総工費÷席数=614,000円/席
●当社請負金額÷席数=54,000円/席



施工事例
④

蔚山文殊サッカー競技場 (韓国ウルサンスタジアム)

2002FIFAワールドカップ会場として建設、
吊りケーブルが美しいサッカースタジアム。



建設概要

所在/韓国蔚山広域市
発注者/蔚山広域市
設計/POS-AC(意匠)
構造設計集団<SDG>
施工/現代建設・SK・大能・新韓・東南JV
PC施工/和成産業
PC技術指導/黒沢建設
ケーブル製作/高麗製鋼
ケーブル技術協力/KTB KOREA
建築面積/70,170㎡
開場:2001年

建設費の目安

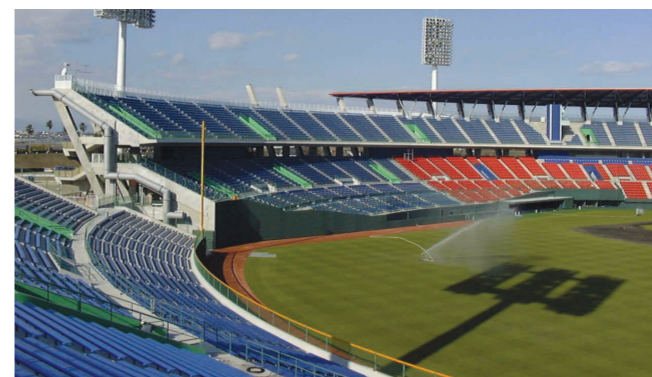
収容人員:44,102席
総工費151億4千万円
当社請負金額:約5千万円(技術指導)
●総工費÷席数=343,000円/席
※当社はPC技術指導が主なため、建設費目安は不掲載。



施工事例
⑤

サンマリンスタジアム宮崎 (宮崎県総合運動公園硬式野球場)

内外野共に総天然芝の、緑のスタジアム、
太陽と海から名付けられた硬式野球場です。



建設概要

所在/宮崎県宮崎市
発注者/宮崎県
設計/山下設計
施工/飛鳥建設
PC施工/黒沢建設
建築面積/15,900㎡
開場:2001年

建設費の目安

収容人員:30,000席
総工費:70億5千万円
当社請負金額:13億5千万円
●総工費÷席数=235,000円/席
●当社請負金額÷席数=45,000円/席



施工事例
⑥

いわき平競輪場

日本初・PCaPC造で建設した1周400mバンク。
800個のPC部材を52本の柱で支える構造です。



建設概要

所在/福島県いわき市
発注者/いわき市
設計・監理/日本設計
施工/大林組JV
PC施工(バンク)/黒沢建設
開場:2008年

建設費の目安

収容人員(メインスタンド):8,500席
総工費:136億万円
当社請負金額:15億5千万円
●総工費÷席数=1,600,000円/席
※当社はバンクPC施工のため、建設費の目安は不掲載。

施工事例
⑦

ナゴヤドーム

中日ドラゴンズのホーム、全天候ドーム球場。
スタンドのPC梁・PC段床版を当社が施工。



建設概要

所在/愛知県名古屋市
発注者/株式会社ナゴヤドーム
設計(監修)/三菱地所
設計・監理/竹中工務店
施工/竹中工務店・
三菱重工業共同企業体
PC施工(段床版)/黒沢建設
建築面積/48,169㎡
開場:1997年

建設費の目安

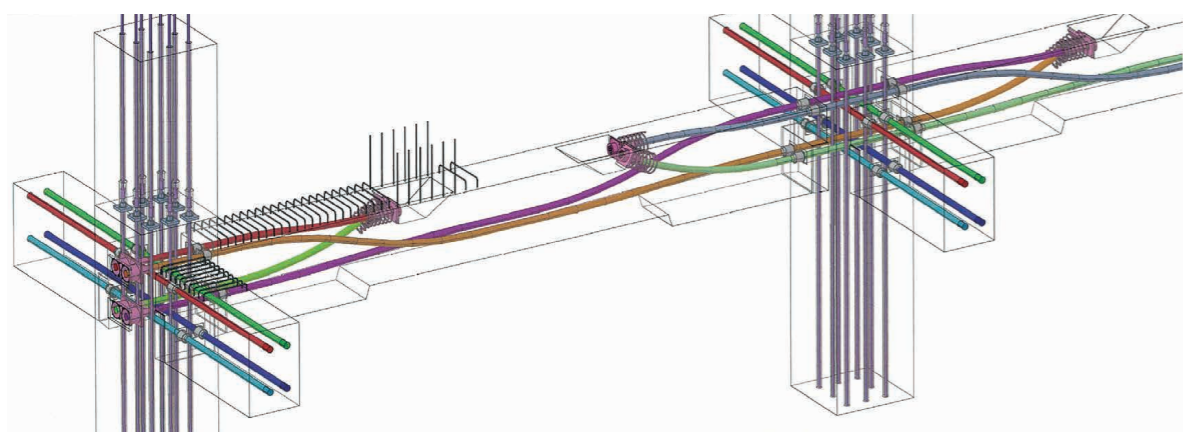
収容人員:40,500席
総工費:405億円
当社請負金額:2億5千万円
●総工費÷席数=1,000,000円/席
※当社はスタンド段床版・PC施工のため、建設費の目安は不掲載。

200年建築を可能にする高耐久構造。 スタジアム建築は、PC圧着関節工法です。

PC圧着関節工法とは。

プレストレスト・コンクリート(PC)造は、従来工法の鉄筋コンクリート(RC)造や鉄骨(S)造での設計法にとらわれずに、高強度コンクリートの持つ優れた性能(圧縮力)を引き出す構造です。古代ギリシャから採用されているアーチ構造も、石材の優れた圧縮力を利用した構造形式であり、その高耐久性能は歴史が証明しています。「PC圧着関節工法」は、こ

のPC造の中のプレキャスト・PC造(PCaPC)に、当社独自の開発・改良を加えてさらに進化させた工法です。「PC圧着関節工法」は、予め工場で作られた梁部材に1次ケーブルによりプレストレスを導入し、現場で柱部材にPC鋼材で軸圧縮を加え、2次ケーブルで柱・梁を圧着接合します。これにより3軸方向に圧縮力が加わり、堅牢で高耐久な建築物が構築されます。



1次ケーブル・2次ケーブルでコンクリートの引張耐力を大幅強化

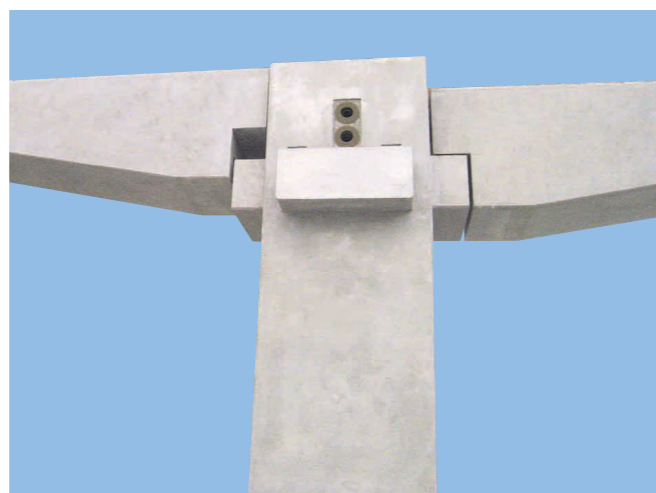
PC圧着関節工法は、ビッグスタジアムの建築に最適です。

「PC圧着関節工法」は、柱・梁を現場で組み立てます。柱部材は内部に配置されたPC鋼材によって基礎と緊結され自立します。次に、柱に設けた「あご」(コーベル)に柱部材を載せ、2次ケーブルで柱・梁を圧着接合しますので、鉄筋コンクリート

(RC)造のような支保工をまったく必要としません。さらに、エキスパンションジョイントも大幅に削減して多連続剛節構造(PCラーメン構造)を構築できますので、ビッグスタジアム建築には、より適した工法といえます。



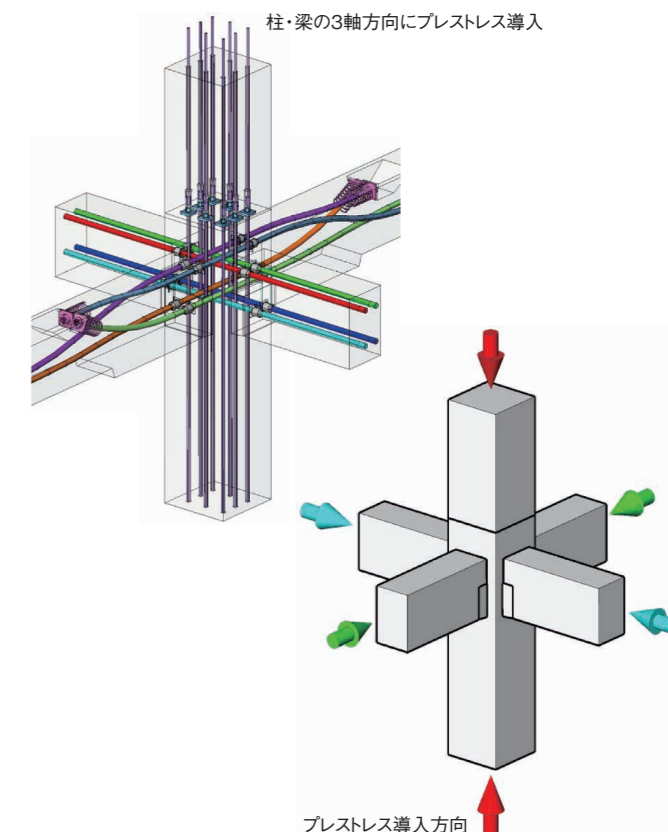
柱の自立状況



柱・梁の圧着接合

コンクリートのひび割れ発生を防ぎ、コンクリートの劣化現象を予防します。

コンクリート構造物の致命的な欠陥は、コンクリートの中性化とクラック(ひび割れ)の発生です。「PC圧着関節工法」は、水セメント比の低い密実なコンクリートを使用して $F_c=50\sim 60\text{N/mm}^2$ の高強度コンクリートを実現し、中性化も大きく遅らせます。さらに、柱・梁の3軸方向にプレストレスを導入することで、常にコンクリートが圧縮状態にあり、クラックの発生を防ぎ、構造部材の劣化現象である内部の鉄筋の発錆をおさえます。また、柱・梁部材はプレキャスト化(工場生産)することで高品質な部材を安定して供給することができます。



PC圧着関節工法の主なメリット

- ◎ 柱グリッド間の大スパン化
- ◎ 3軸方向プレストレスによりひび割れ防止
- ◎ 巨大化・複雑化する建築構造物を工期大幅短縮
- ◎ PC部材内部の1次2次ケーブルに使用するPC鋼線は完全防錆ストランドを使用し、より一層の高耐久化を図る
- ◎ 震度7対応、耐震性能に優れた高靱性・復元力
- ◎ 工場生産による厳格な品質管理
- ◎ 現場作業員の大幅省力化によるコスト縮減
- ◎ 工事中、近隣に対して万全の交通・騒音対策
- ◎ 支保工の削減

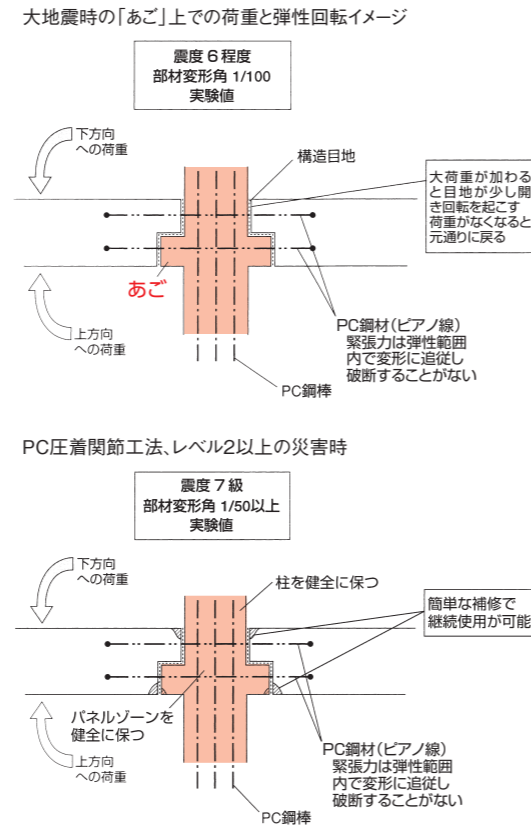
プレストレスト・コンクリート造への評価

プレストレスト・コンクリート(PC)造の構造物は、鉄筋コンクリート(RC)造、鉄骨(S)造等の他工法と比較して、その挙動が特殊である(復元特性が高い)という理由で、一層厳しい終局耐力を基規準で要求されています。従って、PC構造物は構成するすべての構造部材の性能と構築された構造物全体が、他工法と比較してより高いレベルで設計されます。一般的な評価でも、他工法では不可能な大スパン構造をも可能にする技術であり、さらにプレキャスト(PCaPC)によってデザイン性に富んだ建築物を創造できる、とされています。

震度7を超える巨大地震にも耐えられる、高耐震・高耐久スタジアムを実現します。

震度7超の繰返し大地震にも対応した、高耐震建築・PC圧着関節工法。

PC圧着関節工法は、ポストテンションが導入された柱部材の「あご」(コーベル)上に、テンションが導入された梁を架設し、PC鋼材で柱・梁を緊結して構築された構造体です。レベル2(震度7程度)の地震動では建物全体が弾性的な挙動をして、入力(地震)に対応します。一方、RC造、S造等の構造体は、このレベル2で塑性変形をして入力(地震)に対応します。簡単に言えば、PC圧着関節工法は、レベル2では壊れず、他工法では壊れて地震後の使用に耐えないということです。さらに、PC圧着関節工法はレベル2(震度7)を超えた入力(地震)に遭遇した場合、「あご」の上にある柱・梁接合目地が回転・離間して、入力を逃がします。ただし、柱・梁を緊結するPC鋼材は弾性範囲内にあり、建物全体の弾性挙動を保持します。入力(地震)が終息すれば、建物も柱・梁の構造部材も健全な状態を保ち、簡単な補修で地震後の継続使用を可能にします。



ビッグスタジアム等の重要構造物を守る、PC圧着関節工法の2段階設計法。

現行の耐震設計では、塑性設計を許容していますが、部材を損傷させたり鉄筋を降伏させるこの設計法では、建物を守ることはできません。PC圧着関節工法では弾性設計を基本とし、巨大地震時では、圧着目地部を離間させるパシカル設計を採用することで、部材の損傷を防ぎ建物の資産価値を守ります。下表はPC圧着関節工法における耐震設計法です。

表1は建築基準法で定められた耐震設計法の概要で一般的な建物に採用しています。表2は重要構造物等を設計するにあたり当社独自の考え方に基づいて設定した2段階設計法の概要を示しています。圧縮側コンクリートの許容値に差はあるものの、PC鋼材はいずれの段階でも規格降伏点以下と健全であり、部材は弾性的な復元力特性を示します。

表1 建築基準法における耐震設計目標(一般建物用FC60N/mm²)

一般耐震設計	地震の大きさ	震度階	層間変形角	圧着部の状態	引張側応力度(N/mm ²)	圧縮側応力度(N/mm ²)	PC鋼材の状態
許容応力度設計	希に発生する地震動	震度5弱程度	1/200	—	終局強度設計を満足することで自動的にOKとなる	—	規格降伏点以下
終局強度設計	極希に発生する地震動	震度6強	1/100	—	—	$\sigma \leq FC$	規格降伏点以下

表2 2段階設計法を用いた耐震設計目標(重要構造物用FC60N/mm²)

2段階設計法	地震の大きさ	震度階	層間変形角	圧着部の状態	引張側応力度(N/mm ²)	圧縮側応力度(N/mm ²)	PC鋼材の状態
第1段階設計法	極希に発生する地震動	震度6強	1/100	フルプレストレス	$\sigma \geq 0.0$	$\sigma \leq 20.0$	規格降伏点以下
第2段階設計法	想定外の地震動	震度7~8超※	1/75	パシカルプレストレス	$\sigma \geq -4.0$	$\sigma \leq 30.0$	規格降伏点以下

※震度7~8超とは、当社が設定した建築基準法を超える想定外の地震動を示しています

◎PC圧着関節工法委員会は、耐久・耐震技術の向上のため多くの学識経験者によるPC圧着関節工法、鉛直地盤アンカー等のプレストレスト・コンクリート全般の構造技術の研究と普及に努めています。

推奨技術認定書

「PC圧着関節工法」は、大地震時においてもフレームを構成する柱・梁の主要構造部材は健全な状態であること、柱・梁の接合部に配置された接続ケーブル(PC鋼材)は弾性範囲内に留めることを、原則としています。

本システムは、柱に設けた「あご部」(コーベル)に梁を載せ、目地部を柱・梁部材のコンクリート強度以上のセメント系充填材で充填し、目地部の強度発生後に、柱・梁部材を、適切な鋼材量で構成された接続ケーブル(PC鋼材)で圧着接合します。大地震発生時には、圧着接合目地部位置に生じる応力に対して、接合目地の上下縁端部に発生する微小な開きを許容して接合部材端部の曲げ剛性を和らげます。これにより、当該部材端の応力負担率を緩和し、フレーム全体で増分応力の再配分を行い、建物の耐震性能を高めます。加えて、梁・柱部材に導入されたプレストレス(能動的圧縮力)により、地震後の残留変形の低減を可能とします。

この「PC圧着関節工法」は、数次にわたる激震に対して、主要構造部材への影響を最小限に抑え、フレームの健全性を保ちます。また、本システムは、必要に応じて地震時入力エネルギーを吸収する機構(免震、制振など)を容易に組み込むことも出来ます。これらのことを勘案し、「PC圧着関節工法」により建設された建物は、震度7の激震に対応できる耐震性能を持ち、構造躯体の物理的耐久性も200年以上を保証することが可能であり、環境負荷の予測値はコンクリート系構造物の中で最も少ないこと等を踏まえ、推奨技術として認定いたします。

PC圧着関節工法委員会委員長 松崎 育弘

- 耐震技術
PC圧着関節工法 PC-S工法 杭頭免震+PC圧着関節工法
- 推奨耐震技術認定の内容
 - 1) 構造躯体は、高耐久・プレキャストプレストレストコンクリート部材を使用した長寿命構造物とする。
 - 2) 柱・梁圧着接合部は、柱あご部を持つPC圧着関節構造とする。また、最下階柱の柱脚は台座ブロック方式、或いは直接接続方式としたPC圧着関節構造とする。
 - 3) 接合用PC鋼材はPC鋼より線・SCストランドまたは、PC鋼棒を用いて、その緊張力はPC鋼材能力の0.6Pyを超えないこととする。
 - 4) 必要に応じて地震入力エネルギーを吸収する機構を組み込むこととする。

PC圧着関節工法委員会

- 委員長 松崎 育弘 東京理科大学名誉教授
 - 委員 池田 尚治 横浜国立大学名誉教授
 - 委員 北村 春幸 東京理科大学副学長
 - 委員 坂田 弘安 東京工業大学教授
 - 委員 立花 正彦 東京電機大学未来科学部建築学科教授
 - 委員 田邊 恵三 PC圧着関節工法委員会技師長
 - 委員 町田 重美 (株)東京建築研究所会長
 - 委員 山内 泰之 元・建築研究所所長/理事長
 - 委員 和田 章 東京工業大学名誉教授、元・日本建築学会会長
 - 顧問 秋山 宏 東京大学名誉教授、元・日本建築学会会長
- ※五十音順(2018年5月現在)