

I-477

修復RC部材の地震による損傷と地震応答解析に関する研究

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

大成建設 岡田 浩樹

1. はじめに

地震によって軽微な被害を受けた構造物を、修復・補強して再利用することも多い。しかし、修復・補強された構造物が再度の地震に対してどのような挙動を示すのかは、必ずしも明らかではない。本研究では、まず、修復RC部材が地震応答によってどのような被害を受けるのか、地震応答実験で用いた部材を切断することによって検討した。その上で、地震応答解析手法に関して基礎的な考察を行った。

2. 損傷を受けた修復RC部材断面の考察

数年前に行われたオンラインハイブリッド地震応答実験によって損傷を受けた修復RC部材を切断し、その断面性状について検討した。切断した供試体は、10cm×15cmの矩形断面を持つ長さ190cmの複鉄筋柱である。主鉄筋はD16異形鋼棒（鉄筋比3.1%）が用いられている。修復工法としてはエポキシ樹脂の注入工法が用いられ、地震応答実験では単純支持のスパン中央部において載荷された。この供試体は、修復の前後に計2回、El Centro NS 記録（1940年）の最大値を300galに設定した加速度記録を用いてハイブリッド実験が行われた。修復前に行われた1回目の載荷で供試体は大きな損傷を受け、特に部材中央部において断面の欠落が激しかった。修復後の載荷では修復前と同様あるいはより安定した履歴ループを描き、修復効果が高かったことを示した。

スパン中央部から左右10cm間隔で計7箇所を、ダイヤモンドカッターを使用して切断した。Fig. 1に供試体の切断箇所を、Fig. 2に切断された断面の状況を示す。断面図において、実線はエポキシ樹脂を、破線は再載荷によるひび割れを、塗りつぶした部分は載荷による断面の欠落を修復するために使用したエポキシモルタルを示す。なお、ハイブリッド実験による載荷は、図の上下方向に行われた。この図から、次の事が明らかになった。

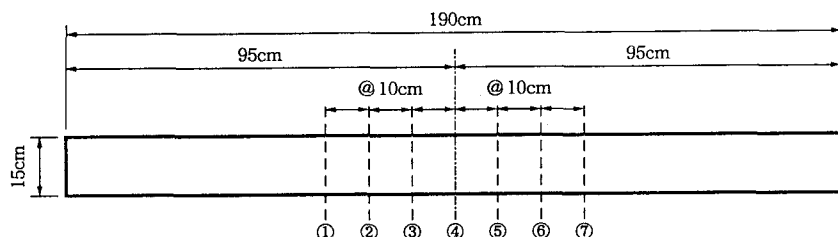


Fig. 1 Dimensions of test specimen and the section numbers at which the specimen was cut.

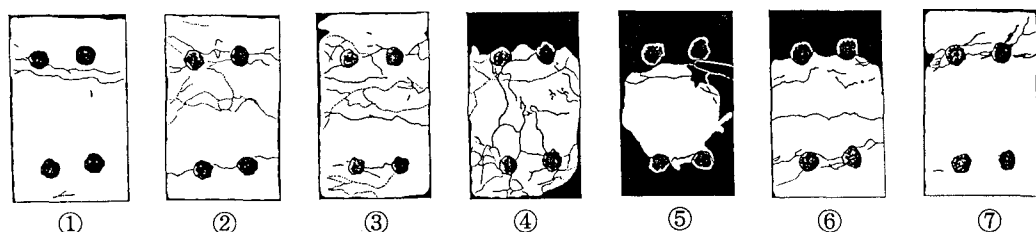


Fig. 2 Cross-sectional views of the test specimen.

- ①幅0.1mm程度のひび割れや、鉄筋の付着切れの部分にまで、エポキシ樹脂が充填されていた。
- ②修復後のひび割れ発生箇所は、エポキシ樹脂量の少なかった部分に集中している。また、修復前と同じ入力を行ったにもかかわらず、ひび割れ発生本数が少なかった。エポキシモルタル部がほとんどそのまま残っていることから明かなように、修復部材では断面の欠落も少なかった。これらは、樹脂の注入によって部材中央付近の引張強度が上がったことに起因するものと考えられる。
- ③修復部材のひび割れ幅は、修復前のひび割れ（つまり樹脂注入された部分）の幅よりも大きかった。これは、ひび割れ発生本数が修復前より少ないことから、変形が集中した結果と考えられる。

3. 修復RC部材の地震応答解析に関する検討

修復RC部材の地震応答解析を行う場合、不確定な要素としては入力地震波の問題以外にも、①RCの履歴特性、②RC部材の個体差、③修復場所と修復量、など数多い。このうち①と②に関しては、材料学分野で様々な研究が行われているので、ここでは③の問題について検討した。

Fig. 2からわかるように、部材中のエポキシ樹脂の存在場所や量に関してなんらかの数学的モデルを作るのは非常に困難である。そこで、存在場所を仮定して確定量として取り扱う方法と、存在場所を確率量として取り扱う方法を考え、有限要素法を利用して地震応答解析を行った。

まず、存在場所を仮定した場合の応答変位の例を示す。Fig. 3はスパン中央部1/3がエポキシ樹脂でできている場合で、Fig. 4は同1/4、Fig. 5は同1/6がエポキシ樹脂と仮定した場合である。エポキシ樹脂のヤング率はコンクリートの約1/10であるため、Fig. 3はFig. 4に比べて応答変位が大きく、固有周期が長くなっている。しかし、Fig. 4とFig. 5とでは大きな差異は認められない。載荷方向にエポキシ樹脂の層が存在する場合、その量がスパン中央部1/4以下なら、樹脂量の多少の違いは応答に影響しないという結果である。

次に、エポキシ樹脂の存在場所を確率量として扱い、数十回のシミュレーションから応答の平均値とばらつきを求めた例をFig. 6に示す。実線が平均値で、破線が平均値 $\pm 3\sigma$ である。存在確率の決定には前節の部材切断結果を参考にした。この手法により応答の最大値を予測することが可能だと考えられる。

謝辞

供試体の切断に関して、ショーボンド建設㈱の重吉勝氏にお世話になった。記して謝意を表する次第である。

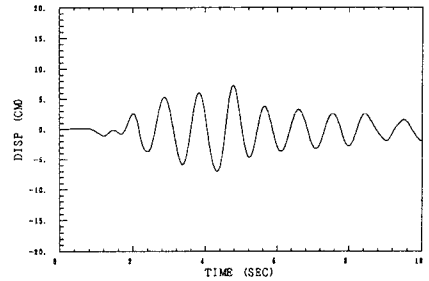


Fig. 3 Displacement response of the specimen whose 1/3 is epoxy.

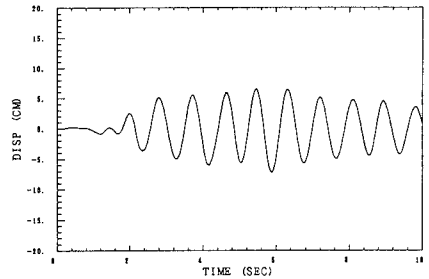


Fig. 4 Displacement response of the specimen whose 1/4 is epoxy.

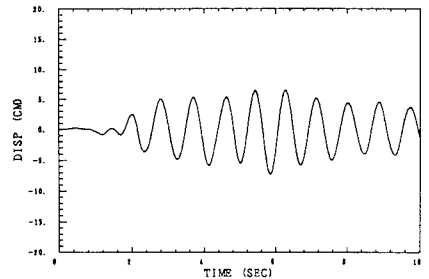


Fig. 5 Displacement response of the specimen whose 1/6 is epoxy.

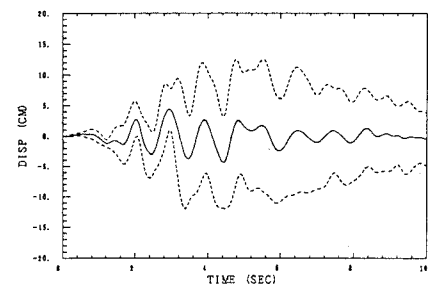


Fig. 6 Mean and $\pm 3\sigma$ - response by the present method.