

1) - 4 構造実験における高度計測技術の活用に関する研究

【安全・安心】

Study on Advanced Measurement Method for Structural tests

(研究開発期間 令和2~3年度)

構造研究グループ
Dept. of Structural Engineering

中村聡宏
NAKAMURA Akihiro

向井智久
MUKAI Tomohisa

渡邊秀和
WATANABE Hidekazu

In this study, we focused on the motion-capture techniques for measurement of displacement on structural tests. Dynamic response measurement using motion-capture techniques were adapted on shaking table test of 5-story RC structure and 6-story steel frame. Measurement data of motion-capture have enough accuracy and agreed with that of transducers. Especially on measurement on outside field, solar condition would be effect on recognition of target markers. Static response measurement using motion-capture techniques could obtain displacement distribution on specific area.

【研究開発の目的及び経過】

建築構造物の耐震性能評価のための構造実験においては、部材・架構の応答性状の解明を目的として、部材・架構の変形や材料のひずみ等が計測されている。一般的に用いられる変位計やひずみゲージによる計測は、局所的、離散的であり、計測機器の設置や不動点の設置など、様々な課題がある。

本研究では、構造実験において、高度・高密度な計測技術を活用するための、適切な計測体制を明らかにすることを目的とする。

【研究開発の成果】

近年の実験的研究において、高密度な計測手法のひとつとして、モーションキャプチャ技術の活用が検討されている。樹脂製の反射マーカを試験体表面に貼付し、複数の赤外線カメラによりその三次元位置座標をトラッキングすることで、変形の面的な分布を把握することができる。反射マーカに電源や配線が不要であることから、構造実験における計測を合理的に行うことができる。

防災科学技術研究所 E-defense において、2020年10月に実施された5層RC造架構の振動台実験において、モーションキャプチャによる動的変位計測を実施したり。図1に示すように、試験体から約30m離れたキャットウォーク上に赤外線カメラを計8台設置し、図2に示すように、各階の柱梁接合部位置のスラブ小口面に、38mm、25mm マーカーを貼付した。

事前にキャリブレーションを実施し、計測周波数は100Hzとして、全加振でモーションキャプチャ計測を行った。定常状態での計測データのノイズレベルは最大で±3mm程度であった。加振時の構面ごとの最大応答変形

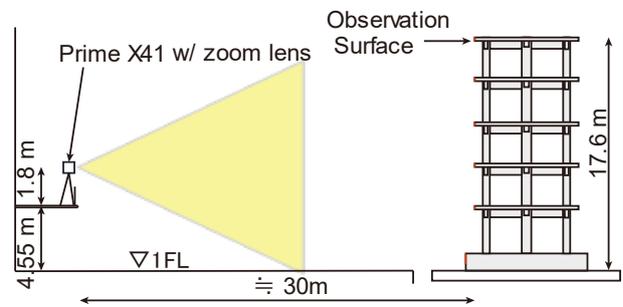


図1 カメラ設置位置概要

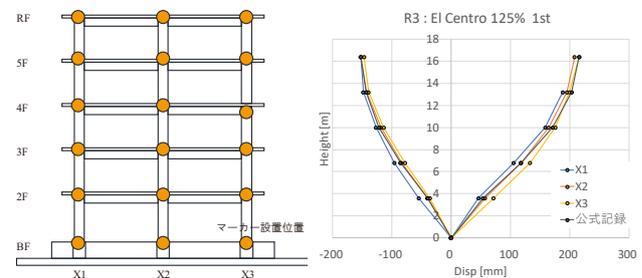


図2 マーカー配置

図3 最大応答変形分布

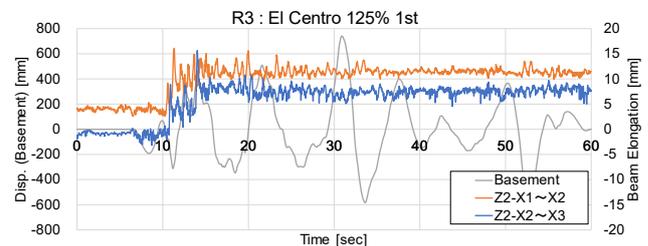


図4 梁の伸び変形の時刻歴

の分布の一例を図3に示す。試験体内部においてレーザ変位計で計測された変形分布と、中央構面の変形分布が概ね一致していること、加振方向に対して下手側の方が変形が大きく出ていることが確認できる。これは、加

振中に、梁の曲げ降伏にともなう伸び変形が生じていることを示唆している。梁の伸び変形の時刻歴について、モーションキャプチャによる計測結果から算定した結果を図4に示す。El Centro125%加振の1回目において、変位の最初から1~2個目のピーク付近で、梁の伸び変形が進行していることが分かる。このような梁の伸び変形は、ほぼ実大の架構試験体において変位計等により計測することは困難であるが、モーションキャプチャのような非接触型で比較的精度の良い計測方法を用いることで、計測することが可能であるが分かった。

また、2021年12月に、戸田建設技術研究所屋外に設置されている6層振動試験装置において実施された振動実験において、モーションキャプチャを用いた動的変位計測を試みた。ターゲットマーカーは、直径100mmとし、各階床面および屋根面の小口面に貼付した。赤外線カメラ3台を試験体から約20m離れた位置に設置し、モーションキャプチャ計測を実施した。好天のもと、終日振動実験が実施されたが、特に最上階のターゲットマーカーの認識が困難であった。3台の赤外線カメラを試験体から10mほど離れた位置に追加で設置し、上部のターゲットマーカーを集中して計測するような計測体制を再構築し、計測を試みたが、日照や壁面からの照り返しの影響で最上階のターゲットマーカーの認識が困難な状況が継続した。夕方、日の陰りが見えてきたころに、最上階を含むすべてのターゲットマーカーの認識が確認された。計測データの一例を図5に示す。計測結果は±2mm程度のばらつきであり、比較的精度よく計測されたことを確認した。屋外の実験において動的変位計測を行う場合には、日照や壁面からの照り返しなどの環境条件に配慮して適切な対処をする必要があることが確認された。

建築研究所強度試験棟で実施された、杭頭接合部の静的載荷実験において、モーションキャプチャによる静的変位計測を行った。計測体制を図6に示す。加力装置のピン位置や、柱・梁・杭および杭頭接合部の芯位置付近に直径19mmのターゲットマーカーを張り付けた。±0.1mm程度のばらつきをもって計測できることを確認し、変位計により計測される水平加力位置における変位と、モーションキャプチャにより計測された変位を比較した結果(図7)、良く対応していることが確認された。実験室内で実施される静的載荷実験においては、モーションキャプチャにより、長区間の変位計測や、局所的な変形分布の計測が可能であることが確認された。

モーションキャプチャ技術を用いた、屋内実験、屋外実験における、動的および静的な変位計測について、令和2~3年度に実施した複数の計測を通じて、計測体制

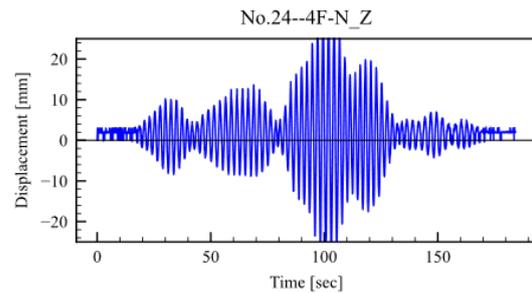


図5 水平変位時刻歴の一例(4F床位置)



図6 静的実験における計測体制

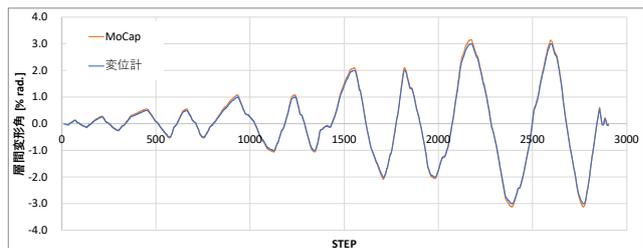


図7 変位計による計測結果との比較

を構築する際の留意点や課題を明らかにした。ターゲットマーカーの大きさについては、使用する赤外線カメラの解像度、カメラとターゲットマーカーの距離、計測範囲および必要とする計測精度を考慮して、適切に選択する手法を確認した。動的変位計測においては、静的に比べて若干精度や安定性が下がることも加味して、余裕を持ったターゲットマーカーのサイズおよびカメラ台数を設定する必要がある。また、屋外で計測する場合には、赤外線カメラによるターゲットマーカーの視認性を上げるために、日射や壁面からの照り返しの抑制等に配慮する必要があることが分かった。得られた知見を技術資料として整理し、今後の構造実験へ本計測を活用していき、構造実験における知見の最大化を図る。

【参考文献】

1) 中村聡宏ほか:RC 造建物の振動減衰性状評価方法の検討 その42 振動台実験におけるモーションキャプチャを用いた動的変位計測, 日本建築学会大会学術講演梗概集(東海), 情報システム技術, pp.89-90, 2021.9