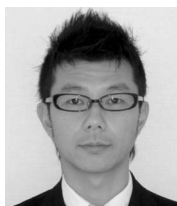


スポーツランドひらか



渡邊 朋宏
佐藤総合計画



写真1 建物外観



写真2 航空写真

1 はじめに

青森県平賀町（現：平川市）は、西に岩木山、東に八甲田山系を望む津軽平野内に位置し、豊かな田園風景が広がる米とりんごを特産とする町である。本施設は町民の健康増進とスポーツ交流のための運動公園の中心施設として「町民みんなのスポーツコミュニティパーク」をテーマとした総合運動施設公園の拠点として計画された。この地方は多雪地域であることから、特に長い冬期間にも町民のレクリエーションを含めた球技ができるようにとの思いからドーム型の屋内運動場として計画された。

2 建物概要

名称：スポーツランドひらか

所在地：青森県平川市新館野木和48
（旧：平賀町）

主要用途：スポーツ練習場

建築主：青森県平川市

設計監理：株式会社佐藤総合計画

施工：鹿島建設・小山内組建設工事共同企業体
敷地面積：49,476m²

建築面積：8,712m²

延床面積：7,620m²

階数：1階

最高高さ：29.35m（軒高：10.1m～4.08m）

構造種別：鉄筋コンクリート造＋鉄骨造（屋根免震）＋骨組膜構造



写真3 ドーム内観

3 建築計画概要

本ドームのグラウンドは、70m×70m正方形平面フィールドのソフトボールを中心とした、町民利用

のための運動施設である(図1)。よって、観客席は一切設けない練習を中心とした利用設定としている。

屋根形態は、東西の屋根高さに変化を付けた、花びらが重なる「りんごのつぼみ」をイメージデザインとして構成している。

屋根には透光性のある膜材を採用し、冬季は雪と風を防ぎ、夏季は雨と日射を防ぐ外気温と同程度とする「快適な屋外」の発想で、昼間は照明が無くてもスポーツができる明るさを確保している。

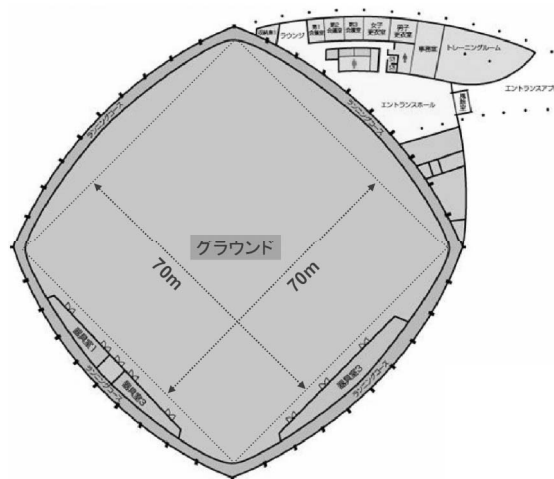


図1 平面図

4 構造計画概要

積雪荷重は 3900N/m^2 (積雪量 130cm)と大きく、「りんごのつぼみ」のかたちから屋根勾配は緩く自然落雪は期待できない。また、柔らかくしなやかで軽快さも求められた。この課題を、屋根免震を採用することで解決した。

以下のコンセプトのもと、低コストを目指し計画した。

- ①緩やかなドーム屋根の曲線は、山のスカイラインと重なり合って調和する。
- ②除雪をしない雪を載せた膜構造。
- ③大空間を支える支承部に積層ゴム支承(LRB)を採用。

本ドーム架構は、東西・南北 86.8m を26分割した四角形網目の2方向グリッド鉄骨トラスで、南北方向下弦にH形鋼、上弦に膜受と兼用した鋼管トラス梁で、屋根段差部の梁せいは、西側 1.75m 、東側 $1.75\text{m}\sim 3.75\text{m}$ の変デプスである。屋根を支える外周部は耐震壁付き鉄筋コンクリート造で、柱頭部の積層ゴム支承上部に2方向グリッド鉄骨トラス構造の屋根が架けられている(図2,3,4)。また屋根仕上げに膜を用い、柔らかな自然光を採り入れ、明るく軽快で快適な無柱空間としている。

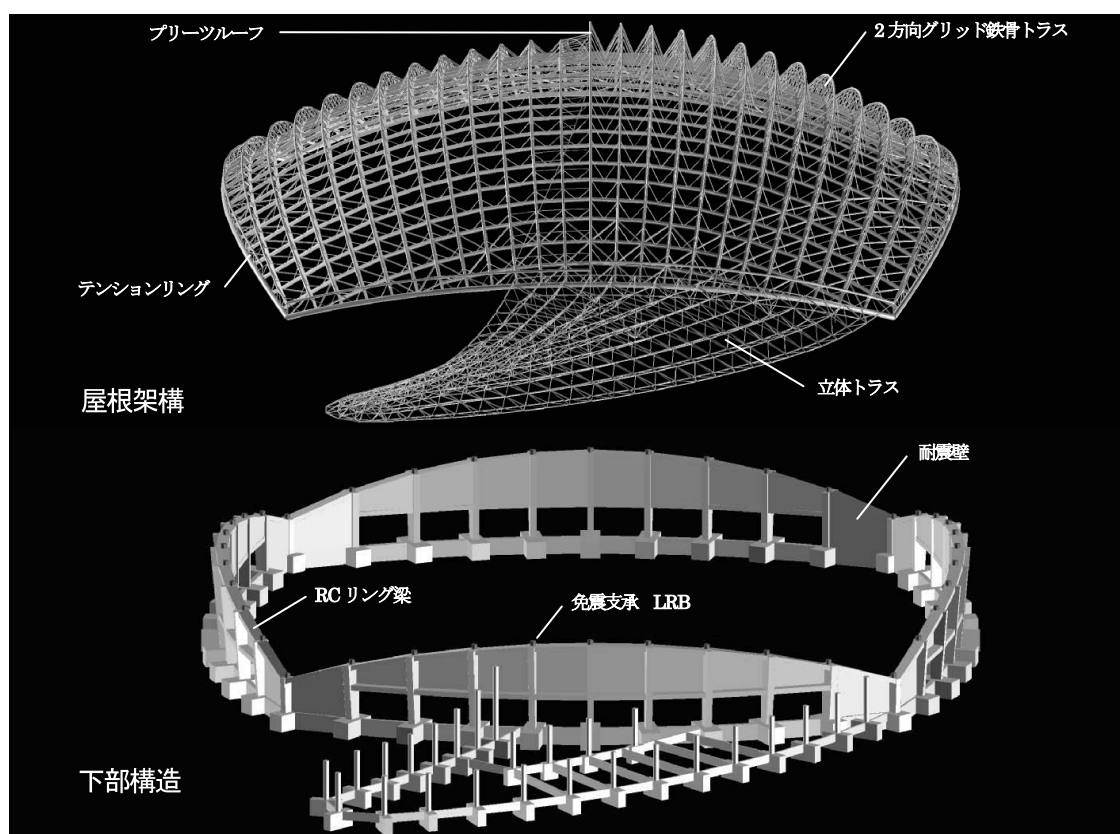


図2 全体架構構成

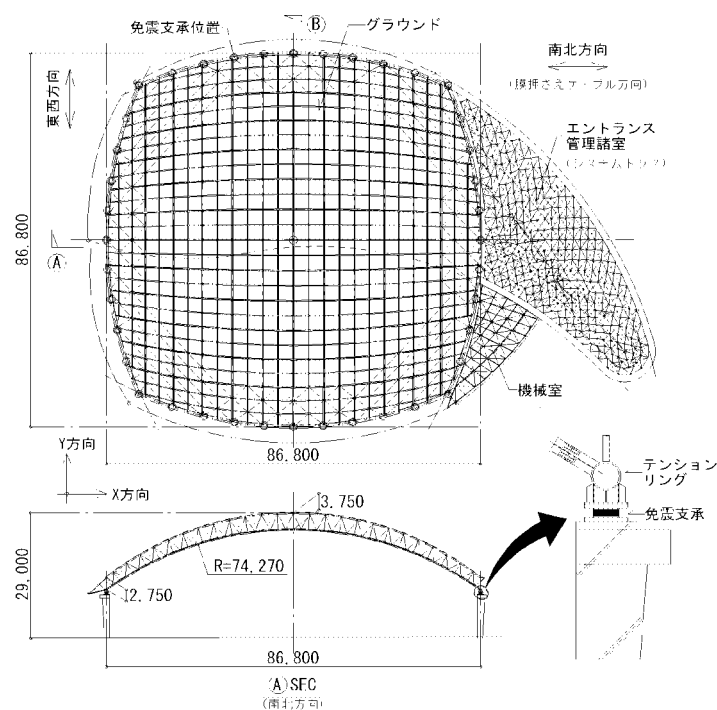


図3 架構概要図

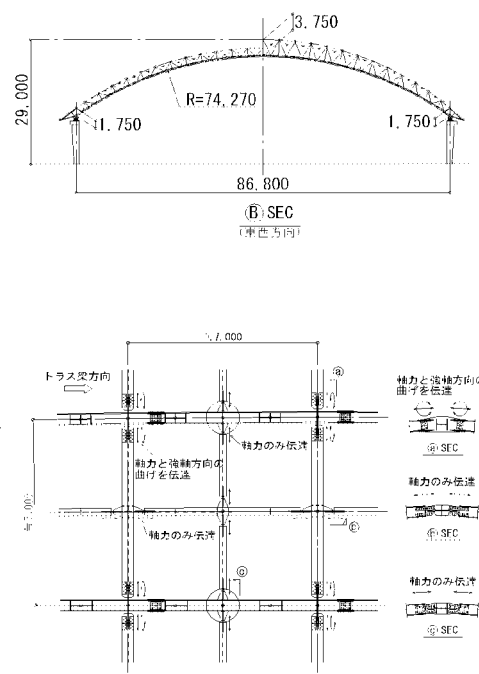


図4 下弦材接合方法概略図

5 基本的方針（耐震性のクライテリア）

設計方針は、膜構造・屋根鉄骨構造・免震構造・下部躯体構造（基礎構造含む）に分けて、稀に発生する荷重及び極めて稀に発生する荷重に対して、各構造毎に設定した設計クライテリアを表1に示す。

稀に発生する荷重に対しては許容応力度設計を行い、極めて稀に発生する荷重に対しては弾性限耐力（各部材の基準強度（F値）の1.1倍した数値）以内とし、構造体の耐震安全性及び変形による二次部材・仕上げの損傷や脱落及びEXP.Jに影響を及ぼさない事を確認する。地震荷重に関しては、時刻歴応答解析を行い構造体の耐震安全性の確認を行う。

6 応答制御の目的・意図

応答制御の目的は、地震力を受けた場合の変形と応力緩和を目的としている。この免震により応答制御することで、屋根の水平・鉛直地震力が低減でき、さらに積雪・温度荷重によって生じる変形も吸収できる。屋根架構と下部構造の力の伝達は、免震支承により低減され分散して伝わることから、屋根部材だけでなく下部躯体においても設計自由度が増し、経済的な設計が可能となる。よって、雪国において「快適な屋外」が設計ポイントであるため、支持構造を小さくし屋根の軽快性を表現するため、屋根架構と下部構造の境界部に免震材を挿入して、屋根免震とした。

表1 設計クライテリア

		極めて稀に発生する地震動	稀に発生する地震動
屋根架構	耐力	弾性限耐力以内 (※1)	許容応力度以内
膜	耐力	許容応力度以内 (※2)	許容応力度以内 (※2)
	変形	—	許容値以内 (※2)
免震層	せん断歪	性能保証変形以内	安定変形以内
	層間変形	41.9cm以内 ($\gamma \leq 300\%$)	30cm以内 ($\gamma \leq 215\%$)
	引張応力	-1N/mm ² 以内	発生させない
下部躯体	耐力	弾性限耐力以内 (※1)	許容応力度以内
	層間変形角	1/100以内	1/200以内
基礎	耐力	—	許容応力度以内

※1：弾性限耐力…基準強度（F）の1.1倍 ※2：特定膜構造建築物技術基準

7 応答制御実現の方法

(1) 解析モデルと固有値

解析モデルは、2次部材を除く全部材をモデル化した立体フルモデルの屋根架構と下部構造部分の骨組立体簡易モデルを組合せ、屋根支持部に免震部材を設けたモデルを用いた(図5)。積層ゴム支承はBi-Linear型の復元力特性を持つせん断バネモデルを用いた。また個材の材端条件は設計図上の取合いを考慮し、剛接合とピン接合を用いた(図4)。固有値解析は、積雪ありなしの2タイプを行っている。主な固有周期とモードを表3、図6に示す。検討用入力地震動波形は表2に示す。

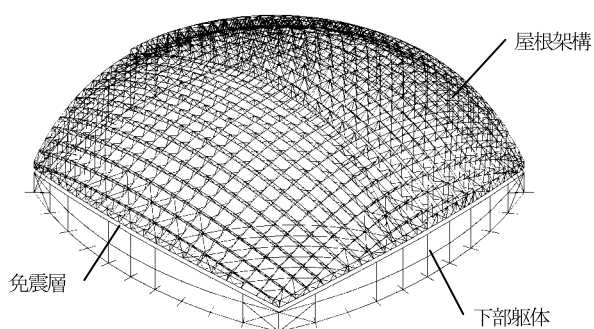


図5 解析モデル

(2) 解析条件

応答解析の解析条件は以下の通りとした。

質量：地震荷重と鉛直荷重(DL+0.5×SL)の

組合せ質量を各節点集中質量

境界条件：下部構造杭頭を固定

解析方法：数値積分法はNewmark- β 法($\beta=1/4$)

減衰定数：構造物減衰はRayleigh型、周期0.5、2.0secに対し2%、膜は5%

使用プログラム及び機種：ADINA Ver7.3, ULTRA1

表3 固有値解析結果(積雪あり)

次数	免震(極稀な地震に対する等価剛性)				
	固有振動数(Hz)	固有周期(秒)	刺激係数		
			$s\beta_x$	$s\beta_y$	$s\beta_z$
1	0.631	1.584	1.637	-0.042	0.001
2	0.643	1.556	-0.043	-1.657	0.001
3	0.789	1.268	0.083	0.004	0.001
4	0.851	1.175	-0.061	0.034	-0.001
5	1.094	0.914	-0.272	0.011	0.002
6	1.374	0.728	-0.054	-0.054	-0.011
7	1.451	0.689	-0.006	0.164	0.077
8	1.610	0.621	-0.093	0.004	-0.035
9	1.684	0.594	0.006	0.024	-0.632
10	1.869	0.535	0.003	-0.001	-0.094

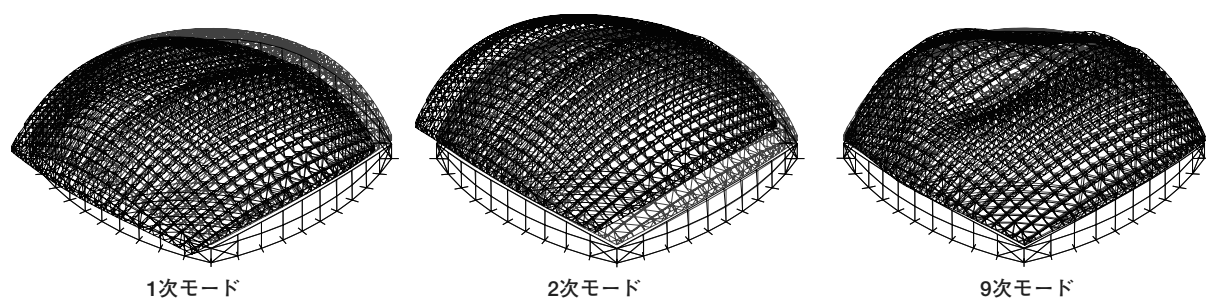


図6 固有周期と各次のモード(極稀な地震に対する等価剛性：積雪あり)

表2 入力地震波

レベル		稀に発生する地震動		極めて稀に発生する地震動	
入力地震波		最大加速度 (cm/sec ²)	継続時間 (sec)	最大加速度 (cm/sec ²)	継続時間 (sec)
告示波	告示①(ランダム位相)	256.35	60	382.61	120
	告示②(八戸位相)	104.09	60	374.74	120
	告示③(神戸位相)	129.38	60	471.64	120
観測波	El Centro 1940 NS	255.39	40	510.77	40
	Hachinohe 1968 NS	165.00	36	330.00	36
	Kobe 1995 NS	221.75	40	443.50	40

8 効果の検証・評価

応答解析による免震支承最大変形は、極稀に発生する地震動の告示③が最大29.2cmであり、設計クライテリア以内であることが確認できた。また水平と上下の同時性(3方向同時、上下方向の入力加速度は水平方向最大加速度の1/2)を考慮した応答解析も行い、免震支承に引抜きが生じないことを確認した。構造耐力上主要な部分に生じる応力が弾性限耐力以内であり、倒壊、崩壊等しないことを確認できた。応答解析結果一覧を表4に示す。さらに非免震との比較の結果、免震の場合に屋根架構の水平、上下方向応答加速度は約1/2に低減でき(図7,8)、下部躯体の応力も約1/2に低減でき、免震化による低減効果が十分確認できた。

9 まとめ

屋根免震により得られた主な効果は以下の通りである。

- ①屋根免震効果により、非免震に比べ水平と上下方向の応答加速度が約1/2に低減されている。
- ②水平および上下地震動に対し、大空間屋根の安全性を高め、2次災害の配慮にも効果を発揮できている。
- ③建方中の水平力に対する処理は免震支承を利用し、仮設補強材が不要となり、建方計画の自由度が増した。

謝辞

設計から監理を通し、平賀町(現：平川市)の担当者を初め、施工に当たり関係各社には多大なご協力を頂きました。この場を借りて深く感謝の意を表します。

表4 応答解析結果一覧

		極めて稀に発生する地震動	稀に発生する地震動(静的)
屋根架構	水平方向最大加速度 (cm/sec ²)	909.22 El Centro	—
免震層	層間変形 (cm)	29.2 告示③	11.95 告示①
	引張応力 (N/mm ²)	-0.60 告示③	—
下部躯体	層間変形角	1/281 告示③	1/368 告示①

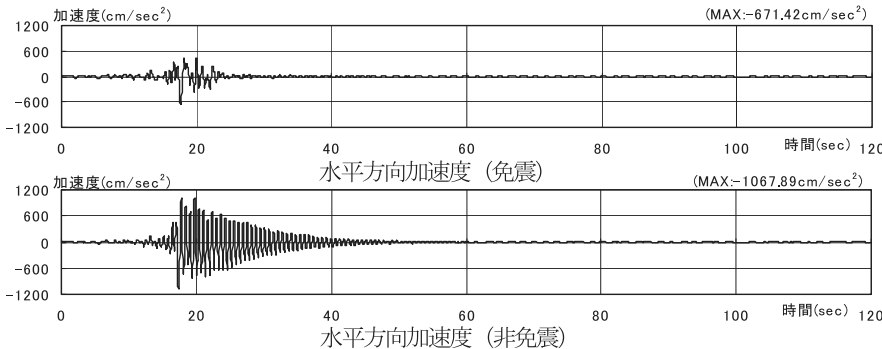


図7 免震・非免震の水平方向加速度比較(告示③)

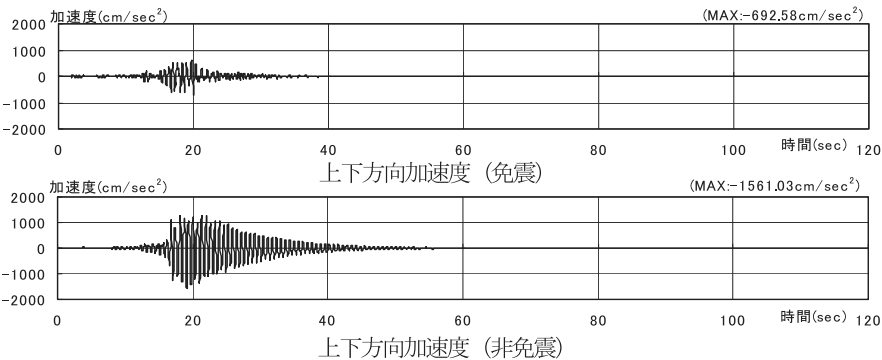


図8 免震・非免震の上下方向加速度比較(告示③)

