

研究報告

〔154〕 CFRP により耐震補強された RC 柱の
ハイブリッド実験解析

HYBRID TESTS OF RC-COLUMNS STRENGTHENED BY CFRP TO RESIST EARTHQUAKES

武蔵工業大学工学部 ○皆川 勝 小玉克巳 佐藤安雄
(株)奈良建設技術研究所 佐藤貢一

Masaru MINAGAWA *1

Koichi SATOH *2

Katsumi KODAMA *1

and

Yasuo SATOH *1

[KEY WORDS] *Earthquake Resistance, CFRP Reinforcement,
RC-Columns, Hybrid Experiments.*

[ABSTRACT] In this study, we investigated seismic behavior of RC columns strengthened using CFRP and polimar mortar. RC columns were strengthened by either CFRP bars or steel bars. We carried out pseudo-dynamic experiments using an unstrenghtened specimen and some strengthened specimens. Conclusions obtained here are as follows: (1)CFRP can be used as strengthening material;(2)specimens strengthened by CFRP were stronger than those strengthened by steel bars; and (3) maximum displacement amplitude can be one of some parameters available to evaluate degree of deterioration of RC specimens.

*1 Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering,
Musashi Institute of Technology

*2 Nara Construction Company Ltd., Central Research Laboratory.

1. はじめに

昭和61年版・土木学会「コンクリート標準示方書」に限界状態設計法にもとづいた耐震設計法が規定され、さらに、同示方書平成3年版によって、これからの構造物には、従来の設計方法とは異なった耐震に関する検討を加え、従来の構造物には耐震補強をする必要性がでてきた。また、これにともなった耐震用補強材としては繊維強化プラスチック (FRP) が注目されている。そこで本研究ではRC柱に死荷重を想定した軸方向荷重を載荷し、横方向に地震を想定した荷重を載荷する二方向外力場におけるハイブリッド実験を行い、地震時のRC柱の変位、復元力特性に対するCFRP補強の効果を調べた。

2. 実験概要

使用したコンクリートの材令28日における圧縮強度は、 275 kgf/cm^2 あった。Table.1に供試体一覧、Fig.1に形状を示す。軸方向鉄筋としてはD10鉄筋を12本使用した。また、帯鉄筋は供試体NO.1, No.4ではD6鉄筋を9cm間隔で配筋し、供試体No.2, No.3では、D10鉄筋を20cm間隔で配筋した。したがって、供試体No.3とNo.4の比較により、帯鉄筋の配筋方法の違いによる影響が把握されることから、間接的ではあるが無補強、鉄筋補強、CFRP補強の3者を比較することができると考えた。

補強方法として、無補強供試体に補強筋を配置しポリマーモルタルを打ち込む方法を採用した。ポリマーモルタルの厚さは鉄筋補強供試体では4cm、CFRP補強供試体では3cmとした。アンカーボルトは、1体につき片面に上部2本ずつ、計8本打った。補強後、材令7日をもって載荷試験を行った。載荷方法は定軸力下でのハイブリッド実験である¹⁾。軸方向、及び横方向荷重は、Fig.1に示す位置に載荷

Table1 Detail of specimen.

| Specimen No. | Method of strengthening | Steel ratio(%) | | Lateral tie | Lateral tie ratio(%) | | Depth of fixing (cm) |
|--------------|-------------------------|----------------------|---------------------|-------------|----------------------|---------------------|----------------------|
| | | before strengthening | after strengthening | | before strengthening | after strengthening | |
| No.1 | | 0.95 | 0.95 | D6 | 0.235 | 0.235 | |
| No.2 | D13 | 0.95 | 2.08 | D10 | 0.235 | 0.469 | 8 |
| No.3 | CFRP | 0.95 | 1.9 | D10 | 0.235 | 0.473 | 8 |
| No.4 | CFRP | 0.95 | 1.9 | D6 | 0.235 | 0.473 | 8 |

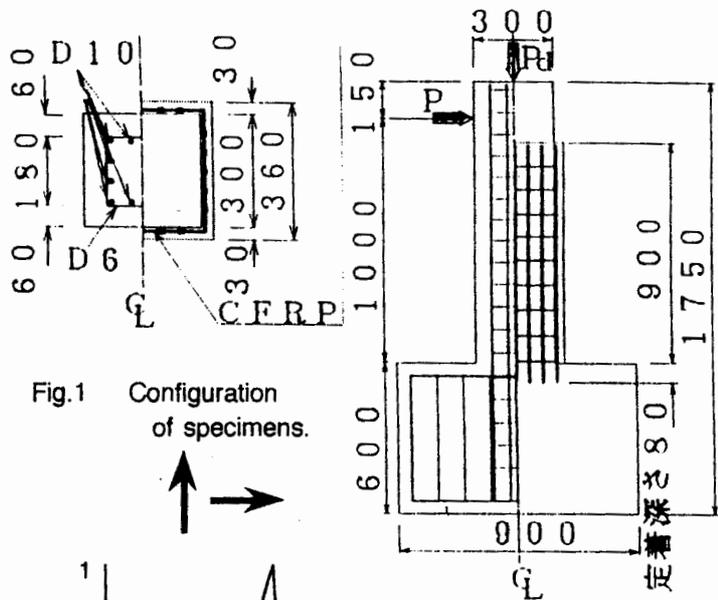


Fig.1 Configuration of specimens.

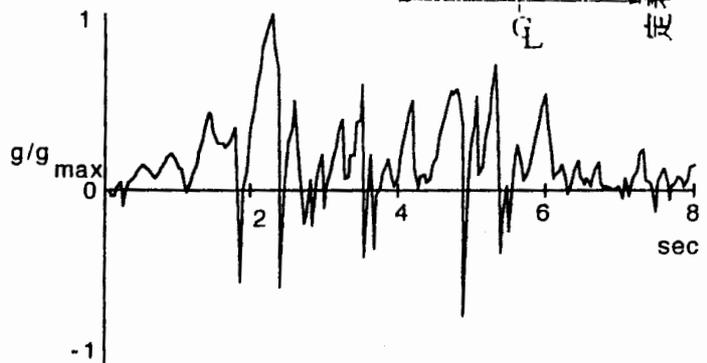
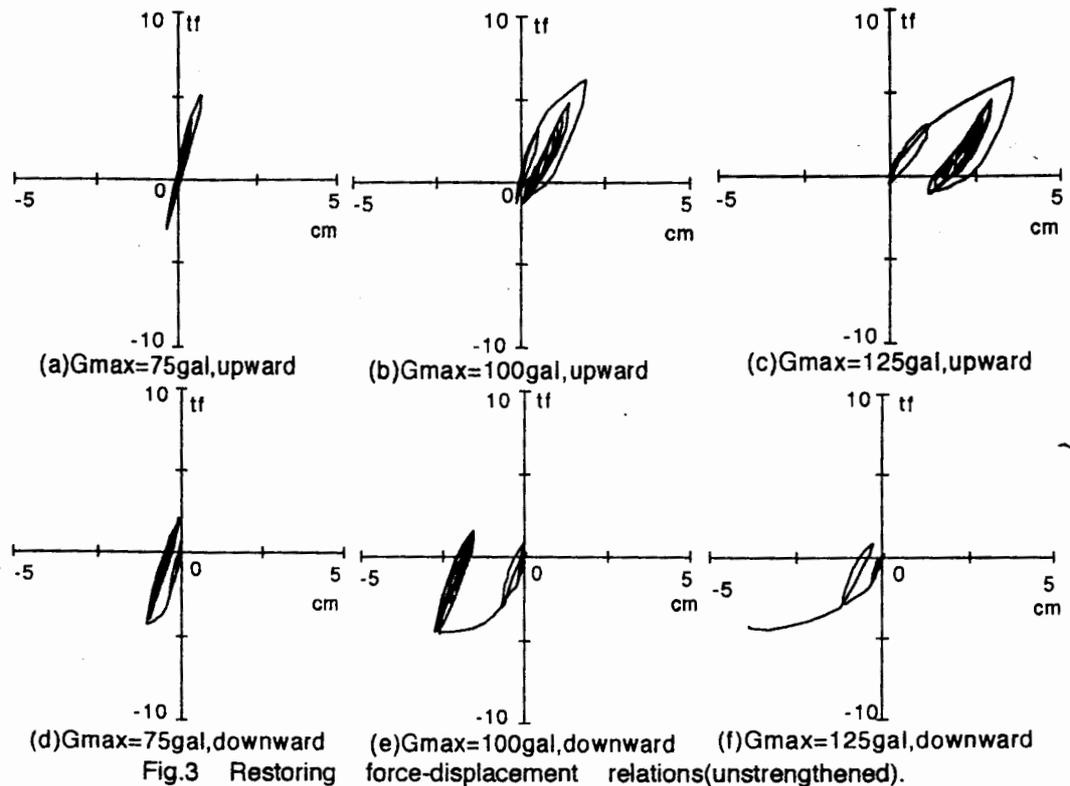


Fig.2 Input acceleration wave.



した。軸方向の荷重は、死荷重を想定し設計軸方向耐力の6%に相当する9.3tfを載荷した。横方向は、供試体をせん断型1自由度系と仮定し、初期の固有周期を0.4sec、減衰定数を0.05とした。また、1自由度系換算質量は初期剛性をもとに算出した。入力地震波は、エルセントロ波のNS成分の強震時8秒の波形である。最大加速度は1,5,10,25,50,75,100,125及び150galと順次増大させ、各載荷レベルで載荷方向(上,下)を変えて実験を行った。

3. 実験結果

Fig.2に入力加速度を示す。また、Fig.3からFig.5にそれぞれの試験における復元力-変位応答関係を示す。なお、最大入力加速度が75galより小さい試験に関する結果は、試験体による差がほとんどみられなかったため省略した。また、供試体No.3の結果はNo.4の結果と同様であるので紙面の都合で省略する。

すべての供試体に関して、クラックの入った前後では復元力の低下は現れないが、その後、元の載荷点に戻らなくなった。これは鉄筋が塑性域に入ったこととクラックが生じたことによるものと思われる。無補強供試体でNo.1は100galの上載荷で塑性変形が残ったが、補強後の供試体はすべて塑性変形がほとんど生じていないことから補強効果が確認された。

Fig.6に応答変位の時刻歴を、Fig.7に復元力の時刻歴の例をそれぞれ示す。クラックは供試体No.1では、75galの上載荷でフーチングと柱の接合部から13cmの所に、100galの上載荷でフーチングと柱の接合部から34cmの所と接合部に入った。また、供試体No.2, No.3及びNo.4ではそれぞれ100galの上載荷、100galの下載荷、100galの下載荷でフーチングと柱の接合部に入ったが、柱には入らなかった。

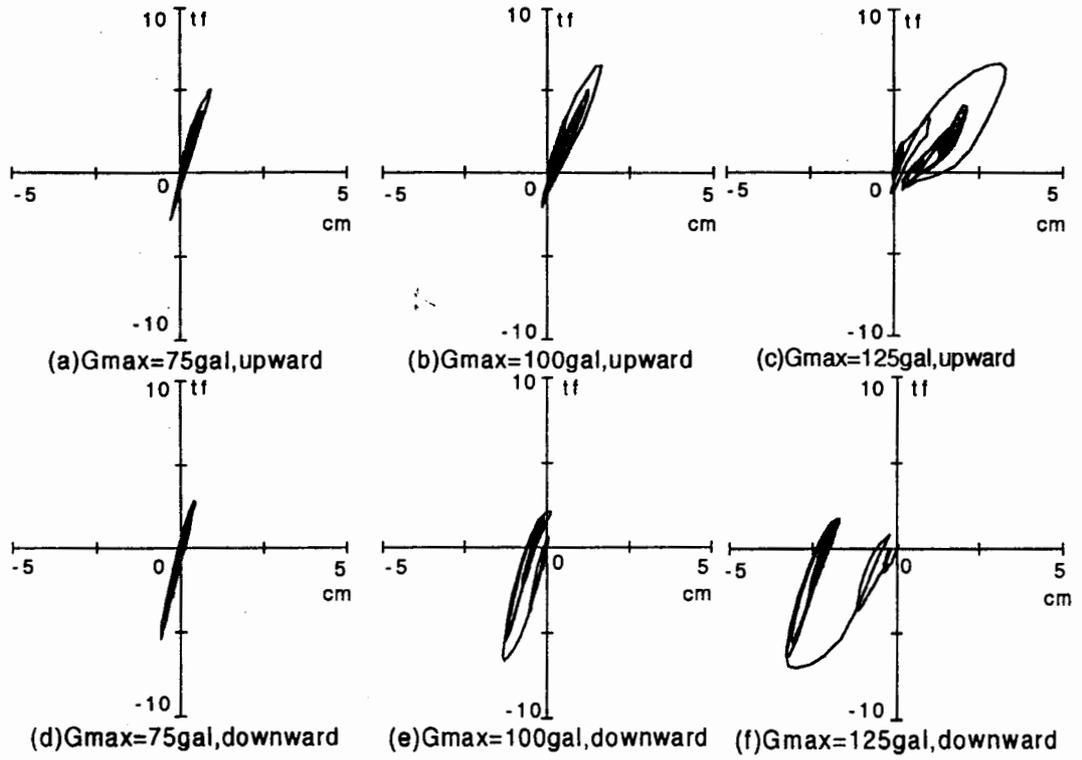


Fig.4 Restoring force-displacement relations(strengthened by D13).

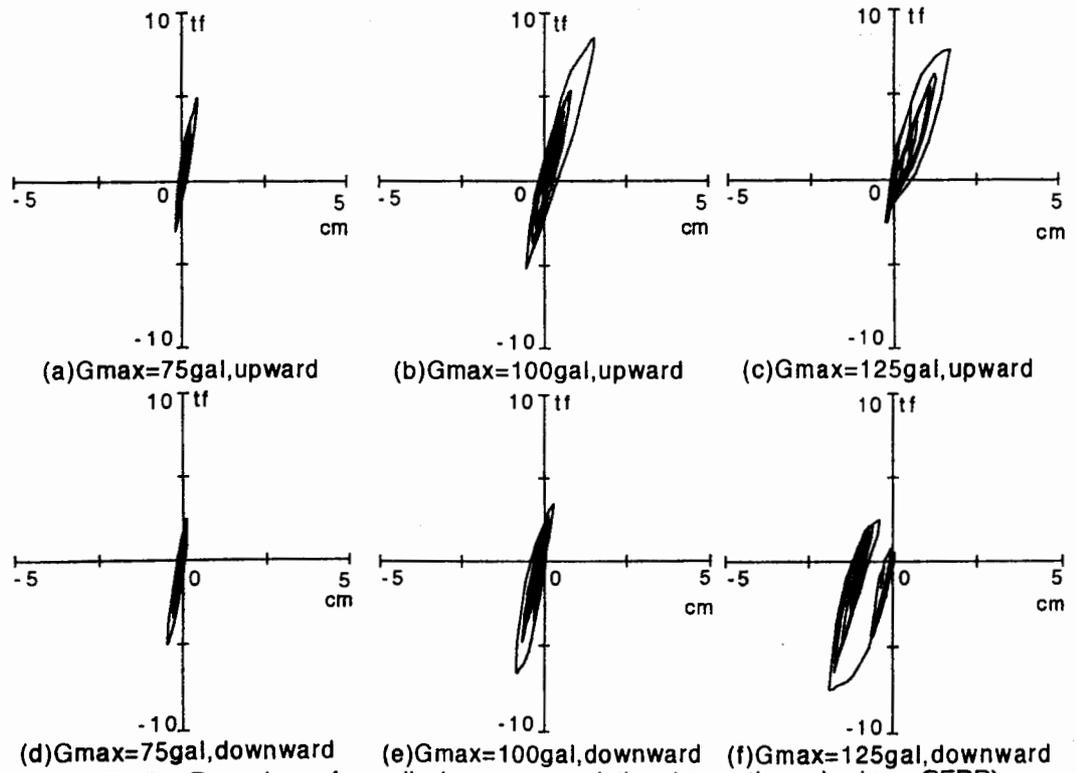


Fig.5 Restoring force-displacement relations(strengthened by CFRP).

Fig.8に各試験における最大入力加速度と最大応答変位振幅との関係を示す。最大応答変位振幅は供試体の劣化度を示す指標の一つと考えた。上載荷で見ると各加速度における最大変位は50galまではほとんど変わらないが供試体No.1にクラックが入り始めた75galで供試No.3, No.4に補強効果が現れ、100galでは供試体No.2にも現れた。帯鉄筋に関してD10鉄筋を使用した供試体No.3とD6鉄筋を使用した供試体No.4を比べてみると、強度にはほとんど影響がなかった。したがって、鉄筋比を同じ値にす

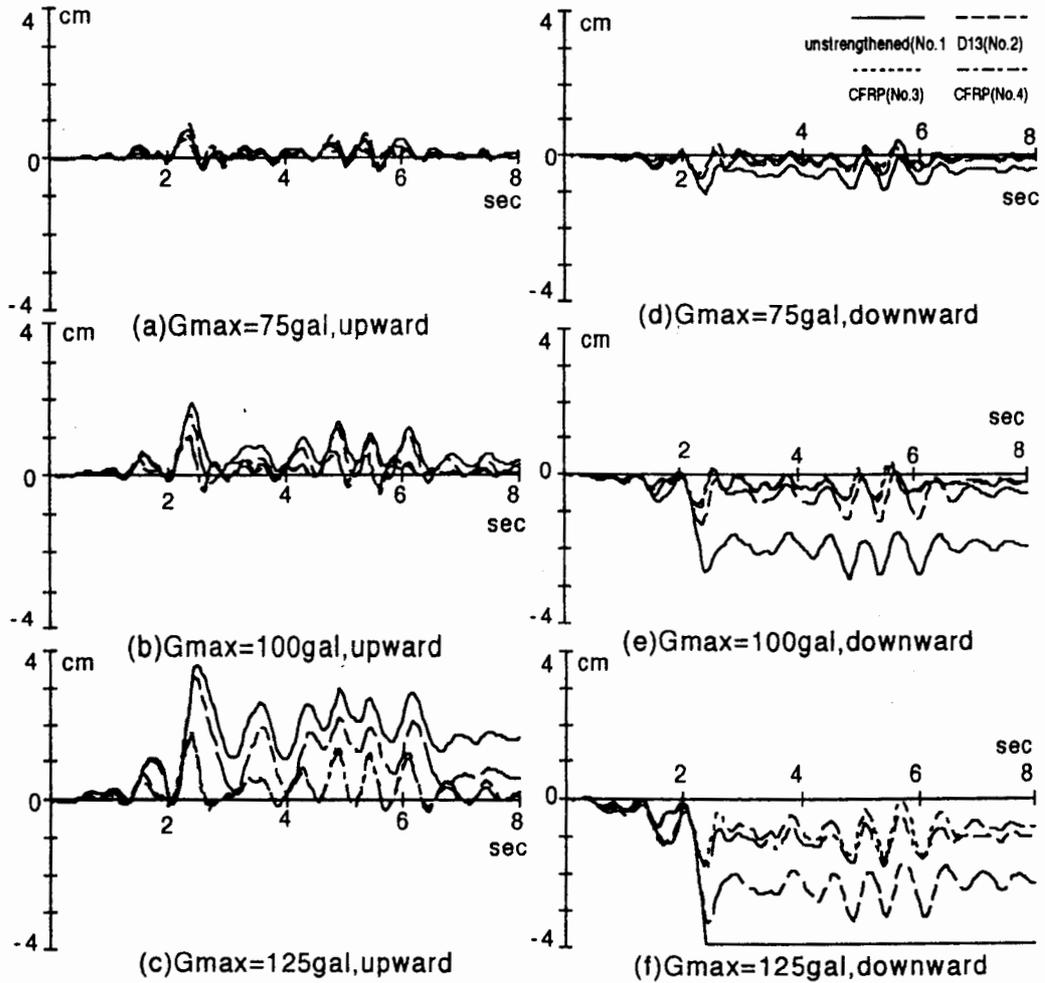


Fig.6 Displacement time histories.

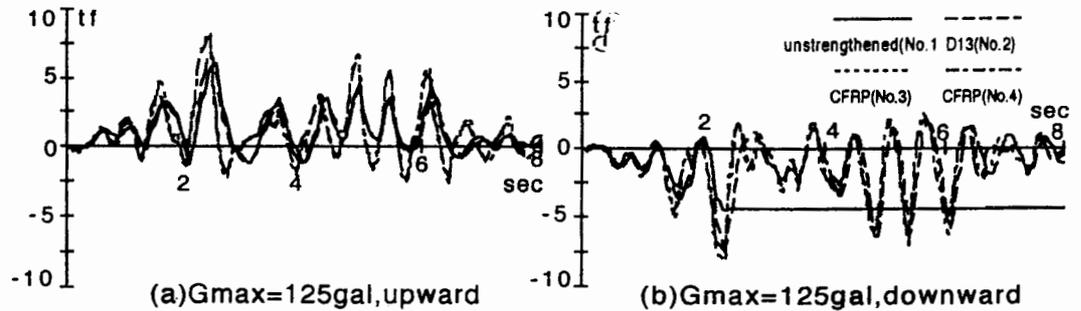


Fig.7 Restoring force time histories ($G_{max}=125gal$).

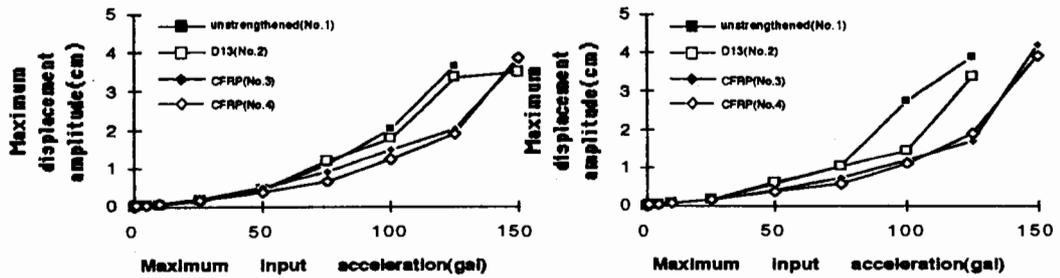


Fig. 8 Max. displacement amplitude-Max. input acceleration relations.

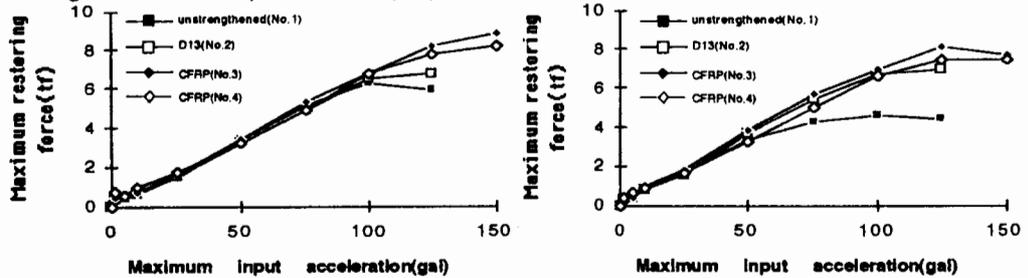


Fig. 9 Max. restoring force-Max. input acceleration relations.

れば同等の強度が得られることが分かる。このことは、帯鉄筋の違いが復元力特性には大きく影響しないことを示しており、言い替えば、本研究におけるすべての供試体を補強の方法のみをパラメータとして比較して問題ないことを示していると考えられる。

Fig. 9に各試験における最大入力加速度と最大復元力との関係を示す。無補強供試体No. 1の復元力の最大値は、100galの上載荷で6.2tf、鉄筋補強供試体No. 2の復元力の最大値125galの下載荷7.0tf、CFRP補強供試体No. 3及びNo. 4ではそれぞれ150galの上載荷で8.9tf及び8.2tfであった。すべての供試体に関してクラックが入るまでは一定の傾きで増大した。復元力の最大値を比べてもそれぞれ補強効果が確認された。

4. まとめ

鉄筋補強よりCFRP補強の方がより効果が現れた結果となったが、試験体数も少なく、更に検討が必要だろう。補強筋のフーチングとの定着長は施工上8cmしか取れなかったが、それでも補強効果を十分に確認することができた。また、供試体の品質が施工時期の影響を受けることにも十分注意する必要がある。

[謝 辞]

本研究を進める上で、当時武蔵工業大学4年生であった田子博章(現KTS)、藤原健治(現藤沢市)、松永隆敏(現古久根建設)の各氏には多大な協力を得た。ここに記して感謝の意を表す。

[参考文献]

- 1) 伯野元彦他; ハイブリッド実験の応用マニュアル, 文部省科学研究費補助金(総合研究A)研究成果(1990).
- 2) 山田, 家村他; ハイブリッド実験による修復補強RC部材の地震時剛性劣化過程, 土木学会論文集, 第387号/1-8, pp.407-416(1987).