

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 4 ひずみ速度と最大荷重

Experimental Study on Behavior of RC Corner Column of Tsunami Flotsam Part 4 Strain Rate of strain and Maximum load

○渡邊瑞貴², 川北章悟¹, 北嶋圭二³, 中西三和³, 安達洋⁴

*Mizuki Watanabe², Shogo Kawakita¹, Keiji Kitajima³, Mitsukazu Nakanishi³, Hiromi Adachi⁴

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

本報では、ひずみの時刻歴から求めたひずみ速度と材料強度上昇の関係とそれに基づく最大荷重の評価について述べる。

2. ひずみ時刻歴

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3Fig.1 参照)を対象として検討している。

[Case1] Fig.1 に引張鉄筋ひずみの時刻歴, Fig.2 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 とした. BF-V5.0 では引張鉄筋が降伏ひずみに到達し, 圧縮側コンクリートひずみでは圧縮強度時のひずみレベルを経験している。

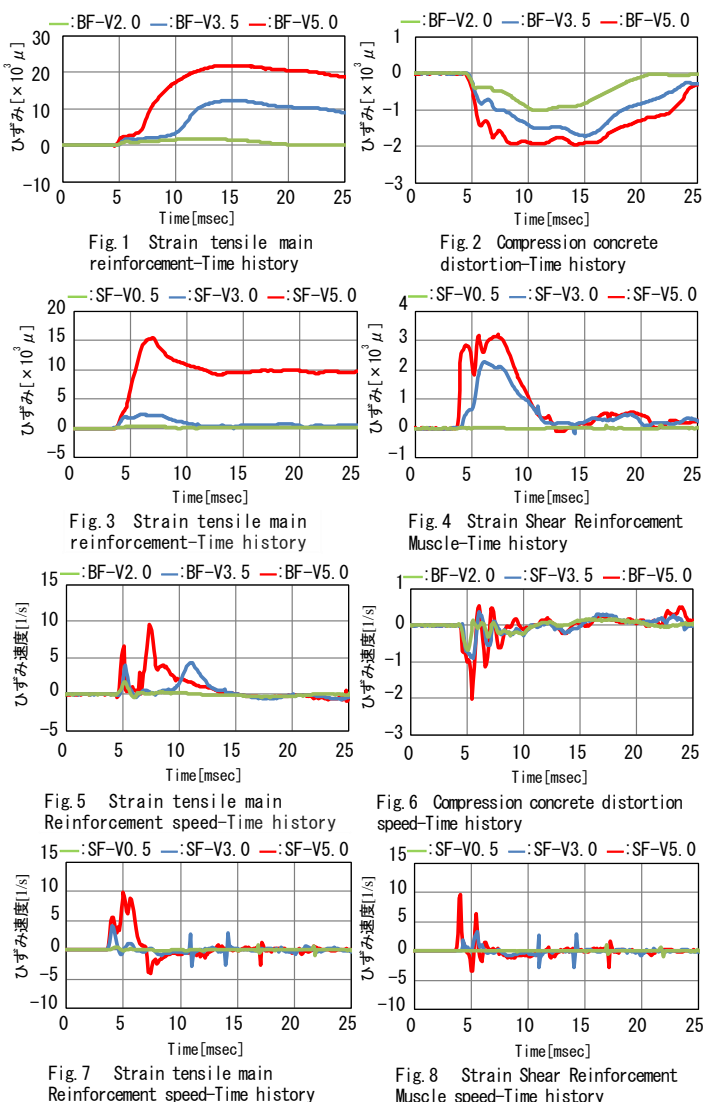
[Case2] Fig.3 に引張鉄筋ひずみの時刻歴, Fig.4 にせん断補強筋ひずみの時刻歴を示す. 用いたひずみゲージの計測位置は引張鉄筋では 1-1, せん断補強筋では SF-V3.0 は 1, 他の 2 体は 2 の計測位置のものを用了. SF-V3.0, SF-V5.0 では, せん断補強筋が降伏ひずみに到達している一方, せん断破壊型の試験体にもかかわらず SF-V5.0 では引張主筋が降伏ひずみに至っており曲げひび割れが多数発生した破壊形状に符合する。

2.1 ひずみ速度と最大耐力関係

Fig.5 に[Case1]の引張鉄筋のひずみ速度の時刻歴, Fig.6 に[Case1]の圧縮側コンクリートのひずみ速度の時刻歴, また Fig.7 に[Case2]の引張鉄筋ひずみ速度の時刻歴, Fig.8 に[Case2]のせん断補強筋ひずみ速度の時刻歴を示す. 測定位置はその3のFig.1と同様としている。

ひずみ速度は静的, 動的, 衝撃载荷の各载荷速度の指標³⁾に用いられており, 衝撃レベルのひずみ速度は $10^0 \sim 10^2$ [1/s]とされている. いずれの試験体においても衝撃レベルのひずみ速度とされる 10^0 (1/s)を上回っていることを確認した. 特に, 引張鉄筋で降伏を経験し

た[Case1]の BF-V5.0 と[Case2]の SF-V5.0 では他の試験体で経験しなかった 10^1 (1/s)程度のひずみ速度が観測された. また, ひずみ速度の増加に伴いコンクリート及び鉄筋の材料強度が上昇することが知られている(ひずみ速度依存性). そこで, 本実験でのひずみ速度による材料強度の上昇を把握し, 材料強度上昇比を考慮した際の試験体の耐力計算を行った. 材料強度上昇比



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

の算出にあたり用いた値は圧縮コンクリート・引張鉄筋・せん断補強筋のひずみ速度の最大値である。コンクリートは既往の研究³⁾より CEB-FIP モデル⁴⁾から材料強度上昇比を以下の(1)式から(4)式により求めた。

$$f_{c,imp}/f_{cm} = \gamma_s (\dot{\epsilon}_c / \dot{\epsilon}_{c0})^{1/3} \dots (1)$$

$$f_{c,imp}/f_{cm} = (\dot{\epsilon}_c / \dot{\epsilon}_{c0})^{1.026\alpha_s} \dots (2)$$

$$\log \gamma_s = 6.156\alpha_s - 2 \dots (3)$$

$$\alpha_s = 1 / (5 + 9 f_{cm} / f_{cmo}) \dots (4)$$

$f_{c,imp}$: 衝撃圧縮強度[N/mm²] f_{cm} : 静的な圧縮強度[N/mm²]
 $\dot{\epsilon}_c$: ひずみ速度[1/s] $\dot{\epsilon}_{c0}$: 30×10⁻⁶[1/s] f_{cmo} : 10[N/mm²]

(3)式を(1)式に、(4)式を(2)式に代入し材料強度上昇比を算出する。なお、(1)式は 30(1/s)以下、(2)式は 30(1/s)よりも大きいひずみ速度に対する推定式である。鉄筋では、本実験のひずみ速度は地震レベルのひずみ速度を上回っているため、米国試験材料協会 (ASTM International) で定めた規格鉄筋のひずみ速度依存性に関する研究をまとめた L. Javier Malvar ら⁵⁾の材料強度上昇比の推定式を用い(5)式(6)式より求めた。

$$DIF = (\dot{\epsilon} / 10^{-4})^{\alpha_{fy}} \dots (5)$$

$$\alpha_{fy} = 0.074 - 0.040 f_y / 414 \dots (6)$$

DIF: 動的増加係数 α_{fy} : 降伏応力時の係数 f_y : 降伏応力[N/mm²]

なお、ひずみ速度は 10⁴~225(1/s)の範囲である。以上の各式に基づき求めた圧縮コンクリート、引張鉄筋、せん断補強筋の材料強度上昇比を Fig.9 から Fig.14 に示す。材料強度上昇比は[Case1]の圧縮コンクリートでは 1.49~1.61, 引張鉄筋では 1.39~1.56, せん断補強筋では 1.18~1.32 の材料強度上昇比であった。[Case2] の圧縮コンクリートでは 1.42~3.82, 引張鉄筋では 1.42~1.58 であり、せん断補強筋では 1.17~1.37 の材料強度上昇比であった。

Table1 に材料強度上昇比を考慮した試験体耐力の計算値を示す。なお、試験体耐力の計算にあたり、曲げ終局強度は学会略算式、せん断終局強度では荒川 mean 式にて算出した。[Case1]では 30.4~32.5kN, [Case2]では 47.2~79.0kN の耐力となり、静的最大荷重に比べ上昇した。材料強度上昇比を考慮した試験体耐力と衝撃載荷実験で得られた最大荷重を比較し、ひずみ速度依存性による材料強度の上昇が耐力の上昇に影響を与えている一つの要因であることが示唆される。また、曲げ破壊型試験体であっても曲げ終局強度の上昇によりせん断終局強度と拮抗する耐力となっていることから、ひずみ速度依存性による材料強度の上昇が破壊モードに影響を及ぼす要因になる可能性があることが分かった。

3. まとめ

以上、本報(その 4)では錘の衝突実験結果のひずみ着目し、まとめを以下に記す。

- ・[Case2]せん断破壊型の試験体にもかかわらず SF-

V5.0 の試験体での引張鉄筋の降伏を確認した。

- ・[Case1]の圧縮コンクリートでは 1.49~1.61, 引張鉄筋では 1.39~1.56, せん断補強筋では 1.18~1.32 の材料強度上昇比であった。
- ・[Case2] の圧縮コンクリートでは 1.42~3.82, 引張鉄筋では 1.42~1.58 であり、せん断補強筋では 1.17~1.37 の材料強度上昇比であった。
- ・材料強度上昇比を考慮した耐力と衝撃最大荷重を比較し、ひずみ速度依存性が耐力の上昇に影響を与えている一つの要因であることが示唆される。
- ・曲げ破壊型試験体であっても曲げ終局強度とせん断終局強度が拮抗し、ひずみ速度依存性による材料強度上昇が破壊モードに影響を及ぼす要因になる可能性があることが分かった。

【参考文献】

- 1) 中西三和, 柴田明奈: 「津波漂流物の衝突を想定した RC 造柱の挙動に関する実験的研究(その 1.2)」, 平成 29 年度理工学部学術講演会
- 2) 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, No.9, pp.25-36, 1983
- 3) 佐藤士太・宇田川晃司・小川勤・中西三和・安達洋「衝撃荷重を受けるコンクリートの動的挙動と材料特性に関する研究」, 日本大学理工学部学術講演会論文集, pp.119-122, 2010
- 4) Comite Euro-International du Beton: 「CEB-FIP Model Code 1990: design code」, T. Telford, c1993
- 5) L.Javier Malvar and John E.Crawford: 「DYNAMIC INCREASE FACTORS FOR STEEL REINFORCING BARS」, Twenty-Eighth DDES Seminar, Orlando, FL, August 1998

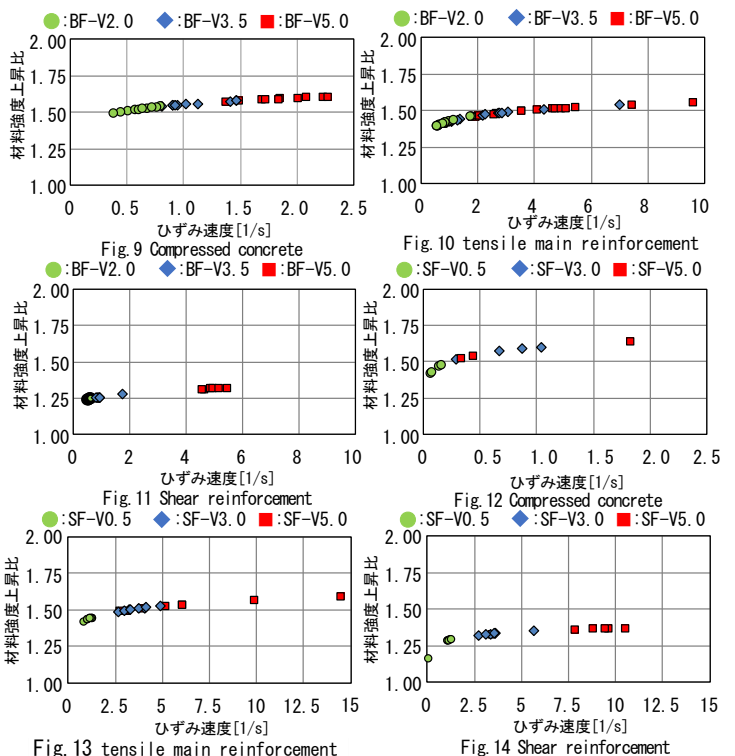


Table1 Examination body proof stress calculation result in consideration of a laboratory finding and the rise in materials strength ratio

試験体名	材料強度上昇比を考慮した試験体耐力			
	実験最大荷重 [kN]	材料強度上昇比を考慮した試験体耐力	曲げ終局強度 [kN]	せん断終局強度 [kN]
[Case1] 曲げ破壊型試験体				
BF-SL	24.7	24.7	-	-
BF-V3.5	33.7	33.9	32.1	32.3
BF-V5.0	39.2	47.3	32.5	32.7
[Case2] せん断破壊型試験体				
SF-SL	42.5	42.5	-	-
SF-V3.0	81.3	94.7	90.5	49.5
SF-V5.0	96.4	113.0	94.0	79.0