昭和54年6月13日～15日
日本鋼構造協会第13回大会研究集会
マトリックス解析法研究発表論文集

繰返し荷重をうける鋼構造骨組の3次元弾塑性有限変位解析に関する研究

3-DIMENSIONAL ELASTO-PLASTIC & LARGE DISPLACEMENT ANALYSIS ON STEEL STRUCTURES UNDER REPEATED LOADS.

藤本盛久 *
須藤福三 **
○和田章 ***

1 概要

著者らは鋼構造骨組の弾塑性挙動を不安定領域まで含んだ形で，解析的に少しでも明らかにしようとするため，板の解析から部材，骨組の解析まで各種の構造について電子計算機の利用を前提とした有限要素法による数値解析の研究を続けている。本報告は今までの研究の集大成として，鋼構造骨組の部材をすべて板でできていると考え，その板の弾塑性有限変位解析を立体的に行うことによつて骨組を解く方法を確立し，この方法によつて繰返し軸力を受けるH形鋼部材の座屈解析を局部座屈を考慮しつつ行う例を示す。ここでは一本の部材についての座屈解析しか行なえなかつたが，現在の超大形計算機を用いても，この計算量は約100時間(cpu)，内外部記憶装置も非常に多量に用いる大変なものである。しかし，計算機の容量とスピードの進歩は今でも指数関数的に発達しており，このような解析法によつて骨組そのものを解析することのできる時代もいずれ来ると考えている。

2 仮定条件と解析法

本解析法は文献1に述べた板の弾塑性解析を発展させ，立体解析を行うことができるようし，特に板の変形を考慮しなくてよい部分には3次元解析のための線材を用い，板として解析する部分との接点で変位と力の連続条件を満しつつ解析を進めることができるようにしたものである。(例題の変形図を参照，中央部分は板として解析し，両端部分は線材として解析している。)

主な仮定条件を以下に列記する。● Step by Step 法により非線形問題を線形化して解析する。●材料の応力－歪関係を1stepの計算中は初期応力をもつた疑似弾性体と考え，外力としては保存力のみを考慮することにより，増分ポテンシャルエネルギーの停留原理が用いられる。●要素の変形による座標の移動を常に考慮する移動座標系の考え方を用いる。●板の弾塑性挙動は三角形有限要素の中にとつた4位置，厚さ方向6点(計24点)の応力－歪関係を追うことによつて考慮する。●板の面内方向の曲げに関する精度の向上のために，材軸方向に関する3次関数の横変形成分を通常の三角形要素の変形に加える方法を用いる。

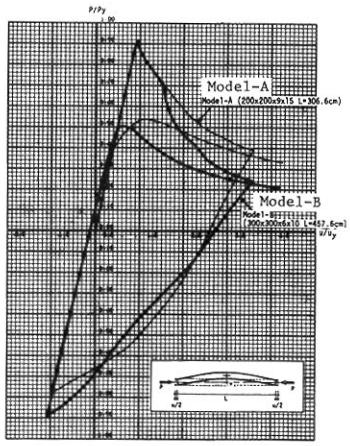
3 解析モデル

本解析法を用いた一つの例として，細長比が共に60で，断面形状の異る2種類のH形鋼部材について，繰返し軸力の与えられる場合を考え，構成板の幅厚比の違いが，その部材の座屈後の耐力，変形性状へどのような影響をもつているかを調べる。Model－AはH－200×200×9×15(長さは306.6㎝，フランジの幅厚比は6.7，ウエブは22.2)であり，Model－BはH－300×300×6×10(長さは457.5㎝，幅厚比は15と50)である。降伏点は2.4t／㎠，降伏後のヤング率は2.1t／㎠とした。

* 東京工業大学教授・工博，** 東京電機大学教授・工博，*** 鹿島建設計コンピューター部

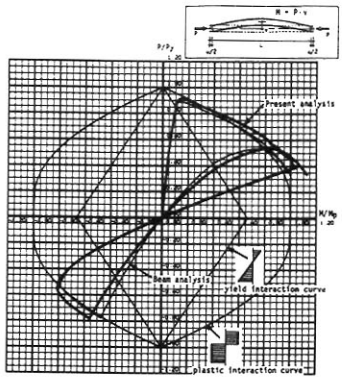
4　解析結果－1（荷重変位関係）

Model－Aは122 step，Model－Bは141 stepにて1.5サイクルの静的繰返し載荷を終了した。右図に軸力と軸変位の関係を各々，降伏軸力，降伏変位を単位として示す。Model－Aは局部座屈を生ぜず，線材解析と同様の結果となっているのに対し，Model－Bでは局部座屈の発生により，処女載荷時に3度の急激な荷重低下が見られる。これは線材としての座屈，上端フランジの局部座屈，下端フランジの局部座屈が順次発生したためである。特に興味のあるのは，板の形状にはまったく初期たわみを導入していないにもかかわらず，実験等で認められている，常識的な局部座屈が発生したことである。

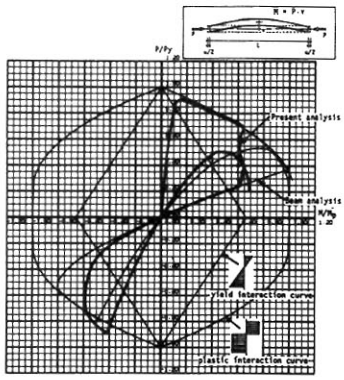


5　解析結果－2
(M-N interaction curve)

部材の中央における，座屈に伴なう横変形によって発生する曲げモーメントと軸力の関係を右図に示す。局部座屈を生じているModel－Bではその降伏曲線が劣化しているのがわかる。



Model-A (H-200x200x9x15 L=306.6cm)



Model-B (H-300x300x6x10 L=457.6cm)

6　解析結果－3（変形図）

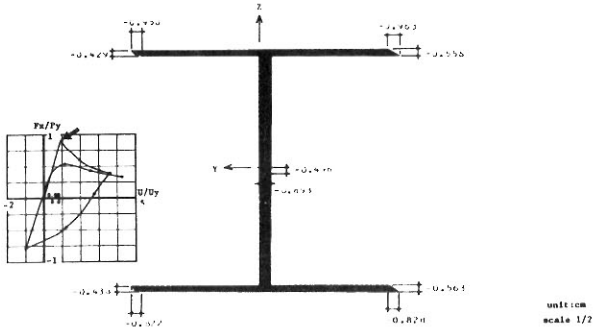
以下4ページにわたり，本解析によって得られた変形の様子の変化を示す。変形図の表示は，変形前の部材のX軸（長手方向），Y軸（ウェブの見える方向），Z軸から見て書いたものと，アイソメトリックパースによって書いたものによっている。このような解析のメリットは，変形図に限らず応力分布についても，任意の荷重状態における内容を調べることができることにある。

7　謝　辞

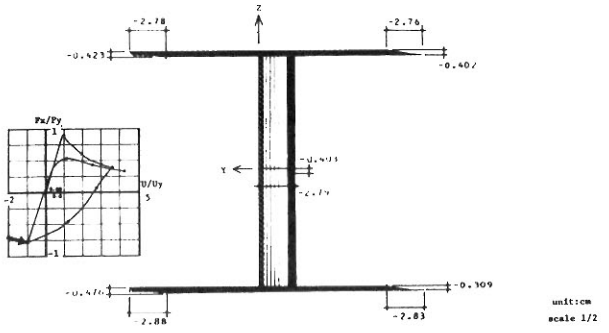
本研究を進めて行くに当り終始御協力を戴きました東工大藤本研究室の方々，特に解析法の確立，プログラム開発に際して多労を共にして戴いた岩田博士（新日鐵），白方氏（清水建設），岡田博士，緑川博士，彦根氏（日建設計），中谷氏（電々公社），原田氏（新日鐵）に感謝致します。

8　参考文献

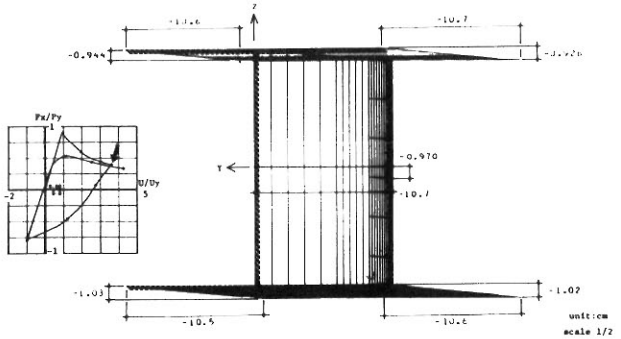
1）藤本，須藤，和田：「任意形平面骨組の非線形応力解析」日本建築学会論文報告集　1971.11
2）藤本，和田，白方，小杉：「筋違付鉄骨ラーメンの弾塑性解析に関する研究」同上　1973. 7
3）藤本，和田，岩田，中谷：「鋼構造骨組の三次元非線形解析」　同上　1975. 1
4）藤本，和田，彦根：「板の弾塑性解析－形鋼の局部座屈解析－」ＪＳＳＣマトリックスシンポジウム　1975.6
5）藤本，須藤，和田：「局部座屈を考慮したH形鋼部材の座屈解析」日本建築学会大会　1977.10



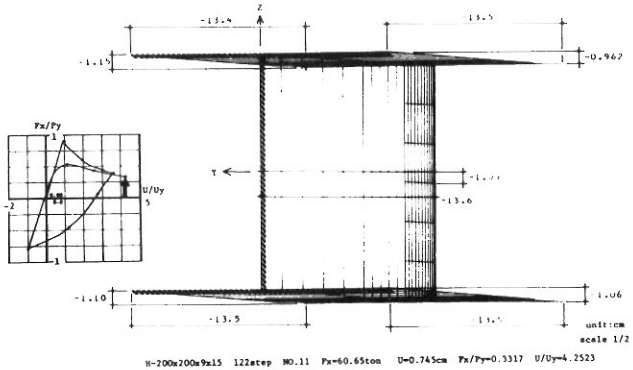
Model-A (H-200x200x9x15 L=306.6cm) No.1 (9step)



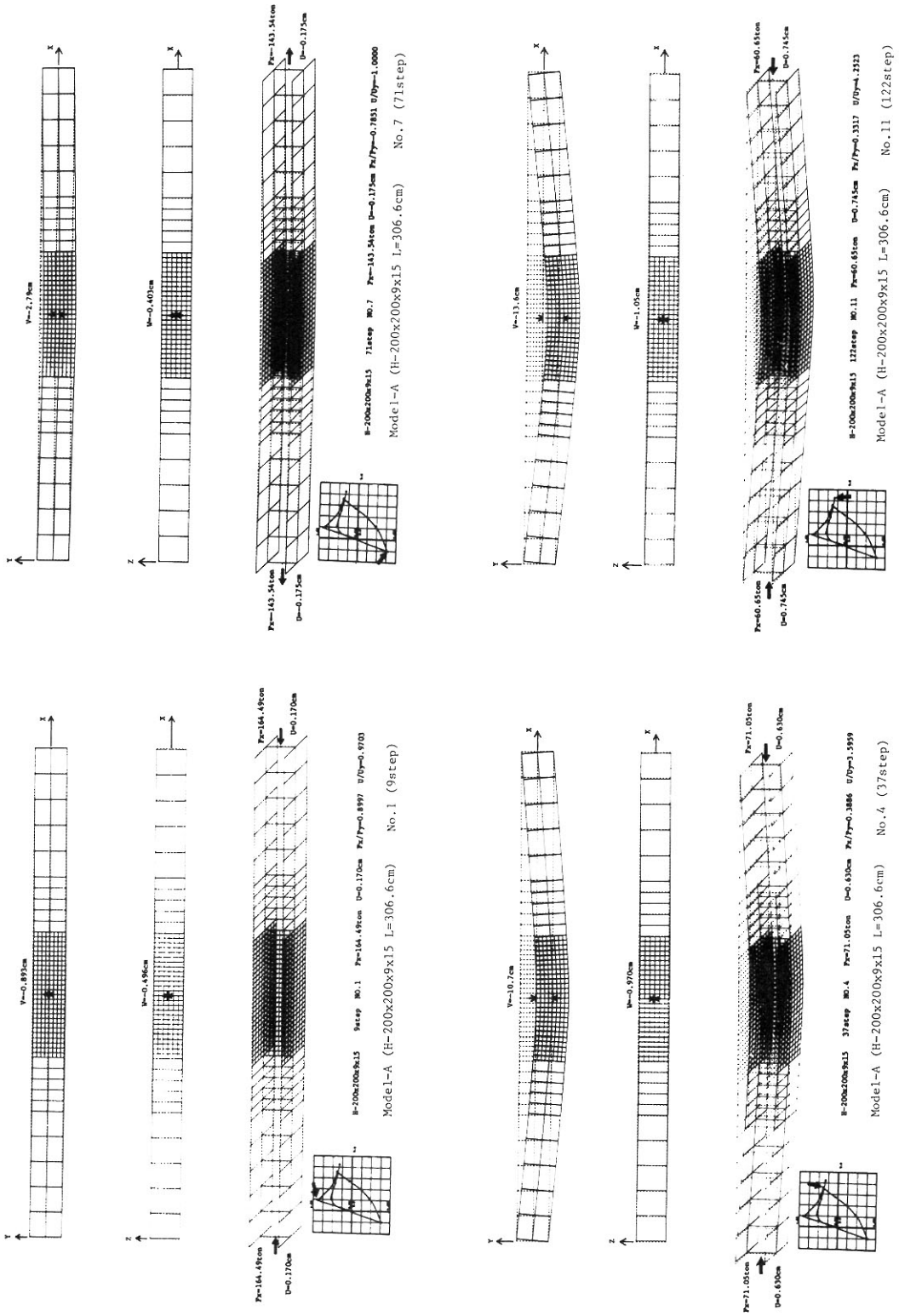
Model-A (H-200x200x9x15 L=306.6cm) No.7 (71step)

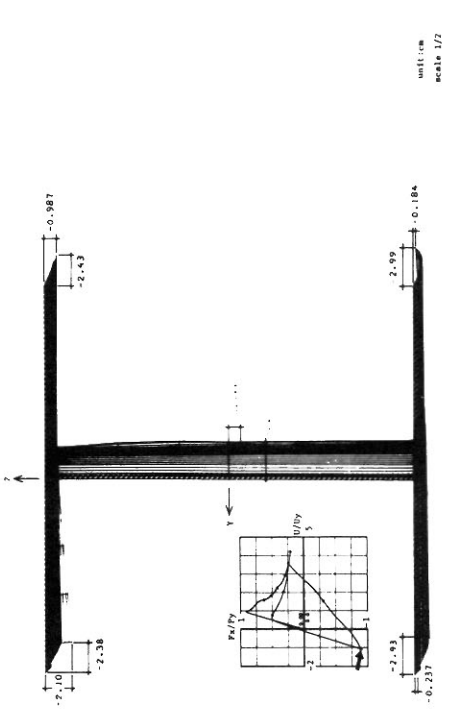


Model-A (H-200x200x9x15 L=306.6cm) No.4 (37step)

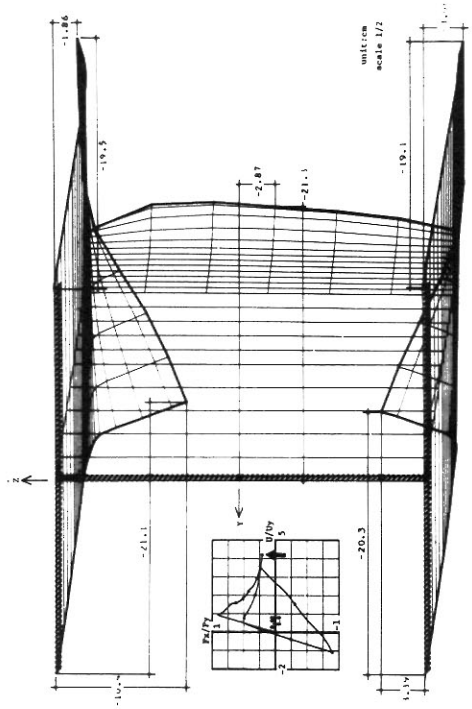


Model-A (H-200x200x9x15 L=306.6cm) No.11 (122step)

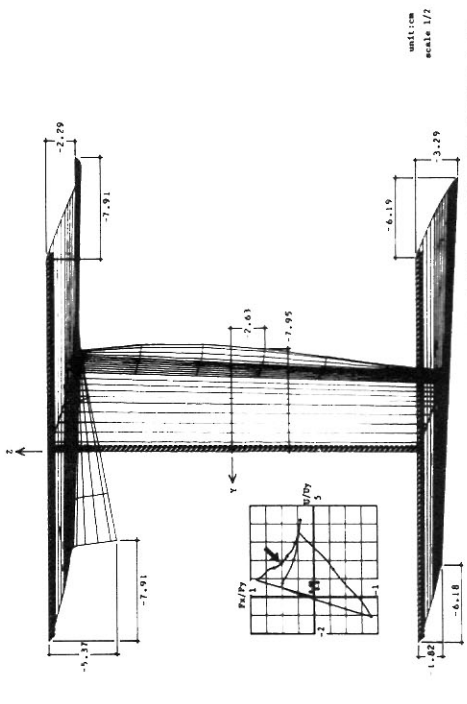

Model-A (H-200x200x9x15 L=306.6cm) No.7 (71step)
Model-A (H-200x200x9x15 L=306.6cm) No.11 (122step)
Model-A (H-200x200x9x15 L=306.6cm) No.1 (9step)
Model-A (H-200x200x9x15 L=306.6cm) No.4 (37step)



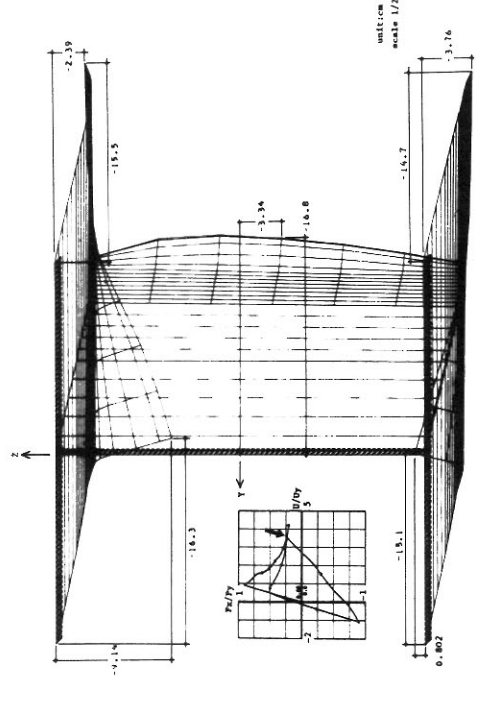
Model-B (H-300x300x6x10 L=457.6cm) No.7 (98step)



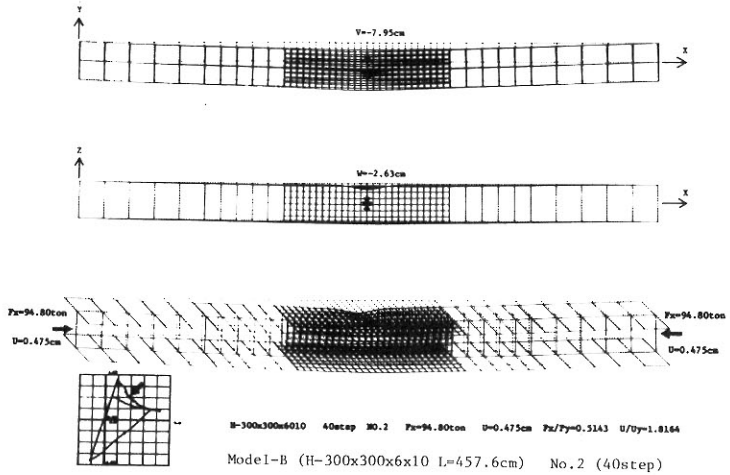
Model-B (H-300x300x6x10 L=457.6cm) No.11 (141step)



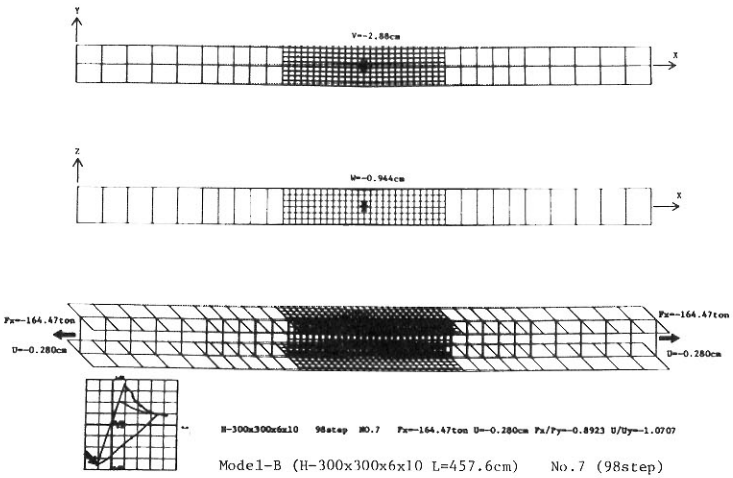
Model-B (H-300x300x6x10 L=457.6cm) No.2 (40step)



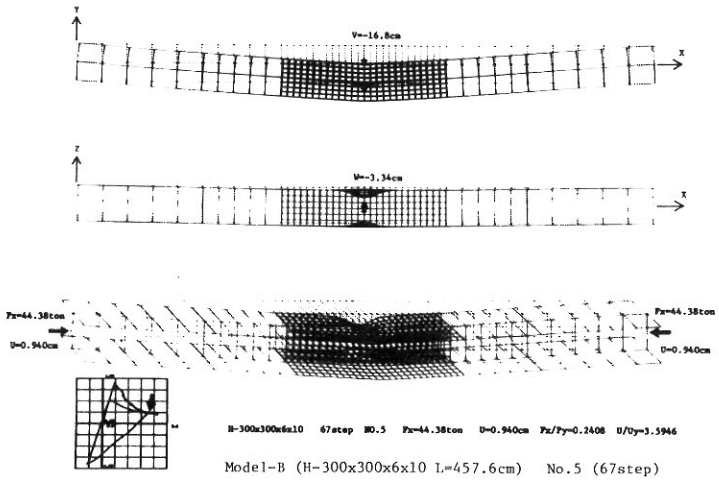
Model-B (H-300x300x6x10 L=457.6cm) No.5 (67step)



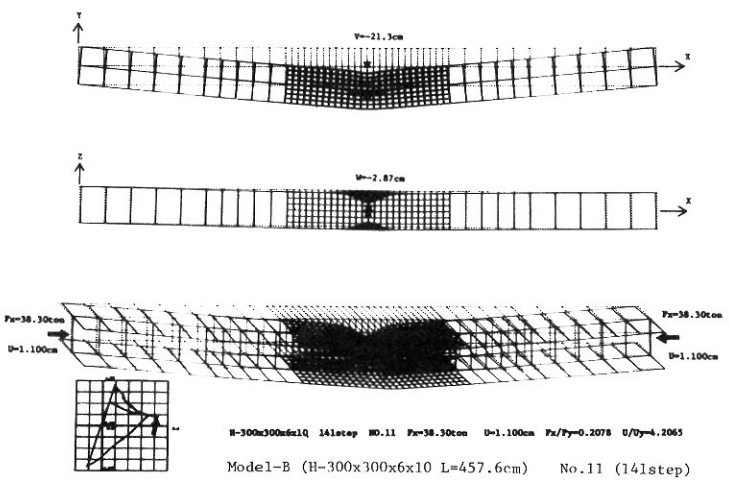
Model-B (H-300x300x6x10 L=457.6cm) No.2 (40step)



Model-B (H-300x300x6x10 L=457.6cm) No.7 (98step)



Model-B (H-300x300x6x10 L=457.6cm) No.5 (67step)



Model-B (H-300x300x6x10 L=457.6cm) No.11 (141step)