

CS 98 ずれ止めの非線形性を考慮した鋼板・コンクリート合成スラブの解析

大 阪 府 正員○川合 卓爾 大阪工業大学 正員 堀川都志雄
 大阪市立大学 正員 園田恵一郎 大阪市立大学 正員 鬼頭 宏明

1. はしがき 鋼板に溶植されたスタッドジベルをずれ止めに用いる合成床版として、Robinsonスラブが挙げられる。園田らはこの床版の挙動を調べるために、スタッドジベルの主筋方向と配力筋方向の間隔 λ_x と λ_y を変数としたパラメータ解析を行って、スタッドに働くせん断力（以下、スタッド力という）を算定し、スタッド力の最大値を求める予測式を提案している¹⁾。この解析手法では、応力集中が予想されるスタッド溶植部の近傍での、変形や応力状態を把握するために、厚板理論が採用されており、またずれ止めの配置に支配される構造特性の影響を考慮する目的で、選点法が併用されている。したがって、鋼板とコンクリートは離散的な位置で接合されている。しかしながら、スタッドの変形に起因する相対ずれ量とスタッド力の関係は、線形であるとの制約が課せられていた。一方、J.W.Fisherらは押し抜きせん断試験の結果より、ずれ量とスタッド力に関する実験式を提案した²⁾。合成床版はRC床版と同様直接輪荷重を担い、車輛のもたらす反復作用によって疲労の影響を受けるため、鋼板とコンクリート間で発生するずれ量は、非線形な挙動を呈すると推測される。

本研究では、①ずれ量とスタッド力の関係に、非線形性を示す式を導入することにより、上記の解析手法を改良し、ずれ止めが非線形な性状を表すRobinsonスラブのスタッド力、床版のたわみや鋼板のひずみなどを算定する。②非線形性の有無によって、スタッド力がどのように変化するかを明らかにする。また、③Robinsonスラブの実験モデルを製作し、大型輪荷重装置下での走行繰返し実験を実施する。スタッド近傍の鋼板下面のひずみ分布に着目し、本解析による計算結果と走行実験の結果とを比較する。

2. ずれ止めの非線形性を考慮した解析、および走行実験の概要

文献1)と同様のスタッド力に関する連立方程式に、非線形なずれ量を考慮することで、次式が得られる。

$$A \cdot x = B + \Delta u \quad (1)$$

ここで、 A : 鋼板とコンクリートからなる柔性行列、
 X : スタッド力を表すベクトル、
 B : 外荷重によるベクトル、
 Δu : ずれ量を表すベクトル

本計算に用いるずれ量とスタッド力の関係では、Fisherらによる提案式が採用されている。

図-1の実験床版で用いられたスタッドジベルの配置を図-2に示す。φ13x80の頭付きスタッドが主筋方向に15cm、配力筋方向に19.4cmの間隔で、厚さ6mmの鋼板に溶植されている。コンクリートの上部には圧縮鉄筋が配筋されており（芯かぶり：3cm）、その版厚は10cmである。

鋼板とコンクリートのヤング率は、それぞれ 210×10^4 と $21.5 \times 10^4 \text{ kgf/cm}^2$ で、ポアソン比は0.3と0.16であった。

走行実験で使用された輪荷重の大きさは、11tfである。なお、スタッドの面積を等価な正方形に置換している。

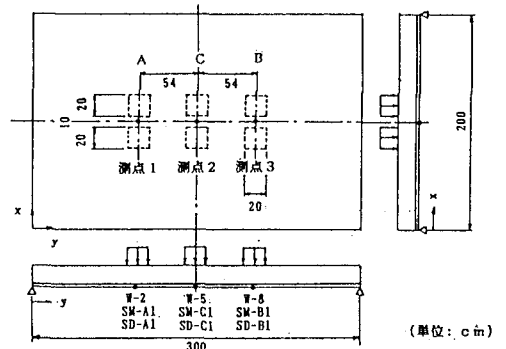


図-1 載荷および測定位置

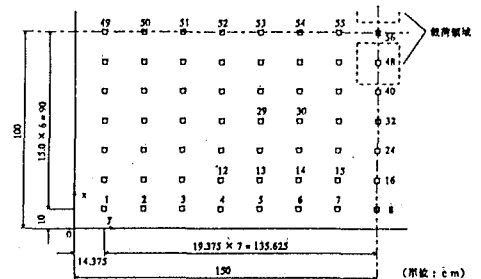


図-2 スタッドの配置

一方、非線形解析での代表的な解法には、①ニュートン法、②代入法、および③修正ニュートン・ラプソン法、の3つが挙げられる。例えば、床版の中央点に輪荷重が作用する場合の各非線形解析法の収束状況を表-1に示す。表-1の結果より、以下の解析では①の方法を採用する。

ずれ量の有無によるスタッド力の分布を調べると、図-3のように得られた。ずれが有る場合の最大値は約76%程度低下し、分布形状はほぼ一様となる。

表-1 収束状況の比較

i	ニュートン・ラプソン法	代入法	修正ニュートン法
1	-0.413E-01	-0.413E-01	-0.413E-01
2	-0.252E-04	-0.252E-04	-0.114E-02
3	-0.104E-08	0.158E-06	0.360E-03
4	-0.937E-16	-0.120E-08	-0.138E-03
5		0.955E-11	0.606E-04
6		-0.866E-13	-0.288E-04
7		0.775E-15	0.143E-04
8		0.763E-16	-0.722E-05
:			:
51			-0.520E-15
52			0.311E-15
53			-0.192E-15

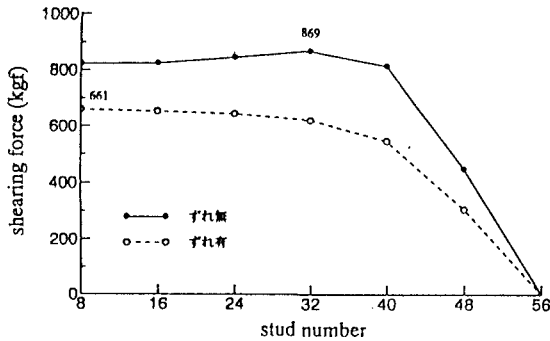


図-3 ずれの有無によるスタッド力の比較

スタッド番号12~15までの間の鋼板下面に添付したひずみゲージの測定値と計算値との比較を図-4に示す。ずれ有りとした計算値は、ずれ無しの場合の値よりも小さいが、スタッド溶着部の中心での値を除いて、両者ともほぼ測定結果と一致していた。

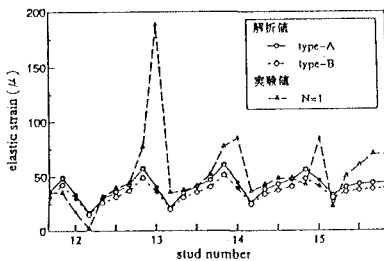


図-4 スタッド近傍のひずみ分布

表-2 コンクリートのヤング率とずれの有無による区分

Type	ヤング率(kgf/cm ²)	ずれの有無
A	21.5×10^4	×
B	21.5×10^4	○
C	14.0×10^4	×
D	14.0×10^4	○

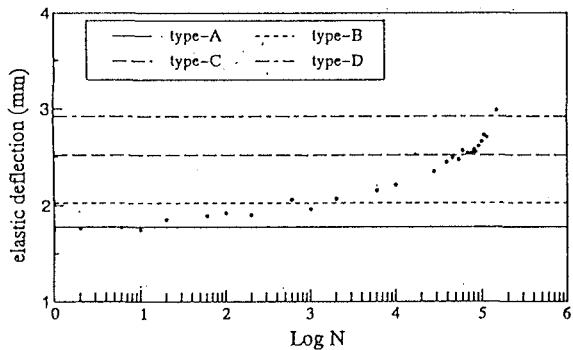


図-5 走行回数と弾性たわみの関係

つぎに、輪荷重の走行回数との関係を調べる。コンクリートのヤング率の低減により、床版の見掛け上の剛性を低下させると、表-2に示す4つの場合が想定される。図-5は床版中央点での弾性たわみの経時変化を表している。初期載荷時での測定値とType-Aの計算値とはよく一致しており、走行回数の増加につれてたわみも増大し、ほぼ 15×10^4 回でType-Dの値に達している。

3. あとがき ずれ有りのスタッド力の最大値は、ずれ無しの場合に比べて約76%程度低下していた。

参考文献

- 園田, 堀川, 鬼頭, 木曾: 鋼板・コンクリート合成床版のスタッドに働くせん断力と押し抜きせん断耐力, 土木学会論文集, 第404号/I-11, pp.249-258, 1989年4月。
- Ollgaard, J.G., Slutter, R.G. and Fisher, J.W.: Shear strength of stud connectors in light-weight and normal-weight concrete, AISC Eng. Jour., No.5, pp.55-64, 1971.