

大阪大学大学院 学生員 福井 次郎
 大阪大学工学部 正員 前田 幸雄
 大阪大学工学部 正員 梶川 靖治

1. まえがき 鋼・コンクリート合成げたにおいては、ずれ止めによって床版と鋼げたとが結合されているため、コンクリートの乾燥収縮およびクリープ、あるいは床版と鋼げたとの温度差などによる特有の応力が生ずる。これらの解析方法としては従来より、Sattler、橋、安宅などの解法があるが、いずれも剛合成理論に基いており、けた端部に生ずる水平せん断力の集中現象を明らかにすることはできない。このため著者らは鋼・コンクリート間のずれを考慮した有限差分法による数値解析を行ない、連続合成げたにおける水平せん断力の分布性状などを明らかにしようとした。

2. 解析方法 けたを橋軸方向に n 等分した分割区間ににおいて軸力に関する基礎方程式を誘導し、これをけた全体について組み立てて解析を行なう。解析上の主な仮定は、1) 分割区間内の橋軸方向のひずみ分布は一定とする。2) 床版と鋼げたの曲率は等しい。3) ずれ止めは各分割区間の両節点に集中しているものとする。4) ずれ止め 1 本当りの荷重-ずれ関係は線形とする。なお、乾燥収縮と温度差とでは解析仮定に以下の相違がある。乾燥収縮の場合、鉄筋は収縮をおこさないので床版断面をコンクリート断面と鉄筋断面とに分離して考える、クリープの影響を考慮しコンクリートには仮想ヤング係数 E_{cp} を用いる、無筋コンクリートに自由収縮ひずみ ε_{so} ($= 2.5 \times 10^{-4}$) が生ずる。温度差の場合、鉄筋はコンクリートと共に伸縮するので床版は一体断面と考える、クリープの影響は考慮しない、床版に $\alpha \cdot \Delta t$ のひずみが生ずる。ここに α ($= 1.2 \times 10^{-4}$) : コンクリート(鋼)の線膨張係数、 Δt (=10deg) : 床版と鋼げたとの温度差。

いま図-1 に示すように第 i 分割区間において乾燥収縮後の状態について考えると以下の式が成り立つ。

$$N_{c,i} + N_{s,i} + N_{r,i} = 0 \quad (\text{引張を正})$$

$$M_{c,i} + M_{s,i} + M_{r,i} + N_{s,i} \cdot d = M_{x,i}$$

$$\text{ここで } M_{x,i} = \begin{cases} \text{不静定モーメント(連続げた)} & M_{ri} \\ 0 & (\text{単純げた}) \end{cases}$$

$$\varepsilon_{so} - \frac{N_{c,i}}{E_{cp} \cdot A_c} + \frac{N_{s,i}}{E_s \cdot A_s} - \frac{M_{s,i} \cdot d}{E_s \cdot I_s} = \frac{S_i - S_{i-1}}{dL}$$

$$\phi_i = \frac{M_{c,i}}{E_{cp} \cdot I_c} = \frac{M_{s,i}}{E_s \cdot I_s} = \frac{M_{ri}}{E_r \cdot I_r} = \frac{M_{x,i} - N_{s,i} \cdot d}{\sum E I}$$

$$\varepsilon_{so} = \frac{N_{c,i}}{E_{cp} \cdot A_c} - \frac{N_{r,i}}{E_r \cdot A_r}, \quad S_i = \frac{N_{s,i+1} - N_{s,i}}{n_s \cdot K}$$

ここで n_s : 第 i 節点にあるずれ止め本数

K : ずれ止め 1 本当りのずれ定数

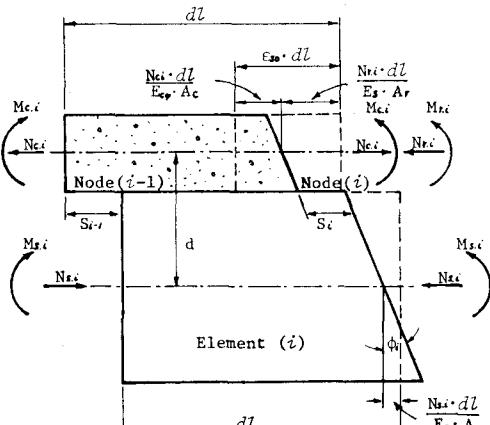


図-1 解析モデル

以上の式より、鋼げたに作用する軸力 N_s に関する基礎方程式を得る。

$$\frac{N_{s,i+1}}{n_s \cdot K \cdot dL} - \left[\frac{1}{n_s \cdot K \cdot dL} + \frac{1}{n_s \cdot K \cdot dL} + \frac{1}{E_{cp} \cdot A_c + E_s \cdot A_s} + \frac{1}{E_s \cdot A_s} + \frac{d^2}{\Sigma EI} \right] \cdot N_{s,i} + \frac{N_{s,i-1}}{n_s \cdot K \cdot dL} = \frac{\varepsilon_{so} \cdot A_c}{A_c + n_s \cdot A_r} - \frac{M_{x,i} \cdot d}{\Sigma EI}$$

ここで $n_s = \frac{E_s}{E_{cp}}$

温度差の場合の基礎方程式は、上に述べた相違点を考慮して上式を修正すれば得ることができる。

3. 他の解析方法との比較 図-2 に示す変断面連続合成げた(友淵橋)について、本解法および種々の解法による乾燥収縮応力の計算結果を表-1 に示す。本解法による各応力値は、他の結果とよく一致しており、本解法が妥当なものであることがわかる。

4. 計算例 図-3に示す断面を有する2径間連続合成

けた(片側支間 750cm)のモデルについて、乾燥収縮応力および温度差応力を計算した。なお、ずれ止め配置は図-4に示す3種類(N0, N5, N10)に変化させた。

図-5に乾燥収縮による水平せん断力分布および軸力分布を示す。水平せん断力はずれ止めを全長に配置したN0

ではけた端部に集中現象が見られるが、他の区間はほぼ等分布となっている。これに対し中間支点付近のずれ止めを取り除いたN5, N10では合成・非合成境界部にも集中現象が見られる。しかし、非合成区間を設けることによるけた端部の水平せん断力への影響はほとんどない。軸力分布はN0では、けた端部を除く他の区間で中間支点に向ってほぼ直線的に増加している。非合成区間を設けた場合、水平せん断力分布の場合と同じように合成・非合成境界部付近に差が見られるが、けた端部への影響はほとんどない。なお、図中の破線は剛合成理論で計算した軸力分布であり、本解法による軸力分布がずれの影響により剛合成理論による軸力分布より若干低いのがよくわかる。

温度差応力においては、床版が鋼けたに対して高温の場合は床版に圧縮力が作用するためコンクリートは全長にわたって有効と考えられる。しかし、逆に鋼けたが床版に対して高温の場合は床版に引張力が作用するため、負モーメント域の床版ではコンクリートを無視して鉄筋のみで抵抗すると考えられる。そこで図-6にN0において鋼けたが床版に対して10deg高温の場合の水平せん断力分布を、コンクリートを全長にわたって有効とした場合(実線)、および負モーメント域のコンクリートを無視した場合(破線)について示す。コンクリートを有効とした場合は当然のことながら乾燥収縮の場合と相似な分布性状を示すが、コンクリートを無視した場合は合成・非合成境界部付近に他の区間とは逆方向のせん断力が集中することがわかる。これは正モーメント域のコンクリートが温度差のため鋼けたに対して収縮し、境界部付近の鉄筋をけた端方向に引張るからである。けた端部の水平せん断力はいずれの場合もほとんど差がない。

表-1 乾燥収縮応力の比較

SECTION	AUTHOR	SATTLER	$n(1+\phi)$	TACHIBANA	YASUMI
A	σ_{cu}	5.9	5.7	6.0	5.4
	σ_{ct}	6.8	6.4	6.9	6.9
	σ_{su}	-166	-165	-163	-129
	σ_{st}	-53	-45	-40	-61
B	σ_{cu}	12.5	11.6	12.8	10.1
	σ_{ct}	11.2	10.1	11.1	10.1
	σ_{su}	-84	-86	-77	-5
	σ_{st}	-250	-255	-213	-281

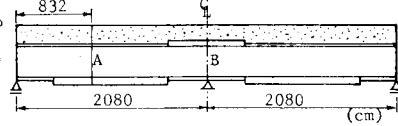


図-2 変断面連続合成けた

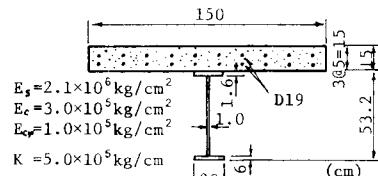


図-3 計算断面

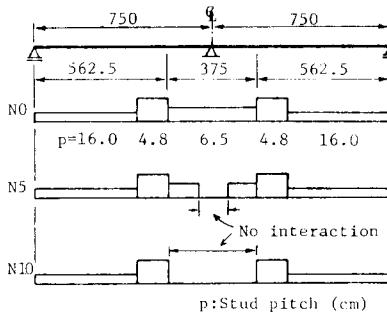


図-4 ずれ止め配置

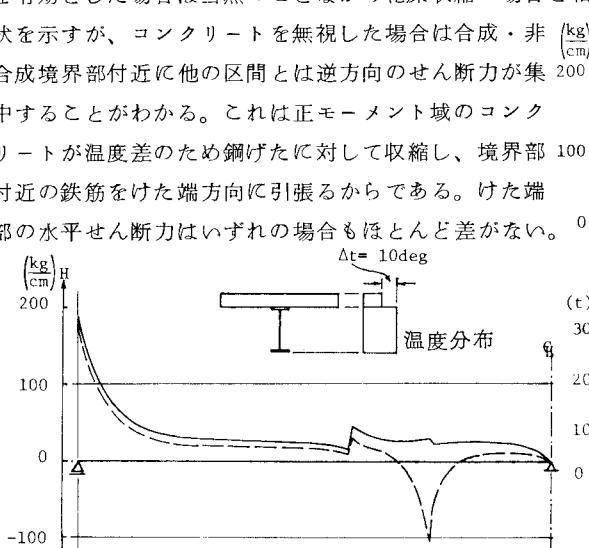


図-6 温度差応力性状(水平せん断力分布)

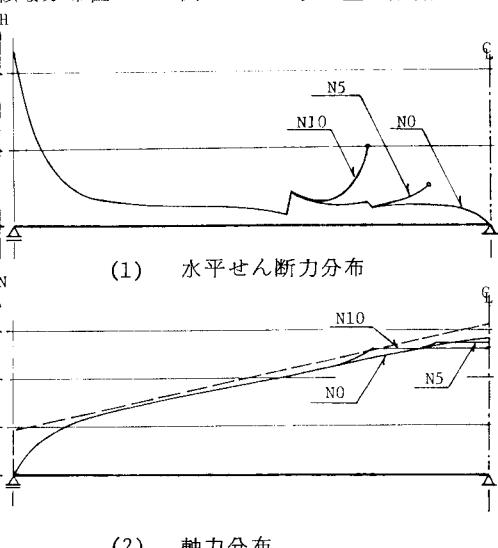


図-5 乾燥収縮応力性状

[参考文献] 1) 橋、連続合成けた橋、理工図書

2) 前田、梶川、福井、昭和54年度関西支部年次講演会概要集、I-37