２軸方向加振下での落橋防止ケーブルの効果について

熊本高等専門学校　正会員　○岩坪要
株式会社三井 E&S 鉄構エンジニアリング　非会員　佐々木睦
九州大学　正会員　梶田幸秀　　熊本大学　正会員　葛西昭

1.　はじめに

耐震対策として落橋防止システムは，上部構造の落橋を防止する目的で設置している [1)2)]。この落橋防止システムは，支承が損傷した後の上部構造の過大な移動を桁かかり長以内に収める目的で設置される。平成 24 年道路橋示方書（H24 道示）では支承部周辺の装置の性能が整理され，「橋軸方向は落橋防止構造」，「橋軸直角方向は横変位拘束構造」としている。設計ではケーブルの必要耐力として死荷重反力の 1.5 倍を規定しているが，落橋防止構造の構造詳細部についての規定示されていない。2016 年熊本地震では落橋こそ免れたが高橋脚を有する曲線橋である大切畑大橋の落橋防止ケーブルが破断した [3)]。この被災メカニズムについては，架橋地点での入力加速度や地盤の変状との総合評価が必要となるため分析が難しいが，著者らは今後の落橋防止ケーブルの設計高度化のために，ケーブルの耐震性能上の効果について検証する２軸方向加振実験を行った。

2.　実験概要

実験で用いた橋梁模型の諸元を表 1，図 1，図 2 に示す。２軸振動台（サンエス社製）ステージに固定した橋台上にこの模型を設置し，橋台と模型との間にケーブルを設置して加振し，模型の応答の変化を調べた。入力波形は熊本地震時に Kik-Net 益城で観測された地震波 [5)] を振動台の性能に合わせて調整して用いた（図 3 参照）が，相似則は加味しなかった。実験パラメータとして橋台と橋梁の遊間量を 10mm，5mm，3mm と変化させ，加振方向は X 軸（橋軸）方向，Y 軸（橋軸直角）方向，X 軸と Y 軸方向の２軸同時加振の３パターンとした。また，遊間量を 10mm として模型にケーブルを設置した後，遊間量を 7mm に縮めたケースも設定した。なお，模型にはゴム材を固定し，橋台とは分離している。ゴム材の下にはステンレス板を貼り付けており，橋台と模型との間の摩擦を減らしている。

応答変位の計測は，模型に赤外線反射マーカーを貼付し，マーカーの計測空間上の動きをリアルタイムに記録するモーションキャプチャシステム「Venus3D（ノビテック社製）」を用いた。計測データは移動量（変位）を測定するため，速度や加速度への変換や，マーカー点同士の距離や角度，基準点からの相対変位の計算も可能である。サンプリング間隔は 100Hz とした。

3.　実験結果

本稿では紙面の都合上，遊間 10㎜ の結果の一部を図 4～図 6 に示す。

1）　橋軸方向加振（図 4）

図 4 に遊間を 10mm の場合のケーブルの設置の有無による変位応答履歴の違いを示す。加振方向とケーブル設置方向が同一であるため，十分なケーブル設置の効果が表れている。これは遊間量を変化させても変わらない結果であった。

2）　２軸同時加振（図 5，図 6）

各軸方向加振結果を踏まえ，２軸同時加振を行った。遊間量を 10mm としたときの測定点 1 の水平移動履歴曲線を図 5 に示す。橋軸方向を X 軸に，橋軸直角方向を Y 軸に示している。ケーブルを設置することで，大きく移動量が低減されていることが分かる。図 6 には加振途中での速度ベクトルが最大となった時間でのベクトル図を示す。模型と橋台との間には僅かな摩擦が生じており，それによって模型の応答が表れており，ケーブルを設置することで応答が小さくなっていることがわかる。

4.　まとめ

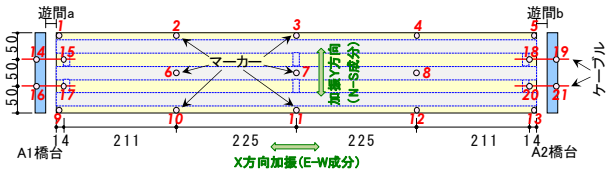
ケーブルにより地震時応答を低減させる効果が確認でき，２軸加振では模型が斜め方向へ移動しようとする動きをケーブルが抑えていることがわかる。従って，落橋防止ケーブルの設計では橋軸直角方向への影響も加味すべきであるといえる。

キーワード：2016 年熊本地震，落橋防止ケーブル，振動実験
連絡先：〒866-8501　熊本県八代市平山新町 2627
国立熊本高等専門学校　Tel：0965-53-1339　Fax：0965-53-1349　E-Mail：iwatsubo@kumamoto-nct.ac.jp

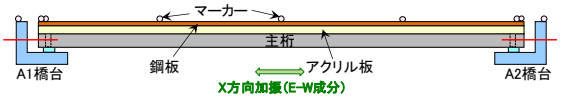
© Japan Society of Civil Engineers

表 1　橋梁模型の材料諸元

部　材	寸法諸元（総重量　約 99.8N）
主　桁	角形鋼管　25x25x1.6　L=900mm　3 本
横　桁	角形鋼管　12x25x1.6　L=20mm　6 本
支　点	天然ゴム板　t=10mm　20mmx20mm　9 個
床　版	アクリル板　t=10mm　150mmx900mm　1 枚
	ここまで　W=54.792N
鋼　板	t=4.5mm 150mmx900mm　　45.031N
橋　台	アクリル、鋼板
ケーブル	φ=2.0mm 6×7 破断荷重 2.058kN



(a)　平面図（表面）



(b)　側面図

図 1　橋梁模型図

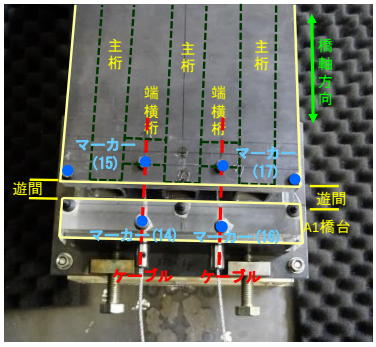
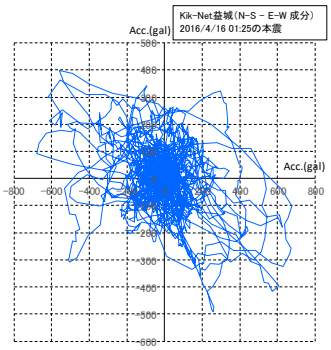
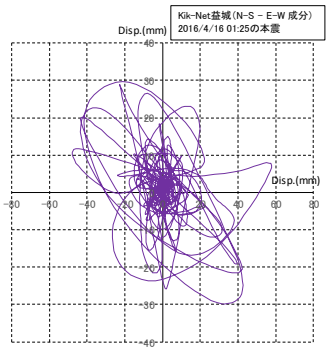


図 2　橋台付近拡大図

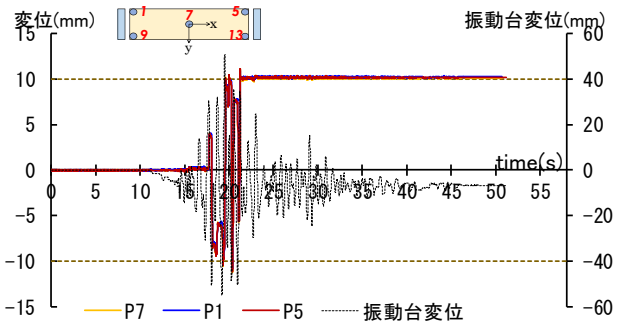


(a)加速度波形

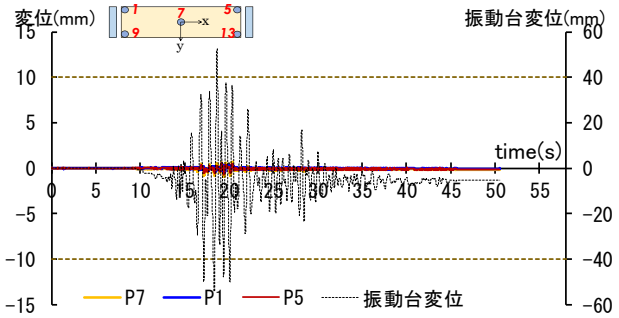


(b)変位波形

図 3　調整波形を入力した振動台の動き



(a)ケーブルなし



(b)ケーブルあり

図 4　橋軸方向の変位履歴（遊間 10mm）

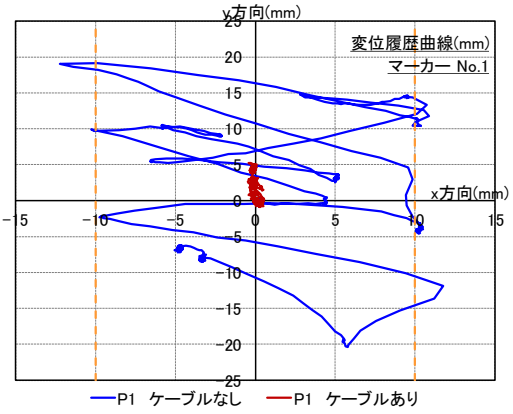
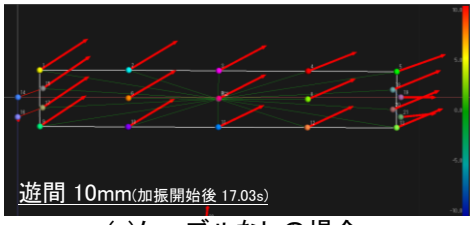
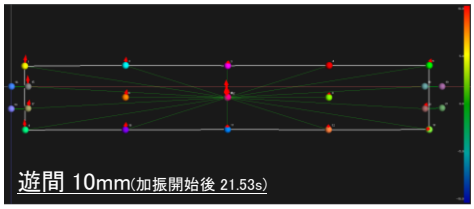


図 5　遊間 10mm の時の変位履歴（2軸加振）



(a)ケーブルなしの場合



(b)ケーブルありの場合

図 6　速度ベクトル（XY 方向同時加振）

【参考文献】1)堺淳一ほか：大規模地震における落橋メカニズムと落橋防止構造の効果に関する分析，土木学会論文集 A1，Vol.67，pp.55-71，2011. 2)土木研究所：過去の大規模地震における落橋事例とその分析，土木研究所資料，第 4158 号，2009. 3)渡邊学歩ほか：2016 年熊本地震で被災した大切畑大橋の被害，地震工学研究発表会講演論文集，Vol.36，pp.1020_1-8，2016. 4)防災科学研究所：強震観測網データベース（http://www.kyoshin.bosai.go.jp/kyoshin/）

© Japan Society of Civil Engineers