

北国のPCキャンティレバー庇による半屋外空間

— 北海道大谷室蘭高等学校 —

大山 政彦*1・荻野 雅士*2・鳥谷部 眞司*3・榎本 康輔*4

本稿は、積雪寒冷地である北海道室蘭市に建設された北海道大谷室蘭高校を事例とし、当校で採用された約8.75mのプレストレストコンクリート（以下PCとする）キャンティレバー梁による跳ね出し半屋外空間についての実例報告である。北海道のような寒冷で降雪の認められる地域の高等学校においては、冬の部活動や運動トレーニングにも有効な大庇による半屋外空間は、天候や季節に左右されずに機能するため、きわめて有効であることが確認されている。半屋外空間が無柱空間の場合、柱や壁が無いいため、外部と内部を視覚的につなぐ役割も担っているといえる。本稿では、この半屋外空間の実現を支えたPC梁（ポストテンション方式）の設計・施工上の特徴、効果等についてまとめるとともに、竣工1年を経た建物の当該PC廻りの状態（たわみやクラックの有無）の実測観測より、今回のPCキャンティレバー梁による跳ね出し半屋外空間が、北国雪国においても、機能的・構造的・視覚的に有効な形態であることを実証・報告するものである。

キーワード：プレストレストコンクリート、キャンティレバー、無柱大庇空間、精度管理

1. はじめに

北海道大谷室蘭高校改築工事は、中卒者の減少や姉妹校である登別大谷高校との統合、建物の老朽化等を理由に、従前の室蘭大谷高校教室棟を解体し、そこに新校舎を建設する事業である。

3.11震災後のいわゆる資材高騰と労務事情の悪化により、建設費は一般に2～3割ほど高騰していたが、各種の工夫、関係者の協力により、施主要望の空間構成をローコストの内に実現することができた。建設費を大幅に抑える工夫の一つが、PCaポイドスラブ採用による低階高の無梁スケルトン教室空間の実現である。また、施主の強い要望で実現した講堂は、PC梁を採用した約15m×30mの無柱空間となっている。さらに、建物の顔として機能している大庇は、約8.75mのPCキャンティレバー梁による跳ね出し空間となっており、北国・雪国でも有効な半屋外の無柱多目的広場（約8.3m×30.0m）として機能している。

本稿では、北国においても1年を通じて有効に機能している8.3mの半屋外無柱空間を例に、こうした空間の実現

に多大な貢献を果たした、PC梁（ポストテンション方式）の設計・施工上の特徴、効果等について報告する。

2. 計画コンセプト・建物概要

本計画は、①地域に配慮した学校、②教育理念である真宗大谷の教えを伝承、③大谷室蘭高校の伝統を継承、



写真 - 1 建物外観



*1 Masahiko OYAMA

日本設計 建築設計群
チーフ・アーキテクト



*2 Masashi OGINO

日本設計 構造設計群
グループ長



*3 Shinji TORIYABE

(株) ピーエス三菱
PC建築部



*4 Kosuke ENOMOTO

(株) ピーエス三菱
PC建築部

をもっとも重要な課題に据え、計画されている。

「地域に配慮した学校づくり」として、これまで同様、地域景観と調和するよう高さを押さえたスカイラインとし、鉄の町 室蘭を想起させるメタル系素材を外観に採用している。また、積雪寒冷地であること、通年強い季節風や潮風を受けることなどをふまえ、各部の仕様（目標性能）を設定し、室蘭らしさを備えた新たな景観を創出している。

「真宗大谷の教えを伝承」として、学園の教育理念等にも謳われている (1) いのちの伝承、(2) いつも一緒、会えてよかったね、(3) 自然との共生、これらの理念を伝承するにふさわしい空間構成を構築している。これらは、新校舎とグラウンドを結ぶ中庭の創出、降雨雪時でも利用可能な半屋外多目的スペース・大階段の創出、内部各層に散りばめられた多目的学びあいスペースやホールの創出等により、どこでも繋がり、語り、笑える環境の整備に集約されている。「大谷室蘭高校の伝統の継承」として、サッカー、野球等のスポーツが盛んな校風を継承し、フレキシブルで時代感覚に富んだカリキュラムの導入が可能となるよう、屋外運動場との連携（接続）を重視しながら、内部空間の変更・更新に自由度があるフレキシブルなプランニングが可能な計画となっている。

建物概要は下記のとおりである。

所在地・用途：北海道室蘭市八丁平3丁目1番1号他

主要用途：高校

建主：学校法人 望洋大谷学園

設計・監理：(株) 日本設計

施工：西松・藤川特定建設工事JV

PC施工：(株) ピーエス三菱

構造・階数：鉄筋コンクリート造・地下1地上3階

延床面積：6 284 m²

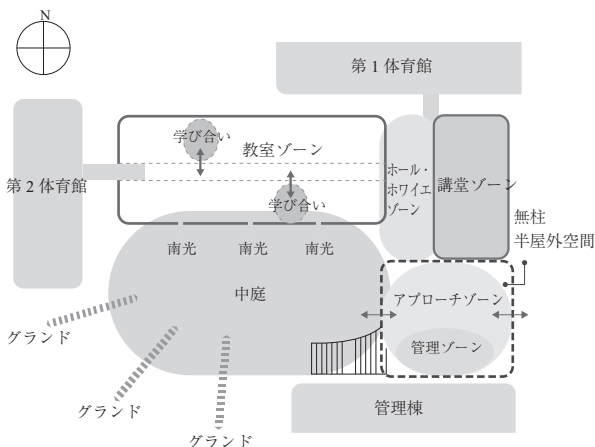


図 - 1 全体ゾーニング図

3. 構造概要

3.1 建物全体の構造概要

建物の主構造を鉄筋コンクリート造とし、平面形状がL型となっていることから、耐震壁や架構をバランス良く配

置し、建物振れ振動を抑える計画とした。

架構種別は耐震壁付きラーメン構造で、構造計画上は必要な耐力壁以外は、将来にわたってフレキシブルなレイアウトに対応できるように乾式壁を用いた。また、講堂は、PC梁（ポストテンション方式）を採用した約15m×30mの無柱空間となっている。さらに、建物の顔として機能している大庇は、8.75mのPCキャンティレバー梁による跳ね出し空間となっており、北国雪国でも有効な半屋外の無柱多目的広場（約8.3m×30.0m）として機能している。

3.2 PC梁の概要

(1) 設計概要

跳ね出し長さ5.6m（片持ちスラブを含め8.75m）のキャンティレバー梁と講堂上部のロングスパン梁（長さ15.0m）を場所打ちPC梁とし、プレストレス力の導入方式をポストテンション方式とした。

PC梁のコンクリート設計基準強度は30 N/mm²とし、プレストレス導入時強度は、最大導入応力の1.7倍、かつ、使用する定着体の必要基準強度以上となる27 N/mm²とした。

PC梁の構造計算ルートはルート3bを採用した。

PCキャンティレバー梁の長期応力に対する設計クライテリアは、フルプレストレッシングとし、全断面で引張力が生じず、曲げひび割れによる変形が生じないようにした。地震時に対しては、鉛直震度を考慮して、1.0Z (G) 鉛直荷重時応力の3倍に対して曲げ終局強度以下、かつ、1.0Z (G) 鉛直荷重時応力の2倍に対して圧縮側は短期許容圧縮応力度以下 (2/3・Fc)、引張側は0.2 mm以下のひび割れを許す設計とした。

また、PCロングスパン梁の長期応力に対する設計クライテリアは、断面に許容値以内の引張応力を許すパーシャルプレストレッシングとした。

(2) PCキャンティレバー梁の積雪荷重、たわみ対策

プレストレス力の導入については、応力が最大となる片持ち基端での緊張力を確保するため、PCケーブルの曲線が大きい片持ち先端側からではなく、PCケーブルの曲線が小さい大梁側から緊張し、緊張による摩擦ロスが最小となるようにした。

PC鋼材の持ち上げ力をより有効にするために、片持ち基端のPCケーブルを梁上端側に配置し、PC鋼材の重心位置から部材重心までの偏心距離を基端で大きく評価できるような配線計画とし、かつ、引張力が生じる片持ち梁基端上端に有効にプレストレス力を導入できる配線とした。

緊張位置と配線形状を図-2に示す。

施工状況を写真-2に示す。

室蘭市における積雪荷重は、垂直積雪量が70 cm、その他の区域に該当するが、北海道建築基準法施行条例第21条第1項により、長期において積雪時を想定しなければならないことにより1.0×70 cm×20 N/m²/cm = 1 400 N/m²、地震時で0.5×70 cm×20 N/m²/cm = 700 N/m²を見込む必要がある。

表-1に同条例の該当箇所を示す。

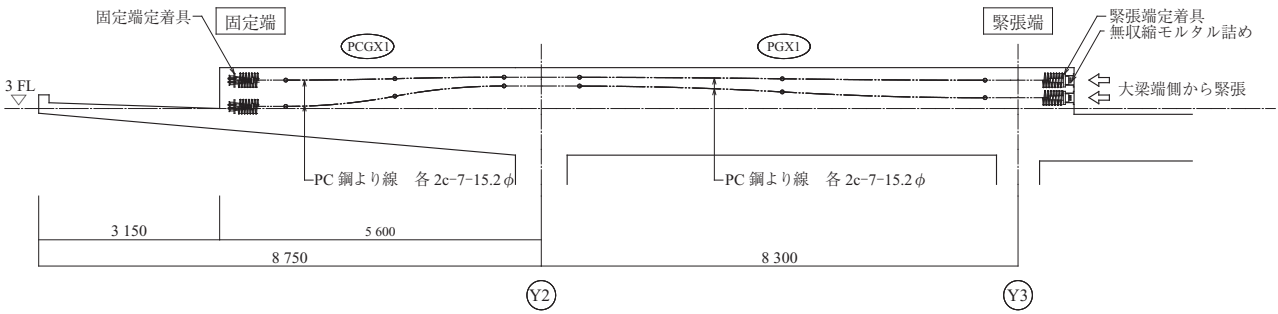


図 - 2 緊張位置と配線形状



写真 - 2 片持ちスラブ上より撮影した施工状況

本建物の片持ち梁は、PC構造を採用したことより、ひび割れを発生しない設計としている。また、PC構造はひび割れやたわみが一時的に生じても元に戻るという特性を持っており、部材の剛性は設計当初のまま変わらず、性能は将来にわたって保証されるといえる。

4. 施工概要

4.1 工程

本工事場所は積雪寒冷地であるがPC工事施工時期は冬期間を避けるように計画し5月～8月に施工を行った。

冬期施工の場合は、降雪による全体工期の遅延やPCグラウトの寒中施工適用による品質管理項目の増加や採暖養生等によるコスト増加のリスクは避けられなくなる。

施工フローを図 - 3 に示す。

表 - 1 北海道建築基準法施行条例第21条第1項

第21条 多雪区域外の区域の建築物につき令第82条第2号に規定する長期及び短期の各応力度を計算するときは、同号の規定にかかわらず、次の表に掲げる式によらなければならない。

力の種類	荷重及び外力について想定する状態	計算式	備考
長期に生ずる力	常時	G + P	
	積雪時	G + P + S	
短期に生ずる力	積雪時	G + P + S	建築物の転倒、柱の引抜き等を検討する場合には、Pについては、建築物の実況に応じて積載荷重を減らした数値によるものとする
	暴風時	G + P + W	
	地震時	G + P + 0.5S + K	

この表において、G、P、S、W及びKは、それぞれ次の力（軸方向力、曲げモーメント、せん断力等をいう。）を表すものとする。

- G 令第84条に規定する固定荷重によって生ずる力
- P 令第85条に規定する積載荷重によって生ずる力
- S 令第86条に規定する積雪荷重によって生ずる力
- W 令第87条に規定する風圧力によって生ずる力
- K 令第88条に規定する地震力によって生ずる力

ただし、夏期は積雪が無い状態となるため、プレストレスによるむくりが過大とならないように緊張力を設定した。その結果、設計値としては、積雪が無いときの片持ち梁先端でのたわみ量は、-1mm程度、積雪時は2mm程度となる。

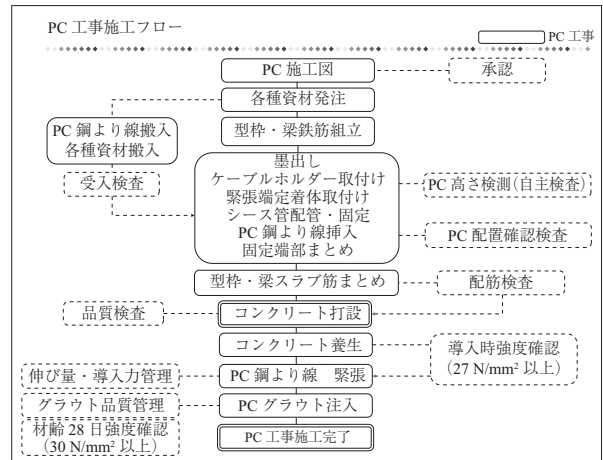


図 - 3 PC工事の施工フロー

4.2 PC緊張計画

(1) 緊張順序

PC梁が配置されているRC造の場合、プレストレスによる応力が作用しスラブや壁にひび割れを生じさせる可能性があるため、プレストレス導入完了までスラブスリットによるあと施工エリアを設けひび割れ防止を施した。

PCキャンティレバー梁およびPCロングスパン梁のPCケーブル配置が各梁とも4ケーブルであることより、一度のPC緊張を各梁2ケーブルずつとし、それを繰り返すことで梁とスラブへのプレストレスによる応力集中を防ぐように計画した。

緊張順序計画を図 - 4 に示す。

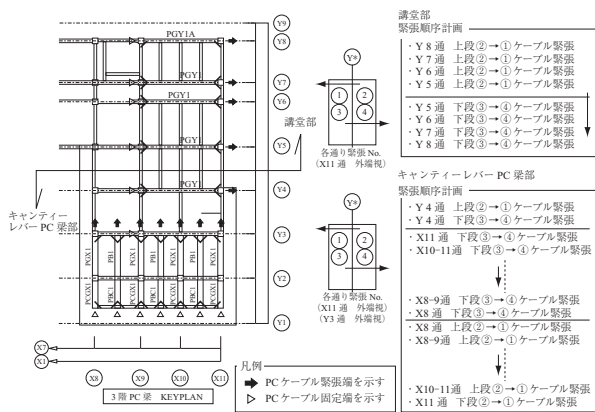


図 - 4 緊張順序計画

(2) PC キャンティレバー梁の緊張と精度管理

本工事の PC キャンティレバー梁は逆梁に近い形状になっており緊張端はスラブ上面より突出している。そのため作業性が良くタイヤ付の仮設材にて移動式吊装置を作成し、PC 緊張に使用する 1700 KN 緊張ジャッキ (重量 190 kg) を吊り下げ緊張作業を行った。

緊張作業状況を写真 - 3 に示す。



写真 - 3 PC キャンティレバー梁の緊張状況

精度管理については、各ケーブルを緊張管理図 (グラフ) にて管理するとともに PC キャンティレバー梁の先端のむくり量をオートレベルにて緊張前と緊張後を測定し管理を行った。

実測ポイントを図 - 5 に示す。

緊張直後に実測ポイント ③ の箇所において最大で 3 mm のむくりを記録したが、その後およそ 2 年の経過実測値は ±0 mm であった。

(3) PC ロングスパン梁の緊張と精度管理

講堂の PC ロングスパン梁の緊張端は建物外部側である。本工事では外断熱材厚さ 100 mm が同時打込みされており、緊張定着体が取付く部分の断熱材取付けは緊張完了後の施工とした。緊張作業は PC 緊張に使用する 1700 KN

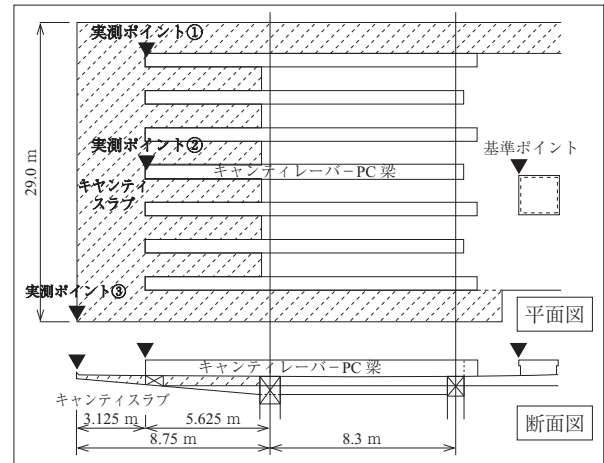


図 - 5 PC キャンティレバー梁のむくり量実測ポイント

緊張ジャッキ (重量 190 kg) を吊り下げ水平移動できる滑車装置を外部足場に取付けて作業を行った。

緊張作業状況を写真 - 4 に示す。



写真 - 4 PC ロングスパン梁の緊張状況

精度管理については、PC キャンティレバー梁と同様に各ケーブルを緊張管理図 (グラフ) にて管理するとともに 15.0 m スパン中央部の緊張による梁むくり量をオートレベルにて緊張前と緊張後に測定し管理した。

実測ポイントは図 - 6 に示す。

⑤ の箇所においても最大で 3 mm のむくりを記録したが、同様におよそ 2 年の経過実測値は ±0 mm であった。

4.3 北国・雪国における施工上の留意点

北国・雪国における PC 工事でもっとも留意しなければならない注意点は、PC グラウト注入である。冬期間は PC グラウトの凍結防止を考慮し、一般に部材温度が 5℃ 以下の場合にはグラウト注入を行わない方が良いとされる。やむを得ず寒中施工を行う場合は、部材全体を保温養生する施工計画が避けられない。

日平均気温が 4℃ 以下になる時期を表 - 2 に示す。

本工事場所の室蘭では 4 月上旬から 11 月下旬までにグラウト注入を施工するのが望ましいと判断し、PC 施工計

画に反映した。

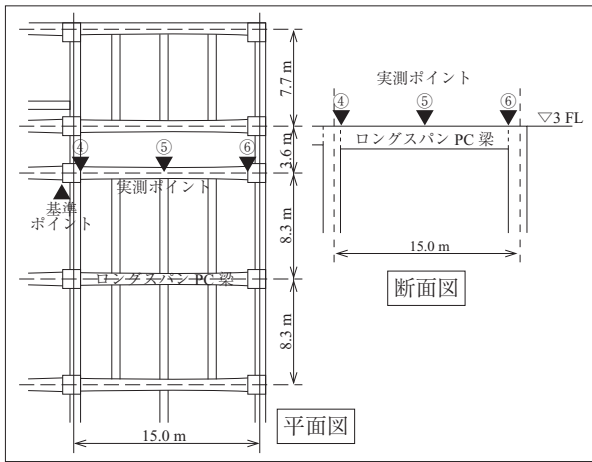


図 - 6 PC ロングスパン梁のむくり量実測ポイント

表 - 2 北海道の日平均気温が 4℃以下になる時期

地名	日平均気温が4℃以下の時期															
	11月		12月		1月		2月		3月		4月					
	上旬	下旬	上旬	下旬	上旬	下旬	上旬	下旬	上旬	下旬	上旬	下旬	上旬	下旬		
北海道	旭川															
	帯広															
	苫小牧															
	釧路															
	小樽															
	札幌															
	苫小牧															
	留萌															
	稚内															
	紋別															
	釧路															
	根室															
函館																
室蘭																

日平均気温が4℃以下の時期 (気象庁 HP データより作成)



写真 - 5 8.75m 跳ね出し半屋外の無柱多目的広場



写真 - 6 8.75m 跳ね出し半屋外の無柱多目的広場
—完成写真—

5. おわりに

本建物は 2014 年 1 月末に竣工引渡しされている。竣工後の 1 年点検は 2015 年 3 月初旬に行われている。その際、今回の報告を行った PC 梁周辺でのたわみやクラック等を実測確認した。結果、たわみにおいては、すべての梁・スラブにおいて ± 0 mm であり、クラックは認められていない。以上より、当初の目標品質が予定どおり確保できたことが確認されている。一方、北海道のような寒冷で降雪の認められる地域の高等学校においては、冬の部活動や運動トレーニングにも有効な大庇による半屋外空間はきわめて有効で、天候や季節に左右されずに機能する貴重な空間であることが確認されている。半屋外空間が無柱空間の場合、柱や壁が無いため、外部と内部を視覚的につなぐ役割も担っているといえよう。以上より、今回の 8.75m の PC キャンティレバー梁による跳ね出し半屋外空間は、北国雪国においても、機能的・構造・視覚的に有効な形態であることが実証されたと考えられる。

参考文献

- 1) 日本建築学会：プレストレストコンクリート設計施工規準・同解説
- 2) 日本建築学会：プレストレスト鉄筋コンクリート（Ⅲ種 PC）構造設計・施工・同解説
- 3) 日本建築学会：建築工事標準仕様書・同解説 JASS5 鉄筋コンクリート工事

【2016 年 4 月 13 日受付】