

会 議 録

会議の名称	第6回富士見市立市民総合体育館屋根崩落事故調査委員会
開催日時	平成26年7月15日(火) 10時05分～11時10分
開催場所	全員協議会室
出席者	高梨晃一委員長、栞子喬副委員長、岡田健良委員、神田廣行委員、岩田善裕委員、大森享委員
欠席者	なし
事務局	奥村副市長、森元教育長、丸山総務部長、島田総合政策部長事務代理、山岸教育部長事務代理、柴崎総合政策部副部長兼管財課長、友光教育委員会副部長兼生涯学習課長、清水秘書広報課長、水口政策企画課長
会議次第	1 開会 2 委員長あいさつ 3 議事 (1)報告書(案)について《資料1》 4 閉会
会議資料	資料1 富士見市立市民総合体育館屋根崩落事故調査報告書(案)
公開・非公開	公開(傍聴人29人)

【会議内容】

1 開会（島田総合政策部長事務代理）

本日の委員会は、委員6名中6名の出席であり、条例第6条第2項の規定により成立することを報告。

2 委員長あいさつ（高梨委員長）

本日は第6回目の委員会。過去5回の議論を経て報告書をまとめた。私自身、納得のいく結論が出たと思っている。内容を簡略に説明し委員の意見を伺い、概ねの合意をいただければ、本日をもって事故調査委員会を終了したい。ご審議をお願いしたい。

3 議事（進行 高梨委員長）

（1）報告書（案）について《資料1》

（資料1 富士見市立市民総合体育館屋根崩落事故調査報告書（案））

委員長：本日は報告書（案）の内容についてご審議いただく。資料は報告書（案）と資料編となっている。報告書は資料編の内容を基に作成した。各章ごとにご意見を伺いたい。

委員長：1ページは目次である。委員会の成り立ちや市民総合体育館の概要とともに、一番重要となる第3章の事故当日の気象状況、第4章の崩落の状況調査結果などが記載されている。

4ページは、委員会の開催の経過と内容を記述している。下の写真にあるように7月1日に被害の状況を改めて視察した。

確認であるが、屋根の撤去は始まっているのか。

事務局：来週からとなる。

委員長：写真中央の三角形の鉄骨の左端に四角の箱のようなものが、コンクリートの壁にのっていた支点であり、正に最初に落下したと思われるローラー支点である。ローラー支点とは、水平方向に拘束がない支点である。この支点が落下して、それが引き金となり全体の崩壊に至ったということを、委員会として推測しているが、この支点が問題となったところである。

5ページは、市立総合体育館の概要であり事務局がまとめたものである。

6ページは、市民総合体育館の平面図である。水平方向には○印の中にA～Mまでの通り芯があり、垂直方向には①～⑫までの通り芯がある。問題のメインアリーナは、M通りが「ローラー支承」いわゆる水平方向の拘束がない支承、G通りが「ピン支承」であり拘束がある。このM通りとG通りに支承を置いて、この図の縦方向に何本かトラス梁がかかっていたという構造である。報告書の中にG通りやM通りという言葉が出てくるが、この図にある水平方向の通りのことである。

7ページは、屋根崩落前の体育館の外部と内部の写真である。

8ページからは、屋根崩落事故当日の気象状況と経緯について、事故当日の気象データを後日収集していただき、それをまとめて記述した。資料編にも気象データ（資料3）を掲載している。そのデータから、屋根にどのくらいの雪荷重がかかったかを推測した。当日の経緯が3.2に記載してあり、午前7時45分頃、清掃業者が体育

館に到着して待機している間に屋根が崩落したものである。写真のとおりメインアリーナの屋根が全部落下している。

10ページは、市が埼玉建築設計監理協会に現地調査を委託した結果を引用している。先ほど話をしたとおり、図の4の1、M通り側の「ローラー支承が全部引っ張られて落下して、3mほど引っ張られたと記述してある。G通り側はピン支承で梁の崩落に伴って引っ張られ、最後はほとんど真下に落ちていることを写真と図で示している。

11ページは、屋根が落ちた状況について、M通り側は水平方向に移動して落下し、最後にG通り側が落下したことを推測している図を記載した。後に何回か出てくるが、崩落した曲がった梁の真ん中部分で座屈等が多数見られるとあり、下の写真の4.3で見ると分かるが、このように鉄骨が部分的に折れ曲がる座屈という現象が起きる。座屈というのは荷重がかかりっぱなしになると変形が進行していく。今回の場合のように雪荷重として雪による重量が継続していて一度座屈が起きると、梁としての耐力は一瞬にして低下する。そのために雪による荷重で次々と変形し最終的に図のような形になったと推測している。最初は大きく曲がっていないが落下の過程で変形が大きくなりこのような現象が起きた。

12ページには、トラスの支点の損壊状況を示しており、M通りローラー支承で水平方向に移動する、図を見ると軸方向に移動可能であるが、それが引っ張られてしまった。G通りは、最後に落下しているが場合によっては、梁だけ落ちて支点そのものは、少しの移動で留まっているものもあった。

13ページに被害の状況を図にして示してある。ここで屋根崩落の最初の発端になった大梁の上弦材が座屈している範囲（図中の青い細長四角）を示しているが、最終的に全部座屈している。最初は同時というよりどこかの梁が座屈してそれが発端となって連鎖して最終的にこのような形になったのだが、大きな梁の中央部分の上弦材、（トラス梁で上側の水平材）が座屈している。上から荷重がかかると、トラスの上弦材が圧縮力を受け、下弦材が引っ張られる。鉄は引っ張りに強くあまり損傷はないが、上弦材には座屈という現象が起きる。これは、鉄骨の中で一番気を付けて設計しなければならない事項である。鉄骨は細い部材や薄い板で間に合うのでそのような設計になるが、細長い部材や薄い板はある値以上の圧縮がかかると急に横方向に変形が起き、この変形が進行していくことを座屈と呼んでいる。

市民総合体育館はこのような工事を行っていた。しかし大きな雪荷重に耐えられなかった。

14ページ上の図は、支点付近のトラスの大梁の端の部分を図で示したものの。下の図はトラス梁の中央付近がどのような部材で作られているかを示している。施工状況についても、崩落した後の話であるので、はっきりしたことは分からないが、残された部分を見て溶接は良好な状態であり、施工図との誤差はなかったと思われる。これは崩落の前の状況を想定している。3）、4）に施工精度が書いてある。普通の施工でいえば許容範囲の誤差であるということで、こういう事から見て施工では特段指摘するような瑕疵は認められなかったと結論づけている。

16ページからは、積雪荷重となっている。説明は担当した委員に。

委員：積雪荷重についてであるが、積雪量、降水量については、当該地に観測データ等がないため近隣各地のデータから推測した。積雪荷重の推定には事故調査委託業務

報告書資料編に詳細な記載がされているが、千葉大学の高橋徹教授の見解を参考にさせていただいた。高橋教授は、日本における積雪荷重研究の第一人者である。

高橋教授の見解では、積雪荷重の推定には「積雪量」でなく「累積降水量」で評価するのが妥当であるとし、近隣各地の観測データから富士見市付近の地上積雪荷重が0.8～1.0キロニュートン/㎡であったことと推定されている。それを周辺の建物高さ、風速、隣接建物、市民総合体育館の屋根形状を勘案した結果、午前8時時点で作用していた市民総合体育館メインアリーナ屋根上の雪荷重は、2月14日、15日の2日間の累積降水量と変わらなかったと推定されること、具体的な積雪荷重の値は、一様分布で0.9～1.0キロニュートン/㎡程度と推定されている。さらに再現期間についても300年に一度のまれな事象であったと推定した。

本委員会では高橋教授の見解が妥当であると判断し、屋根上の積雪荷重は0.9～1.0キロニュートン/㎡（1㎡あたり90～100kg）と推定した。

委員長：体育館の場所ではなく近隣の気象データから推測して雪重量は0.9～1.0キロニュートン/㎡（1㎡あたり90～100kg）と推定し、私たちもこの数値は妥当であろうと結論づけた。次に7の建設当時の基準、規定による構造計算書について報告願いたい。

委員：17ページの内容であるが、本来、総合体育館を設計した時点での構造計算書と図面を総合的に精査するところから出発する予定であった。しかし、総合体育館のアリーナ部分の計算書、ここでは原設計計算書と呼んでいるが、これを担当した設計事務所と市のいずれにも保管されていなかったため、屋根の設計の意図や荷重をどの程度考えていたのか、どういう経緯でこの断面が選ばれたのかなど、通常建物の設計をする時に非常に重要な裏付け資料がないため、当時の基準は分かるが設計の妥当性が検証できなかった。そのため原設計計算書に代わる資料として、この事故のあった直後に担当設計事務所が構造計算書を再現し提出された経緯がある。これに関しては、オリジナルではないので、新たに起こした再現計算と呼んでいるが、再現計算の段階でいろいろな条件を決めている。それらが、通常行われているような設計の方法で、問題点はないということが分かり、それは参考資料において、埼玉建築設計監理協会がその再現計算書を精査した結果として示されている。

その報告書と再現計算書を私の方でもう一度精査をして、いずれについても通常的设计を行う方法で設計が行われているので、これら両者を比べた結論として、恐らく原設計の段階でも同様の考え方でやられたと結論づけた。

なお、当時の基準であるが、雪荷重というのは昭和25年の建築基準法が制定されてから平成12年まで雪荷重の大きさというのは変わっていない。積雪荷重については、2.0kg f/cm（「f」というのは重量に関しては単位として「f」をつける）、cmは雪の深さを示し、つまり1cmあたり2kg/㎡の重さとなる。告示では、設計用の積雪深は富士見市では30cmが最低値となっている。計算すると1㎡あたり60kgの雪荷重を考える。現行法にあわせると1㎡あたり600ニュートンとなる。

委員長：現在、建築基準法で定める積雪荷重は1㎡あたり600ニュートン、0.6キロニュートンとなり、この値を使って設計している。先ほど前のページで述べた高橋教授の見解から当時の積雪荷重が0.9～1.0キロニュートン/㎡であったと推定した訳で、この辺が設計で使った値0.6キロニュートン/㎡に対して大きな雪荷重がかかったという事を推定した。これが崩壊の主な原因であろうと推定している。

それを計算で確かめているのが次の第8章となる。

委員：8章はトラス構成部材の限界強度から逆算される積雪荷重の限界値として、通常設計で使われている構造力学の公式を使用しトラスの梁が壊れるであろうと推定されるその時の雪荷重を逆算しようということで、積雪荷重0.9～1.0キロニュートン/m²を超えるのか確認している。これもコンピュータを使用し積算するという事は参考資料の方でも行っており、詳細は資料をご覧いただきたいが、あくまでも次の3つの算定条件を使って概算的に求めている。

はじめに①として、小梁の接合部の検討を行って小梁を有効な横補剛材とみなすとし、詳細は参考資料にあるが、その接合部については特に問題なしであった。また、横補剛材についてもこのH型鋼の小梁というのがトラスの梁に対して直交方向に並んでいる。図面で確認すると11ページになるが、断面図のところ「くの字」に折れ曲がった梁、これはトラス梁を上から見た図が中ほどの図であり、ちょうど「くの字」の状態になっている。この上弦材に対して直交方向に3.5mピッチで梁が接続されている。これがトラスの梁を横方向の移動をとめる役割を果たしている。屋根は鉄板であり、この鉄板を支える雪の重みや鉄板の重みなどは、いったん小梁を通じて最終的にはトラス梁に伝達されるという力の流れがある。

12ページの上段に小梁が破損した写真があるが、崩落と同時に無理に変形がこの接合部に強制されるので、ボルトの穴の所を中心に破断している様子が分かる。トラスの上弦材の横移動をとめるのが小梁の役割であり、これが十分役割を果たしているのが次の13ページの全体の図面でも分かる。中央の折れ曲がったトラスの周りでは、さほど小梁の損傷が見られないことが、ここで書かれているが、このような事を背景に18ページを見ると、概略計算するにあたり、小梁は有効な横補剛材であると仮定している。②は補剛間隔、小梁の間隔を3500mmとすることを仮定している。③は日本建築学会の鋼構造設計規準による曲げ座屈耐力式である。これは1平方ミリあたりの耐力を計算するわけだが、真っ直ぐ鉄骨の鋼材を圧縮すると通常であるとそのまま軸方向に縮むが、ある所で横に曲がりながら座屈する現象がある。その曲がる時点での力を指しており、断面積で割り1平方ミリあたりの大きさで表す。

この弦材は、Tの形をしたT字断面をしている部材についてどの位座屈応力があるか公式に当てはめると面積当たり約193N/m²となる。次に曲げ座屈耐力としては、断面積をかけると1,102キロニュートン、これは旧単位で表すと112トン位の大きさになる。100トン位かけないと折れ曲がらない。これは弦材の長さ方向の力であるが、現実には雪は鉛直方向、下向きに作用する訳で、そうすると全体に曲がりが生じる。この曲がる時の力の大きさを曲げモーメントというが、Maという式で換算する。これは梁のせいをかけて1,962.4キロニュートンmに変わる。キロニュートンmは曲げるときの力の大きさ（曲げモーメント）が1962キロニュートンm位になる。

これを求めて今後は、梁の長さあたりの荷重に換算する。これも構造力学の公式から引用したものであり、「w」というのが長さあたりの重さになるが、計算すると9.178キロニュートン/mとなり、約90kg位の値になる。固定荷重分を設計監理協会あるいは再現計算の資料から、長さあたりにすると梁の自重や設備の重量をならすと2.895キロニュートン/mということになる。今求めた9.178と2.895の差分が雪荷重として積算できる荷重になる6.283キロニュートン/mと

なる。全体の重さから自重分を引いたものを雪荷重の限界の値と考えると6.283になる。これを今度、トラスは8m間隔で配置してあるので、これを1㎡当たりの換算値にすると0.785キロニュートン/㎡ということになる。

こうして求めると、以上の結果から、法律で定められた1㎡当たり0.6キロニュートン/㎡は上回っているが、先ほど6章で説明のあった推計値0.9～1.0キロニュートン/㎡には到達していないような結果となっている。これも今申し上げたように概算であるので詳しい計算を建築設計監理協会の方でも報告書に示されているが、ほぼ同じような結果になっている。

委員長：要するに屋根にかかっていた大梁の耐力からすると、法定で定められている0.6キロニュートン/㎡は十分耐えることができたけれども、当時の雪荷重の推定値で0.9～1.0キロニュートン/㎡には耐えられなかったということを計算したという事である。

上弦材の座屈によって崩壊が始まったという事で、次の9章、屋根崩落の過程について、座屈が起きたがどうしてこのように全部崩落したのかということ推測して崩落のシナリオを記述しているが、委員より説明を。

委員：この9章について、梁の崩落がどのような形で壊れていったのかを記述した。19ページの下に梁端部の図面がある。この図の3本の斜線が並んで書いてあるようなこの表示は、鉄筋コンクリートの部材の表示であるが、M通り側にこの位のコンクリートの塊があるが、その上に鉄骨の梁が載っている。ところがこれを見ると鉄骨の梁とコンクリートの部材の「重ねしろ」が600mm、60cmある。これが60cmも動くのは大きな移動量であり、どういう現象が起きるとそういう移動が起きるのか幾何学的に当てはめた図が、20ページの図9.2である。約30mの支点間距離のあるトラスの梁が、中央部で約2,300mm、2m以上の鉛直の変形を起こしたとすると、ちょうど支点の移動（縮み）が600mm位になるという事である。この状態になった時に、M通りの支点というのはローラーで水平方向に移動が可能であるので自由に動いてしまう、それは良いが、反対側のG通りピン支点側の方は、どうかということ当たってみるとG通り側の部材の回転した角度が7度位で非常に少なかった。中央部で2,300mmも沈んでいてもG通りの支点は、7度位と回転していなかったのので、これは調査報告書に記載があるが、G通り側のピン支点は脱落の限界回転角これ以上回転したら外れるという限界が31度程度に設定されている。そこから考えると当然G通り側はその時点で外れていない、従ってM通り側が先に落ちたのではないかと推測できる。なお、この時中央部分の部材がどれだけ縮んだというか、それも出してみたら約1m位縮んだということが想定される。

21ページには、先ほどの検証でM通り側が外れたとすると、当然G通り側を中心とした半円形の回転落下があったのではと推測した。1か所落ちると当然、小梁がつながっているのので、それに引きずられて隣りもどんどん落ちていったのではと考えられる。

22ページは、屋根全体を上から見た調査結果であるが、崩落の過程としては上からとなるが、いずれかの屋根のトラス梁の上弦材が荷重に耐えられず座屈変形したこと、そのためトラス梁に大変形の垂直変形（約2300mm）が生じ、ローラー支点が600mm移動して外れてしまった。そしてG通り側のピン支点を中心に回転落下したこと、ピン支点側の回転角が先ほど話をした許容値を超えた場合には、ピン支点側が

外れて落ちるし、また、支点からの水平耐力が不足した場合には、支点金具ごと落ちてしまったという破壊になったこと、断面形状でいうと当然ピン支点側には一部スタンドがあったため、「くの字」型に折れ曲がったのだろうと。そして、ついに屋根全体が引きずり込まれるように落下した。最後になるが20ページの上の図9.4では上弦材が落下した状況をすべてのせているが、1本だけ11通りの梁だけが他の梁と明らかに違った落ち方をしている。これは何故かという事であるが、11通りは他の梁と比べて、荷重の負担幅が狭かったため他の梁が落下し始めた段階でも健全に残っていた可能性が大きい。結果的に自由落下を始めた初期の段階では、この11通りだけが横に踏ん張ってくれた、それがあったので他の梁は全部11通り側に引っ張られて落ちたのではないかと、結果的に11通りが他の梁に全部引っ張られたので反動で一番最後にと横に引っ張られ他の梁の上に落ちたと推測した。そうすると他の梁の落下状況を説明できると推測した。

委員長：梁中央部のどこかが発端となって最終的には全部が落下したという過程であろうとここでは推測した訳であるが、これが報告書のメインとなるが、これについて他の委員からご意見等はあるか。

委員：特になし。

委員長：これまでもよく見ていただいたので、報告書としては概ねよろしいのではないかと。最後に23ページに結論としてまとめたので報告する。

委員長：本委員会で行われた審議を通じて得られた結論について、まず積雪重量は周辺各地の気象データにより推測し、それによると積雪重量は0.9～1.0キロニュートン/㎡と推定される。この値は建築基準法で定められている積雪荷重1㎡あたり60kgの約1.5～1.7倍に達する。担当設計事務所から提出された設計図書を精査した結果、通常的设计手法によっており、特段指摘するような瑕疵は認められなかった。上弦材については、強度上十分な余裕を見ていないが適用した積雪荷重は建築基準法の規定に則っている。事故後の現地調査によると施工上の瑕疵は認められなかった。屋根の崩落は設計雪荷重を大きく上回る積雪荷重に耐えられなかったことが主な原因である。崩落の発端は屋根大梁の上弦材の座屈によると推定される。ただし、屋根大梁は同断面の梁が7本平行に建設されており、どの部材座屈が最初であったかは断定できなかった。何故、屋根全面崩落したかの解明は、今後行われるであろう再建築の設計にとって重要である。現地調査から推量した崩落過程は次のようなものとなる。最初1本ないし複数本の大梁スパン中央付近のトラス上弦材に座屈が生じ雪重量は継続して作用するため座屈変形が増大して下方に大きく折れ曲がる。それにつれて大梁を支えている支点のうち、水平方向に移動可能なローラー支点上の梁端部が大きく引っ張られ許容範囲を超えて落下した。これによって他方の支点（ピン支点になっており本来水平方向の梁端移動は拘束されている）が斜め下方に引っ張られ落下、ないしは支点部材の破壊が生じた。大梁は横方向に補剛材によって緊結されているため連鎖的に屋根全面が同様の崩落をしたものと推測されると結論づけた。

委員長：続いて24ページの復旧に向けてであるが、若干のコメントを記述した。

内容は、本建物の当該鉄骨屋根はごく単純な構造であり、当時の建築基準法に準拠して適法に設計されていたが、一部に崩落が生じたのちに、連鎖的に崩落が伝播してゆき、全面崩落につながってしまった。今後、屋根の改修を計画するのであれば、このような連鎖的な崩落が生じないように冗長性の高い構造設計が望まれる。

なお、今後について、今回は開館前の事故であったため幸いにも人命に関わることはなかったが、大きな教訓としていただきたい。また、雪については地震と違い瞬時に生ずるものではないので、施設責任者が、この施設はどの位雪荷重に耐えられるのかを熟知するとともに、降雪時は注意深く監視し、設計積雪量に近づいた場合は、使用を停止するなどの措置を講じなければならない。このためのマニュアル整備も必要である。今後の再建であるが、仮に現在の鉄筋コンクリート部分を再使用するならば破損が生じていないか緊密に調査する必要がある。さらに新しく建設される屋根構造を含めた耐震性能の調査も必要である。以上がコメントとなる。

事務局：報告書（案）及び資料編について、概ね各委員のご了解をいただいた。本日の委員会ですとまとまったということで理解してよろしいか。

委員長：報告書は完成したという事でよい。

事務局：それでは、本日の委員会を持って調査は終了とさせていただきます。なお、この後委員会として市長へ答申をお願いしたい。委員会終了後、この場所で行いたいのので、よろしくをお願いしたい。

4 閉会

（榎子副委員長）