

[162] 鉄筋コンクリート造スラブの長期的な振動特性

正会員 山本俊彦 (東急建設技術研究所)

1 はじめに

鉄筋コンクリート造スラブの長期的な振動特性は、コンクリートの材料定数の変化や、ひび割れの発生によって材令と共に変化する。振動障害を生じた実在鉄筋コンクリート造スラブの振動特性や、短期的な振動特性の変化については、いくつかの報告があるが、長期的な振動特性の変化について継続的に測定された例はほとんどないようである。

このため、本報告は、鉄筋コンクリート造スラブの長期的な振動特性を把握するため、一方向および二方向スラブ試験体を用いて、材令1日から約2年間にわたり、種々の材令で、振動特性を調べた実験について述べるものである。なお、最終材令において最大耐力までの載荷を行ない、この時の振動特性についても併せて述べる。

2 実験概要

(1) 試験体

試験体を図-1に示す。12体の一方向スラブ試験体のうち、6体はスパン3.6m (S1~S5, S10)、4体は5.0m (S6~S9)の両端拘束試験体である。残り2体はスパン4.0m (S11, S12)の単純支持試験体である。2方向スラブ試験体は、スパン4.5mの正方形で、梁で支持されたもの(SA)と壁で支持されたもの(SB)である。なお、これらの試験体の長期たわみについては既に報告している²⁻⁴⁾。試験体のFEMによる弾性計算結果を表-1に示した。

(2) 使用材料

使用鉄筋の機械的性質を表-2に示す。コンクリートは、4週圧縮強度の目標値を20.6MPaとした。コンクリートの試験結果を表-3に示す。

(3) 荷重条件

各試験体の荷重条件を図-2に示す。荷重は、実際に鉄筋コンクリート造を施工する時の施工荷重を考慮した。持続荷重は、スラブ自重の $\frac{1}{2}$ とした。なお、S1, S5, S6, S7については、長期載荷の後、最大耐力まで荷重を加え試験した。

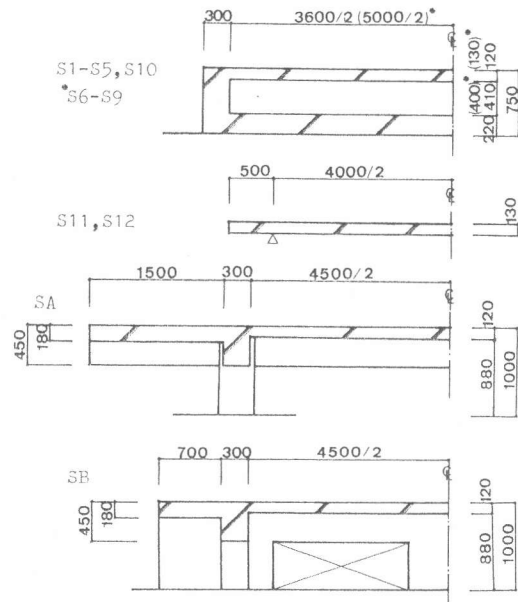


図-1 試験体

表-1 計算結果

試験体	スパン (m)	スラブ厚 (mm)	スラブ端部 引張鉄筋 比 (%)	自重弾性 たわみ (mm)	最大曲げ 応力 (MPa)	持続荷重 振動数 (Hz)	支持条件
S1~S5, S10	3.6	120	0.376	0.477	1.97	22.1	拘束
S6~S9	5.0	130	0.605	1.43	3.54 (2.66)	12.7	"
S11~S12	4.0	130	"	2.70	2.69	8.75	単純支持
SA	4.5	120	0.376	0.760	2.03	17.8	拘束
SB	4.5	120	"	0.535	2.35	22.5	"

Ec=20.6 GPa, () S8, S9

表-2 鉄筋の機械的性質

直径(mm)	形状	降伏強度(MPa)	引張強度(MPa)	試験体
10	異形	375	547	S1~S5, S10, SA, SB
13	"	382	549	S6, S7
13	丸形	345	492	S8, S9, S11, S12

表-3 コンクリートの性質

	S1~S7	S1~S7 抜取コア	S8~S9 S11~S12	材令28日 S10, SA, SB
σ_c (MPa)	21.7	22.9	23.2	24.9
Ec (GPa)	22.8	20.5	24.8	19.2

(4) 測定方法

スラブの振動数の測定方法を図-3に示す。一方向スラブでは、0.5 kgfの砂袋を25 cmの高さから落下させ、換振器によりその自由振動を記録した。二方向スラブでは、12.3 kgfの砂袋を30 cmの高さから落下させ、自由振動を記録した。

3 実験結果

FEMによる動的計算結果の1次振動モードを図-4に示す。実測された振動波形と周波数解析結果の一例を図-5に示す。

(1) 固有振動数の変化

S1~S5については、若材令時の載荷の影響を調べるため、材令1,2,3,7,28日にそれぞれ載荷した。この時の自重による振動数と、コンクリート強度等の関係を図-6に示す。いずれも材令28日での値を1とし比率で示した。振動数は材令1日で既に0.8程度の値を示した。弾性理論によれば、振動数は弾性係数の平方根に比例するが、自重によるたわみから求めた剛性と比較すると、この値より常に高い値を示した。たわみの測定には、常にある程度の時間を要するため、コンクリートの塑性変形やクリープ変形の影響を受けるためと考えられる。

次に各試験体の振動数の変化を図-7に示す。試験体S1~S7においては、材令28日以前に載荷を受けた試験体も、コンクリートの強度発現により振動数が高くなり、28日以降に載荷を受けたものとほとんど違わなくなる。本実験における荷重条件の範囲では、載荷材令の違いによる振動数への影響はあまりないと言える。振動数は、材令91日以降いずれの試験体も低下の傾向を示す。

図-8に振動数の低下の割合を示す。S1~S7試験体については、材令28日載荷のS5, S7の自重による振動数を基準とし、持続荷重による増加質量の補正を行った値に対して、最終材令での振動数を示した。S8~9, S11~12については、各々自重による振動数を基準にし、同様に示した。S10, SA, SBは材令28日での実測値を基準にした。振動数の比は0.8~0.9程度を示した。荷重による曲げ応力が高い試験体で、低下の割合が比較的大きい。

(2) 減衰定数

スラブの振動を対数減衰するものと仮定し、S1~S7

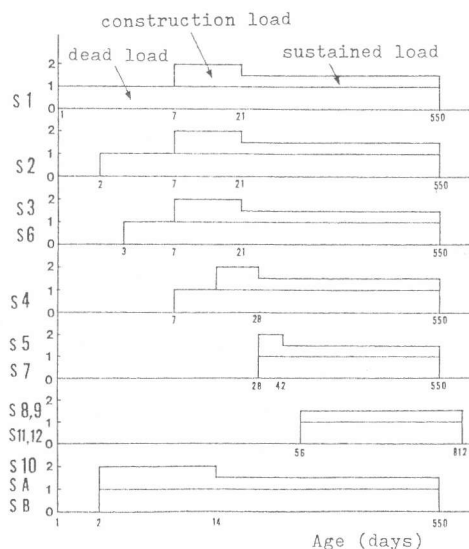


図-2 荷重条件

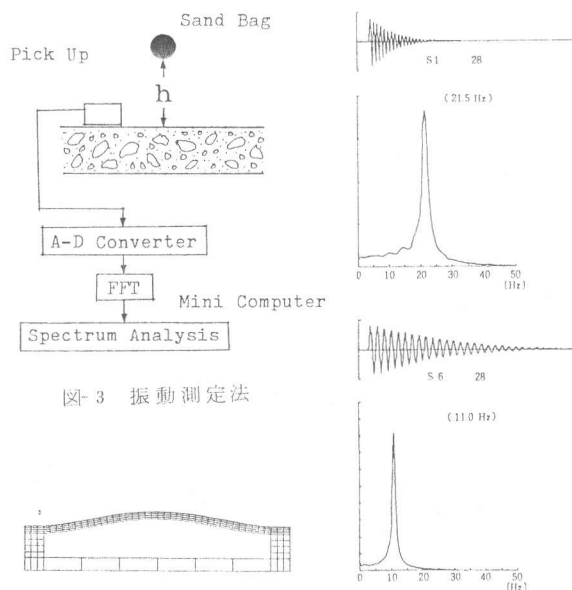


図-3 振動測定法

図-4 振動モード 図-5 振動波形と振動数

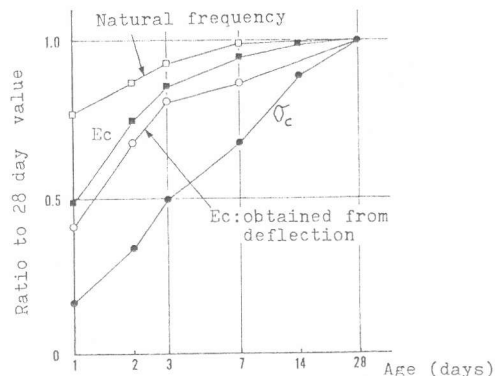


図-6 材令28日の特性に対する比率

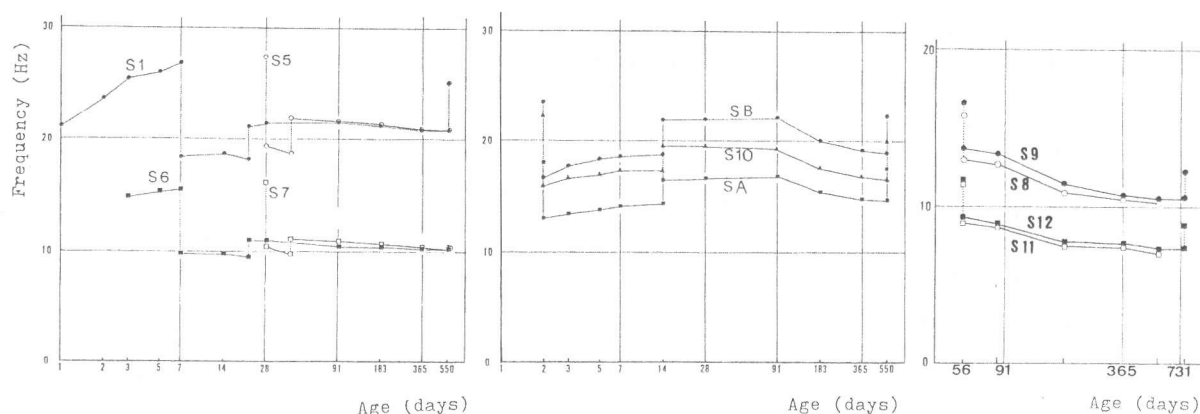


図-7 振動数の材令による変化

について実測波形から、減衰定数を求め、図-9に示した。減衰定数は、材令によらず0.1程度であった。既往の実験によれば、コンクリートの内部減衰率は0.003~0.012で、本実験による減衰は主に外部逸散によるものと考えられる。

(3) 長期たわみと振動数

図-10に最終材令での長期たわみと振動数の関係を示した。振動数は、弾性たわみの逆数の平方根に比例するが、図に見られる様にバラツキはあるものの長期たわみも同様の傾向を示している。

(4) 最大耐力実験⁶⁾

長期載荷後、S1, S5, S6, S7について、コンクリートブロックにより、最大耐力まで載荷し、振動数の低下を調べた。図-11にこれを示した。材令28日の自重による実測値を基にし、載荷による増加質量を考慮した計算値に比較すると、動的な剛性(E: DYNAMIC)は、0.24~0.45程度に低下した。しかしこの時点でのたわみから求めた静的な剛性は、弾性計算値に対して0.13~0.22であり、静的な剛性低下に比べ、動的な剛性低下は小さいことを示している。

(5) 補強実験⁷⁾

長期載荷の途中、材令661日の時点でS8, S11について、補強を行ない、振動性状の変化を調べた。補強は、スラブ上面にコンクリートを打増して行った。図-12に振動数の変化を示した。補強後、スラブの剛性増加により、振動数は大巾に上昇するが、その後通常のスラブと同様材令に伴って振動数が低

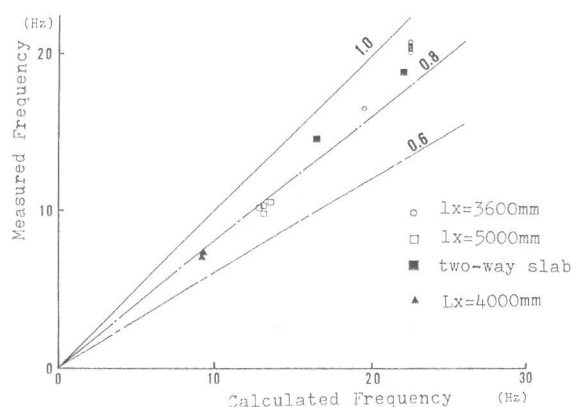


図-8 振動数の低下割合

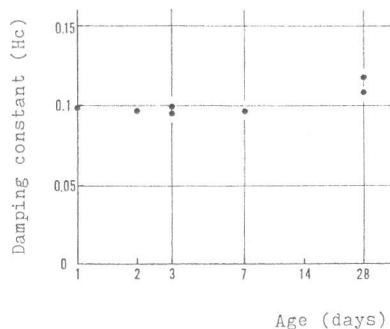


図-9 減衰定数の変化

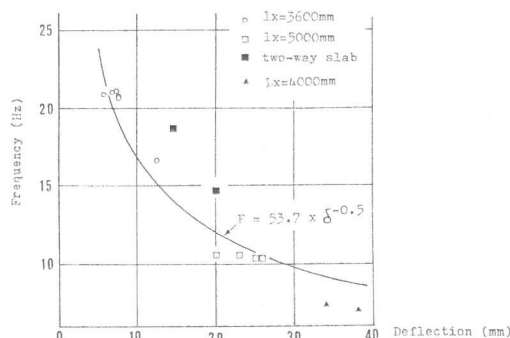


図-10 長期たわみと振動数

下する傾向を示す。

4 まとめ

(1) 動的な剛性は、初期材令からかなり高い値を示し、本実験ではスラブの固有振動数は、材令1日で4週の値の約80%を示した。

(2) 初期に荷重を受けたスラブにおいても、コンクリートが硬化するに従い振動数は増し、載荷材令の影響はほとんどなかった。

(3) 減衰定数は、本実験(S1~S7)では、およそ0.1で、材令による影響はあまり表われなかった。また、本試験スラブでの減衰は主に外部逸散によるものと考えられる。

(4) すべてのスラブ試験体で、長期的に振動数が減少する傾向を示し、長期的にたわみが安定すると考えられる材令1年半以降で、当初の値の0.8~0.9程度となった。補強スラブについても同様に振動数が減少する傾向が見られた。

(5) スラブの振動数は、長期たわみ量とある程度の相関が見られ、長期たわみの指標と考えられる。

(6) 最大耐力実験において、動的な剛性は、たわみによる静的な剛性に比べて、低下の割合が小さく、最大荷重時には、動的な剛性は、静的な剛性に比べて2倍程度を示した。

参考文献

- 1) 井野智；鉄筋コンクリート床スラブについて，建築学会論文報告集 昭和53年11月
- 2) 山本俊彦；鉄筋コンクリート造床板の長期たわみに関する実験 昭和54年9月 建築学会大会
- 3) 山本俊彦；載荷材令の異なる一方向スラブの長期たわみ実験 昭和58年 コンクリート工学会大会
- 4) 山本，他；鉄筋コンクリート造二方向スラブの長期たわみに関する実験 建築学会大会 昭和58年9月
- 5) 三谷，他；コンクリートはりの静弾性係数と動弾性係数に関する実験 清水建設研究所第14号
- 6) 山本俊彦；鉄筋コンクリートスラブの長期載荷後の再載荷と終局耐力実験 建築学会関東支部 昭和58年
- 7) 山本俊彦；鉄筋コンクリート造床板の長期たわみに関する実験（その4） 建築学会大会 昭和55年9月

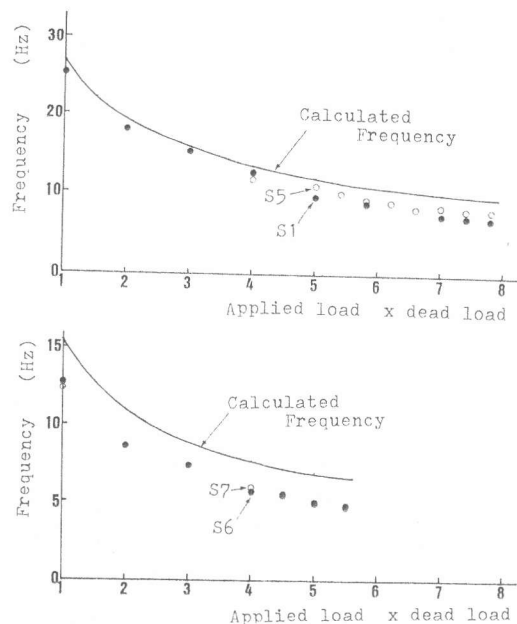


図-11 最大耐力実験による振動数の低下

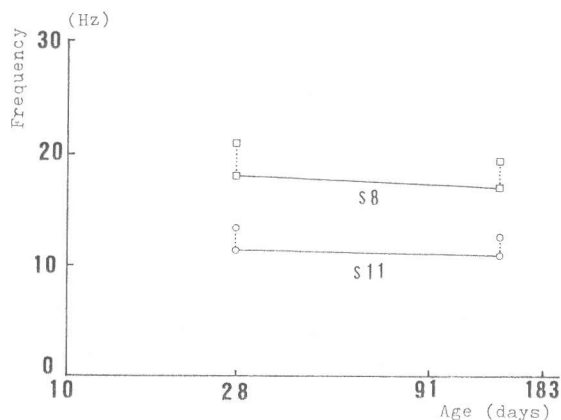


図-12 補強スラブの振動数の変化