

構造物と構造用鋼材の非線形応答と疲労特性

京大 正員 後藤 尚男 京大 正員 亀田 弘行
川崎製鉄 正員 小池 武 間組 正員 〇脇田 和試

1. まえがき

本研究では構造物が大地震のような不規則な大きな外力を受け、その部材が塑性域に至るような変位を繰り返し受けた場合の低サイクル疲労破壊と不安定現象の誘因となる一方向への変形の片寄りに注目し、塑性変形の発生機構を調べ、低サイクル疲労損傷度の予測を行なった。なお本研究では、破壊過程を追跡できる手段として、伯野・高梨らによりその有用性が述べられている、計算機-試験機オンラインシステムを用いた。

2. アナログ計算機を用いたオンライン試験

本研究における想定構造物は図1(a)に示すように1自由度1層構造物であり次の特徴を持つものとする。(1)梁の剛性は無限大である。(2)質量は梁の中央に集中する。(3)柱は左延されたままのH型構造用鋼材から成る。(4)2本の柱は、その両端が剛接されている。(5)せん断力による変形は無視する。(6)柱にかかる軸力は無視する。(7)フランジ部分に生ずる座屈は拘束されない。なお、この想定構造物に地動加速度が加わった時の柱頂部の変位 $x(t)$ を求めるため図1(c)のようにモデル化された1自由度振動系の方程式を解くに際し、復元力項を図1(b)のような単純梁を用いた実験供試体の中央に $x(t)/2$ を与えた時の反力で置き換える。この振動系の固有周期は1.2784秒、減衰定数は6.6%とした。また用いた入力は、Tafel, El-Centro, 清水で得られた加速度記録、及び人工地震波I, IIとし、そのレベルはアナログ計算機のポテンションメーターで調節した。また供試体はスパン長1400mm, 100×100×6×8mmのSS41H型構造用鋼材である。

3. 塑性変形の発生機構

図2には入力としてEl-Centro, 清水, 加速度記録を用いた場合のオンライン試験結果の応答と加速度記録とともに示した。この図の縦軸は、弾性限加速度, 降伏変位で無次元化して示してある。また図3左上には塑性変形発生の時刻と大きさを示し、残りは入力加速度の各周波数成分の非定常パワースペクトルを横軸に時間を取って示した。なお各図の右上に示したパラメータは各周波数成分の振動周期を系の固有周期

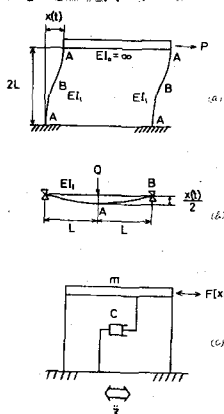


図1 想定構造物と1自由度試体の模式図

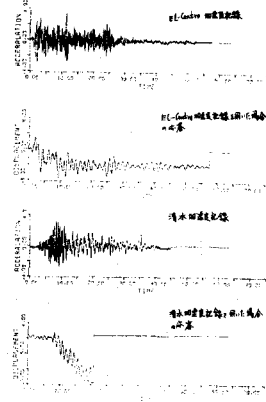


図2 本邦の試験結果

で除したものである。この図から構造物の変形の一方向への片寄りに支配的である大きな塑性変形の発生は、入力加速度の同期成分のうち系の固有周期より長周期の成分の非定常パワースペクトルのピークの時刻と非常に良く対応し、短周期成分の非定常パワースペクトルのピークの時刻とは対応していないことがわかる。また長周期成分の非定常パワースペクトルのピークが大きいほど、大きな塑性変形が発生し、El-Centro 加速度入力の場合、最大のもので靱性率 4.3 にも達している。

4. 低サイクル疲労損傷度

表 1 には今回用いた入力加速度に対する低サイクル疲労損傷度を、著者らが昨年度までに行なった実験のデータ²⁾を基にし線形累積損傷則を用いて予測したものである。この表からは、今回用いた想定構造物に関しては、低サイクル疲労損傷度は 1 地震当り非常に小さいことがわかる。

5. 結論

以上のことより、今回用いた想定構造物では低サイクル疲労破壊よりむしろ、不安定現象の誘因となるような変形の一方向への片寄りに注目すべきであり、それを支配する大きな塑性変形の発生は、入力加速度の長周期成分に支配されるということがわかった。

参考文献

- (1) 亀田 弘行：強地震のパワースペクトルの算出法に関する一考察，土木学会論文報告集，第 235 号，昭和 50 年 3 月，pp 55-62
- (2) 後藤 尚男 亀田 弘行 小池 武 脇田 和試 青山 功；地震時の鋼構造部材の塑性疲労破壊に関する確率統計的考察，第 4 回日本地震工学シンポジウム講演集

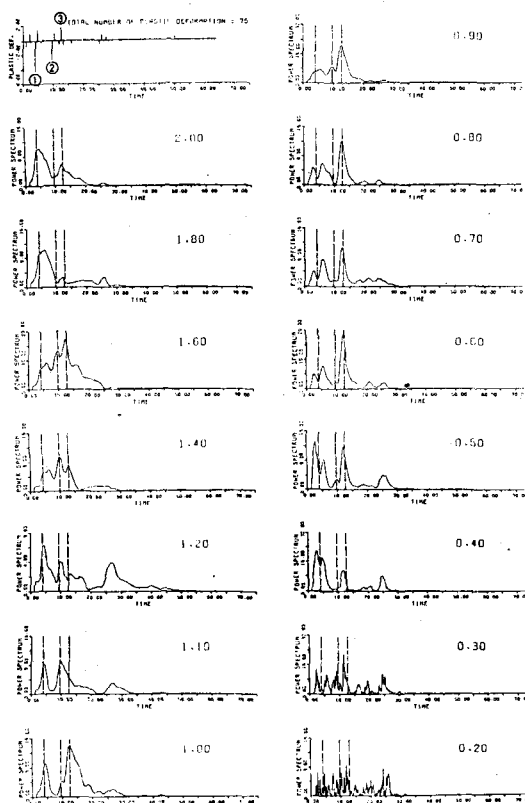


図 3 El-Centro 地震による 2 層ハーフモデル

Name of accelerogram	Duration sec	Maximum acceleration a_{max}^x/a_y	Maximum plastic deformation γ_{max}^x/γ_y	Fatigue damage D (%)	Recurrence times of the same earthquake until fatigue failure 1/D
TAFT	45	3.5	3.39	0.54	185
EL CENTRO	57	3.5	4.23	0.94	107
SHIMIZU	45	2.8	(3.24)	0.87	115
ART. I	51	4.0	1.86	0.38	264
ART. II	45	2.1	1.13	0.33	303

表 1 実地震記録を用いた場合の低サイクル疲労損傷度