

愛知総合工科高等学校の設計・施工

— 「見える化」によるスケルトンフレームの学校 —

横田 順*1・中島 隆裕*2・服部 博行*3・古林 圭太*4

愛知総合工科高等学校は、愛知県の工業教育の中核校として新設された。地震力を負担する耐震フレームを設けることで、細柱と扁平梁からなるフレームは鉛直荷重のみを負担し、リブ付き PC スラブによる広い空間を実現している。設計のコンセプトを「見える化」とし、スケルトンフレームの学校を実現している。細柱は高い品質と強度を確保するために PCaPC 部材、陸立ち柱を受ける梁などは現場緊張による在来 PC 部材、耐震フレームの RC 柱は PCa 部材としている。

キーワード：見える化、スケルトン、PCaPC 細柱、リブ付き PC スラブ、アンボンド PC

1. はじめに

敷地は名古屋市内を東西に走るメインストリートである東山通に面している。愛知県の工業教育の中核校として2校の工業高校を統合して新設された県内初の総合工科高校である。

周辺環境に配慮し建物高さを極力抑えるとともに多様な実習機器に対応する天井高を確保するため、リブ付き PC スラブを採用し梁のない実習室空間としている。建物外周は PCaPC 細柱と扁平梁によって最大限の開口部を設けるとともに片持ちハーフ PCa によるバルコニーを設け、緑化手摺による景観形成と直射日光を抑制した快適な採光と



写真 - 1 外 観

通風を確保している。

2. 建物概要

- 建設地：愛知県名古屋市千種区星ヶ丘山手 107
- 主要用途：高等学校
- 建築面積：12 116.72 m²
- 延床面積：30 407.39 m²
- 階数：地上 5 階
- 建物高さ：24.08 m
- 構造種別：鉄筋コンクリート造、一部プレキャストプレストレストコンクリート造、一部鉄骨造
- 基礎：杭基礎
- 工期：2014 年 5 月～2016 年 3 月
- 設計・監理：株式会社久米設計
- 施工：戸田・名工特定建設工事共同企業体

3. 建築計画

東山通に面して幅約 140 m、奥行約 90 m のフットプリントをもつ延床面積約 30 000 m² の巨大な工場のような学校である。5 つの学科と 2 つの専攻科を抱えるが、各学科間のコミュニケーションを活性化するため校舎はあえて分棟とせず一棟にまとめた。全体の約 7 割がそれぞれ特色のある実習室からなる校舎は求められる室の大きさも機能も



*1 Sunao YOKOTA

(株)久米設計
建築設計部



*2 Takahiro NAKAJIMA

(株)久米設計
構造設計部



*3 Hiroyuki HATTORI

戸田建設(株)
名古屋支店



*4 Keita FURUBAYASHI

(株)ピーエス三菱
大阪支店 PC 建築部

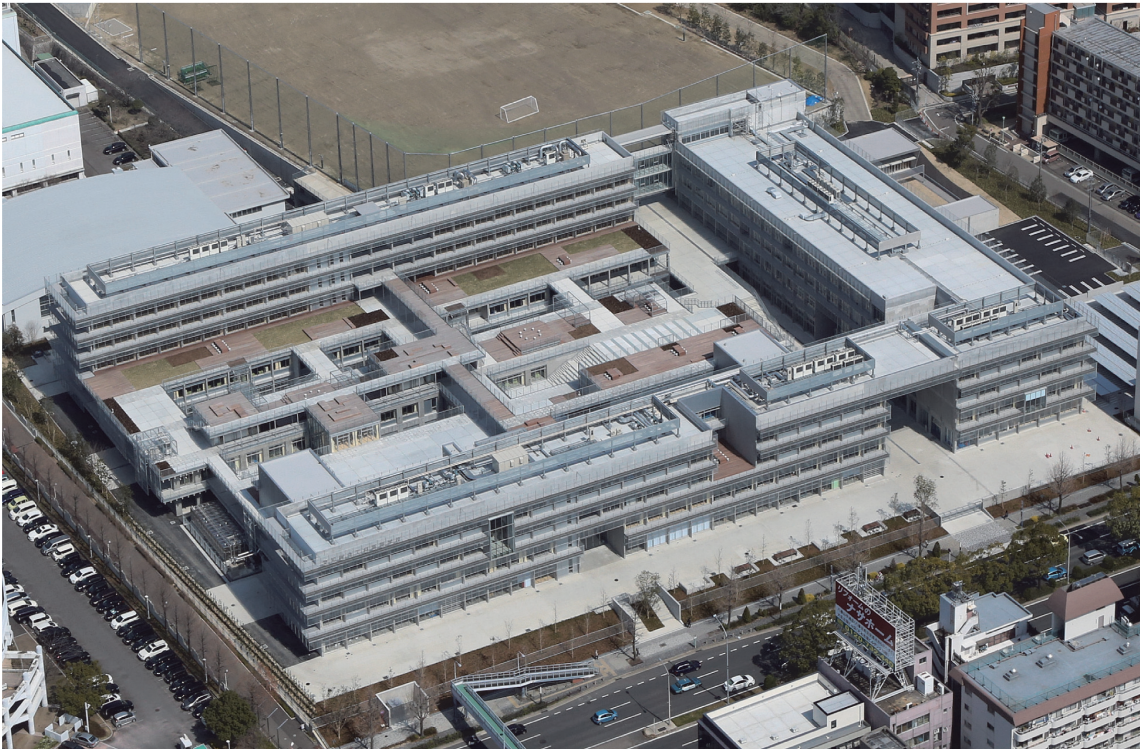


写真 - 2 鳥瞰写真

さまざまであり、4m スパンと数種類の奥行きによるグリッドにのせて各実習室に必要な大きさを割り当てている。

生徒の移動のメイン動線として正門から2階レベルに配置した昇降口、グラウンドをつなぐ「テクノモール」、建物中央には各学科の実習室群を貫く2層吹抜けの「コネクトモール」を設け、移動空間であると同時に交流空間とした。集積回路のように高密度に配置された実習室群のなかにはほとんどころに吹抜けや中庭を設け、生徒の視線や動線が行き交い、新たな出会いや交流を生む空間となることをもくろんだ。

普通教室が面する校舎低層部の屋上は植栽や木デッキを用いて潤いのある空間とし、離れのゼミ室や段状広場、パーゴラ、テーブル、ベンチ、スツールなど、生徒の居場所となる仕掛けを散りばめた。

4. 構造計画概要

本建物は、計画上4棟からなるが、西側の3棟（西棟）

は構造設計上一体として計算し、エキスパンション・ジョイントは東側の建物（東棟）との渡り部分のみとしている。各建物の桁行方向（長辺方向）は、鉛直荷重を負担する鉛直フレームと水平力のほとんどを負担する耐震フレームから



写真 - 4 普通教室



写真 - 3 緑化バルコニー



写真 - 5 屋上広場

なり、張間方向（短辺方向）は、耐震壁による構造としている。桁行方向の教室に面する外周架構は、鉛直フレームとし、広い開口を確保するために見付幅 260 mm の細柱とせい 500 mm の扁平梁からなっている。教室の床は、リブ付き PC スラブとし、天井の仕上げは行っていない。本建物は、スケルトンフレームとなっている。

鉛直フレームの細柱は、プレストレスを導入した鉄筋コンクリートのフルプレキャスト部材とし、細柱に取付く梁および耐震壁付きの細柱は、現場打ちコンクリート部材としている。耐震フレームの柱は、プレキャストの鉄筋コンクリート部材、接合部および取付く梁は現場打ち部材としている。陸立ち柱を受ける梁、3 m 程度の片持ち梁および 5 m 程度の踊り場を有する階段などは、現場緊張によるプレストレスト部材としている。リブ付き PC スラブは、現場打ちのトッピングコンクリートにより柱、梁部材と一体化され、スパンおよび荷重条件などでいくつかの形状を使用している。架構の基本形式および構造架構概要を図 - 1, 2 に示す。

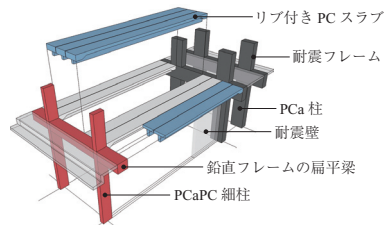
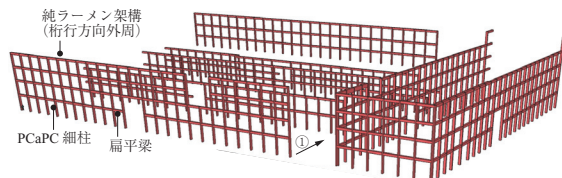
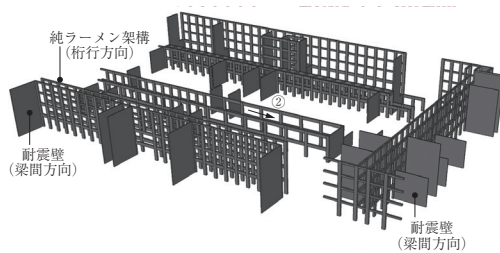


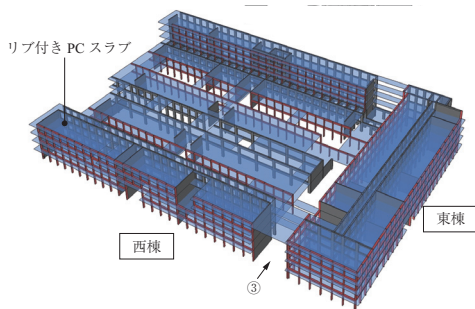
図 - 1 架構の基本形式



(a) 鉛直フレーム



(b) 耐震フレーム



(c) 全体架構

図 - 2 構造架構概要



写真 - 6 細柱からなる鉛直フレーム
(図 - 2 の矢視 ①)

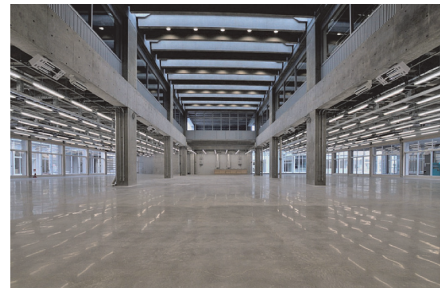


写真 - 7 耐震フレームとリブ付き PC スラブ
(図 - 2 の矢視 ②)



写真 - 8 渡り部分のエキスパンション・ジョイント
(図 - 2 の矢視 ③)

5. PC, PCa 部材の概要

5.1 PC, PCa 部材の配置

本建物の西棟 1 階見上げにおける PCa 部材および在来 PC 梁の配置概要を図 - 3 に示す。ほぼすべての柱およびスラブを PCa 部材としているが、耐震壁と一体となる柱は、接合部の一体性や配筋の納まりを考慮して在来工法としている。大梁については PCa にすることを検討したが、その場合、PCa 梁部分と在来工法による継手部分との見栄えの違いが生じること、リブ付き PC スラブとスラブのトッピングコンクリートおよび梁との一体性を確保するために在来工法を採用している。建物中央に設けられたコネクタモールの梁は、柱の無い大空間の梁せいを一般部のスパンの梁せいと同じにするため、在来工法による PC 梁としている。

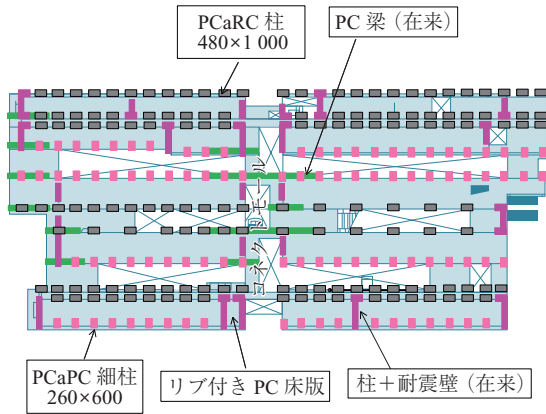


図 - 3 西棟部材配置概要

5.2 PCaPC 細柱と大梁接合部

PCaPC 細柱は、鉛直荷重のみを負担する計画としているが、地震時に部材が降伏しないことを保障するため、PC 鋼棒と主筋を併用した構造とし、断面、260 × 600 mm を標準とした。在来大梁との接合は、梁ヒンジゾーンでの鉄筋継手を避けるため、梁端部主筋を柱面から梁せい以上突出する長さとして打ち込み、梁中央区間の主筋を現場にて機械式継手により接合した。一部の PC 梁区間においては、現場にてシース管および定着装置を配置している。

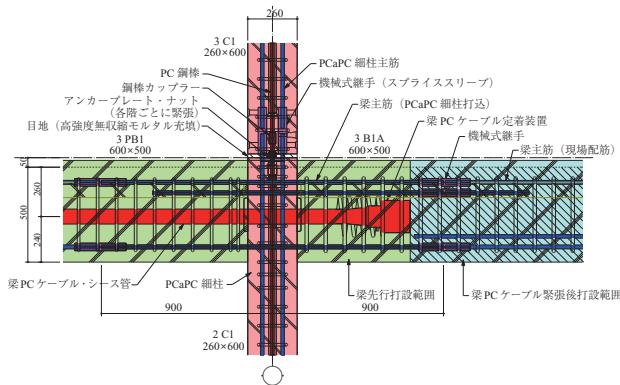


図 - 4 PCaPC 細柱接合部詳細図

5.3 リブ付き PC スラブと梁底レベルの統一

ほぼすべての範囲に設けられたリブ付き PC スラブは、外周部の開放的な開口部を確保するため、図 - 5 に示すようにスラブを支持する梁の底とスラブのリブ底レベルを基本的に統一している。床の天端レベルの差も考慮して調整した結果、リブせいは 380 ~ 630 の 5 種類の断面とし、一部のスパンや荷重の違いについては PC 鋼材量を調整して対応している。開口部の状況を写真 - 9 に示す。

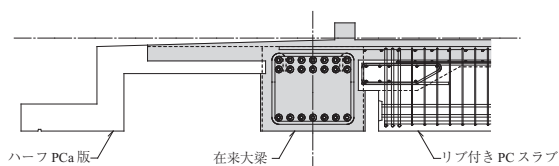


図 - 5 リブ付き PC スラブ支承部 (外周側)



写真 - 9 外周開口部

5.4 東西の棟をつなぐ渡り廊下 PC スラブ

東棟と西棟をつなぐ渡り廊下は、約 13 m スパンのシングル T 型のリブ付き PC スラブとしたが、構造的に別棟としているため片側をエキスパンション・ジョイント (以下 Exp.J) とする必要がある。そのため、西棟側は在来躯体とアンカー筋にて一体化させ、東棟側は在来大梁に設けたコンクリートブラケットに可動支承を設置して支持させ、変形に追従できるようにした (図 - 6)。Exp.J の間隔は各階の大地震時の変形差を考慮し、2 階で 100 mm、R 階で 340 mm に大きくさせている。よってブラケットの跳ね出し長さが上階ほど大きくなるが、ブラケットの厚さが変わらないように 3 階以上では PC 鋼棒を配置した PC 片持ちスラブ構造とし、その本数を調整して対応している。竣工後の状況を写真 - 10 に示す。

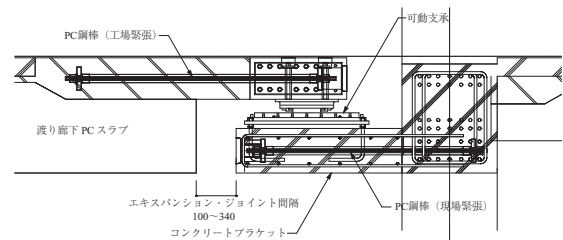


図 - 6 渡り廊下可動支承部詳細図



写真 - 10 渡り廊下支承部

5.5 大階段のリブ付き PC スラブ

西棟、屋上広場の大階段は、スパン 9.3 m のリブ付き PC スラブと連続した位置に設けられている。1 階から見上げたときの連続性を考慮し、リブ付きの PC スラブに階段形状の立ち上がりを設けた計画とした。段状となる PC スラブは両端部に設けた鉄骨の受け梁で支持されている。

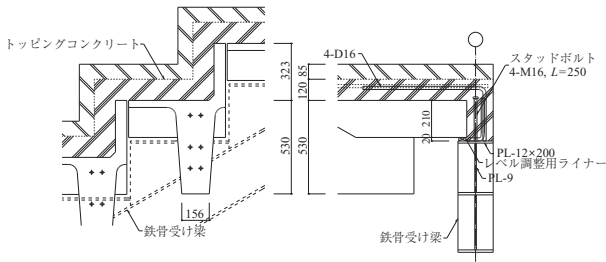


図 - 7 大階段 PC スラブ

5.6 アンボンドボイドスラブによる片持ち階段

在来工法による東棟北側の階段踊場は、厚さ 450 mm の耐震壁に支持されるスパン約 5 m の片持ちスラブであり、先端に取り付くガラスカーテンウォールの直接支持を可能とする剛性を確保する必要がある。スラブ厚さは 370 mm とし、たわみ防止のためにアンボンド PC 鋼材を配置し、さらに自重軽減とプレストレスによる軸力導入効果を上げるため、角形のボイドを配置したスラブとした(図 - 8)。

解析は図 - 9 に示すようにスラブ階段を考慮した立体解析にて行い、プレストレスを外力置換して各部の変形の確認を行っている。踊場部分の安全性を確保するために、単純な片持ちスラブとして検討を行っている。

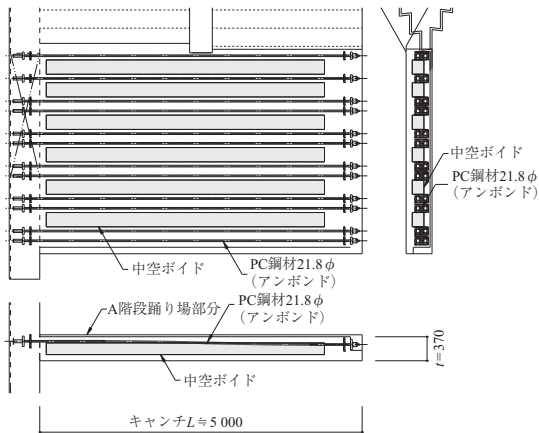


図 - 8 踊場片持ちスラブ

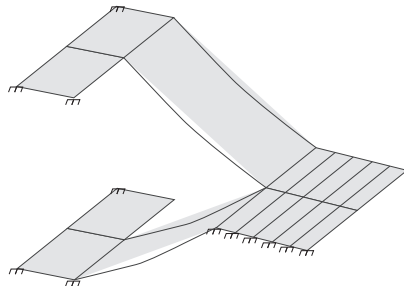


図 - 9 階段解析モデル

6. PCa 部材の製作

PCa 部材は種別ごとに分担して 5 工場にて製作した。PCa 部材の数量表を表 - 1 に示す。総数が約 1 500 ピース

となったリブ付き PC スラブは 2 工場で作成し、製作期間は約 9 ヶ月である。

PCaPC 細柱の製作状況を写真 - 11 に、リブ付き PC スラブの製作状況を写真 - 12 に示す。本建物の「構造を隠すことなく見せる教材とする(見える化)」という設計コンセプトから躯体はほとんどがそのまま表しとなるため、仕上りにはとくに留意して丁寧にコンクリートを打設し製作を進める必要があった。そのコンセプトを工場の作業員にまで周知するため、設計者自ら直接各工場の作業員に説明を行い意識を高めることに努めた(写真 - 13)。

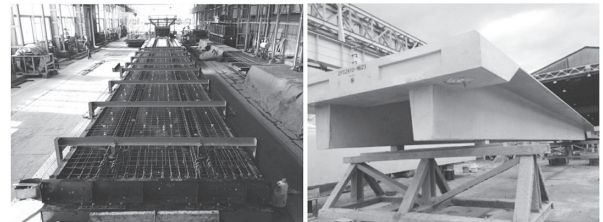
表 - 1 PCa 部材数量

PCa 部材種別	ピース数	数量
PCaPC 細柱	454	約 310 m ³
PCaRC 柱	602	約 1 000 m ³
リブ付き PC スラブ (DT 版)	1 532	約 3 500 m ³ (約 24 000 m ²)
ハーフ PCa 庇版, PCa 階段など	870	約 500 m ³



配筋 ストック

写真 - 11 PCaPC 細柱製作状況



配筋 ストック

写真 - 12 リブ付き PC スラブ製作状況



写真 - 13 工場作業員への設計コンセプトの周知

7. 施工概要

7.1 全体工程

図 - 10 に全体工程を示す。建物は大きく 4 棟に分かれるが、各棟ともほぼ同時に工事を進めた。全体として 23 ヶ月の工程であったが、異種部材が混在する建物の施工手順、施工方法および施工性の改善対策を協力会社と協同し



写真 - 16 リブ付き PC スラブ架設状況



写真 - 18 片持ちリブ付き PC スラブ部材

行って効果的なスリットの配置を決定した。スリット配置計画を図 - 14 に示す。

後打ち区間における緊張作業状況を写真 - 17 に示す。非常に狭いスペースでの作業となったが、事前の納まり検討により問題なく進めることができた。

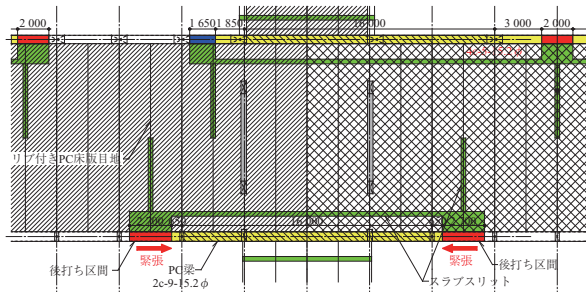


図 - 14 スリット配置計画

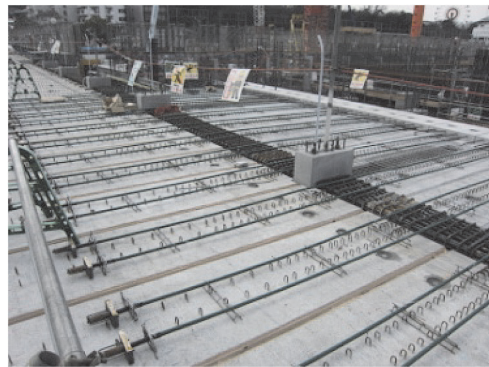


写真 - 19 アンボンド PC 鋼より線の配置

は下端配筋→アンボンド PC 鋼より線配置→ボイド配置→上端配筋→コンクリート打設→強度確認後緊張の手順で行った。竣工時の状況を写真 - 21 に示す。



写真 - 17 後施工区間緊張状況



写真 - 20 踊場片持ちスラブ施工状況

7.5 アンボンド PC 緊張工事

(1) 昇降口片持ちリブ付き PC スラブ

東棟北側の昇降口部分に設けられた片持ちリブ付きスラブは、トッピングコンクリート内にアンボンド PC 鋼より線を配置した構造としている。その部材製作および施工状況を写真 - 18, 19 に示す。アンボンド PC 鋼より線の緊張側端部は、部材との一体性を確保するため、フル PC 化された部材端部に工場で打ち込んで配置した。

(2) 東棟、北側階段踊場の片持ちアンボンドスラブ

写真 - 20 に階段踊場部片持ちスラブの配筋、ボイド配置およびアンボンド PC 鋼より線の配置状況を示す。施工

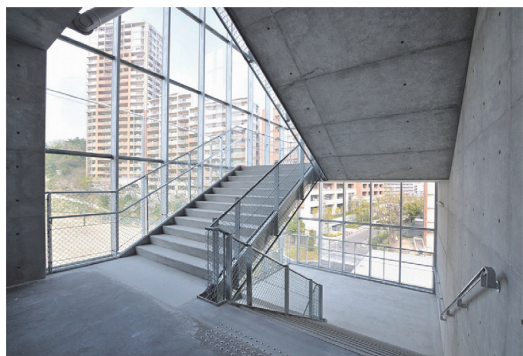


写真 - 21 踊場片持ちスラブ竣工時

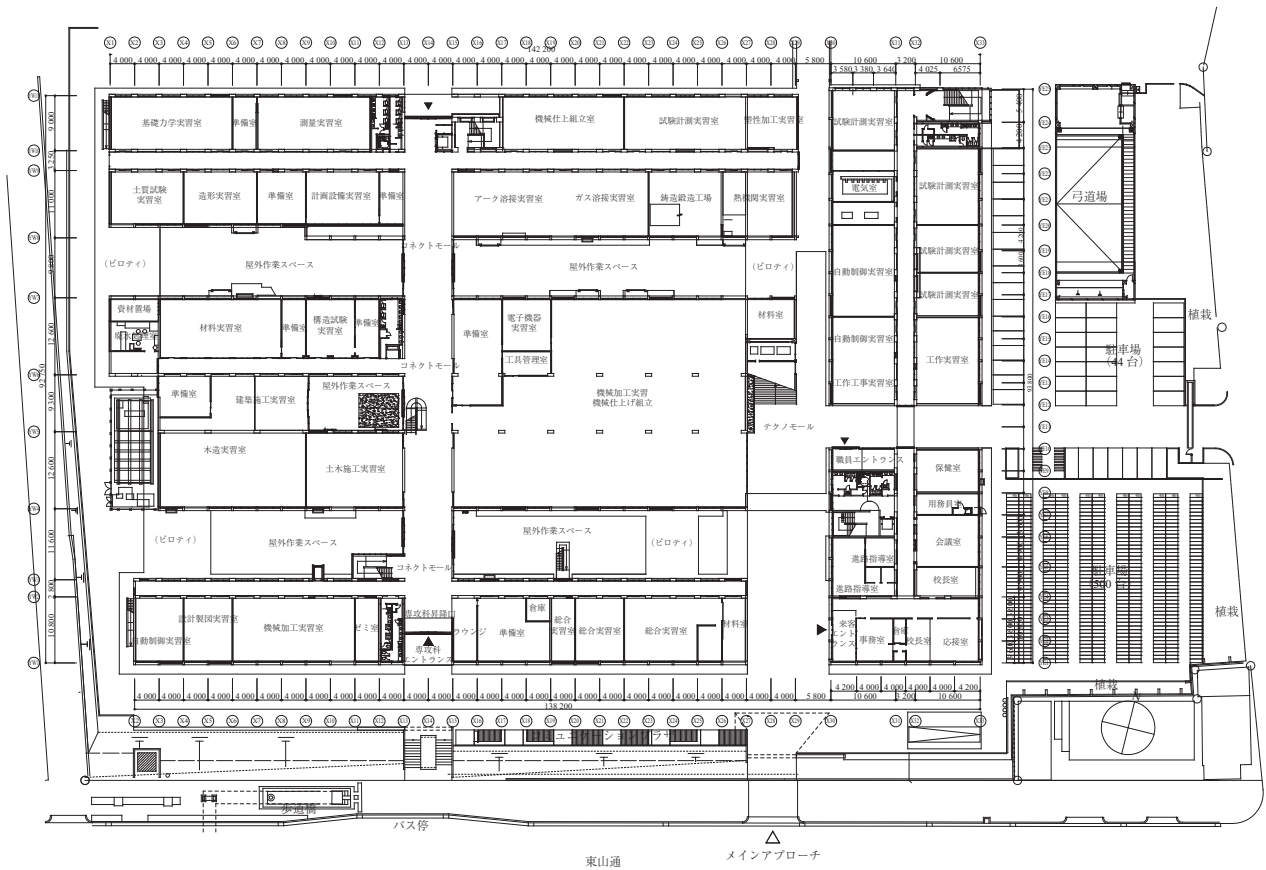


図 - 15 1階平面図



写真 - 22 コネクトモール



写真 - 23 「見える化」の廊下

8. おわりに

本プロジェクトでは建物そのものをものづくりの教材とすることをコンセプトに、構造体や設備機器、配管配線などあらゆるものを露出させ「見える化」した。

また、施工中も県内外から大学や高専、工業高校の生徒が見学に訪れ生きた教材として活用された。

この学校から日本を支えるものづくりの現場で活躍する多くの人材が巣立っていくことを願っている。

最後に「ものづくりの見本となる建物をつくろう」という合言葉のもと、高品質、高精度の施工の実現にご尽力頂いた皆様に、心より感謝申し上げます。

【2016年5月13日受付】