

災害仮設住宅のためのシェル構造ユニット建設実験

Construction Test of Shell Unit for Temporary Housing of Disaster

小澤 雄樹・山本 直彦

Yuki OZAWA, Naohiko YAMAMOTO

1. はじめに

本研究では、京都を代表とする歴史都市が被災した場合には、災害仮設住宅の建設用地として社寺境内を活用する可能性があるのではないかと考え、素材、意匠、技術といった面から歴史都市の環境に相応しい災害仮設住宅を開発することを目的としている。具体的には、伝統的な左官技術を活用するために、型枠として空気膜を用いることによって、薄肉楕円体シェル構造(以下、「左官シェル」)を実現する。また、本仮設住宅の構造形式としては、シェル構造を利用している。災害発生時には、交通システムが麻痺し、十分な量の物資が行き渡らない可能性が高い。シェル構造は少ない材料で大きな空間を被うことができる非常に合理的な構造システムである。本来、大空間を覆うための技術であるシェル構造を、仮設住宅のような狭小空間に利用することで、少量の材料ストックで多くの居住空間を供給できる可能性がある。

以上に述べた利点に加えて、本研究のもう一つの要は、空気膜を型枠とし、シェルを無筋で建設することにある。左官材料となるセメント系モルタルに、繊維材料を練り混ぜることである程度の引張強度を付加することが出来、これと圧縮力が支配的なシェル構造と組み合わせることで、鉄筋無しで安全な構造物を構築することが可能となる。また、空気膜を型枠として利用することで、複雑な曲面型枠作製を省略し、しかも何度でも再利用することが可能となる。熟練工なしには難しい型枠・鉄筋工事を省略可能であれば、施工プロセスは時間的にも技術的にも大幅に簡略化できる可能性がある。

2. 研究の概要

このような目的意識のもと、本研究は大きく以下に述べるプロセスによって、その技術開発と提案を行った。

- | | |
|----------------|-------------------|
| ① シェルの形態の決定 | ② 材料実験 |
| ③ 数値解析 | ④ 1/3 縮小モデル試験体を制作 |
| ⑤ 鉛直載荷実験(長期荷重) | ⑥ 水平振動実験(短期荷重) |
| ⑦ シェル厚さの決定 | ⑧ 空気膜型枠の作製と施工性の検証 |
| ⑨ 実大棟の建設 | ⑩ 実大棟の破壊実験 |

①～⑧に関しては、昨年までで概要を既に報告済みである。本論ではその形態と構造システム、空気膜型枠を用いた施工方法の概要と⑨実大棟の建設による施工性確認実験の結果について報告する。

3. 左官シェルと空気膜型枠工法の概要

3.1 左官シェルの形態と構造システム

左官シェルの形状は、長軸 6000mm・短軸 3600mm の楕円を短軸で二分した半楕円形を基本として、これを垂直軸回りに回転させ、さらに一辺 3000mm の立方体によって立体的に切断したものである。切断面はアーチ形の開口部となり、全体として平面・高さともに 3000mm、四つ足のドーム状となる。これを基本ユニットとして、4～5 棟連結させることで 1 軒の仮設住宅を構成するという計画である。4 方に開いた開口部周りには、リブが設けられ、その幅は頂部で 200mm 程度、脚部で 90mm である。

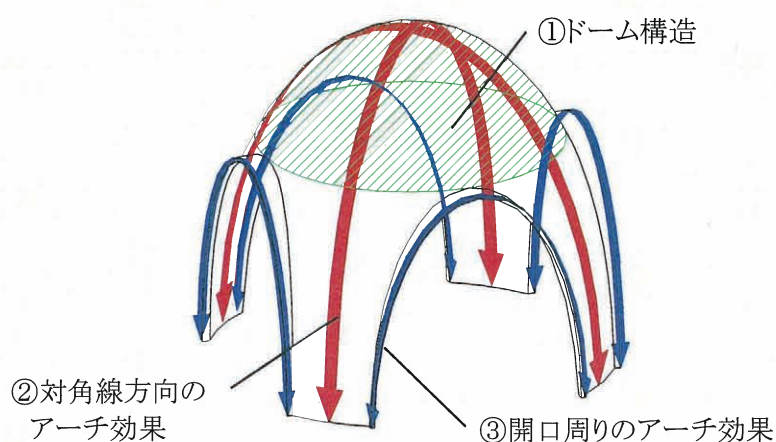


図 1: 左官シェルの構造システム

本構造物は一見単純明快なドーム(楕円体シェル)構造であるが、開口で切り抜かれた下部はドームの特性であるリング効果が失われており、むしろアーチ構造に近い。その構造システムは、①開口より上部のドーム構造、②対角線方向の 2 対のアーチ効果、③開口周りの 4 連の環状アーチ効果、の 3 つに分解して理解することができる(図 1)。

作用する鉛直荷重は①のドーム構造を介して面内応力に変換され、②または③の経路で最終的に地盤に伝達されるが、③に関しては環状の 4 連アーチが相互に釣合う関係にあるので、曲げ応力は生じない。②の半楕円形アーチでは、半円形アーチと同様、重力に対して脚部中央付近で曲げモーメントが発生する。また、ライズが非常に高く開口が大きいので、地震時には大きな曲げモーメントが脚部上方に生じる。そこで、研究の初期段階で、原案にはなかったリブを開口周囲に設けることが決定された。このリブは、複数のシェルを連結する際にジョイントとなると同時に、曲げに対して剛性・耐力を高める縁梁としての役割を果たす。また、③のアーチ効果を補剛し、②の負担を軽減する効果も期待できる。

3.2 空気膜型枠工法の概要とその意義

回転楕円体の薄肉シェルを左官工事によって施工するために、本研究では型枠に空気膜を用いた空気膜型枠工法を採用した。その概要は次のようである。図 2 に示したように、空気を注入して膨らませた空気膜に、まず躯体となるモルタルの下地として、麻製ネットをかける(STEP1-2)。次にこの上にモルタルを施工する。その際に重要なのは、全体の重量バランスが確保されるように、前後左右に対称にモルタルを塗っていくことである(STEP3)。麻製ネットの余分な部分を切り取り、躯体を散水養生する(STEP4)。モルタルが硬化後に、空気膜内の空気を抜いて脱型する(STEP5)。

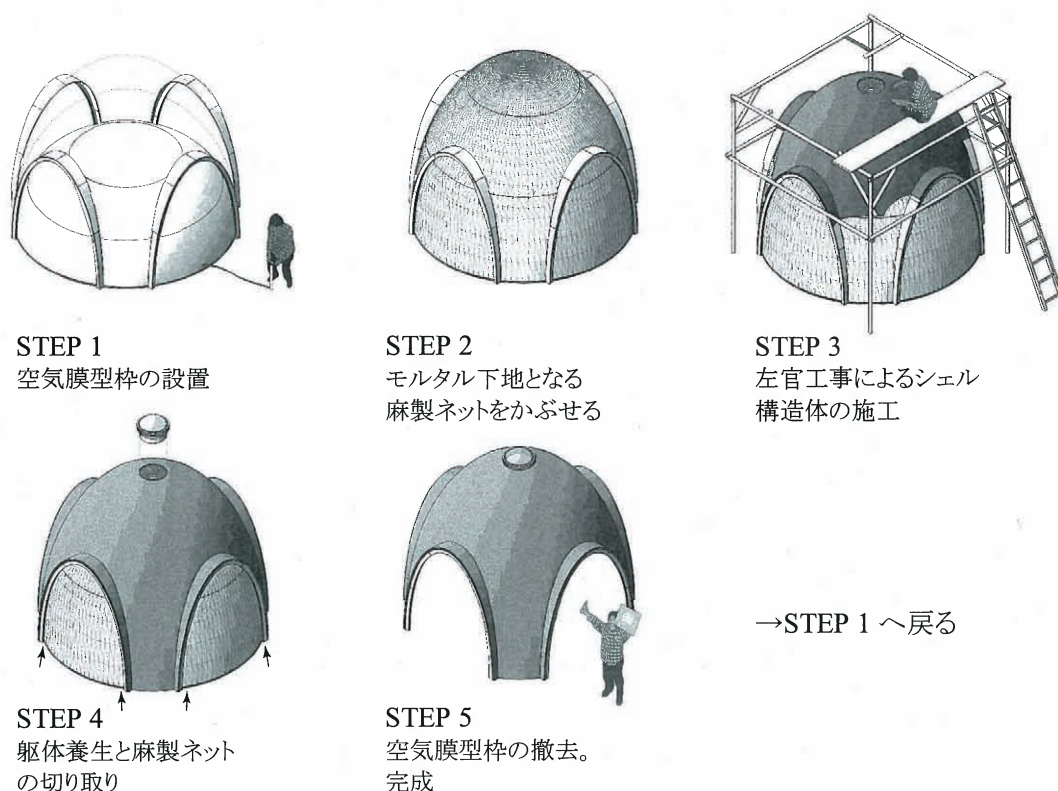


図 2: 左官シェルの施工プロセス

4. 市民参加による施工性確認実験

2008年1月17日～20日にかけて、神戸市中央区のJICA兵庫前で防災イベント「シェルターフェスティバル」が開催され、筆者らの研究グループはこれに参加して実物大の左官シェルを1体建設した。その建設作業に伴い、専門技術を有さない一般市民参加による自助建設の可能性を探るため、施工性確認実験を実施した。ここではその概要を報告する。

作成は2日間に渡って行った。1日目に足場を組み立て、空気膜型枠及び開口周りの局面型枠を設置し、全体に渡って約15mmの厚さで1回目の左官工事を行った。12時間の養生後、柱脚付近を中心として2回目の左官工事を実施し、さらに24時間程度の養生時間を置いた後に型枠を撤去しシェルは完成した。

今回の実験では専門技術を有さない一般市民の代表として各作業で学生数名～10名程度の参加を募り、左官職人数人と共同で作業を進める方法を試みた。足場の組立・撤去、型枠の設置、空気膜固定用砂袋の据付、左官材料の運搬等、技術よりも労力が支配的な作業の大部分は、一般市民が担うことが可能である。左官材料の練り混ぜにはある程度の慣れが必要であるが、これも各材料の配合量を事前に決定しておくことで、非専門家でも十分に補完可能であることがわかった。最も専門的な技術を必要とされるのは実際に左官を行う作業であるが、今回専門家の指導の下での市民による施工を試みたところ(写真1)、あらかじめある程度の練習を積んでおくことで、極端に高い精度さえ求めなければ下地塗りなどその多くを代替可能であることが明らかとなった。

養生後の型枠・足場の撤去まで含めて、完成までの全体の作業日数は3日間であった(写真2)。市民参加による自助建設可能な部分の比率をより高めることで、短期間で多数のシェル構造を供給することが可能となると考えられる。



写真1: 専門家による左官指導



写真2: 完成した左官シェル

5. まとめと今後の展開

本報告書では、専門技術を有さない一般市民による自助建設の可能性を確認するための施工性確認実験の結果を中心に報告した。今後、実際に建設された実物大左官シェルの構造挙動を確認するために、実構造物を用いた破壊実験を実施予定である。

参考文献

1. 左官技術を利用したシェル構造ユニットによる災害仮設住宅の建設技術開発：概要と縮小モデルによる実験、小澤雄樹・山本直彦 他4名、日本建築学会技術報告集、Vol.14、No.27、pp.7-12

謝辞

左官シェル建設に当っては、立命館大学、奈良女子大学、近畿大学の学生の皆さんに多大なる協力を頂きました。ここに記して謝意を表します。