

ウェブ部に連続円形開口を有するPC合成床板を用いたPC組立工法

(ドーピー建設工業(株)美唄工場事務所棟新築工事)

倉持 春夫*1・中居 純一*2・新井 修一*3・鳥屋 隆志*4

1. はじめに

本建物は、北海道美唄市の工業団地内に建設された地上2階建ての事務所である(写真-1)。美唄市は北海道でも指折りの多雪地帯であり、厳寒の地でもあるため、構造物は高品質・高耐久性が必要とされる。さらに本建物は「上部躯体工事は1ヵ月以内に完成させる」という条件もあったため、工期短縮と品質確保の点で最も優れたプレキャスト部材(以下、PCa部材と略す)によるPC組立工法を採用した。ここで、床にはダブルT型のプレキャストPC合成床板工法を採用したが、一部の部材に

は、ウェブ部に設備用配管のための円形開口を連続的に設けている。

本報告は、このプレキャストPC合成床板工法の構造性能実験の結果とPC組立工法の施工についてまとめたものである。

2. 建物概要

工事名称：ドーピー建設工業(株)美唄工場 事務所棟 新築工事

工事場所：北海道美唄市東6-北10-2-1

建築主：ドーピー建設工業(株)

設計：ドーピー建設工業(株)一級建築士事務所

施工：ドーピー建設工業(株)

PC工事：ドーピー建設工業(株)

規模：階数 地上2階

建築面積 209.96m²

延床面積 407.92m²

構造：基礎 独立杭基礎

柱・梁 プレキャストPC造

床板 DPスラブ合成床板

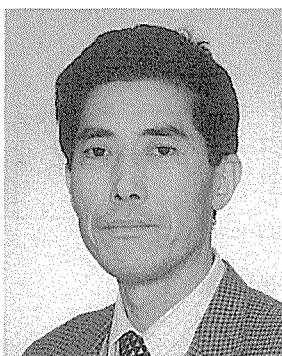
(ウェブ部に円形開口を連続的に設けた部材を一部に使用)

外壁 押出し成形セメント板

階段 鉄骨造



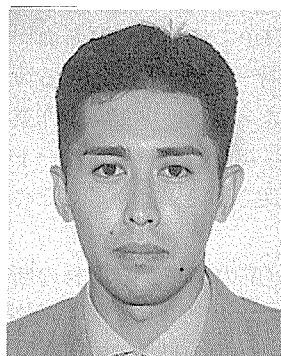
写真-1 全景



*1 Haruo KURAMOCHI
ドーピー建設工業(株)
技術部
建材開発課
課長



*2 Jun-ichi NAKAI
ドーピー建設工業(株)
北海道本店
建築・建材チーム
チーフ



*3 Shuichi ARAI
ドーピー建設工業(株)
北海道本店
建築・建材チーム



*4 Takashi TORIYA
ドーピー建設工業(株)
技術部
建材開発課

ここで、DPスラブとはダブルT型プレキャストPC床板の支承部の補強に変形ヘアピン型補強筋を用いた部材の呼称であり、DPスラブを用いた合成床板工法をDPスラブ合成床板と称する。

工 期：平成8年4月～同年9月

3. ウェブ部に連続円形開口を有するPC合成床板

3.1 PC合成床板の概要

ダブルT型プレキャストPC床板（以下、DT板と称する）は、建築床スラブを構築する際の埋設型枠として多用されている。ただし、主に階高低減のために切欠きを設けた支承部の補強は、専らPCIに示される方法¹⁾などに準拠して行われ、従来、非常に複雑な配筋と煩雑な施工が強いられてきた。

そこで筆者らは、この従来型の補強方法と同等以上の構造性能を有し、かつ、簡単な配筋、優れた施工性を併せ持つ、変形ヘアピン型補強筋を用いた支承部の補強方法を考案した^{2),3)}。図-1に支承部の配筋状況を示す。この補強を施したDT板（以下、DPスラブと称する）およびDPスラブを用いた合成床板工法（以下、DPスラブ合成床板と称する）は、幾つか実施した構造性能試験、施工試験を通して、構造上の安全と使用環境の保持が確認されている。

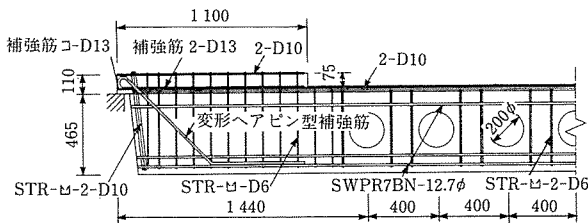


図-1 部材端部の配筋状況

さて、構造性能試験^{2),3)}によれば、DPスラブ合成床板の曲げ耐力は合成後に作用する荷重が通常の範囲（おおむね1000kgf/m²以下）であれば、かなり大きな余裕を保有している。これは、概してDPスラブの必要断面が合成前の支持状態（両端単純支持一方向板）における荷重（DPスラブ自重、場所打ちコンクリート自重、作業荷重）並びに安全係数（架設時、場所打ちコンクリート打設時の衝撃係数）によって決定されることが多いためである。

またDPスラブに限らず、曲げ応力に対する部材の断面性能に最も寄与するのは部材のせいであり、図心近傍の断面の有無が与える影響が少ないことは明白である。

それであれば、構造上の支障が生じないことを条件にウェブ部に連続円形開口を設けることは、建物全体の使用性向上に有益になることも少なくないはずである。す

なわち、これまでの比較的せいの大きなDPスラブを用いる場合に問題となっていた設備用スリーブの設置制限（ウェブ部をPC梁と見なせば最大口径はせいの1/5程度、他に設置位置の指定がある⁴⁾）にとらわれずに高い自由度が期待できるとともに、部材の軽量化、美観上の工夫の可能性などメリットは大きい。

このような経過から、美唄工場事務所棟新築工事ではウェブ部に連続円形開口を設置したDPスラブ合成床板を採用し、施工に先立ち構造性能の実証試験を行った。次の項では、このうち曲げ性状の確認試験について述べる。

3.2 構造性能の実証実験

(1) 試験体

試験体は、実用モデルの2分の1幅を取り出したシングルT型のプレキャストPC床板で、支承部のフランジ厚を増し、前述した変形ヘアピン型補強筋を配している。スパン長は実用モデルと同じ12480mm、高さは500mmである。試験体は、ウェブ部に連続円形開口を設置したものを8体、無開口のものを2体、計10体とし、試験体のパラメーターは、開口の有無、開口の間隔、開口の径および場所打ちコンクリートの有無とした。ここでは、これらの試験体のうち、実際に採用した有開口モデルと無開口モデルについて述べる。詳細は文献⁵⁾を参照されたい。表-1に試験体の諸性状を、図-2に試験体の断面形状を示す。表-1の試験体記号は無開口、有開口のものをそれぞれST、SSTとし、場所打ちコンクリートを打設し合成床板としたものは記号の最初にCを冠した。

表-1 試験体の諸性状

試験体名	孔の径	孔のピッチ	場所打ちコンクリート	備考
ST-1	—	—	×	
CST-1	—	—	○	
SST-1	φ200	φ400	×	
CSST-1	φ200	φ400	○	

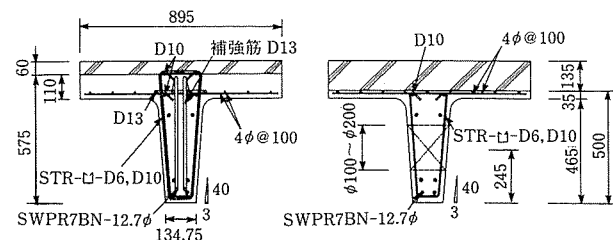


図-2 試験体の断面形状

有開口モデルの円形開口は径を200mmとし、その中心を断面図心に置いた。配置は材軸中央から両端に向けて、間隔400mmとした。試験体の製作は実際に施工されるものと同様の手順で行い、DPスラブ合成床板の合成

機構は、水平打継ぎ面となるフランジ部上面に施した櫛引仕上げによる粗面によって成立するとした。プレストレス導入力は開口の有無に関わらず同じとし、PC鋼材規格降伏点強度に0.80を乗じた値としている。表-2、3に使用材料の諸定数を示す。

表-2 コンクリートの材料定数

	圧縮強度 Fc (N/mm ²)	割裂強度 Fr (N/mm ²)	ヤング係数 Ec (N/mm ²)
PCa部分	54.0	3.8	39 023
場所打ちコンクリート	34.0	2.7	34 190

表-3 鋼材の材料定数

呼び名	材質	降伏強度 σ_y (N/mm ²)	引張強度 σ_t (N/mm ²)	ヤング係数 Es (N/mm ²)
D 6	SD295A	375	569	205 940
D10	SD295A	365	530	205 940
D13	SD295A	345	510	205 940
PC鋼より線7本より	SWPR7B	1 580	1 876	195 940

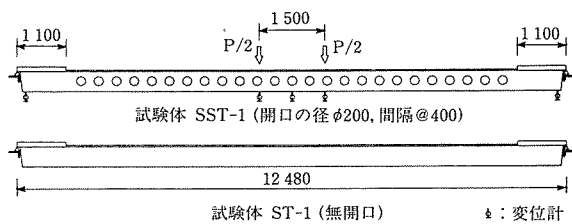


図-3 荷重方法と変位測定位置

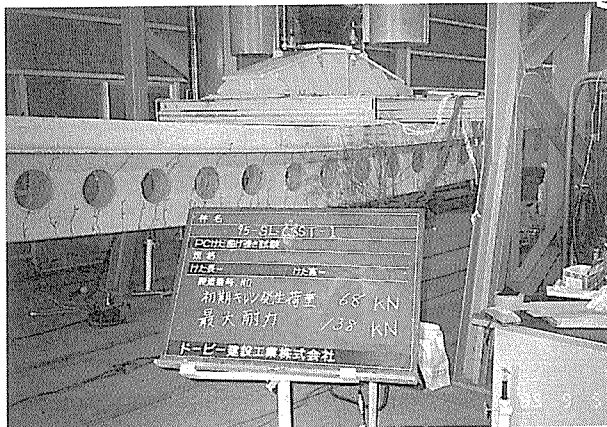


写真-2 実験状況

(2) 実験方法

図-3に荷重方法と変位測定位置を示す。試験体は両端単純支持とし、荷重は曲げ試験機（油圧ジャッキ式、

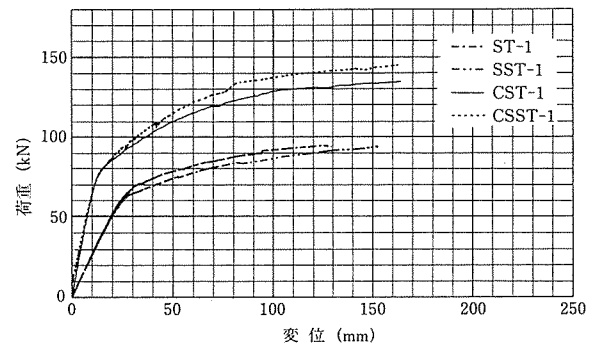


図-4 荷重—変位関係

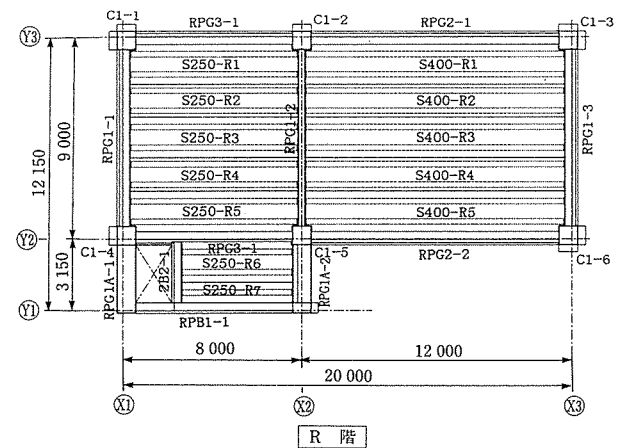
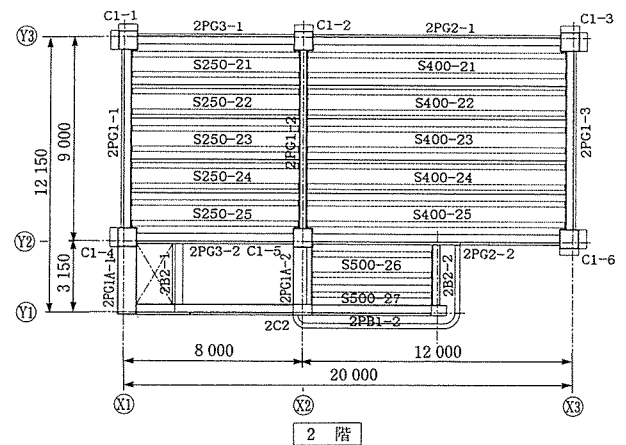


図-5 スラブ割付図

表-4 実験結果

試験体名	曲げ初亀裂発生荷重					曲げ破壊荷重		
	実験値 Pc (KN)	計算値		実験値/計算値		実験値 Pu (KN)	計算値 (KN)	実験値/計算値
		① (KN)	② (KN)	①	②			
ST-1	80.9	77.3	85.8	1.05	0.94	113.9	106.4	1.07
CST-1	108.9	97.0	113.8	1.13	0.96	170.0	150.5	1.13
SST-1	74.2	64.8	71.6	1.15	1.04	113.3	106.4	1.06
CSST-1	108.8	94.1	105.7	1.07	0.95	180.4	150.5	1.20

最大能力100tf)による中央2点载荷とし、線载荷とするため加力ビームを用いた。測定項目は荷重、変位量、鉄筋およびコンクリートのひずみ量、亀裂の伸展とし、試験体中央部、载荷点および端部を中心に測定した。写真-2に载荷実験の状況を示す。

(3) 実験結果および考察

プレストレス導入時において、端部開口部近傍の外円中央部に水平方向にごくわずかなひび割れが観察されたが、このひび割れは、曲げ実験時にも伸展することなく、最大耐力にも何ら影響を及ぼさなかった⁵⁾。

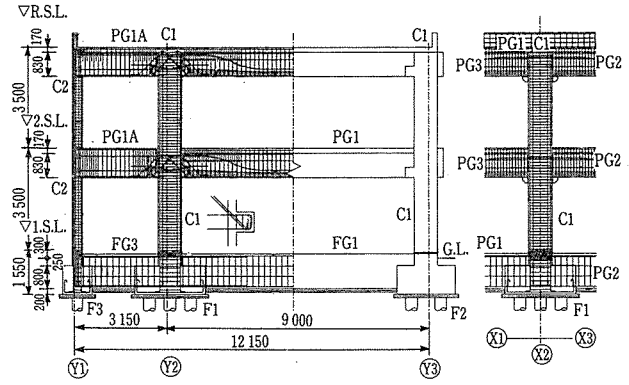


図-6 配筋詳細図

柱リスト

符号	C1	C2	C3	PCa間柱	
2階	断面			/	
	X×Y	□800×800	□350×800		□200×800
	主筋	12-D22	8-D16		10-D13
	HOQP	D13@100	D13@100		D10@150
1階	断面	同上	同上		同上
	X×Y			350×350	
	主筋			4-D16	
	HOOP			D10@100	

梁リスト

プレテンション部材 ×印 8C-7本より 15.2mm

符号	PG1			PG2			PG3		
	端部	中央部	端部	端部	中央部	端部	端部	中央部	端部
断面									
b×D	350×(830+170)			350×(830+170)			350×(830+170)		
上端筋	2+2-D22			2+2-D22			2+2-D22		
下端筋	2C-7本より15.2mm 中央			2C-7本より15.2mm 中央			2C-7本より15.2mm 中央		
S T P	□ D13-@150+ □ D13-@150 □ D13-@150			□ D13-@150+ □ D13-@150 □ D13-@150			□ D13-@150+ □ D13-@150 □ D13-@150		
符号	PG1A			PB1			B2		
位置	①端部	中央部	②端部	端部	中央部	端部	端部	中央部	端部
断面									
b×D	800×1000			350×(830+170)			350×(600+170)		
上端筋	4-D22			2+2-D22			2+2-D22		
下端筋	4-D22			2C-7本より15.2mm 中央			2-D22		
S T P	□ D13-@200			□ D13-@150+ □ D13-@150 □ D13-@150			□ D13-@200		

図-7 断面リスト

ひび割れ発生状況は、有開口、無開口各試験体とも、大要、同じであった。まず初めに、試験体中央下面部にひび割れが発生し、その後、載荷点近傍、載荷点間の下面部の順にひび割れ間隔が均等になるように広がりを見せ、伸展に伴って、載荷点に向かう傾向が見られた。ひび割れ幅は破壊に至るまで顕著に拡大する様子はなく、PC梁のひび割れの伸展とよく似ていた。

表-4に実験結果の一覧を、図-4に荷重—変位関係を示す。表-4は、実験によって得られた曲げひび割れ発生荷重と最大耐力およびこれらの実験に対する各計算値を併記したもので、同表には参考のため、実験値と計算値の比をあげてある。なお、図-4において、有開口試験体CSST-1は無開口試験体SST-1よりも耐力の大きい結果が得られたが、これは材料のばらつき等による実験の誤差であると判断される。また、実験において、計測機器の保護のため、変位を最終状態まで追跡できなかったため、最大耐力については表-4を参照されたい。

表-4の計算値①は、荷重を求める際、コンクリートの材料定数に引張強度を用い、計算値②は、コンクリートの曲げ引張強度を用いて類推したものである。

また、計算にあたって、有開口試験体は、ウェブ部の開口部を欠損部分として差引いた断面形状とし、無開口のものと同様の方法で求めた。表からも明らかなように、計算値①は、若干安全側に評価しているが、計算値は実験結果をよく捉えているといえる。

以上により、ウェブ部に連続開口を設置したT型断面を有するプレキャストPC床板は、無開口のものと同様の曲げ性能を保持することが明らかになった。なお、端部開口部近傍の水平ひび割れが構造耐力上、何ら問題ない

ことは既に述べたが、このひび割れの長期における影響について、現在観測中であることを付け加えておく。

4. 工事概要

本建物は施工性を考慮して、基礎・地中梁までを在来工法で行い、柱・梁および床（DPスラブ合成床板工法：一般評価取得BCJ-C2007）をPCa部材によるPC組立工法で施工した。図-5, 6, 7にそれぞれスラブ割付図、配筋詳細図、断面リストを示す。また、R階のPC合成床板において、ウェブ部に連続的に円形開口を設けたものを一部採用した（写真-3）。

図-8に全体工程を示し、以下に施工手順を述べる。

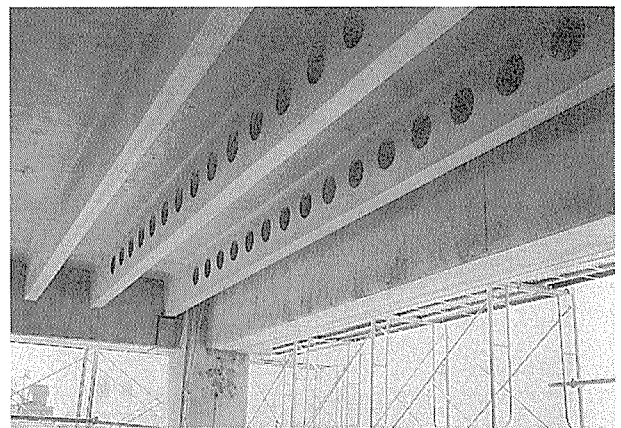


写真-3 有開口スラブ

(1) 基礎の施工

基礎は独立基礎とし、杭打設後に柱用のPC鋼棒をセットし、基礎と地中梁のコンクリートを打設した（写真-4）。

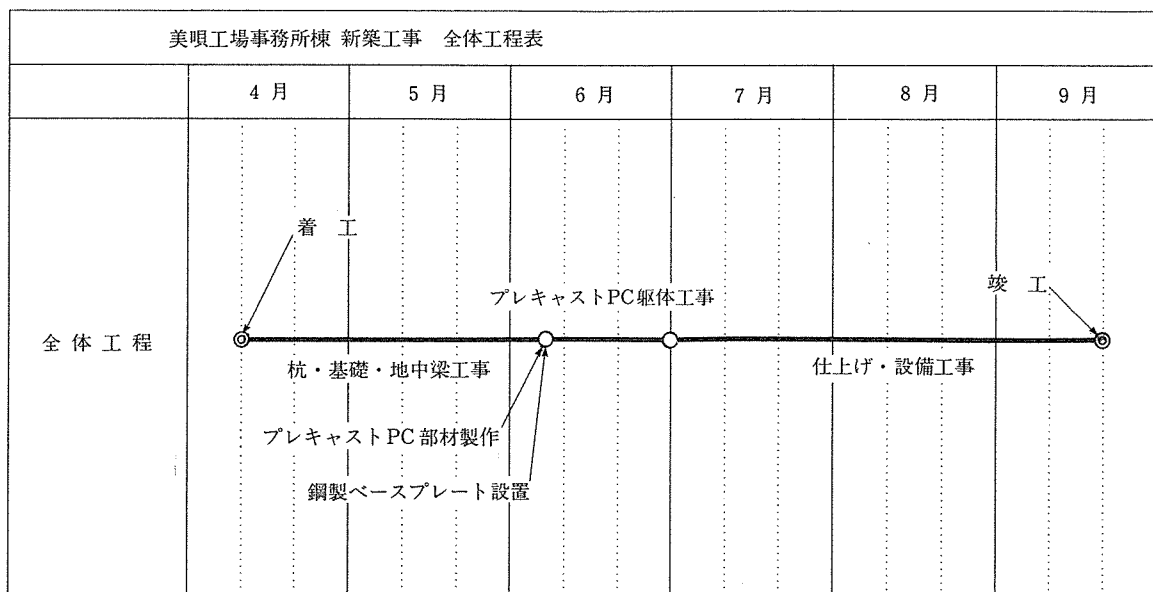


図-8 工程表

(2) 柱・梁およびPC合成床板の施工

上部躯体工事にPC組立工法を採用したことは既に述べたが、ここでは、その手順を簡単に述べる。

- ① 基礎上にPCa柱建方用の鋼製ベースプレートを所定の箇所に設置する。ここで、鋼製ベースプレートはPCa柱の製造の際に型枠としたものである。
- ② あらかじめ、カブラーにより接合したPC鋼棒を介して、PCa柱を設置し(写真-5)、PC鋼棒を緊張する。
- ③ 張間・桁行方向のPCa梁を架設する。
- ④ 柱-梁の目地に無収縮モルタルを充填する。
- ⑤ 目地モルタルの強度発現後、1次緊張として、2, R階のPCa梁のPCケーブルに設計緊張力の50%を導入する。
- ⑥ 2, R階のDPスラブを架設する。
- ⑦ 2次緊張として、2, R階のPCa梁のPCケーブルに全設計緊張力を導入する。

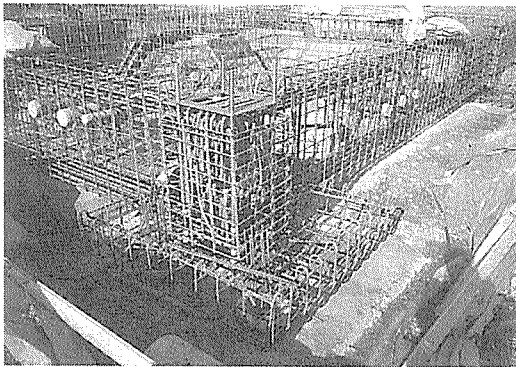


写真-4 基礎部分の施工

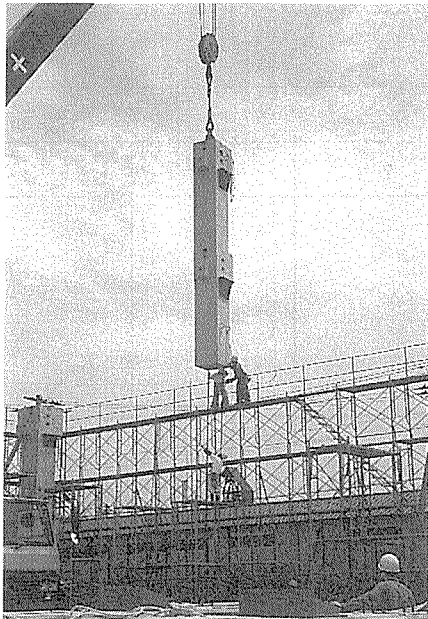


写真-5 柱部材の架設

⑧ 柱・梁のシースにグラウトする。

⑨ 2, R階の現場打ちコンクリート部分の配筋を行った後、コンクリートを打設する。(写真-6)

以上の作業により、PC組立工法を完了した。写真-7に上部躯体工事完了後の全景写真を示す。



写真-6 2階床部分の施工

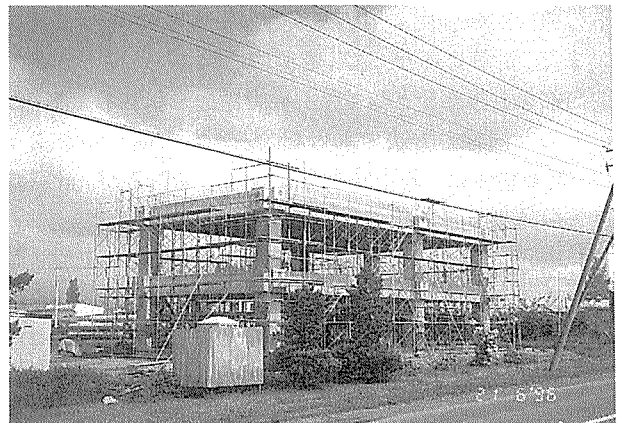


写真-7 骨組み完成時

5. おわりに

本工事は、プレキャスト部材によるPC組立工法により、上部躯体工事を23日という短い工期で完成でき、無事竣工を迎えることができた。また、今回採用したウェブ部に連続開口を設けたPC合成床板が、階高低減等の諸問題を解決するための糸口になり得ることを期待しながら、結びの言葉としたい。

最後に、ウェブ部に連続円形開口を設けたPC合成床板の開発にあたり、ご指導、ご協力をいただいた北海道大学 内山武司教授、上田正生助教授、北海道職業能力開発短期大学 和田俊良講師および本工事にご協力いただいた関係各位に謝意を表します。

参 考 文 献

- 1) PCI Design Handbook (Third Edition) Part 6.13 Dapped End Connection
- 2) 田村聖, 岡部一宏, 和田俊良, 上田正生, 内山武司: ダブルT型プレキャストPC板のためのビーム型試験体のせん断補強に関する実験的研究, 第4回プレストレストコンクリートの発展に関するシンポジウム論文集, PP.123-128, 1994.10
- 3) 中居純一, 倉持春夫, 河野勝, 上田正生, 土橋由造: 変形ヘアピン型せん断補強を有するT型プレキャストPC板の端部せん断耐力に関する実験, 第4回プレストレストコンクリートの発展に関するシンポジウム論文集, PP.129-134, 1994.10
- 4) プレストレストコンクリート建築マニュアル, (社)プレストレスト・コンクリート建設業協会
- 5) 鳥屋隆志, 中居純一, 和田俊良, 上田正生: ウェブ部に多数個の円形開口を有するダブルT型プレキャストPC床板に関する実験的研究, 第6回プレストレストコンクリートの発展に関するシンポジウム論文集, PP.257-262, 1996.10

【1997年3月17日受付】