

アメリカでのプレキャスト・プレストレストコンクリート造刑務所設計例

The Consulting Engineers Group, Inc. 正会員 Ph. D. O Hyeong Jae YOON

キーワード：アメリカ，刑務所，PcaPC造，耐震設計，ACI318，CBC2013

1. はじめに

アメリカで行ったプレキャスト・プレストレストコンクリート造刑務所設計例について報告する。本建物はアメリカのCalifornia州に位置し、現場は図-1に示すようにHigh Seismic Zoneのため、耐震設計が必要であった。なお、建物の用途は刑務所のため、Securityに関する設計要求項目が多くあった。本プロジェクトはCalifornia州にあるため、ACI規準¹⁾やASCE規準²⁾以外にCalifornia Building Code 2013³⁾

(以下、CBC2013)も適用され、それぞれの設計規準を満足させる必要があった。また、構造設計や設備設計などに対する第3者によるレビュー (The Third Party Reviewという)があり、このレビューア

(Structural Engineer of California)からの承認が必要である。この承認がないと部材の製作や図面発行 (Structural or Professional Engineer of Californiaの押印が必要)などプロジェクトの進行ができない仕組みであるため、事前に設計ミスや見落としの発見が可能である。

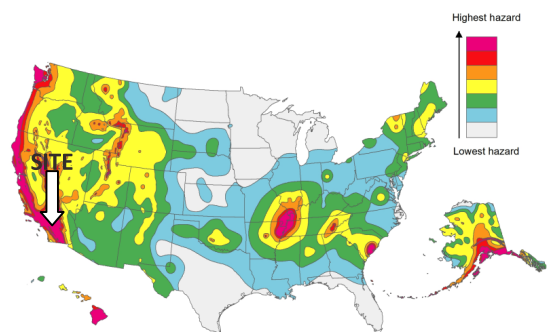


図-1 Seismic Zone of United States
(from USGS site, <https://earthquake.usgs.gov>)

2. プロジェクト概要

建物は図-2に示すように刑務所エリア (Housing Unit 1 & 2) とキッチンや管理エリアに別れている。

全体構造システムはプレキャスト・プレストレストコンクリート造である。建物は横292.3フィート (89.3m)，縦293.5フィート (89.5m)，面積は85,790 Sq-ft (7,992.35m²)である。外壁の高さは25.3フィート (約7.8m)，内壁の高さは25.3フィートから15.0フィート (約4.57m)までである。Housing Unitの部屋はすべてユニット部屋であり、プレキャスト・プレストレストコンクリート造を用いて設計した壁に寄せ、さまざまな接合法を用いて組み立てる方式を用いた。本プロジェクトは図-3に示すような3D ModelingソフトRevitと2D図面から3Dモデルを描くTekla BIMソフトをともに使用し、構造と設備、意匠との打ち合わせを毎週行いながらプロジェクトを進行した。本建物は設備の方からの配管用穴や天窓用オープニング位置変更による設計変更が多かったた

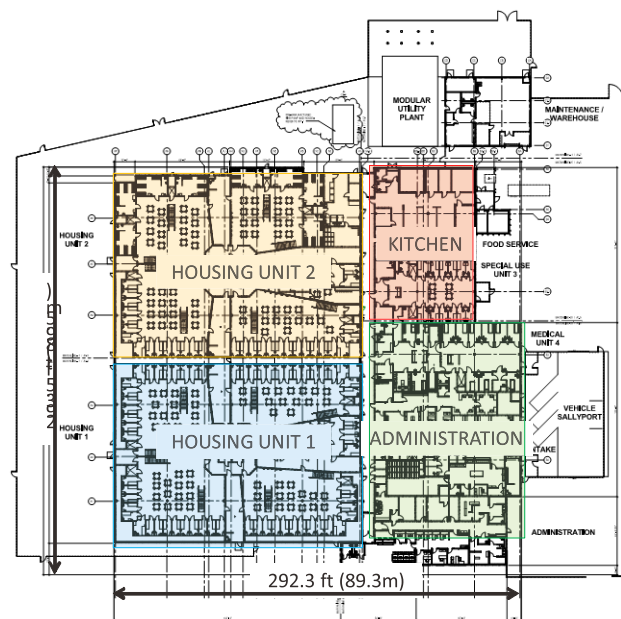


図-2 Key Plan

め、組み立てを始める直前まで壁やスラブ、天井などの設計変更および図面修正、検討を行った。プレキャスト・プレストレストコンクリート部材の設計は2016年5月に始め、2016年8月中旬に計算書を提出した。提出計算書には壁や柱、大梁、小梁、床、天井の構造設計書、さまざまなタイプの接合部の設計、組み立てが完了するまで地震や風に対して壁を支持するBracing設計などが含まれた。

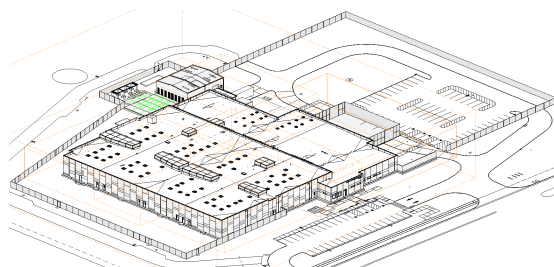


図-3 Revitによる3Dモデル

3. プレキャスト・プレストレストコンクリート部材設計概要

3. 1 壁設計

本プロジェクトでは、外壁と内壁を合わせて全部で535枚のプレキャスト・プレストレストコンクリート壁が使用された。全外壁のおよそ70%の壁にたいしてそれぞれ設計を行った。壁設計では、図-4に示すように地震荷重により壁が負担する引張力および圧縮力の検討から始まり、配筋設計、運搬や架設設計、Bracing設計まで行った。水平荷重時の応力解析では、いくつかの壁をグルーピングし、それぞれの壁グループに対する引張力および圧縮力を算定した後、それに適する基礎-壁用の接合部と壁-壁用接合部などを設計した。本建物はCalifornia州に位置しているため、ACI規準とともにCBC2013設計基準を満足させる必要があった。そのため、図-5に示すように、窓や扉があるすべてのWall Panelからそれぞれの窓および扉端部からWall Panel端部までの距離 l_w と壁厚さ b_w の比を算定し、Wall Pierに該当するパネル ($l_w/b_w > 2.5$ の場合、Wall Pierに該当) を調べ追加補強設計を行った。なお、大きい開口がある外壁および内壁には、風荷重および地震荷重による面外力に対する補強設計も行った。図-6に11インチ (約279mm) 外壁の接合部設計例を、図-7にWall Pierの補強例を示す。

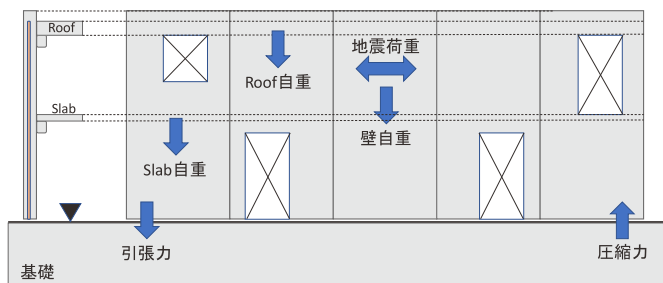


図-4 水平荷重時の応力解析概念

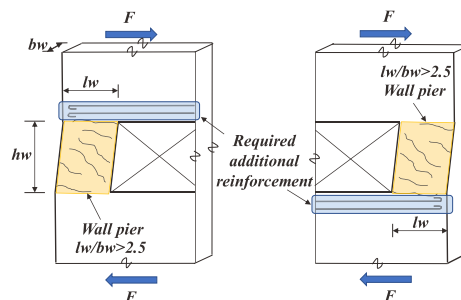
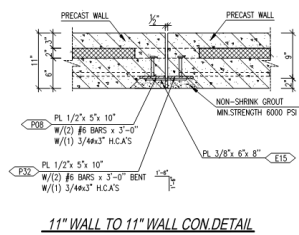
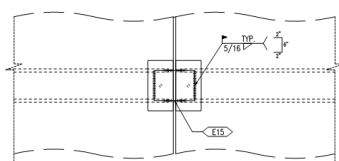
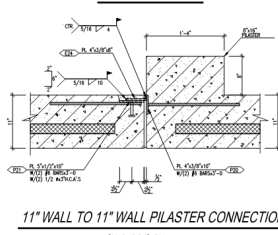
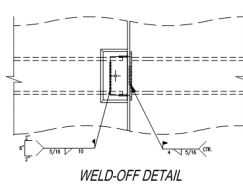


図-5 Wall Pier Concept (ACI318-11)



11" WALL TO 11" WALL CON. DETAIL
(CALC. 8.2.1)



11" WALL TO 11" WALL PILASTER CONNECTION
(CALC. 8.8.6) SM.

図-6 壁の接合部設計例

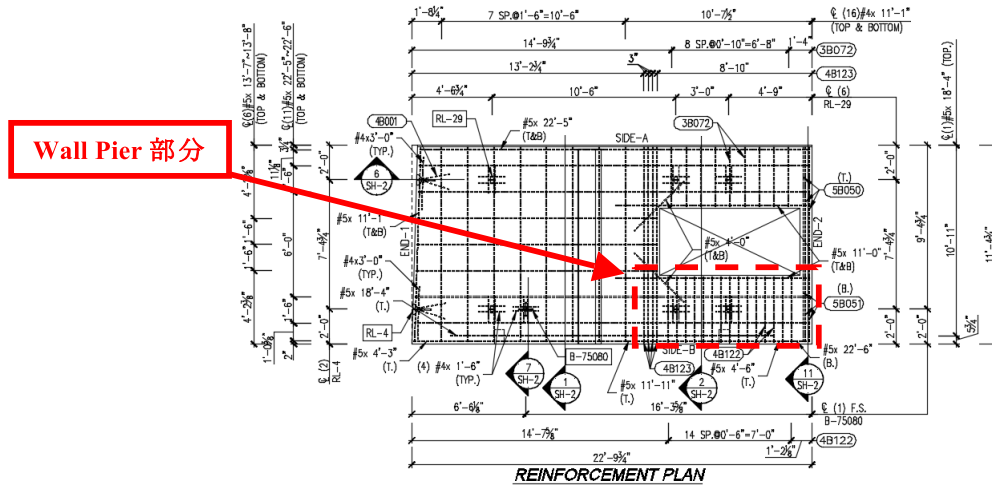


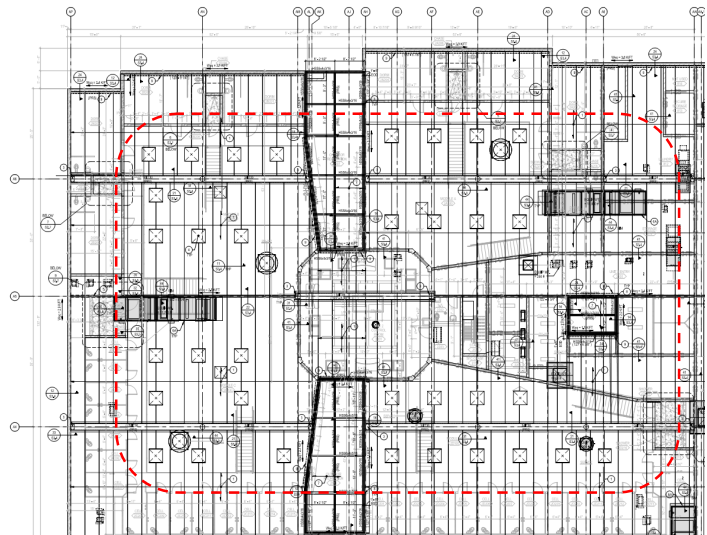
図-7 Wall Pier 補強例

3. 2 天井設計

本建物の天井には12インチ（約305mm）および8インチ（約203mm）のホローコアを、それぞれ453枚と95枚適用した。最大の長さは36.7フィート（約11.2m）である。図-8に最初の天井計画と最後の天井計画図面を示す。最初契約図面ではすべて8インチのホローコアで設計されたが、天井にある天窓と設備施設の重さによって最大14.17インチ（約360mm）のたわみが発生することが確認され、548枚すべてのホローコアを再設計する必要があった。プレキャスト工場では、部材製作図面がないと部材製作ができない仕組みであり、プロジェクトの日程に合わせた部材製作図面の発行が重要である。

3. 3 柱設計

本建物では全部で7本のプレキャスト・プレストレスト造柱が使用された。本建物は壁式構造のため柱は全部で7本である。今回は、図-9に示すように片方向IT Girder (Inveted Girder : 3.4節にて詳述) を支えるタイプや両方向IT Girderをともに支えるタイプなどがあり、それぞれの条件に合わせた柱設計や接合部の設計が必要であった。図-10に柱とIT Girderの接合部設計例としてタイプ1の柱-IT Girder接合部を示す。柱の頭部にコイル



(a) 契約時の天井計画



(b) 最後天井計画

図-8 天井計画

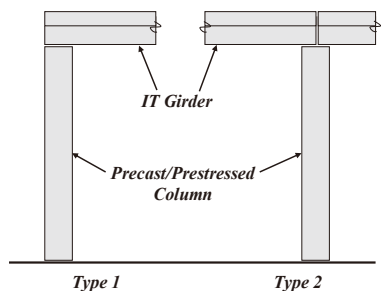


図-9 柱タイプ

インサートを設置し柱を製作し、現場で IT Girder と組み立てるときにコイルロッドを用いて柱と IT Girder を接合する方式である。

3. 4 IT Girder の設計

本プロジェクトでは柱と壁に取りつく IT Girder を合わせて全部で 29 種類の IT Girder が使用された。すべての IT Girder はプレキャスト・プレストレストコンクリート柱および壁に寄せ、天井のホローコアを支持する用途である。IT Girder は図-11 に示すように 12 インチホローコアを支持するタイプ (Type 1) と 8 インチホローコアを支持するタイプ (Type 2) , そして、壁に取りつくタイプ (Type 3) に分けて設計を行った。Type 3 の場合は、壁に柱形の部材がついている Pilaster を用いた。図-12 に IT Girder-Pilaster の接合部設計例を示す。IT Girder と Pilaster の接合部は柱-IT Girder の接合部と同じくコイルインサートとコイルロッドを用いて接合する方式である。

4. まとめ

2017年4月現在、Housing Unit 1&2 のプレキャスト・プレストレスト部材製作

はおよそ90%が終了し、4月からHousing Unit 1の組み立て作業が始まっている状況である。本プロジェクトのプレキャスト・プレストレストコンクリートの設計は、2016年5月からおよそ3ヶ月間行い、その後は、第3者によるレビューや設備設計変更による設計変更や修正、図面製作などを行った。本建物の竣工は2017年8月末を目指している。

参考文献

- 1) ACI318-11 Code, American Concrete Institute, 2011
- 2) ASCE Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures, ASCE, 2013
- 3) California Building Code 2013, California Building Standard Commission, 2013

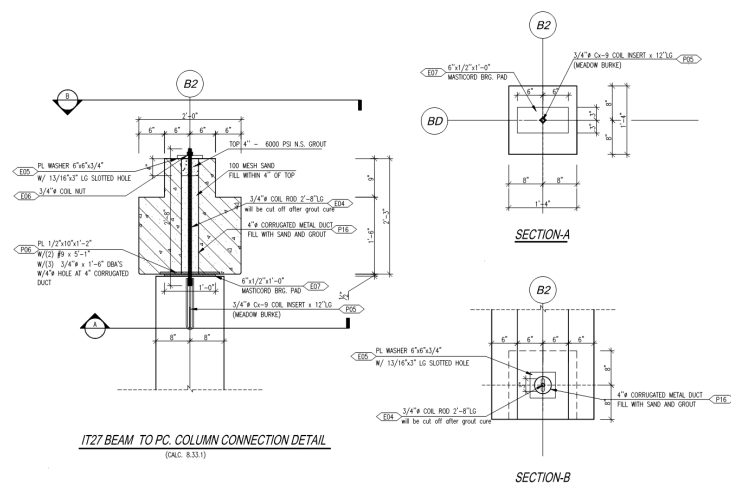


図-10 柱-IT Girder 接合部設計例

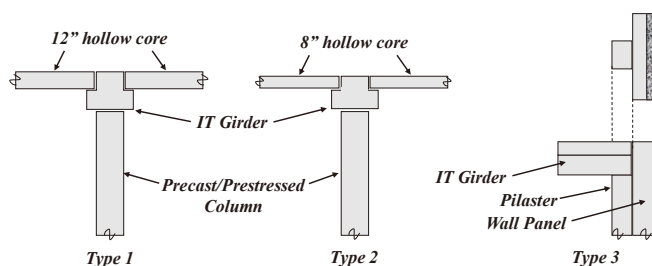


図-11 IT Girder タイプ

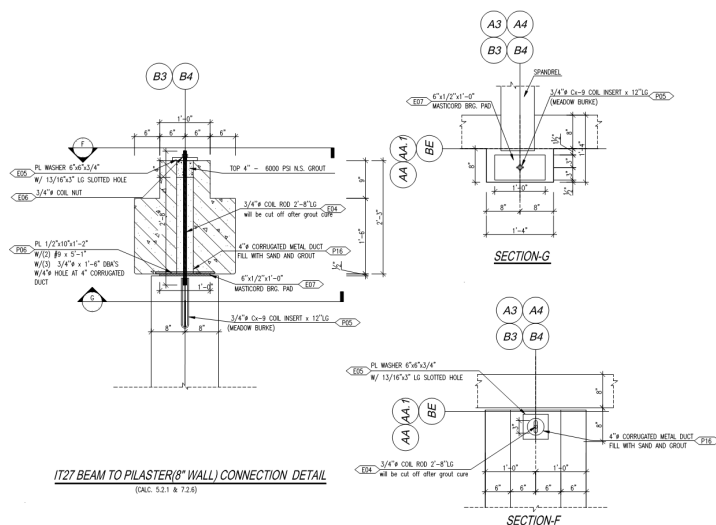


図-12 IT Girder-Pilaster 接合部設計例