

## V-27 鋼コンクリートサンドイッチはりのせん断耐荷機構に対する一考察

北海道大学工学部 学生員 伊藤 常正  
 北海道大学工学部 正 員 古内 仁  
 北海道大学工学部 正 員 土田 多門  
 北海道大学工学部 正 員 角田與史雄

## 1.はじめに

鋼コンクリートサンドイッチ構造は、高強度、水密性、高靱性などの特徴を合わせ持ち、施工性に優れた構造物である。近年、サンドイッチ構造に関しさまざまな研究が行われるようになったがその数は少なく、せん断耐力の正確な算定は難しい状況である。サンドイッチ構造には、鋼版を両面に配したボックスサンドイッチ構造と、鋼版を片面のみに配したオープンサンドイッチ構造大きく2種類に大別されるが、前者に対しては浅沼<sup>1)</sup>がせん断耐力の評価を行ったが、後者においてはいまだ正確な評価は行われていない。

そこで本研究では、構造の基礎的な研究として、非線形有限要素解析を用い、ボックスサンドイッチ構造とオープンサンドイッチ構造の両者を佐藤<sup>2)</sup>が提案したせん断耐荷モデル（以後、佐藤モデル）を用い、定性的に、統一したせん断耐荷機構の評価を行うことを目的としている。

## 2.解析概要

本研究ではサンドイッチはり部材用に改良された有限要素プログラム<sup>3)</sup>を用いた。本解析において用いた要素の種類は、コンクリート要素、鋼材要素、コンクリート要素と、上下フランジ、ダイヤフラムの鋼材要素との境界面において、応力伝達を担うと同時にすべりを考慮する接合要素の3つに分けられる。またシアコネクタの入っている境界とシアコネクタの入っていない境界で接合要素は異なり、ボックスサンドイッチのコンクリートと圧縮鋼版（上フランジ）の境界は圧縮領域に位置するため接合要素を用いず、コンクリート要素と鋼材要素を剛結する。

本解析では、フルウェブタイプのボックスサンドイッチはり、オープンサンドイッチはりの2体を行った。用いる供試体は、オープンサンドイッチを中井<sup>4)</sup>の実験供試体を用い、ボックスサンドイッチは両者の比較をしやすいするため、オープンサンドイッチの供試体の上フランジの位置を変えるに留めた。

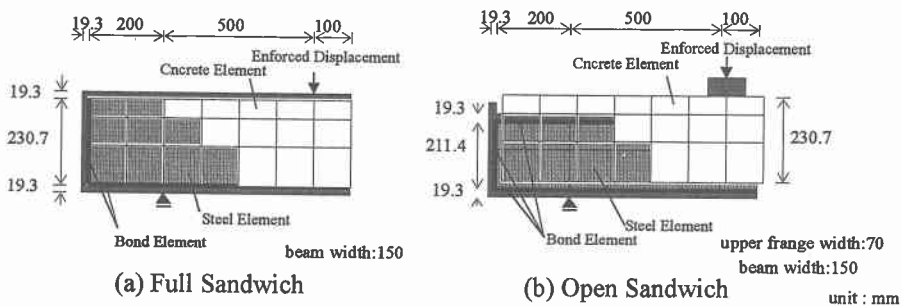


図1 要素分割図

A Study on Shear Resisting Behavior of Concrete Sandwich Beams

by Tsunemasa Ito, Hitoshi Furuuchi, Tamon Ueda, and Yoshio Kakuta

解析に用いた要素分割図を図1に示す。

### 3. 解析結果

図2は解析結果と実験結果の荷重変位曲線の比較を示したものである。オープンサンドイッチの解析では実験の耐力と解析の曲線のピーク時における荷重が一致し、破壊を示している。一方、ボックスサンドイッチは曲線のピークが見られなかったが解析による最大荷重は、浅沼のせん断耐力式による算定値のと82.1%であったことから破壊荷重に達していないといえる。

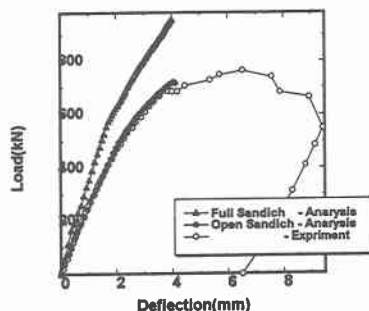


図2 荷重変位曲線

### 4. サンドイッチ構造はりのせん断耐荷モデル

有限要素解析の結果より、サンドイッチはりのせん断耐荷性状を明らかにし、サンドイッチコンクリートはりのせん断耐荷モデルを検討する。

#### 4.1 せん断耐荷モデルの仮定

佐藤はせん断補強されたコンクリートはり部材のせん断耐荷機構の評価の成功しており、本研究では佐藤の提案するせん断耐荷モデル(図3参照)を用いる。佐藤は載荷点直下の曲げ圧縮域を破壊断面と考え、コンクリート圧縮域が受け持つ抵抗断面と、斜めひび割れ域で受け持つせん断力がより卓越する抵抗断面を結びつけて考えた。また圧縮領域は中立軸位置の深さまでをとり、斜めひび割れ域とを結ぶ抵抗断面は、中立軸が載荷点と支点を結ぶ直線との交点付近まで水平であると仮定し、次式によりせん断耐荷モデルを設定した。

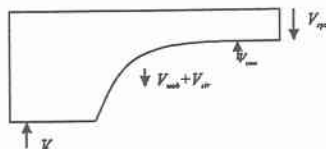


図3 佐藤モデル

$$V = V_{cpz} + V_{web} + V_{str} - V_{com} \quad (1)$$

ここに  $V_{cpz}$  : 曲げ圧縮域でのコンクリートが受け持つせん断力

$V_{web}$  : 斜めひび割れ域でのせん断補強筋が受け持つせん断力

$V_{str}$  : 斜めひび割れ域でのせん断補強筋以外が受け持つせん断力

$V_{com}$  : 水平領域でのコンクリートが受け持つせん断力

一般に、サンドイッチ構造はりに作用するせん断力 ( $V_{total}$ ) はコンクリートの分担せん断力 ( $V_c$ ) と鋼材の分担せん断力 ( $V_s$ ) の和に大別される。本研究においてはコンクリートの分担せん断力を圧縮領域で受け持つせん断力 ( $V_{cpz}$ ) と、よりせん断力が卓越する斜めひび割れ域で受け持つせん断力 ( $V_{dcz}$ ) と、圧縮域と斜めひび割れ域を結びつける水平領域で受け持つせん断力 ( $V_{com}$ ) の和で表す。一方、鋼材の分担せん断力は、上フランジが受け持つせん断力 ( $V_{uf}$ ) とせん断補強鋼板が受け持つせん断力 ( $V_{web}$ ) と下フランジが受け持つせん断力 ( $V_{lf}$ ) に分ける。

$$V_{total} = V_c + V_s \quad (2)$$

$$V_c = V_{cpz} + V_{dcz} - V_{com} \quad (3)$$

$$V_s = V_{uf} + V_{web} + V_{lf} \quad (4)$$

#### 4.2 せん断力のつり合い考える抵抗断面の仮定

解析結果より、両供試体で斜めひび割れ域の決定のため、さまざまな斜めひび割れを有する断面を仮定し、斜めひび割れ域でのせん断抵抗力の比較を行う。その際、破壊断面とする圧縮領域の位置を佐藤は載荷点直下としているが、本解析供試体においては上フランジや載荷版の影響により載荷点に荷重が集中するわけではないので載荷点直下を破壊断面と定義しないことにした。そこで本研究では破壊断面をコンクリートが最も早く圧縮軟化を起こしている断面と仮定し、中立軸位置までの深さを圧縮領域とすることにした(図5参照)。また鋼材の抵抗断面はコンクリートと同様にとる。

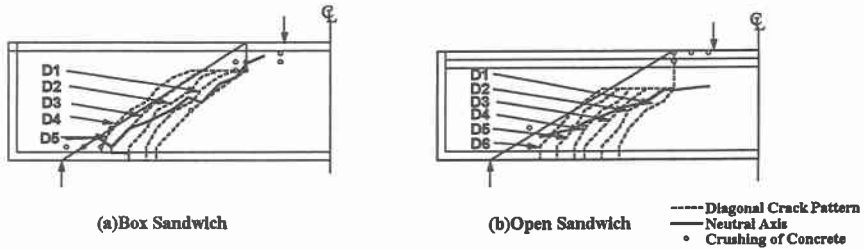


図4 つり合いを考える抵抗断面

解析により得られた結果から、抵抗せん断力 ( $V_{total}$ 、 $V_c$ 、 $V_s$ 、 $V_{dcz}$ ) の分担を図6に示す。これよりせん断力の卓越する斜めひび割れはボックスサンドイッチはりでは D4 及び D5、オープンサンドイッチはりでは D4 及び D5 と推察される。

また、それらのひび割れは圧縮領域の始点と始点を結ぶ直線より発生している。

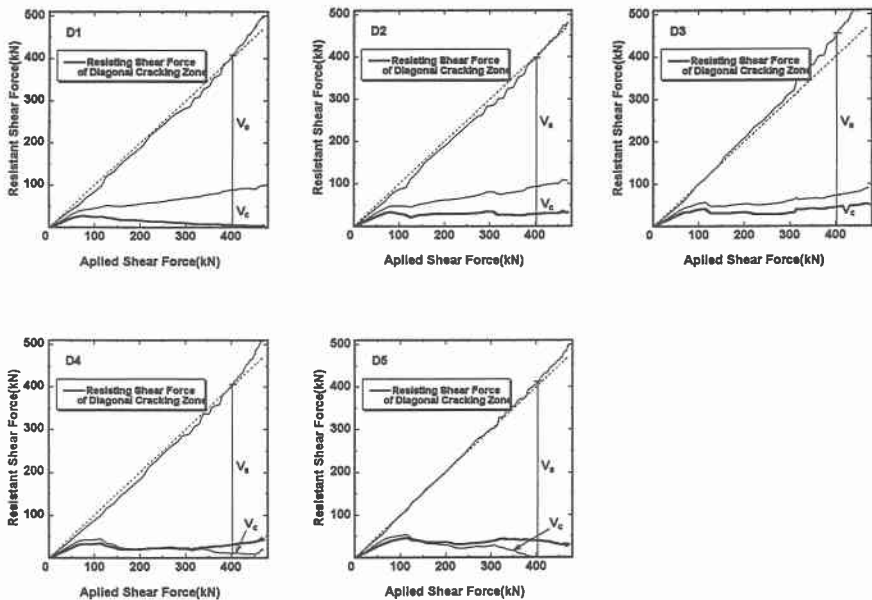


図5(a) 分担抵抗せん断力の比較 (ボックスサンドイッチ)

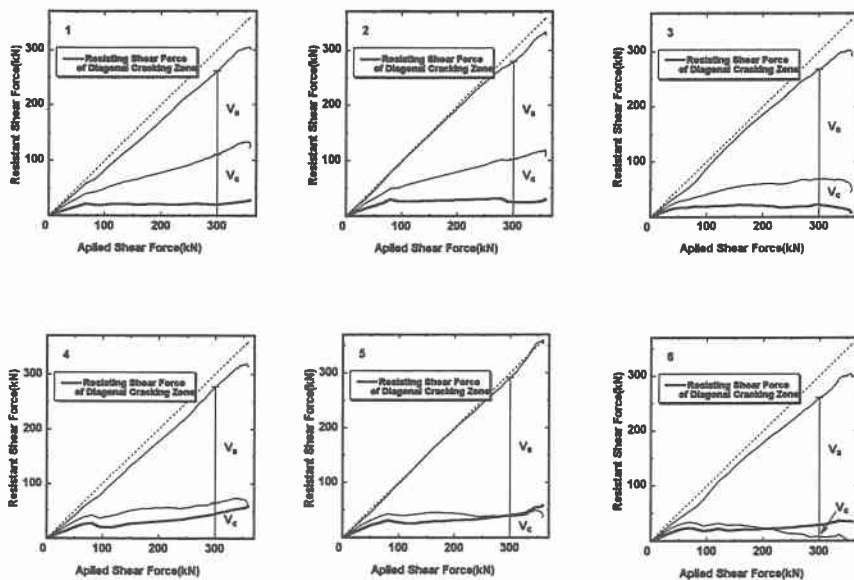


図 5(b) せん断力の分担 (オープンサンドイッチ)

#### 4.3 せん断耐荷モデルの決定

本研究では次のようにサンドイッチコンクリートはりのせん断耐荷モデルを提案する。部材に作用するせん断力はコンクリートの受け持つせん断力と鋼材の受け持つせん断力の和で表され、抵抗断面はコンクリートと鋼材と同様にする。また抵抗断面には、圧縮領域、水平領域、斜めひび割れ域を設ける。圧縮領域はコンクリートが圧縮軟化する断面を有し、はり上部より中立軸位置までとする。水平領域は中立軸位置より部材軸方向に水平な直線と、圧縮域上部と始点とを結ぶ直線との交点までとし、その交点より発生する斜めひび割れに沿う断面を斜めひび割れ域とする。

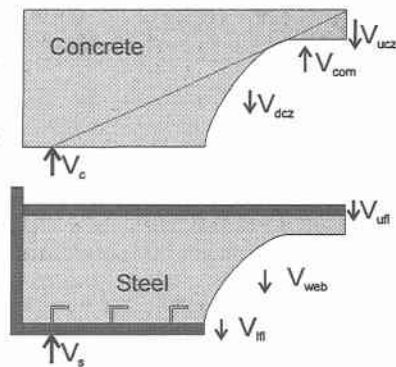


図 6 せん断耐荷モデル

#### 5. まとめ

- 1) ボックスサンドイッチはりとはオープンサンドイッチはりは、統一されたせん断耐荷モデルで表すことが可能である。
- 2) 耐荷モデルの抵抗断面においてせん断力の卓越する斜めひび割れ領域はボックスサンドイッチとオープンサンドイッチでほぼ同じ経路をとることが確認された。

参考文献 1) 浅沼 芳雄：鋼コンクリートサンドイッチ構造はりのせん断耐力に関する研究

北海道大学修士論文 1995 年 3 月

- 2) 佐藤 靖彦：せん断補強筋を有する連続繊維補強コンクリートはりのせん断耐力の定量的評価 土木学会論文集 No.520/V-28,p157-169 1995 年 8 月

- 3) ナレス パタラトーン：鉄筋コンクリートはり部材におけるせん断抵抗機構の有限要素解析 東京大学博士論文 1991 年 3 月

- 4) 中井 勝彦：T 型ウェブを有するオープンサンドイッチ構造はりのせん断耐力に関する研究 北海道大学修士論文 1996 年 3 月