

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 3 衝突速度と荷重効果

Experimental Study on Behavior of RC Corner Column of Tsunami Flotsam

Part 3 Impact speed and Load effect

○川北章悟<sup>1</sup>, 渡邊瑞貴<sup>2</sup>, 北嶋圭二<sup>3</sup>, 中西三和<sup>3</sup>, 安達洋<sup>4</sup>

\*Shogo Kawakita<sup>1</sup>, Mizuki Watanabe<sup>2</sup>, Keiji Kitajima<sup>3</sup>, Mitsukazu Nakanishi<sup>3</sup>, Hiromi Adachi<sup>4</sup>

The purpose of this study is to investigate the behavior of RC 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

本研究では、小型船舶や小型自動車などの津波漂流物が RC 造建物の柱に衝突したときの衝突荷重と、破壊に至るまでの部材挙動を把握することを目的とし昨年度、錘の落下実験（以後、衝撃載荷実験）を実施した。実験方法と結果については昨年度その 1), その 2)<sup>1)</sup>で報告しているが、本報は実験概要と新たに検討を加えた衝撃荷重について述べる。なお、エネルギー保存則に基づく基本的な衝突現象の把握を目的としていることから流体の影響は考慮していない。

2. 実験概要

試験体は低層の RC 造建物の柱を想定した実大柱の 1/4 縮尺模型であり、Fig.1 に試験体形状図及びひずみゲージの測定位置を示す。せん断余裕度 1.2 程度の曲げ破壊型の試験体を[Case1], せん断余裕度 0.6 程度のせん断破壊型の試験体を[Case2]とした。

衝撃載荷実験装置については、スタブは単純支持とし、スタブから突出した片持ち試験体の先端に錘を落下させる仕組みとなっている。

静的載荷実験による最終破壊形状を Fig.2, Fig.3 に示す。[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。

衝撃載荷実験による最終破壊形状を Fig.4, Fig.5 に示す。[Case1]では静的載荷同様 3 体共に曲げ破壊型の破壊であったが、BF-V5.0 では静的載荷では見られなかった対角方向にせん断ひび割れが生じた。[Case2]では SF-V3.0, SF-V5.0 は静的載荷同様、せん断破壊型の破壊であったが、静的載荷実験と比べ、ひび割れ本数が多くその角度が材軸に対して 45 度よりも小さいという特徴がある。また SF-V5.0 では、試験体上面に多数の曲げひび割れを確認した。

3. 各支点反力に基づく荷重評価

3.1 最大荷重の時刻歴

昨年度は、同時刻における支点反力の和として荷重

評価を行った。本報では、各支点反力の計測値から釣合い式に基づいて衝撃荷重を再評価した。以降、左右支点反力から求めた衝撃荷重をそれぞれ  $P_{R1}$ ,  $P_{R2}$  として示す。

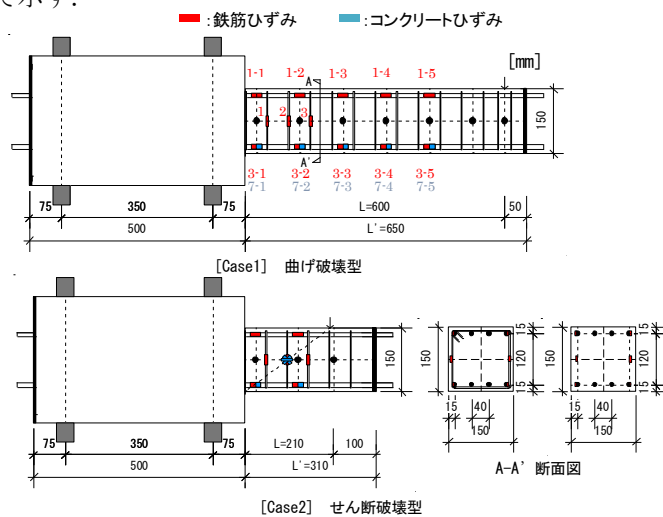


Fig. 1 Form of the examination body and Strain gauge

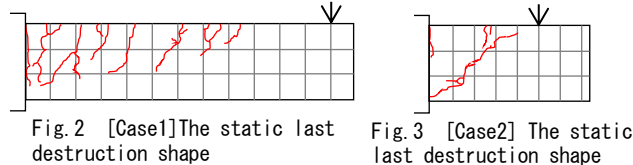


Fig. 2 [Case1] The static last destruction shape

Fig. 3 [Case2] The static last destruction shape

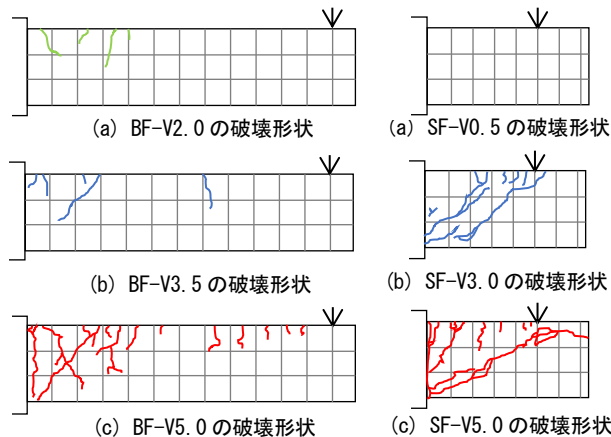


Fig. 4 [Case1] Impact last destruction shape

Fig. 5 [Case2] Impact last destruction shape

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 : 日大名譽教授

[Case1] Fig.6, Fig.7, Fig.8 に各载荷速度の衝撃荷重の時刻歴, Fig.9 に変位の時刻歴を示す.  $P_{R1}$ ・ $P_{R2}$  共に荷重の時刻歴波形は錘の衝突に伴い励起し, 最大荷重経験後減衰した.  $P_{R1}$  及び  $P_{R2}$  を比較した場合には, 最大荷重が計測されるまでに 1ms から 3ms 程度の時間差が生じていることを確認した. また, いずれの衝撃荷重も衝突速度の増加に伴い上昇した. 一方, 変位の時刻歴波形では最大荷重近傍の変位は微小であり, 最大荷重経験後に最大変位に達した. 最大変位も衝撃荷重同様に衝突速度の増加に伴い増加した. また, 荷重波形の出現と比較し, 変位波形はどの試験体でも遅れて励起していた.

[Case2] Fig.10, Fig.11, Fig.12 に各载荷速度の衝撃荷重の時刻歴, Fig.13 に[Case1]変位の時刻歴を示す. 荷重の時刻歴波形, 変位の時刻歴波形共にと同様な挙動を示した.

### 3.2 最大荷重比

Fig.14, Fig.15 に[Case1], [Case2]の最大荷重-速度関係, Table1 に静的载荷実験と衝撃载荷各実験の最大荷重と弾性体と仮定した際の衝撃荷重(以後, 弾性理論値)を比較して示す. 最大荷重比は, [Case1], [Case2]で計測された衝撃载荷時の最大荷重を静的载荷実験の最大耐力([Case1]: 24.7kN, [Case2]: 42.5kN)で除した値である. なお, 弾性理論値はエネルギー保存則に基づいて求めた値<sup>1)</sup>である. 最大荷重比は[Case1]の  $P_{R1}$  で 0.83~1.59,  $P_{R2}$  で 0.99~1.91, [Case2]の  $P_{R1}$  で 0.68~2.27,  $P_{R2}$  で 0.52~2.66 であり, [Case1], [Case2]共に衝突速度の増加により衝撃荷重は増加した. また, 弾性理論値と衝撃最大荷重を比較すると, [Case1], [Case2]共に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次第に逸脱することが分かる. また, 剛性が高いほど衝撃荷重は大きくなることが確認された.

### 4. まとめ

以上, 本報 (その 3) では最大荷重の時刻歴, 最大荷重比の詳細について示し, まとめを以下に記す.

- ・ 衝突速度の増加に伴い衝撃载荷実験値は増加し, [Case1]の  $P_{R1}$  では最大荷重比は 0.83~1.59,  $P_{R2}$  では 0.99~1.91 であった. [Case2]の  $P_{R1}$  では 0.68~2.27,  $P_{R2}$  では 0.52~2.66 の最大荷重比となった.
- ・ 最大荷重近傍の変位は微小であり, 最大荷重経験後に最大変位に到達した.
- ・ 衝撃载荷での変位は衝突速度の増加に伴い増加した.
- ・ [Case1], [Case2]共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かけ離れた.

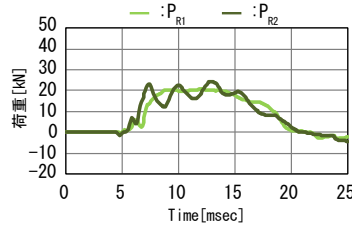


Fig. 6 BF-V2.0 load-Time history

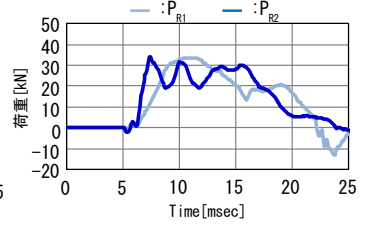


Fig. 7 BF-V3.5 load-Time history

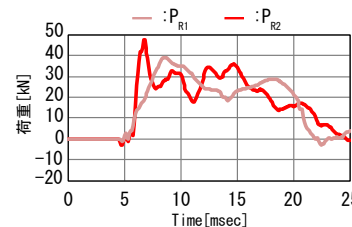


Fig. 8 BF-V5.0 load-Time history

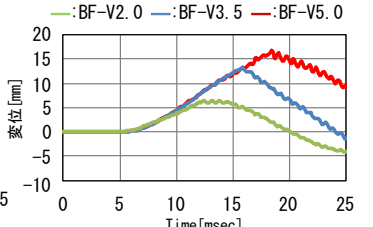


Fig. 9 displacement-Time history

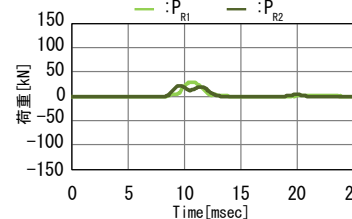


Fig. 10 SF-V0.5 load-Time history

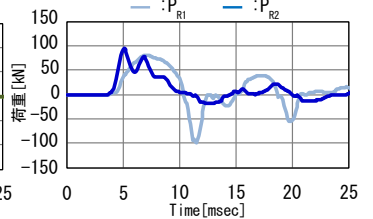


Fig. 11 SF-V3.0 load-Time history

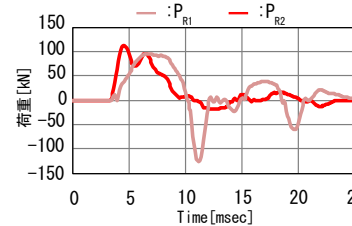


Fig. 12 SF-V5.0 load-Time history

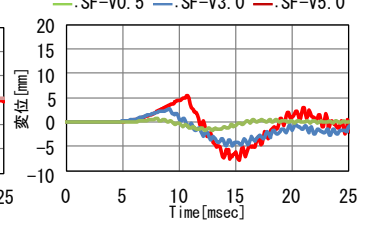


Fig. 13 displacement-Time history

---: 弾性体と仮定した際の衝撃荷重(弾性理論値) ---: 弾性体と仮定した際の衝撃荷重(弾性理論値)  
 -: 曲げ破壊型試験体の静的最大荷重 -: せん断破壊型試験体の静的最大荷重  
 $P_{R1}$  の場合 ●:BF-V2.0 ◆:BF-V3.5 ■:BF-V5.0  $P_{R1}$  の場合 ●:SF-V0.5 ◆:SF-V3.0 ■:SF-V5.0  
 $P_{R2}$  の場合 ○:BF-V2.0 ◇:BF-V3.5 □:BF-V5.0  $P_{R2}$  の場合 ○:SF-V0.5 ◇:SF-V3.0 □:SF-V5.0

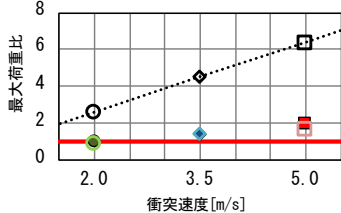


Fig. 14 [Case1] Relations of the biggest load and speed

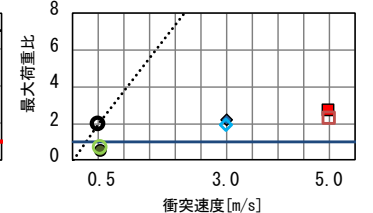


Fig. 15 [Case2] Relations of the biggest load and speed

Table1 A laboratory finding and the maximum load ratio and theoretical value

試験体名	载荷方法	$P_{R1}$ [kN]	最大荷重比	$P_{R2}$ [kN]	最大荷重比	最大変位 [mm]	弾性体と仮定した際の衝撃荷重 [kN]
[Case1] 曲げ破壊型試験体							
BF-SL	静的载荷	24.7	1.00	24.7	1.00	14.6	-
BF-V2.0	衝撃载荷	20.6	0.83	24.4	0.99	6.53	64.4
BF-V3.5	衝撃载荷	33.7	1.36	33.9	1.37	13.22	112.7
BF-V5.0	衝撃载荷	39.2	1.59	47.3	1.91	16.79	161.0
[Case2] せん断破壊型試験体							
SF-SL	静的载荷	42.5	1.00	42.5	1.00	1.49	-
SF-V0.5	衝撃载荷	28.9	0.68	22.1	0.52	0.79	77.7
SF-V3.0	衝撃载荷	81.3	1.91	94.7	2.23	2.80	466.5
SF-V5.0	衝撃载荷	96.4	2.27	113.0	2.66	5.44	777.4