

# PCaPC 工法による津波避難施設の施工

## — 掛川市津波避難タワー —

所 佳輝\*1・杉浦 亮介\*2・岡林 秀勝\*3・森田 輝生\*4

東日本大震災の教訓として、津波被害から人命を守るため津波避難施設のニーズが高まっている。津波避難施設としてはこれまで鋼製や鉄筋コンクリート製、マウンドによるものがほとんどであった。掛川市では、高強度、高耐久というプレキャストプレストレストコンクリートの利点を生かした PCaPC 造の津波避難タワーが国内で初めて採用された。本稿はその津波避難タワーの概要および施工について報告する。

キーワード：東日本大震災、高強度、高耐久、津波避難施設、PCaPC

### 1. はじめに

平成 23 年 3 月 11 日に東北地方を襲った東日本大震災を教訓として、津波被害から住民の人命を守るため、海岸線を有する地域では全国的に津波避難施設のニーズが高まっている。このようななか、遠州灘に面した海岸線 10 km を有する掛川市では、将来発生が予測される南海トラフ大地震に備えるため津波避難計画を作成し、ハード・ソフトの両面においてさまざまな対策を進めている。今回、ハード面での対策として沿岸部の市民の安全・安心を醸成するため、津波避難施設の建設が行われることとなった。

津波避難施設の工法選定にあたり、鋼製、鉄筋コンクリート製、マウンド工法等のさまざまな工法について、構造、強度、建設や維持管理コスト、専有面積、耐用年数、平常時の活用の面から多角的な検討が行われた。その結果、本地区での津波避難施設としては、プレキャストプレストレストコンクリート（以下 PCaPC）造の人工地盤型がもっとも有利であると判断され、PCaPC 工法が採用された。

設地の周辺には 2 階建て以上の高い建造物はなく、津波避難施設建設に寄せられる住民からの期待は非常に大きいものであった。

本稿では、PCaPC 工法による津波避難施設の特徴と、国内で初の採用となった PCaPC 津波避難タワーの概要および施工について報告する。

### 2. PCaPC 津波避難施設の特徴

PCaPC 造の津波避難施設（図 - 1）は、PCaPC 工法の利点を十分に生かした構造であり、その特徴としては以下の 5 点があげられる。

#### ① 高強度・高耐久

工場で製作された PC 部材であるため、高強度、高耐久

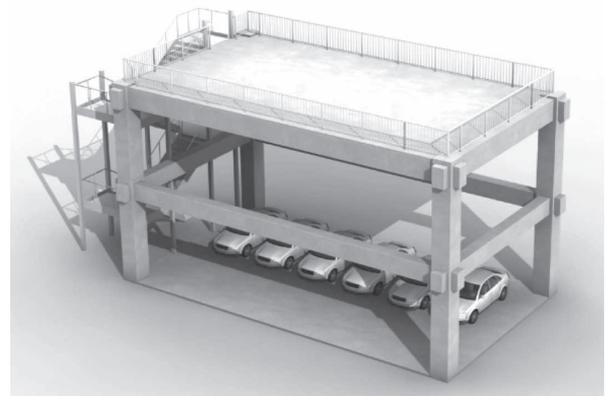


図 - 1 PCaPC 津波避難施設の概要図

を有し、長寿命化のニーズに応えるとともに、将来の維持管理コストを含むライフサイクルコストを低減することができる。

#### ② 漂流物に対するリスクの低減

東日本大震災では、津波漂流物が押し波、引き波により構造物に衝突して建物が損壊した事例がみられた。これに対して、PC 構造では柱の間隔を大きくとることができるため、漂流物の衝突に対するリスクを低減することができる。また、柱 1 本あたりの耐力が大きく、漂流物の衝突に対する安全性もきわめて高い。

#### ③ 下部の有効利用

柱間隔が大きいいため、施設下部を駐車場や地域行事等の利用へ有効活用できる。そのことにより平時から津波避難施設との認知度も高まり、緊急時の非難誘導に有効である。

#### ④ 環境負荷低減

主な部材が工場製品であり、高耐久で転用可能な鋼製型枠を使用して製作される。そのため、現場での南洋材を原

\*1 Yoshiteru TOKORO：(株)ピーエス三菱 東京建築支店 建築工事部

\*2 Ryousuke SUGIURA：(株)ピーエス三菱 東京建築支店 建築工事部

\*3 Hidekatsu OKABAYASHI：(株)ピーエス三菱 東京土木支店 土木工事部

\*4 Teruo MORITA：(株)ピーエス三菱 建築本部 建築部

## ○ 工事報告 ○

料とする木製型枠の使用を著しく低減できる。また、現地での作業が大幅に減るため、現場周辺での騒音・振動などの問題も少なくなる。さらに、現場から排出される産業廃棄物も大幅に減少する。

### ⑤ 工期短縮

工場製品を用いた工業化手法であり、現場作業の合理化や省力化が可能である。そのため、現場施工に比べて大幅な工程短縮が可能である。

## 3. 工事概要

### 3.1 施設概要

本工事は、PCaPC 工法による国内初の津波避難施設の建設工事であり、静岡県掛川市の菊浜地区避難施設（図 - 2 ①）と今沢地区避難施設（図 - 2 ②）の2件が施工された。避難スペースはともに海拔 15 m 以上の設定である。

菊浜地区では、海岸から約 1 400 m 離れた海拔 5 m の駐車場用地に建設された。避難スペースは 16.7 × 12 m、地表面からの高さは 10.5 m で、収容人数は最大 600 人である。

今沢地区では、海岸から約 900 m 離れた海拔 3 m の公会堂の脇に建設された。避難スペースは 15.6 × 8 m、地表面からの高さは 10.5 m で、収容人数は最大 375 人である。

以下に両施設の概要を、写真 - 1 および写真 - 2 に完



図 - 2 施工位置図（① 菊浜地区，② 今沢地区）

成状況を示す。

#### 【菊浜地区避難施設】

工事件名：平成 24 年度防災設備等整備事業  
掛川市津波避難施設建設工事（菊浜地区）  
工事場所：静岡県掛川市菊浜  
構造：PCaPC 造  
高さ：地上 10 m 海拔 15 m  
避難面積：200 m<sup>2</sup>  
収容人数：400 ～ 600 人  
設計：(株) ヴァイスプランニング  
施工：(株) 大浜中村組



写真 - 1 菊浜地区津波避難タワー



写真 - 2 今沢地区津波避難タワー

(PC 工事：(株) ピーエス三菱)

#### 【今沢地区避難施設】

工事件名：平成 24 年度防災設備等整備事業  
掛川市津波避難施設建設工事（今沢地区）  
工事場所：静岡県掛川市西大淵  
構造：PCaPC 造  
高さ：地上 12 m 海拔 15 m  
避難面積：125 m<sup>2</sup>  
収容人数：250 ～ 375 人  
設計：(株) ヴァイスプランニング  
施工：(株) 樽林組

(PC 工事：(株) ピーエス三菱)

### 3.2 構造概要

PCaPC 工法による津波避難施設は、柱・梁および床部材が PCa 部材として工場製作され、その構造は 4 本の柱が 4 辺の梁部材で剛結されたラーメン構造であり、柱の中間位置に 2 階梁が設置されている。また、柱・梁部材ともに PC 構造であり、柱部材には 1 柱あたり PC 鋼棒 (32φ) が 8 本、梁部材には PC 鋼より線 (8S15.2) が 4 ケーブル配置されている。

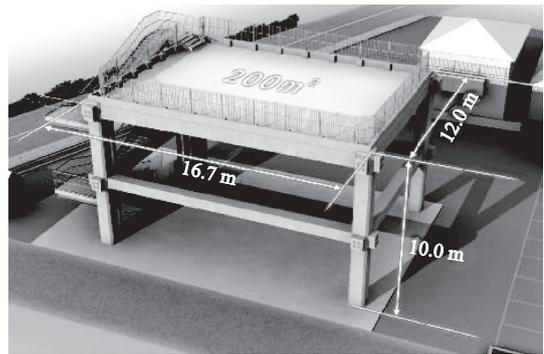
柱部材は鉛直 PC 鋼棒で現場打ちコンクリートの基礎に剛結され、杭基礎で支持されている。柱部材と梁部材はプレストレスを導入することにより剛結されるが、その接合

部には 30 mm のモルタル目地が配置されている。屋上の避難スペースは、合成床板としてダブル T 型 PC 版 (DT 版) を採用し、スラブコンクリートを現場打設して一体化している。避難階の屋上へは外部鉄骨階段で避難できる構造となっている。

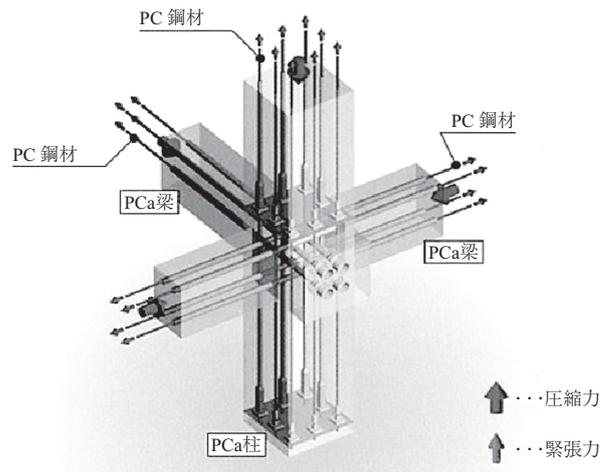
菊浜地区避難施設の構造概要を表 - 1 に、概要図を図

表 - 1 構造概要 (菊浜地区)

項目	仕様	
構造	PCaPC 造	
スパン	12.0 × 16.7 m	
避難場所高さ	海拔 15 m (地上 10 m)	
避難スペース	200 m <sup>2</sup>	
柱断面	寸法	950 × 950 mm
	PC 鋼材	PC 鋼棒 32φ × 8 本
梁断面	寸法	R 階梁 : 650 × 900 mm
		2 階梁 : 700 × 700 mm
	PC 鋼材	8S15.2 × 4 本
スラブ		ハーフプレキャスト合成床版 $D = 400$ mm
		トップコンクリート $t = 120$ mm
コンクリート	プレキャスト	$F_c = 50$ N/mm <sup>2</sup>
	場所打ち	$F_c = 30$ N/mm <sup>2</sup>
基礎		杭基礎セメントミルク工法
		PHC 杭 (B 種) 600φ $L = 4$ m



(a) 形状寸法



(b) 接合部構造

図 - 3 概要図 (菊浜地区)

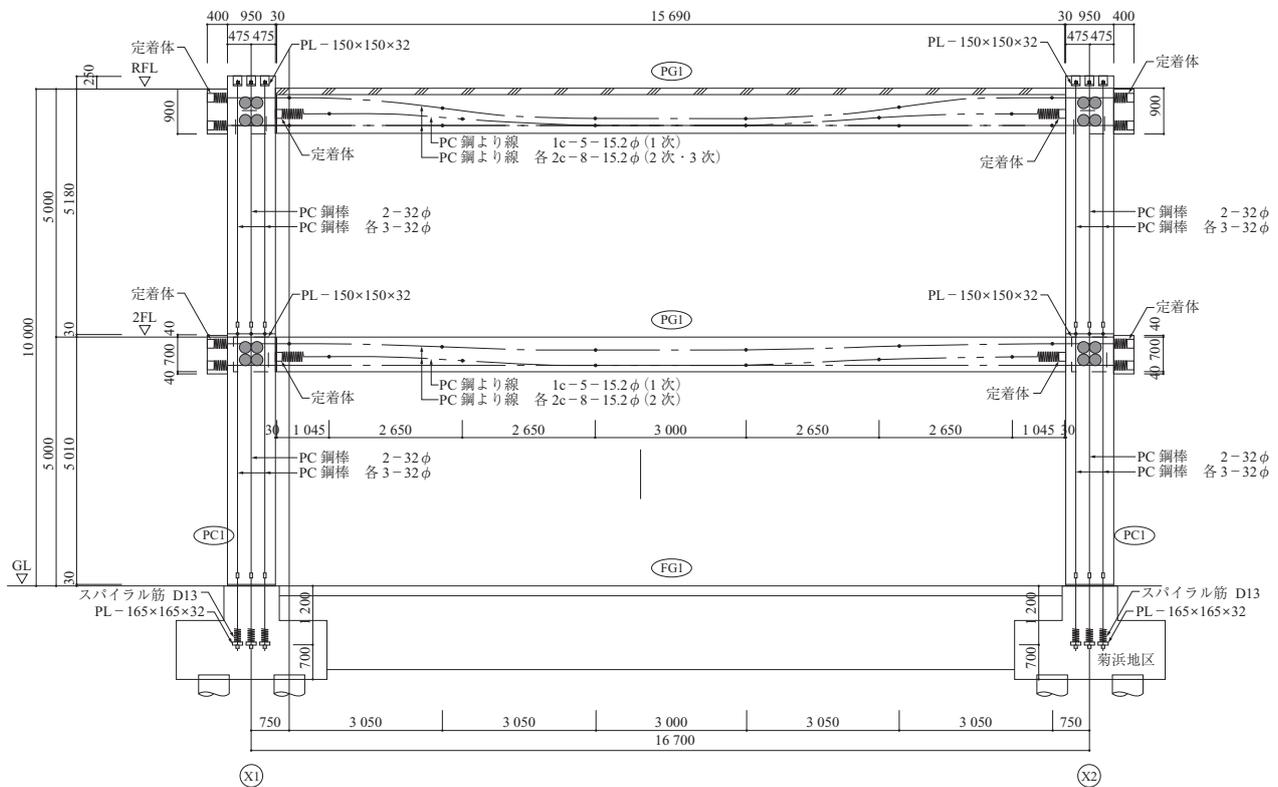


図 - 4 構造図 (菊浜地区)

- 3 に、構造図を図 - 4 にそれぞれ示す。

### 3.3 津波荷重

津波荷重については、内閣府「津波避難ビル等に係るガイドライン」<sup>1)</sup> をもとに、東日本大震災における津波による建築物被害の実態調査結果などを踏まえてとりまとめられた「東日本大震災における津波による建築物被害を踏まえた津波避難ビル等の構造上の要件に係わる暫定指針」<sup>2)</sup> に従っている。津波波圧の算定式を式(1)に、津波波圧の

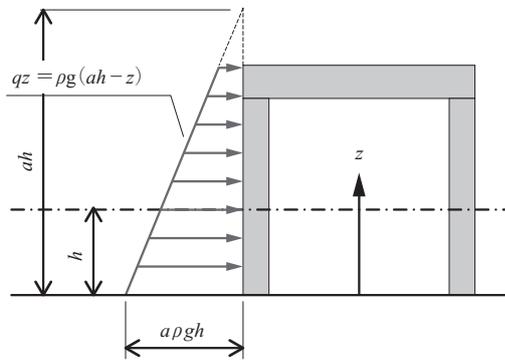


図 - 5 津波波圧の考え方

考え方を図 - 5 に示す。

$$qz = \rho g (ah - z) \quad (1)$$

ここに、

$qz$  : 構造設計用の進行方向の津波波圧 (kN/m<sup>2</sup>)

$\rho$  : 水の単位体積質量 (t/m<sup>3</sup>)

$g$  : 重力加速度 (m/s<sup>2</sup>)

$h$  : 設計用浸水深 (m)

$z$  : 当該部材の地盤面からの高さ (m)

$$(0 \leq z \leq ah)$$

$a$  : 水深係数 (= 3)。ただし、表 - 2 に該当する場合には、表の数値とすることができる。

本施設はピロティ形式であり、建物前面の柱や梁の側面に津波を受けるものとして波圧を算出している。また、建設地点は内陸であるため、水深係数  $a$  は表 - 2 に従って

表 - 2 水深係数  $a$  の要件

	要件	$a$ の値
(一)	津波避難ビル等から津波が生じる方向に施設又は他の建築物がある場合（津波を軽減する効果が見込まれる場合にかぎる）	2
(二)	(一) の場合で、津波避難ビル等の位置が海岸および河川から 500 m 以上離れている場合	1.5

低減している。各地区の条件は以下のとおりである。

【菊浜地区】設計用浸水深  $h = 7$  m, 水深係数  $a = 2.0$

【今沢地区】設計用浸水深  $h = 10$  m, 水深係数  $a = 1.5$

漂流物による衝突荷重は、瞬間的に作用する荷重であり、通常は静的な荷重に比べはるかに大きい。衝突荷重としては、材木（径 0.4 m, 長さ 10 m）および普通乗用車（2 t）の荷重を想定して検討し、安全性を確認している。なお、施設の周辺には漁港もなく船舶による被害は考えて

ない。

浮力および揚力に対しては、施設がピロティ形式であることにより、津波は避難階床まで溯上しないとして省略している。

滑動に対しては、浅い支持地盤 ( $L = 3.0 \sim 4.0$  m) であったがリスクを軽減するため杭基礎を採用している。

## 4. 施工概要

### 4.1 施工フロー



図 - 6 施工フローチャート

施工全体のフローチャートを図 - 6 に示す。

### 4.2 プレキャスト部材の製作

PCa 部材は、滋賀県のプレキャスト専用工場にて製作した。梁部材については、運搬・架設時に梁として自立させるため、工場にて 1 次緊張 (5S15.2 × 1 本) を行った。最大の PCa 部材は、長さ 15.690 m, 重量約 20 t であった。PCa 部材の製作状況を写真 - 3 に示す。

### 4.3 基礎アンカー工

プレキャスト工事においては、基礎アンカー (PC 鋼棒のデッドアンカー) の設置はもっとも重要な工程のひとつである。PC 鋼棒の精度を確保するため、写真 - 4 に示すようなアンカーフレームを用いて基礎アンカーのセットを行い、基礎コンクリートの打設前後にアンカーフレーム位

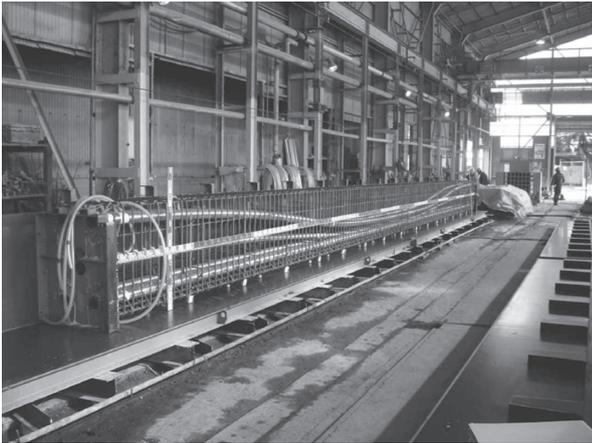


写真 - 3 PCa 部材製作状況



写真 - 6 梁部材の架設



写真 - 4 基礎アンカーフレーム



写真 - 7 柱部の緊張

置確認を行った。アンカーフレームの設置誤差は $\pm 5$  mmで管理を行った。

#### 4.4 プレキャスト部材の架設

PCa 部材の架設は、油圧式 160 t 吊りクレーンを使用した。柱部材は、2 節を接合する構造となっており、まず 1 節目の柱および 2 階梁を架設する (写真 - 5, 6)。柱に PC 鋼棒を配置、緊張して基礎と剛結する (写真 - 7)。次



写真 - 5 柱部材の架設



写真 - 8 梁部の緊張

いで 2 階梁を緊張 (写真 - 8) する。同様に 2 節目の柱・R 梁を架設した後、それぞれ緊張を行いフレームが完成 (写真 - 9) となる。続いて屋上部に DT 版を架設 (写真 - 10) し、後打ちスラブ部の配筋、コンクリートを打設 (写真 - 11) して避難スペースとなる合成床版が完成となる。

PCa 部材の組立て工程は実働で 10 日であった。PCa 部



写真 - 9 フレーム完成



写真 - 10 DT版の架設



写真 - 11 スラブコンクリートの配筋・打設

表 - 3 PCa 部材組立て施工工程

工種	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
柱架設工	1節		1節		2節	2節				
	架設		緊張		架設	緊張				
梁架設工		2階		2階		2階	R階			R階
		架設		通線		緊張	架設		通線緊張	
DT版架設工										DT版架設
グラウト工								グラウト		
								注入		

材組立ての施工工程を表 - 3 に示す。

## 5. おわりに

本稿では、PCaPC 造津波避難施設の工事について報告した。現在、全国で建設が進む津波避難施設の多くは鉄骨造である。今回の掛川市の津波避難施設は、巨大地震が何年後に起こるか予測できないなか、PC 構造の強じん性、施工性、経済性、ライフサイクルコスト、地元企業の活用など総合的に判断され PCaPC 造が採用された。これは PCaPC 工法の優位性が評価された結果と考えられ、今後も各自治体が津波避難施設の構造選定をする際に、選択肢のひとつとなることを期待する。

国内初となる掛川市 PCaPC 津波避難タワーは、津波被害に対する地方自治体や住民のニーズに応えるものである。平常時は駐車場や朝市の会場としての利用が見込まれており、地域コミュニティの推進と地域防災の向上につながることを期待される。

## 参考文献

- 1) 内閣府：津波避難ビル等に係るガイドライン，2005.6
- 2) 国土交通省住宅局及び国土技術政策総合研究所：東日本大震災における津波による建築物被害を踏まえた津波避難ビル等の構造上の要件に係わる暫定指針，2011.11

【2013年11月7日受付】