

CS-77 鋼・コンクリートサンドイッチ梁の圧縮鋼板の 終局強度特性に関する解析的研究

三菱重工業（株）高砂製作所 正員 柳原 康男
大阪市立大学工学部 正員 園田恵一郎
大阪市立大学工学部 正員 鬼頭 宏明

1. はじめに

鋼・コンクリートサンドイッチ構造の合理的設計法の確立に向けての課題^{1,2)}の一つに外殻鋼板の局部座屈挙動とその終局強度に及ぼす影響の定量的評価がある。本研究は、この課題に対し別報³⁾に示したサンドイッチ梁の耐荷力実験結果との対比を基に数値解析的手法によりその特性の評価を検討したものである。

2. 数値解析手法

ここではパネル単体をモデル化した面内力を受ける圧縮板の座屈ならびに座屈後挙動の解析を行った。

(1) モード仮定による座屈後変位解析⁴⁾(MODE)

側辺長 (a) と載荷辺長 (b) の矩形板を考え、その中央に原点を置き、側辺直交方向に x 軸を載荷辺直交方向に y 軸を採る。ここで、 x, y 方向の面内変位関数 (u, v) と z 方向面外変位関数 (w) を側方拘束かつ周辺単純支持の下に次式で与える。

$$v = C_1 \sin \frac{2\pi y}{a} \cos \frac{\pi x}{b} - ey \dots\dots\dots (1)$$

$$u = C_2 \sin \frac{2\pi x}{b} \cos \frac{\pi y}{a} \dots\dots\dots (2)$$

$$w = f \cos \frac{\pi x}{b} \cos \frac{\pi y}{a} \dots\dots\dots (3)$$

ここに、 f は板中央での面外変位、 C_1, C_2 は定数で、 e は強制変位方向の平均ひずみである。上記1次モードで構成された変位関数より w に関する2次項を付加したひずみ成分を誘導し、面内力と曲げによる両ひずみエネルギーを算出した後ポテンシャルエネルギー極小の条件より定数を決定すれば、 f と e の関係が得られる。ここでは、他の境界条件への拡張を試みた。

(2) 弾塑性有限変位解析⁵⁾(FEM)

使用した解析手法は、定ひずみ三角形要素にて離散化を行い、材料非線形性は Prandtl-Reuss の関連流動則に従う等方完全弾塑性体として導入し、同時に幾何非線形性を移動座標法を用いて考慮するものである。

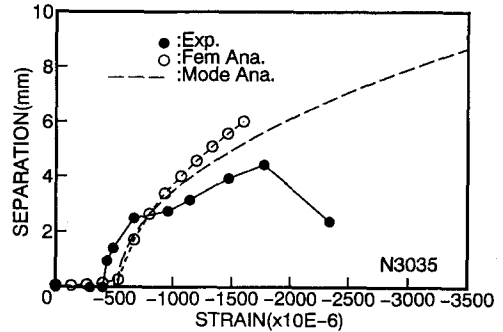


図1 鋼板の肌離れ量と平均圧縮ひずみ

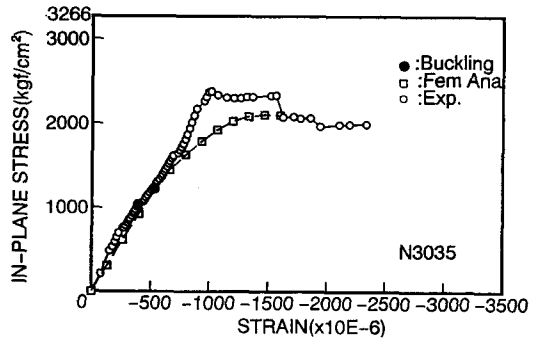


図2 鋼板の平均面内圧縮応力と平均圧縮ひずみ

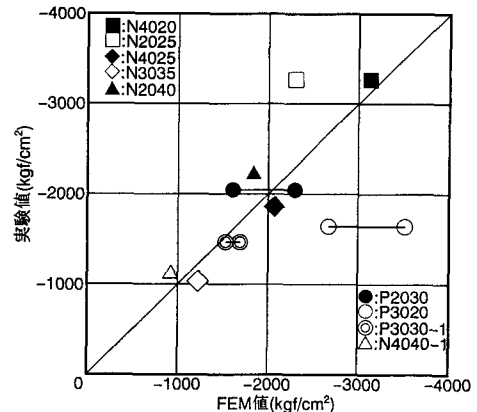


図3 座屈応力と境界条件の検討

3. 解析結果

(1) 実験結果³⁾との検証解析

【座屈開始状況】種々の境界条件の下での解析を行い実験結果での座屈応力と対比した結果、座屈が生じなかった供試体を除けば図3に示すようにL型補剛材により区切られてコンクリートと一体化された外殻鋼板パネルの境界条件は、周辺固定かつ側方拘束された2軸圧縮状態に最も良い対応関係が見られた。よって以下の解析においてはこの条件を使用した。

【座屈後変形状】パネル中央での離間量，すなわち鋼板とコンクリートの肌離れ量とコンクリート圧縮縁でのひずみとの関係の一例を図1示す。

【圧縮力分担特性】パネルの平均圧縮応力とコンクリート圧縮縁でのひずみとの関係の一例を図2に示す。

上記2図より両解析結果は実験での座屈挙動を良好に評価し得ることが分かる。

(2) 実構造物⁶⁾のパラメトリック解析

各種因子の下でFEM解析を行いその終局強度に關する指針(案)²⁾の安全性と座屈後変形状性を調べた。

【幅厚比の影響】幅厚比，ここでは鋼板厚 t を11mmから6mmへと半減させた時の挙動を図4に示す。

【初期応力の影響】コンクリートの打設圧等の施工時における作用力を想定して周辺単純支持の弾性座屈応力の80%を平均初期応力とし，その分布状態を考慮した時の各挙動を図5に示す。

【初期たわみの影響】道路橋示方書⁷⁾では鋼構造に対し腹板の許容初期たわみを $b/250$ と規定しているが，サンドイッチ構造ではこの種の規定値がないため，ここでは上記の規定値を参照して3種の初期たわみ量を設定した。1つはほぼ初期たわみ量がない $\delta = t/50$ ，次は最大値 $\delta = b/250$ であり，最後はその中間値 $\delta = b/500$ である。これらが終局強度に及ぼす影響を図6に示す。

上記より初期応力が降伏強度の20%以上の初期応力を導入した場合，合成構造物として供用時に外力が作用したとき終局強度は指針案を下回る可能性があるものの，初期たわみが設計基準⁷⁾の許容初期たわみ $b/250$ を有する場合でも指針案が与える終局強度を十分に上回り，指針案の安全性を検証できた。

なお，本研究は(財)沿岸開発技術研究センタ「神戸港『港島トンネル』沈埋部施工時応力確認実験」の一部として行われたものであることを付記する。

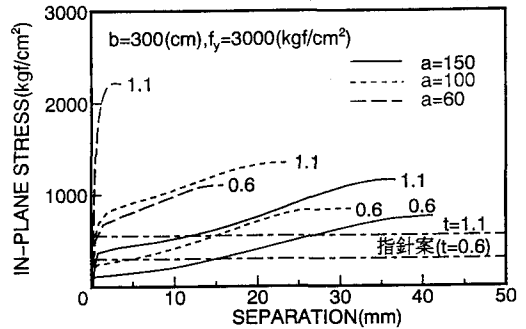


図4 平均圧縮応力と肌離れ量（幅厚比の影響）

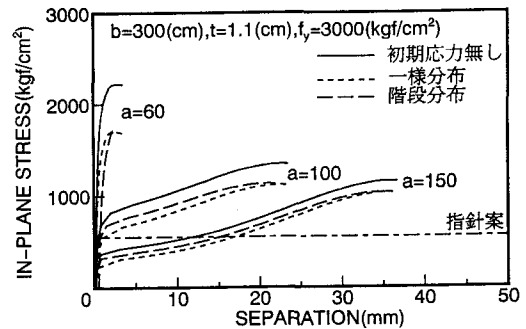


図5 平均圧縮応力と肌離れ量（初期応力の影響）

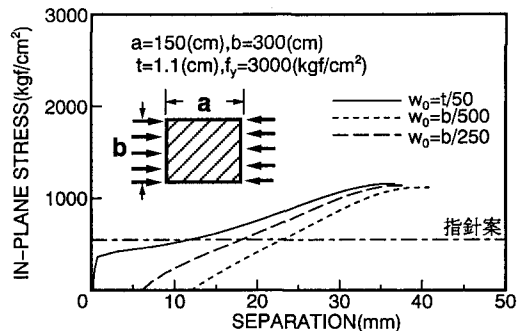


図6 平均圧縮応力と肌離れ量（初期たわみの影響）

参考文献

- 1) 上田・塩谷：『コンクリート工学』，Vol.30，No.5，1992.
- 2) 土木学会：『鋼コンクリートサンドイッチ構造設計指針(案)』，1992.
- 3) 山脇・園田・鬼頭：土木学会年次講演概要集I，1994.
- 4) Timoshenko & Gere：Theory of Elastic Stability，McGraw-Hill，1961.
- 5) 小松・北田・宮崎：土木学会論文報告集，No.244，1975.
- 6) 沿岸開発技術研究センタ：『神戸港港島トンネル沈埋部構造設計指針(案)』，1993.
- 7) 日本道路協会：『道路橋示方書・解説II 鋼橋編』，1990.