

津波漂流物の衝突を想定した RC 造隅柱の挙動に関する実験的研究 その 2 実験結果

Experimental Study on Behavior of RC Corner Column of Tsunami Flotsam Part 2 Test Results

○柴田明奈², 渡邊瑞貴¹, 北嶋圭二³, 中西三和³, 安達洋⁴

*Mizuki Watanabe¹, Akina Shibata², Keiji Kitajima³, Mitsukazu Nakanishi⁴, Hiromi Adachi⁵

The purpose of this study is to investigate the behavior of RC corner column by a collision of Tsunami flotsam. In this study, the static loading test and the drop tests of weight to RC beams are performed. In this paper, the test result is presented.

1. はじめに

本報(その 2)では, RC 造隅柱を対象とした錘の衝突実験結果について述べる.

2. 静的載荷実験結果

2.1 破壊状況 [Case1] Fig.1 に最終破壊形状を示す. 試験体端部の曲げひび割れ発生, 主筋降伏, 曲げひび割れの拡大の後, 耐力を維持しながら変形が増大する典型的な曲げ破壊となった.

[Case2] Fig.2 に最大耐力近傍の最終破壊形状を示す. 45 度に近いせん断ひび割れの発生のおち, 載荷の進行に伴い急激にひび割れが進展するとともに耐力が低下した. その後, 最大耐力の約 6 割を維持しながら変形が増大した.

2.2 荷重-変位関係 [Case1] Fig.3 [Case1] に荷重-変位関係を示す. 荷重 3.0kN, 変位 0.18mm の時に初期ひび割れが生じ, 荷重 21.0kN, 変位 4.5mm で引張鉄筋が降伏した. その後, 実験時最大荷重である 24.7kN, 変位 14.6mm に到達したところで加力装置の限界で加力を中止した. 初期剛性は 16.7kN/mm, 引張主筋降伏時の剛性は 4.9kN/mm であった. なお, 理論値の弾性剛性は 17.3kN/mm, 降伏点剛性は 5.9kN/mm であり実験値と概ね一致した.

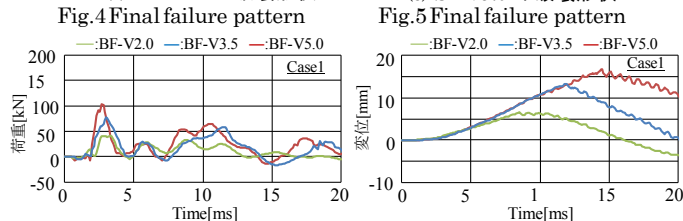
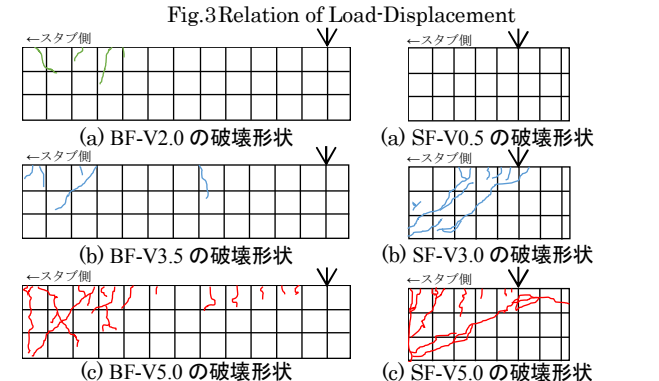
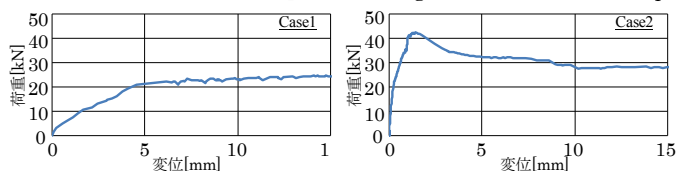
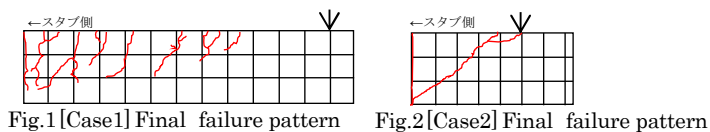
[Case2] Fig.3 [Case2] に荷重-変位関係を示す. 荷重 4.0kN, 変位 0.01mm で初期ひび割れが生じ, その後せん断ひび割れが荷重 21.9kN, 変位 0.32mm の時に発生した. 実験値最大荷重は 42.5kN, 変位 1.49mm であり, 最大荷重経過後せん断ひび割れの進展に伴い急激に耐力が低下し, 変位が増大した. 初期剛性は 400kN/mm であった. なお, 理論値の弾性剛性は 402.9kN/mm であり概ね一致した.

3. 衝撃載荷実験結果

3.1 破壊形状 [Case1] Fig.4 に各試験体の最終破壊形状を示す. 最終破壊形状は静的載荷同様に 3 体共に曲げ破壊となった. また, 5.0m/s の衝撃載荷を行った試験体では静的実験では見られなかった対角方向のひび割れが生じた. [Case2] Fig.5 に各試験体の最終破壊形状を示す. 最終

破壊形状は静的載荷実験同様に落下速度 3.0m/s, 5.0m/s ともにせん断破壊であるが, 静的載荷実験に比べひび割れ角度が材軸に対して 45 度よりも小さい. また, 試験体端部上面には明瞭な曲げひび割れも確認された.

3.2 最大荷重と応答変位の時刻歴関係 [Case1] Fig.6 に衝撃荷重の時刻歴, Fig.7 に変位の時刻歴を示す. 荷重の時刻歴波形は錘の衝突に伴い励起し, 最大荷重経過後, 急激に荷重が減少した. また, 荷重は衝突速度の増加に伴い増加した. 一方, 変位波形は荷重波形の出現と比較し, どの試験体でも遅れて励起していることを確認した.



1 : 日大理工・学部・海建 2 : 日大理工・院(前)・海建 3 : 日大理工・教員・海建 4 : 日大名誉教授

[Case2] Fig.8 に衝撃荷重の時刻歴, Fig.9 に変位の時刻歴を示す. 荷重の時刻歴波形, 変位波形は[Case1]と同様な挙動が確認された.

3. 3 ひずみとひずみ速度の時刻歴関係

以後の検討における[Case1]および[Case2]のひずみは最大値が計測された測定位置(その1 Fig.5参照を対象としている).

[Case1] Fig.10 に引張鉄筋ひずみの時刻歴, Fig.11 に圧縮側コンクリートひずみの時刻歴を示す. 用いたひずみゲージの計測位置は引張鉄筋では1-1, 圧縮側コンクリートでは7-1の位置であり, ひずみ速度も同位置のものを用い算出した.

引張鉄筋は降伏ひずみに到達していることを確認し, 圧縮側コンクリートでは圧縮強度時のひずみレベルを経験していることを確認した.

Fig.12 に引張鉄筋のひずみ速度の時刻歴, Fig.13 に圧縮側コンクリートのひずみ速度の時刻歴を示す. ひずみ速度は静的, 動的, 衝撃載荷の各載荷速度の指標に用いられており, いずれの試験体でも衝撃レベルのひずみ速度とされる $10^0(1/s)$ を上回っている⁵⁾.

[Case2] Fig.14 に引張鉄筋ひずみの時刻歴, Fig.15 にせん断補強筋ひずみの時刻歴を示す. 用いたひずみゲージの計測位置は引張鉄筋では 1-1, せん断補強筋では 3.0m/s の試験体は 1, 他の 2 体は 2 の計測位置のであり, ひずみ速度の算出は[Case1]同様である. せん断破壊型の試験体にもかかわらず 5.0m/s の試験体では主筋降伏を確認した. また, せん断補強筋ひずみでは 3.0m/s, 5.0m/s での降伏を確認した.

Fig.16 に引張鉄筋ひずみ速度の時刻歴, Fig.17 にせん断補強筋ひずみ速度の時刻歴を示す. [Case1]と同様, 衝撃レベルのひずみ速度とされる $10^0(1/s)$ を上回っている⁵⁾. 特に, せん断補強筋のひずみ速度では[Case1]でも経験しなかった $10^1(1/s)$ 程度のひずみ速度が観測された.

4. 最大荷重の比較

Table1 に静的載荷実験と衝撃載荷各実験の試験体を弾性体と仮定した際の衝撃荷重理論値(以後, 弾性理論値)を比較して示している. 最大荷重比は, 実験から得られた衝撃載荷時の最大荷重を静的載荷実験の最大耐力([Case1]:24.7kN, [Case2]:42.5kN)で除した値である. また, 衝撃載荷実験で計測された荷重を弾性理論値で除した値も載せている. 載荷速度の増加により荷重は増加し, 静的最大荷重と比較し最大で[Case1]で 1.7~4.2 倍, [Case2]では 1.4~4.1 倍まで衝撃荷重は増加した. また, 弾性理論値と実験最大荷重を比較すると, [Case1][Case2]同様に衝突速度の増加に伴い試験体が塑性化し, 耐力は頭打ちとなり弾性理論値から乖離した.

5. まとめ

RC 造柱を対象にした静的載荷実験と錘の落下実験より以下の知見を得た.

- ・静的載荷実験より[Case1]では典型的な曲げ破壊型の挙動を示し, [Case2]ではせん断破壊型の挙動を示した.

- ・衝撃載荷実験より[Case1]では曲げ破壊型の破壊であったが, BF-V5.0 では静的載荷実験で見られなかった対角方向のひび割れが生じた. [Case2]では 3.0m/s, 5.0m/s はせん断破壊型の破壊となったが, 5.0m/s での主筋降伏を確認した.

- ・いずれの試験体でも衝撃レベルのひずみ速度とされる $10^0(1/s)$ を上回っていた.

- ・衝突速度の増加に伴い衝撃載荷実験値は増加し, [Case1]で 1.7~4.2 倍, [Case2]では 1.4~4.1 倍となった.

- ・衝撃載荷実験値を弾性理論値と比較した場合, 衝突速度の増加に伴い試験体の耐力は頭打ちとなり弾性理論値から乖離した.

【参考文献】

- 1) 日本建築学会; 2011 年東北地方太平洋沖地震災害調査速報, 2011.7
- 2) 石丸辰治・安達洋・白井伸明・中西三和・牛丸裕:「動的実験法における相似則について」, 日本大学理工学部学術講演会論文集, 1985
- 3) 中西三和・菅野裕識ほか:「津波漂流物の衝突を想定した RC 部材の挙動に関する実験的研究(その 1,2)」, 日本建築学会学術講演梗概集, 海洋建築, pp.25-28, 2015
- 4) 石川信隆, 大野友則, 藤掛一典, 別府万寿博:「基礎からの衝撃工学—構造物の衝撃設計の基礎」, 2009.8
- 5) 藤井学, 宮本文徳:「衝撃荷重下におけるコンクリート構造物の挙動」, コンクリート工学 Vol.21-9, P.25-36, 1983

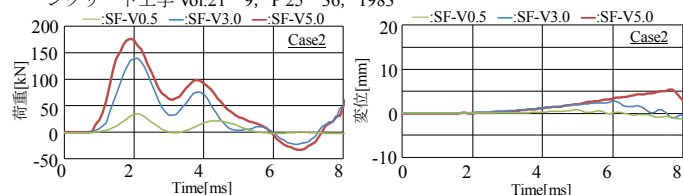


Fig.8 Impact load-Time history

Fig.9 Displacement-Time history

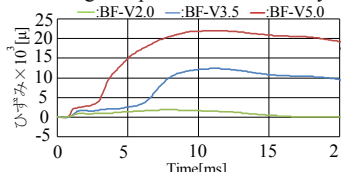


Fig.10 Tensile reinforcement strain

Fig.11 Compressed concrete strain

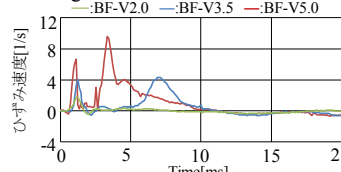


Fig.12 Tensile reinforcement strain rate

Fig.13 Compressed concrete strain rate

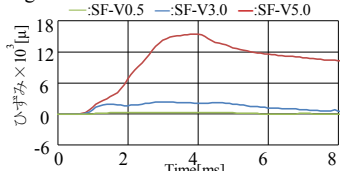


Fig.14 Tensile reinforcement strain

Fig.15 Shear reinforcement muscle strain

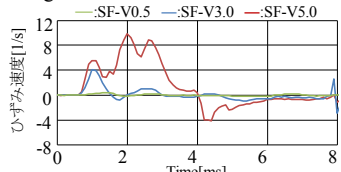


Fig.16 Tensile reinforcement strain rate

Fig.17 Shear reinforcement muscle strain rate

Table1 Comparison between tests and theoretical maximum load

試験体名	最大荷重 [kN]	最大荷重比	衝撃荷重	
			弾性体と仮定した際の衝撃荷重 Po[kN]	弾性体と仮定した際の衝撃荷重
BFSL	24.7	1.0	-	-
SFSL	42.5	1.0	-	-
BF-V2.0	42.0	1.7	64.4	0.7
BF-V3.5	78.1	3.2	112.7	0.7
BF-V5.0	103.0	4.2	161.0	0.6
SF-V0.5	35.0	1.4	77.7	0.5
SF-V3.0	139.1	3.3	466.5	0.3
SF-V5.0	175.8	4.1	777.4	0.2