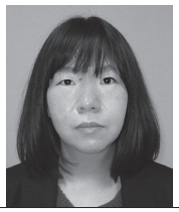
ディスコ九州支店

江村　勝
大林組

中塚　光一
同

鈴木　貴博
同

中嶋　拓
同


鈴木　典子
同

1　はじめに

本建物は、熊本空港近くに計画している2階建て建物である。耐震構造で設計を進めていた確認申請直前の2016年4月に熊本地震が発生した。計画地のある益城町内では震度7の揺れが2回観測され、1回目で倒壊を免れたとしても、その時受けた損傷により2回目で倒壊した建物があった。損傷を防ぎ、このような地震にも耐えうる構造を目指して、免震構造に変更された。

2　建物概要

半導体産業が盛んな九州における精密加工メーカーの研究開発及びサービス・営業拠点である。

緑豊かな環境の中にあって素材感を活かした建物外観とした。重厚なRC打ち放し架構から突き出した鉄骨柱柱頭で片流れの木屋根架構をピン支持とし、全周をガラスとすることで浮遊感のあるデザインとした。また、屋上緑化、自然換気を採用してエコでありながら開放的な内部空間を実現している。

【建築概要】

建　設　地：熊本県上益城郡益城町大字田原字上面ノ平2170番4
建　築　主：株式会社ディスコ
設 計 監 理：株式会社大林組一級建築士事務所
施　　工：株式会社大林組
用　　途：事務所、寄宿舎
階　　数：地上2階
建 物 高 さ：9.86m
延 べ 面 積：1,381.02m²
建 築 面 積：1,124.40m²
構　　造：RC造一部S造及び木造
基 礎 形 式：直接基礎（ベタ基礎）

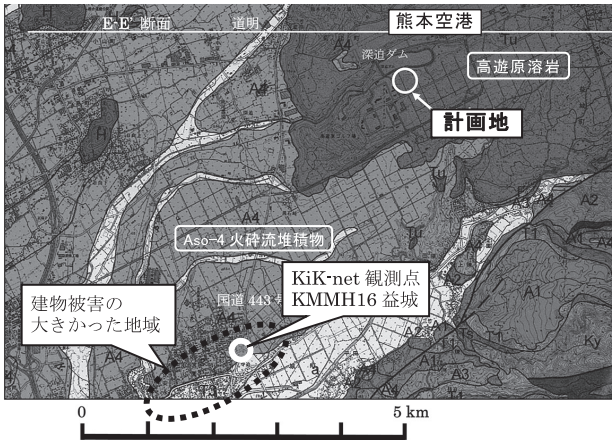


図1　地質平面図（熊本市周辺地盤図2003年より）

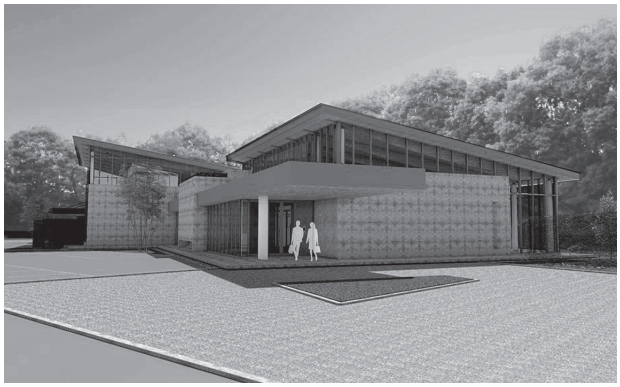


図2　外観パース（エントランス）

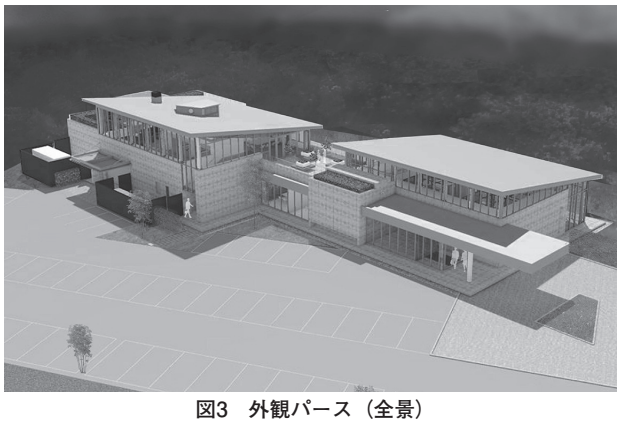


図3　外観パース（全景）

3　構造計画概要

1）上部構造

スパン14.3mの木造梁が架けられた木屋根直下は全周ガラス開口部であり、耐震要素を配置する余地が無い。木部材の剛接合は難しいことから、鉄骨コラム柱の柱頭をピン接合とした片持ち柱で水平力を負担する計画とした。ピン接合は、本計画に合わせて、支承部から細い鋼材を突き出して木造梁を支持するデザインとし、屋根の浮遊感を表現した。

木大梁には「オメガウッド」を採用し、フィンランド製の高剛性単板積層材（LVL）を用いた。「オメガウッド」とは、LVLを板厚方向にビスで一体化して大断面材を作成する大林組開発のローコスト化技術である。木大梁は曲げの大きさに合わせてせいを膨らませたデザインとし、鋼板挿入型の継手を設けて輸送による長さ制限（12m）に対応した。

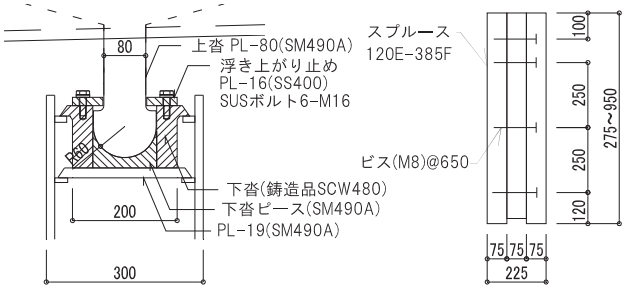


図4　柱頭ピン支承　　図5　木大梁（オメガウッド）

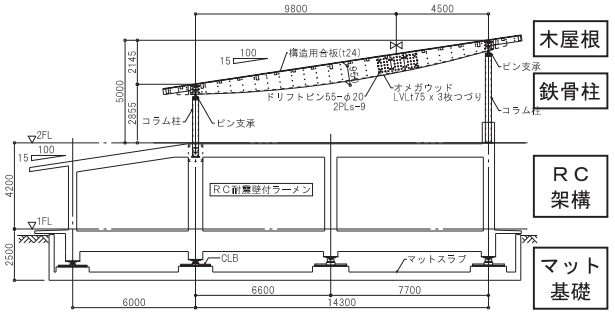


図6　軸組図（9通り）

木屋根下方の構造はRC耐震壁付ラーメン架構として剛性を確保し、木屋根への地震力増幅を抑えた。

2）免震層

直動転がり支承（CLB）35基、レベル2の風で降伏しない量として鉛プラグ入積層ゴム支承（LRB）5基、免震変位を500mm以下に抑える為のオイルダンパー（最大減衰力1000kN）4基を組み合わせて免震層を長周期化（L2で4.27秒）し、片持ち柱による屋根の振動を抑える計画とした。更に熊本地震のようなレベル2を超える地震時に擁壁との衝突による衝撃力を緩和させる「免震フェンダー」を採用した。

3）下部構造

基礎は厚さ400mm（一部600mm）のマットスラブのべた基礎とし、火山灰質粘性土（赤ボク）層を支持層（長期支持力=100kN/m²）とした。

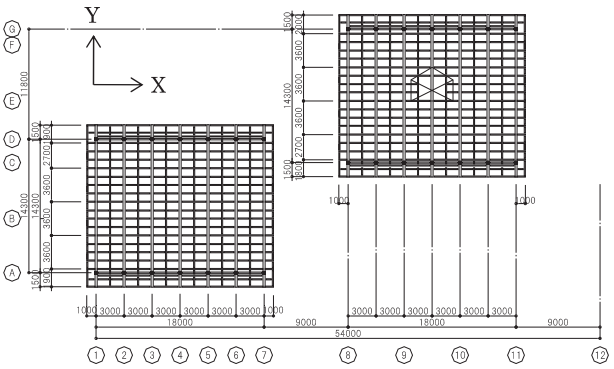


図7　木屋根伏図（見上図）

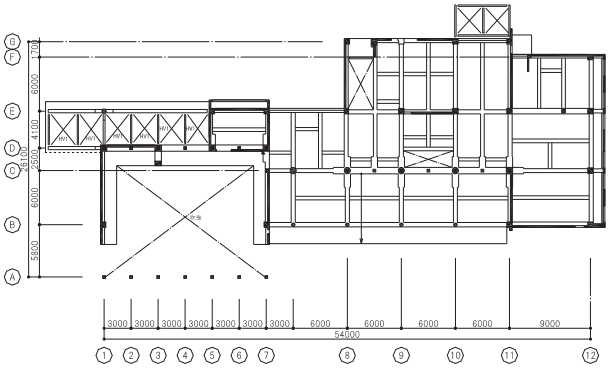


図8　2階床梁伏図（見上図）

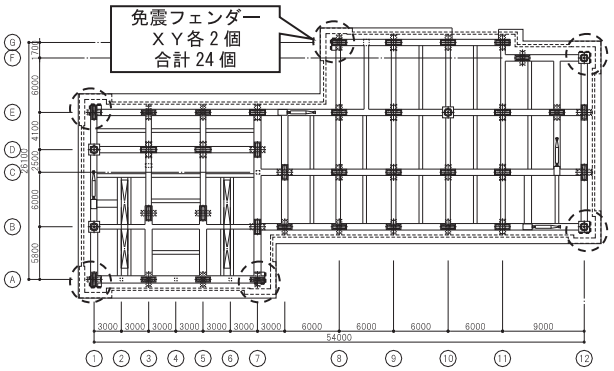


図9　1階床梁伏図（免震層見上図）

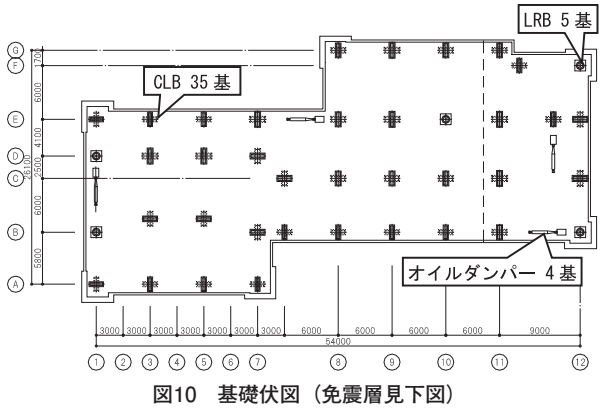


図10　基礎伏図（免震層見下図）

4　地震応答解析概要

1）設計性能目標と設計用入力地震動

表1に耐震性能目標を、表2に採用波一覧を示す。設計用入力地震動は、告示適合波（告示波）3波及び観測波3波の合計6波とした。

表1　耐震性能目標

対象部位			レベル 1 地震動	レベル 2 地震動
上部構造	断面設計		—	短期許容応力度以下
	層間変形角		1/400 以下	1/200 以下
免震層	変形		安定変形以内（γ ≦125%）	性能保証変形以下（γ ≦250%）
	面圧	圧縮	短期許容面圧以下	短期許容面圧以下
		引張	引抜力を生じない	引抜力を生じない
基礎構造	断面設計		—	短期許容応力度以下
	地盤の支持力		—	短期許容支持力以下

表2　入力地震動一覧

	地震波名	最大加速度[m/s²]（最大速度[m/s]）		解析時間[秒]
		レベル 1 地震動	レベル 2 地震動	
告示波	告示波(八戸 NS 位相)	1.05 (0.121)	4.95 (0.684)	160.0
	告示波(神戸 EW 位相)	1.22 (0.125)	4.90 (0.616)	80.0
	告示波(乱数位相)	1.13 (0.137)	4.76 (0.388)	160.0
観測波	EL CENTRO 1940 NS	2.30 (0.225)	5.11 (0.450)	53.4
	TAFT 1952 EW	2.24 (0.225)	4.97 (0.450)	54.4
	HACHINOHE 1968 NS	1.50 (0.225)	3.34 (0.450)	119.0

2）時刻歴応答解析モデル

解析モデルは、2つの木屋根を2質点とした上部構造4質点の等価せん断型モデルとし、減衰は、上部構造のみの一次固有振動数に対して2%の初期剛性比例型とした。免震層は、CLB及びLRBの復元力特性をバイリニア型とし、オイルダンパーはリリーフ荷重を考慮したバイリニアの粘性減衰とした。一次固有周期は上部構造のみで0.26秒、レベル2地震時相当で4.27秒となった。

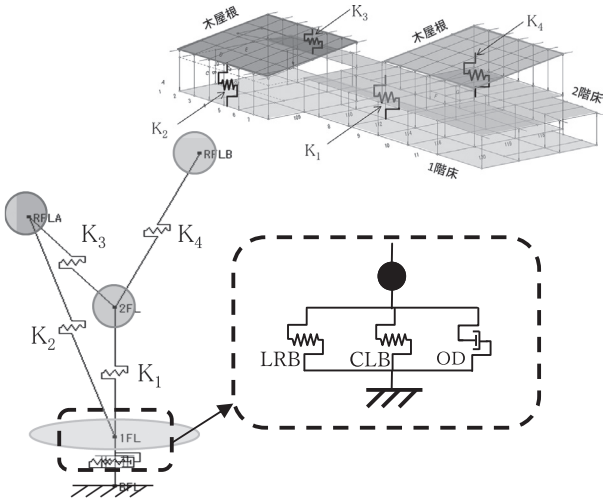


図11　応答解析モデル図

3）応答解析結果

表3にレベル2地震動に対する応答解析結果（重心位置・バラツキ考慮）を示す。応答結果は目標値に対して十分余裕があり、所定の免震効果が発揮されていることが分かる。

表3　レベル2最大応答層一覧（バラツキ考慮）

	レベル 2 地震動		備　考
	X	Y	
1階せん断力係数	0.097	0.097	設計用せん断力係数=0.130
上部最大層間変形角	1/1018	1/545	≦1/200
免震層変形[mm]	312.8	312.8	設計クリアランス=500mm（最小クリアランス=370mm）
免震層せん断力係数	0.095	0.087	
LRB 面圧[N/mm²]（上下動考慮）	0.12～7.18	0.72～6.54	短期許容面圧 0～18.4N/mm²

4）ねじり応答に対する検討

本建物は、2つの斜め屋根架構が並立することから、ねじり応答解析により、レベル2地震動の免震層と上部構造の変形を確認した。図12に解析モデル図を示す。各階剛床とし、重心位置に質量と回転慣性質量を与えた。減衰はXY方向および回転方向の一次固有周期に対して2%の剛性比例型とした。

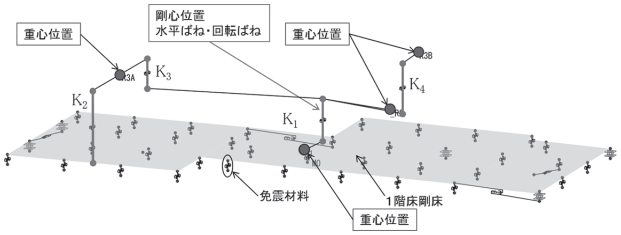


図12　ねじり応答疑似立体解析モデル図

免震材料の変形は、最大321.1mmで最小クリアランス370mm以内に納まった。

図13に屋根隅角部の最大層間変形を示す。ねじり応答結果が静的解析結果よりいずれも小さく、設計用せん断力の設定に問題が無いことを確認した。

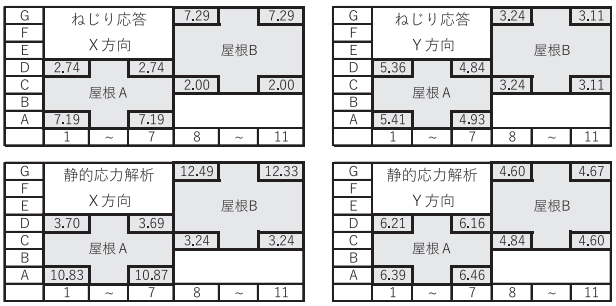


図13　屋根隅角部最大層間変形［mm］

5　熊本地震に対する対策

1）免震フェンダー

計画地の南西約4kmに位置するKiK-netの観測点KMMH16益城において、2016年熊本地震で震度7の地震波が2回観測された。本建物の免震はレベル2地震をターゲットとしており、熊本地震のようなレベル2を超える巨大地震時には擁壁に衝突させる。衝突による衝撃力は、大林組開発の緩衝装置「免震フェンダー」を免震支承上部基礎に設置し、厚さ100mmの高減衰ゴムの圧縮変形により吸収させる。

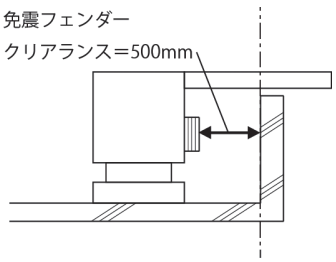


図14　免震フェンダー模式図

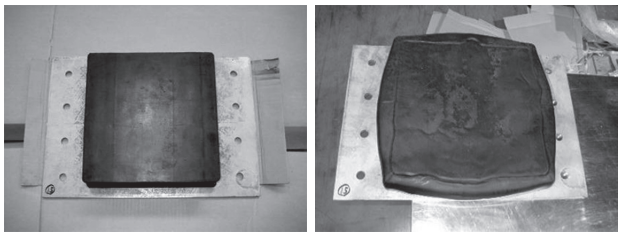
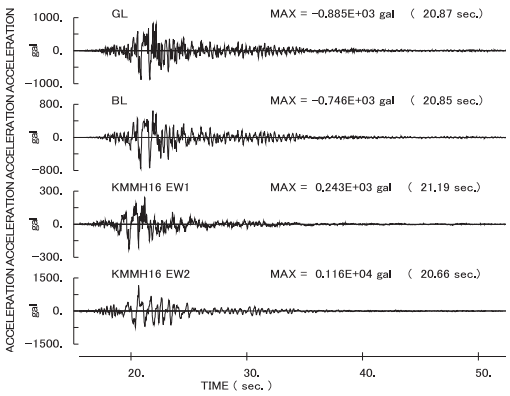


図15　免震フェンダー外観（左：出荷時、右：圧縮試験後）

2）衝突解析

熊本地震と同様の地震が計画地直下で発生した場合の免震フェンダーの効果を確認するため、免震フェンダー設置時と擁壁のみの2ケースについて衝突解析を行った。検討地震波は、震度7を観測した本震のKMMH16益城における地中観測波を基盤波とし、計画地の表層地盤特性を考慮して作成した。



地震波名	最大加速度[cm/sec²]	解析時間[秒]
熊本地震 EW 位相 KMMTEW(検討地震波)	746.1	80.0
熊本地震 NS 位相 KMMTNS	609.2	80.0

図16　検討地震波

3）解析モデル

図17に免震フェンダー設置時の解析モデルを示す。復元力特性は、図18の実験結果を元にモデル化した。擁壁のみの解析モデルではクリアランスを550mmに設定した。

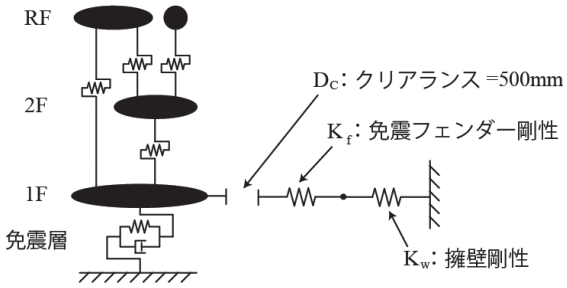


図17　解析モデル（免震フェンダー設置時）

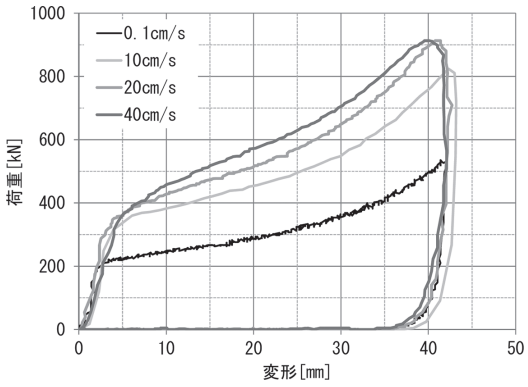


図18　高減衰ゴムの復元力特性（1台当り）

4）解析結果

表4に最大応答値抜粋を示す。免震フェンダーを設置することで各最大応答値は1/5以下（低減率80%以上）となり、擁壁衝突による衝撃力が大きく低減されることを確認した。

表4　最大応答値抜粋

	免震層加速度 [cm/s²]	1階層せん断力 [kN]	擁壁反力 [kN]
擁壁のみ	1433.1	21552.3	35581.4
フェンダーあり	252.3	3684.9	5899.9
応答低減率	82.4%	82.9%	83.4%

7　おわりに

着工時の地鎮祭では益城町長にご列席いただくなど、震災復興の先駆けとして期待されている。

設計段階から建築主を始め関係者皆様の多大なご協力を得て、来年１月末の竣工を目指して現在工事が順調に進んでいる。