

3.4 その他コンクリート系床版への適用性の検討

3.4.1 概要

前節までで、RC床版を細かく要素分割して、移動載荷荷重の影響によってそれぞれの要素の床版コンクリートに生じる応答を算出し、それらと関連づけた疲労損傷の蓄積と破壊の法則を設定して解析的にモデルを疲労破壊させていくことで実橋や実験で見られるような疲労損傷過程に近い破壊の進展が模擬できること、およびこの手法によって同形式のRC床版どうしであれば相対的に疲労耐久性を評価できる可能性があることを明らかにした。

しかしながら、実務においては実橋実績や輪荷重走行試験結果が多くあり、ある程度疲労耐久性の評価が明らかなRC床版よりも、それ以外の様々な構造形式の床版の疲労耐久性を推定する手法の確立が急務である。

ここでは、鋼コンクリート合成床版など、鉄筋だけが床版内部に配置された一般的なRC床版以外にも適用できる疲労耐久性評価手法を検討する。なお、鋼部材とコンクリートからなる道路橋に用いられる床版を念頭において検討を行い、先に述べたように床版全体としての疲労耐久性は鋼部材、床版コンクリート、および鋼部材と床版コンクリートの一体性のそれぞれの構造要素がいずれも所要の疲労耐久性を有することで結果的に満足されるものと考えて検討する。

RC床版に比べて疲労耐久性が飛躍的に向上すると考えられているプレストレストコンクリート床版（PC床版）に対しても、同様の解析的な手法による疲労耐久性評価の実現性について検討する。検討の対象として一般的なRC床版以外の床版は次の通り。

- ・ PC床版
- ・ 鋼コンクリート合成床版
 - （帯鋼ジベルを有する床版）
 - （トラス鉄筋を有する床版）
 - （ロビンソン型床版）

3.4.2 PC床版の検討

PC床版について、RC床版同様に既往の輪荷重走行試験結果との比較検討を行う。

比較対象とできるPC床版の輪荷重走行試験結果は全て荷重を段階的に引き上げながら載荷を継続する階段載荷によるものしかなく、載荷荷重一定の条件で破壊まで移動載荷による疲労試験結果は得られていない。

(1) 輪荷重走行試験

解析との比較に用いるPC床版の輪荷重走行試験結果は次の通り⁶⁾。

・材料特性 :

| | 圧縮強度 (N/mm ²) | 弾性係数 ($\times 10^4$ N/mm ²) | ポアソン比 | 引張強度 (N/mm ²) |
|-------|------------------------------|---------------------------------------------|-------|------------------------------|
| PC8-1 | 42.9 | 2.67 | 0.166 | 3.66 |
| PC8-2 | 50.0 | 3.31 | 0.193 | 3.77 |

・鉄筋 :

| | 鉄筋径 | 降伏点 (N/mm ²) | 引張強度 (N/mm ²) |
|-------|-----|-----------------------------|------------------------------|
| PC8-1 | D13 | 360 | 515 |
| PC8-2 | D19 | 354 | 513 |

・プレストレス量: 242kN/本

・荷重 : 階段載荷

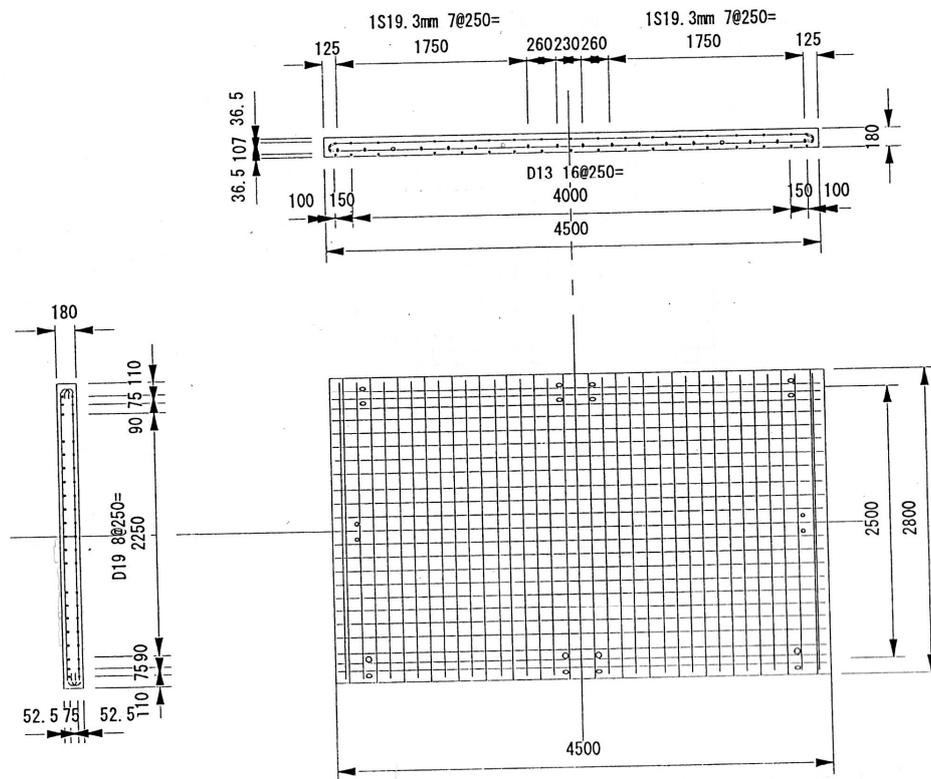


図 3.4-1 PC床版の概要⁶⁾

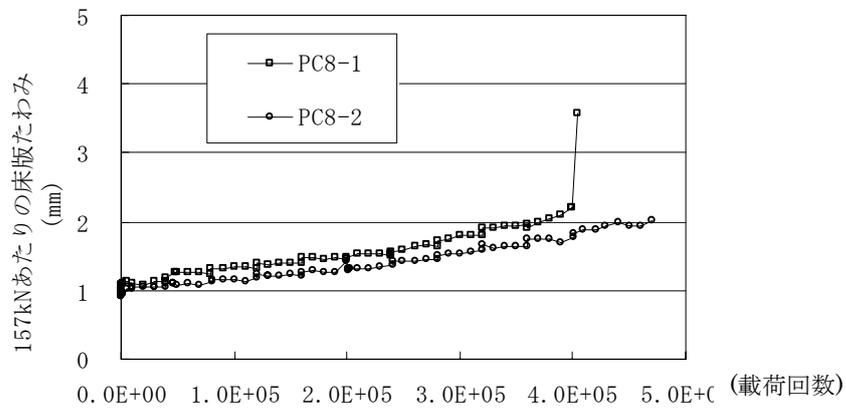
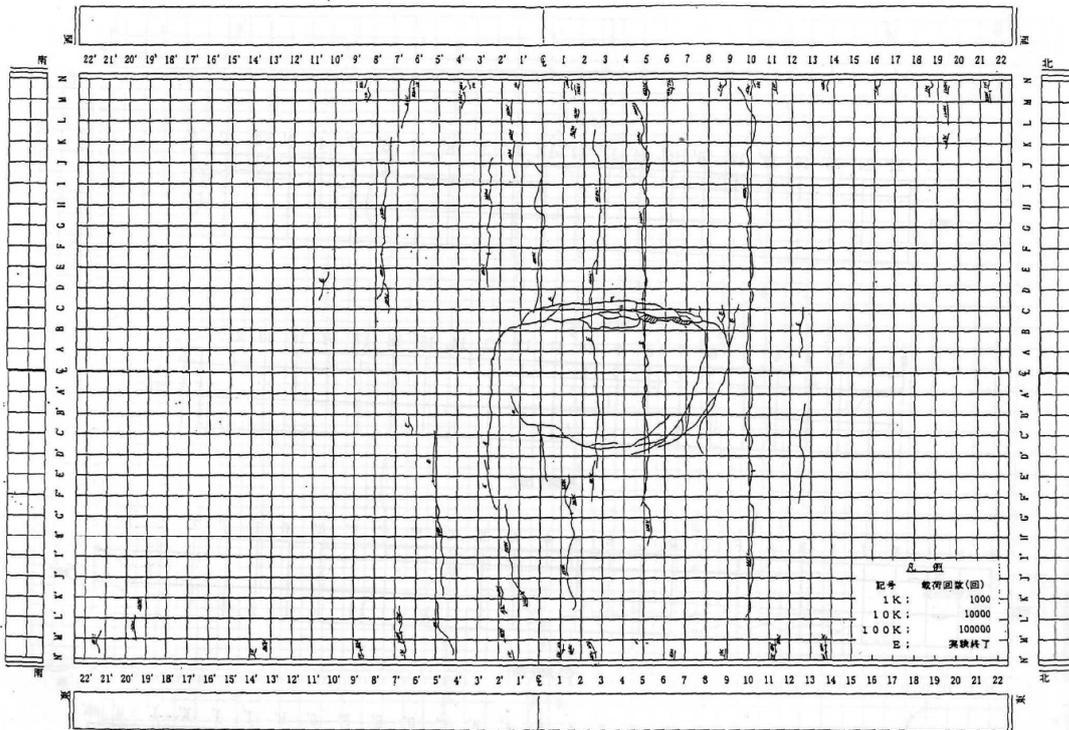
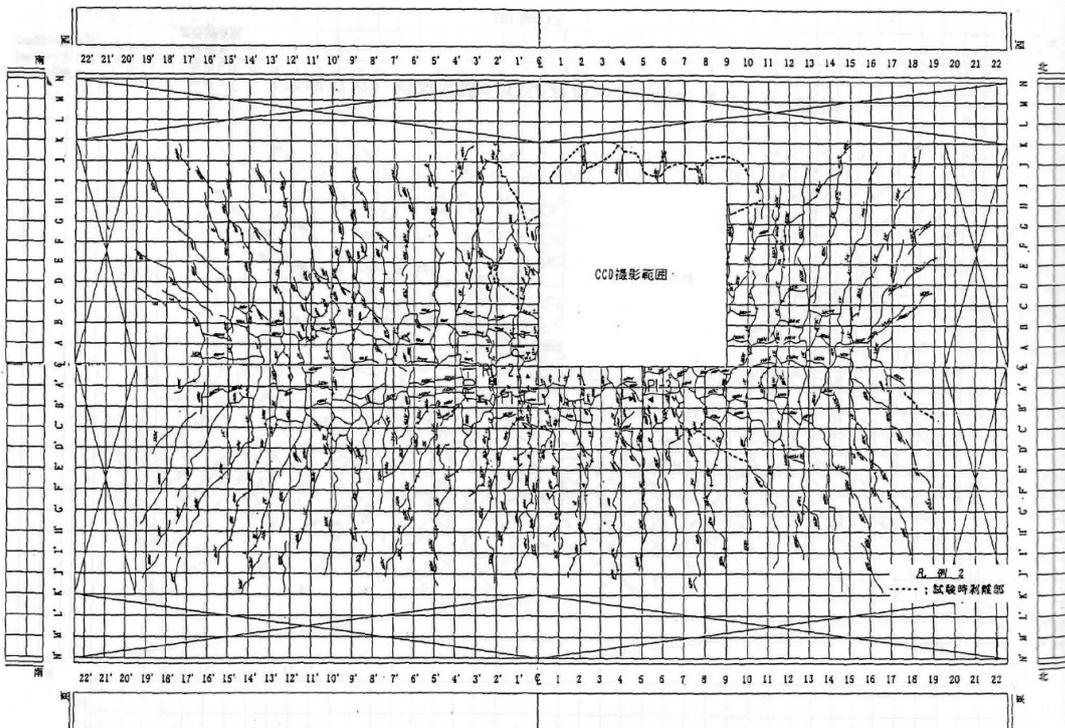


図 3.4-2 PC床版の輪荷重走行試験結果⁶⁾

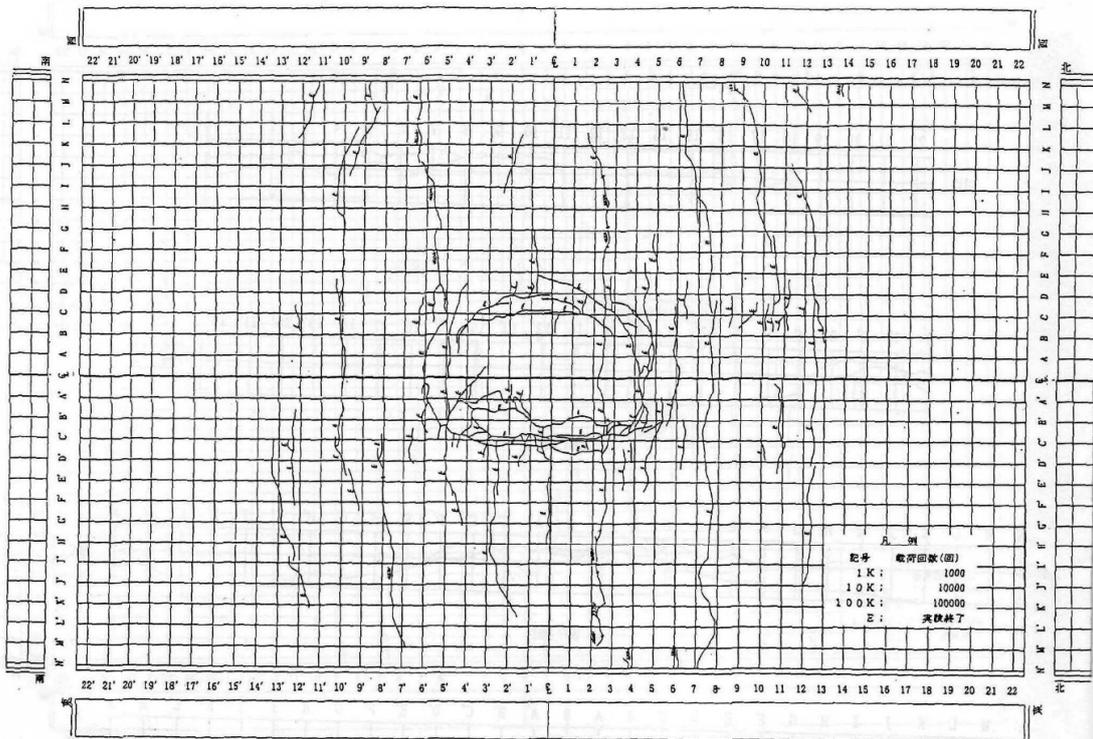


付図-7.20.1 PC8-1 供試体のひび割れ状況 (床版上面)

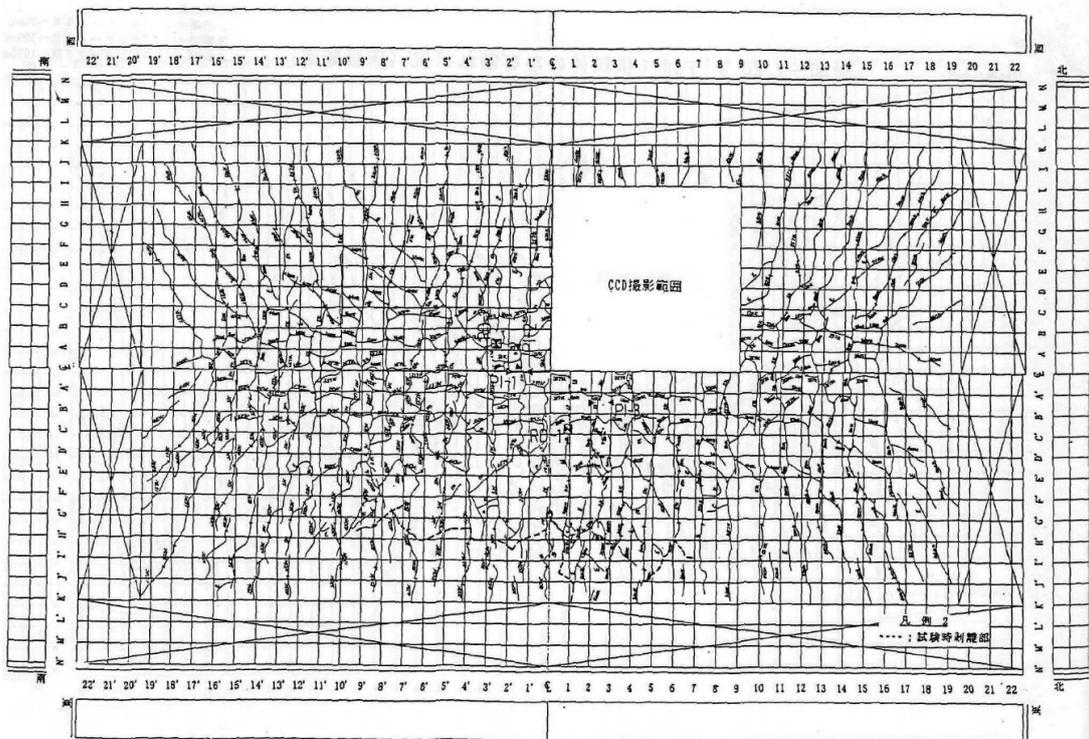


付図-7.20.2 PC8-1 供試体のひび割れ状況 (床版下面)

図 3.4-3 供試体ひび割れ状況^⑥



付図-7.21.1 PC8-2 供試体のひび割れ状況 (床版上面)



付図-7.21.2 PC8-2 供試体のひび割れ状況 (床版下面)

図 3.4-4 供試体ひび割れ状況⁶⁾

(2) 疲労解析

P C床版の解析モデルの基本的な条件はR C床版のモデルと同様である。

要素分割は平面的に 100mm×100mm とし床版厚さ方向に5層に分割している。

また載荷荷重の移動もR Cの場合と同様に5カ所の載荷点で順番に載荷して移動の影響を推定する。プレストレスは、コンクリート要素中に設定した埋め込み要素にプレストレスを導入している。プレストレスの導入方法に関する概念図を図 3.4-5 に示す。

はじめに、R C床版の解析と同様の破壊基準によって床版コンクリートの要素を破壊させた場合の解析結果を図 3.4-6 及び 3.4-7 に示す。

解析から得られた床版たわみ、鉄筋ひずみは、試験結果の値と比較して非常に大きな値となり乖離が大きい。また、床版が疲労破壊したと評価する鉄筋応力度の急激な変化は解析では現れない。

これは、実際のP C床版ではプレストレスによる圧縮力の導入効果により、仮に疲労によってコンクリートにひびわれが生じるなどの微少な損傷が生じても応力レベルが小さい段階では全断面で抵抗し弾性的な挙動が保持されると思われるが、解析ではR C床版と同様に破壊基準に達した要素については弾性係数を一様に 1/10 に低下させたことによることが原因の一つと考えられる。実際の床版ではひび割れが生じたコンクリート部分もひびわれは開口せず少なくとも圧縮力には抵抗が期待できるのに対し、解析ではある体積をもつ要素の弾性係数を一様に低減させたことから圧縮力に対しても破壊した要素とその近傍の応力分担や変形の状態が実際の床版とは異なってくる可能性がある。

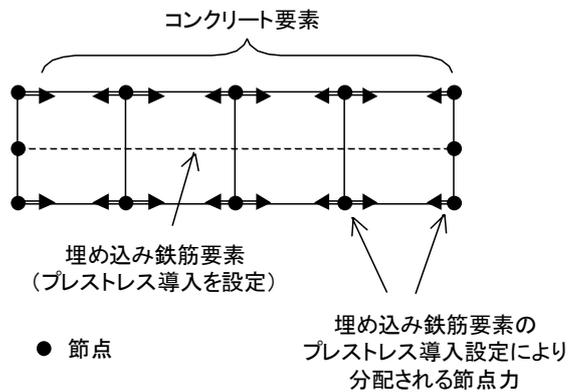
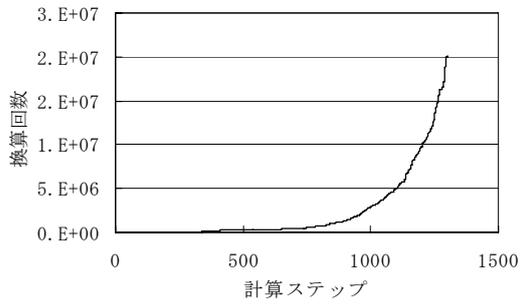
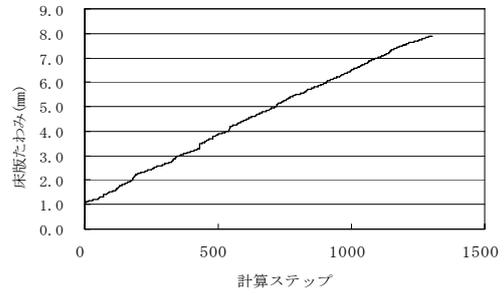


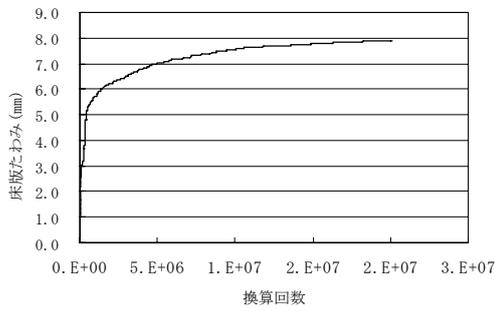
図 3.4-5 プレストレス導入モデルの概念図



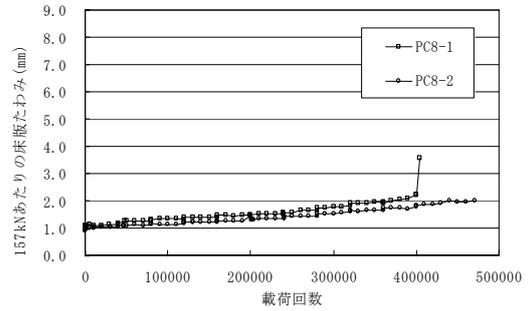
計算ステップと換算回数 (計算値)



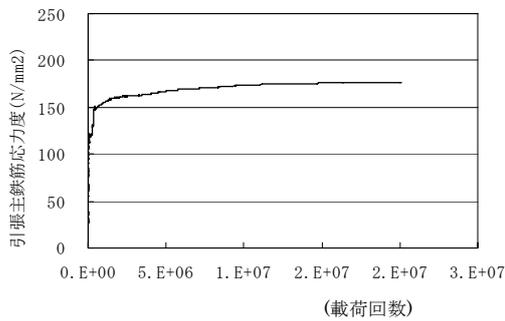
計算ステップと床版たわみ (計算値)



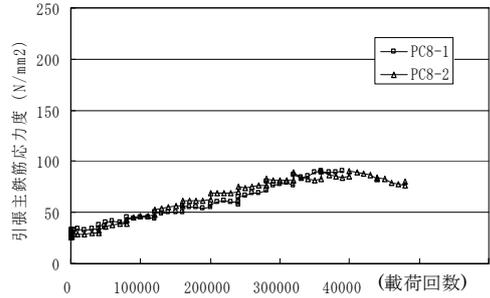
床版たわみ (計算値)



床版たわみ (157kN あたりの実験値)

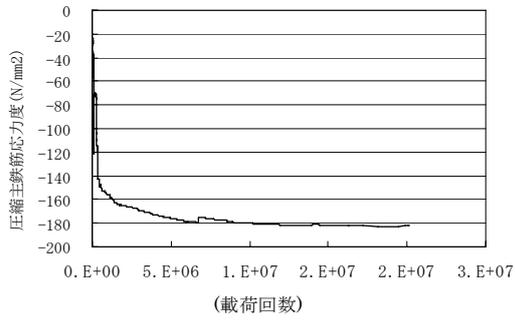


引張主鉄筋応力度 (計算値)

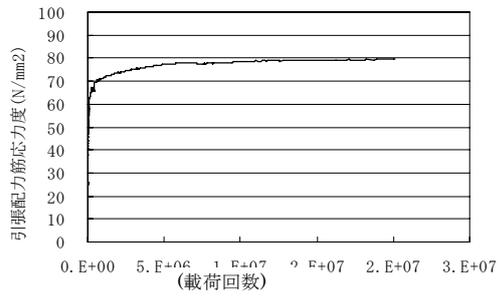


引張主鉄筋応力度(157kN あたりの実験値)

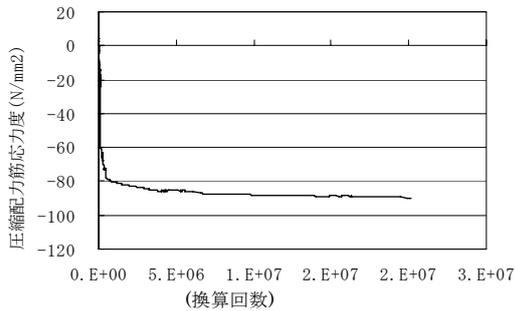
図 3.4-6(1) 解析結果(1)



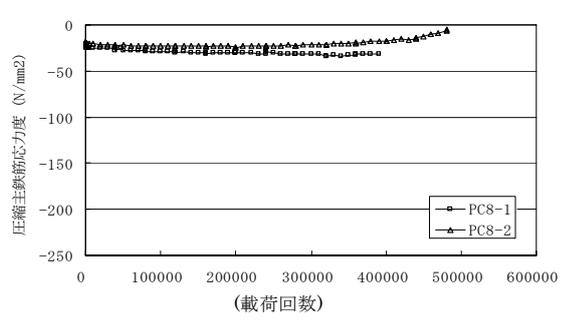
圧縮主鉄筋応力度 (計算値)



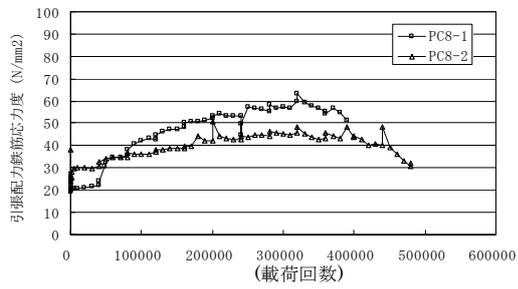
引張配力鉄筋応力度 (計算値)



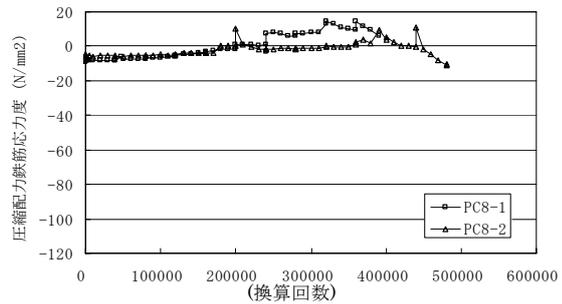
圧縮配力鉄筋応力度 (計算値)



圧縮主鉄筋応力度 (157kN あたりの実験値)



引張配力鉄筋応力度 (157kN あたりの実験値)



圧縮配力鉄筋応力度 (157kN あたりの実験値)

図 3.4-6(2) 解析結果 (2)

以上のように RC 床版の場合と同様、方向性を考慮せずに要素を破壊させると、試験結果と解析結果では乖離が大きい。

このため、プレストレスの影響によって RC 床版の場合と異なり疲労によって破壊した要素に対して引張方向には抵抗せず、圧縮方向には破壊前と同様に抵抗できるとする条件で解析条件を設定して解析を行った。

なお要素毎に非線形な挙動（図 3.4-7）を考慮した解析は計算が煩雑かつ計算量も膨大なものになるため、これまでと同様に主引張応力度によるひずみエネルギーを基準として疲労破壊する要素を決定するが、破壊基準および破壊の影響（解析上の弾性係数の低下方向）は要素の直交する 3 軸方向（床版支間方向、支間直角方向、水平面方向）それぞれに独立して影響するものとした解析を実施した。

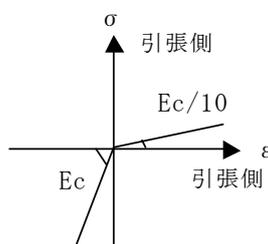


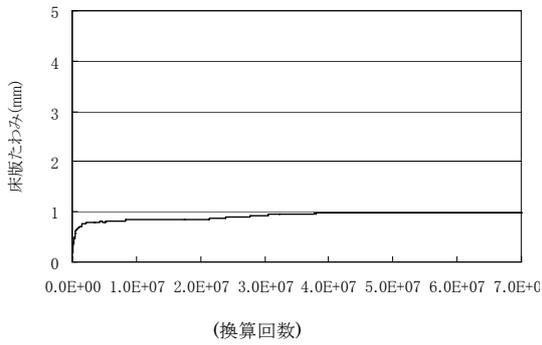
図 3.4-7 PC 床版の計算に用いるべき材料特性

すなわち、要素疲労破壊時にいずれの方向で破壊するかについては、解析の各ステップで各方向の引張応力度によるひずみエネルギーの累積疲労損傷度を算出しておき、主引張応力度による基準値が一定の値に達したとき、累積疲労損傷度が最大の方向の弾性係数のみを低下させる方法を採用した。

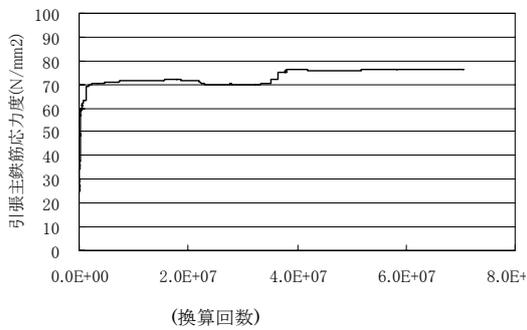
解析上の設定の詳細は次の通り。

- ・荷重 1,2,3,4,5 と载荷（輪荷重 1 回の通過を想定）した場合の各要素に蓄積されるダメージは弾性ひずみエネルギー（引張応力成分のみのエネルギー（主応力から換算））として累積させる。
- ・主応力成分がすべて 0 の場合には、損傷は生じない。
- ・各垂直応力成分（ σ_x 、 σ_y 、 σ_z ）によるエネルギー量も、各方向について別々に累積させる。
- ・要素に蓄積したダメージが最大（弾性ひずみエネルギーが最大）のものが損傷すると判断する。
- ・破壊方向は、応力成分によるエネルギー量の蓄積が最大の方向とする。ただし、一方向に破壊した要素は、他の方向には破壊しない。

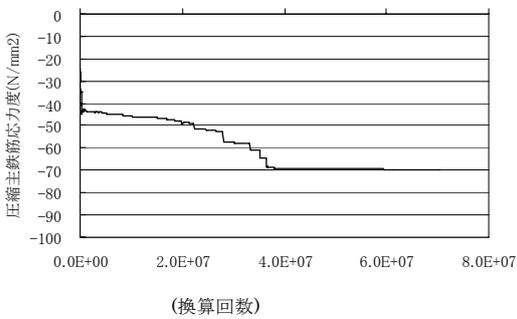
この設定における解析結果を以下に示す。



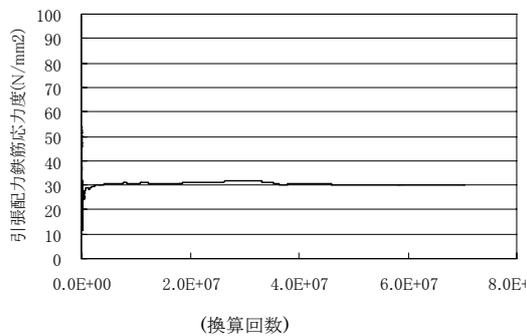
床版たわみ (計算値)



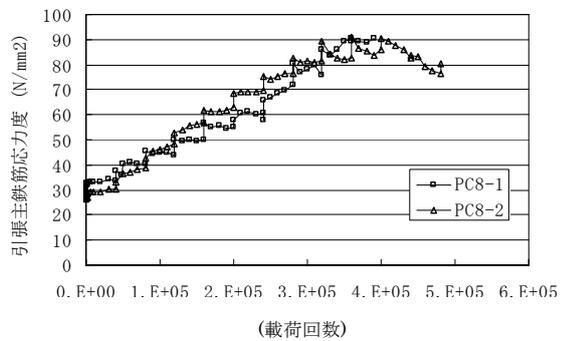
引張主鉄筋応力度 (計算値)



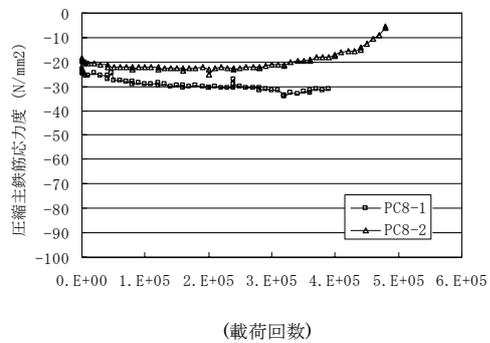
圧縮配力鉄筋応力度 (計算値)



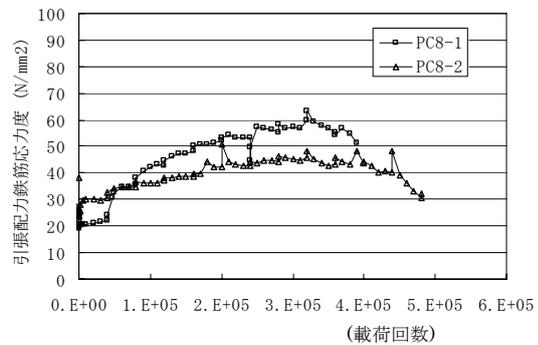
引張配力鉄筋応力度 (計算値)



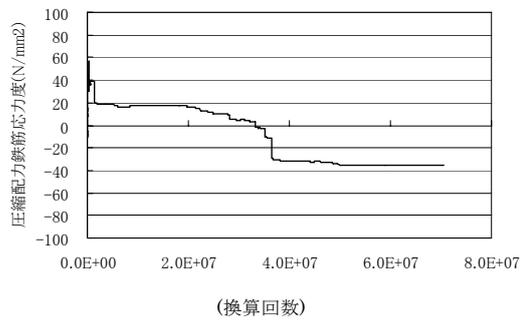
引張主鉄筋応力度 (157kN あたりの実験値)



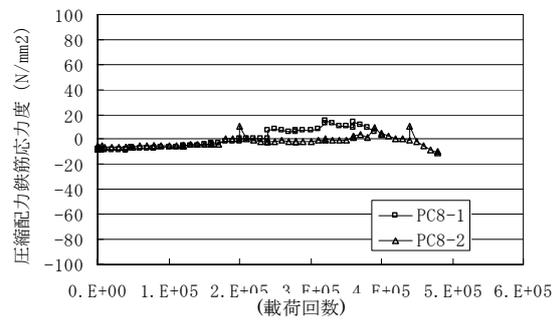
圧縮主鉄筋応力度 (157kN あたりの実験値)



引張配力鉄筋応力度 (157kN あたりの実験値)



圧縮配力鉄筋応力度 (計算値)



圧縮配力鉄筋応力度 (157kN あたりの実験値)

図 3.4-8 解析結果の検証

・要素破壊の状況

なお、要素内に縦線「|」または横線「—」がある要素ではそれと直交する方向に要素が破壊したことを示す。また「×」は水平方向の破壊を示す。

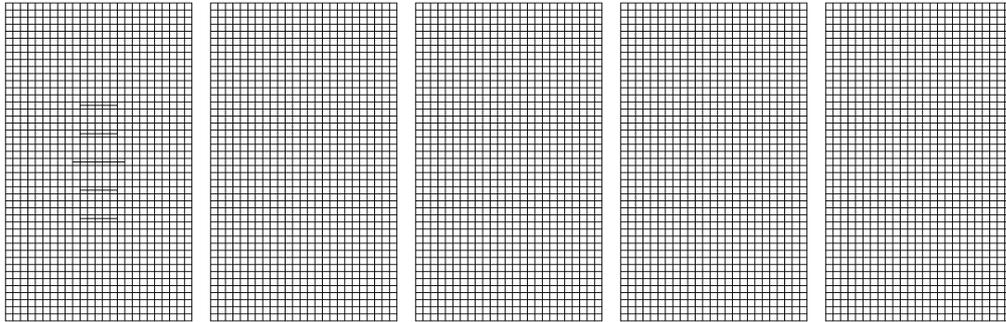


図 3.4-9(1) 解析ステップ 10(1.7E-10)

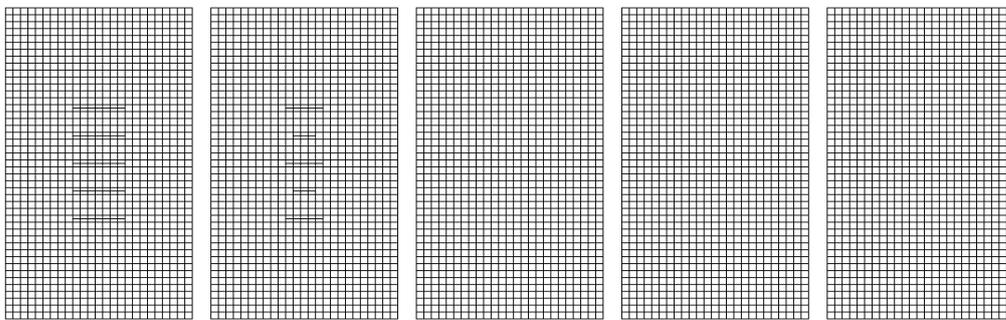


図 3.4-9(2) 解析ステップ 20 (2.1E-9)

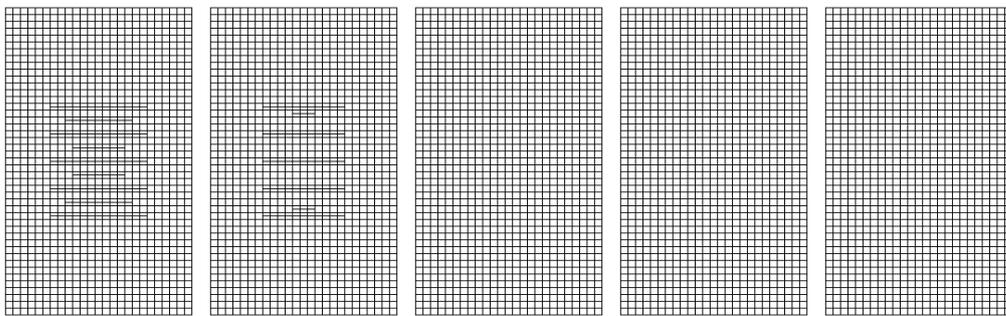


図 3.4-9(3) 解析ステップ 50(5.7E+2)

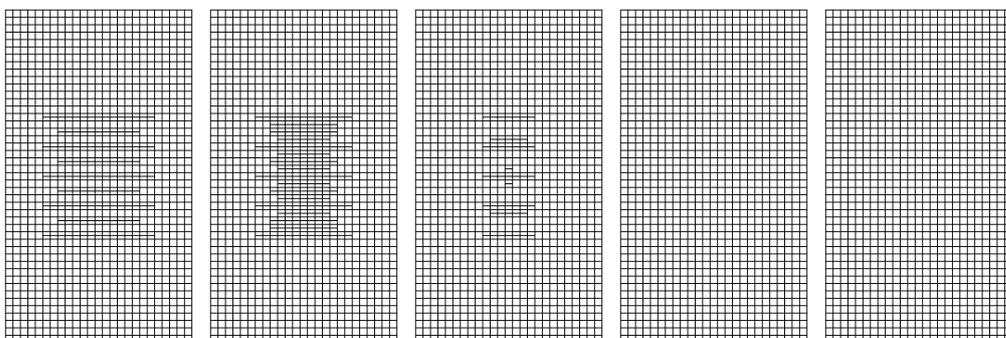


図 3.4-9(4) 解析ステップ 100(1.1E+3)

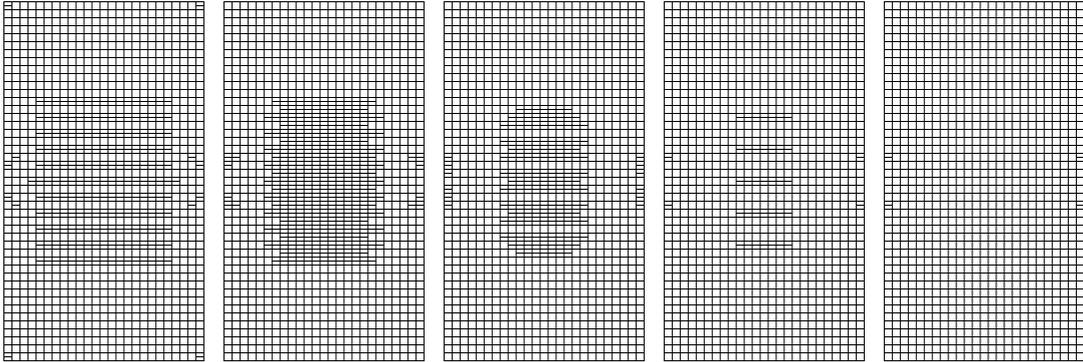


図 3.4-9(5) 解析ステップ 200(9.0E+4)

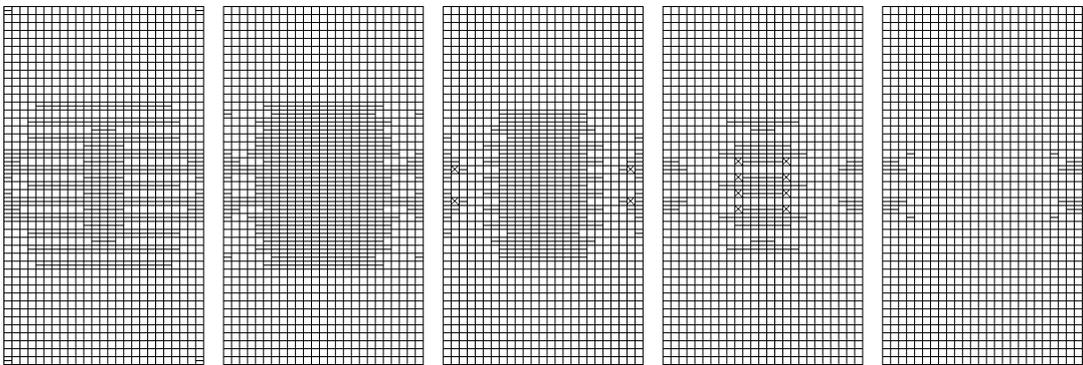


図 3.4-9(6) 解析ステップ 300(2.3E+5)

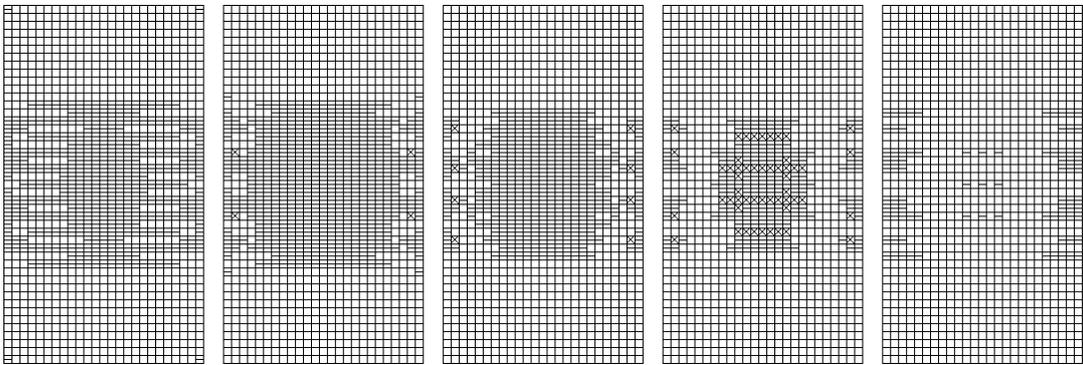


図 3.4-9(7) 解析ステップ 400(4.3E+5)

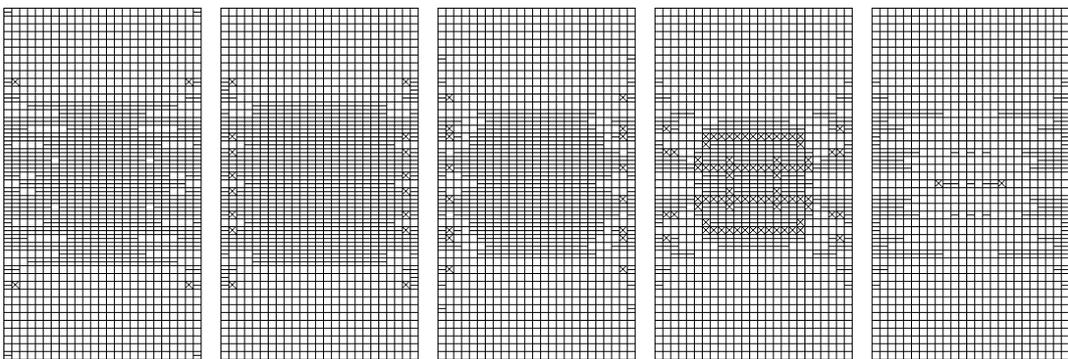


図 3.4-9(8) 解析ステップ 500(9.2E+5)

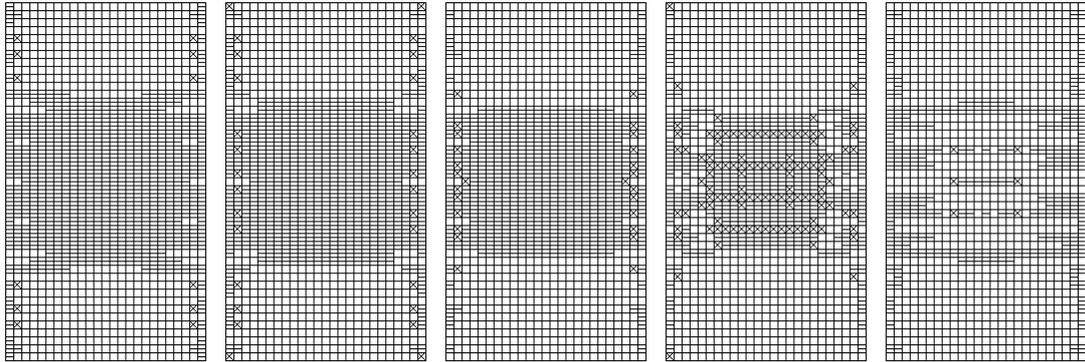


図 3.4-9(9) 解析ステップ 600(2.6E+6)

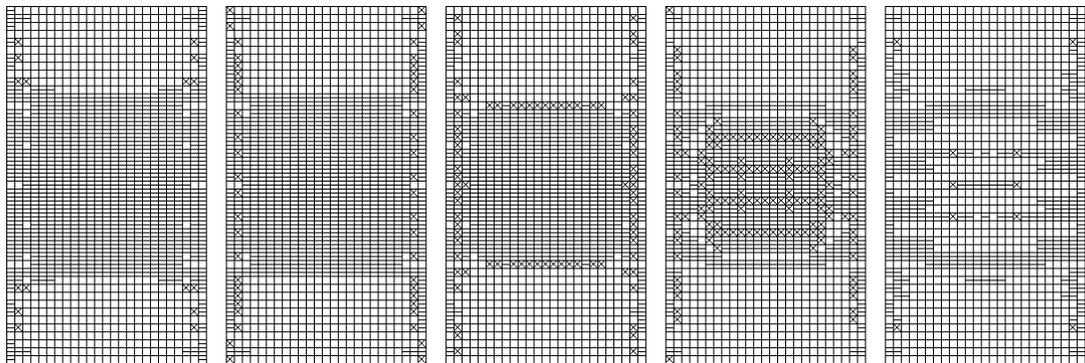


図 3.4-9(10) 解析ステップ 700(6.7E+6)

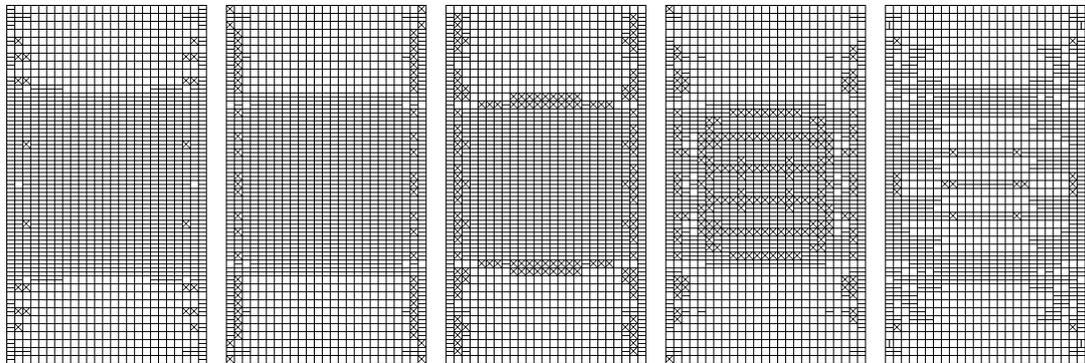


図 3.4-9(11) 解析ステップ 800(1.6E+7)

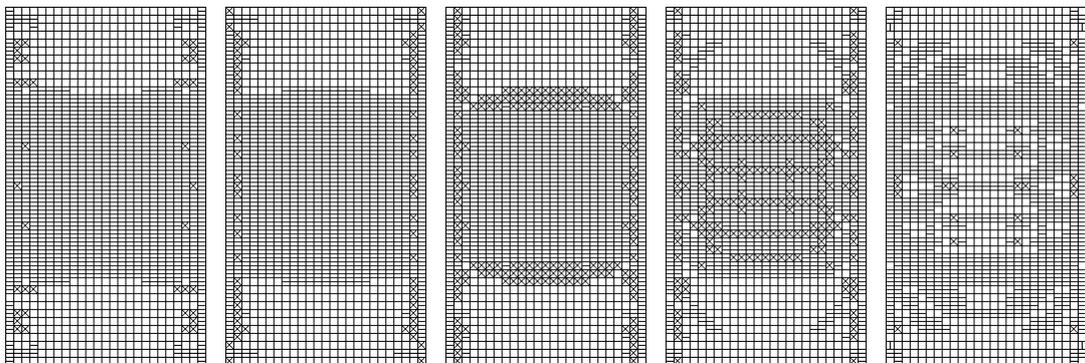


図 3.4-9(12) 解析ステップ 900(2.4E+7)

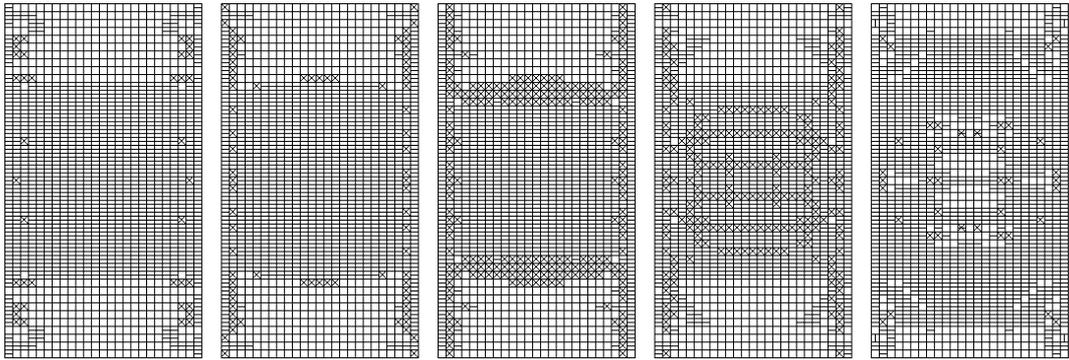


図 3.4-9(13) 解析ステップ 1000(3.1E+7)

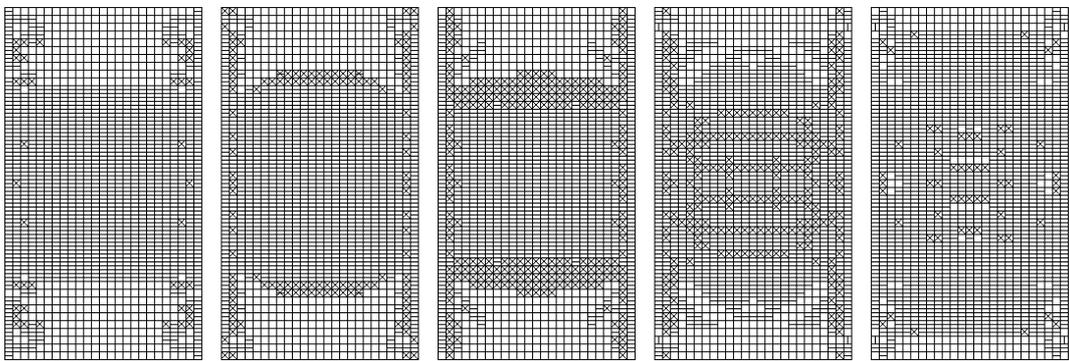


図 3.4-9(14) 解析ステップ 1100(3.9E+7)

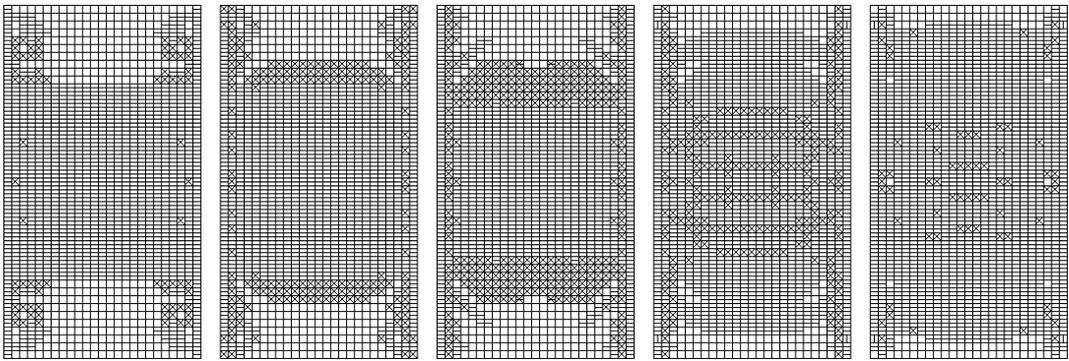


図 3.4-9(15) 解析ステップ 1200(5.4E+7)

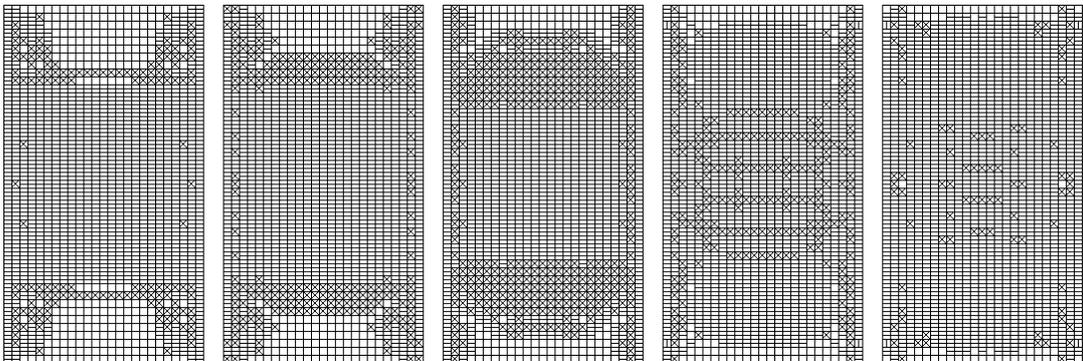


図 3.4-9(16) 解析ステップ 1300(7.0E+7)

(3) 考察

以上より、得られた結果は次の通り。

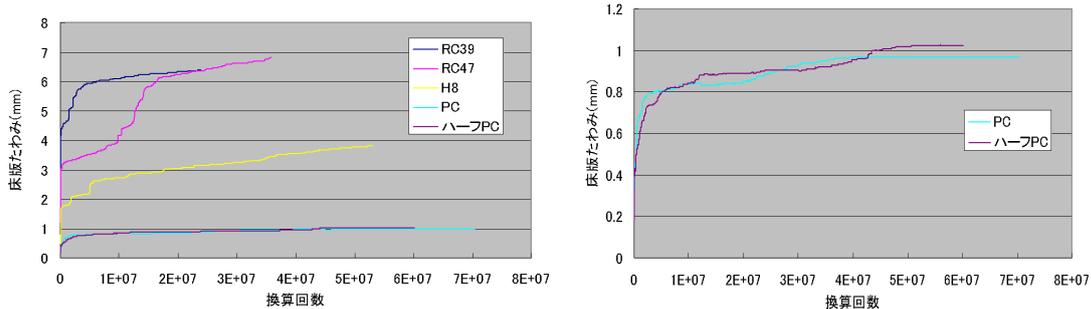
解析結果から損傷要素の損傷方向を調べると、おおむね、プレストレス導入方向と同様の方向に損傷しており（ひび割れが発生しており）、損傷の仕方は実験結果に類似している。

たわみに関しては、実験は階段载荷が行われた結果しかないが、それを初期荷重に換算しても階段状に増加している。これは、荷重を増加させることで、疲労で破壊する以外の要素で破壊していることを示している（耐荷力で破壊されていることを示している）。解析は一定荷重で行っており、比較はできない。ただし、今までの実験における初期荷重のたわみ量のRC床版とPC床版の違いは再現できている。

内部鋼材の応力（ひずみ）はRC床版での解析時同様、コンクリートの損傷要素位置に、着目する鋼材がある場合には、鋼材の応力は大きく変動するが、変動するのはその要素のみであり、これは実験におけるひび割れ位置とゲージ位置の関係に類似している。そのため実験で計測された値と解析結果の比較は困難である。

なお、RC39、RC47、H8床版⁶⁾についてここでPC床版の解析に適用した疲労破壊に方向性を考慮する手法での解析を実施した。また、プレストレス量を変化させたケースとして既往の実験結果がある50%プレレストレスト床版（以下、「ハーフPC」という）⁷⁾についても解析を実施した。その結果を図3.4-10に示す。

RC床版に比べてPC床版のたわみが少なく推移する傾向は既往の実験結果とも整合する結果であり、たわみが抑制されることと引張応力が生じにくいことから疲労ダメージの蓄積が抑制されることがプレストレスの導入による疲労耐久性向上に寄与している可能性が示唆される。



(1)計算結果比較

(2)PC とハーフ PC の比較

図 3.4-10 同荷重(157kN)での計算結果（各ケースとも 1300 ステップまで）

3.4.3 鋼コンクリート合成床版の検討

既往の輪荷重走行試験では、鋼コンクリート合成床版の多くは荷重漸増載荷の条件下でRC床版に比べて走行回数が増え疲労耐久性に優れると考えられている。しかし床版下面が底鋼板で覆われていることから試験途中の段階でのひび割れの状態（発生、進展）は確認が困難であり実際の損傷過程については不明な点も多い。また床版によっては輪荷重走行試験終了後の供試体を切断した結果内部にひびわれが生じていたものもあることが報告されている。

ここでは、過去に輪荷重走行試験が行われている床版のうち破壊性状が確認されたことのある以下の鋼コンクリート合成床版を対象に検討を行う。

- ① 帯鋼ジベルを用いた合成床版（NP-1， NP-2）⁸⁾
- ② トラス鉄筋床版とロビンソン型床版

(1) 帯鋼ジベルを用いた合成床版（NP-1， NP-2）

既往の輪荷重走行試験では、床版上面（中立軸より上の床版内部の圧縮領域）において、水平方向のひび割れが進展し、床版が重ね梁化し破壊した例がある。これは、コンクリート内部に配置された帯板上のジベル天端付近において、鋼材近傍のコンクリートに発生した引張応力の繰り返しの影響によってコンクリートが疲労破壊したことが起因となっていることが疑われた⁸⁾。

解析条件は、RC床版と同様、境界条件は、橋軸側（両側）の最下段接点を鉛直方向に移動固定した。

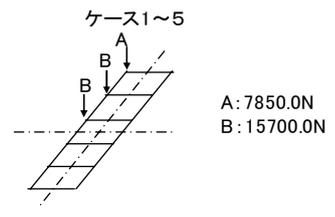
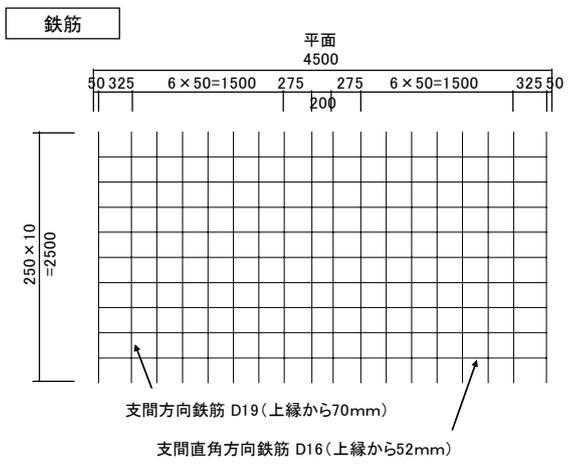
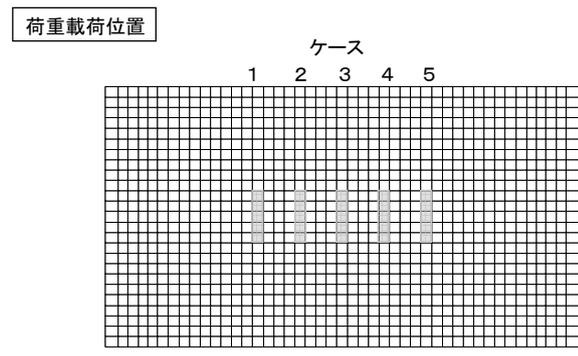
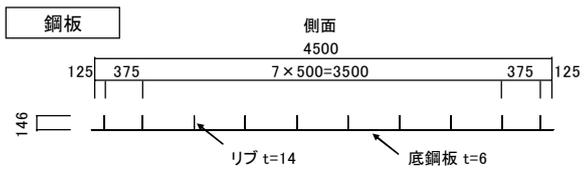
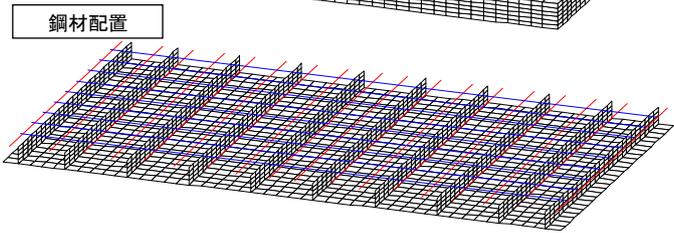
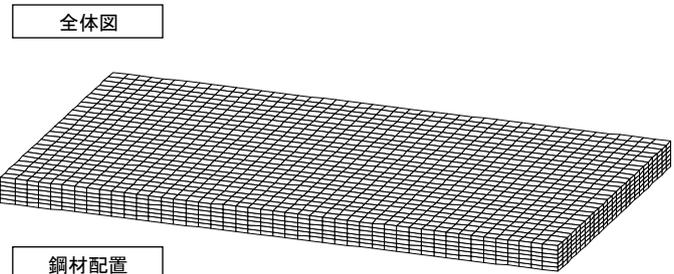
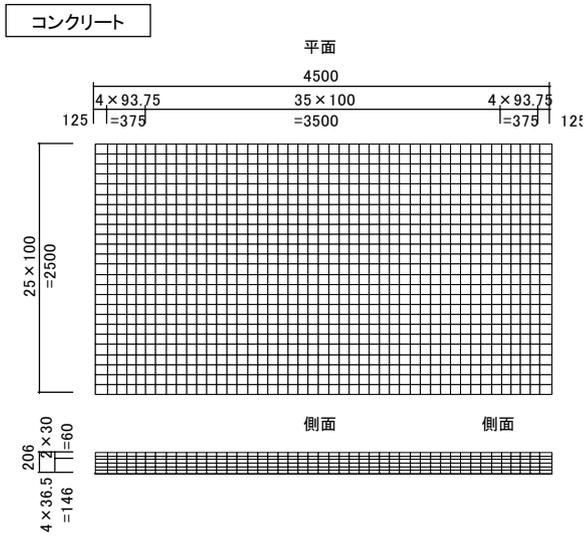


図 3.4-11 解析モデル (NP-1)

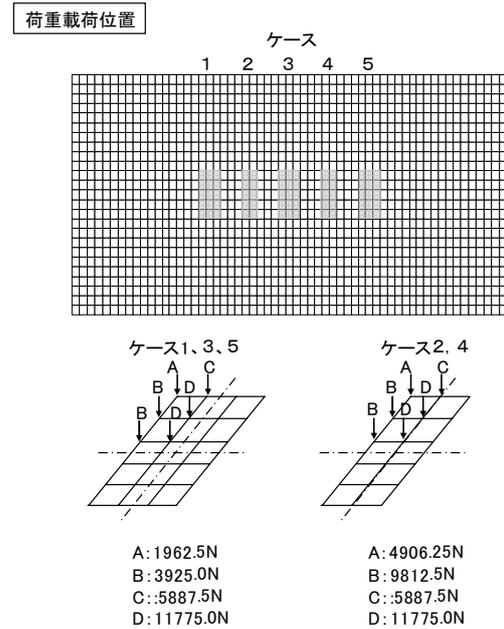
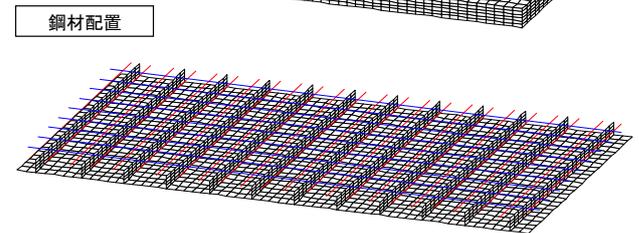
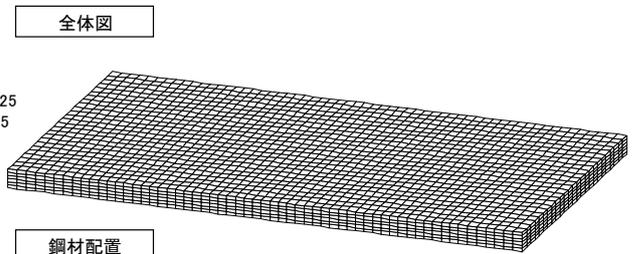
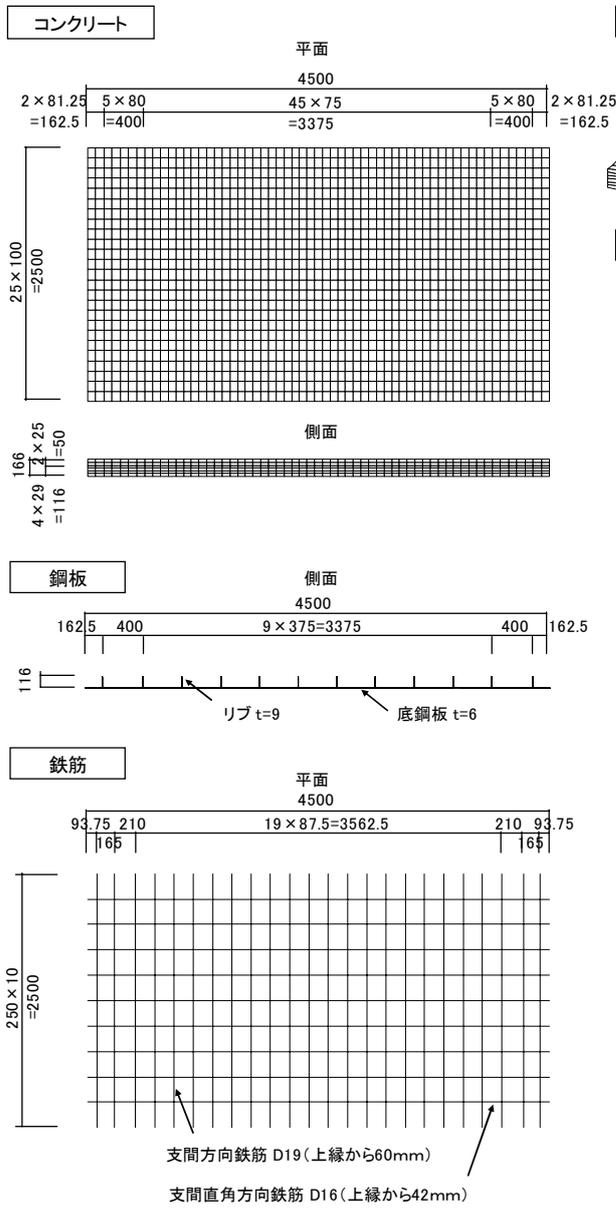


図 3.4-11 解析モデル(NP-2)

・物理定数

| 床版 | 厚さ (mm) | 弾性係数 (N/mm ²) | | 支間方向鋼材 | | 支間直角方向鋼材 | |
|-----|----------------|---------------------------|---------------------|--------|------------|----------|---------|
| | | コンクリート | 鋼材 | 位置(mm) | 鋼材 | 位置(mm) | 鋼材 |
| NP1 | 200 (200+6) | 3.11×10 ⁴ | 2.0×10 ⁵ | 70 | D19@250 | 52 | D16@250 |
| | | | | 206 | t=6mm | 206 | t=6mm |
| | | | | 130 | 16*140@500 | - | - |
| NP2 | 166 (160+6) | 3.89×10 ⁴ | 2.0×10 ⁵ | 60 | D19@187.5 | 42 | D16@250 |
| | | | | 166 | t=6mm | 166 | t=6mm |
| | | | | 105 | 9*110@375 | - | - |

・載荷荷重

157kN (NP-2のみ途中で216kNに増加させたケースを実施)

・載荷方法

前出のRC床版の計算と同様に、500mm(支間方向)×200mm(支間直角方向)の荷重を想定し、各節点の支配面積に応じた割合で、節点荷重として載荷を表現している。

RC床版の計算と同様に、床版の疲労はコンクリートの疲労により生じると仮定し、各コンクリート要素の累積損傷度から疲労により破壊したものとみなす要素を抽出した。

主引張応力変化量による歪みエネルギーがコンクリートの破壊の主要因と仮定した場合である3章の検討に用いたケース⑦の被害則を採用した。

疲労後の要素は、支間方向、支間直角方向、鉛直方向のいずれか最も累積損傷の大きい方向の弾性係数が1/10に低下するものとした。

疲労破壊後も鋼材との付着は切れないものと仮定している。

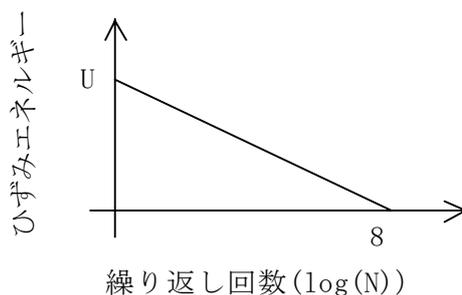


図 3.4-12 解析で使用了した疲労曲線

解析結果を図 3.4-13～17 に示す。

解析の結果、実験と同様に帯板リブ天端付近で水平方向のクラックが生じたことに対応する損傷が生じた。

水平方向のクラックは、内部鋼材の配置によりひび割れ方向が限定される場合があり、PC床版のように損傷方向を限定させる手法が有効であると思われる。

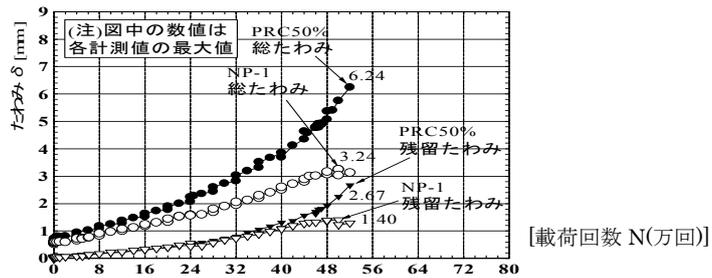


図 3.4-13 たわみ計測結果(NP-1)

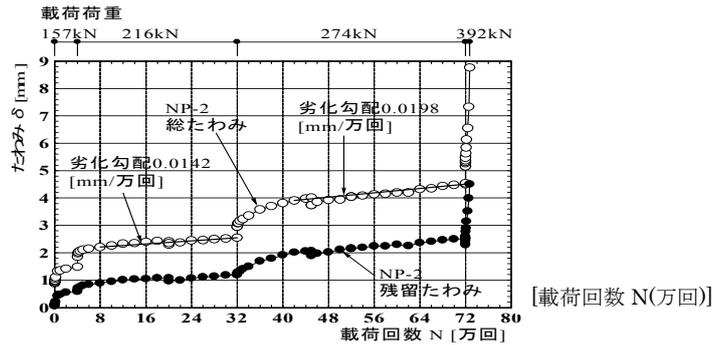


図 3.4-14 たわみ計測結果 (NP-2)

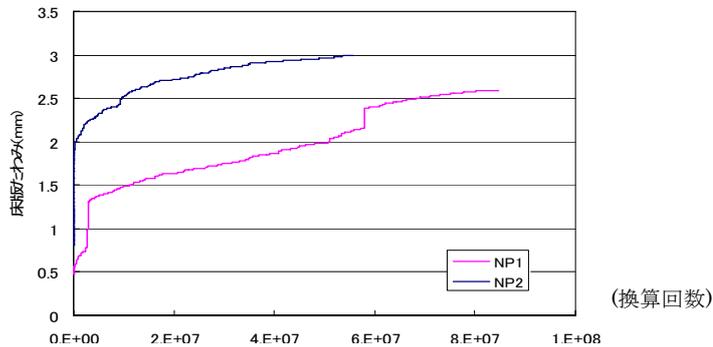


図 3.4-15 たわみの計算値比較

・要素破壊の状況 (NP-1 床版 (157kN 一定载荷))

なお、要素内に縦線「|」または横線「—」がある要素ではそれと直交する方向に要素が破壊したことを示す。また「×」は水平方向の破壊を示す。

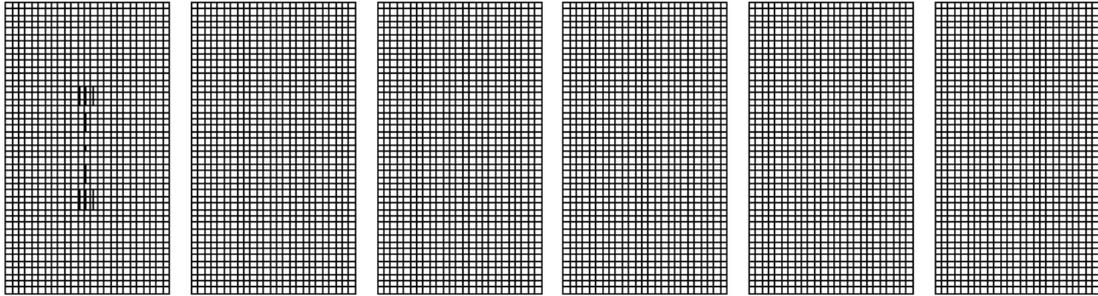


図 3.4-16(1) 解析ステップ 10

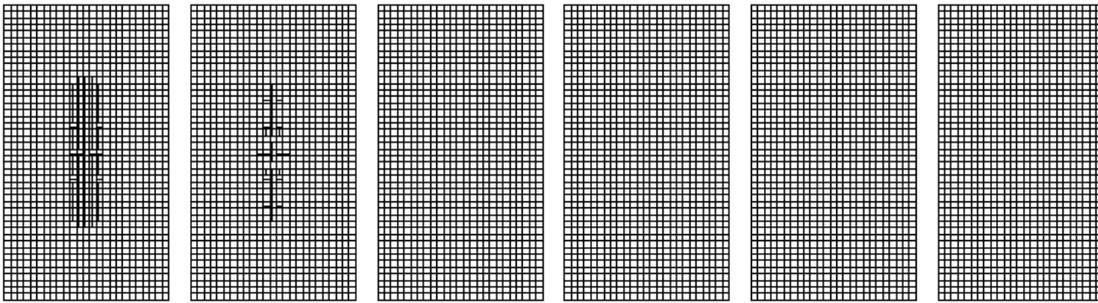


図 3.4-16(2) 解析ステップ 50

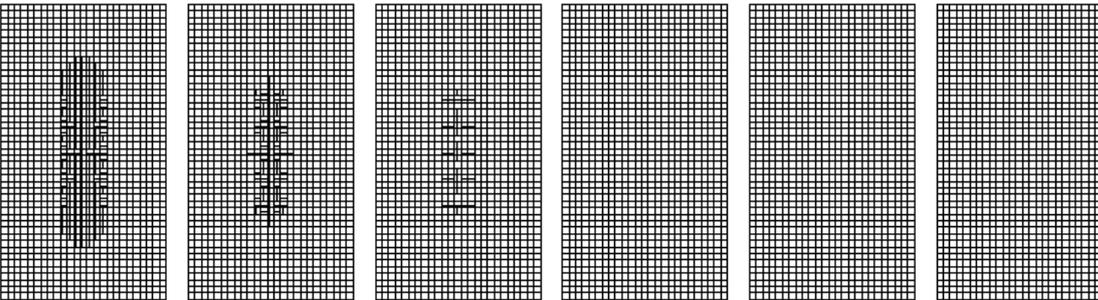


図 3.4-16(3) 解析ステップ 100

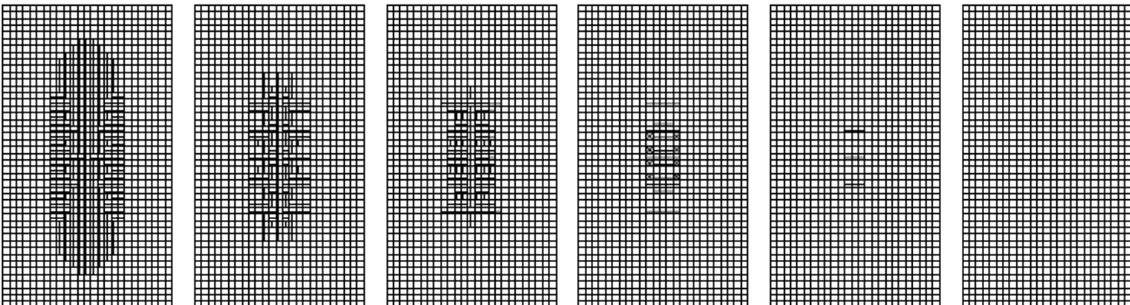


図 3.4-16(4) 解析ステップ 200

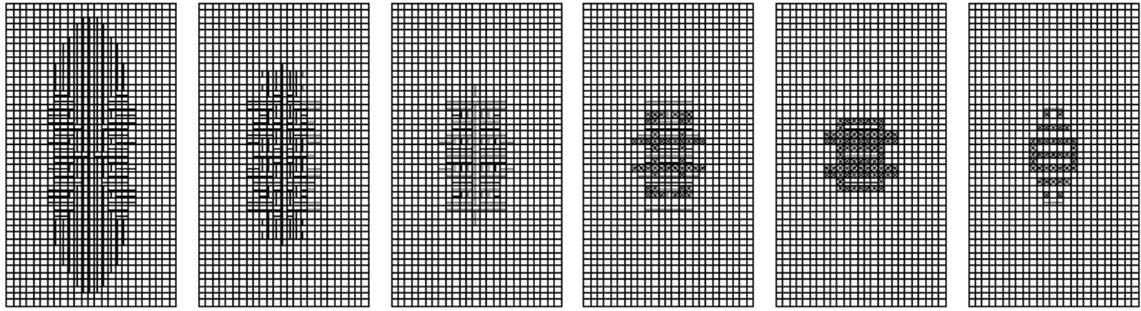


図 3.4-16(5) 解析ステップ 300

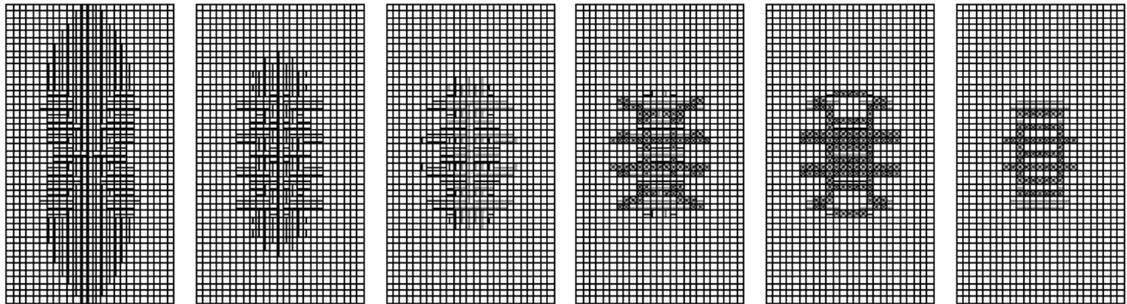


図 3.4-16(6) 解析ステップ 400

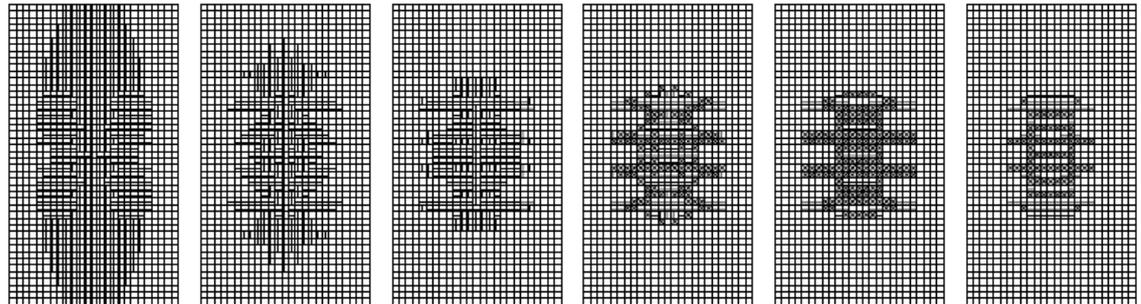


図 3.4-16(7) 解析ステップ 500

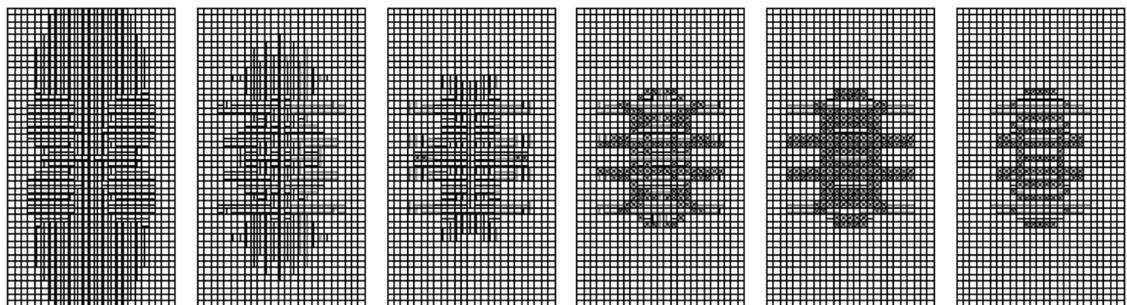


図 3.4-16(8) 解析ステップ 600

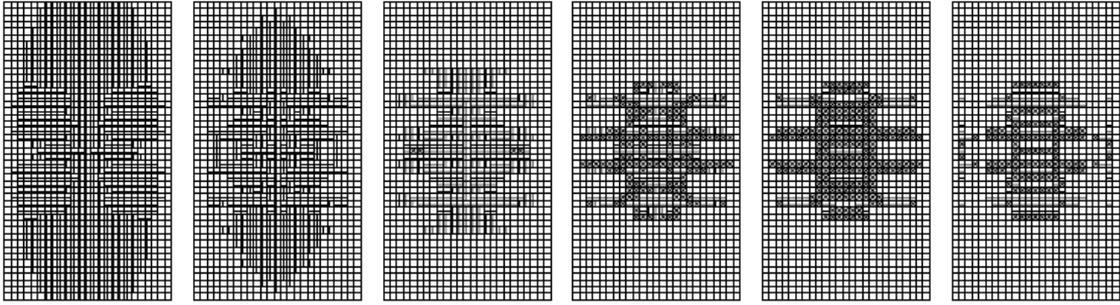


図 3.4-16(9) 解析ステップ 700

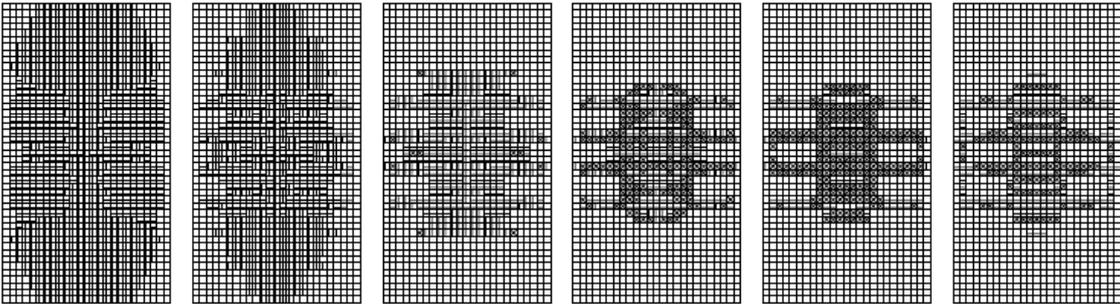


図 3.4-16(10) 解析ステップ 800

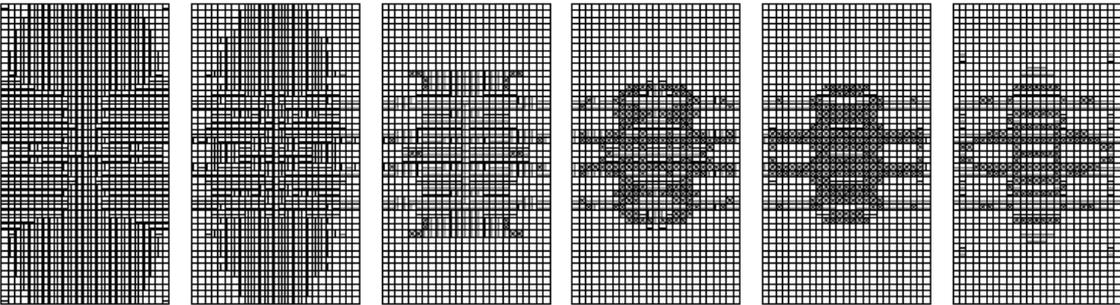


図 3.4-16(11) 解析ステップ 900

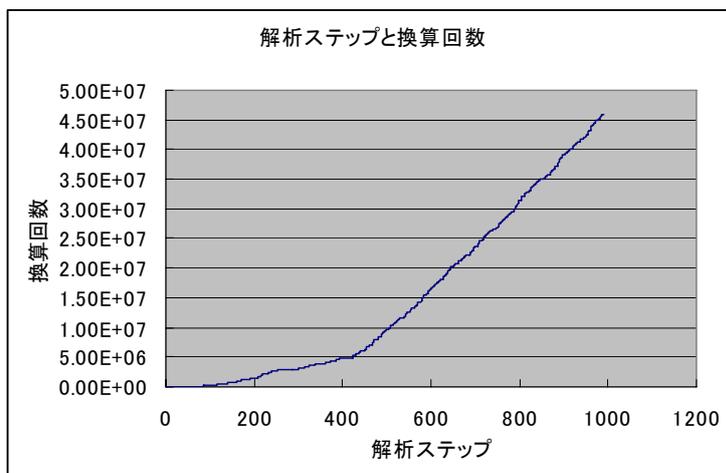


図 3.4-17 解析ステップと換算回数の関係 (NP-1)

・要素破壊の状況 (NP-2 床版 (157kN 一定載荷))

なお、要素内に縦線「|」または横線「—」がある要素ではそれと直交する方向に要素が破壊したことを示す。また「×」は水平方向の破壊を示す。図側の「—」は、リブ位置

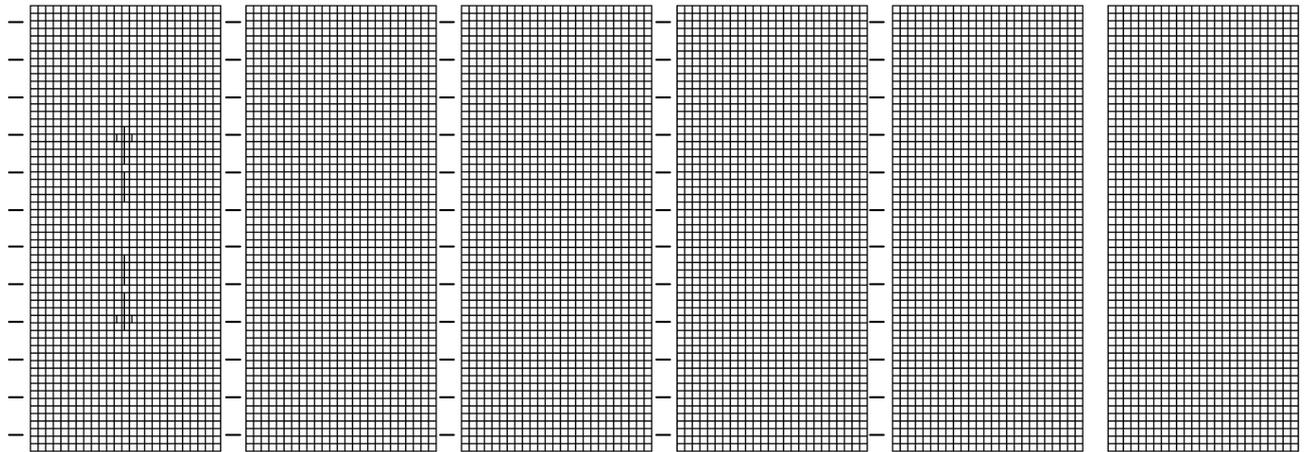


図 3.4-18(1) 解析ステップ 10

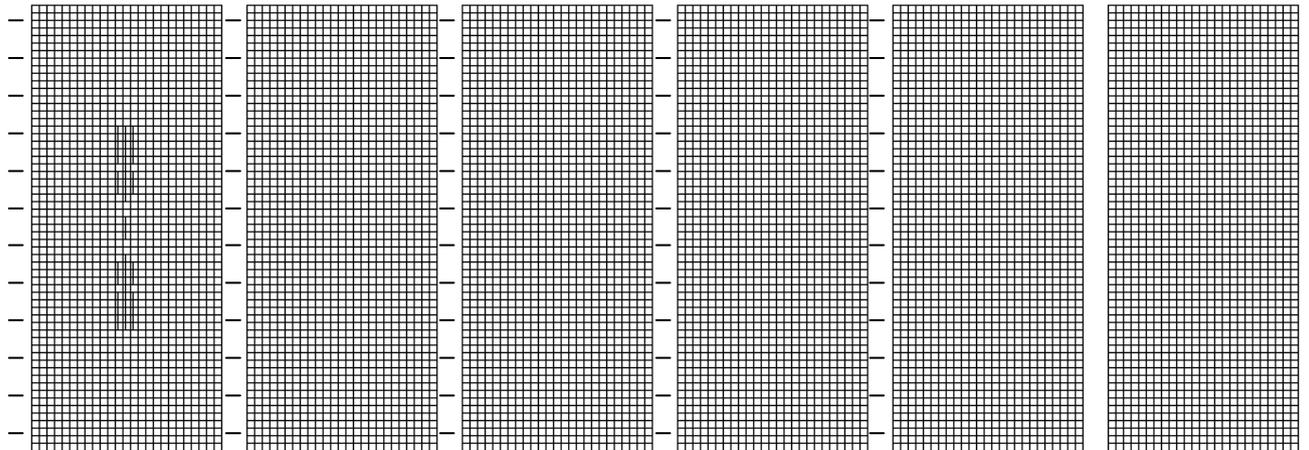


図 3.4-18(2) 解析ステップ 20

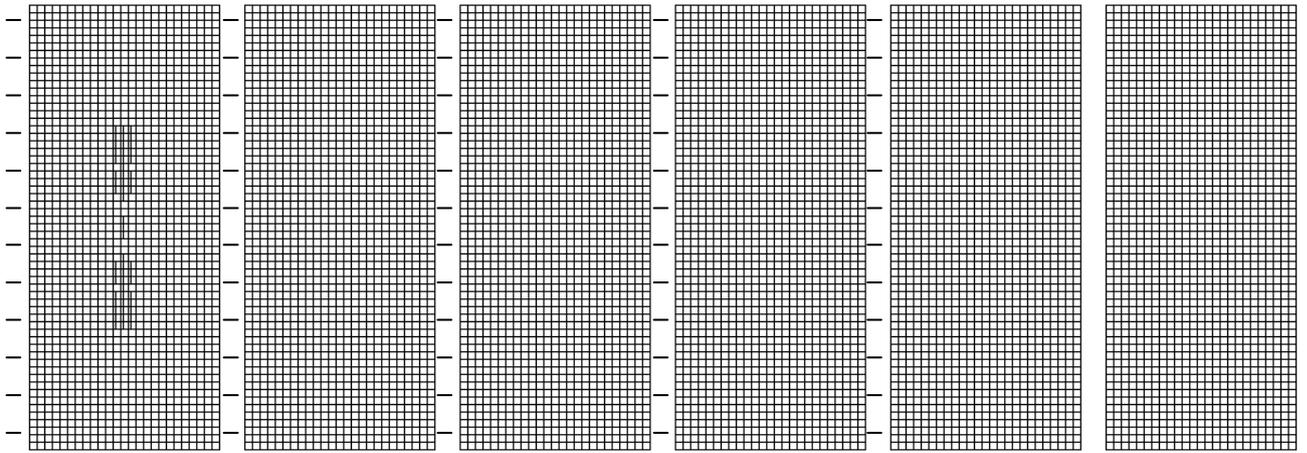


図 3.4-18(3) 解析ステップ 50

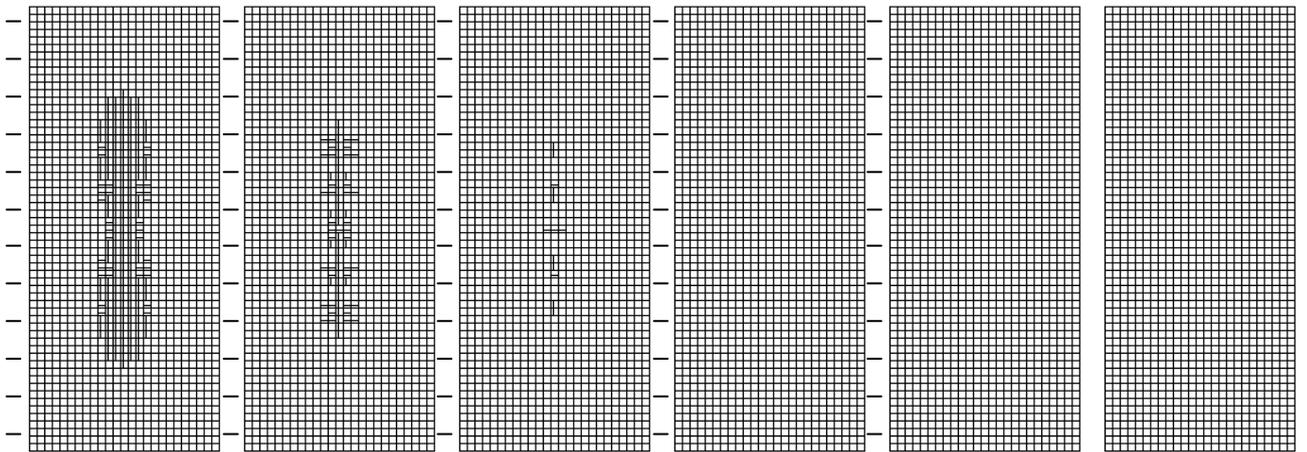


図 3.4-18(4) 解析ステップ 100

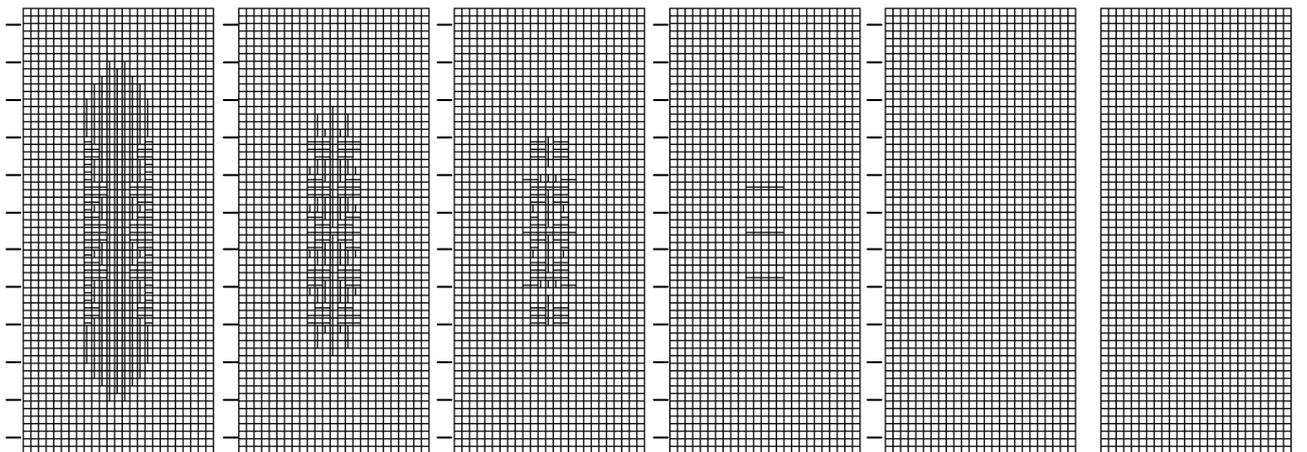


図 3.4-18(5) 解析ステップ 200

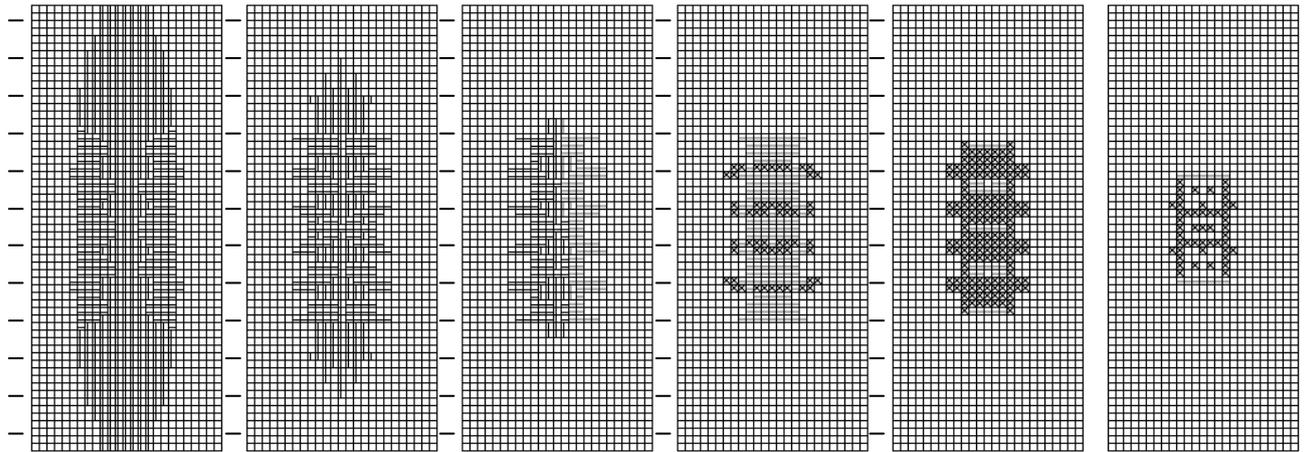


図 3.4-18(6) 解析ステップ 500

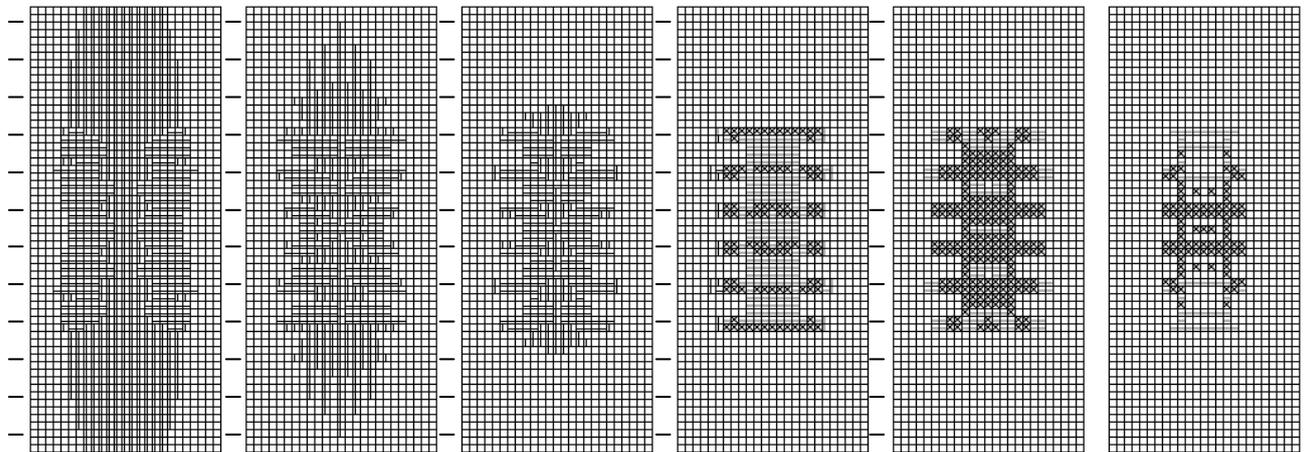


図 3.4-18(7) 解析ステップ 700

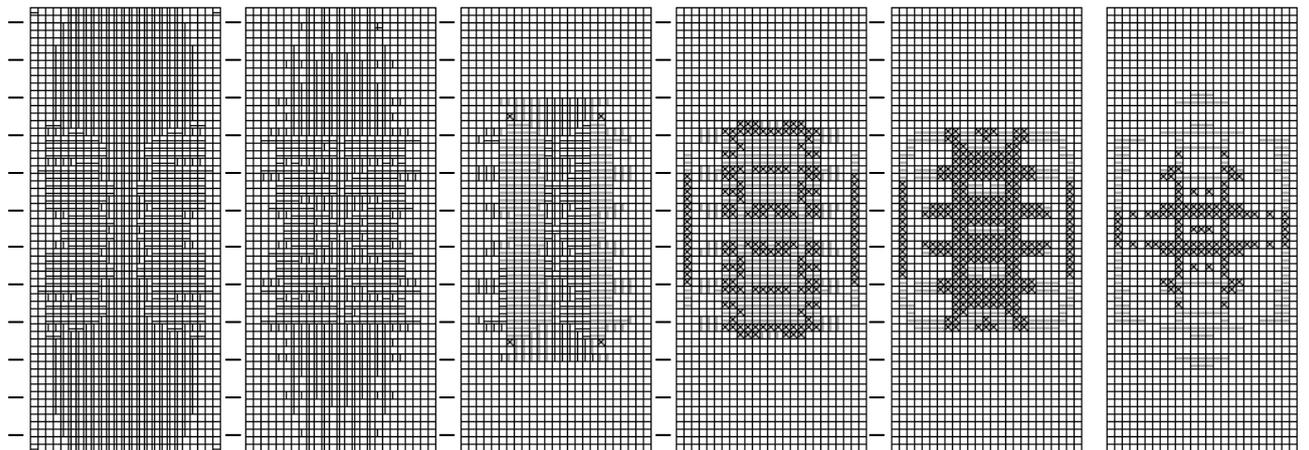


図 3.4-18(8) 解析ステップ 1000

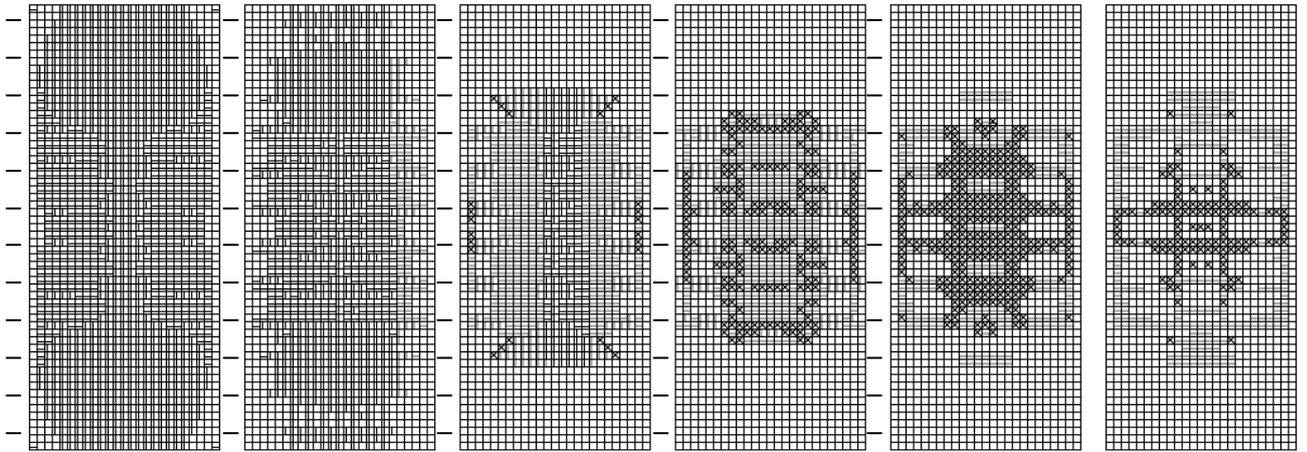


図 3.4-18(9) 解析ステップ 1200

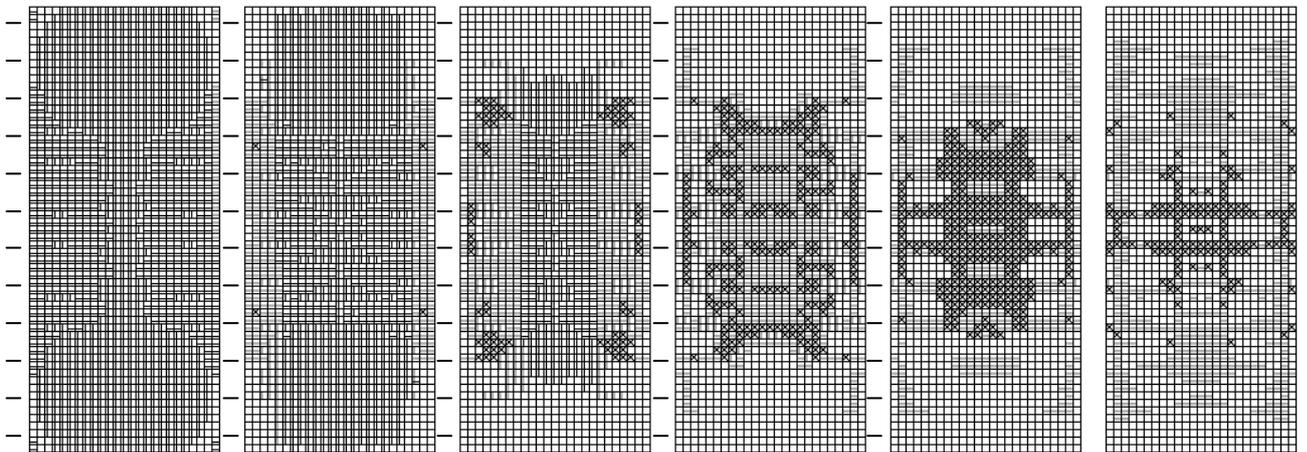


図 3.4-18(10) 解析ステップ 1500

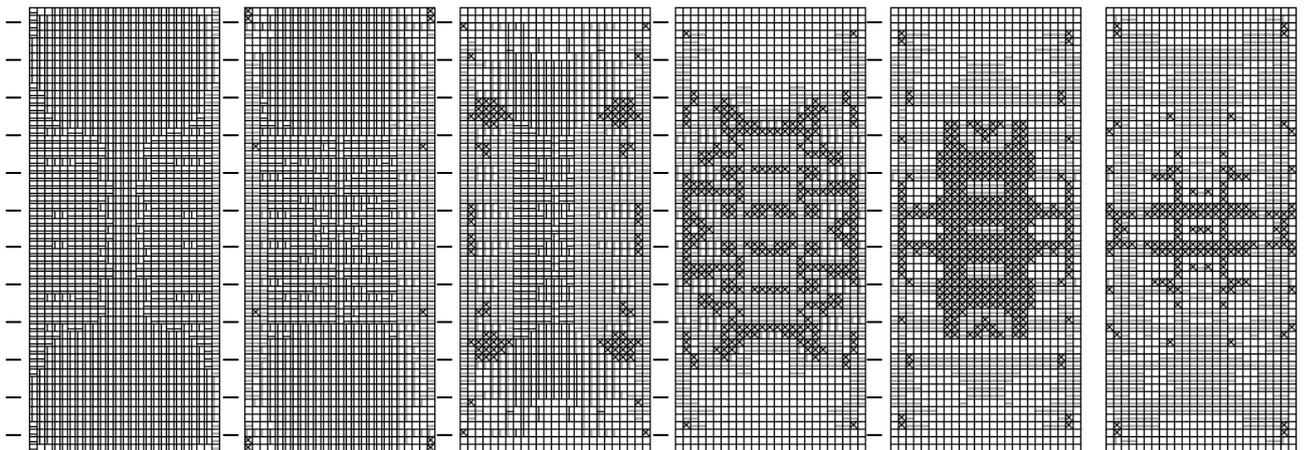


図 3.4-18(11) 解析ステップ 1800

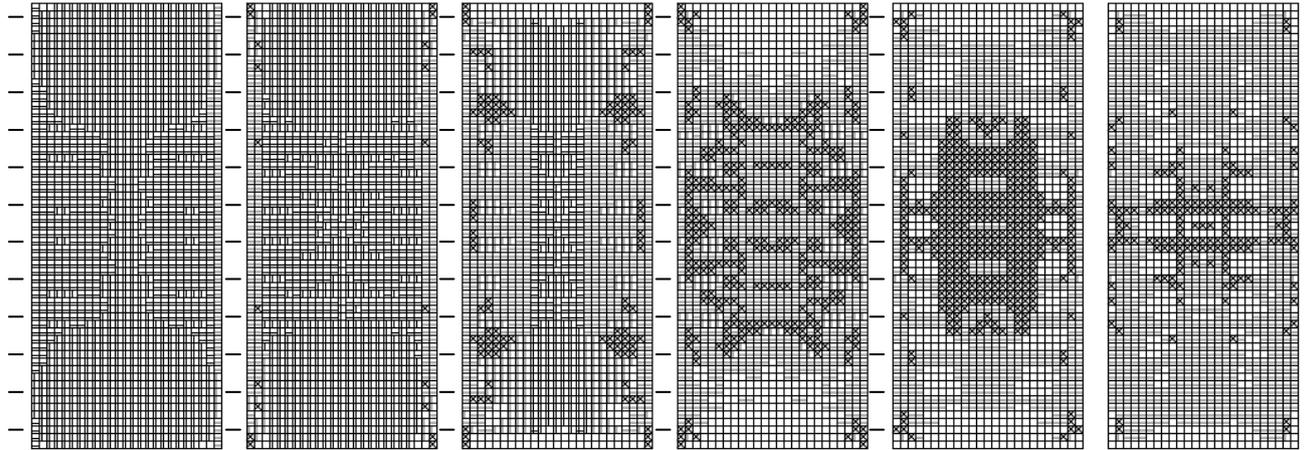


図 3.4-18(12) 解析ステップ 2000

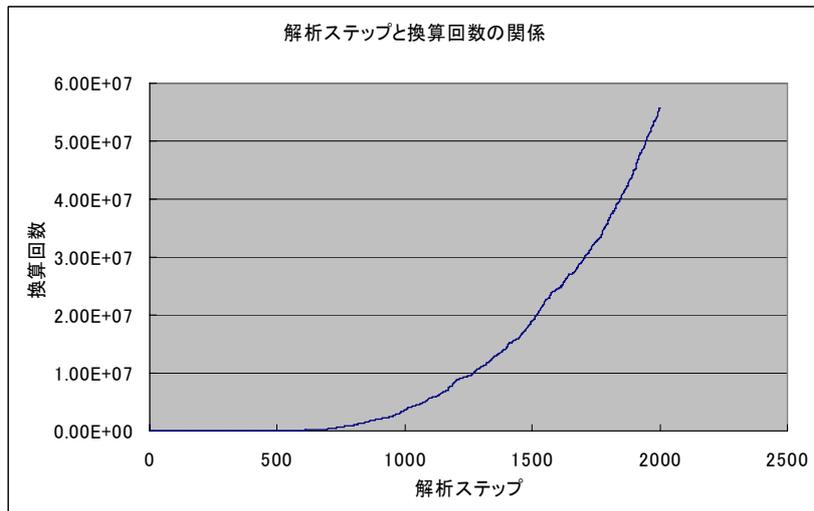


図 3.4-19 解析ステップと換算回数の関係

(2) トラス鉄筋床版とロビンソン型床版

トラス鉄筋床版の解析モデルは、床版コンクリートにソリッド要素、底鋼板に板要素を用いて作成した。底鋼板の板要素の節点はソリッドと共有するものとした。このため、コンクリートと鋼板との間で生じる付着切れは表現できないモデルとした。トラス鉄筋およびその他の鉄筋は、埋め込み鉄筋要素を用いてモデル化した。埋め込み鉄筋要素を用いた鉄筋も、鋼板と同様、コンクリートとの付着切れは表現できないモデルとしている。

モデルの支持条件は RC 床版の計算と同様、モデルの長辺側最下層の節点の鉛直方向（荷重作用方向）移動を拘束し、鉛直方向に RC 床版の計算と同じ 157kN の荷重を 5 箇所作用させた。

解析で用いた材料特性およびモデル化の概要を以下に示す。

表 3.4-8 材料特性

| | 弾性係数 (N/mm ²) | 圧縮強度 f_c (N/mm ²) | 引張強度* f_t (N/mm ²) |
|--------|------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|
| コンクリート | 2.67×10^4 | 36.9 | 2.55 |
| 鋼材 | 2.0×10^5 | - | - |

$f_t = 0.23 \cdot f_c^{2/3}$

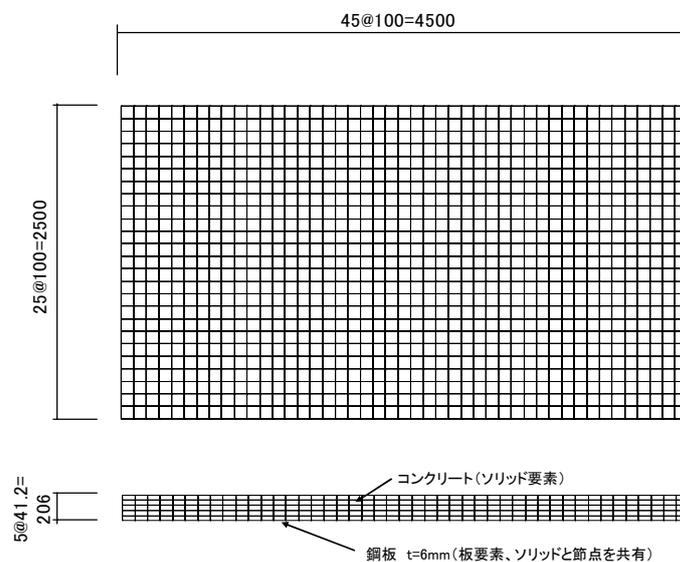


図 3.4-20(1) トラス鉄筋床版の解析モデル概要(1)

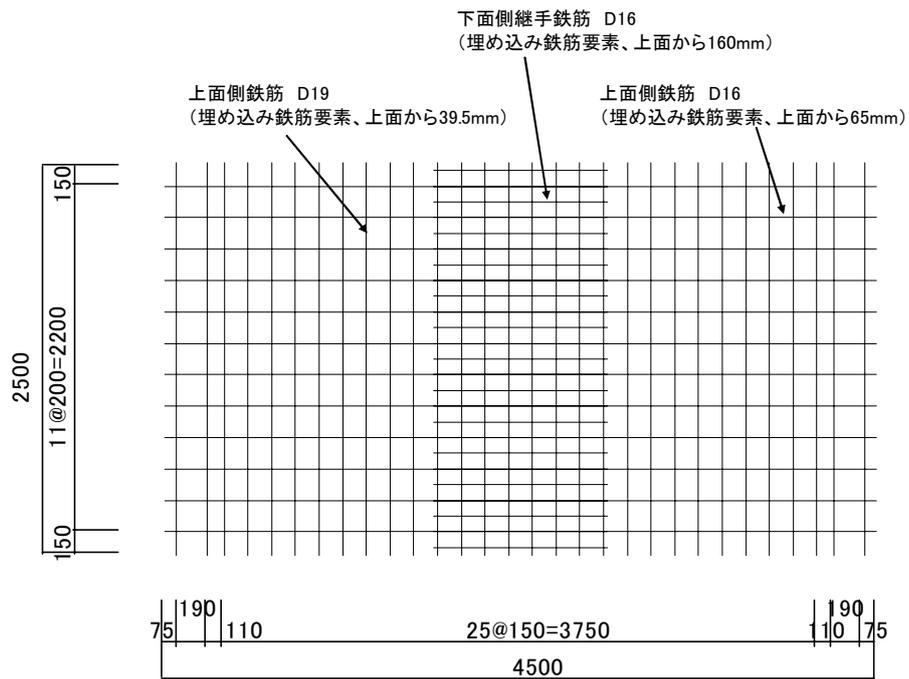


図 3.4-20(2) トラス鉄筋床版の解析モデル概要(2)

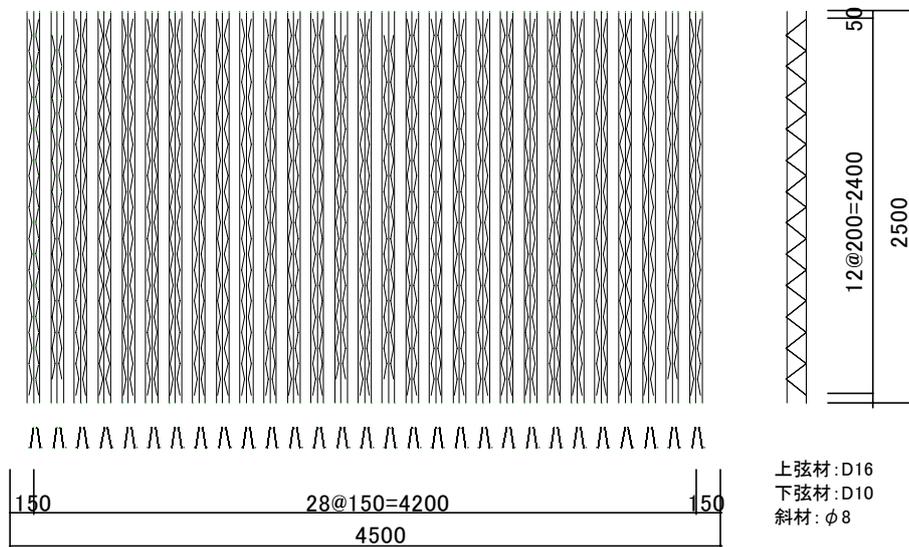


図 3.4-20(3) トラス鉄筋床版の要素分割概要(3)

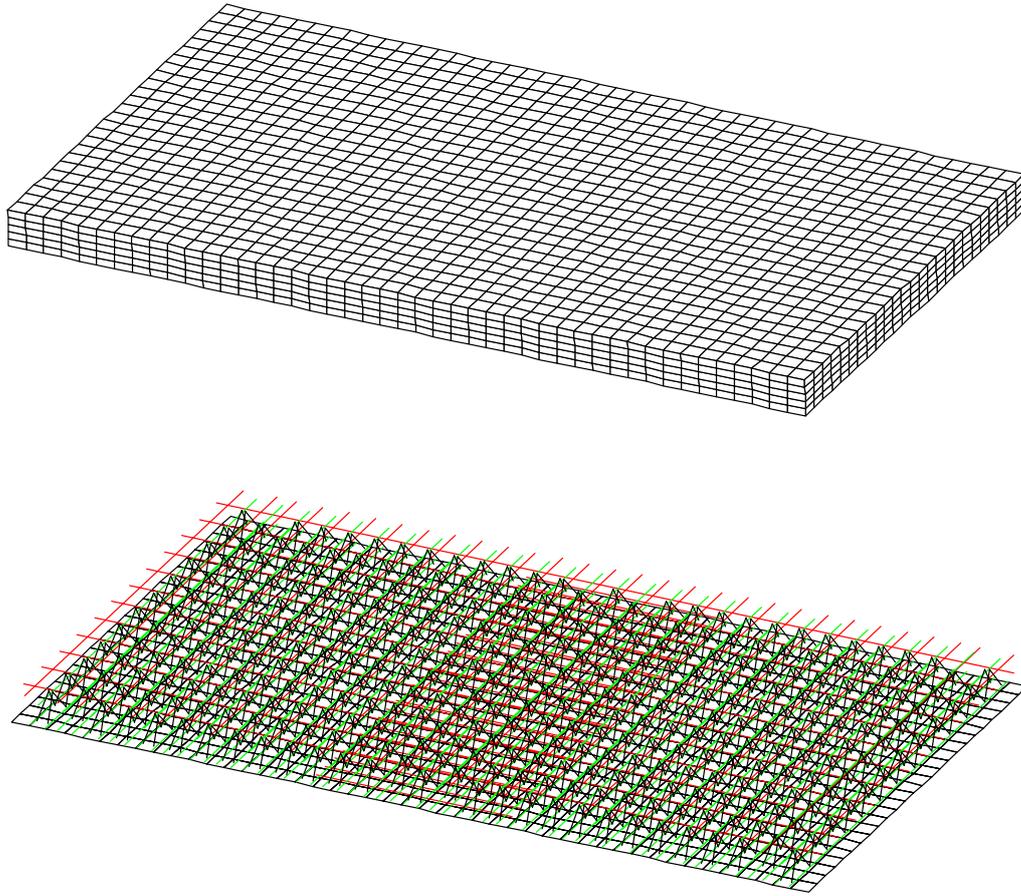


図 3.4-21 トラス鉄筋床版解析モデル概要(上:全体モデル、下:鋼材配置)

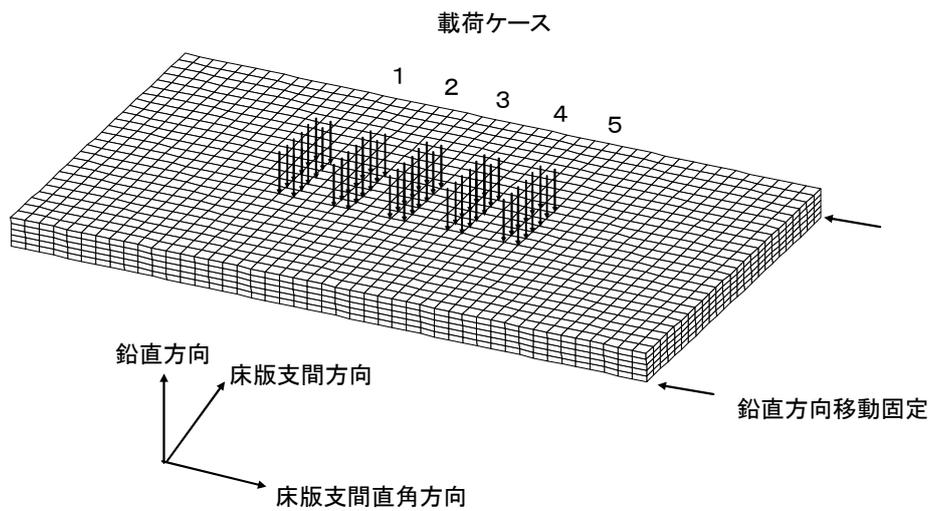


図 3.4-22 荷重ケースと境界条件

ロビンソン型床版の解析モデルはトラス鉄筋床版の解析モデルと同様に作成した。コンクリートにソリッド要素、底鋼板およびリブに板要素、鉄筋は埋め込み鉄筋要素を用いた。コンクリートと鋼材間の付着についても、トラス鉄筋床版と同様に表現できないモデルとなっている。荷重および境界条件についてもトラス鉄筋の計算と同様とした。

解析で用いた材料特性およびモデル化の概要を以下に示す。

表 3.4-9 材料特性

| | 弾性係数 (N/mm ²) | 圧縮強度 f_c (N/mm ²) | 引張強度* f_t (N/mm ²) |
|--------|------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|
| コンクリート | 2.88×10^4 | 37.6 | 2.58 |
| 鋼材 | 2.0×10^5 | - | - |

$$f_t = 0.23 \cdot f_c^{2/3}$$

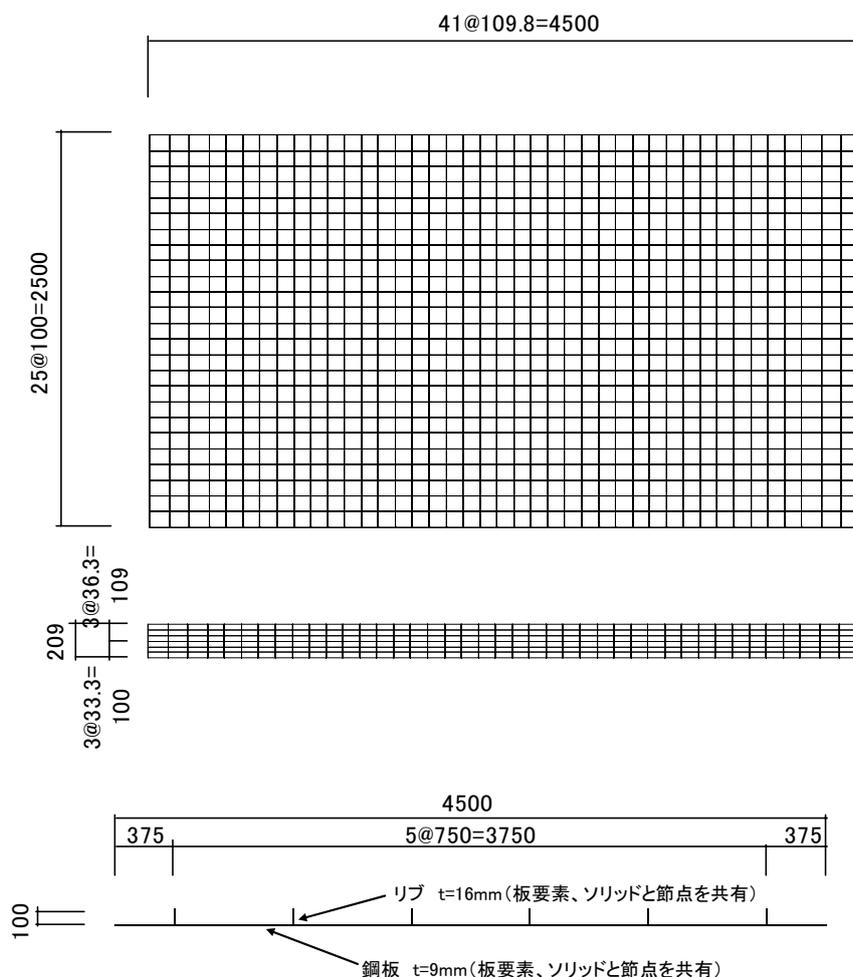


図 3.4-23(1) ロビンソン型床版の要素分割 (1)

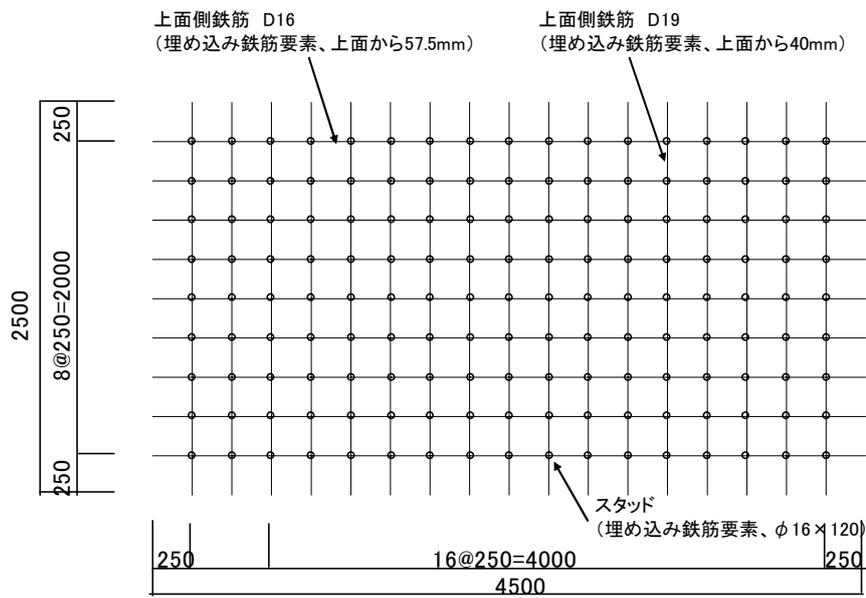


図 3.4-23(2) ロビンソン型床版の要素分割 (2)

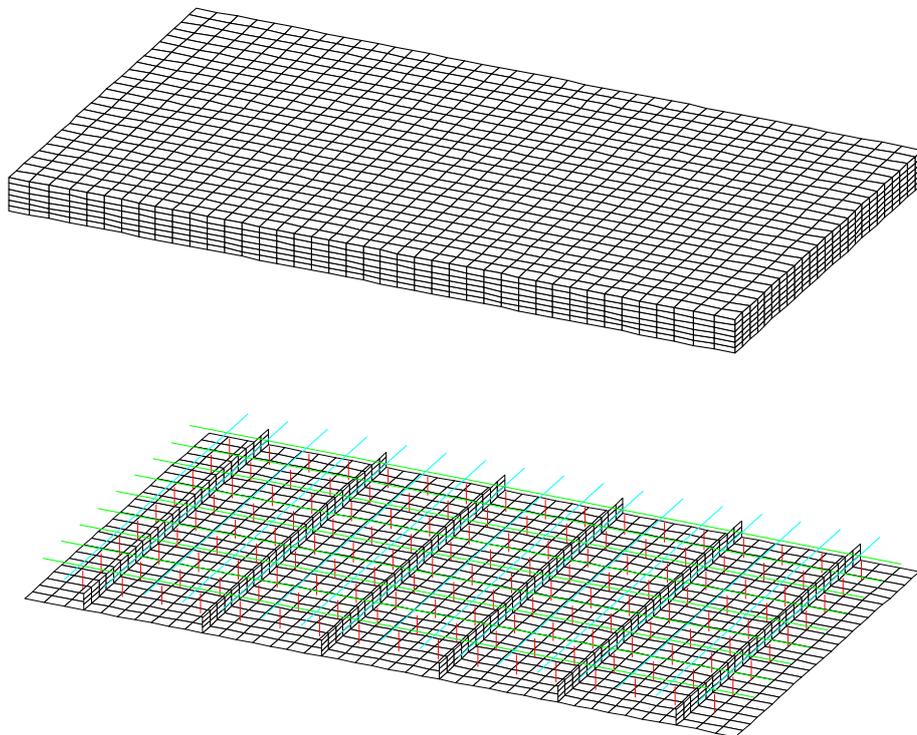


図 3.4-24 ロビンソン型床版の解析モデル概要 (上：全体モデル、下：鋼材配置)

前出のRC床版の計算と同様に、500mm（支間方向）×200mm（支間直角方向）の荷重を想定し、各節点の支配面積に応じた割合で、節点荷重として載荷状態を表現した。

RC床版の計算と同様に、床版の疲労はコンクリートの疲労により生じると仮定し、各コンクリート要素の累積損傷から疲労要素を抽出した。

主引張応力変化量による歪みエネルギーがコンクリートの破壊の主要因と仮定した場合である⑦を採用した。

疲労後の要素は、支間方向、支間直角方向、鉛直方向のいずれか最も累積損傷の大きい方向の弾性係数が1/10に低下するものとした。

疲労破壊後も鋼材との付着は切れないものと仮定している。

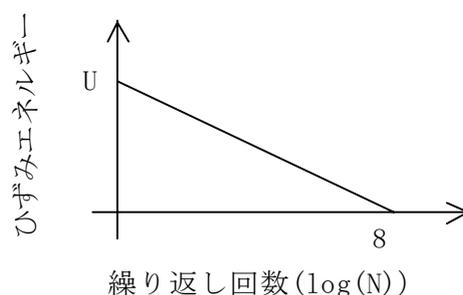


図 3.4-25 解析で用いた疲労曲線

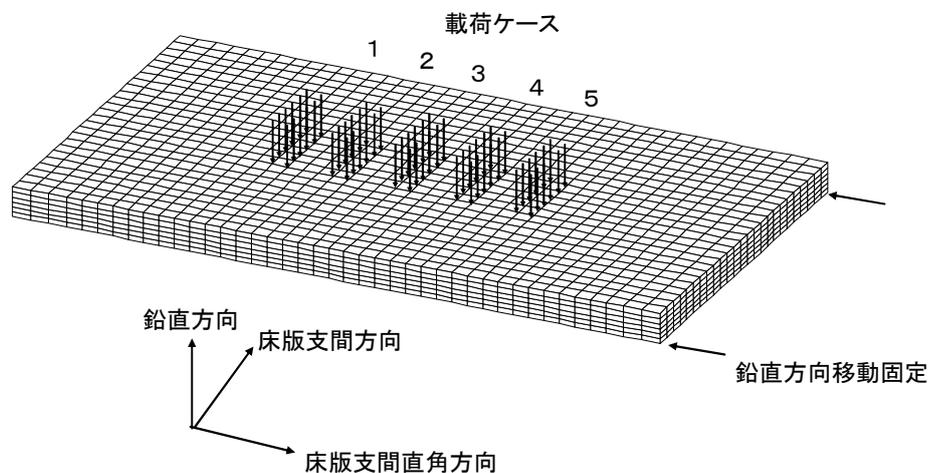


図 3.4-26 荷重ケースと境界条件

解析結果について床版たわみの比較を図 3.2-27,28 に示す。

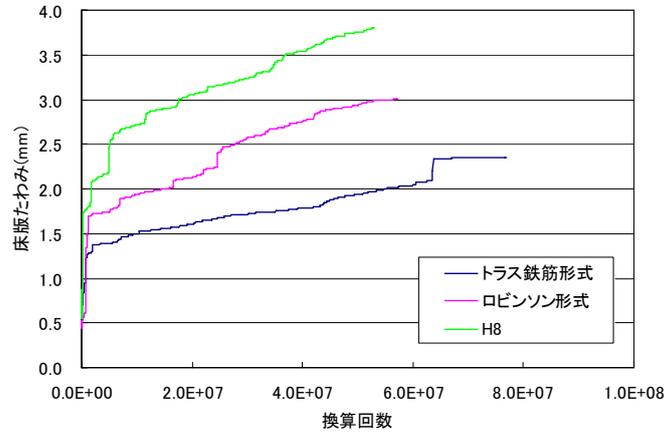


図 3.4-27 床版たわみ (換算回数 $1 \sim 8.0 \times 10^7$ 回)

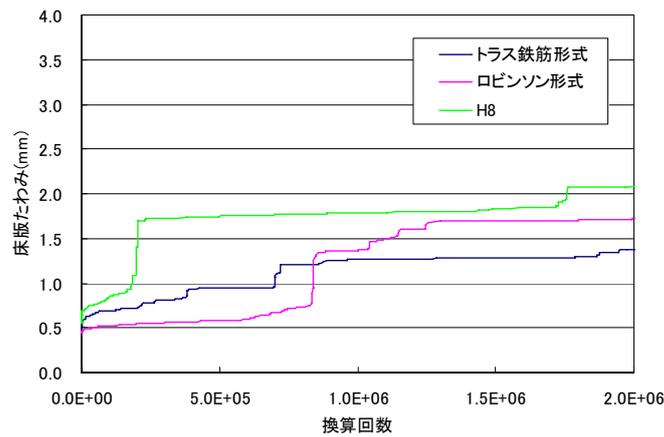


図 3.4-28 床版たわみ (換算回数 $1 \sim 2.0 \times 10^6$ 回)

解析による要素破壊の状況の比較を、図 3.4-29,30 に示す。

図中、要素内に縦線「|」または横線「—」がある要素ではそれと直交する方向に要素が破壊したことを示す。また「×」は水平方向の破壊を示す。

・換算回数 100 回

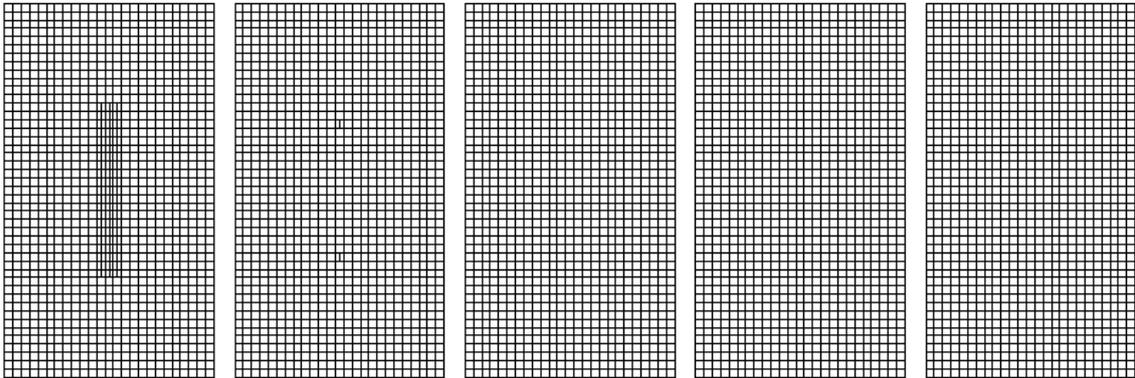


図 3.4-29(1) トラス鉄筋形式 (解析ステップ : 23)

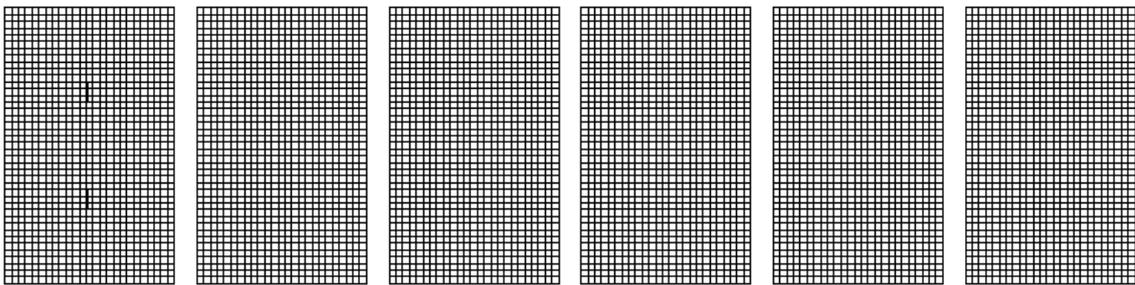


図 3.4-30(1) ロビンソン形式 (解析ステップ : 3)

・換算回数 500 回

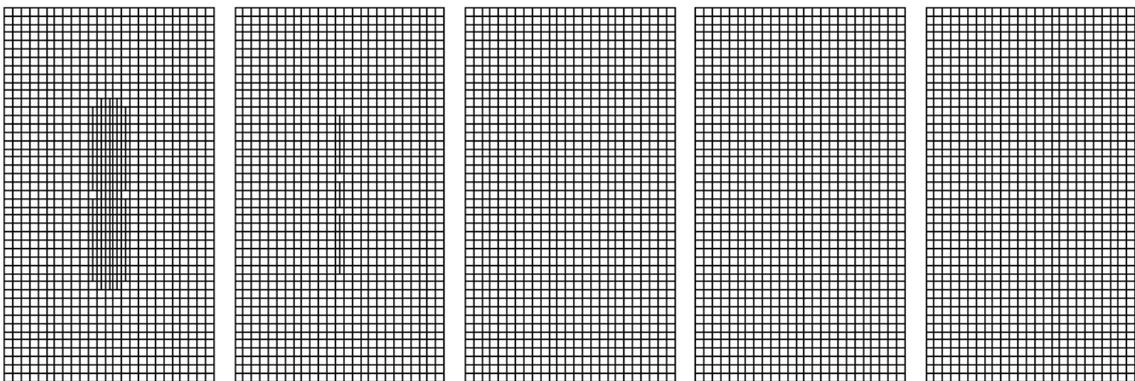


図 3.4-29(2) トラス鉄筋形式 (解析ステップ : 43)

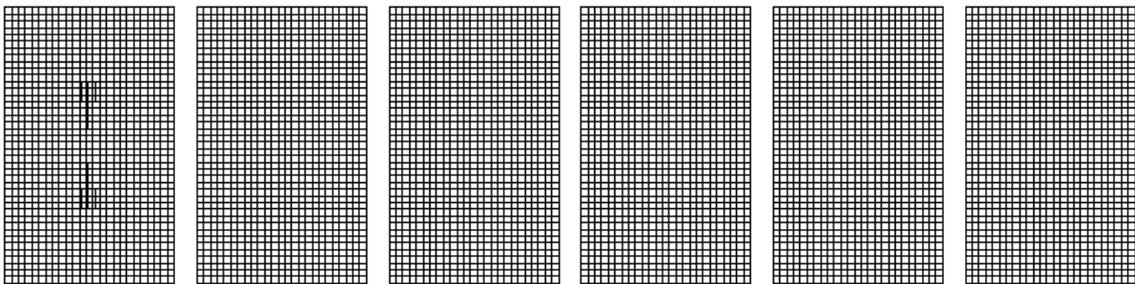


図 3.4-30(2) ロビンソン形式 (解析ステップ : 10)

・換算回数 1,000 回

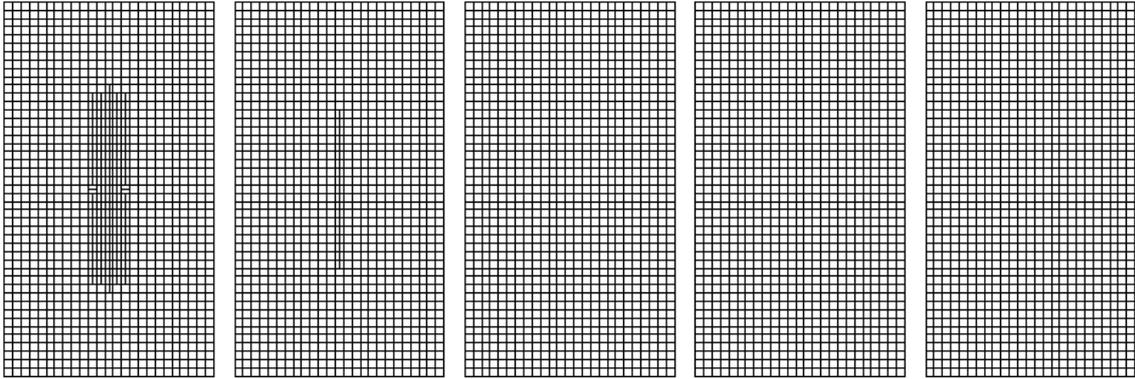


図 3.4-29(3) トラス鉄筋形式 (解析ステップ : 47)

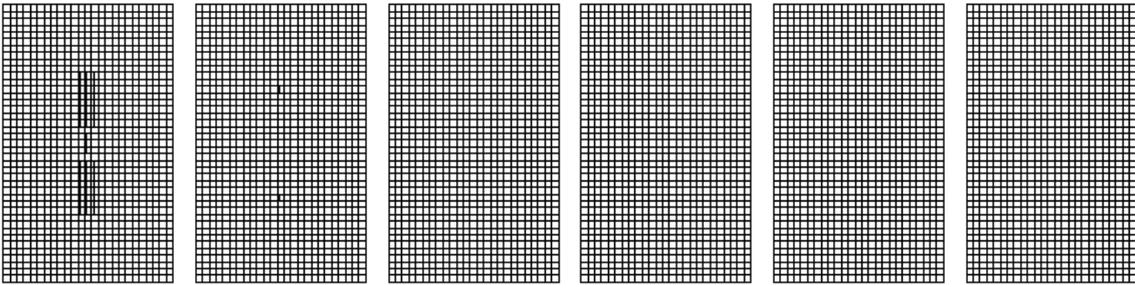


図 3.4-30(3) ロビンソン形式 (解析ステップ : 19)

・換算回数 5,000 回

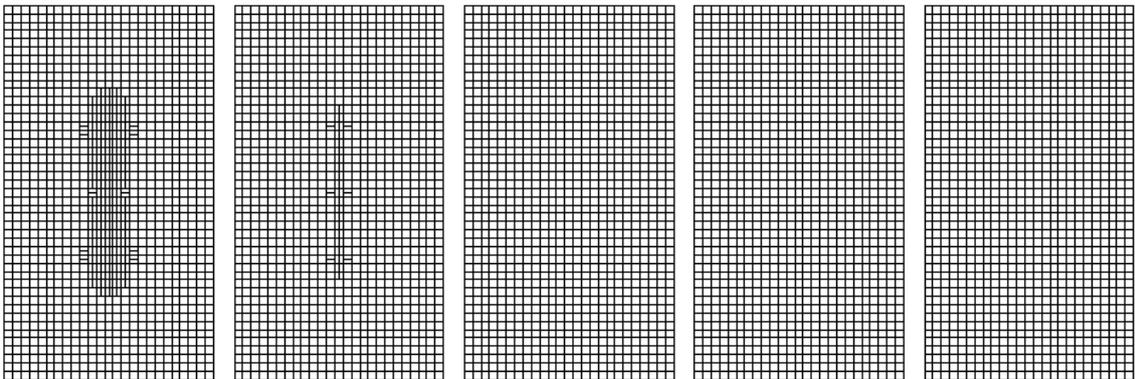


図 3.4-29(4) トラス鉄筋形式 (解析ステップ : 53)

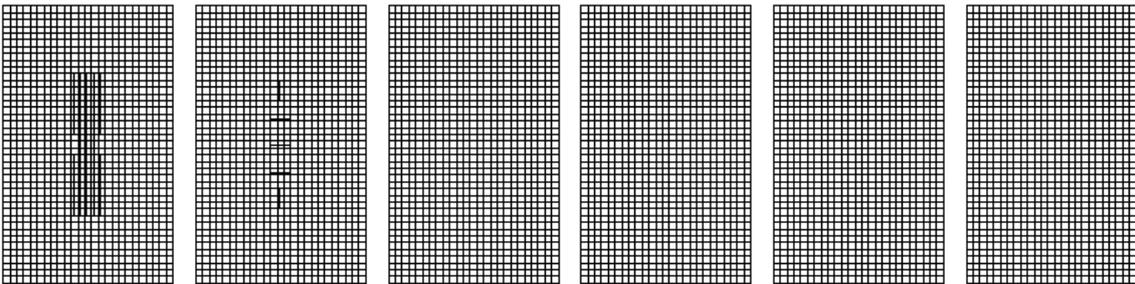


図 3.4-30(4) ロビンソン形式 (解析ステップ : 38)

・換算回数 10,000 回

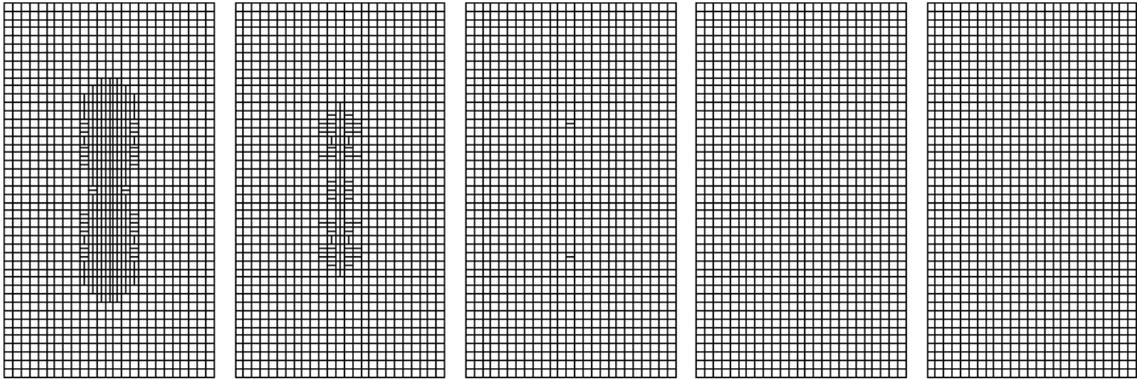


図 3.4-29(5) トラス鉄筋形式 (解析ステップ : 73)

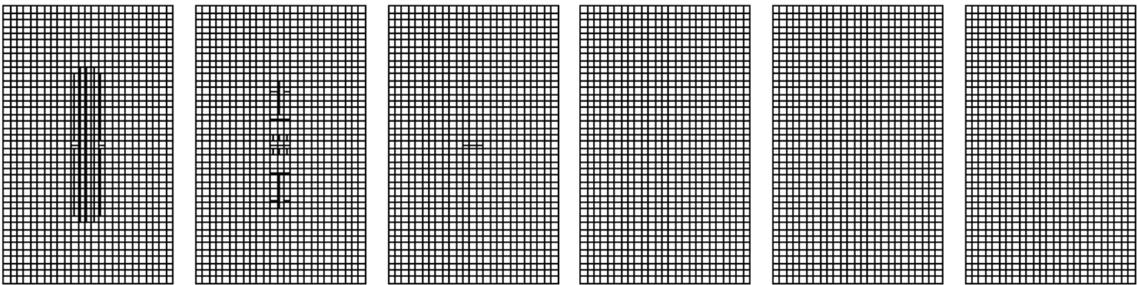


図 3.4-30(5) ロビンソン形式 (解析ステップ : 49)

・換算回数 50,000 回

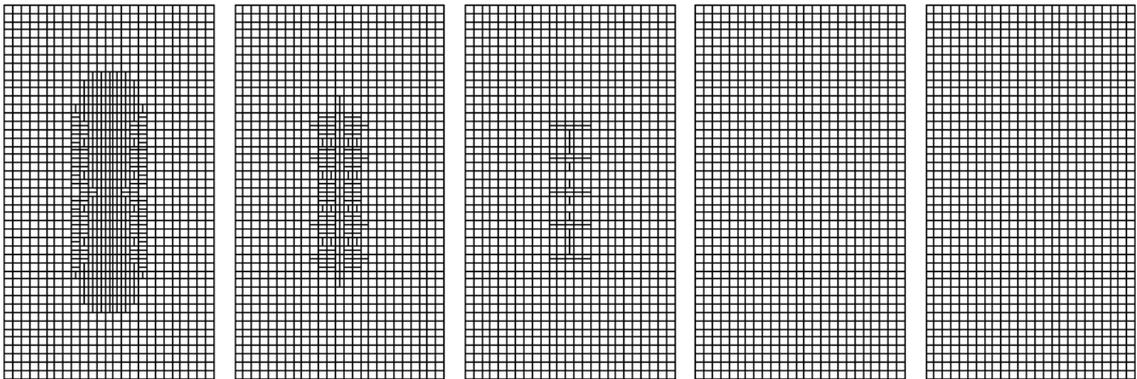


図 3.4-29(6) トラス鉄筋形式 (解析ステップ : 117)

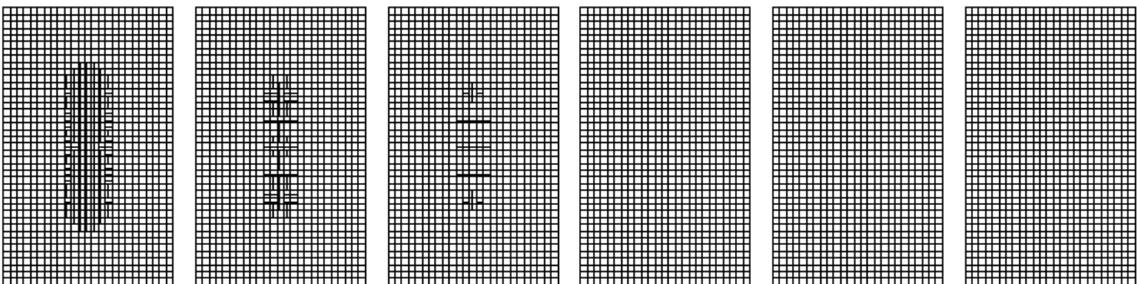


図 3.4-30(6) ロビンソン形式 (解析ステップ : 82)

・ 換算回数 100,000 回

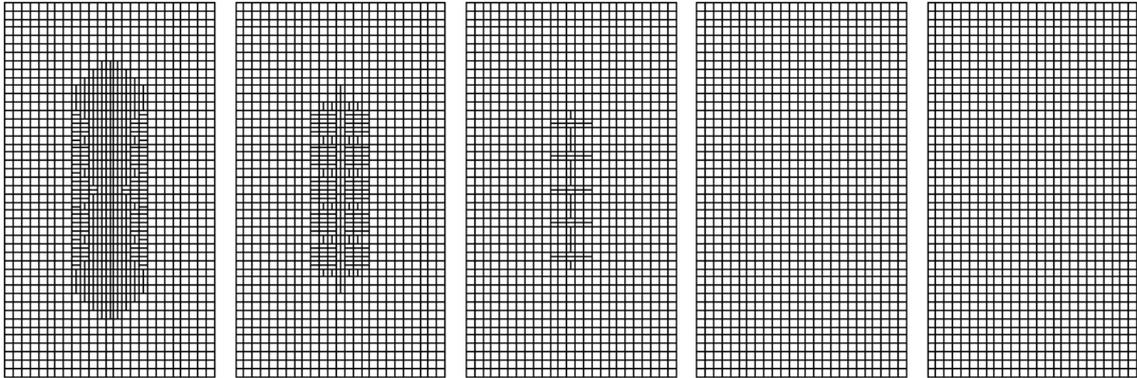


図 3.4-29(7) トラス鉄筋形式 (解析ステップ : 133)

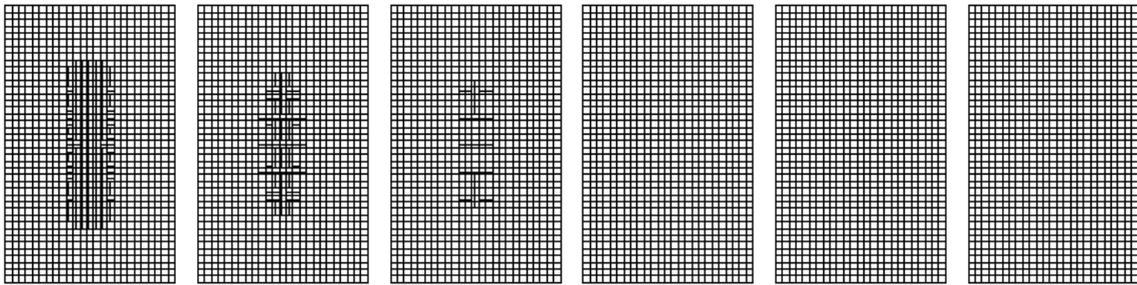


図 3.4-30(7) ロビンソン形式 (解析ステップ : 93)

・ 換算回数 500,000 回

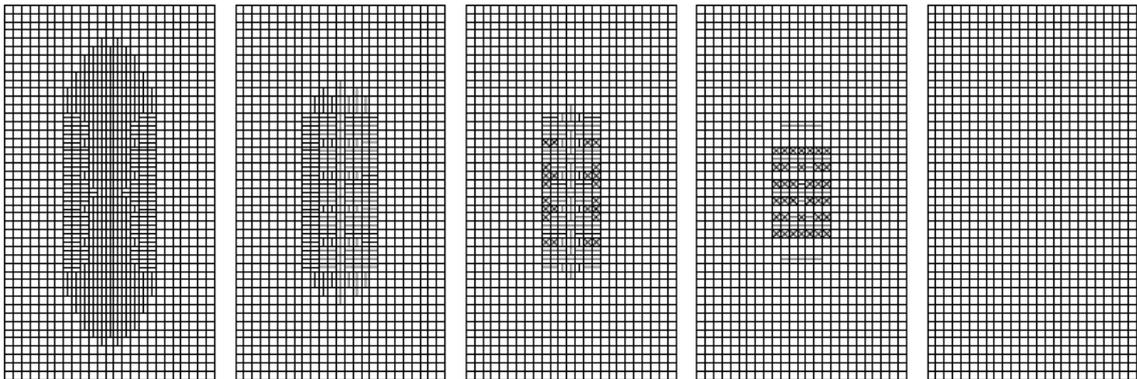


図 3.4-29(8) トラス鉄筋形式 (解析ステップ : 225)

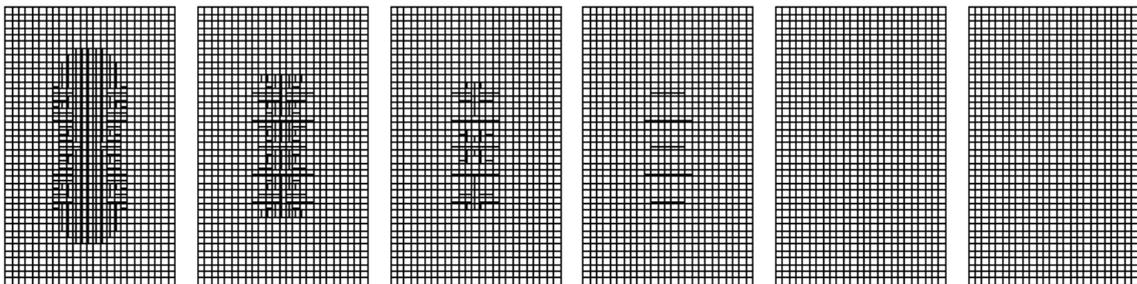


図 3.4-30(8) ロビンソン形式 (解析ステップ : 152)

・換算回数 750,000 回

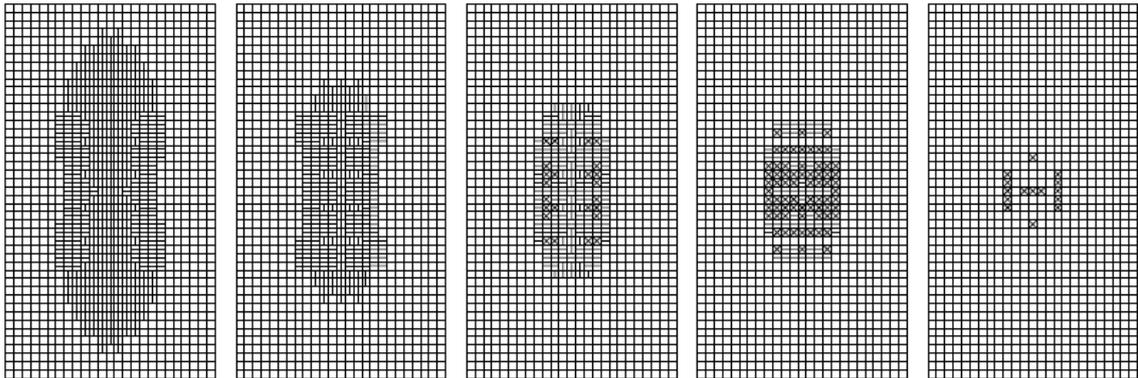


図 3.4-29(9) トラス鉄筋形式 (解析ステップ : 318)

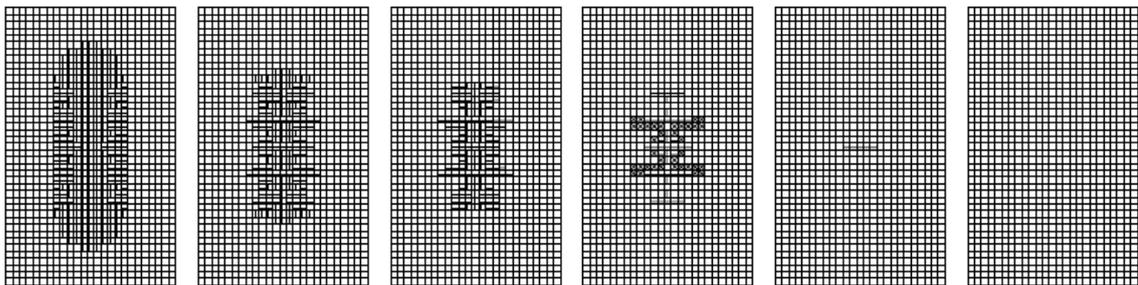


図 3.4-30(9) ロビンソン形式 (解析ステップ : 205)

・換算回数 1,000,000 回

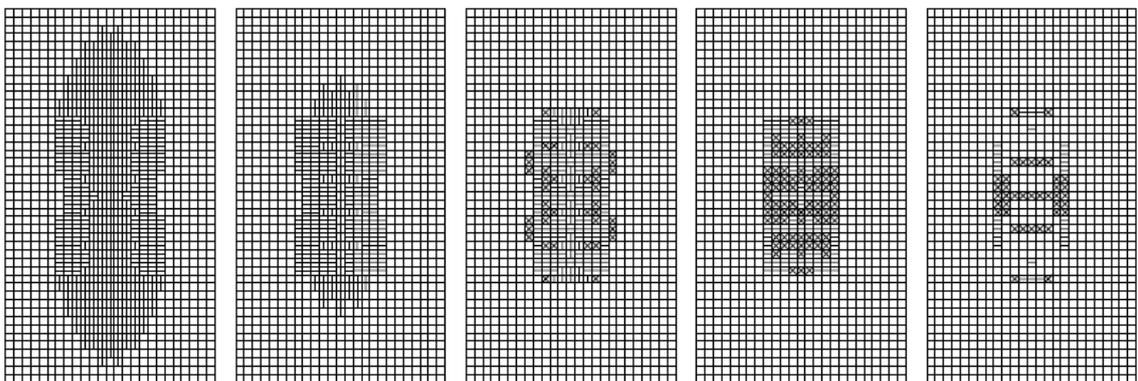


図 3.4-29(10) トラス鉄筋形式 (解析ステップ : 318)

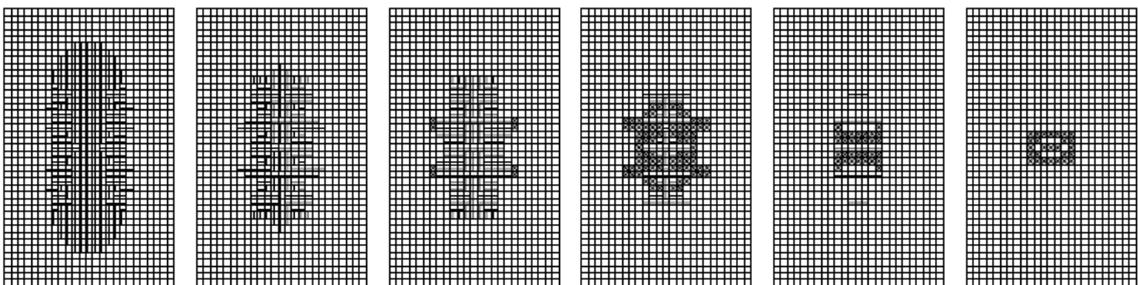


図 3.4-30(10) ロビンソン形式 (解析ステップ : 273)

・換算回数 2,000,000 回

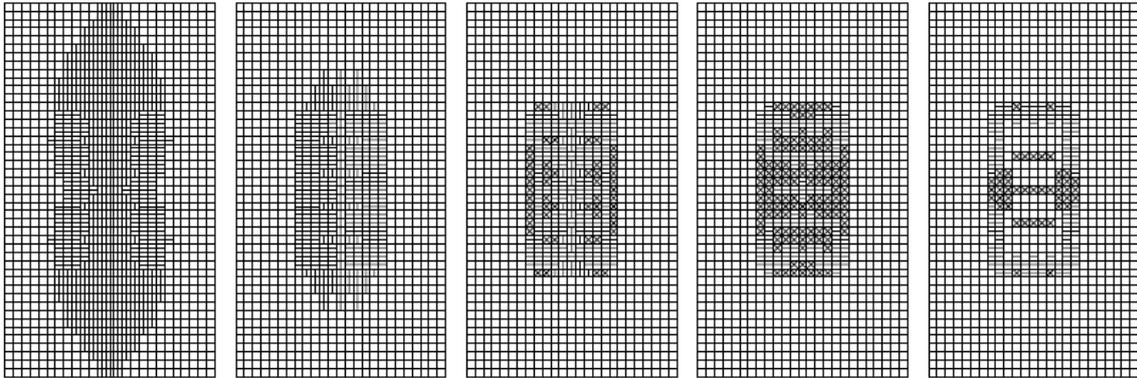


図 3.4-29(11) トラス鉄筋形式 (解析ステップ : 381)

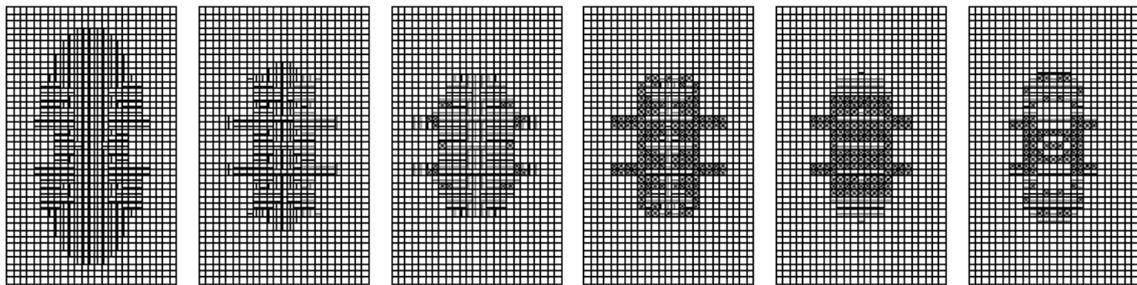


図 3.4-30(11) ロビンソン形式 (解析ステップ : 429)

・換算回数 5,000,000 回

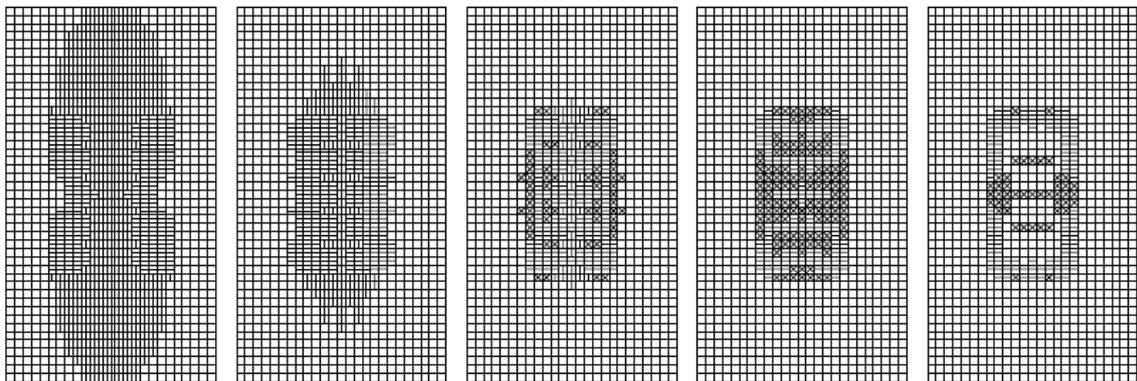


図 3.4-29(12) トラス鉄筋形式 (解析ステップ : 415)

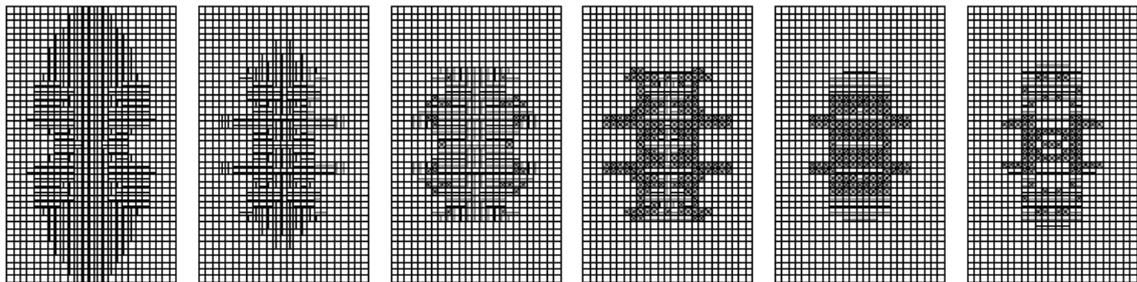


図 3.4-30(12) ロビンソン形式 (解析ステップ : 511)

3.4.4 考察

ここではトラス鉄筋床版とロビンソン形式床版の2種類の鋼コンクリート合成床版について、RC床版と同様の方法で疲労耐久性について検討する計算を行った結果を考察する。

床版たわみの計算結果からは、2つの合成床版はどちらも鉄筋コンクリート床版（H8）と比較して、同じ载荷回数であれば床版たわみが小さくなった。

トラス鉄筋床版とロビンソン形式の床版のたわみを比較すると、解析ステップの初期段階ではロビンソン形式の床版たわみがトラス鉄筋床版より小さいが、解析ステップが増加するにつれてロビンソン形式の床版たわみの方が大きくなる結果となった。これは、コンクリートの破壊要素数が少ない初期段階では、主に床版コンクリートと底鋼板の合成断面がたわみに寄与するため、底鋼板厚の厚い($t=9\text{mm}$)ロビンソン形式の床版のたわみが底鋼板厚の薄い($t=6\text{mm}$)トラス鉄筋と比較してたわみが小さくなったものと思われる。

その後、疲労破壊が生じたと想定したコンクリート要素数が増えると、ロビンソン形式床版のたわみの方が大きくなる理由として、破壊の進行図から、本計算ではロビンソン形式の床版ではリブ直上部のコンクリートの破壊がトラス鉄筋床版と比較して顕著となったことが伺える。今回の解析と同じ载荷パターンによる実験は実施していないため、解析結果の妥当性の評価を行なうことはできないが、比較的剛な鋼板部材が内部に埋め込まれているロビンソン形式の床版では床版コンクリート内部に局部的に応力変動が大きくなる部位があるのに対して鉄筋がトラス状に組まれているだけで特に床版コンクリートに大きな局部応力が発生しないトラス鉄筋床版の特徴が現れたものと考えられる。これらの定性的な傾向については別途実施された輪荷重走行試験の結果とも矛盾しない¹⁰⁾¹¹⁾。