

初学者教育のためのデッキプレート床構造設計支援システム開発 (その3 デッキ構造スラブの設計解と性能評価)

準会員○村田 遼^{*1}, 同 増本 翔^{*1}, 正会員 澤原朝美^{*2}
正会員 原田幸一^{*3}, 同 山成 實^{*4}

2. 構造-10. 鉄骨構造 建築構造 鋼構造, 建築構造設計, 教育支援システム

1. はじめに

本報告は, 3種類のデッキプレート床構造の構造形式の中で, デッキ構造スラブの設計解と性能評価について述べる。

2. デッキ構造スラブ

デッキ構造スラブは, デッキプレートとコンクリートの自重, 床の積載荷重や仕上材などの全荷重をデッキプレートのみで支える床構造である(図1)。そのため, コンクリート床版の設計は必要なく, 複雑な設計過程が省かれる。また, 軽量であり, 施工が容易なことから, 小規模な鋼構造物に使用される。

3. デッキ構造スラブの設計例

3.1 設計対象床組の概要

ここで扱う床組は, 大梁4辺で囲まれた床組に小梁をY方向に1本配置したものである。設計に必要な入力情報は平面寸法や荷重, 材料情報等があり, 設計例として床組の入力情報を表1に示す。また, 制約条件として曲げ応力度検定比を0.5~1.0の範囲内とした。

3.2 設計結果

入力情報を入力後, 断面算定を行い, 設計可能空間を抽出する^[1]。その結果, 表2に示す16個の設計候補解が得られた。この際, 図2のような設計評価をもつ複数のグラフも同時に出力され, 設計者は設計解を多

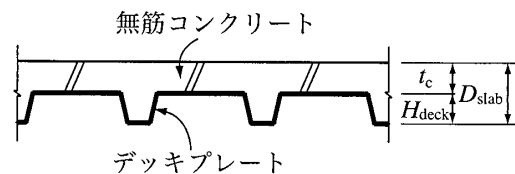


図1 デッキ構造スラブ

表1 設計対象床組の入力情報

大梁によって囲まれた床組の平面寸法	X方向のスパン長	L_x (m)	3.6	
	Y方向のスパン長	L_y (m)	3.6	
鉄骨小梁の本数		N_y (本)	1	
荷重	(完成時)積載荷重	L_{L1} (N/m ²)	2900	
	(施工時)積載荷重	L_{L2} (N/m ²)	1470	
	仕上荷重	L_F (N/m ²)	700	
材料情報	デッキプレート	ヤング係数	E_s (N/mm ²)	205000
		短期許容応力度	f_t (N/mm ²)	235
	コンクリート	設計基準強度	F_c (N/mm ²)	18
		厚さ	t_c (mm)	60, 120, 180

表2 設計候補解一覧

No.	デッキプレートの呼び名	H (mm)	t_c (mm)	D_{slab} (mm)	W_{slab} (kN/m ²)	施工時		完成時		f (Hz)	
						曲げ検定比	たわみ (mm)	正曲げ検定比	負曲げ検定比		たわみ (mm)
1	ALG12	60	60	120	2.91	0.21	1.06	0.29	0.50	1.68	16.9
2	ALK12	75	180	255	5.81	0.29	1.25	0.35	0.58	1.65	15.7
3	ALN10	75	60	135	3.05	0.24	0.84	0.33	0.57	1.31	19.0
4	ALN10	75	120	195	4.49	0.34	1.16	0.41	0.71	1.63	16.3
5	ALN12	75	120	195	4.51	0.26	0.97	0.31	0.54	1.37	17.8
6	ALN12	75	180	255	5.95	0.33	1.24	0.37	0.64	1.63	15.8
7	BLC12	75	180	255	5.81	0.30	1.26	0.35	0.59	1.66	15.7
8	BLD10	75	60	135	3.05	0.25	0.85	0.33	0.57	1.32	18.9
9	BLD10	75	120	195	4.49	0.34	1.16	0.41	0.71	1.64	16.3
10	BLD12	75	120	195	4.51	0.26	0.98	0.31	0.54	1.38	17.7
11	BLD12	75	180	255	5.95	0.33	1.25	0.37	0.65	1.64	15.8
12	EZ75-12	75	180	255	6.02	0.28	1.35	0.31	0.55	1.77	15.2
13	MA75-12	75	180	255	6.04	0.27	1.30	0.29	0.52	1.71	15.4
14	QL99-75-12	75	120	195	4.60	0.25	1.06	0.30	0.53	1.48	17.1
15	QL99-75-12	75	180	255	6.04	0.32	1.34	0.36	0.64	1.76	15.2
16	US75-12	75	180	255	6.04	0.27	1.37	0.30	0.53	1.80	15.0

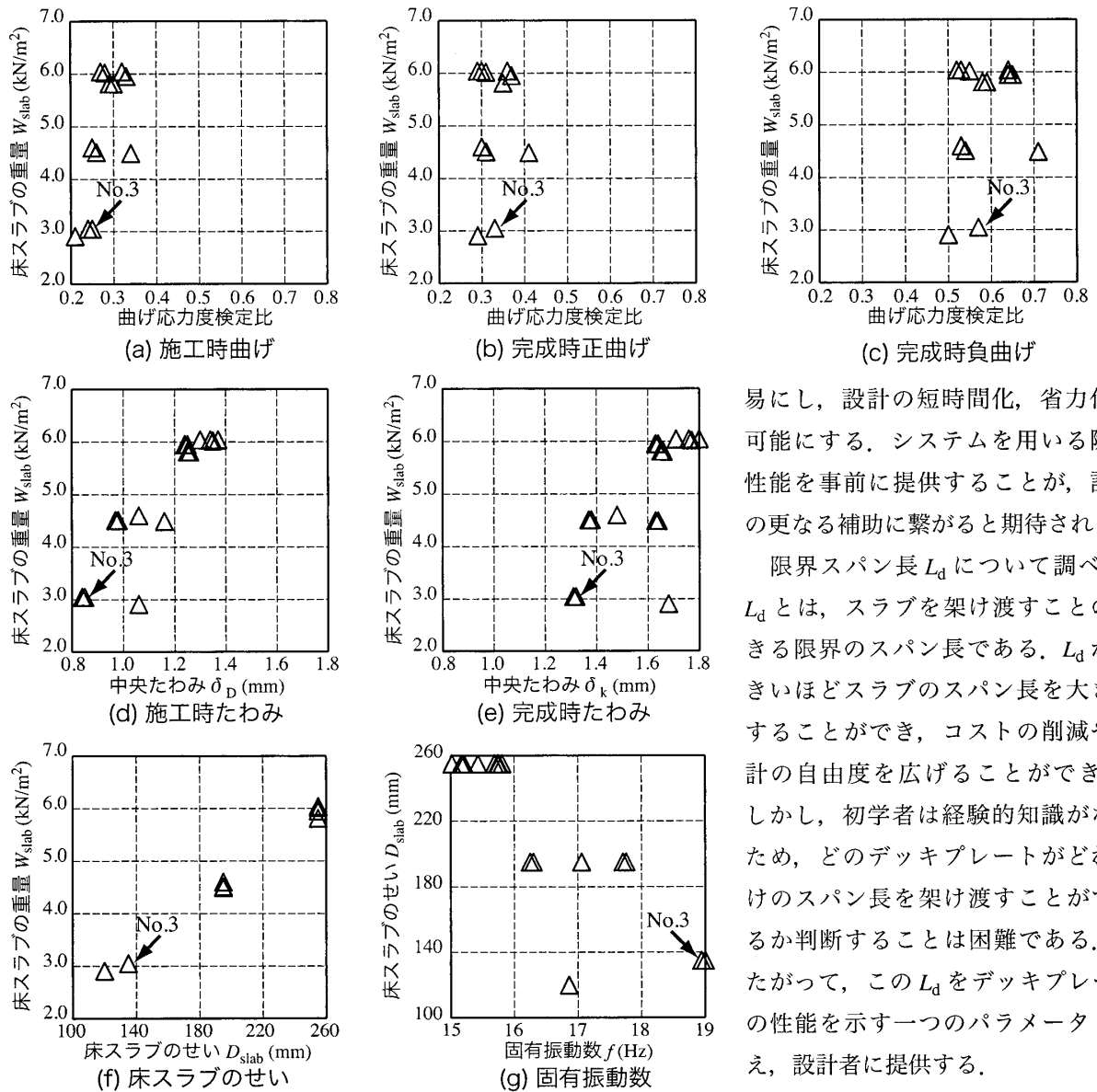


図2 設計候補解グラフ

角的に比較検討することができる。

ここでは、工事費に関係の深い床スラブ重量と居住性に関わるたわみや振動数に重点をおいて、設計候補解の中からNo.3を設計解とした。設計解No.3は、表2上の太枠で囲まれた解、図2のグラフ内の矢印で指した解である。このことで、設計解を設計者自身の判断により導けることを示した。

4. デッキ構造スラブの性能調査

4.1 調査概要

ここでは、初学者設計教育支援に資する構造性能の調査を行う。性能とは、部材がもつであろう種々の性質や能力をいう。経験的知識のない初学者は、性能を事前に把握することで、設計時にある程度の解の目星をつけることができると考える。これは解の探索を容

易にし、設計の短時間化、省力化を可能にする。システムを用いる際に性能を事前に提供することが、設計の更なる補助に繋がると期待される。

限界スパン長 L_d について調べる。 L_d とは、スラブを架け渡すことのできる限界のスパン長である。 L_d が大きいほどスラブのスパン長を大きくすることができ、コストの削減や設計の自由度を広げることができる。しかし、初学者は経験的知識がないため、どのデッキプレートがどれだけのスパン長を架け渡すことができるか判断することは困難である。したがって、この L_d をデッキプレートの性能を示す一つのパラメータと考え、設計者に提供する。

4.2 調査方法

デッキプレートはその断面の性質から、強辺方向であるX方向のみで床重量を支えるため、X方向の L_d を数値計算によって求める。本システムを用いて、床組のX方向デッキスパン長 L_x の値を0.1mごとで変化させ、すべてのデッキプレートに対する L_d を求める。デッキ構造スラブの設計規準に適用されるデッキプレートは51種類ある。設計計算をとおして得られる設計解の数が0となったら、計算を終了させる。この際、 L_d ごとの設計解の数の変化からデッキ構造スラブの性能を評価する。ここでの入力情報には表3の値を用いる。

表3 入力情報

L_y (m)	3.6
N_y (本)	1
L_{L1} (N/m ²)	2900
L_{L2} (N/m ²)	1470
L_T (N/m ²)	700
E_s (N/mm ²)	205000
f_t (N/mm ²)	235
F_c (N/mm ²)	18
t_c (mm)	60

4.3 調査結果

4.3.1 限界スパン長に対する設計解の数

L_d に対する設計解の数の変化を図3に示す。グラフの変動から、設計解の数は L_d が2m付近で急激に減少しており、 L_d は2m程度のもが多いといえる。これより、デッキ構造スラブは2m以上のスパン長の床組にあまり適していないことが分かる。また、 L_d は最大で3.4mあるものから最小で0.9mしかないものまであり、デッキの種類により大きな違いを見せた。この主な要因には、デッキプレートのせい H_{deck} が関係していると考えられる。図3に示す H_{deck} は、 L_d で設計不可能となったときの H_{deck} を表している。 H_{deck} は L_d が大きいほど大きな値を示すことから、 L_d は H_{deck} が大きいほど大きくなる傾向にあるといえる。これは、 H_{deck} が大きくなるほどデッキプレートの断面2次モーメント I が大きくなり、デッキプレートの耐荷能力が増すからであると考えられる。よって、デッキプレートの性能を示す一つの指標として H_{deck} が重要であることが分かる。

4.3.2 小梁本数の違いによる設計解の数

ここでは、小梁の本数 N_y が L_d に与える影響について検討する。小梁本数は設計者によって始めに入力情報として入力されなければならないが、初学者にとって適当な小梁の本数を設定することは難しい。そこで、小梁本数の違いによる設計解の数を調べた。前項の計算結果 ($N_y = 1$) を基準とし、 $N_y = 0$ のときと $N_y = 2$ のときの計算結果との比較を行った。ここで、 $N_y = 0, 1$ および 2 はそれぞれ単純支持、2連支持および3連支持に対応している。

これらの支持条件に応じた設計解の数の変化を図4

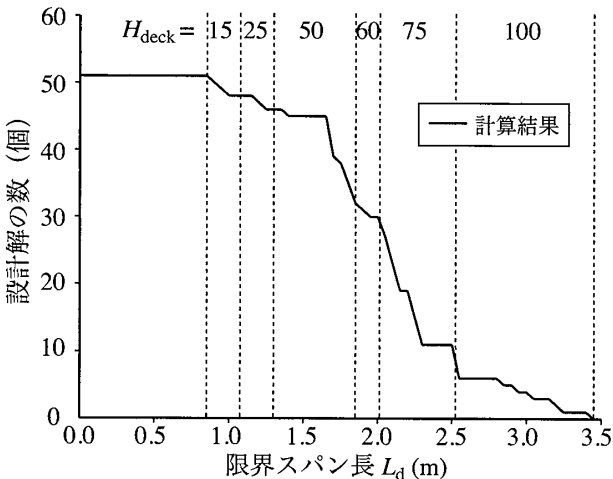


図3 限界スパン長に対する設計解の数

に示す。設計解の数は、 L_d が $N_y = 0$ のとき 0.7~2.8m, $N_y = 2$ のとき 0.8~3.3m の範囲で変動した。 L_d は $N_y = 1$ のとき最も大きくなる。これは、デッキプレートの最大の曲げ応力度が2連支持のときに最も小さくなるためである。

4.3.3 コンクリート厚の変化による設計解の数

ここでは、設計に影響するものとして荷重について検討する。コンクリート厚 t_c は、デッキプレートの上に打設するコンクリートの厚さである。 t_c はコンクリート自重に大きく関わる値であるため、設計者は設計に適した t_c を設定しなければならない。よって、ここでは t_c の変化による設計解の数を調べた。前項の計算結果 ($t_c = 60$) を基準とし、 $t_c = 120, t_c = 180$ に対応した結果の比較を行う。

t_c の変化による設計解の数の変化を図5に示す。 L_d は、 $t_c = 120, t_c = 180$ ともに荷重の増加から減少した。その減少率は、 $t_c = 120$ のとき 5.6~11.8%で平均 7.7%、 $t_c = 180$ のとき 10.3~17.6%で平均 13.1%となった。こ

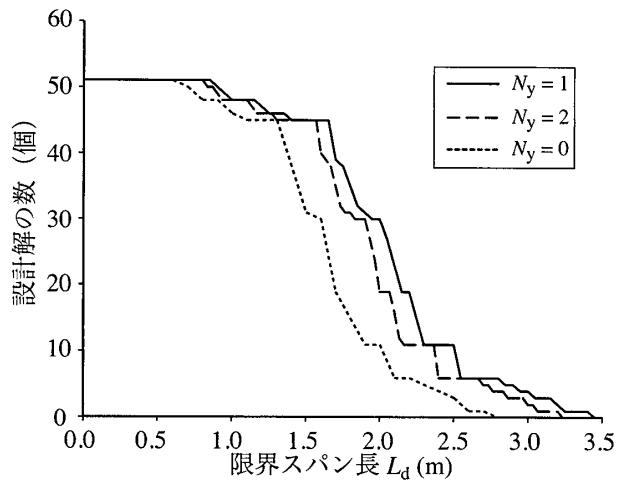


図4 小梁本数の違いによる設計解の数

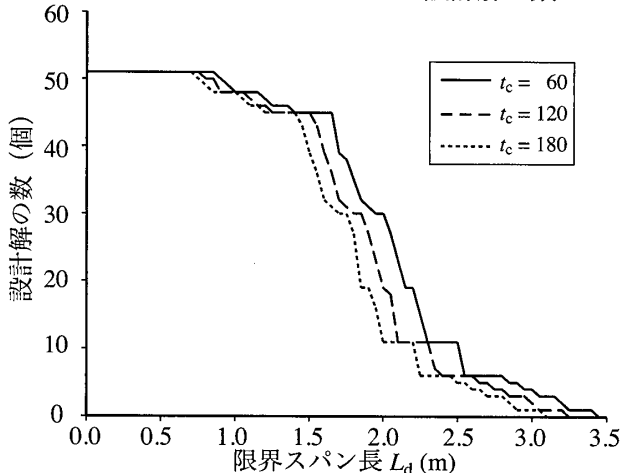


図5 コンクリート厚の変化による設計解の数

れより、 t_c を2倍、3倍とすると、ほぼ比例して L_d が減少することがわかる。

4.3.4 設計判定法の違いによる設計解の数

本システムでは、設計可能空間内の設計可能な解を複数個同時に出力することで、解の比較検討をすることができる。その際、解の情報も同時に出力されるが、設計不可能と判断された解は出力されることがないためその情報を見ることができない。これでは設計者が設計不可能となった理由を知ることができない。ここでは、設計不可能な解がなぜ設計不可能であるか知ることが一つの判断材料になりうると考え、設計判定法についての検討を行う。

基準スラブに前項の計算結果を用い、これを判定法1とした。このときの判定された検討項目を調べると固有振動数の検討によって設計不可能と判断されている解が多くみられたため、固有振動数の検討を省いたものを判定法2とした。さらに、ここでの判定された

表4 判定法の詳細

検討項目	判定法		
	1	2	3
曲げ応力度	○	○	○
たわみ	○	○	×
固有振動数	○	×	×

た検討項目も調べるとたわみの検討で判定されていたものが多かったため、固有振動数とたわみの検討を省いたものを判定法3とした(表4)。

設計判定法の違いによる設計解の数の変化を図

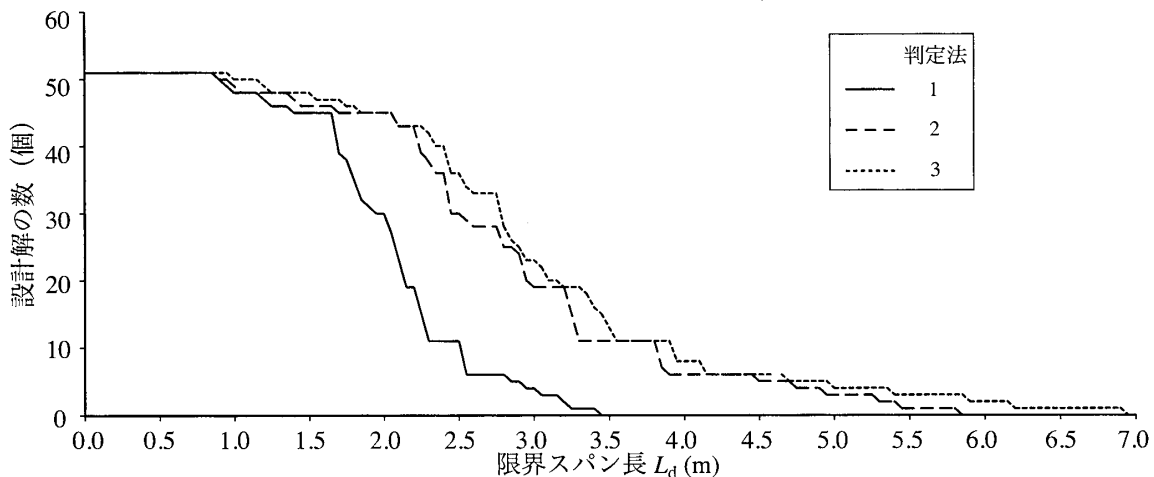


図6 判定法の違いによる設計解の数

6に示す。 L_d に対する設計解の数は、判定法1、判定法2および判定法3の順で大きくなった。これより、設計不可能な解はほとんどの場合で固有振動数の検討により設計不可能と判断されていることが分かる。一般的にたわみや応力度の検討のような構造的な問題によって設計不可能と判断されていると考えがちであるが、固有振動数の検討のような居住性に関する問題が大きく影響していることがわかった。しかし、デッキプレート床構造設計・施工規準-2004^[2]において、固有振動数の値はあくまで使用上支障のない範囲に制限されるため、その判断は設計者に任せられる。

5. おわりに

デッキ構造スラブの性能を以下に結論する。

- 1) スラブのスパン長は1~2m程度が適当であるが、デッキプレートのせいにより大きく異なる。
- 2) 小梁の本数が1本のとき、スラブのスパン長を最も大きくすることができる。
- 3) 荷重はスラブのスパン長にそのまま影響する。
- 4) 設計不可能な解は固有振動数の検討で判定されており、居住性の問題をどうするか考える必要がある。

参考文献

[1] M.Yamanari, H.Tanaka, Acquisition of designable space for planar steel frames, Digital Architecture and Construction, WIT Press, pp.77-84, 2006.9
 [2] 独立行政法人建築研究所：デッキプレート床構造設計・施工規準-2004, 2004

*1 熊本大学 工学部 学部長
 *2 熊本大学大学院自然科学研究科 大学院生
 *3 熊本大学大学院自然科学研究科 大学院生
 原田建築設計事務所・所長
 *4 熊本大学大学院自然科学研究科 准教授・工博

Undergraduate, Faculty of Engineering, Kumamoto Univ.
 Graduate Student, School of Science and Technology, Kumamoto Univ.
 Graduate Student, School of Science and Technology, Kumamoto Univ., Harada Design Lab.
 Assoc. Prof, Graduate School of Science and Technology, Kumamoto Univ., Dr. Eng.