分割製作したプレキャスト梁の連結・架設

－石巻（いしのまき）市漁業協同組合 製氷・貯氷施設建設工事－

東京建築支店　PC建築部（東北支店駐在）　南和昭
東京建築支店　建築設計部（東北支店駐在）　濱田大地

概要：本工事は東日本大震災の復興物件であり，震災により被害を受けた石巻市漁業協同組合の製氷・貯氷施設の再建事業である．

構造はプレキャスト・プレストレストコンクリート（以下，PCaPCとする．）造であり，積載荷重が大きい貯氷庫を設置する床の梁は，せい1,900mm，スパン19.0mである． 部材重量は最大で47tあり，一部材では工場で製作，運搬ができないため，3つに分割して製作し，現場にて連結，架設する計画とした．また，労務不足の影響により着工後，在来工法部の工程に遅れが出た．そのため，PC工事の工期短縮が求められ，架設計画の抜本的見直しにより工期短縮を実現した．

本稿では，貯氷庫を支える連結梁の構造検討および，施工手順，架設計画，工程計画の概要を報告する．

Key Words：東日本大震災，復興，製氷・貯氷施設，連結梁

１．はじめに

石巻市漁業協同組合には，東日本大震災前，日最大90tと45tの2つの製氷・貯氷施設があったが，震災の大津波で，いずれも壊滅的な被害を受けた．

90t施設については本工事の前年度に被害を受けた施設を改修し，復旧させており，本工事着工時には稼働していた．

本工事は45t施設の新築である．完成すると震災前と同規模の能力を確保できる．

建物外観を**写真-1**に示す．3階貯氷庫下が氷を荷受けするためのピロティであり，3階梁は，貯氷庫の積載荷重を支え，かつ荷受けのための空間確保のためスパンを大きくできる構造として，PCaPC造が採用された．震災後の労務不足も採用の一因である．

また，本工事は水産業共同利用施設復旧支援事業であり，早期復旧が求められた．併せて，貯氷庫は予冷期間が必要であり，所定工期内での施工が求められた．

写真-1 建物外観

南和昭

濱田大地

2．建築概要

建築概要を以下に示す.

工事名称：石巻市漁業協同組合　製氷・貯氷施設建設工事
発注者名：石巻市漁業協同組合
所 在 地：宮城県石巻市魚町一丁目 2-16
規　　模：地上 5 階建
建築高さ：最高高さ 25.75m，軒高 24.50m
敷地面積：3,850m²
建築面積：1,658.18m²
延床面積：3,331.86m²
構　　造：PCaPC 造
用　　途：冷蔵・冷凍施設
工事監理：㈱ライズ建築設計
施　　工：㈱福田組
工　　期：2012 年 11 月 1 日～2013 年 11 月 30 日
PC 工期：2013 年 4 月 25 日～2013 年 7 月 24 日
部材数量：177P（PCa 部材数量表を**表-1** に示す.）

写真-2 建設地

表-1 PCa 部材数量表

部材名	部材数 (P)	部材総体積 (m³)	部材総重量 (t)
柱	65	351.3	878.2
スパン梁	37	308.6	771.4
桁　梁	50	236.9	592.4
小　梁	5	72.6	181.6
DT 床版	20	32.8	82.1
合計	177	1002.2	2505.7

2.1　敷地概要

建設地は**写真-2** に示すように石巻港沿岸で周りを海に囲まれている．改修後稼働している製氷・貯氷施設が敷地北面に隣接しているが，それ以外近接する建物はなく，通行車両も製氷施設の関連車両以外の通行はほとんど無い.

敷地図を**図-1** に，敷地状況を**写真-3** に示す．敷地図に示すとおり，敷地西側・南側が港湾道路となっている. また, 地盤面は津波に備えて既存 GL より，敷地を 1.5m 盛り土によりかさ上げしている．搬入経路は，南側港湾道路より敷地東側に設けられたスロープを登り敷地内に入る.

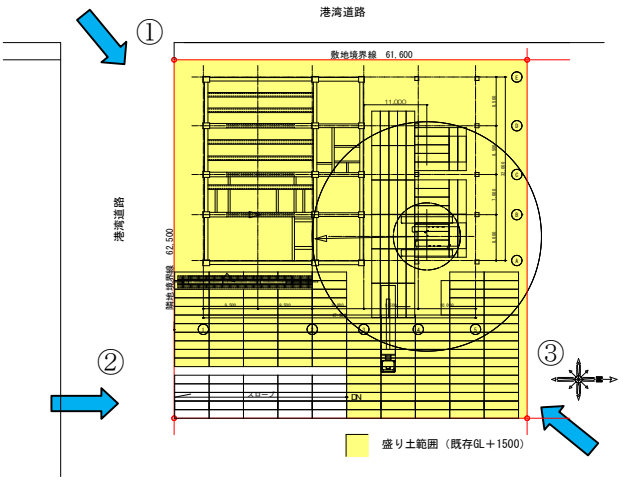


図-1 敷地図

① 敷地南西より

② 敷地南より

③ 敷地北東より

写真-3 敷地状況

３．連結梁接合部の検討と施工手順

3.1 連結梁の計画概要

図-2,3 はピロティと貯氷庫を有する階の平面図であり，**図-4** は C 通断面図である．また，**図-5** には C 通りに架かる梁の断面リストを示す．前述のとおり，3 階に貯氷庫がありその下階は，氷を荷受けするためのピロティである．3 階梁は，貯氷庫の積載荷重を支え，かつ荷受けのための空間確保のためスパンを大きくできる構造としてせい 1,900mm，スパン 19.0m と断面が大きく，部材長が長大な部材である．部材重量は 27t～47t あり，梁部材を運搬が可能な重量，かつ製作工場での吊り上げが可能な重量とするため，3 ピースに分割する必要があった．したがって，部材接合部に目地を設けないフラッシュジョイントで製作し，1 次ケーブルのプレストレスで部材の接合する計画とした．

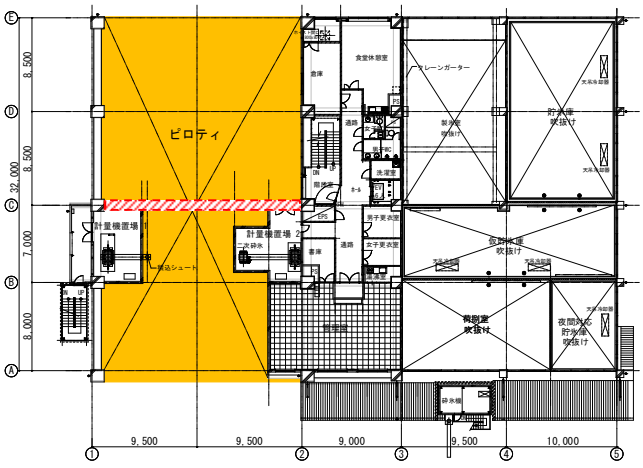


図-2 1 階平面図

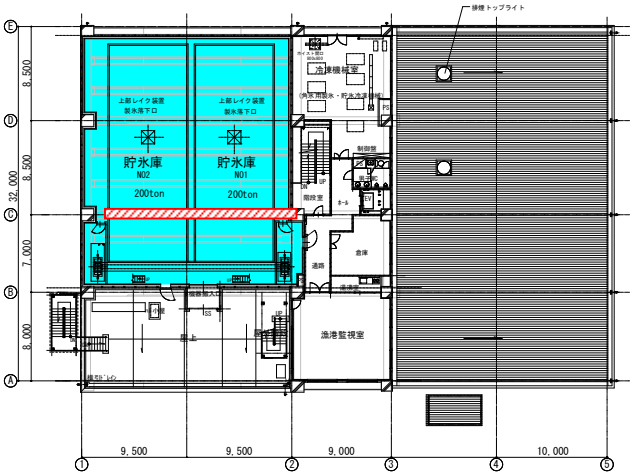


図-3 3 階平面図

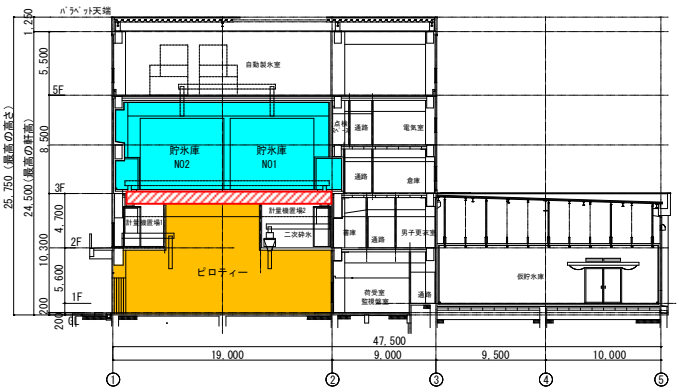


図-4 C 通断面図

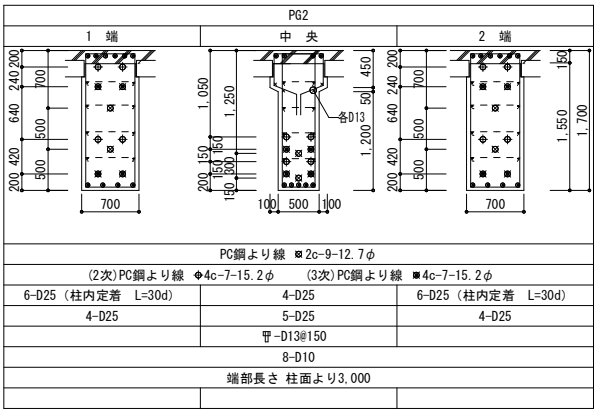


図-5 PG2 断面リスト

写真-4 ピロティ

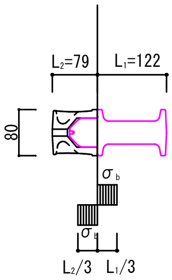
写真-4 は竣工後の写真であり，点線で囲んだ箇所が氷を荷受けするピロティである。黄色い線で示したのが連結梁であり，上部貯氷庫を支え，下階のピロティの空間を構成しているのがわかる．

3.2　接合部の検討

架設時に 1 次ケーブルのプレストレスで部材の接合部が安全かを確認し，接合部には必要な数量の接合キーを追加し，接合部補強筋を配置した．C 通スパン梁 PG2 の接合部の検討を以下に示す．なお，検討は道路橋示方書・同解説（Ⅰ・Ⅲ）を基に行った．

3.2.1　接合ケーブル緊張時の接合部断面応力度の検討

設計基準強度	F_c	50N/mm²
プレストレスによる接合部の縁応力度	σ_{u1}	-0.64N/mm²
（σ_u：上縁　σ_d：下縁）	σ_{d1}	5.56N/mm²
自重による接合部の縁応力度	σ_{u2}	3.42N/mm²
（σ_u：上縁　σ_d：下縁）	σ_{d2}	-3.29N/mm²
施工時許容圧縮応力度（パーシャル）	f_c'	22.50N/mm²
	f_t'	-3.38N/mm²



接合キー

接合部縁応力度

$\sigma_u = \sigma_{u1} + \sigma_{u2}$

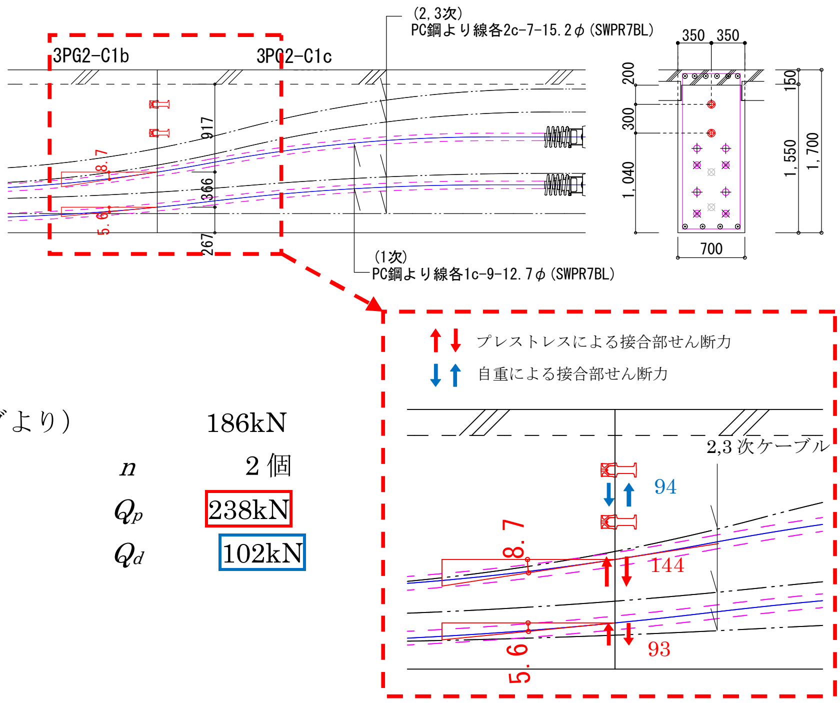
$= 2.78\text{N/mm}^2$

$\sigma_d = \sigma_{d1} + \sigma_{d2}$

$= 2.14\text{N/mm}^2$

$f_c' > \sigma_u > f_t'$　　ok

$f_c' > \sigma_d > f_t'$　　ok



プレストレス力（9-12.7φ）　設計用せん断力

P_o=1,123 kN　　Q_p=144+94=238 kN

P=1,123×0.85

= 955 kN

3.2.2　接合キーの検討 [1)]

接合キーの許容耐力(メーカカタログより)		186kN
接合キー本数	n	2 個
プレストレスによる接合部せん断力	Q_p	238kN
自重による接合部せん断力	Q_d	102kN

接合部に作用するせん断力

$Q_a = Q_p + Q_d = 238 - 102 = 136\text{kN}$

接合キー 1 カ所当たりのせん断力

$S_e = Q_a / n = 136/2 = 68\text{kN} < 186\text{kN}$　　ok

3.2.3　接合ケーブル緊張時のコンクリート支圧応力度の検討 [1)]

コンクリートが負担できる支圧応力度	σ_{eab}	$1.5F_c$=75N/mm²
接合キーの外径	B	80mm
接合キーの埋込長さ	L	79mm

コンクリートに作用する支圧応力度

$$\sigma_{ca} = \frac{S_e}{B \cdot L/3}$$

$= 32\text{N/mm}^2 \le \sigma_{eab}$　　ok

接合部補強筋詳細を図-6 に示す．

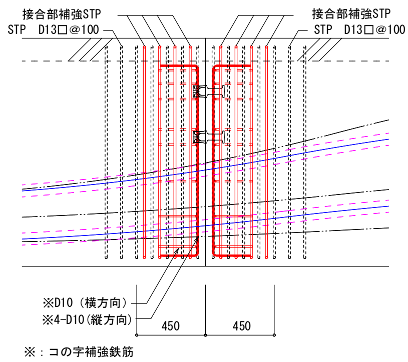


図-6 接合部補強筋詳細

3.3　施工手順

今回，連結梁とするのは貯氷庫を支える3階の1～2通間に架かるスパン梁5本，小梁5本，4～R階A,E通スパン梁各2本ずつの計16本である．

施工手順としては，3分割された梁を連結用の脚部がローラとなっている架台にセット後，接合面にエポキシ系接着剤を塗布し，両端から部材を押して仮接合を行い，1次ケーブルを通線，緊張し一体化する．

連結施工手順を**図-7**に，連結梁施工状況を**写真-5-1，5-2**に示す．

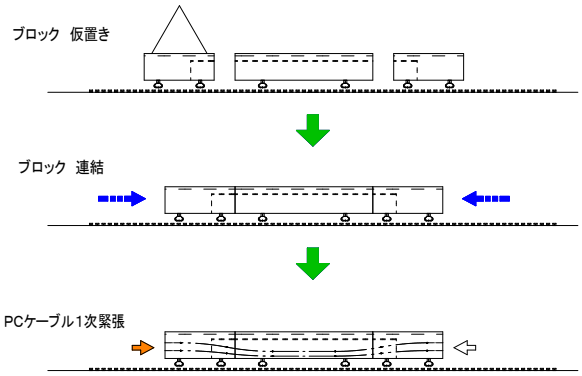


図-7 連結施工手順

1.　連結架台

2.　分割梁搬入・セット

3.　接合面・接着剤塗布

4.　接合状況

5.　接合面

6.　1次ケーブル通線

7.　油圧ジャッキセット

8.　1次緊張

9.　接合部側面処理

写真-5-1 連結梁施工状況

10.　玉掛け　　11.　架設状況　　12.　架設完了

写真-5-2 連結梁施工状況

4．架設計画と工期短縮

4.1　架設計画

着工前のクレーン計画図を**図-8** に，着工後再検討したクレーン計画図を**図-9** に示す．着工前の計画では，敷地西側と南側に港湾道路が通っているため，架設用の 350t クローラークレーンの配置は建物東側内部としていた．しかし，貯氷庫のある 1～2 通間に架かる梁の重量が 35t～47t であるため，E 通のスパン梁架設に際しては，**図-8** に示すように 1～2 通間の C 通際にまでクレーンを寄せる必要があった．そのため，架設手順として，桁梁および C～E 通間のスパン梁を最上階まで架設後にクレーンを後退させ，残りの A～C 通間のスパン梁を架設する計画であった．

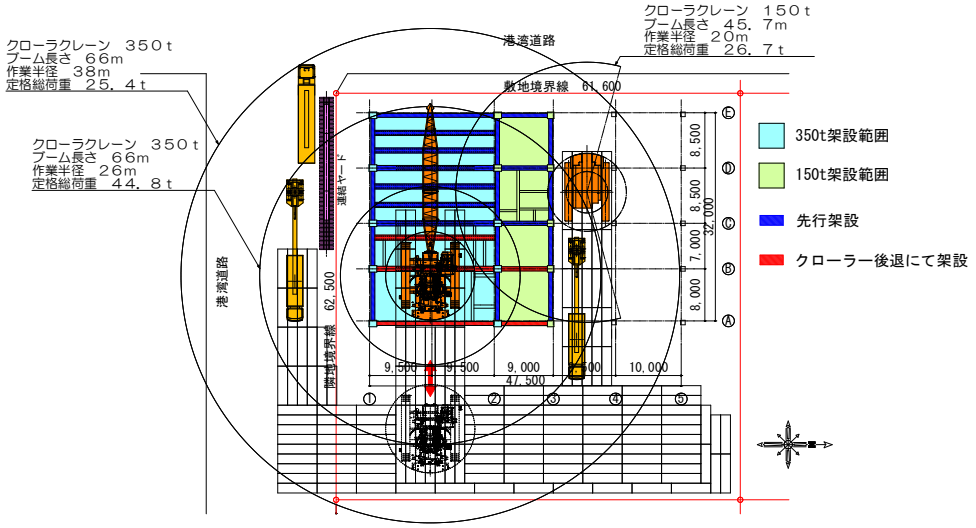


図-8 クレーン計画図（着工前）

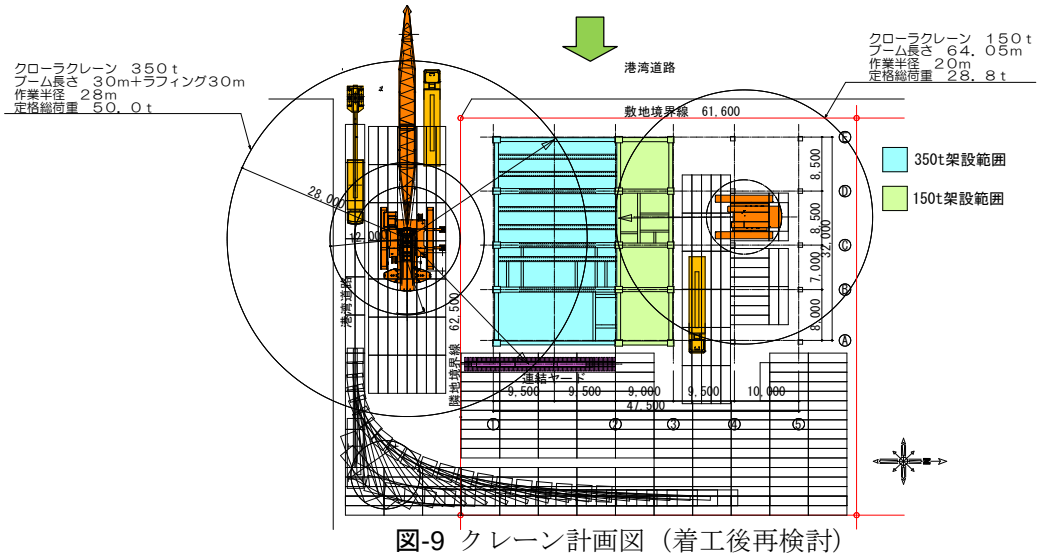


図-9 クレーン計画図（着工後再検討）

着工後，基礎工事の遅れにより PC 工事の工期短縮が求められた．そこで，**図-9** に示すように敷地南側港湾道路に 350t クローラークレーンを配置し，建物内の 1～2 通間にクレーンを配置することなくスパン梁を架設できる計画に変更した．南側港湾道路は未舗装で一般車両の通行もなかったため，道路監理者の承諾を得て，クレーンを設置することができ再検討した架設計画を実行することが可能となった．

マスター工程は**図-10** に示すとおりである．再検討後の架設計画では，A～C 通間スパン梁の架設も階ごとに行えるので架設工期は大幅に短縮し，当初 105 日であった PC 工事工期を 75 日まで短縮できた．当初の計画では階ごとに架設が終わらないため，後続の工事に残工事が生じてしまい工期のロスが大きかったが，架設計画の見直しにより後続の工事も A～C 通間に残工事なく進められた．クレーン配置・架設状況を**写真-6,7** に示す．

写真-6 架設状況（南面より）

写真-7 架設状況

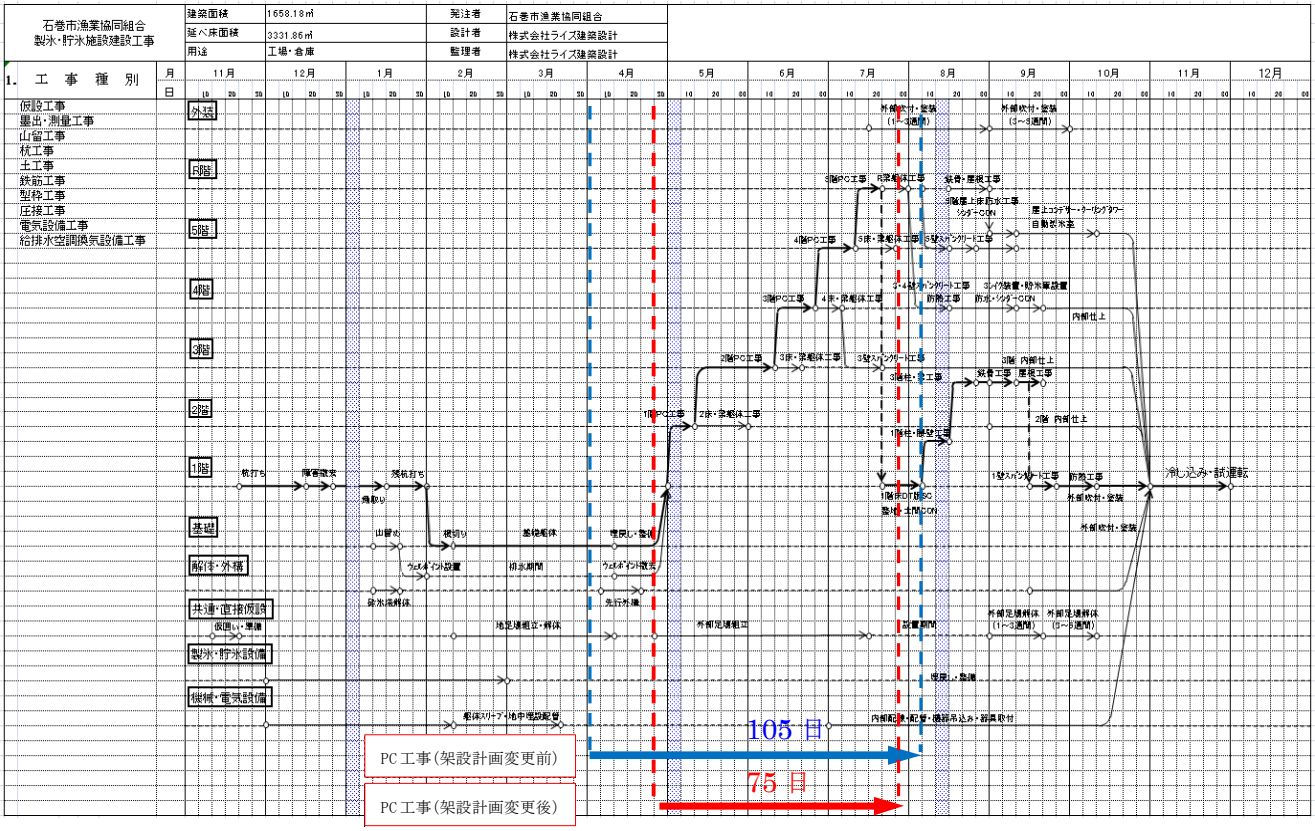


図-10 マスター工程

4.2　架設順序

今回，3 階貯氷庫に架かる梁に関して一部架設と通線手順に注意する点があった．

貯氷庫に架かる 1～2 通間梁の配線は，桁梁が 2 次，3 次ケーブル各々 PC 鋼より線 4c-7-15.2φを計 8 本．スパン梁も同様に 2 次，3 次ケーブル各々PC より線 4c-7-15.2φ（B 通り PG2B には 4c-9-15.2φ）を計 8 本である．

2 通柱のスパン方向の仕口部詳細を**図-11** に示す．1～2 通間の梁の 2，3 次ケーブルの配線が 4 段に対して，2～3 通間の配線は 3 段となっているため，最下段のケーブル定着体と 2～3 通間架設時の梁支持のためのブラケットが干渉する．このため，1～2 通間梁架設後，最下段のケーブルのみ通線を行い，その後ブラケットを設置し，2～3 通間の梁を架設という手順とした．桁梁に関しても A～B 通間と B～E 通間の梁で配線が異なり同様の施工手順とした．

架設フローを**図-12** に，2 通桁梁と C 通スパン梁を一例として各工程の概略を，**図-13-1**，13-2 に示す．

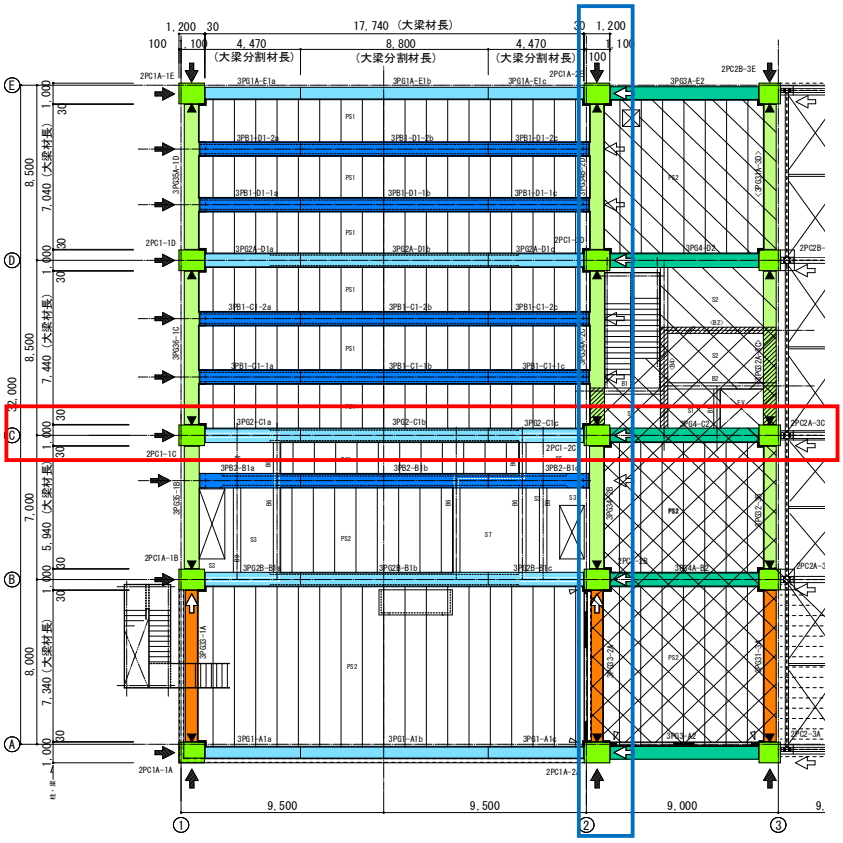


図-11 仕口部詳細図

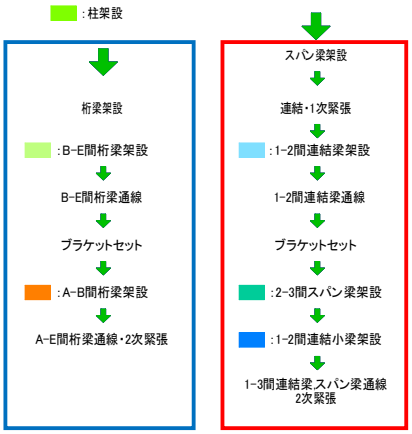


図-12 架設フロー

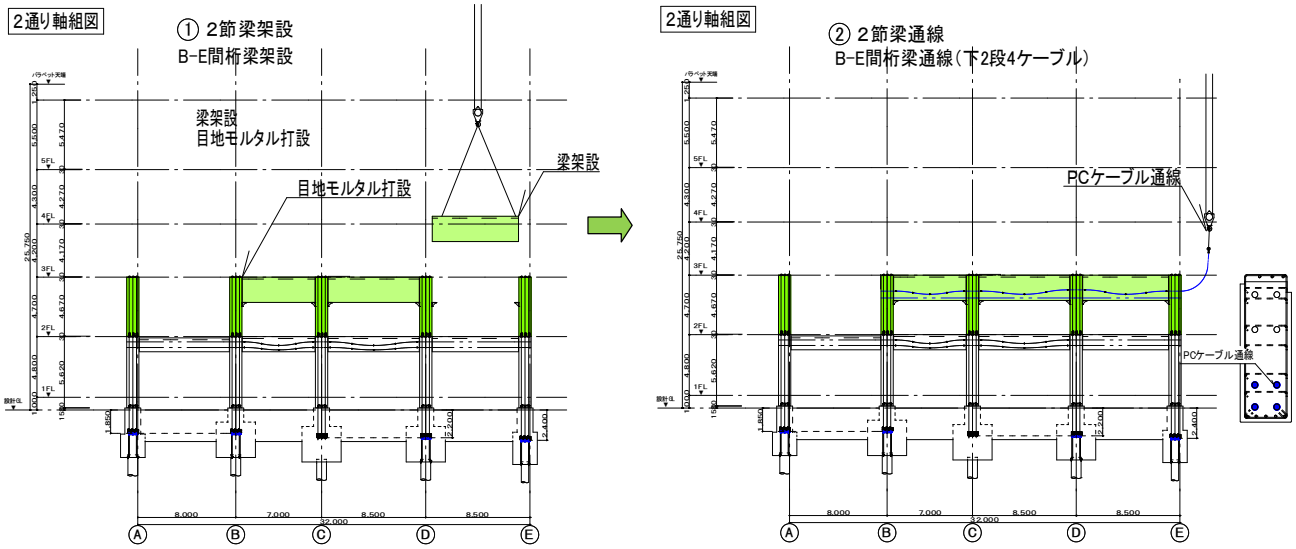


図-13-1 架設工程概略図

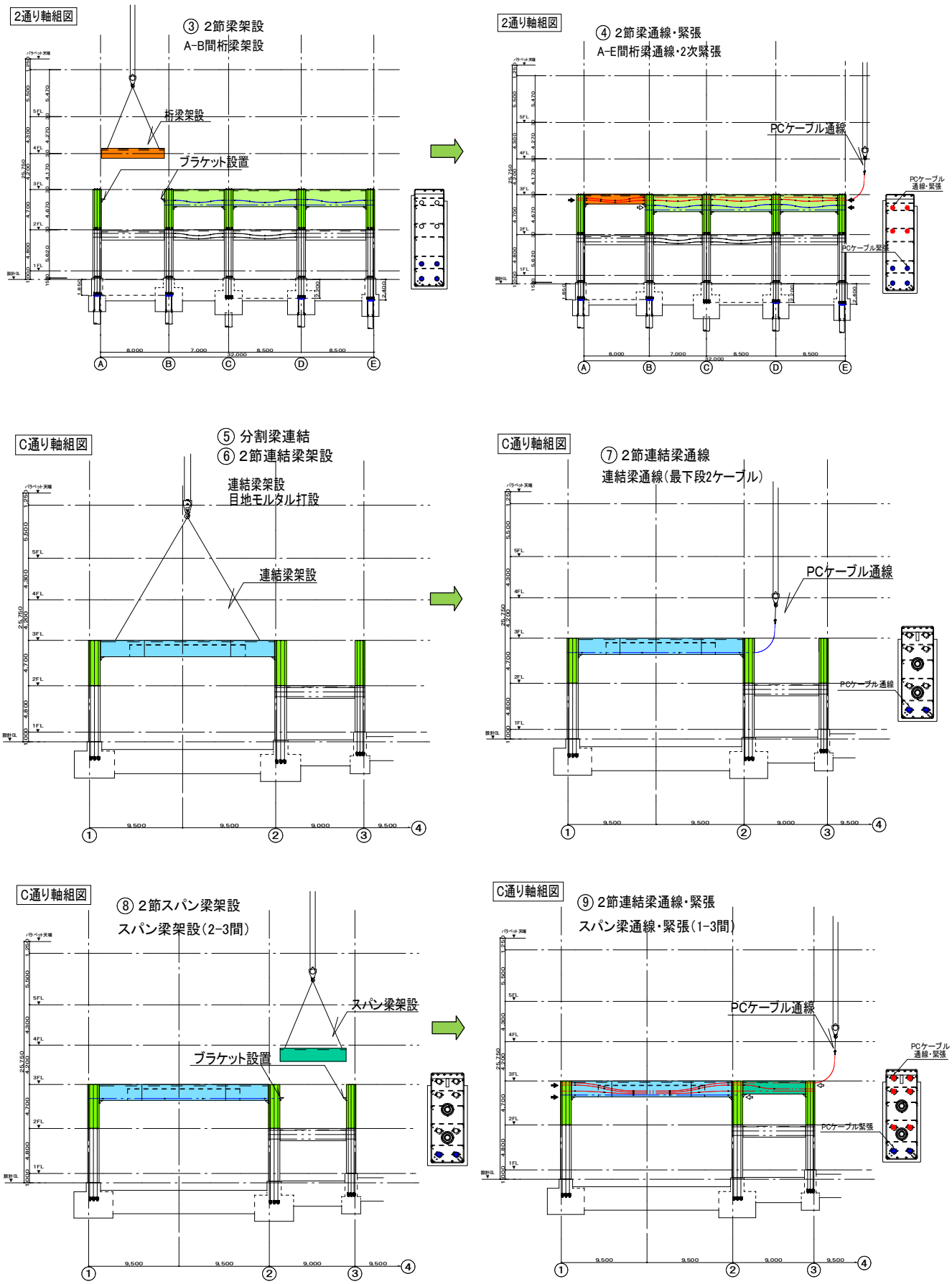

2通り軸組図
③ 2節梁架設
A-B間桁梁架設
桁梁架設
ブラケット設置
2通り軸組図
④ 2節梁通線・緊張
A-E間桁梁通線・2次緊張
PCケーブル通線
PCケーブル緊張
C通り軸組図
⑤ 分割梁連結
⑥ 2節連結梁架設
連結梁架設
目地モルタル打設
連結梁架設
C通り軸組図
⑦ 2節連結梁通線
連結梁通線（最下段2ケーブル）
PCケーブル通線
C通り軸組図
⑧ 2節スパン梁架設
スパン梁架設（2-3間）
スパン梁架設
ブラケット設置
C通り軸組図
⑨ 2節連結梁通線・緊張
スパン梁通線・緊張（1-3間）
PCケーブル通線
PCケーブル緊張

図-13-2 架設工概略図

５．まとめ

今回，貯氷庫を支える梁を連結梁とした．連結梁の施工においては，設計段階では接合部の検討，施工計画時では連結ヤードの施工スペースの確保，連結梁の重量とクレーン性能，クレーン配置とヤードとの位置関係の検討と設計・施工両面での検討が重要である．

また，連結梁が架かるフロアは使用用途により積載荷重に大きな偏りがあり，梁の断面寸法ならびに配線（ケーブル本数）がスパン間で異なっていた．そのため，ケーブルを一度に通線・緊張できない梁があったが，部材搬入，架設・配線・緊張手順を一部入れ替える等して対応し，作業工程が滞ることなく架設を行うことができた．

そのほか，震災後の労務不足により基礎工事に遅れが生じ PC 工事の工期短縮が求められたが，クレーン配置計画の抜本的な見直しにより PC 工事の工期短縮ならびに後続の工事に残工事を残すことなく全体工期の短縮を実現した．

今後も震災復興，オリンピック関連事業等のための労務不足により PCaPC 工法の需要は高まる見込みはあるが，労務不足は深刻で躯体工事業者のみでなく，全業者に波及している． PC 工事を進めるにあたっては，当該工事の前工事や付帯する工事の工程や作業等を事前に元請，関連業者と十分に協議・打合せすることが重要であり，架設工程・部材製作工程の検討が必要である．

写真-8 竣工写真

参考文献

1) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説（I・III），1996.12