

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2 実験結果

Experimental Study on Behavior of RC Members Caused by Collision of Tsunami Drift-age

Experimental Results

○菅野裕識<sup>1</sup>, 柴田明奈<sup>2</sup>, 北嶋圭二<sup>3</sup>, 中西三和<sup>3</sup>, 安達洋<sup>4</sup>

Kanno Hironori<sup>1</sup>, Akina Shibata<sup>2</sup>, Keji 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 members caused by a collision of Tsunami Drift-age. In this study, the static loading test and the drop tests of weight to steel and RC beams are performed. In this paper, the test results are presented.

1. はじめに

本報(その 2)では, RC 造部材を対象とした錘の衝突実験結果の詳細と既往の実験結果を含めた検討結果について述べる。

2. 実験結果(衝撃載荷実験)

2.1 最大荷重と最大変位の関係

前報(その 1, Table.5)に示す錘の質量及び衝突速度をパラメータとした錘の衝突実験の最大荷重, 最大変位を Table.1 に示す。Fig.1 に最大荷重比-最大変位の関係を示す。最大荷重比は, 昨年及び今年度実施した実験から得られた衝撃載荷時の最大荷重を, 各年度の静的載荷実験の最大耐力(S-H25:20.4kN, S-H26:20.2kN)で除した値である。また, 図には静的載荷実験結果及び弾性体とした時の理論値(その 1(4)式, (5)式で算出した荷重を静的載荷実験の最大耐力で除した値)も合わせて示した。試験体 W30-V0.5-H25 を除き錘の質量にかかわらず, 錘の衝突速度の増加に伴い荷重及び変位が増加した。降伏変位(3.5mm)より小さな応答変位の試験体では, パラメータによらず最大荷重比と最大変位の関係は理論値に近い値を示した。一方, 降伏変位 3.5mm を上回る応答変位の試験体(最大荷重比 1 以上)では, 部材の塑性化により錘の衝突速度の増加に伴い弾性体とした理論値とは次第にかけ離れた値を示すようになる。しかし, この衝突による実験値最大荷重は, 静的載荷実験で得られた最大耐力で頭打ちにならず, 衝突速度が速くなるほど最大荷重比が大きくなり, 最大で約 2.5 倍となった。

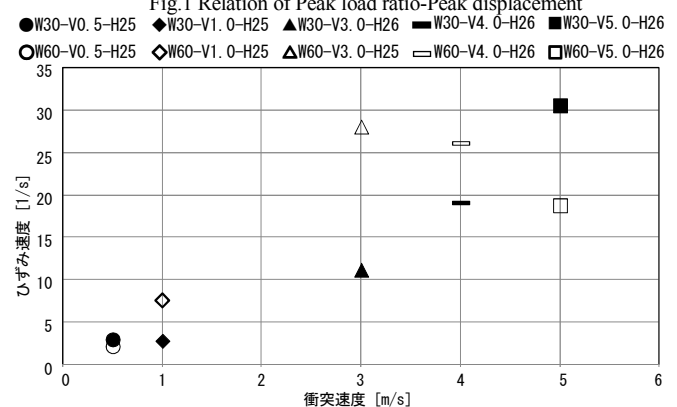
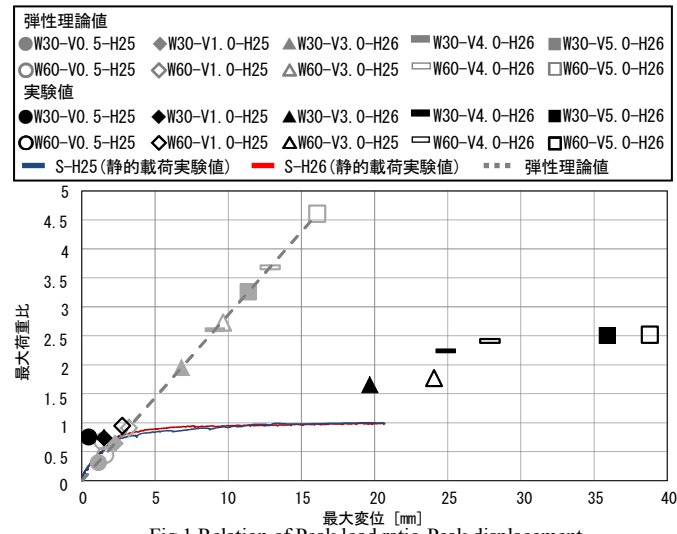
2.2 ひずみ速度と最大荷重の関係

Fig.2 にコンクリートのひずみ速度-錘の衝突速度関係, Fig.3 に鉄筋のひずみ速度-錘の衝突速度関係, Fig.4 にコンクリートの荷重上昇比-ひずみ速度関係, Fig.5 に最大耐力上昇比-ひずみ速度関係を示す。ひずみ速度は, サンプルングタイム(試験体 W60-V5.0-H26

は,  $0.05 \times 10^{-3} \text{sec}$  その他の試験体は,  $0.1 \times 10^{-3} \text{sec}$ )ごとのひずみ変化量をサンプリングタイムで除した値であり, 図には, 各試験体のコンクリート及び載荷点下段

Table.1 Results of experiments impact load

試験体名	錘の質量 [kg]	衝突速度 [m/s]	最大荷重 [kN]	最大変位 [mm]
W30-V0.5-H25	30	0.5	15.4	0.5
W30-V1.0-H25		1.0	15.1	1.5
W30-V3.0-H26		3.0	33.5	19.7
W30-V4.0-H26		4.0	45.3	24.9
W30-V5.0-H26		5.0	50.7	35.9
W60-V0.5-H25	60	0.5	14.0	1.4
W60-V1.0-H25		1.0	19.4	2.8
W60-V3.0-H25		3.0	36.3	24.1
W60-V4.0-H26		4.0	48.9	27.9
W60-V5.0-H26		5.0	51.0	38.8



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

主筋位置で計測したひずみ速度の最大値を示している。ひずみ速度は静的、動的、衝撃载荷の各载荷速度の指標に用いられている。本実験では、衝突速度が大きい試験体では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<sup>1)</sup>。一般的に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)。筆者等が行ったコンクリートの衝撃载荷実験<sup>2)</sup>の圧縮強度上昇比-ひずみ速度関係を Fig.4 に示す。本実験では、ひずみ速度  $3 \times 10^0 \sim 2.0 \times 10^2(1/s)$  が得られており、圧縮強度が 1.6~2.1 倍程度上昇する範囲である。鉄筋の場合においてもこの範囲のひずみ速度により降伏点強度が 1.5~2.5 倍程度上昇することを文献調査より把握している<sup>3) 4)</sup>。衝撃载荷時の最大耐力は、本実験の場合試験体の下端引張鉄筋のひずみ速度により、材料強度の上昇比を推測することが出来る。錘の衝突速度 3m/s(V3.0)以上の試験体においては、衝撃レベル( $10^1(1/s)$ 以上)のひずみ速度であり、鉄筋の引張強度の上昇が 1.5~2.5 倍程度だとすれば、衝撃载荷実験の最大荷重が静的载荷の最大耐力の 1.6~2.5 倍となっていることに符合する。

2.3 最大変位と錘の衝突速度の関係

Fig.5 に最大変位-錘の衝突速度, Fig.6 に完全弾塑性性と仮定した試験体の衝突荷重-変位関係(バイリニアモデル)を示す。図には、理論値も合わせて示した。理論値は、試験体が弾性体と仮定した時の理論値(①)より算出した錘の運動エネルギー(②の面積)と各パラメータの最大荷重値(③)及び剛性の理論値(5.8kN/mm)よりひずみ速度依存性を考慮したひずみエネルギー(④の面積)を算出し、両者を等置することで変形の理論値(⑤)を求めた。実験値は、弾塑性理論値よりも大きく上回る値を示した。

3. まとめ

RC 部材を対象にした静的载荷実験と錘の落下実験から以下の知見を得た。

- ・ 衝撃载荷時の最大荷重が静的最大耐力を上回った原因は、ひずみ速度による材料強度の上昇で説明できることを確認した。
- ・ RC 造部材の最大応答変位はひずみ速度依存性を考慮したエネルギー保存則に基づく理論値より大きく上回ることを確認した。

①:弾性体と仮定した理論値  
 ②:錘の運動エネルギー量(面積)  
 ③:各パラメータの最大荷重  
 ④:ひずみ速度依存性を考慮したひずみエネルギー量(面積)  
 ⑤:変形の理論値

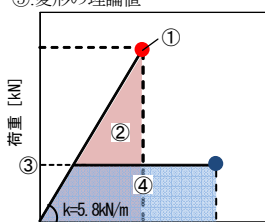


Fig.6 Bilinear model

4. 参考文献

1) 藤井学, 宮本文穂;「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, P25-36, 1983

2) 石渡晶悟, 横瀬秀行ほか;「コンクリートの材料特性に及ぼすひずみ速度の影響に関する研究」, 日本建築学会学術講演梗概集, 構造-IV, pp.417-419, 2013  
 3) 小谷俊介;「鉄筋コンクリートにおける载荷速度の影響」, コンクリート工学 Vol.21-11, Nov.1983  
 4) Crum, R.G, 「Tensile Impact Tests for Concrete Reinforcing Steels,」 ACI Journal, Proceedings, Vol. 56, No. 1, July 1959, pp. 59-61

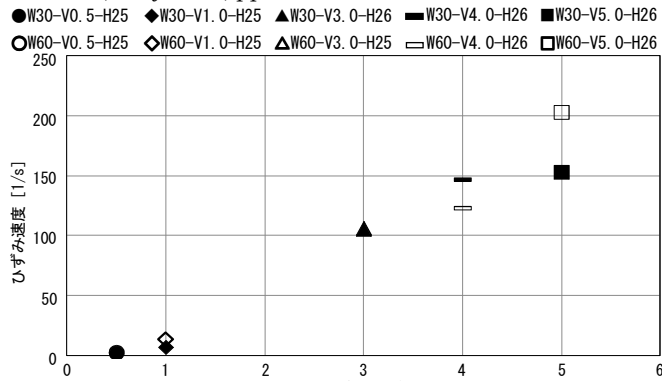


Fig.3 Relation of Strain rate-Impact speed of weight(Rebar)

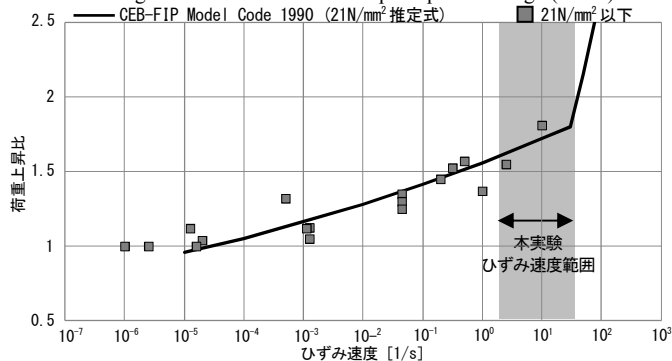


Fig.4 Relation of compressive strength raise ratio-Strain rate(Concrete)

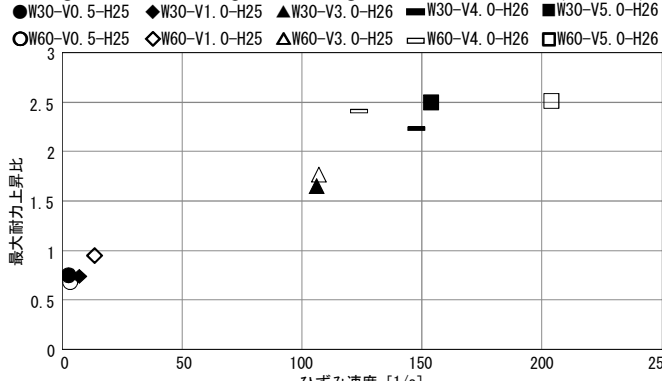


Fig.5 Relation of Ultimate strength raise ratio-Strain rate

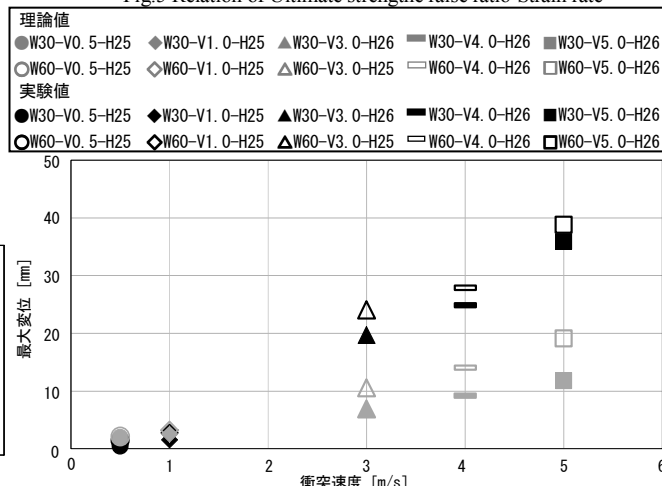


Fig.2 Relation of Peak displacement-Impact speed of weight