

# PIVを用いた脆性物体の衝撃破壊に関する 基礎的研究

Fundamental Studies on shock-failure behaviors of brittle bodies  
by using the PIV analysis

主任研究員名:玉野 富雄

分担研究員名:金岡 正信

## 本研究成果の平成 22 年度における査読付き論文への公表

- ① 水谷夏樹, 佐々木宏治, 金岡正信, 松尾奈央, 玉野富雄:和歌山県史跡水軒堤防の工学的機能性, 土木学会論文集(海岸工学), pp. 881-885, 2010. 11
- ② 金岡正信, 玉野富雄, 竹原幸生, 水谷夏樹, 松本修司, 森川勝史:衝撃載荷時における基礎支持力に関する模型実験, 第 9 回地盤改良シンポジウム論文集, 日本材料学会, pp. 357-365, 2010. 11
- ③ 金岡正信, 玉野富雄, 鈴木邦男, 西川禎亮, 西田一彦:“水間寺厄除橋石橋”施工時の力学計測, 第 9 回地盤改良シンポジウム論文集, 日本材料学会, pp. 305-313, 2010. 11
- ④ 松川尚史, 玉野富雄, 金岡正信, 中山義久:セメント安定処理土における養生および実験方法が圧縮強さに及ぼす影響, Vol.5, No. 3, 地盤工学ジャーナル, pp. 525-532, 2010. 9
- ⑤ 玉野富雄:徳川大坂城石垣の曲面形状, Vol.59, No.9, 地盤工学会誌, pp. 48-49, 2010. 9

## 共同研究組織全体の研究成果の中間総括

都市防災の点から, 直下型大地震時での構造物や岩盤基礎の衝撃破壊に関する研究は, 看過できない緊急研究課題といえる。特に, 兵庫県南部地震では, ピアアーのX状せん断破壊や鋼・鋳鉄製円柱の圧壊・座屈・脆性破断が確認された。また, 平成 15 年の新潟県中越地震では, 従来比較的安全とされてきたトンネル構造物でも破壊が生じたことは記憶に新しい。こうした観点から, 本研究では, 構造物や岩盤基礎の衝撃破壊時の力学挙動の解明を目指し, “PIVを用いた脆性物体の衝撃破壊に関する基礎的研究”を行う。

物体の衝撃破壊挙動を力学的に把握する計測方法として, 従来, 光弾性実験方法などが行われてきた。しかしながら, こうした計測方法では, 超高速でのクラック伝ば現象やその時のひずみ状態を面域として詳細に把握するには, 実験・計測・解析上

で限界があるといえる。

こうした観点より、本研究では以下の手法による実験的研究および現場計測に基づく研究を行う。

- ① 近年、研究の進展が著しい超高速ビデオカメラを用いた画像解析による可視化手法、相関法により求めた変位ベクトルの変化より面的にひずみ解析を行うPIV(Particle Image Velocimetry の略)解析法を導入する。
- ② ひずみ計測法の衝撃問題への展開を図る。

なお、平成 22 年度において以下のように取り組んでいる。

#### ○ 衝撃載荷時における基礎支持力に関する模型実験に関する研究：

研究分担者名 玉野 富雄

1995 年に発生した兵庫県南部地震時において多くの構造物で非常に大きい鉛直成分をもった地震動によると考えられる破壊形態が生じた。その中で、地中部においても衝撃上下動によると考えられるせん断破壊や引張破壊の破壊形態が観察された。こうしたことより、衝撃載荷時の基礎支持力に関する研究の重要性が認識されてきている。

衝撃載荷時の基礎支持力発生時の基礎と地盤との動的相互作用に関する模型実験については、実験や計測の方法に難しさがあるため、構造物に対する衝撃実験などに比べてほとんど行われていないのが実情である。特に、衝撃極限支持力発生時の基礎設置下の地盤変形挙動や基礎体に発生する力学状態の変化を  $\mu\epsilon$  や  $\mu\text{sec}$  のオーダーで議論する必要があり、計測上の課題となっている。こうした力学現象の解明に取り組むため、平成 21-22 年度において、実験機の製作・実験手法の開発を行ってきた。それらを用い、本年度は、基礎的実験に取り組んでいる。

#### ○ 脆性体の力学挙動に関するのひずみ計測法と FEM 解析に関する研究

研究分担者名 金岡 正信

“PIV を用いた脆性物体の衝撃破壊に関する基礎的研究”を進めるうえで、ひずみ計測法にもとづく実測挙動の把握、FEM 解析、破壊形態の微視的観察による研究が重要な研究項目となる。こうした観点から、本年度は以下の研究を行っている。

- ① 「和歌山県史跡水軒堤防の工学的機能性」に関する研究
- ② 「衝撃載荷時における基礎支持力に関する模型実験」に関する研究
- ③ 「水間寺厄除橋石橋施工時の力学計測」に関する研究
- ④ 「セメント安定処理土における養生および実験方法が圧縮強さに及ぼす影響」に関する研究
- ⑤ 「徳川大坂城石垣の曲面形状」に関する研究

# 衝撃載荷時における基礎支持力に関する模型実験に関する研究

玉野 富雄(工学部)

実験目的と実験成果は次のようである。

1995年に発生した兵庫県南部地震時において多くの構造物で非常に大きい鉛直成分をもった地震動によると考えられる破壊形態が生じた<sup>1)</sup>。その中で、地中部においても衝撃上下動によると考えられるせん断破壊や引張破壊の破壊形態が観察された。こうしたことより、衝撃載荷時の基礎支持力に関する研究の重要性が認識されてきている。

衝撃載荷時の基礎支持力発生時の基礎と地盤との動的相互作用に関する模型実験については、実験や計測の方法に難しさがあるため、構造物に対する衝撃実験<sup>3)</sup>などに比べてほとんど行われていないのが実情である。特に、衝撃極限支持力発生時の基礎設置下の地盤変形挙動や基礎体に発生する力学状態の変化を $\mu\epsilon$ や $\mu\text{sec}$ のオーダーで議論する必要があり、計測上の課題となっている。

近年の計測技術の重要な進歩として、江藤らは、毎秒100万コマを撮影できる超高速ビデオカメラを開発し、種々の物理現象および力学現象を明らかにする研究を進めている。この江藤らの開発した超高速ビデオカメラを用い、玉野らは、高精度での衝撃実験が可能な衝撃実験機を製作し、モルタルにおける圧縮載荷時および引張載荷時の材料物性は、静的破壊時と衝撃破壊時で大きく異なること、さらに、衝撃破壊時においても実験時の力積によって破壊形態が大きく異なることを示している。また、玉野ら<sup>7)</sup>は花崗岩の円筒形供試体を横にして載荷する静的割裂実験および衝撃割裂実験を実施し、毎秒100万コマを撮影できる超高速ビデオカメラを用いた画像解析によりクラック伝播形態およびクラック伝播速度について示している。こうした衝撃の力学挙動をひずみ計測から捉えようとする実験・解析手法は衝撃載荷時の基礎支持力発生時の基礎と地盤との動的相互作用に関する模型実験にも援用できるものである。

本研究では、こうした観点より、衝撃載荷時における基礎支持力の発生力学現象に関する2次元砂地盤モデル模型実験について行った。本実験結果を要約すると次のようである。

- ① 衝撃極限支持力は基礎下面の沈下がほぼゼロで生じた。すなわち、衝撃極限支持力発生時の地盤の基礎下面下の力学状態は剛体に近い挙動を示すことがわかった。
- ② 衝撃極限支持力発生時の基礎底面での基礎に生じたひずみは $90\mu\epsilon$ 程度と極めて大きいものであった。水平地盤の静的極限支持力発生時の基礎下面のひずみが $5\mu\epsilon$ 程度であり衝撃極限支持力発生時はその18倍の大きさであった。
- ③ 衝撃極限支持力発生時では水平地盤および傾斜地盤でほぼ同じ基礎底面ひずみが生じ、基礎底面下の地盤の力学状態が剛体に近いものであることが影響しての結果であることがわかった。
- ④ 静的極限支持力は地盤傾斜の影響を大きく受けるが、衝撃極限支持力発生時では地盤の傾斜の影響は小さいものがあることがわかった。

平成23年度には、平成22年度で実施した研究をさらに深化させ“PIVを用いた脆性物体の衝撃破壊に関する基礎的研究”に取り組む。

# 脆性体の力学挙動に関するひずみ計測法と FEM 解析に関する研究

金岡 正信(工学部)

“PIVを用いた脆性物体の衝撃破壊に関する基礎的研究”を進めるうえで、ひずみ計測法にもとづく実測挙動の把握、FEM解析、破壊形態の微視的観察による研究が重要な研究項目となる。こうした観点から、平成22年度は以下の研究を行った。

- ① 「和歌山県史跡水軒堤防の工学的機能性」に関する研究では、台風時の衝撃波浪による衝撃力を外力としたFEM解析による研究を行った。
- ② 「衝撃载荷時における基礎支持力に関する模型実験」に関する研究では、毎秒20万回の動的ひずみ計測に関する研究を行った。
- ③ 「水間寺厄除橋石橋施工時の力学計測」に関する研究では、脆性体(花崗岩)に対するひずみ計測法と温度補正法に関する研究を行った。
- ④ 「セメント安定処理土における養生および実験方法が圧縮強さに及ぼす影響では、脆性体(セメント安定処理土)における微視的破壊形態の観察に関する研究を行った。
- ⑤ 「徳川大坂城石垣の曲面形状」に関する研究では、物体の3次元計測手法に関する研究を行った。

平成 23 年度には、平成 22 年度で実施した研究をさらに深化させ“PIV を用いた脆性物体の衝撃破壊に関する基礎的研究”に取り組む。