

V-60 RC ラーメン高架構造の弾塑性解析

○東北大学 学 中村泰介
東北大学 正 鈴木基行
東北大学 正 尾坂芳夫

1. はじめに

高速鉄道を始め、交通構造物に多用されているRC 2層ラーメン高架構造の耐震安全性を保証することは、極めて重要である。そのためには、部材あるいは構造物の強度のみならず変形性能をも適切に把握すること、および柱と梁との剛比と構造物の地震時挙動、特に吸収エネルギーとの関連を適切に把握することが必要である。本研究は、以上の観点から地震波形の特性および柱と梁の剛比がRC 2層ラーメン高架構造の地震時挙動に及ぼす影響を解析的に検討することを目的とした。なお、部材の履歴復元力特性として、著者らが提案したモデルを用いた。

2. 解析概要

a) ラーメンのモデル化は、図-1のように1つの部材を1つの要素とした。各構造部材は、部材の軸線にそって線材化し、節点から梁面、あるいは柱面までを剛域とした。また部材は材端に弾塑性曲げバネを持った弾性梁によって表現され、材端の2つの弾塑性曲げバネが部材における弾塑性曲げ変形を表現する。このモデルの利点としては、入力データに必要な部材端のモーメント-回転角関係として、実験結果から得られるモーメント-回転角をそのまま適用できる点である（図-2参照）。

b) 部材の履歴法則は降伏以前の除荷は原点指向型とし、降伏後の除荷剛性は $K = P_y / \delta y \cdot (1/n)^{0.4}$ とした。また、繰り返しによる耐力の低下を考慮するために、荷重零点からの荷重は最大点から次式で表される荷重低下率 R だけ低下した点を指向するものとした（図-3参照）。

$$R = a + b \cdot n$$

$$a = 19.24 - 0.68 \cdot p l - 62.6 \cdot \sigma / f_c$$

$$b = -2.84 - 1.09 \cdot p l + 8.08 \cdot p w$$

また、最大荷重は $P_{max} = 1.2 \cdot P_y$ とし、 $2\delta y$ で発生するとし、

終局変位 δu は、

$$\delta u = (6.2 - 3.1 \cdot \log p l - 23.8 \cdot \sigma / f_c + 4.6 \cdot p w^{0.5}) \delta y$$

終局荷重 P_u は、 $P_u = 0.9 \cdot P_{max}$ とした。

ここで、 P_y :降伏荷重 δy :降伏変位

$p l$:軸方向鉄筋比 $p w$:帯鉄筋比 σ / f_c :軸圧縮応力比

c) 入力地震波として、1978年宮城沖地震の際の国鉄仙台管理局地下1階南北成分（以下JRSNと表す）、開北橋横方向成分（KBL）、及び東北大学建設系建物東西成分（TEW）の地震波を用い、その最大加速度を50～550galまで変化させた。また、地震応答計算にはニューマークの β 法に基づき増分法を用いた（ $\beta = 1/6$ ）。

d) 解析対象構造物は、東北新幹線の標準的なRC 2層ラーメン高架橋を基に、中層梁と柱がほぼ同時に降伏するタイプ（I）と、梁が

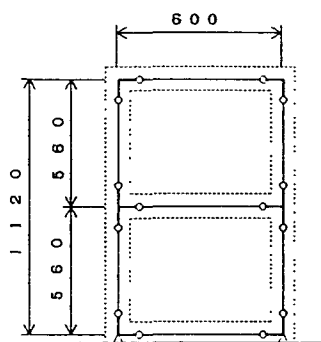


図-1 構造物のモデル化

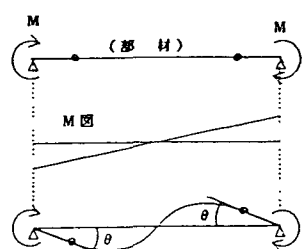


図-2 部材のモデル化

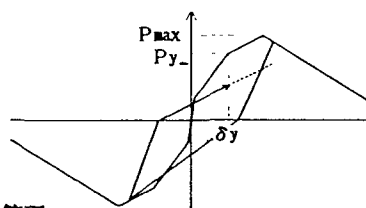


図-3 履歴ループのモデル化

表-1 解析対象ラーメン

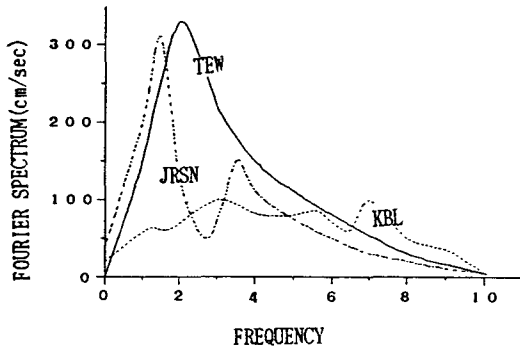
	b (cm) × h (cm)	p l (%)	p w (%)
中層梁 I	100 × 100	2.41	0.265
中層梁 II	100 × 80	0.64	0.265
中層梁 III	100 × 108	3.53	0.265
柱	100 × 100	1.93	0.253

柱よりさきに降伏するタイプ（Ⅱ）、柱が梁よりもさきに降伏するタイプ（Ⅲ）の３種類のラーメンとした（表－１参照）。

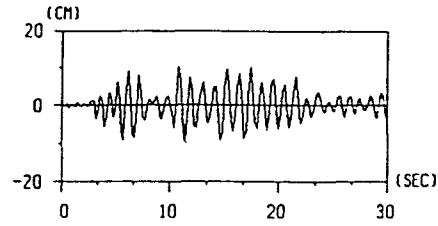
3. 解析結果および考察

a) 地震波形の特性による影響

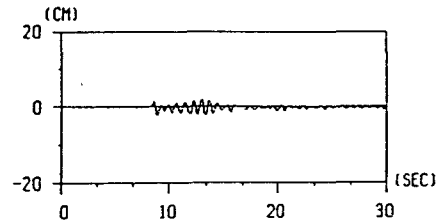
TEWは、 $f=2$ 付近で卓越した周波数を持ち、KBLは、全体的に卓越した周波数はみられない。また、JRSNは、 $f=1$ と $f=3.5$ 付近の２カ所で卓越した周波数を持つ（図－５参照）。構造物の固有周波数はタイプⅠが1.84Hz、タイプⅡは1.46Hz、タイプⅢが2.24Hzであった。解析結果よりTEWでの応答が一番大きく、吸収エネルギーも大きい。逆に、KBLの応答は小さく、吸収エネルギーも小さい。これは、JRSNの卓越した周波数が構造物の固有周波数に近いものが多いためである。KBLの様な卓越した周波数を持たない地震波に対しては、非常に安定な応答を示し、応答変位も吸収エネルギーも小さな値であった。



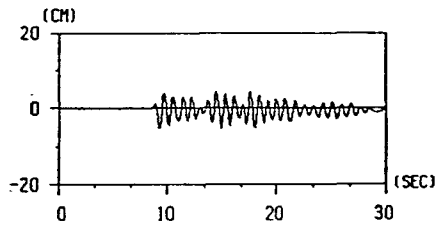
図－４ 地震波のフーリエスペクトル



TIME HISTORY OF DISPLACEMENT
東北大学建設系 250gal



TIME HISTORY OF DISPLACEMENT
開北橋 250gal

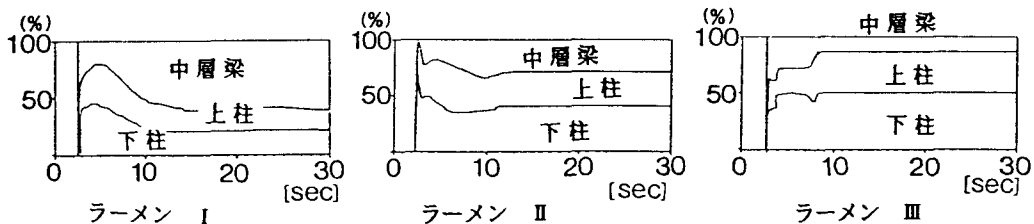


TIME HISTORY OF DISPLACEMENT
国鉄管理局1F 250gal

図－５ 変位応答

b) 断面の違いによる影響

Ⅰ、Ⅱのラーメンは、中層梁→下柱→上柱の順に降伏したが、Ⅲの断面のラーメンは下柱→中層梁→上柱の順で降伏した。中層梁は、もともと上柱、下柱のモーメントを低減するために設けられたものであるが、ラーメンⅡでは早くに中層梁が降伏するため上柱、下柱のエネルギー吸収量がⅠのラーメンの場合に比べて大きくなっている。ラーメンⅢでは、下柱が先に降伏するが、中層梁の降伏とほぼ同時に上柱も降伏するものが多く脆性的となった。終局まで至ったものは、JRSNの400gal以上、TEWの300gal以上のものであったが、靱性設計を考えるとラーメンⅢの様な強い中層梁をもつラーメン構造では地震波の特性を考慮して、脆性的な破壊の起こらないような断面を決定する必要がある。



図－６ 履歴エネルギー吸収比