

I-226

鋼・コンクリートサンドウイッチ版の最終強度解析

日立造船(株) 正員 甲村 皖
 “ 正員 滝沢 恵典

日立造船(株) 正員 〇宮本 正良
 名古屋工業大学 正員 長谷部 宣男

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イッチ版を用いる研究が日立造船(株)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。この複合構造を構造部材として用いる場合、荷重に対して構造物が破壊するまでの吸収エネルギーが鉄筋コンクリート部材に比べて十分大きくなるという利点を有しており、そのため、大変形が許容される構造(氷海域における海洋構造物など)に適用出来る。

ところで、この複合部材の解析は部材が弾性域及び塑性域での挙動に関することであるから一般に非線形解析となり現在では非線形有限要素解析法によらざるを得ない。しかし、経費及び時間面から全ての検討に対して有限要素法を用いることは出来ない不便さがある。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。

この解析法を導くため、今回の研究では両端単純支持版に一樣な曲げモーメントが作用した純曲げ状態の版が破壊に至るまでの荷重—変形曲線を求める。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については次回に報告する。

2. 解析のための仮定

2.1 サンドウイッチ版の形状、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、荷重条件は純曲げモーメント荷重とする。

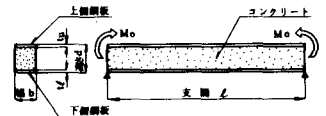


図 - 1

2.2 コンクリートの性状

断面の引張側について、コンクリートに引張応力のためにヒビ割れが生じ、コンクリートに引張応力が生じ得ない状態以降を考える。

2.3 下側鋼板(引張側)の応力—歪曲線(σ_s — ϵ_s 曲線)

下側鋼板については、図-2に示すような模範的な応力—歪曲線を採用する。この図において、OAは直線であり弾性域である。ABは直線 $\sigma_s = \sigma_y$ であり降伏域である。BCは放物線と考え、歪硬化から極限強さまでである。

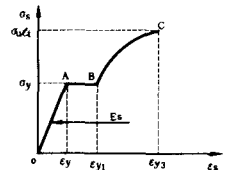
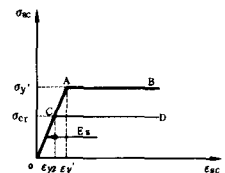


図 - 2

2.4 上側鋼板(圧縮側)の応力—歪曲線(σ_{sc} — ϵ_{sc} 曲線)

上側鋼板については、図-3に示すような応力—歪曲線を考える。この図において、OAは直線であり弾性域である。ABは直線 $\sigma_{sc} = \sigma_y'$ であり降伏域である。上側鋼板が座屈する場合はCDとなる。

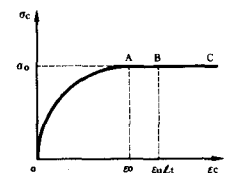
CDは直線 $\sigma_{sc} = \sigma_{cr}$ である。

2.5 コンクリートの圧縮応力—歪曲線(σ_c — ϵ_c 曲線)

コンクリートの応力—歪曲線については、図-4に示す通りとする。

この図において、点Oから点Aまでは放物線とする。点Aはその頂点である。ACは直線 $\sigma_c = \sigma_0$ である。放物線OAの式は $\sigma_c = \sigma_0 \{ 2 \times (\epsilon_c / \epsilon_0) - (\epsilon_c / \epsilon_0)^2 \}$ である。ここに、 $\epsilon_0 = -0.002$ とする。

ϵ_{ult} はコンクリートの圧壊歪であり、 -0.035 とする。 σ_0 はコンク



リートの最大圧縮応力度である。

鉄筋コンクリート版では断面の上側縁端が圧壊 ($\epsilon_c = \epsilon_{ult}$) で版が耐荷力を失うけれども、サンドウィッチ版ではコンクリート圧縮部が鋼板で囲まれているためにコンクリートが圧壊してもコンクリートは抵抗し続けることが出来る。下側鋼板の破断がこのサンドウィッチ版の破壊となる。

2.6 部材断面の歪

図-5に示すように、部材断面の下側鋼板（引張側）が降伏するまでは(a)のように部材断面の歪は平面保持し、部材断面の下側鋼板が降伏以降の部材断面の歪の状態は(b)のように①-②-③-④となり下側鋼板の歪 ϵ_s をある値 m で除した歪が圧縮側の歪分布勾配と一致するものとする。この m の値は鋼板とコンクリートの合成度を示すものであり、これを合成係数と呼ぶ。

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、順々に本解析法の説明をする。

図-6に示すように、この版に対する荷重が純曲げモーメントであるので、版の全長にわたり同一の歪性状及び応力性状を成している。(a)図の歪分布においてコンクリート上側縁端歪 ϵ_{cc} を仮定して値を定めれば未知数は中立軸 x だけであり、この x がわかれば、断面の全ての点の歪は比例計算により求まる。断面の歪がわかれば応力 σ_s , σ_{sc} 及び σ_c は2章の仮定における応力-歪曲線より求めることが出来る。

さらに、これらの応力を積分すれば各合力 N_c , N_s 及び N_{sc} が求まる。これらの合力より断面のつり合い条件 $N_c + N_s + N_{sc} = 0$ を用いて中立軸 x を求めることが出来る。また、部材断面の抵抗モーメント M_R は $M_R = -N_c(d - \bar{y}) - N_{sc} \times d$ より求まる。モーメントのつり合い条件より荷重 $M_o = M_R$ が成立しなければならない。この式が成立するとき ϵ_{cc} が求まる。タワミについては、部材断面の曲率半径が $\rho = x / (-\epsilon_{cc})$ より求まることから支間中央のタワミが $\eta_c = \ell^2 / 8\rho$ より求まる。

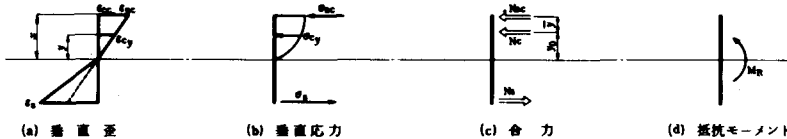


図 - 6

4. 計算例

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-7に本解析法の計算例として、両端単純支持版に純曲げモーメント荷重を載荷した場合の形状データを示す。

5. 計算結果

本解析法の計算結果を荷重-変形曲線として図-8に示す。

合成係数 m を 1, 2, 3, 4 及び 5 と変えて計算すると $m = 3$ 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。

6. 結言

ここで導いた部材に関する解析法による計算値と実験値がかなり良く一致した。本解析法は設計をするために十分有効である。

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

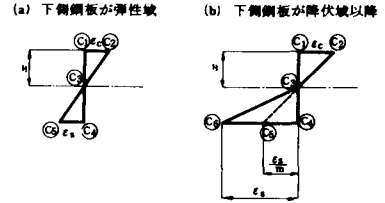


図 - 5

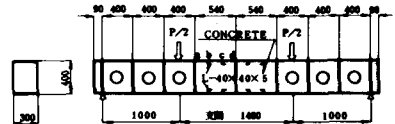


図 - 7

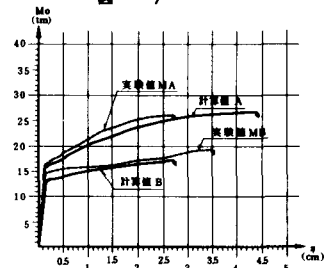


図 - 8