

サブストラクチャ・オンライン実験法による鋼門形ラーメンの動的弾塑性応答解析

大同工業大学 正会員 山田 幸, 酒造 敏廣, 事口 壽男

大同工業大学 都築 禪, 山下 大介

1. まえがき

筆者らは、地震時にはり中央部がせん断崩壊する鋼門形ラーメンに着目し、数値解析と実験を行って、その非弾性地震応答性状を究明してきた^{1)~3)}。

本研究は、門形ラーメンの弾塑性性状をより精度よく追跡するために、せん断力が卓越するはり中間部をサブストラクチャ実験モデルに置き換え、オンライン実験法を用いて応答解析を行ったものである。

2. オンライン実験法による門形ラーメンの動的弾塑性応答解析

まず、オンライン実験法による応答解析の流れを図1に示す。

図2に示すように、柱基部、隅角部、および、はり中央で塑性変形する鋼製の門形ラーメンを想定し、そこに弾塑性回転バネ1~3(バネ係数 $k_1 \sim k_3$)を組み込んだ1自由度系の逆L形ラーメンを解析対象とする³⁾。

水平地動加速度 $\ddot{y}_0$ と外力 H_e が作用するとき、時刻 t_n における柱頭部の水平変位 y_n に関する運動方程式は、次式で与えられる。

$$m\ddot{y}_n + c\dot{y}_n + K_n y_n = H_{e,n} - m\ddot{y}_{0,n} \quad \dots(1)$$

ここに、 m : 柱頭部の集中質量, c : 減衰係数, K_n : 接線剛性である。

バネ1と3はバイリニアのモーメント M -回転角 θ 曲線でモデル化し、はり中央のバネ2については、せん断力 S を受ける実腹板の実験により $M_2 - \theta_2$ 関係を直接に求める。非弾性の増分復元力 ΔH -変位 Δy 関係には、実験プロセスで計算されるバネ2の復元モーメント ΔM_2 (=せん断力 $\Delta S \times a/2$)を陽な形に表した次式を用いている³⁾。

$$\Delta H_n = \frac{(k_{1,n} + k_{3,n})\Delta M_{2,n} + (a/l)^2 k_{1,n} k_{3,n} \Delta \theta_{2,n}}{h^2 \{\Delta M_{2,n} + (a/l)^2 k_{3,n} \Delta \theta_{2,n}\}} \Delta y_n = K_n \Delta y_n \quad \dots(2)$$

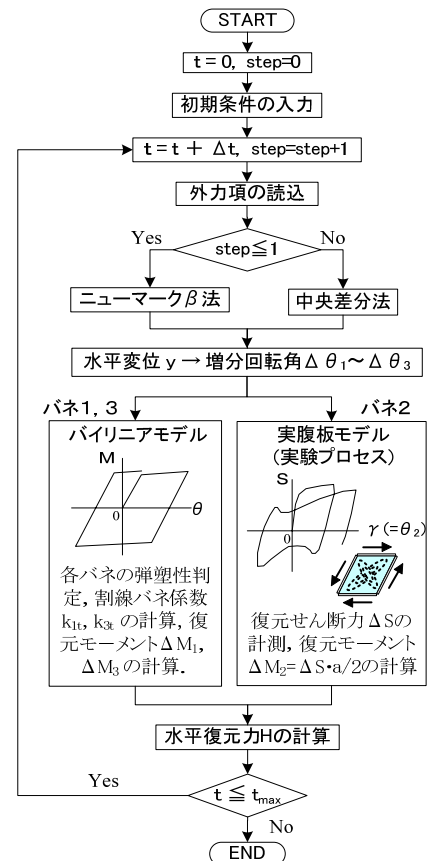
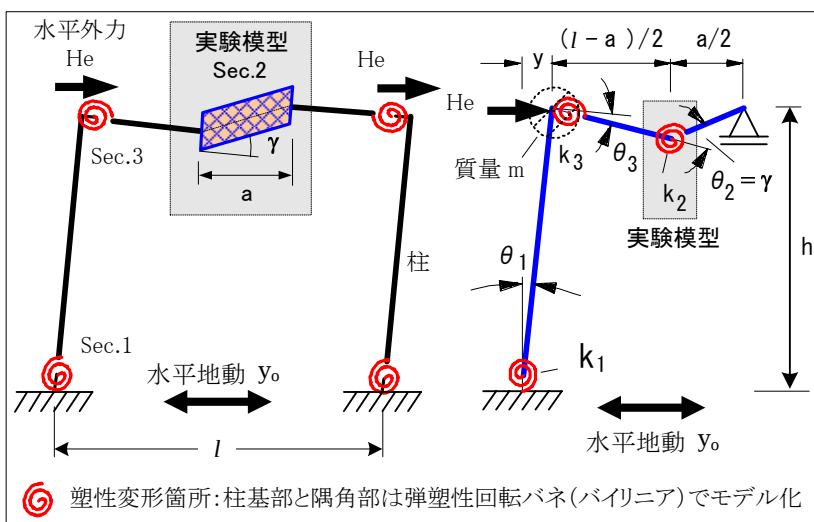
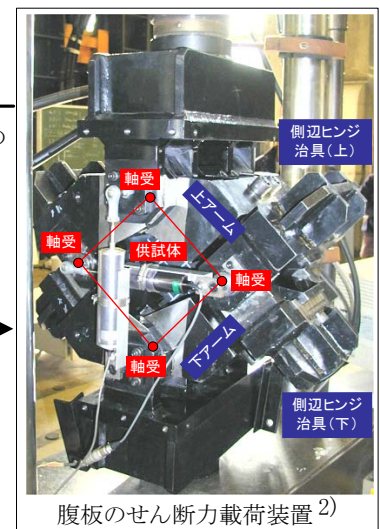


図1 オンライン実験法による応答解析の流れ



(a) 門形ラーメンの弾塑性応答解析³⁾



(b) 腹板単一パネルの弾塑性応答実験

図2 せん断崩壊型はり部材を持つ門形ラーメンのサブストラクチャ・オンライン実験法による動的応答解析

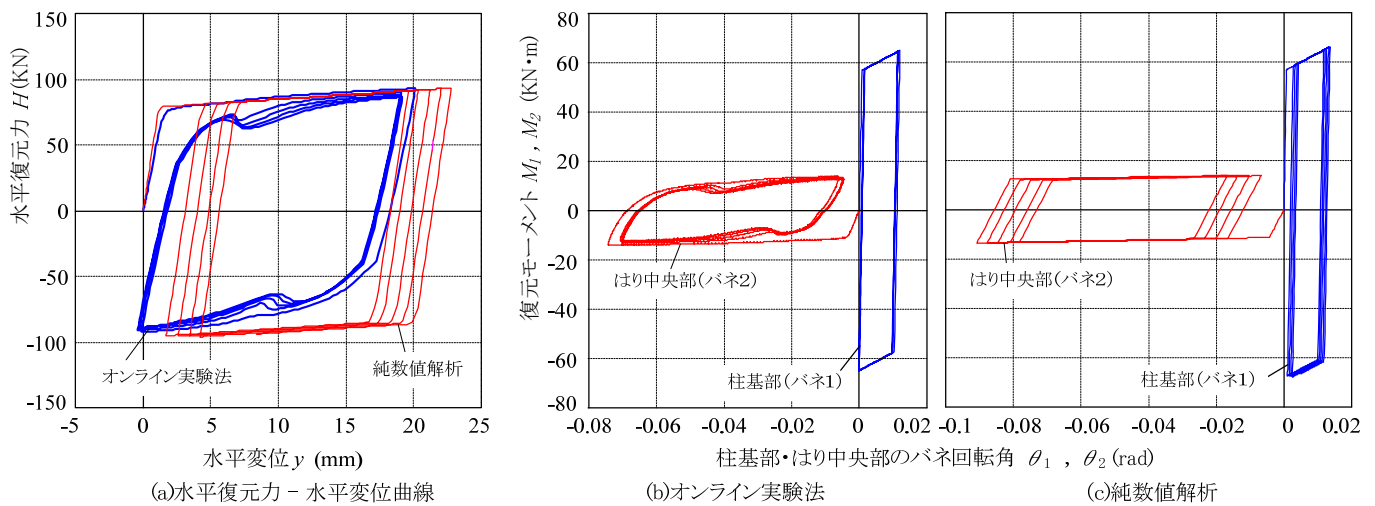


図3 オンライン実験法による応答解析と純数値解析による復元力-変位曲線の比較

3. 応答解析の結果と考察

オンライン実験法による弾塑性応答解析を行った。解析に用いた諸元は、 $h=1,670\text{mm}$, $l=1,330\text{mm}$, $a=200\text{mm}$, $m=2,923\text{kg}$, $c=1,837\text{N}\cdot\text{sec}/\text{mm}$, バネ1: 弾性勾配 $k_1=7.24\times 10^7\text{kN}\cdot\text{mm}$, 塑性モーメント $M_{p1}=5.69\times 10^4\text{kN}\cdot\text{mm}$, バネ2: $k_2=2.62\times 10^6\text{kN}\cdot\text{mm}$, $M_{p2}=1.12\times 10^4\text{kN}\cdot\text{mm}$ である。実験に用いた腹板は、一辺が 200mm の正方形、板厚 $t=3.19\text{mm}$, 幅厚比 63, 降伏せん断応力 $\tau_y=175\text{MPa}$ である²⁾。バネ3は剛と仮定している ($k_3=\infty$, $M_{p3}=\infty$)。作用外力は振幅 250kN の正弦波の水平外力 H_e (周期 2sec) とした。

オンライン実験法による応答解析①とバネ2もバイリニアに仮定した応答解析②(純数値解析)による復元力-変位曲線の結果を図3に示す。また、外力、復元力、変位の時刻歴応答の結果を図4に比較する。

これらの図から、復元力-変位曲線、時刻歴応答ともに、①, ②の間に大きな違いは見られず、両者は比較的よく一致していることがわかる。①では、時間の経過とともに、腹板のせん断座屈が顕著になり、スリップ型の復元力特性が現れているが、解析の範囲内ではその影響は小さい。これは、腹板の幅厚比が比較的小さく、実験で著しい耐力低下が発生せず、バイリニア型との差異があまり現れなかったものと考えられる。

4. まとめ

サブストラクチャ・オンライン実験法を導入して、門形ラーメンの動的応答解析を行った。本手法により、腹板のせん断座屈等による複雑な挙動を考慮して、より精度の高い応答解析を行うことができる。本研究の実施には平成14~17年度の科学研究費補助金(2件, 基盤研究(C))の補助を受けたことを付記する。

参考文献 1)酒造敏廣, 山田 宰: 構造工学論文集, Vol.46A, pp.663~673, 2000年3月。

2)酒造敏廣, 事口壽男, 今井慎吾: 鋼構造年次論文報告集, 日本鋼構造協会, No.12, pp.107~114, 2004年11月。

3)山田 宰, 酒造敏廣: 平成11年度研究発表会, 土木学会中部支部, 講演概要集 I-38, 2000年3月。

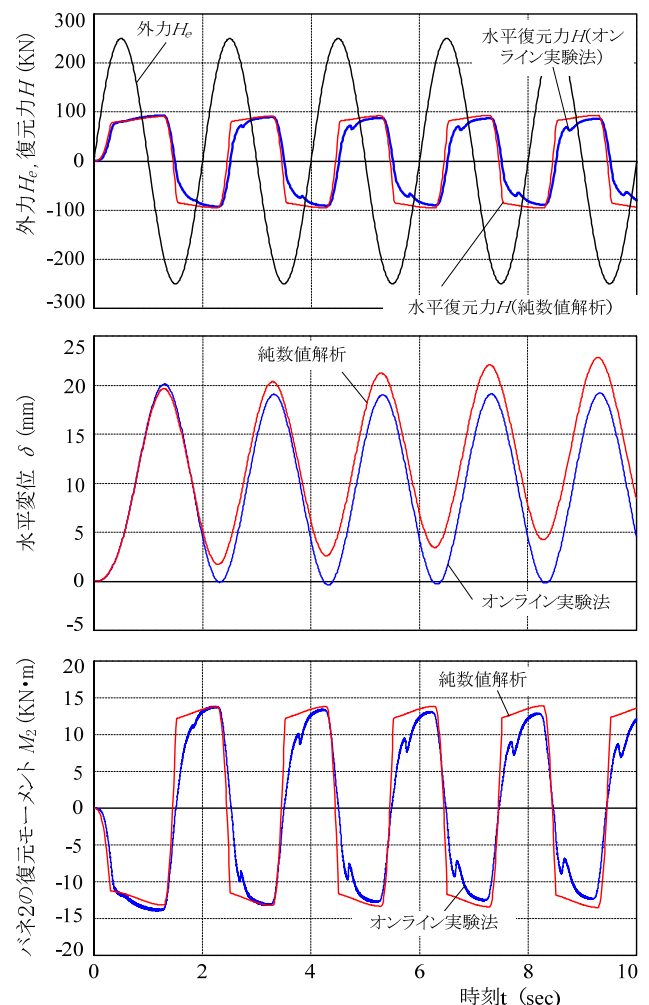


図4 外力、復元力、および、変位の時刻歴応答