

曲面外壁構造ハイブリッドケーソンの施工及び強度試験

日立造船 正会員○安田和宏 正会員 岩田節雄 正会員 松野 進
正会員 田中 洋 正会員 祐保芳樹

1. はじめに

鋼とコンクリートの曲面合成版を外壁に用いた曲面型ハイブリッドケーソンは、剛性が高く、長大化が可能である。前報¹⁾²⁾では全体構造及び曲面板の耐力に関する検討を行ったが、本論文で実物大部分模型による曲面板の施工及び強度試験を実施し、外壁鋼板の自重を利用した曲面加工、コンクリートの打設性及び合成曲面板の強度特性について検討を行った。

2. 試験体

曲面型ハイブリッドケーソンの施工性及び強度特性を検討するために図1示すように高さ10m、奥行き13.3m、長さ6mの実物大部分模型を製作した。試験体の右片面は従来のハイブリッドケーソン構造とし、左片面を半径7mの曲面型ハイブリッド構造とし、両方の施工性及び強度を比較することにした。

3. 外壁曲面鋼板の補強

従来のハイブリッド構造ではずれ止めとしてスタッドが用いているためにコンクリート打設時の補剛材として裏面に多くの補強リブを取付ける必要がある。そこで、本論文では図2のようにずれ止め効果と補剛効果の2つの効果をねらって穴あき鋼板リブを用いた。

4. 外壁曲面鋼板の曲げ加工

通常鋼板を曲面にするためにはプレス加工が必要であるが、ハイブリッドケーソンの板厚が薄く、また円筒曲面の母線方向にリブが配置されているために鋼板の自重を利用して容易に曲面加工が出来るのではないかと考えられ、図3に示すように大変形非線形を行って確認したが、実際の施工でも容易に曲面に沿うことが分かった。

5. 曲面外壁へのコンクリート打設試験

穴あき鋼板リブを曲面に用いるとリブが斜めあるいは水平となりコンクリートの充填性能の低下が問題となる。そこでコンクリートポンプを用いた施工性試験を実施した結果、リブ穴内にも十分に充填されることが分かった。図4に完成状況を示す。

コンクリート仕様は、高炉、設計強度 24N/mm^2 、 $\sigma_{28}=29.524\text{N/mm}^2$ 、流動化剤添加後スランプ17cmである。底板及び外壁コンクリートの最大温度は図5に示すよう

キーワード：ハイブリッドケーソン、曲面シェル構造、FEM解析

連絡先：〒551-0022 大阪市大正区船町 2-2-11 TEL06-6551-9239 yasuda@fluid.lab.hitachizosen.co.jp

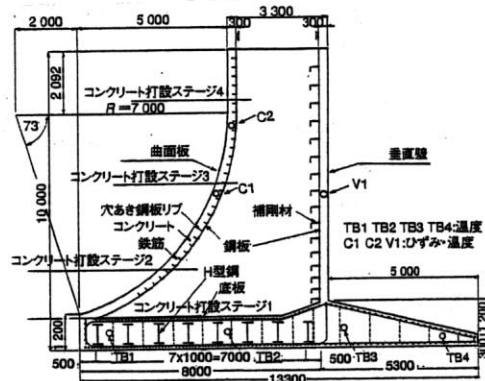


図1 曲面型ハイブリッドケーソン試験体

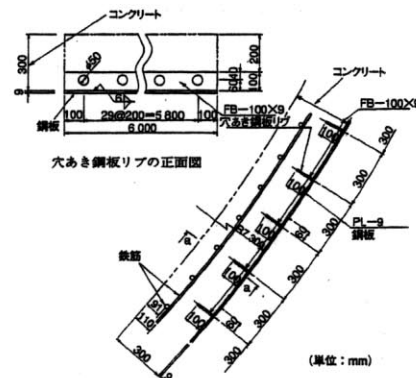


図2 曲面板の詳細図

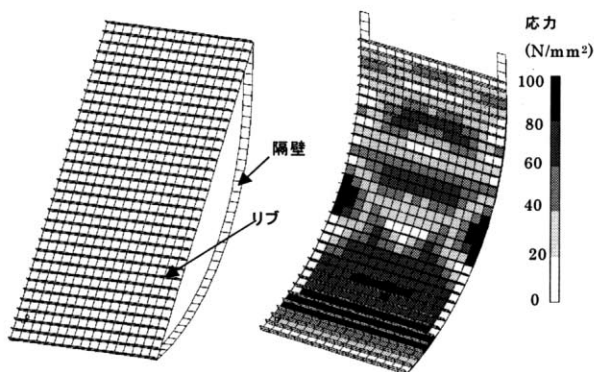


図3 鋼板の自然曲がりのFEM解析

にそれぞれ 51.8℃、26.5℃で、水和熱によるコンクリートのひび割れは無かった。

外壁の歪み変化を図 6 に示すが、歪み計測値は水和熱による 50~100 μ の膨張歪み及び温度降下、乾燥収縮による 30~40 μ の収縮歪みであったが、太実線で示すコンクリート標準示方書³⁾による収縮歪みに比べて小さくなっている。これは曲面鋼板及び穴つき鋼板リブによる拘束効果によるものと考えられる。今回の収縮歪み $\varepsilon'_{cs}(t, t_0)$ は、経過日数 t から次式で近似できる。

$$\varepsilon'_{cs}(t, t_0) = [1 - \exp \{-0.168(t - t_0)^{0.32}\}] \varepsilon'_{sh} \cdots (1)$$

ここで $\varepsilon'_{cs}(t, t_0)$: 材令 t_0 から t までの収縮歪み

ε'_{sh} : 収縮歪みの最終値³⁾

t_0, t : 乾燥開始時及び乾燥中の有効材令³⁾

6. 圧力負荷試験

ケーソンの引き波による波圧を想定し、ケーソン内部を 0.02N/mm² に空気加圧し、発生歪みを観測した。図 7 に曲面版コンクリート表面の水平方向歪みについて FEM 解析結果と比較した結果を示すが、曲率端部から平面部に大きな歪みが発生するが、曲面部では歪みが小さく、曲面部が強度的に有利であることが分かる。

7. まとめ

曲面外壁を有するハイブリッドケーソンの施工技術を確認するために実物大部分モデルによる試験を実施した。その結果、次のことが分かった。

(1) ずれ止めに穴つき鋼板リブを採用することによって鋼板の自然曲がりを利用した曲面成形が可能、また従来の打設時の補強が不要であることが分かったが、これによるケーソン製作の合理化が可能である。

(2) 穴あき鋼板リブ周りへのコンクリート打設が懸念されたが、流動化剤の添加によってコンクリートの回り込み及び締め固めは問題なかった。

(3) 80 日間の計測ではコンクリートのひび割れに影響するような収縮歪みは観測されなかった。

(4) 圧力負荷試験の結果、予測どおり曲面部の歪みは平面部よりも小さく強度的に有利であった。

参考文献

- 1) 松野 進他：ハイブリッドケーソン・シェル構造部材の終局強度、土木学会 54 回年次 (H11.9)
- 2) 祐保芳樹他：曲面外壁を有する新構造ハイブリッドケーソンの応力解析、土木学会 55 回年次 (H12.8)
- 3) 土木学会：コンクリート標準示方書・設計編、平成 8 年度版、第 3 章 3.2.7



図4 コンクリート打設完了後の状態

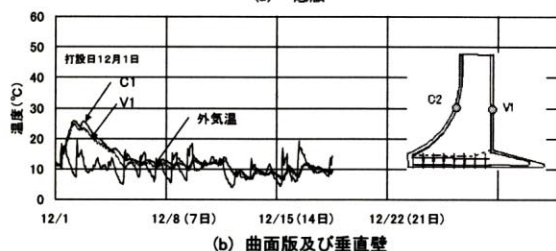
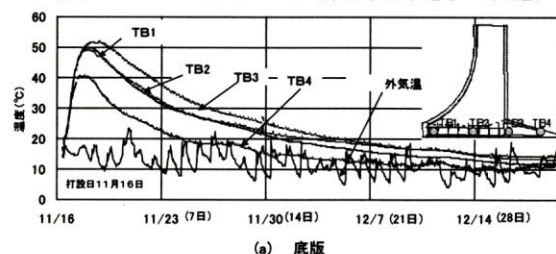


図5 コンクリート温度の経時変化

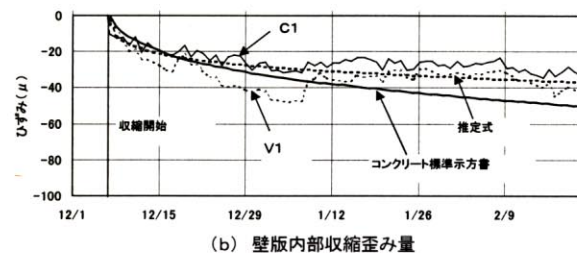
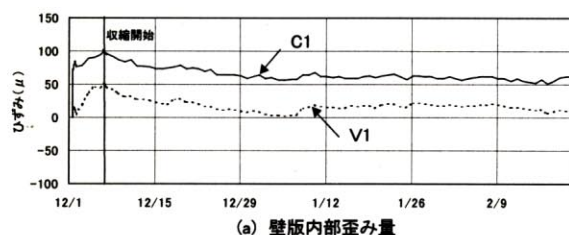


図6 外壁歪みの経時変化

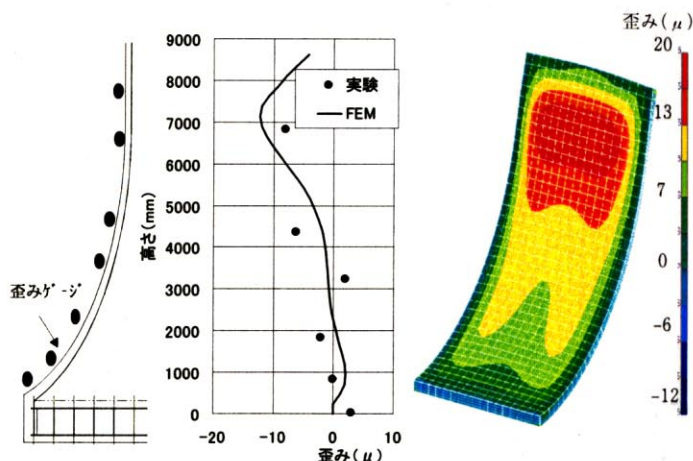


図7 圧力負荷試験及び解析