

サブストラクチャ・オンライン実験法を用いた鋼門形ラーメンの動的弾塑性解析

大同工業大学 学生会員 都築 禪, 正会員 山田 幸
正会員 酒造 敏廣, 事口 壽男

1. まえがき

筆者らは、地震動等の水平外力を受けて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、その弾塑性地震応答性状を究明してきた^{1)~3)}。

本研究は、この種の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、せん断崩壊するはり中間部をサブストラクチャ実験モデル²⁾に置き換え、オンライン実験手法を用いた動的応答解析法を構築したものである。

2. オンライン実験法による鋼製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、はり中央で塑性変形する一層門形ラーメンを想定し、弾塑性回転バネ1, 2 (バネ係数 k_1, k_2) 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。

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

ここに、 m : 柱頭部の集中質量、 c : 減衰係数、 H_n : 水平復元力である。

バネ1 はモーメント M_1 - 回転角 θ_1 関係をバイリニア型でモデル化する。はり中央のバネ2 の $M_2 - \theta_2$ 関係は、せん断力 S を受ける実腹板の実験より求める。弾塑性の増分復元力 ΔH - 増分変位 Δy 関係は、実験プロセスで得られるバネ2 の増分復元せん断力 ΔS を陽な形に表した次式を用いた³⁾。

$$\Delta H_n = \frac{k_{1,n}}{h^2} \Delta y_n - \frac{l}{2h} \Delta S_n = K_n \Delta y_n \quad \dots(2)$$

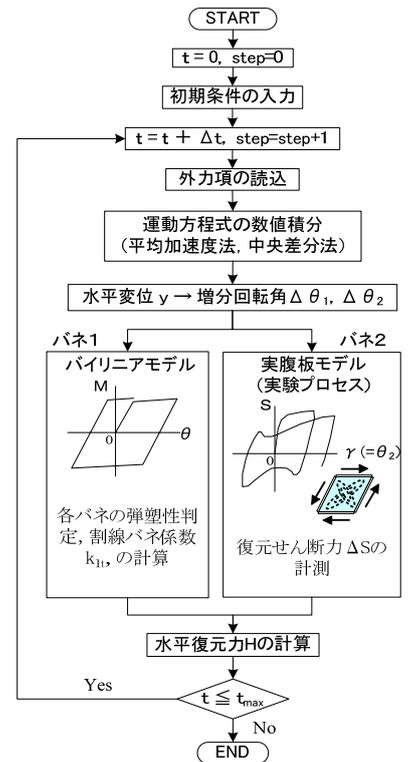
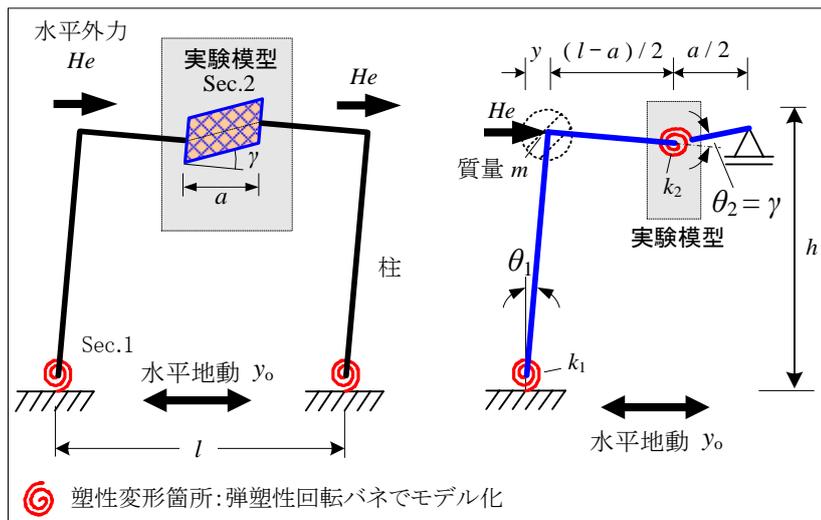
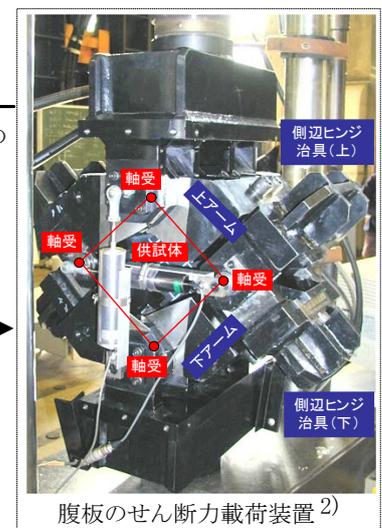


図1 オンライン実験法による応答解析の流れ



(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

キーワード: オンライン実験, 門形ラーメン, はりのせん断崩壊, 動的弾塑性解析
〒457-8532 名古屋市南区白水町40 TEL 052-612-5571 FAX 052-612-5953

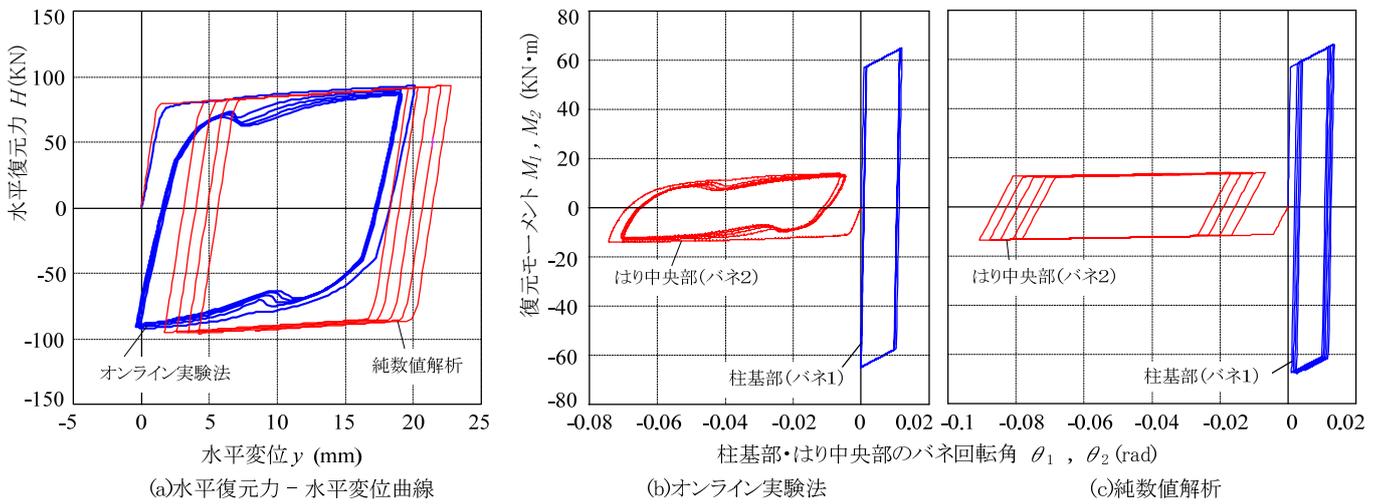


図3 オンライン実験法による応答解析と純数値解析による復元力-変位曲線の比較

3. 動的弾塑性解析の結果と考察

オンライン実験法による動的弾塑性解析を行った。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⁾。作用外力 H_e 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、復元力の時刻歴応答の結果を図4に比較する。応答解析終了後のはり中間部腹板を写真1に示す。

これらの図から、復元力-変位曲線と各種力の時刻歴応答とともに、①、②の間に大きな違いは見られず、両者は比較的良好に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発生し(写真参照)、スリップ型の復元力特性を呈しているが、その影響は小さい。すなわち、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小さい。

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弾塑性解析を行った。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、より高精度の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 幸: 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 幸, 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。

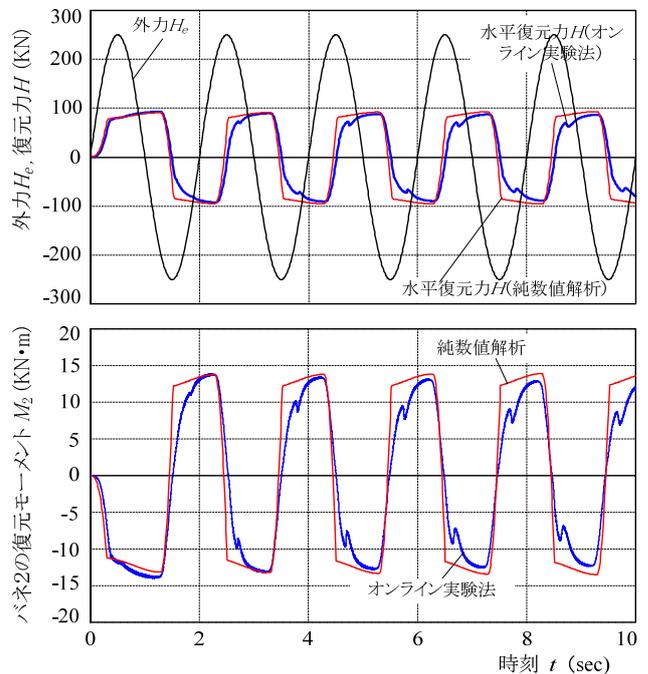


図4 外力、復元力、および、変位の時刻歴応答

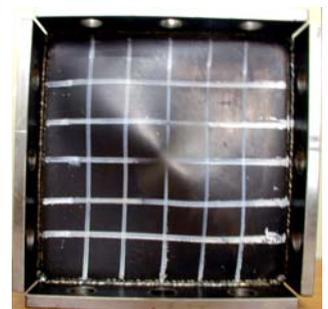


写真1 応答解析終了後のはり中間部腹板