

組立式軽量床版の実施設計に関する研究

塚 越 勇*, 武 田 良 春*

Practical Design of Light Knock-down Composite Slabs

Isamu TSUKAGOSHI* and Yoshiharu TAKEDA*

(Received September 20, 1968)

One of the most important thing in designing multi-storied building is to reduce the dead weight of the building structure. And the most effective object in ordinary multistoried building is to lighten the weight of the slab.

This is a report on a practical design of light knock-down composite slabs composed of folded steel plates and precast concrete plates which are connected by steel bolt connectors in order to resist the shearing force.

If this slab is used in a construction site, it is not necessary to set up any scaffolding for erecting this slab.

And a little mortar paste is sufficient to fill the holes between bolt connectors and precast concrete plates.

Allowable span length of this slab is obtained by the stress of the precast concrete, vertical displacement of the slab, and strength of steel bolt connectors which is acquired by experiments using full size models.

§1. 研究目的

本研究は、建築物の床版の軽量化、施工性の向上、及びスパンの増大をはかり、あわせて構造物全体の経済性の追求を組立式折版を用いて行なったものである。

§2. 予 論

建築物の軽量化に於てこれらの総重量の大半を占める床版に着目するのは当然なことであり、従来も多数の人々によって研究がなされた。これらの研究の結果として今日、普通用いられている鋼製床版（デッキ・プレート等）は構造物の面で多大の役割をはたしている。

しかし、この鋼製床版においては、上部に打設されるコンクリート（又はモルタル）は死荷重として考えられ本来の目的に反している。

我々は、鋼板とコンクリートを一体化した合成断面を考え、両者の協働により有効な断面性能を有するものを設計することを試みた。

§3. 材料、構造、構法（図は別紙青図参照）

（Ⅰ）材 料

折版 $t=1.6\text{mm}$

プレキャストコンクリート版

（Ⅱ）構 造

折版の上にプレキャストコンクリート版を設置し、ジベル用ボルト部分に、コンクリートを打設し、合成梁を形成する。

（Ⅲ）構 法

折版を梁の上に並べて設置し、その上にプレキャストコンクリート版を並べその後にジベル部分にコンクリートを打設する。

§4. 設計用假定荷重

本床版構成部材の設計用假定荷重として、次の組合せが考えられる。

折 版

施 工 時……………死荷重 $+50\text{kg/m}^2$

死荷重合成……………死荷重 $+活荷重$

活荷重合成……………活荷重

非 合 成……………死荷重 $+活荷重$

*本学建築学科 (Department of Architecture)

コンクリート

死荷重合成……………死荷重+活荷重

活荷重合成……………活荷重

ジ ベ ル

死荷重合成……………死荷重+活荷重

活荷重合成……………活荷重

上記荷重は次の仮定をもって成立するものとする。

死 荷 重

コンクリート tcm 24t kg/m²

折 版 35 //

天 井 30 //

合計 (65+24t) kg/m²

活荷重……………300kg/m²

よって

$$\begin{aligned} \text{死荷重+活荷重} &= (24t+365) \text{ kg/m}^2 \\ &= (7.2t+110) \text{ kg/m/0.3m} \\ &\dots\dots\dots(4-1) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{活荷重} &= 300 \text{ kg/m}^2 \\ &= 90 \text{ kg/m/0.3m} \dots\dots\dots(4-2) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{死荷重+50kg/m}^2 &= (24t+115) \text{ kg/m}^2 \\ &= (7.2t+34.5) \text{ kg/m/0.3m} \\ &\dots\dots\dots(4-3) \end{aligned}$$

(4-1)表は上記各荷重の各種コンクリート厚における値を示す。

(4-1) 各種コンクリート厚における設計用仮定荷重 (kg/m/0.3m)

t	施 工 時	死荷重合成	活荷重合成	非 合 成
4	63.3	139	90	139
5	70.5	146	〃	146
6	77.7	153	〃	153
7	84.55	160	〃	160
8	92	168	〃	168
9	99.5	175	〃	175

§5. 各種コンクリート厚における許容張間(その1)

(両端単純支持梁としての応力より)

$f_b = 60, 70, 80 \text{ kg/cm}^2 \sim$ コンクリート

圧縮許容応力度……………(5-1)

$f_{st} = 1400 \text{ kg/cm}^2 \sim$ 折版許容応力度……………(5-2)

$z_b = \frac{I_i}{[y_i]_b} \text{ cm}^3 \sim$ 合成梁におけるコンクリート側

断面係数……………(5-3)

$z_{st} = \frac{I_i}{[y_i]_{st}} \text{ cm}^3 \sim$ 合成梁における折版側

断面係数……………(5-4)

$z_{st} = 36.67 \text{ cm}^3 \sim$ 非合成梁における折版

断面係数……………(5-5)

合成梁においては

$$[y_i]_{st} = a_{st} + s_{st}$$

$$[y_i]_b = a_b + \frac{t}{2}$$

$$s_{st} = (h_{st} + t) - \left(a_b + \frac{t}{2}\right)$$

$$= \left(h_{st} - a_b + \frac{t}{2}\right)$$

$$a_b = \frac{2.28(20.2+t)}{4.56+t}$$

よって

$$[y_i]_{st} = \left[(17.3+t) - [y_i]_b\right] \text{ cm} \dots\dots\dots(5-6)$$

$$[y_i]_b = \left(\frac{2.28(20.2+t)}{4.59+t} + \frac{t}{2}\right) \text{ cm} \dots\dots\dots(5-7)$$

又, 合成梁の断面二次モーメントは

$$I_i = 370.3 + \frac{t^3}{6} + \frac{2.28t + (20.2+t)^2}{4.56+t} \dots\dots\dots(5-8)$$

単純支持梁における曲げモーメントは

$$M_o = \frac{wl^2}{8} \dots\dots\dots(5-9)$$

応力は次式により与えられる

$$\sigma_{st} = \frac{M_o}{z_{st}} \quad \sigma_b = \frac{M_o}{n \cdot z_b} \dots\dots\dots(5-10)$$

上記 (5-9) において, 荷重 w は, (4-1), (4-2), (4-3) で与えられ, 断面係数 z は各々 (5-3), (5-4) (5-5) で与えられる。

次にコンクリート, 折版, 各々が与える許容張間は (5-9), (5-10), (4-1) 表より, 次の各式で表わされる。

$$l_b = \left(\frac{f_b \cdot 8 \cdot z_a \cdot 100 \cdot 15}{W}\right)^{\frac{1}{2}} \sim \text{コンクリート強度によ}$$

り決まる合成梁の許容梁間……………(5-11)

$$l_{st} = \left(\frac{1400 \cdot 8 \cdot z_{st}}{W}\right)^{\frac{1}{2}} \sim \text{折版強度により決まる合成}$$

梁の許容梁間……………(5-12)

(5-11), (5-12) より許容張間はコンクリートの圧縮強度により決まる。

又, (5-7) よりコンクリートに引張応力が生じないコンクリートの厚さの限界は約 9cm である。

次の各表に上記各式の数値計算結果を示す。

(5-1) 応 力 (死 荷 重 合 成)

t cm	I_i cm ⁴	$[y_i]_i$ cm	$[y_i]_{st}$ cm	z_0 cm ³	z_{st} cm ³	$l_i(f_b=60)$ m	$l_f(f_b=70)$ m	$l_f(f_b=80)$ m
4	1004.9	8.45	12.85	118.92	78.20	7.85	8.5	9.1
5	1148.4	8.56	13.94	134.50	81.99	8.2	8.9	9.5
6	1307.8	8.66	14.64	151.02	89.33	8.4	9.1	9.75
7	1448.9	8.87	15.43	163.34	93.90	8.55	9.25	9.85
8	1604.4	9.12	16.18	175.92	99.16	8.6	9.3	9.95
9	1770.3	9.41	16.56	188.10	111.41	8.75	9.5	10.2

(5-2) 応 力 (活 荷 重 合 成)

t cm	w kg/m/0.3m	$l_f(f_b=60)$ m	$l_f(f_b=70)$ m	$l_f(f_b=80)$ m	$\sqrt{(2t+1/1090)}$
4	90	9.75	10.6	11.3	1.24
5	90	10.5	11.5	12.2	1.28
6	90	11.0	11.8	12.7	1.30
7	90	11.5	12.4	13.2	1.34
8	98	11.8	12.7	13.6	1.37
9	90	12.2	13.2	14.2	1.39

(5-3) 応 力 (非合成)

t cm	z_{st} cm ³	w kg/m/0.3m	l_f m
4	36.67	139	5.40
5	36.67	146	5.30
6	36.67	153	5.20
7	36.67	160	5.08
8	36.67	168	4.94
9	36.67	175	4.85

(5-4) 応 力 (非合成施工時)

t cm	z_{st} cm ³ w	kg/m/0.3m l_f m	t cm
4	36.67	63.5	38.0
5	36.67	70.5	7.65
6	36.67	77.7	7.35
7	36.67	84.55	6.95
8	36.67	92.0	6.7
9	36.67	99.5	6.4

§ 6. 各種コンクリート厚における許容張間

(その 2)

(両端単純支持梁としてのたわみより)

等分布荷重を受ける単純梁のたわみは次式で与えられる。

$$\delta = \frac{5 \times w l_f^4}{384 \times E I} \dots \dots \dots (4-1)$$

合成梁においては、 $I = I_i$ であり、

$$E = 2.1 \times 10^4 \text{ kg/cm}^2$$

許容たわみ量を l/N とすれば、許容張間 l_f は次式で与えられる。

$$l_f = \left(\frac{384 \cdot E I_i}{5 \times N \times W} \right)^{\frac{1}{3}}$$

$$= \left(\frac{384 \cdot E}{5 \times N} \right)^{\frac{1}{3}} \times \left(\frac{I_i}{W} \right)^{\frac{1}{3}} \dots \dots \dots (6-2)$$

ここに、 W は § 4 で与えられたものである。

次の各表に上記各式の数値計算結果を示す。

(6-1) た わ み (死荷重合成)

	I_i cm ⁴	$l_f(N=300)$ m	$l_f(N=400)$ m	$l_f(N=500)$ m	w kg/m/0.3m
4	1004.9	735	6.68	6.40	139
5	1148.4	7.5	6.85	6.35	146
6	1307.8	7.75	7.05	6.53	153
7	1448.9	7.95	7.23	6.68	160
8	1604.4	8.05	7.30	6.75	168
9	1770.3	8.18	7.42	6.87	175

(6-2) た わ み (活荷重合成)

t cm	w kg/m/0.3m	$l_f(N=300)$ m	$l_f(N=400)$ m	$l_f(N=500)$ m	$\sqrt[3]{7.2t+110/90}$
4	90	7.95	7.25	6.90	1.08
5	90	8.90	8.10	7.45	1.17
6	90	9.25	8.40	7.80	1.19
7	90	9.65	8.80	8.10	1.21
8	90	9.90	9.00	8.30	1.23
9	90	10.20	9.25	8.60	1.25

§ 7. 各種コンクリート厚における許容梁間

(その 3)

(ジベルの耐力より)

合成梁において、ジベルが負担すべきせん断力 (折版とコンクリートの間に生ずるせん断力) は次式で与えられる。

$$\begin{aligned}
 T &= \frac{a_b \cdot F_b}{n \cdot I_i} \cdot Q \\
 &= \frac{2.28(20.2+t)}{4.56+t} \cdot \frac{30t}{15I_i} \cdot Q \\
 &= \frac{2.28(20.2+t)}{4.56+t} \cdot \frac{2t}{I_i} \cdot Q \dots\dots\dots(7-1)
 \end{aligned}$$

ここに Q は合成梁に生ずる外せん断力 で次式で与えられる。

$$Q_x = \frac{Wl}{2} - Wx \dots\dots\dots(7-2)$$

$$Q_{max} = \frac{Wl}{2} \dots\dots\dots(7-3)$$

実験結果よりジベル耐力 Q_b は無補強の場合

.....900kg/本

補強した場合.....1400kg/本

と与えられているので、各種荷重時、各種安全率 γ における許容張間を次の表で示す。

ここに $\alpha 30 \times T$ (ジベル用ボルト間隔=30cm)

(7-1) ジベル耐力 (死荷重合成) 無補強

t cm	Q_b kg本	T kg/cm	α	$l_f(\gamma=1)$ m	$l_f(\gamma=2)$ m	$l_f(\gamma=2.5)$ m	$l_f(\gamma=3)$ m
4	900	0.032 ℓ	0.96 ℓ	9.4m	4.7m	3.3m	2.75m
5	900	0.0385	1.15	7.85	3.9	3.15	2.62
6	900	0.04	1.2	7.5	3.75	3.0	2.5
7	900	0.042	1.26	7.15	3.56	2.85	2.37
8	900	0.043	1.29	7.0	3.5	2.8	2.33
9	900	0.044	1.32	6.8	3.4	2.75	2.28

(7-2) ジベル耐力 (死荷重合成) 補強有り

t cm	Q_b kg 本	T kg cm/l	$l_f(\gamma=1)$ m	$l_f(\gamma=2)$ m	$l_f(\gamma=2.5)$ m	$l_f(\gamma=3)$ m
4	1400	0.032 ℓ	12.6	6.3	5.3	4.22
5	1400	0.0385	12.2	6.1	4.9	4.07
6	1400	0.04	11.7	5.85	4.65	3.9
7	1400	0.042	11.05	5.55	4.45	3.7
8	1400	0.043	10.9	5.45	4.35	3.61
9	1400	0.044	10.6	5.3	4.3	3.56

(7-3) ジベル耐力 (活荷重合成) 無補強

t cm	Q_b kg 本	T kg/cm	α	$l_f(\gamma=1)$ m	$l_f(\gamma=2)$ m	$l_f(\gamma=2.5)$ m	$l_f(\gamma=3)$ m
4	900	0.02360 ℓ	0.712 ℓ	12.8	6.4	5.15	4.3
5	900	0.02355	0.710	12.8	6.4	5.15	4.3
6	900	0.02353	0.705	12.8	6.4	5.15	4.3
7	900	0.0233264	0.705	12.8	6.4	5.15	4.3
8	900	0.0229781	0.705	12.8	6.4	5.15	4.3
9	900	0.022464	0.705	12.8	6.4	5.15	4.3

(7-4) ジベル耐力 (活荷重合成) 補強有

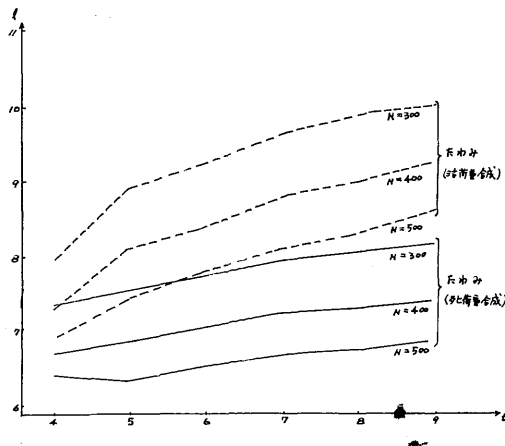
t cm	Q_b kg 本	α	$l_f(\gamma=1)$ m	$l_f(\gamma=2)$ m	$l_f(\gamma=2.5)$ m	$l_f(\gamma=3)$ m
4	1400	0.71 ℓ	20	10	8	6.7
5	1400	0.71	20	10	8	6.7
6	1400	0.71	20	10	8	6.7
7	1400	0.71	20	10	8	6.7
8	1400	0.71	20	10	8	6.7
1	9400	0.71	20	10	8	6.7

§ 8. 総合的判断による実用可能な張間の決定

前述の通り張間の決定に関しては種々の要素が考えられ、我々は最も不利な状態においても構造物の安全性を確保しなければならず、施工性の面からもその向上を考えねばならない。

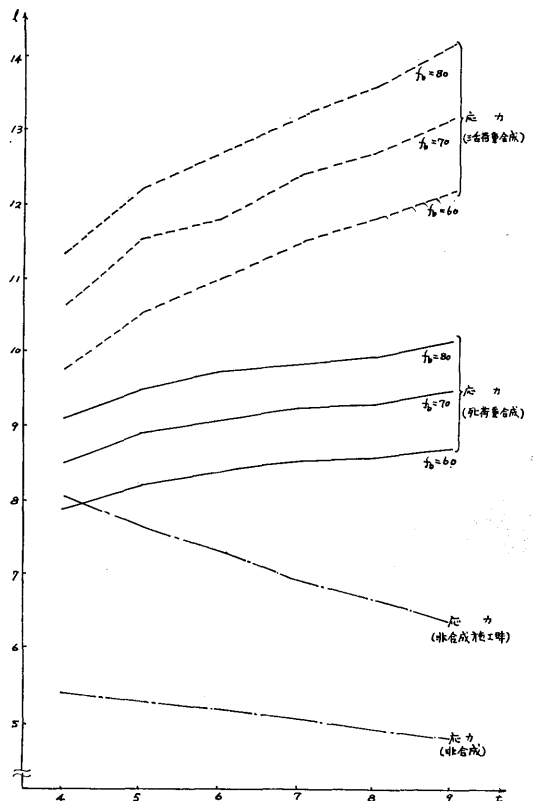
構造物の安全性から考えれば応力における非合成断面により許容張間が決定されるが、これでは我々の目的からはずれたものとなる。

我々は以上のことからジベル耐力より活荷重合成で補強有り安全率 3 の場合で許容張間を $l_f=6.7$ m とし、コンクリート版の厚さも軽量化を考え、4~7cm とすることを提案したい。

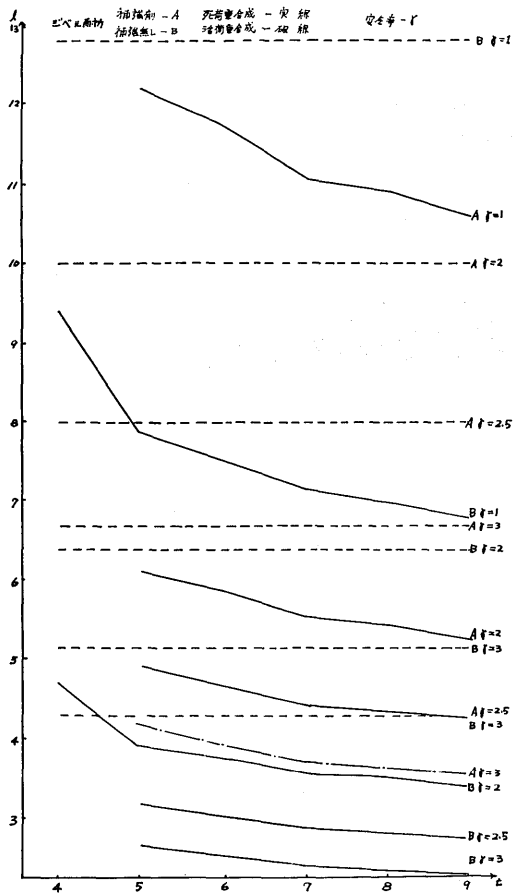


第 1 図

次の各グラフで前述の数値計算の傾向が良く解る。



第 2 図



第3図