

I-627

修復 R C 部材の動特性の評価に関する研究

京都大学工学部 正員 伊津野和行
 京都大学工学部 正員 山田 善一
 清水建設(株) 正員 荒木 尚幸

1. はじめに

地震によって軽微な被害を受けた構造物は、修復・補強して再利用されることも多い。しかし、修復された構造物が再度の地震にたいしてどのような挙動を示すのかは、必ずしも明かではない。修復構造物では修復箇所や修復量、修復状態などがそれぞれのケースで異なり、まったく同じ状態をつくり得ないことが問題の一般的解決を妨げている。本研究では、ひび割れ部分にエポキシ樹脂を注入して修復された R C 部材を対象とし、簡単な 3 次元有限要素モデルを用いて解析を行なった。ひび割れおよび修復が、部材の固有振動数や動的応答に対してどのような影響を及ぼすのか評価を試みた。

2. 解析モデル

解析対象は、Fig. 1 に示すような 10cm×15cm の複鉄筋長方形断面を持つ R C の片持梁で、部材長は 75 cm とした。これは以前実施した修復 R C 部材のハイブリッド地震応答実験で用いた供試体をモデル化したもので、参考のためこの実験時の履歴曲線を Fig. 2 に示す。図の左側が処女載荷時のループで、右側が載荷後エポキシ樹脂を注入して修復した後における 2 度めの載荷時のループである。修復供試体の方が応答が大きくなっているが、ループ形状は安定している。さて、Fig. 1 のモデル図の上下方向の振動特性を解析するため、 $5 \times 9 \times 25 =$

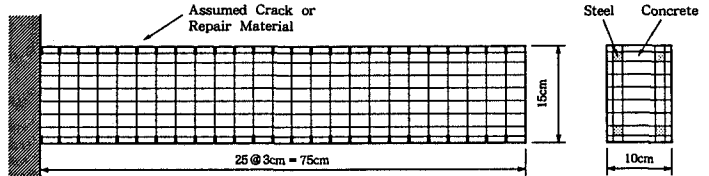


Fig. 1 Finite element model of the specimen.

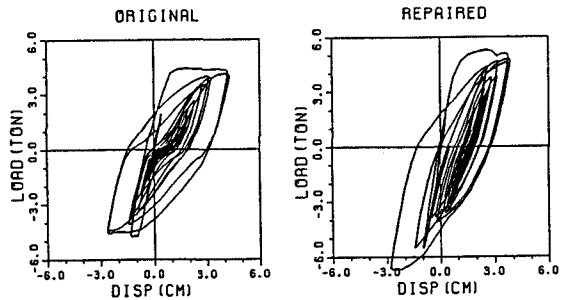


Fig. 2 Hysteresis loops of original and repaired specimen.

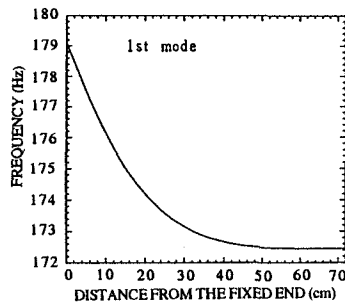


Fig. 3 Relation between distance of cracks from the fixed end and natural frequency of the first mode.

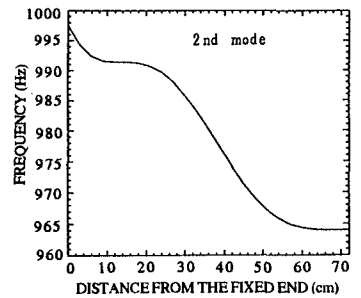


Fig. 4 Relation between distance of cracks from the fixed end and natural frequency of the second mode.

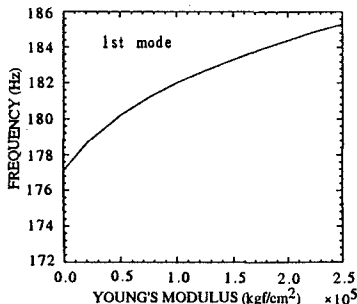


Fig. 5 Relation between Young's modulus of repair material and natural frequency of the first mode.

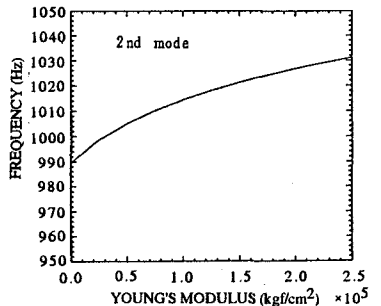


Fig. 6 Relation between Young's modulus of repair material and natural frequency of the second mode.

1125個の直方体要素を用いてコンクリートと鉄筋をモデル化した。また、修復に用いたエポキシ樹脂を表現するため、図の太線で示した箇所に弾性バネを挿入した。このバネの剛性をエポキシ樹脂と同じにしたモデルを修復モデル、以下、剛性をゼロにしたモデルを損傷モデル、コンクリートと同じにしたモデルをオリジナルモデル、とする。

3. 固有振動数の評価

まず、ひび割れの入った損傷モデルについて検討した。ひび割れが入ることにより固有振動数は低下するが、ここではその発生位置による影響を解析した。ひび割れは片持梁の固定端から自由端へ向かって順に発生し、ある位置にひび割れが発生していればそれより固定端側ではすべてひび割れが発生しているものと仮定した。ひび割れ位置による部材の固有振動数の変化をFig. 3とFig. 4に示す。横軸は固定端から一番遠いひび割れまでの距離であり、その位置までの直方体要素間にはすべてひび割れが発生しているものと考えた。Fig. 3は上下方向1次の固有振動数、Fig. 4は上下方向2次の固有振動数との関係である。オリジナルモデルの1次固有振動数185.3 Hzと比較すると、固定端にひび割れが入ることによって177.0 Hzと95%になることがわかる。さらに増えて全体にひび割れが入ると172.5 Hzと93%に減少する。2次の固有振動数も、固定端にひび割れが発生することによって1次モードと同様に約95%になる。しかしモード形状から予想されるように曲線が階段状になっており、固定端から1/4ほど離れた箇所にあるひび割れは、2次の固有振動数には影響しない。

次に、修復モデルについて検討した。修復に用いる物質の剛性と、1次および2次の固有振動数との関係を図示したものがそれぞれFig. 5とFig. 6である。修復に用いる剛性がゼロ、つまり損傷モデルの場合は損傷がないオリジナルモデルの約93%であったが、コンクリートの0.1%程度の剛性を持つ非常に柔らかい物質で修復しても約95%まで回復することができる。2次の固有振動数に関しても同様である。実際の修復によく利用されるエポキシ樹脂を用いた場合、固有振動数はオリジナル部材の約97%にまで回復することが推測される。

4. 地震応答特性の評価

前節と同じモデルを用いて地震応答解析を行なった。El Centro NS記録の強震部分10秒間に対する時刻歴応答をFigs. 7～9に示す。Fig. 7はオリジナルモデル、Fig. 8は損傷モデル、Fig. 9は修復モデルである。損傷モデルの最大応答値はオリジナルモデルの1.5倍となり、また6秒以降の応答があまり減衰せず大きいまである。これは、ひび割れによって固有振動数が低下したため、地震の卓越振動と共振現象をおこしたものと考えられる。修復モデルの最大応答値は損傷モデルとほぼ等しくオリジナルモデルの1.5倍であるが、その後応答は減衰しオリジナルモデルとほぼ等しくなっている。修復部材を用いた地震応答載荷実験でも、オリジナル部材より大きな、しかし安定した履歴曲線を描いたことと対応する結果となった。

5. あとがき

本研究の実施に当たっては、文部省科学研究費補助金重点領域研究（自然災害）の補助を受けた。また、本研究の計算にはN A S T R A Nを利用した。

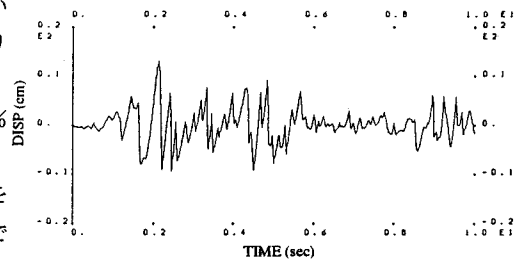


Fig. 7 Displacement-time history of the original member.

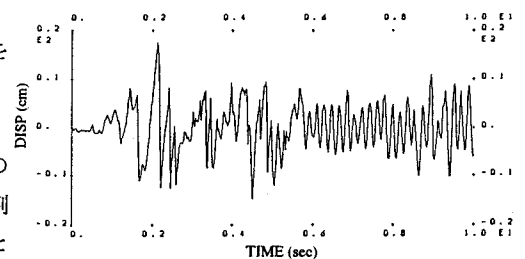


Fig. 8 Displacement-time history of the damaged member.

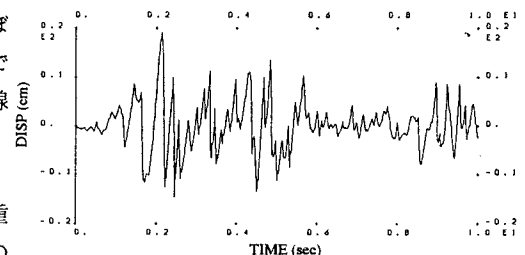


Fig. 9 Displacement-time history of the repaired member.