

B-24

高速載荷及び衝撃載荷を受けるコンクリートのひずみ速度依存性に関する研究
その 2 試験結果

Study on Effects of Strain Rate on Concrete under High Speed and Impact Loading
Part2 Results of the Test

○佐藤壯大¹, 宇田川晃司¹, 横瀬秀行¹, 川口昇平², 白井孝治³, 高柳秀秋⁴, 小川勤⁵, 中西三和⁶, 安達洋⁶
*Sota Sato¹, Koji Udagawa¹, Hideyuki Yokose¹, Syohei Kawaguchi², Koji Shirai³,
Hideaki Takayanagi⁴, Tsutomu Ogawa⁵, Mitsukazu Nakanishi⁶, Hiromi Adachi⁶

This paper shows an examination result for investigating the effects of strain rate on the concrete under high-speed Loading and Impact Loading.

1. はじめに

前報(その 1)では地震動及び衝撃レベルを想定したコンクリート圧縮材料試験の試験概要について示した。本報では試験結果について示す。

2. 試験結果

2.1 静的試験結果及び応力ひずみ関係

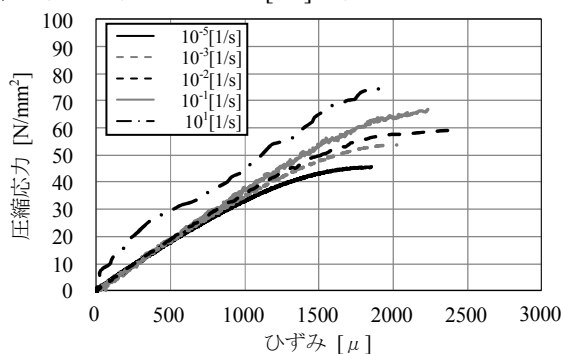
Table.1 に各動的試験に対応した静的圧縮強度試験時の材齢と圧縮応力, 各動的試験実施本数と成功本数の割合を示す。Table.1 に示すように設計基準強度 21, 42[N/mm²]の試験体をそれぞれ配合 L, 配合 H と定義する。なお, 前報にも示したとおり, ひずみ速度 10⁰[1/s]以下は高速載荷装置, ひずみ速度 10⁰[1/s]以上は SHPB 法載荷装置によって得たデータであり, 静的試験時の目標ひずみ速度は 1.2×10⁻⁵[1/s]に設定した。

各動的試験の実施本数における成功本数の割合は高速載荷試験では 9 割程度, SHPB 法載荷試験では 1 割程度となっており, 前者では安定して試験データを取得できるのに対し, 後者では成功率が低く, 有効な試験データを得るために多数の試験体を必要とした。

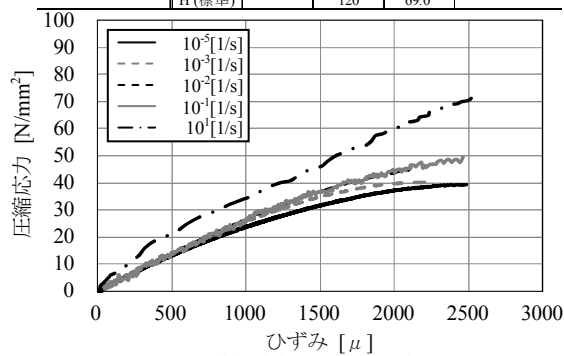
Fig.1 に各配合, 各養生条件における圧縮応力とひずみの関係を示す。なお, 配合 H の標準養生の試験結果については, 想定される圧縮強度が試験装置の性能を

Table.1 Results of static test and dynamic tests conduct number

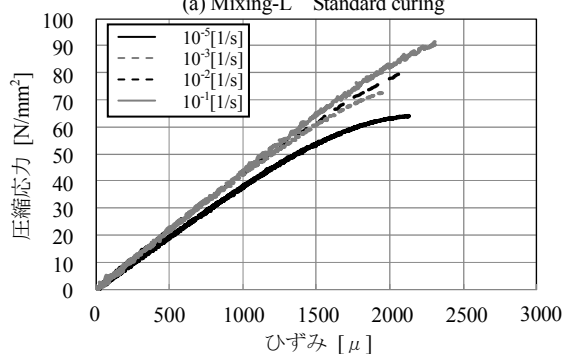
動的試験方法 ひずみ速度範囲	試験 ケース	設計基準 強度 [N/mm ²]	静的試験		成功本数/ 試験実施本数 成功の割合
			材齢	強度 [N/mm ²]	
高速載荷試験 10 ⁻³ ~10 ⁻¹ [1/s]	L(気中)	21	107	39.3	34本/38本 89.5%
	L(標準)		107	45.9	
	H(気中)	42	107	48.5	
	H(標準)		107	64.3	
SHPB法試験 10 ⁰ ~10 ¹ [1/s]	L(気中)	21	122	42.4	9本/72本 12.5%
	L(標準)		120	52.3	
	H(気中)	42	122	54.6	
	H(標準)		120	69.0	



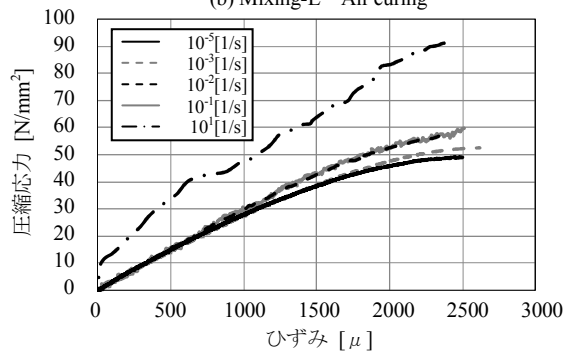
(a) Mixing-L Standard curing



(b) Mixing-L Air curing



(c) Mixing-H Standard curing



(d) Mixing-H Air curing

Figure.1 Stress-strain curve in each mixing

1 : 日大理工・院・海建 Graduate Student,Nihon Univ. 2 : 株式会社奥村組 Okumura Corporation
3 : 財団法人電力中央研究所 Central Research Institute of Electric Power Industry 4 : 株式会社メイテック Meitec Corporation
5 : 日本原子力発電株式会社 The Japan Atomic Power Company 6 : 日大理工・教員・海建 Prof,Nihon Univ.Dr Eng

超えていたため、ひずみ速度 $10^1[1/s]$ 以上の有効なデータを得ることが出来なかった。

同配合の試験体において気中養生よりも標準養生の試験体の方がひずみ速度による最大圧縮応力の増加幅が大きい。また、全ての試験体で最大圧縮応力時のひずみは $2000\sim 2500[\mu]$ 程度となり、ひずみ速度による影響は確認されなかった。

2.2 圧縮強度及び初期弾性係数のひずみ速度依存性

Fig.2 に各ひずみ速度における最大圧縮応力を示す。同配合の試験体において、気中養生は標準養生に比べ全てのひずみ速度で最大圧縮応力が低い値となった。また、各配合でひずみ速度の増加に伴い最大圧縮応力も増加しているが、衝撃レベル（ひずみ速度 $10^1[1/s]$ ）では標準養生は緩やかに増加し、気中養生は最大圧縮応力が急激に上昇している。

Fig.3 に各ひずみ速度における初期弾性係数を示す。地震動レベル（ひずみ速度 $10^{-3}\sim 10^{-1}[1/s]$ ）では気中養生は静的レベルと同程度の値、標準養生は緩やかに増加しているのに対し、衝撃レベルではすべての試験体で静的レベルよりも値が大きく、その増加傾向は地震動レベルと異なるものとなった。

2.3 破壊性状及び圧縮強度上昇比

Fig.4 に代表的な破壊性状を示す。ひずみ速度の増加に伴い破壊の規模は大きいものとなり、動的圧縮試験体では中心部に向けて鼓状に破壊される傾向を示した。

Fig.5 に圧縮強度上昇比とひずみ速度の関係を示す。また、同図中には文献調査^[1]より求めた既往の研究の圧縮強度上昇比とひずみ速度の関係を併せて表示する。なお、圧縮強度上昇比は各ひずみ速度での動的圧縮強度を Table.1 に示した各試験に対応した静的圧縮強度で除することにより算出した。各ひずみ速度で気中養生よりも標準養生の方が高い値を示し、養生条件ではほぼ同程度の圧縮強度上昇比となった。また、標準養生は緩やかな増加を示しているのに対し、気中養生は衝撃レベルで急激に大きくなり、標準養生、気中養生ともに圧縮強度上昇比約 1.7 となった。今回の試験では、ひずみ速度 $10^0[1/s]$ 付近のデータが得られなかったため、強度上昇比の増加傾向が変更する点の特定はできないが、既往の研究が示すように概ねひずみ速度 $10^0\sim 10^1[1/s]$ で増加の傾向が変わるものと考えられる。

3. まとめ

本研究では地震動及び衝撃レベルを想定したコンクリートの圧縮材料試験を実施し、以下の知見を得た。

- ・ひずみ速度の増加に伴い最大圧縮応力は増加し、気中養生では衝撃レベルで著しく大きくなった。

- ・初期弾性係数は地震動レベルと衝撃レベルで異なる増加傾向を示した。

- ・最大圧縮応力時のひずみは $2000\sim 2500[\mu]$ 程度となり、ひずみ速度による影響は確認されなかった。

- ・ひずみ速度の増加に伴い圧縮強度上昇比は増加し、養生条件によって同程度の値となった。また、気中養生は衝撃レベルで著しく増加しているのに対し、標準養生は緩やかな増加を示し、標準養生、気中養生ともに約 1.7 の強度上昇比を示した。

【参考文献】

[1] 佐藤比大、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、2010

【謝辞】

試験を行うにあたって、多大な協力をして頂いたエンター電子工業(株)の加藤 政志氏、佐竹 信也氏、北川 禰清氏、カワシマ計測の大塚 仁氏に深く感謝の意を表し、ここに記します。

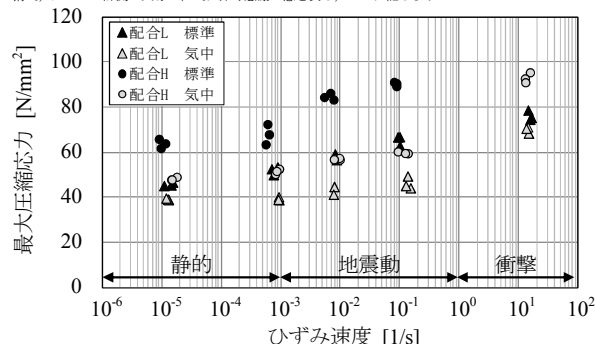


Figure.2 The relation between the maximum compressive stress and strain rate

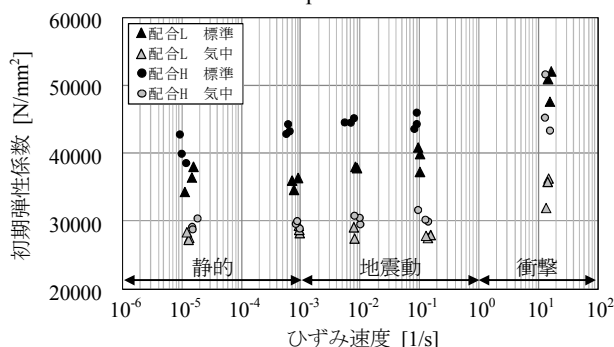
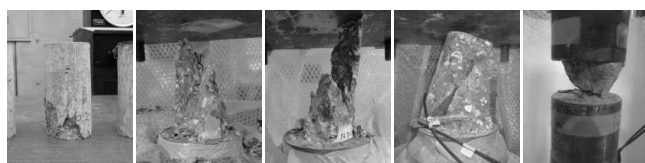


Figure.3 The relation between the initial tangent modulus and strain rate



(a) $10^{-5}[1/s]$ (b) $10^{-3}[1/s]$ (c) $10^{-2}[1/s]$ (d) $10^{-1}[1/s]$ (e) $10^1[1/s]$

Figure.4 Typical breaking properties

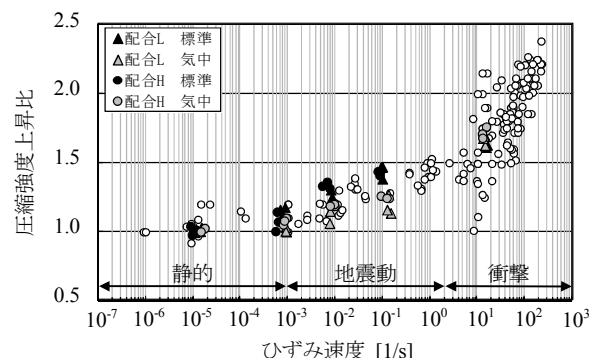


Figure.5 The relation between the dynamic increase factor and strain rate