RC構造物と地震動の周期特性の関係に関する基礎的研究

名古屋大学大学院　学生会員　○安藤　嵩久
名古屋大学大学院　正会員　上田　尚史
名古屋大学大学院　正会員　中村　光
名古屋大学大学院　正会員　国枝　稔

1. はじめに

近年，2003年十勝沖地震に代表されるような長周期の波動成分が卓越した地震動や，2004年新潟県中越地震の際の活発な余震活動と構造物の応答との関係が注目されている．コンクリート構造物は損傷により非線形挙動を呈するにつれ，履歴挙動や周期特性が変化していく．そのため，長周期成分の卓越した地震動や余震により，最大加速度作用後においても応答が増大することも予想される．そこで，本研究では，RC構造物と地震動の周期特性が地震応答に及ぼす影響について検討することを目的として，RC柱を対象とした地震応答解析を行った．

2. 解析理論

ファイバーモデルによりモデル化した3次元12自由度を有するはり要素の非線形有限変形理論に基づく解析手法を用い,材料非線形性のみならず，幾何学的非線形要因をも考慮した解析を行った[1)]．構造物が地震動を受ける場合の多自由度の運動方程式は，一般的に式(1)のように表される．

$$[M]\{\ddot{y}\}+\{[K]+[K_g]\}\{y\}=-[M]\{\ddot{y}_0\} \qquad (1)$$

ここで，$[M]$, $[K]$, $[K_g]$は，それぞれ構造物の質量マトリクス，剛性マトリクス，幾何剛性マトリクスである．式(1)に対して，数値積分はNewmarkのβ法を用い，β=0.49とすることで数値減衰を考慮した．なお，解析はUpdated Lagrange法に基づき逐次座標変換を行いながら行った．

3. 解析対象およびモデル化

建設省土木研究所で行なわれた振動台実験に用いられた，RC道路橋脚をモデル化した供試体を解析対象とした[2)]．その概要を**図-1**に示す．非線形動的解析を行うにあたり，供試体は，柱下端を固定としたファイバーモデルにより,軸方向に8要素でモデル化した．また，要素断面のファイバー分割は加振方向に50分割，加振直交方向に2分割とした．解析において使用した材料諸元はコンクリートの圧縮強度を30.3MPa,引張強度を2.6MPaとした．また，鉄筋の降伏強度は350.0MPa，ヤング係数を200GPaとした．

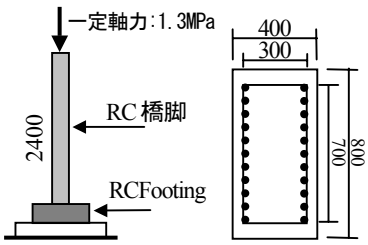


図-1　解析対象とモデル図

入力地震動は，土木学会コンクリート標準示方書耐震性能照査編に示されているレベル 2 地震動の内陸型および海洋型の時刻歴加速度波形を用いた[3)]．**図-2** にそれぞれの加速度波形を示す．

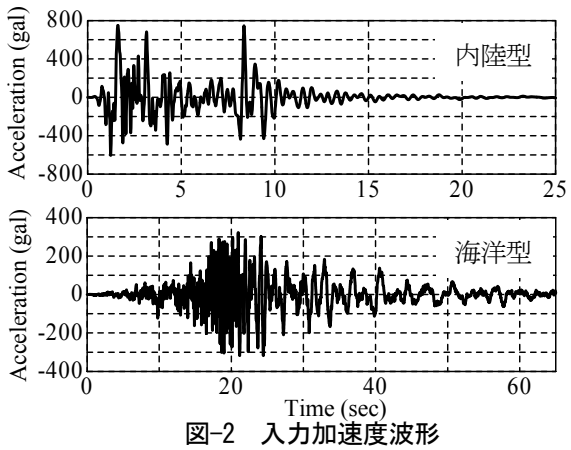


図-2　入力加速度波形

4. 復元力特性

本研究では，構造物の荷重－変位関係において損傷による内部履歴の変化が構造物の挙動に与える影響を評価するため，Bi-Linear型を仮定した鉄筋の応力－ひずみ関係を用いた**図-3(a)**のような履歴挙動を示すタイプと，鉄筋の応力－ひずみ関係を変化させることで**図-3(b)**のように剛性が低減する履歴挙動を示すようにしたタイプの２つの復元力特性を対象とした．以下それぞれをtype1，type2とする．

キーワード　地震応答解析，長周期成分，復元力特性，ファイバーモデル，有限変形はり理論
連絡先　〒464-8603　名古屋市千種区不老町１　名古屋大学大学院工学研究科社会基盤工学専攻　ＴＥＬ052-789-4484

5. 応答に及ぼす長周期成分の応答解析

内陸型地震動入力時における時刻歴応答変位を**図-4**に示す．最大応答変位は type1, type2 ともに約 16 ㎝であった．最大応答変位記録後の挙動において若干の違いはあるものの，ほぼ同様の結果を示すものとなった．

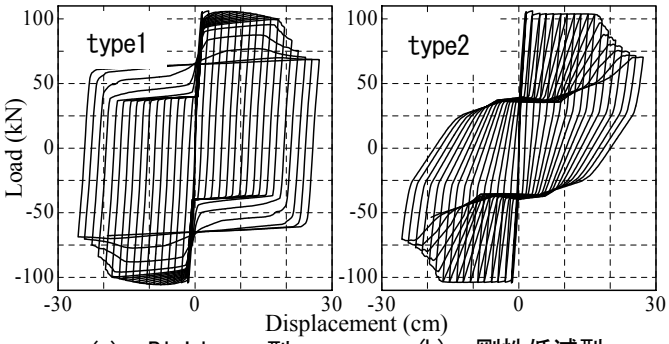
海洋型地震動入力時における時刻歴応答変位を**図-5**に示す．最大応答変位は type1, type2 ともに約 16 ㎝であった．最大応答変位記録後の挙動において，type1 は入力加速度が小さくなるとともに，応答変位も減少した．一方 type2 は地震動入力開始約 30 秒後から，type1 と比較して応答変位が増大していることが確認できる．この時の入力加速度は約 100 から 200gal 程度であった．これにより損傷による剛性の低下から固有周期が長周期化することで，加速度が減少しているにもかかわらず，地震動の長周期成分の影響により応答変位が増大することが分かる．

6. 応答に及ぼす余震の影響解析

余震による地震応答を模擬するため，三波連続入力による地震応答解析を行なった．三波連続で入力する際に，二波目の入力地震波は一波目の 80%の加速度，三波目の入力地震波は一波目の 60%の加速度を有するものを用いた．**図-6** に各波における最大応答変位をプロットしたものを示す．内陸型地震動入力時は，type1 において入力加速度の減少にともない最大応答変位も減少していくことが確認される．type2 では，type1 と同様に最大応答変位は減少していくが，type1 と比較した場合，減少幅が小さいことが分かる．一方，海洋型地震動入力時は type1，type2 とも入力加速度の減少に伴い同様の最大応答変位を記録し，共に応答変位は減少した．

7. まとめ

損傷による固有周期の変化が顕著な場合，一波入力時は海洋型地震動入力時において，最大加速度入力時以降においても応答変位が増大することが確認された．三波連続入力時においては本研究では明確な結果が得られなかったが，履歴挙動の相違による応答の変化が確認された．したがって履歴挙動の正確な評価ならびに，構造物と地震動の周期特性の関係についてより系統的な検討が必要であると考えられる．



(a)　Bi-Linear 型　　(b)　剛性低減型

図-3　繰返し載荷時の荷重－変位関係

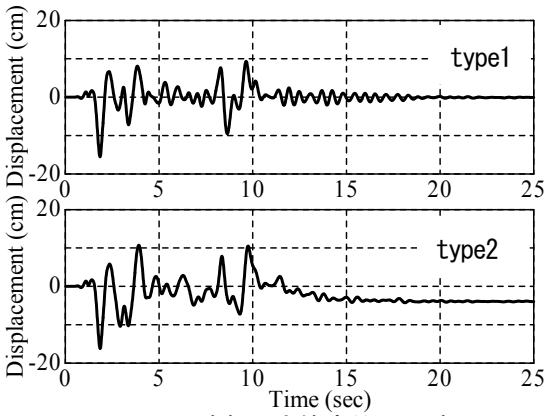


図-4　時刻歴応答変位（内陸型）

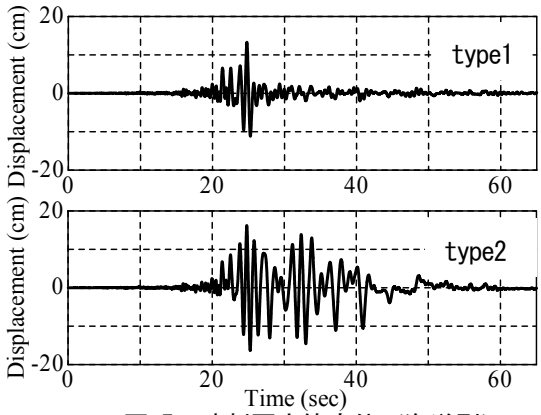
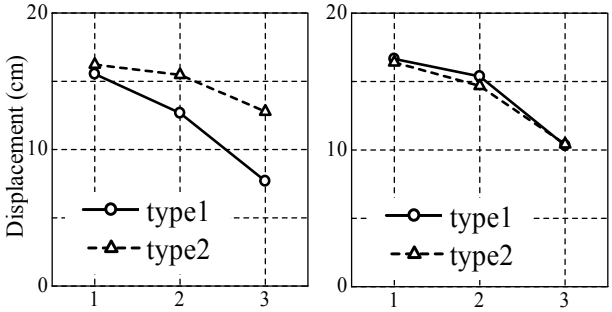


図-5　時刻歴応答変位（海洋型）



(a)　内陸型　　(b)　海洋型

図-6　三波連続入力時の各波における最大応答変位

参考文献

1)　中村光　(1992)：コンクリート構造のポストピーク挙動に関する解析的研究，名古屋大学博士論文.

2)　田辺忠顕　(2004)：初期応力を考慮した RC 構造物の非線形解析法とプログラム，技報堂出版.

3)　土木学会コンクリート委員会　(2002)：コンクリート標準示方書（耐震性能照査編）.