

朽木東小学校・朽木中学校屋内運動場改築資料

1. 建物概要

■設計の経緯

- ・2008年1月プロポーザルで設計者を決定する。
- ・地元住民、学校関係者、林業関係者等からなる検討委員会に諮りながら、基本設計最終8次案まで検討修正を行った。

■建設場所・建物規模

- ・朽木中学校の現在の体育館を解体し、その場所に小学校、中学校共用の体育館として建設。体格の違う小学生、中学生両方が使う他、一般開放施設として各種団体等の使用も考慮した設計を行っている。

・建物規模	現況体育館	朽木東小学校屋内運動場	698 m ²	
		朽木中学校屋内運動場	1,055 m ²	
	改築後体育館	共同利用屋内運動場	1,483 m ²	
		内訳	アリーナ	796 m ²
			サブアリーナ	145 m ²
玄関・水廻り・外部廊下			416 m ²	
ブリッジ・中学渡廊下	126 m ²			

■工事期間

- ・平成21年度工事着手、夏休み期間に現在の中学校体育館を解体、その後基礎工事、コンクリート工事を予定
- ・冬期間にアーチ梁の原寸型板製作、試作仮組の加工組み立て等の準備を行い、来年(平成22年)春から使用する木材の製品検査を行い、木造アーチの工事を開始する。
- ・2年後(平成23年)の2月には工事を完了して、卒業式に間に合わせる予定。
- ・木材の自然乾燥の期間を十分に取るため。全体で1年8ヶ月の工事期間を予定。

■構造形式

- ・地元産の杉を使い地元で作れるよう、杉の角材を現場で重ねて必要な大きさの梁を組み上げる木造アーチ屋根を提案。
- ・岩国の錦帯橋を手本として、現代化した手法に改良。
- ・アーチ梁には補助的にスチールの金物を使い、重ねた角材を束ね、積雪等の荷重の際に材がずれるのを防ぐ。(ハイブリッド構造)
- ・アーチ屋根とその前後の大きな開口を木造とし、その下の屋根を支える構造体や玄関ホールなどは、大きな荷重に耐え、外回りの積雪等への耐久性のある鉄筋コンクリート造とする。
- ・コンクリート造の部分でも、玄関廻りやサブアリーナの窓などを木造とし、内部の壁天井を板貼りとする等、地元の杉を活用したデザインとする。
- ・ブリッジは不燃材料が義務づけられるため、ブリッジが乗る柱と階段部分をコンクリート造、ブリッジ部分を鉄骨造とする。

■主要室の計画

- ・主アリーナ : 24.6m×32.1m 面積約 796 m² (成人バスケット1面またはバレー2面)
固定したステージは無く、必要に応じて組み立てステージを使用
ステージや折り畳み椅子、体育器具等を収納するため、アーチ梁を支える柱の間のスペースを活用してアリーナ両側に器具庫を並べる。
木造アーチ: スパン約 25m×19列 (1.8m間隔)
- ・サブアリーナ: 約 9.7m×14.65m 面積約 145 m² 天井高: 3.6m

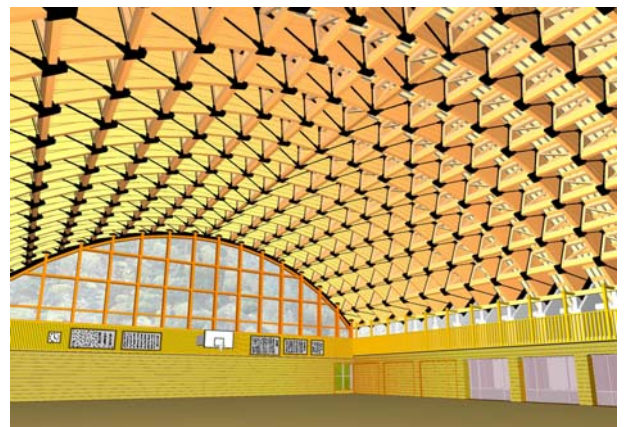
- ・ 玄関ホール ： 巾 10.1m × 奥行 9 m
玄関脇にベンチとテーブルを配置したラウンジ(談話コーナー)を設置
- ・ 玄関ホールサブアリーナ部分の構造
玄関ホールとサブアリーナ部分は、鉄筋コンクリート造のフラット屋根として背後の木造アーチとその下の大きな開口が、校庭やアプローチ方向からよく見えるようにデザイン。
※全体規模や防火区画など、法律的面と技術面の課題が多く、検討委員会でも様々な案を議論して検討を進めてきた。

■小学校との動線

- ・ 小学校の 2 階を改装し道路をまたぐブリッジを設けて、児童が安全に道路を横断する動線を確保する。
- ・ 建設コストを抑えるため道路横断部分をブリッジ形式として、道路横断直後に地面に下ろし、プールの前を通る渡り廊下とする。
- ・ この廊下の内部は長い壁面を活用して、生徒や住民の作成する版画、朽木の木のサンプル展示等、住民参加のギャラリーとする。
- ・ ブリッジはアプローチ道路から見て、両校のゲート型に見えるようデザインする。

■景観への配慮

- ・ 国道からもよく見える高台の上に位置することから、木造アーチが地域のシンボルとしてよく見えるように計画している。
- ・ 検討委員会でも、アリーナの向きを 90 度変える案など、使い勝手や屋根からの雪処理について様々な配置案を検討してきたが、アーチが校庭側を向いてアプローチからよく見えることに、各委員もこだわって検討を進めてきた。
- ・ 夜間も地域開放で使われ、開口部の灯りが丘の上に遠くからもよく見えるように考えている。また、ライトアップについても検討している。

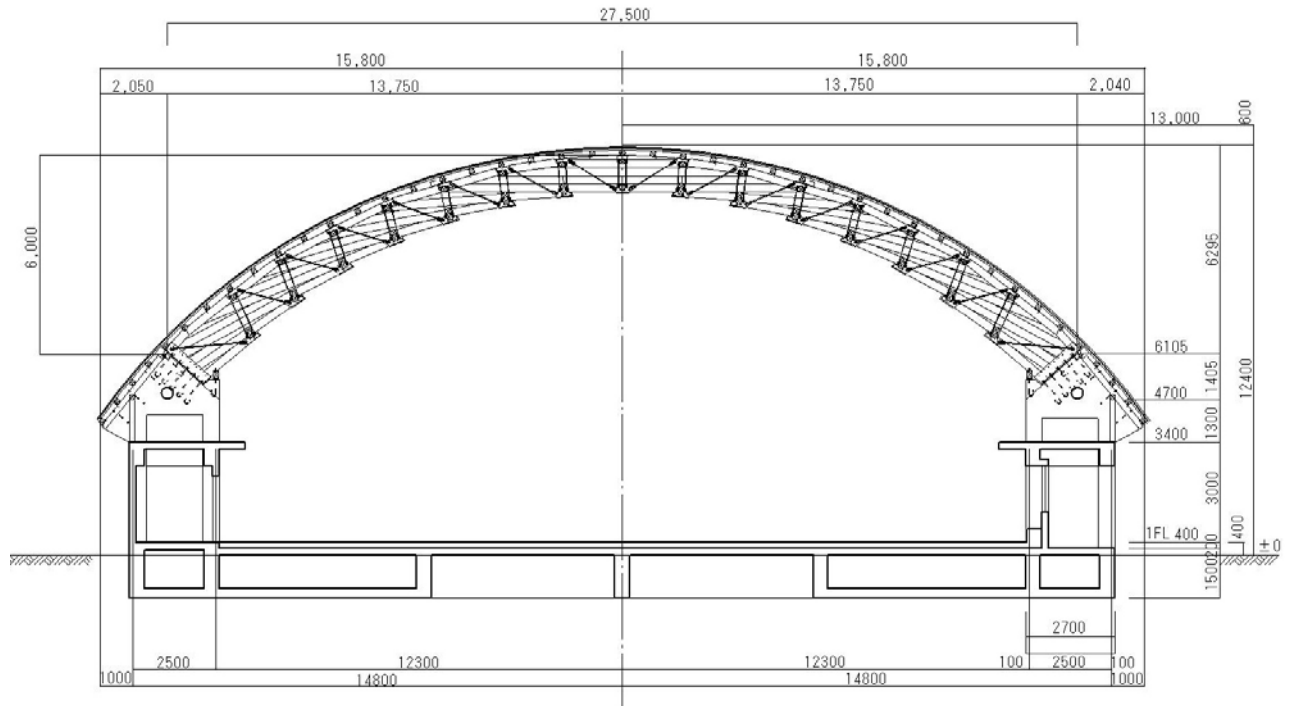


2. アリーナ部構造設計概要

■アーチ架構の規模

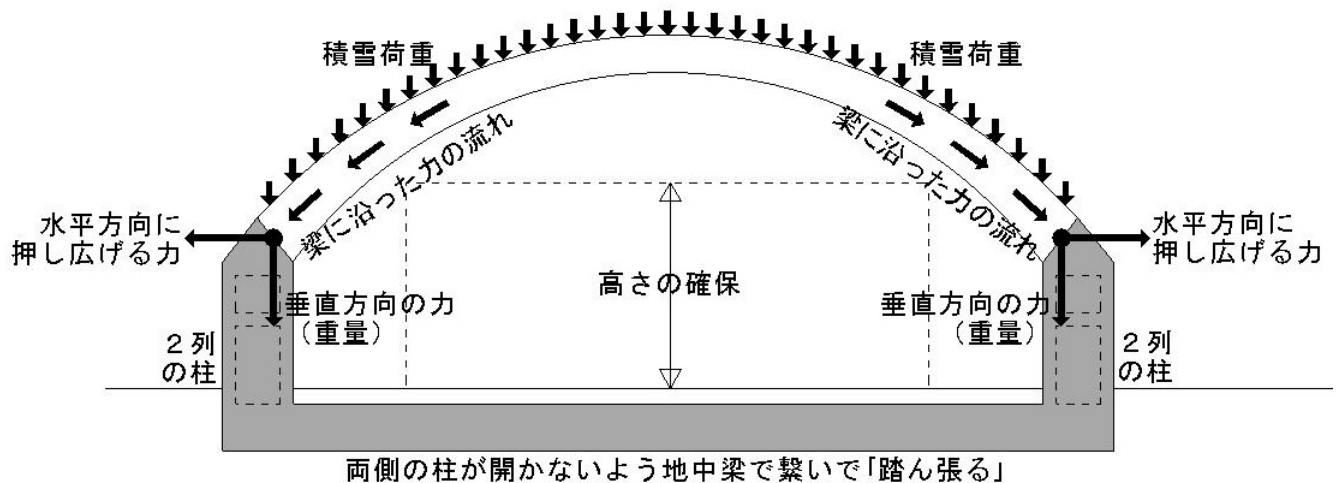
- ・長さ27.5mのアーチ梁を間隔1.8mで19列施工する。

朽木東小学校・朽木中学校屋内運動場改築工事
アリーナ断面図・アーチ梁姿図



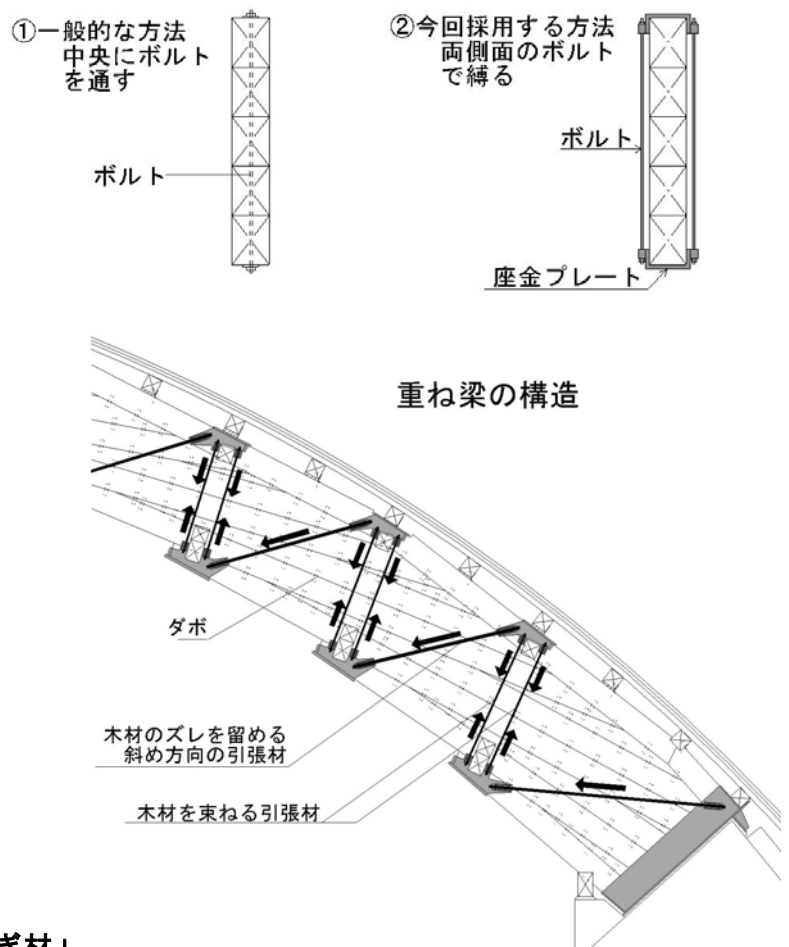
■アーチの力を受ける鉄筋コンクリート構造の支持体

- ・アーチ梁の両端部は、体育館の機能に必要な内部空間の高さを確保するため柱で支持する。
- ・屋根の積雪荷重はアーチ梁に沿って伝わり、この柱に垂直方向の重量と、水平方向に柱を押し広げる力との2方向の力となってかかる。
- ・これに対抗するため、両側それぞれを2列の鉄筋コンクリート柱を壁で繋いだ構造としさらにこの柱同士を地中梁で繋いで倒れないように踏ん張る形の構造体を作る。
- ・2列の柱の間の空間は、器具庫やアリーナ側面のテラスとして有効に活用している。



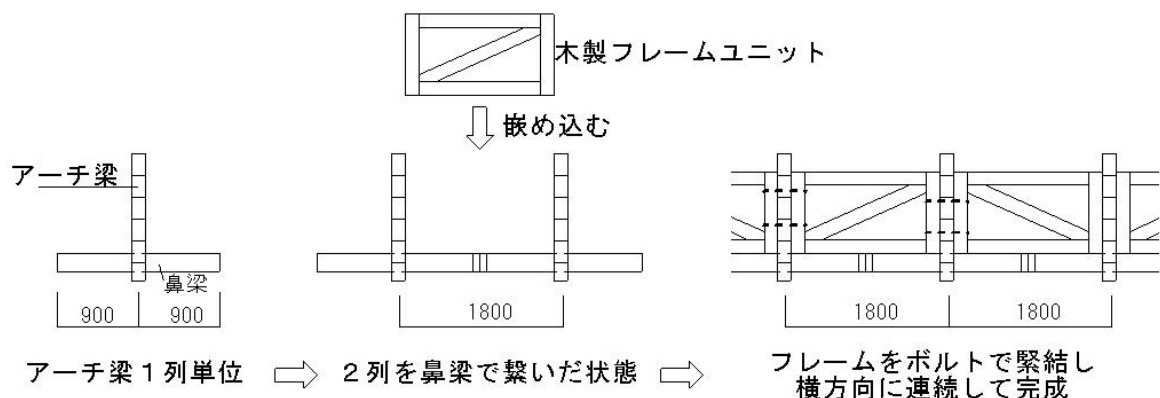
■持ち送り重ね梁によるアーチ架構

- ・今回のアーチ梁は地元で生産できる部材で造る事もテーマのひとつであり、専門工場が必要な集成材ではなく、普通の角材を重ね合わせる方法をとる。
- ・積み重ねる木材を、順次せり出ししながら重ねる「持ち送り」式の重ね梁でアーチを構成する。
- ・積み重ねた材料を縛り合わせる際に、通常は中央を貫通するボルトで留める方法が一般的だが、今回は杉の柔らかさや割れやすさを考慮し、両側面のボルトで締めつける方法を採用する。
- ・梁に力自重や積雪荷重が加わる時に、木材同士がずれる事を防ぐため、角材の間を「ダボ」で固定するほか、斜め方向に鋼棒で引っ張るようにしている。



■各アーチを横方向に連結する「横つなぎ材」

- ・アーチ梁が横倒しにならないよう、各列のアーチを相互に連結する必要がある。
- ・一般的には、アーチの間に桁をかけ、斜め材(筋交い)を入れて横方向の転倒を防ぐが、今回のアーチ屋根では 270 箇所と莫大な箇所数になるため、ユニット工法により、工事の簡略化と工期短縮を図っている。
- ・重ね梁の最下段材の先端を繋ぐ桁(鼻梁)は、アーチ梁をかけるときに最初に繋ぐ部材で梁を貫通する形で取付け、梁と梁の中間で繋ぐ形とする。
- ・その上部に、四角いフレームに斜材を入れた木製のユニットをはめ込む事により、梁の転倒を防止する部材を簡易に、短時間で取り付ける方法をとる。



3. 設計上の留意点

■木造であることへの留意点

①材料のねじれ、曲がり、ひび割れ、収縮等による構造部材の変形

- ・木材の変形収縮の原因は、木材の乾燥過程での変形が主要な原因となる。
- ・これを防ぐため、支給される木材について次の3点を条件とする。
 - 1) 含水率25%以下（収縮変形が起きにくい乾燥度）
 - 2) ヤング係数E70以上（構造材としての必要強度）
 - 3) 曲がり、ねじれ、割れ等のない材
- ・この条件を満たすため、自然乾燥期間を当初の予定より大幅に延長して対応している。
- ・木材の支給前に、上記3項目について全数検査を行い、問題の無い材料を入れる事により施工後の変形をある程度押さえることができる。
- ・木材の特性から建物完成後に多少の変形や割れが生じる事は当然であり、構造耐力上支障が無ければ問題としない等の考え方をとる必要がある。

※現在行っている木材の自然乾燥の際の管理(栈積み方法・雨対策・積み替え等)を十分に行うことが、木材の品質にとって重要となる。

②木材の収縮等によるアーチ梁の変形への対応

- ・アーチ梁については特に重要であり、次の2つの方法で対処する

1) プレロードによる変形の促進

- ・アーチ架構を現場で建て込んだ直後に、荷重をかけて変形を促進させ、完成後の変形量を残り少なくする。
- ・方法についてはワイヤーで引く方法、土嚢を下げる方法などがあり、施工者と協議して決定する。

写真：実物大実験での土嚢による載荷



2) 竣工後の増締め

- ・完成後も積雪荷重等による変形や、木材の乾燥収縮によるボルトの緩み等が考えられる。
- ・積雪荷重による変形は、荷重が無くなれば元に戻ると考えられる。
- ・ボルトの緩みについては、1年目、2年目に増締めを行えば、その後は殆ど起こらないと考えられる。

3) 積雪等の荷重によるアーチ梁の変形への対応

- ・両妻面の開口部の柱との取り合いを、上下方向に可動なジョイントとして、梁が下がってもガラスに影響しないよう工夫している。

4. 構造性能公開実験

■事業概要

- ・この実験は国土交通省により、「平成 20 年度地域木造住宅市場活性化推進事業」に採択された、「高島地域材の実証実験に基づく若齢材活用のための工法開発に関する事業」において実施された種々の実験の一環として行った。
- ・高島地域の若齢杉材を活用する方法として、大きな断面が必要な梁について、集成材を作るのではなく、5 寸角程度の細い角材を重ねて大きな断面とする「合わせ梁架構システム」の開発を目標としている。
- ・事業実施期間：平成 20 年 8 月～平成 21 年 3 月
- ・事業主体：高島市地域材活用グループ（高島市森林組合等）

■昨年度の事業内容

高島産杉材の構造的な特性を把握するための実験の実施

1) 基礎実験

- ・角材を相互に緊結する「ダボ」と「スプリットリング」について、強度や変形を測定。

2) 小スパン合わせ梁実験

- ・住宅で多く使われる 3.6 m スパンの長さで、5 寸角×2 段、及び 3 段について、載荷実験を実施。

3) 大スパン合わせ梁実験

- ・学校や公民館等の施設への杉材の用途拡大をめざし、大きなスパンでの実験も合わせて行うこととし、今回の公開実験の内容を実施。

■今後の展開予定

今年度は昨年度の実験データを用いて、合わせ梁架構システムで実際に住宅を造る際に、地元の工務店や設計者が用いるマニュアルの作成を行う内容で、国土交通省に応募している。

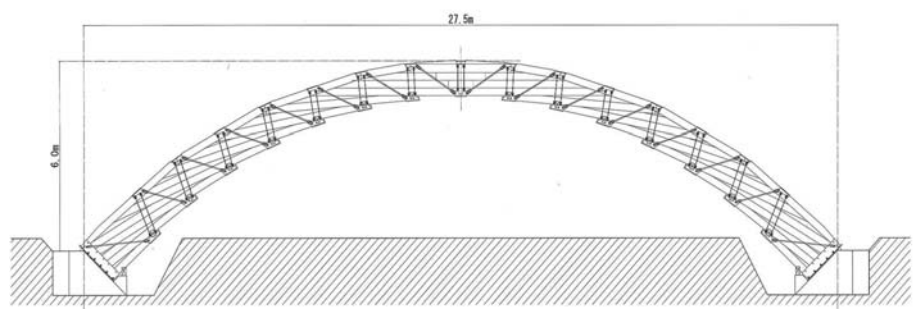
■大スパン合わせ梁試験体の製作

- ・朽木の体育館で用いるアーチ梁と同一の梁を 1 列製作し載荷試験を行って変形量を測定。
- ・概略製作期間
 - 1 月中～1 月末 木材乾燥（人工乾燥中温 60 度）
 - 2 月初め 木材搬入
 - 2 月 10 日～20 日 原寸製作・木取り・木材加工
 - 2 月 21 日～23 日 加工場で組立作業（半スパン×2 体製作）
 - 2 月 24 日 現地建て込み
 - 2 月 25 日～27 日 載荷試験（最終日公開）

■載荷試験項目

- ・自重による変異測定
- ・均等荷重による変異測定
- ・偏荷重による変異測定

長スパン合わせ梁実験概要



<参考資料> 基礎実験の概要

<左写真> 載荷試験装置

- ・ 試験機関：関西大学

<右写真> 載荷試験の様子

- ・ 上下に力を加える装置のため、梁の左右を上下方向に回転して試験を行っている。
- ・ 徐々に力を加え、ダボによる接合部の変形量を測定している。



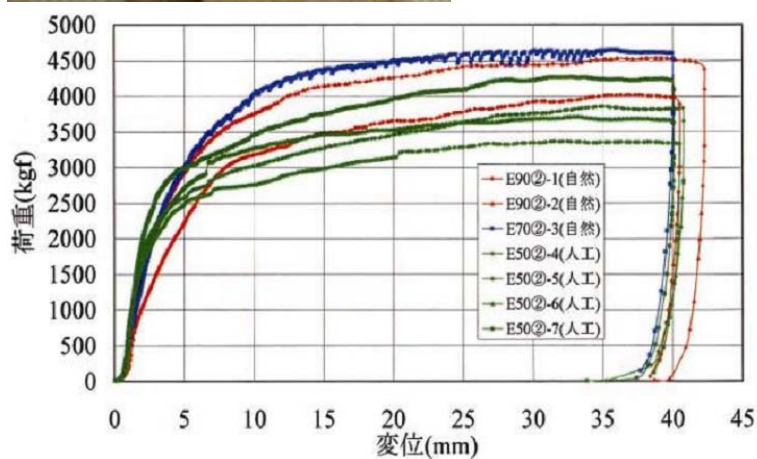
ダボ接合の変形の確認

- ・ 荷重によりダボがめり込み、ダボ穴が広がっている。
- ・ 金属リングや木製ダボなど、複数の方法を比較実験し、木製ダボが最も粘り強い事を確認している。



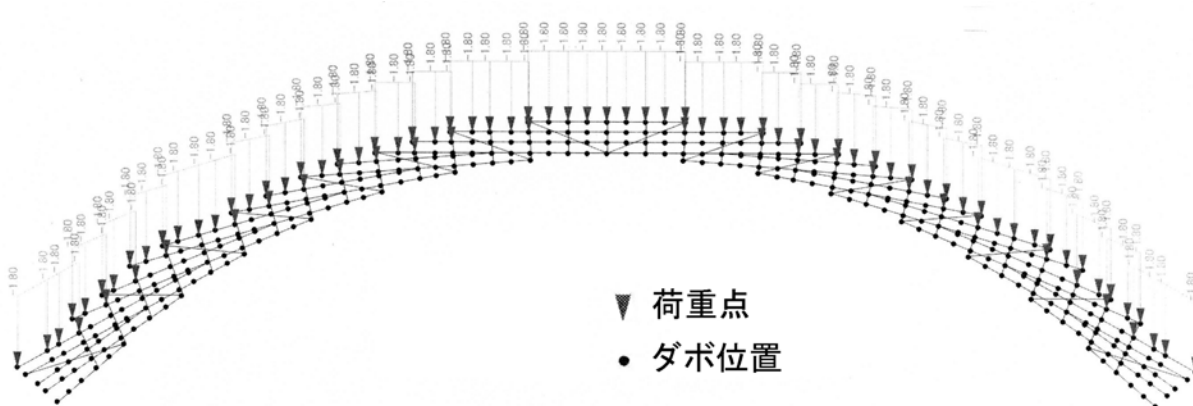
荷重と変形量のグラフ

- ・ 朽木産試験体(7体)を実験。
- ・ 材質のバラツキを配慮して多数の試験体で特性を把握。
- ・ 自然乾燥と人工乾燥についても比較実験を行っている。



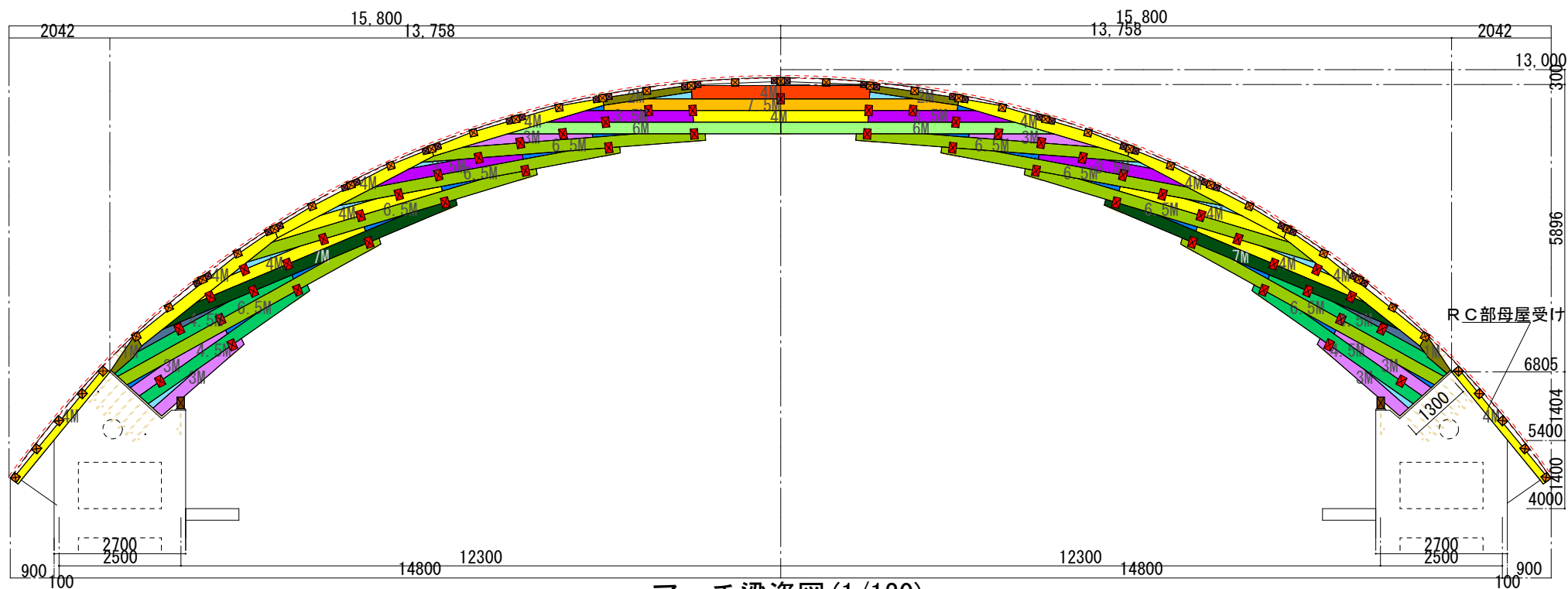
アーチ屋根の構造解析

- ・ 実験データを元にダボ接合点(図中・)を立体的に配列し、様々な荷重条件で架構全体の解析を繰り返し行い、安全かつ施工性の良い架構方法を探っている。



朽木中学校屋内運動場改築工事

番号	色	種類	材幅 (m)	材せい (m)	製材長 (m)	材積 (?)	アーチ 1 本		アーチ 本数等	屋根全体		備 考
							本数	材積		本数	材積	
木造アーチ												
1		桁	0.15	0.27	4.00	0.162	1	0.162	19	19	3.078	成9寸
2		桁	0.15	0.24	3.00	0.108	6	0.648		114	12.312	
3		桁	0.15	0.24	3.50	0.126	4	0.504		76	9.576	
4		桁	0.15	0.24	4.00	0.144	5	0.720		95	13.680	
5		桁	0.15	0.24	4.50	0.162	4	0.648		76	12.312	
6		桁	0.15	0.24	6.00	0.216	2	0.432		38	8.208	5m超
7		桁	0.15	0.24	6.50	0.234	8	1.872		152	35.568	5m超
8		桁	0.15	0.24	7.00	0.252	2	0.504		38	9.576	5m超
9		桁	0.15	0.24	7.50	0.270	1	0.270		19	5.130	5m超
									桁 小計		109.440	
10		母屋受	0.15	0.24	4.00	0.144	6	0.864	19	114	16.416	
11		母屋受	0.15	0.24	1.00	0.036	2	0.072		38	1.368	
12		母屋受	0.15	0.15	4.00	0.090	2	0.180		38	3.420	
13		母屋受	0.15	0.15	2.00	0.045	2	0.090		38	1.710	
									母屋受 小計		22.914	
14		鼻梁	0.15	0.21	2.50	0.079	14	1.106	19	266	21.014	
15		枕梁	0.15	0.24	4.00	0.144	—			24	3.456	
									鼻梁・枕梁 小計		24.470	
14		母屋	0.15	0.15	4.00	0.090	—			426	38.340	
									母屋 小計		38.340	
18		楔形材	0.15	0.18	2.50	0.068	2	0.136	19	38	2.584	
19		楔形材	0.15	0.15	2.00	0.045	5	0.225		95	4.275	
20		楔形材	0.15	0.12	1.00	0.018	8	0.144		152	2.736	
									楔形材 小計		9.595	
21		振止材	0.15	0.15	1.65	0.037	30	1.110	18	540	19.980	横
22		振止材	0.15	0.15	1.22	0.027	4	0.110		72	1.976	縦
23		振止材	0.15	0.15	1.12	0.025	4	0.101		72	1.814	
24		振止材	0.15	0.15	0.98	0.022	4	0.088		72	1.588	
25		振止材	0.15	0.15	0.93	0.021	6	0.126		108	2.260	
26		振止材	0.15	0.15	0.83	0.019	12	0.224		216	4.034	斜
27		振止材	0.15	0.15	1.82	0.041	2	0.082		36	1.474	
28		振止材	0.15	0.15	1.76	0.040	2	0.079		36	1.426	
29		振止材	0.15	0.15	1.69	0.038	5	0.190		90	3.422	
30		振止材	0.15	0.15	1.63	0.037	6	0.220		108	3.961	
									振止材 小計		41.935	
31		出類杖	0.15	0.15	1.40	0.032	21	0.672	2	42	1.344	横
32		出類杖	0.15	0.15	1.18	0.027	21	0.558		42	1.115	斜
33		軒出類杖材	0.15	0.15	1.22	0.027	4	0.110		8	0.220	縦
34		軒出類杖材	0.15	0.15	1.12	0.025	2	0.050		4	0.101	
35		軒出類杖材	0.15	0.15	0.98	0.022	2	0.044		4	0.088	
36		軒出類杖材	0.15	0.15	0.93	0.021	7	0.146		14	0.293	
37		軒出類杖材	0.15	0.15	0.83	0.019	6	0.112		12	0.224	
									出類杖 小計		3.385	
38		垂木	0.06	0.06	4.00	0.014	—			1090	15.260	54角
39		垂木	0.12	0.24	4.00	0.115	—			60	6.912	
									垂木 小計		22.172	
									総材積		272.251	



アーチ梁姿図 (1/120)

母屋150×150@600