

日立造船㈱ 正員 宮本正良

日立造船㈱ 正員 滝沢恵典

〃 正員 甲村 皖

名古屋工業大学 正員 長谷部宜男

1. 緒 言

構造部材として、鋼とコンクリートの複合構造材であるサンドウィッチ版を用いる研究が日立造船㈱技術研究所においてなされている。この研究は部材が破壊するまでの挙動について有限要素法によつて解を求め、かつ、モデル実験と対比している。本論文ではこの複合部材の弾塑性解析を一般的な理論を用いて行えるようにその解析法を導くものである。本論文で導いた解析法によつて得られた結果を前記研究所において行われた実験値と対比することによつて検証する。

前回の論文では、両端単純支持版に純曲げモーメント荷重が作用する場合の版が破壊に至るまでの解析法を導いたのに対し、今回の論文では、両端単純支持版に集中荷重あるいは分布荷重が作用する場合の版が破壊に至るまでの解析法を導く。

2. 解析のための仮定

2.1 サンドウィッチ版の形状、支持条件及び荷重条件

鋼板間にコンクリートを充填した図-1のような形状を考える。

支持条件は両端単純支持、荷重条件は集中荷重（集中荷重の多点載荷、分布荷重などでも良い）とする。

2.2 コンクリートの性状

コンクリートに引張応力が生じ得ないものとする。

2.3 下側鋼板及び上側鋼板の応力-歪曲線

下側及び上側鋼板の応力-歪曲線については図-2及び図-3に示す。

2.4 コンクリートの圧縮応力-歪曲線

コンクリートの圧縮応力-歪曲線については、図-4に示す。

この図で $O A' B' C'$ は純圧縮の場合の応力-歪曲線である。

今回は、せん断応力 τ が働いているため破壊に関する最大主応力説により最大応力 σ_c を低減する。低減値を σ_k とし、この点 A の歪を ϵ_k とすると $\sigma_k = ((\sigma_c)^2 - (\tau)^2) / \sigma_c$ 、 $\epsilon_k = \epsilon_0 + \sqrt{(\epsilon_0)^2 - \sigma_k / \sigma_c} \cdot (\epsilon_0)^2$ である。

点 A 以降、 $\sigma_c = \sigma_k$ を維持し、歪が進行するものとする。

2.5 部材断面のせん断応力 τ の分布

せん断応力 τ は部材の全断面に均等に働くものとする。

($\tau = S/bd$)、しかし、コンクリートが大きくヒビ割れた場合は部材断面のうち、コンクリート上側縁端より中立軸までの部分に均等に働くものとする ($\tau = S/bx$)、コンクリートが大きくヒビ割れると判定するために下側鋼板の歪 ϵ_s を用いる。歪 ϵ_s が歪 ϵ_w になったとき大きくヒビ割れたと判定する。 $\epsilon_w = \epsilon_{s1} + \alpha(\epsilon_{s11} - \epsilon_{s1})$ $0 \leq \alpha \leq 1$

2.6 部材断面の歪

部材断面の歪については、前回の論文と同じく図-5に示す通りである。係数 m を合成係数と呼ぶ。

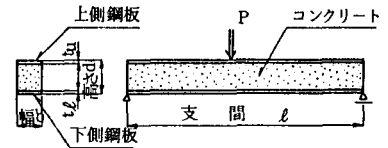


図-1

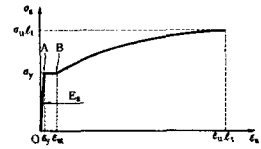


図-2

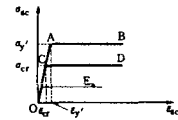


図-3

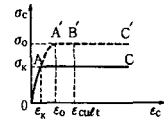


図-4

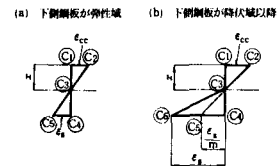


図-5

3. 解析方法

本解析法の目的は部材が破壊するまでの挙動を追跡し、この部材の破壊時の最高荷重と最高タワミを求めるための理論式を導くことである。以下に本解析法の概要を説明する。

解析に用いる両端単純支持版のモデルを図-6に示す。この図に示すように部材の軸方向（Z軸）に部材を微小分割し、その微小長を dz 、分割数を n とする。荷重の作用によりこの部材の全微小体は図-7に示すように断面力（ $M(k)$ 、 $S(k)$ ）を生じ、これらの断面力に応じた歪分布、応力分布を生じている。各微

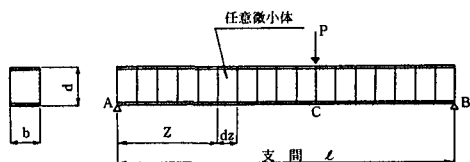


図-6

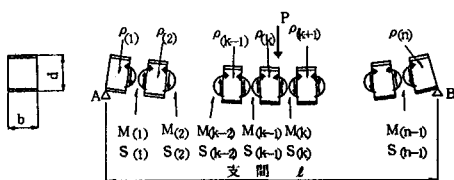


図-7

小体 (k) の歪分布、応力分布などについては図-8に示すように前回の論文における純曲げ荷重の場合と同じ方法で、コンクリート上側縁端の歪 ϵ_{sc} と中立軸 x を未知数として断面の2つのつり合い条件を用いて求める。未知数が求めれば歪分布、応力分布、各合力、抵抗モーメント及び曲率半径が求まる。部材の変形については、部材の全微小体の曲率半径 $\rho(k)$ より梁のタワミに関するモールの定理を用いることにより部材のタワミ及びタワミ角が求まる。

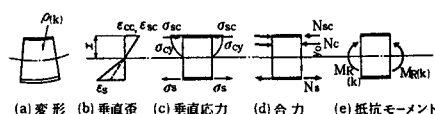


図-8

部材の変形については、部材の全微小体の曲率半径 $\rho(k)$ より梁のタワミに関するモールの定理を用いることにより部材のタワミ及びタワミ角が求まる。

4. 計算例及びその計算結果

本論文で導いた解析法の妥当性を検証するために、本解析法の計算結果と前記研究所で実験された試験模型の実験結果とを対比する。図-9に本解析法の計算例として両端単純支持版に集中荷重 P を載荷した場合の形状データを示す。

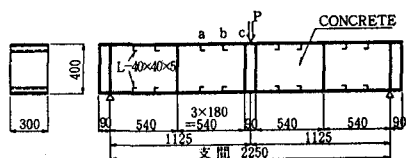


図-9

また、この計算結果を荷重-変形曲線として図-10に示す。

合成係数 m を1、2及び3と変えて計算すると $m=1$ の場合が同図のように実験値に一番近いことがわかった。

5. 結 言

ここで、両端単純支持版に集中荷重などが作用する場合の解析法を導いたが、前回の論文における純曲げ荷重の場合、合成係数 $m=3$ が実験値に近く、今回の集中荷重の場合、 $m=1$ が実験値に近かった。これらより以下のことがわかった。

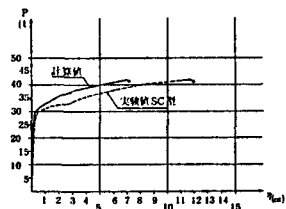


図-10

(1)純曲げ荷重の場合に $m=3$ が実験値に近かった理由は、純曲げ荷重の生じさせ方、すなわち境界条件に問題があるからであること。(2)合成係数の考え方は、断面内で歪勾配が変化するのではなくて鋼板とコンクリート間のずれによるものであること。(3)純曲げ荷重、集中荷重どちらの場合も通常は $m=1$ 、ずれが生じる場合は $m<1$ となること。

参考文献

- 1) 西牧、松石 鋼板とコンクリートから構成されるサンドウィッチ版の研究、日本造船学会論文集141号
- 2) 岡村甫 コンクリート構造の限界状態設計法、共立出版
- 3) 甲村、滝沢、宮本、長谷部 鋼・コンクリートサンドウィッチ版の最終強度解析、土木学会第41回年次学術講演会