景観との調和を意識した津波避難タワーの研究

高麗　憲志[1]・遠藤　秀平[2]

[1]神戸大学大学院工学研究科建設系技術分野グループ

[2]神戸大学大学院工学研究科建築学専攻

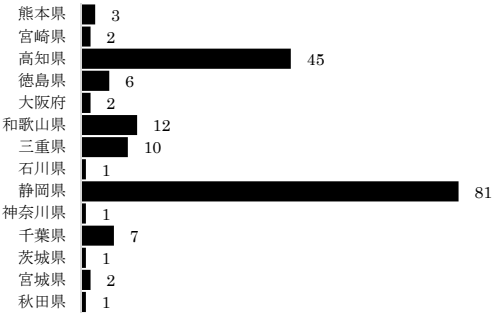
キーワード：津波避難タワー、まち並み、景観計画、建築計画、防災計画

近年、構造性、機能性を最優先とした津波避難タワーが地域ごとに同様の形態で益々増加傾向にあり、周辺の町並みや景観への影響が懸念される。本研究では、津波避難タワーの景観の中での実態を定量的に分析し考察した上で、新しい津波避難タワーを提案することにある。今回は、西日本で津波避難タワー件数が最も多い高知県について追加で調査を行い、得られたデータを考察した結果、①面的（素材）不連続性、②高さ方向の不連続性、③形状（ボリューム）の不連続性の3つの不連続性が指摘された。これらの結果をふまえ、同県黒潮町に敷地を設定し、与条件を設定した上で、施工性、汎用性などの観点からも広く検討を行い、菱形十二面体構造ユニットによる津波避難タワーを提案した。構造的な部分及び経済的な部分で課題が残り、今後さらに詳細について検討が必要だが、一つの可能性として提案を行った。

１はじめに

近年太平洋側沿岸部において、津波避難タワーの数が急速に増加している。2015年3月時点での全国の津波避難タワー（人工高台を含む）数を現したのが下記の表１である。

表１　全国の津波避難タワー件数[1)]



津波避難タワー数は、東日本大震災以前は 40 件程度だったが、2015年3月現在では全国で合計174件と4倍以上となっている。静岡県が最も多く 81 件、高知県においては45件であるが、2016年3月までに115件を目指す[2)]など、今後もさらに増加する予定である。

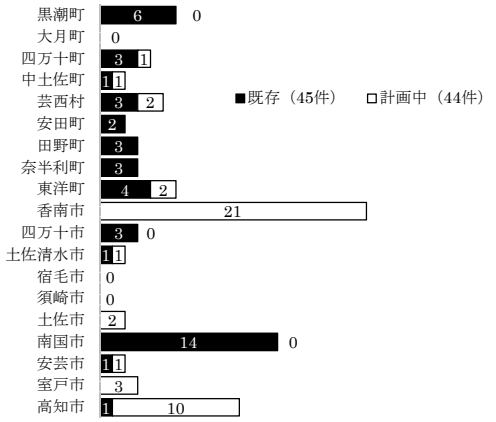
このような傾向の中で、周辺の町並みや景観への影響が懸念される。構造性、機能性が最優先に考えられ、各地域で同様の津波避難タワーの建設が進んでおり、今後は町並みや景観への配慮についても検討が必要であろう。

今回は西日本で最も津波避難件数の多い高知県を調査対象とし、高知市と南国市について調査を行った。

２高知県の津波避難タワーの現状と調査

高知県は2015年3月時点で合計45件である。各自治体の内訳を表2に示す。高知市は1件、南国市は最も多く 14 件である。なお、現在建設中ではあるが、香南市は2015年度中に21件完成予定である。

表２　高知県の津波避難タワー件数[3)]



また一方で、津波避難ビル件数については、2015年3月現在で高知市は274件、南国市は7件、香南市は0件ということ[4)]から、津波避難ビルの少ない場所に積極的に津波避難タワーの建設が進められていることが分かる。

今回の津波避難タワーの調査はそのうちの高知市の 1 件、南国市の5件について調査を行った。調査対象の概要を表3に示す。

2-1高知市と南国市の津波避難タワーの状況

高知市は 2015 年 3 月時点で鉄骨造の 1 件であるが、2016 年度までに 11 件まで増やす[5]としており、沿岸部の津波避難対策を急ピッチで進めている。

南国市については 2014 年度に建設を予定していた 14 件全ての建設を完了させている。全て鉄筋コンクリート造であり、配置としては、前浜の伊都多神社（標高 12・３～12・７ｍ ）を中心として東西約 600m ごとに設置されており、人口の多い所は 300m ほどのところもある。[6]

津波避難レベルの考え方については、タワーごとに説明図が掲示されており、それによると、それぞれ想定浸水深に約 3m 程度を加えた高さとしており、津波のせり上がりなどを考慮し、余裕を持った高さを設定していると考えられる。

３高知市と南国市の調査

前回の研究[7]に加え、今回新たに高知県高知市及び南国市の津波避難タワーにおいて前回と同様の調査を行った。

3-1調査の目的と方法

調査は、タワーの景観における実態を定量的に分析し、景観的あり方を検討する手がかりとすることを目的として行った。実施は 2014 年 12 月 9 日、10 日の両日に渡って行い、津波避難タワーを含む景観の撮影と大まかな実測をおこなった。

撮影は一般的なコンパクトデジタルカメラ（Nikon COOLPIX S9300）を使用し、撮影対象は、地域住民が主に利用する日常的な動線から見る景観とした。また、撮影地点は原則として建物敷地に対して４方向からとし、敷地に接するまたは接続する道路から対象建物方向に目線高さ（約 1.5m）から撮影した。

実測は大まかな配置、規模を把握するために行い、柱スパン及び柱径を実測し、簡単な平面図を作成した。

撮影した写真から、タワーとそれ以外の部分（ここでは景観の構成要素の性質の違いとして①津波避難タワー、②空、③建物、壁など、④道路、⑤樹木、植栽、山の５種類に分類した。）が占める面積の割合（%）をそれぞれ算出した。

3-2分析、考察

分析結果を次の図 1「高知市、南国市における津波避難タワーと景観に関する分析結果」に示す。そこから次のような考察を得た。

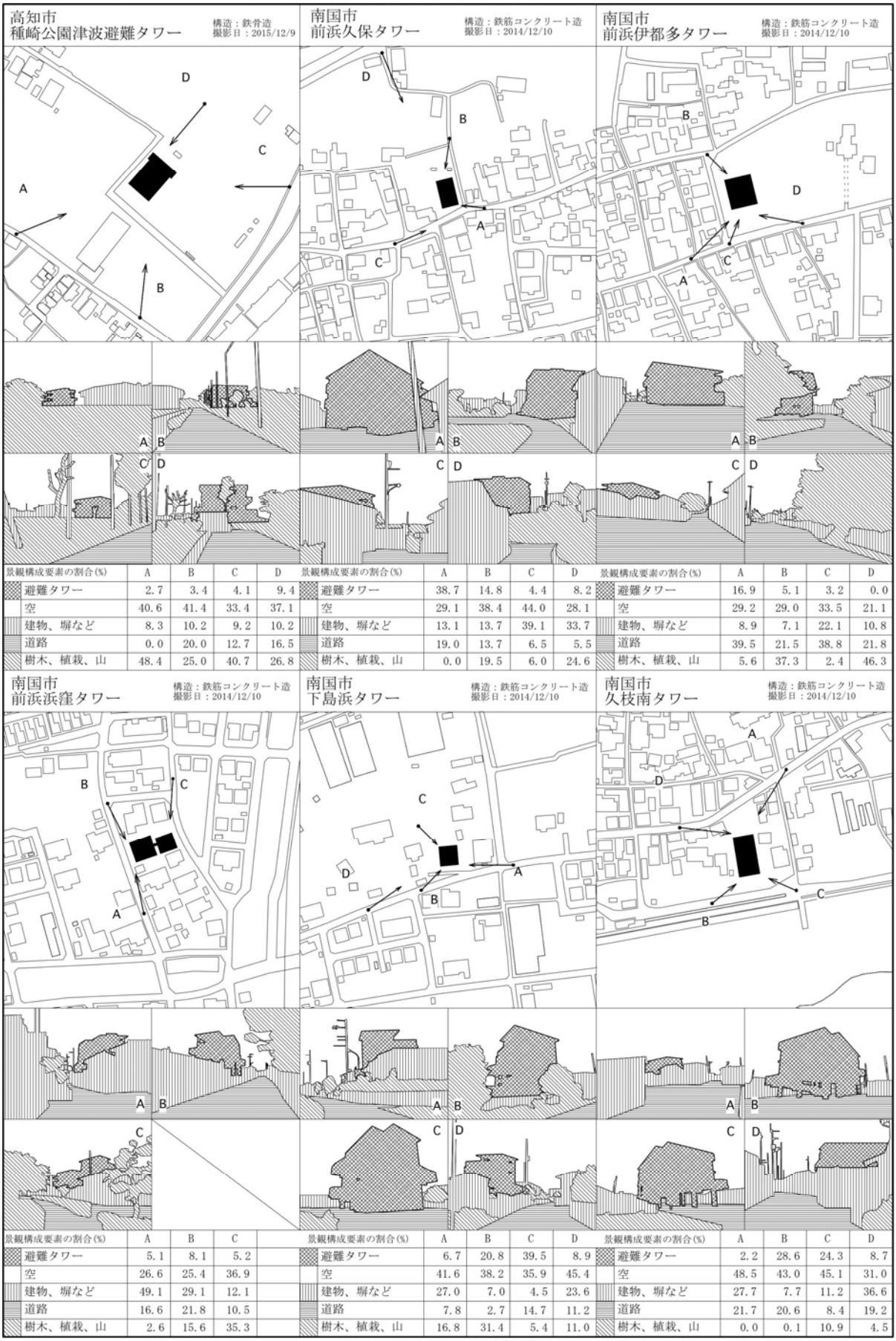
一つは「津波避難タワー」が景観に占める割合は非常に小さい一方で、「空」を除いて「建物、塀など」の占める割合が非常に大きいことである。周辺は低層の民家が多い地域でもあり、同じような構造、素材の建物が密集しているため、景観の構成要素として、タワーと周辺の町並みとの不連続性を示していると考えられる。具体的には、下記の 2 点が指摘される。

- 道路に接して並ぶ塀や建物壁面の素材とタワーを構成する素材との面的な不連続性（見る方向によってはその背後に山並みがあることもあり、その不連続性がより強調されると考えられる。）
- 瓦の勾配屋根とタワーの軒先の軒先及び棟の連続するラインが不連続である。高さ方向の不連続性

二つ目はタワーの形状について、最上階が大きく迫出すような形状をしていることが分かる。これは避難面積を効率よく確保する上で必然的な構造であるが、周辺の民家の高さが 1 層あるいは 2 層がほとんどであり、タワーの最上階より低いため、その迫出しがより強調されているように思われる。また、南国市の事例では全て鉄筋コンクリート造であり、柱の大きさが 450φである高知市の鉄骨造に対し、鉄筋コンクリート造の場合、柱の大きさは 900～1000φとなっており、各部材が鉄骨造に比べて非常に大きいので、よりその異質性が強調されていると考えられる。つまり、形状（ボリューム）の不連続性が指摘される。

表３　高知市、南国市における津波避難タワーの概要

名称	種崎 津波避難タワー	久枝南タワー	下島浜タワー	前浜浜窪タワー	前浜久保タワー	前浜 伊都多タワー
写真						
調査日	2014/12/9	2014/12/10	2014/12/10	2014/12/10	2014/12/10	2014/12/10
所在地	高知市種崎地区	南国市久枝 66 番地 8	南国市下島 112 番地	南国市前浜 12 番地 2	南国市前浜 585 番地	南国市前浜 414 番地 4
施主	高知市	南国市	南国市	南国市	南国市	南国市
構造	S 造	RC 造	RC 造	RC 造	RC 造	RC 造
面積(m2)	619	463	121	158	371	563
避難高さ①(m)	12.5	10.83	10.34	12.27	6.76	6.76
避難高さ②(m)	8.5	7.83	7.34	9.27	3.76	3.76
収容人員	619	463	121	158	371	563
竣工	2014 年 3 月	2014 年 3 月	2014 年 3 月	2014 年 3 月	2014 年 3 月	2014 年 3 月
備考	屋根なし、ベンチ券備蓄収納設置	水道、備蓄倉庫、鐘楼あり（共通）		東側の既設の津波避難タワーへの増築		神社境内のため、色彩に配慮



景観構成要素の割合(%)	A	B	C	D
避難タワー	2.7	3.4	4.1	9.4
空	40.6	41.4	33.4	37.1
建物、塀など	8.3	10.2	9.2	10.2
道路	0.0	20.0	12.7	16.5
樹木、植栽、山	48.4	25.0	40.7	26.8

景観構成要素の割合(%)	A	B	C	D
避難タワー	38.7	14.8	4.4	8.2
空	29.1	38.4	44.0	28.1
建物、塀など	13.1	13.7	39.1	33.7
道路	19.0	13.7	6.5	5.5
樹木、植栽、山	0.0	19.5	6.0	24.6

景観構成要素の割合(%)	A	B	C	D
避難タワー	16.9	5.1	3.2	0.0
空	29.2	29.0	33.5	21.1
建物、塀など	8.9	7.1	22.1	10.8
道路	39.5	21.5	38.8	21.8
樹木、植栽、山	5.6	37.3	2.4	46.3

景観構成要素の割合(%)	A	B	C
避難タワー	5.1	8.1	5.2
空	26.6	25.4	36.9
建物、塀など	49.1	29.1	12.1
道路	16.6	21.8	10.5
樹木、植栽、山	2.6	15.6	35.3

景観構成要素の割合(%)	A	B	C	D
避難タワー	6.7	20.8	39.5	8.9
空	41.6	38.2	35.9	45.4
建物、塀など	27.0	7.0	4.5	23.6
道路	7.8	2.7	14.7	11.2
樹木、植栽、山	16.8	31.4	5.4	11.0

景観構成要素の割合(%)	A	B	C	D
避難タワー	2.2	28.6	24.3	8.7
空	48.5	43.0	45.1	31.0
建物、塀など	27.7	7.7	11.2	36.6
道路	21.7	20.6	8.4	19.2
樹木、植栽、山	0.0	0.1	10.9	4.5

※配置図中■は津波避難タワーを示す。全て紙面上方向を北とし、範囲は200m x 200mとする。

図１　高知市、南国市における津波避難タワーと景観に関する分析結果

４景観と調和した避難タワーの提案

本章では前章までの分析結果をもとに、敷地、与条件を設定した上で、具体的な津波避難タワーの設計提案を行う。

４－１計画敷地の選定と設計条件

敷地として高知県の黒潮町を選定した。黒潮町は 2014 年 12 月の国交省の津波想定で最大 34mの津波が想定されており、全国で最も津波高さの高い自治体である。2015 年１月に佐賀地区津波避難タワー設計監理委託業務公募型プロポーザルが公告[8]されていたため、より具体的に提案するために、同設計監理業務委託の仕様書及び企画提案要領を参考とした。

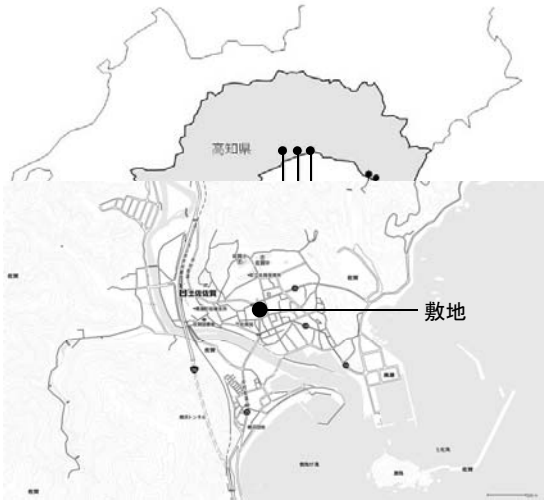


図２　黒潮町敷地位置図（出典 yahoo map）

津波避難タワーの設計条件は下記である。

・避難面積：180m2（うち 100m２は屋根設置）
・設計浸水深：18m
・避難階高さ：18m+4m＝22m 最高高さ 25m
・階段とスロープの両方もしくはどちらか
　階段：階段幅 1.5m以上（蹴上 150、踏面 300）
　スロープ：勾配 1/8 以下、幅 1.5m程度
・備え付ける設備　誘導灯・備蓄倉庫
・支持層 GL-15m

４-２敷地周辺環境の分析

敷地は住宅と田畑が混在する地域で、平成 23 年の津波想定では、津波浸水深が 18m、津波到達時間が 20 分となっており、周辺に高台や津波避難ビルがないため、避難困難地域である。

周辺の建物は、通りを挟んで敷地の南東側にある２階建ての診療所、大通りを挟んで西側にある２階建ての駐在所が鉄筋コンクリート造であることを除けば、木造 2 階建てか平屋である。

４-３タワー形態の検討

検討の前提条件として、前章で述べた前回の研究及び今回の調査で得た配慮すべき事項について反映するとともに、汎用性のある構造システムとしたものを提案する。まずは、南国市のような事例を参考に、設計を行い、提案の手がかりとする。

南国市の調査から、津波避難タワーの傾向から同様の考え方（鉄筋筋コンクリート造、階段とスロープ併用）で上記与条件を満たす案を検討し、設計を行ったのがＡ案である。（図 3）

図３　Ａ案模型写真

Ａ案は鉄筋コンクリート造、ラーメン架構による単純明快な構造である。前章で述べた不連続性の問題が残る。またＡ案では、スロープを設置したが、22mを上がりきるには勾配を 1/10 とすると 250m程度となり、歩行速度を分速 60mとすると約 4.5 分かかる計算である。

本敷地は地震発生から津波到達時間が約 20 分であるため、津波避難タワーまでの移動時間も考えるとあまり余裕のない状況である。

４-４タワー架構の検討

タワーの形状については、構造部材が小さく、汎用性をもつことなどの前提条件から、鉄骨造で、一定のユニットの組み合わせにより形状を構成することとした。

可能性として、ジャングルジムのような形状の案、立体トラス案など検討（図 4）したが、今回は前述の不連続性の問題解決のための提案として、菱形十二面体の各辺を構造部材とする形状を提案した。

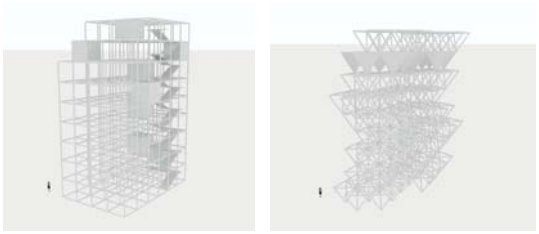


図４　架構検討案

菱形十二面体は、それのみで空間を充填することが可能であり、全て同じ菱形で空間を構成可能な立体である。この各辺を構造部材とする構造は、ハニカム構造の一種とされており、強度はもちろん構造的に非常に冗長性の高い構造である。[9,10]

また、利用できる空間が比較的容易に確保可能であり、視覚的にも見る方向により様々な形状に見え、周辺の景観とも調和し易いと考えられるため採用した。

具体的には、長さ約 3mでφ200 の鋼管をフレームの一辺とする菱形十二面体を基本ユニット(図 5､6)とし、津波避難高さを確保できるように 5.5 段積み上げた架構としている。

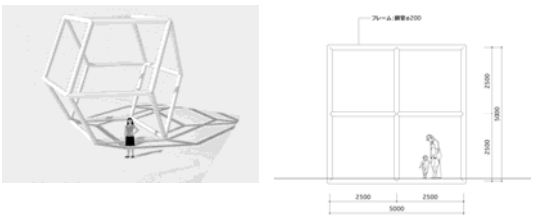


図 5　菱形十二面体構造ユニット

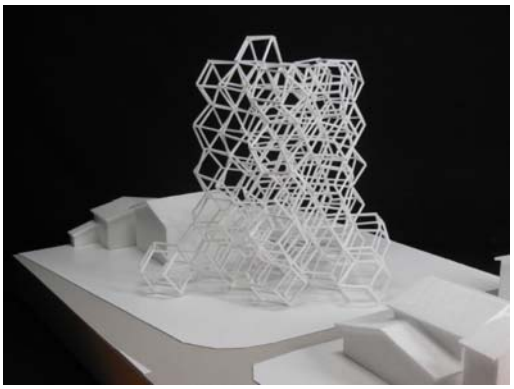


図 6　菱形十二面体構造ユニット案架構模型

4-5ユニットの活用

ユニットの活用方法については、①会議室（１個、２個連結)、②備蓄倉庫、③屋根（テント)、④テント膜で簡易間仕切りをつくる（仮設トイレや風避けなど)、⑤植栽プランターの５つのパターンを想定している。(図 7)

それぞれの空間については、木製パネルやテント膜による簡易な構造により、比較的容易に設置、解体が可能なように計画している。災害時には避難した地域住民が自分たちで適切な空間をつくることが可能であることと、浸水する部分については、津波襲来時に簡単に外れることで、津波の外力を受け流すことを想定している。

4-6施設計画

１階（地上レベル）は道路に面する南側及び西側に階段を設け、２方向から避難できるように計画した。また、南側前面道路は、南東側に診療所があり、比較的多くの地域住民の往来があると考えられるため、植栽を施すとともに、日常利用を考えてオープンな計画とし、多目的会議室を設けるとともに、敷地内に気軽に立ち寄ってもらえるようにベンチを設置し、強い日差しや雨を防げるようにテント膜による屋根を計画した。

避難階までの階については、最寄りの階段の踊り場に接続するように植栽プランターや、小会議室、備蓄倉庫

図 7　ユニット活用のパターン

を配置する。これらは、建設後も地域住民により設置、解体が可能な計画とする。

避難階については、必要避難面積を確保するとともに、備蓄倉庫を設けた。日常的には展望台として利用可能である。また災害時には避難が長期にわたることも考慮し、テント膜により屋根や間仕切りが容易に設置可能な計画とした。また想定外の場合も考慮し、屋根の一部にスラブを計画することで、さらに上部に避難が可能となり、ヘリによる救助活動にも対応できるように計画した。(図 8～18)

図 8　配置図

4-7 津波火災への配慮

近年、津波に起因して発赤する火災、いわゆる津波火災への関心が高まっている。津波火災への対策としては、主構造となる鉄骨への耐火塗料の塗布及び避難階直下に軒（床）下空間をとることで瓦礫から離隔すること、及び輻射熱、熱気流を遮蔽するように工夫している。

4-8 今後の検討課題

接合部の構造については、現状の形状を維持するためには、１つのユニットが菱形（四角形）をしているため剛接合とする必要があり、その接合部の検討が必要である。また、菱形の同一面上の対角線に部材を入れることでトラス構造としピン接合とすることも可能だが、接合部に 12 本の部材が集中するため接合部が非常に大きくなること、部材数が多くなることなどの問題がある。どちらにしても、施工コスト、施工期間と合わせて検討が必要である。

５まとめ

本研究では、昨年度の研究成果を踏襲しながら、西日本で津波避難タワー件数が最も多い高知県について追加調査を行い、データを収集した。考察した結果、①面的（素材）不連続性、②高さ方向の不連続性、③形状（ボリューム）の不連続性の３つの不連続性が指摘された。

これらの結果をふまえ、敷地を津波の想定高さが全国で最も高い黒潮町と設定し、具体的な設計与条件を設定した上で、構造的に強く、冗長性をもち、視覚的にも変化に富む、菱形十二面体構造ユニットによる津波避難タワーを提案した。接合部の構造及び経済的な部分で課題が残り、今後検討が必要だが、一つの可能性として提案を行った。

参考文献

1）朝日新聞：津波費案タワー4 倍増, 2015 年 3 月 6 日

2）南海トラフ地震に向けた強靭化に関する高知県の取組み：高知県, 平成 27 年 7 月 7 日

3, 4）日本建築学会若手奨励特別研究委員会「津波火災対応型津波避難ビルの火災安全計画」において2014年10月に実施された「地域防災計画における津波火災対策の実態と課題に関する調査」のアンケート結果及び各自治体ＨＰデータによる

5）朝日新聞：高知市に初の津波避難タワー完成, 2014 年 4 月 10 日

6）広報なんこく平成 26 年 11 月号, 南国市

7）高麗憲志・遠藤秀平：津波避難施設の可能性に関する研究, 神戸大学持続的住環境創成（積水ハウス）寄附講座平成 25 年年報

8）佐賀地区津波避難タワー設計監理委託業務公募型プロポーザル公告, 黒潮町 HP, 2015 年 1 月 9 日

9）田中有, 菱形十二面体における冗長性に関する研究, 法政大学大学院デザイン工学研究科紀要 Vol. 2（2013 年 3 月）

10）高野勝吉, 球の充填方法から形成される構造フレームの構造性能の有効性に関する研究, 工学院大学建築都市デザイン学科小野里研究室 2007 年度卒業論文梗概

図 9　+1.5m 平面図

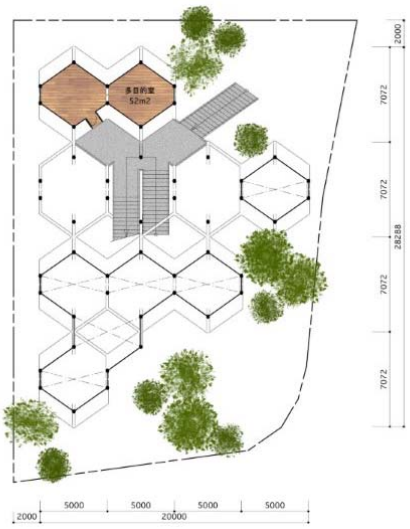


図 10　+4.0m 平面図

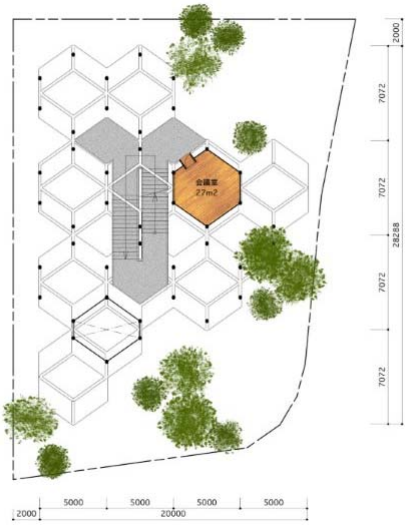
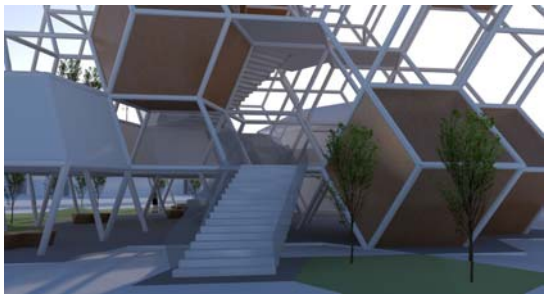


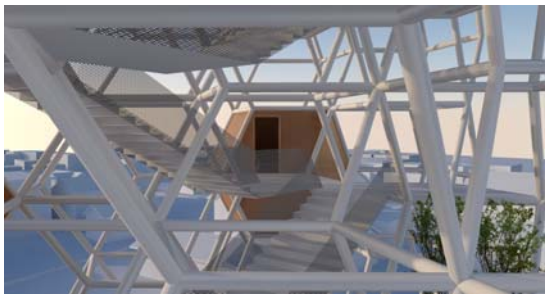
図 11　+6.5m 平面図

南側からの全景

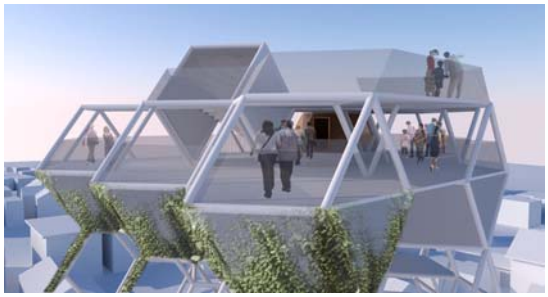
南東側から見る



北東側から見る



踊り場に接続する会議室



避難階を見る

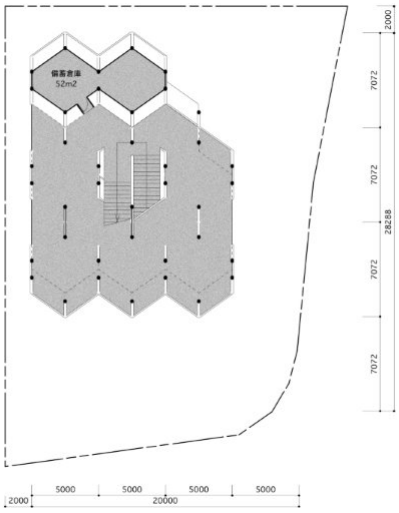


図 12　+24.0m 避難階平面図

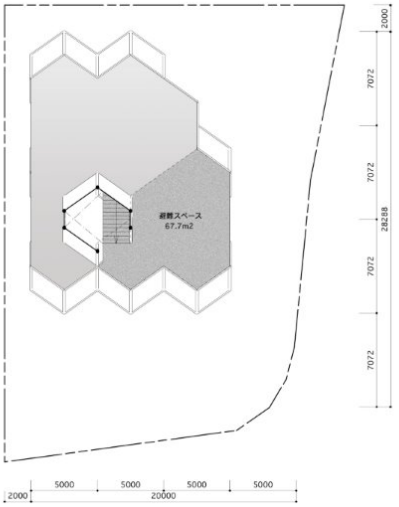


図 13　+26.5m 屋上階平面図

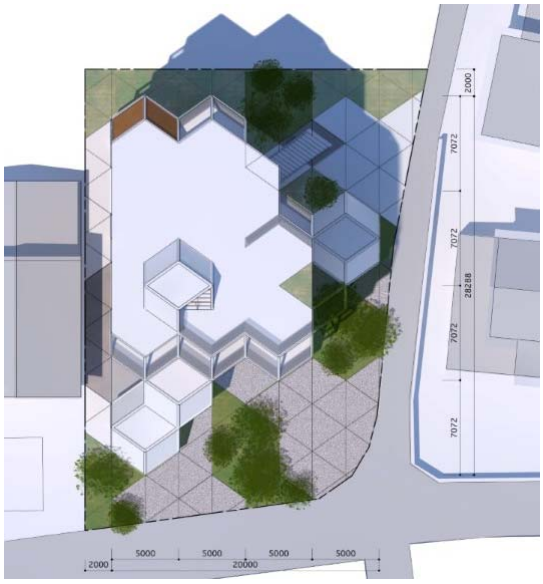


図 14　屋根伏図

全景

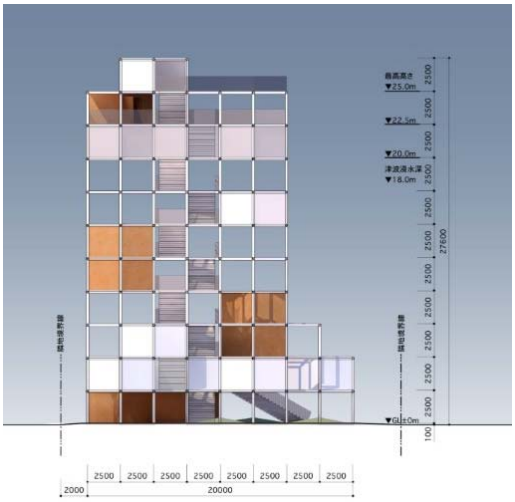


図 15　南立面図

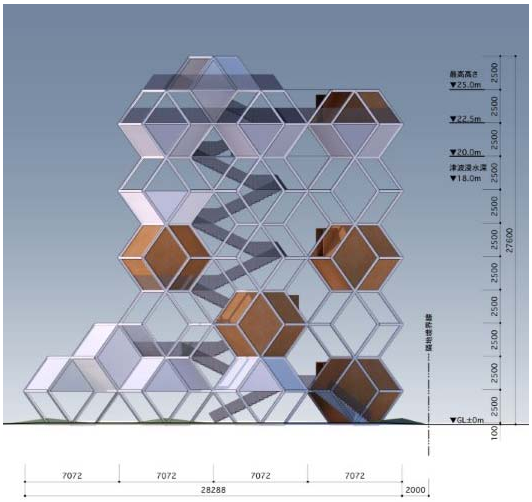


図 16　東立面図

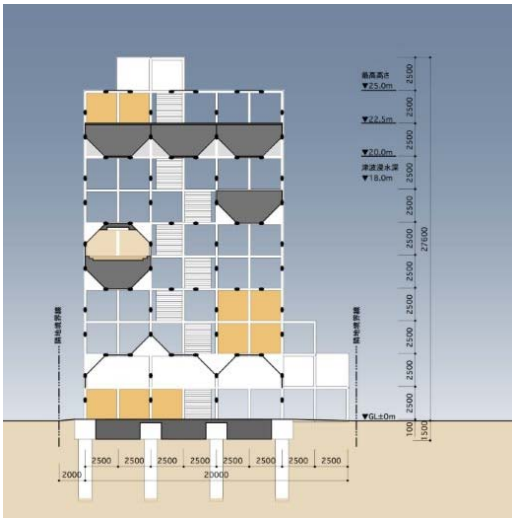


図 17　A-A断面図

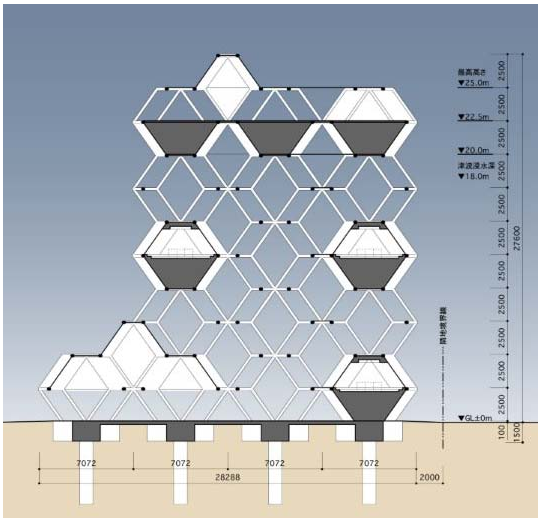


図 18　B-B断面図