

損傷箇所の制御を考慮して設計した積層ゴム支承のせん断試験

国土技術政策総合研究所 熊本地震復旧対策研究室 正会員 ○西田 秀明
 国土技術政策総合研究所 熊本地震復旧対策研究室 正会員 鈴木 慎也
 国土技術政策総合研究所 熊本地震復旧対策研究室 正会員 星隈 順一

1. はじめに

大規模地震後に早期に道路機能の確保が求められる路線にある道路構造物では、被災の要因如何によらず、地震後に早期に状態を把握し、必要な復旧対策を講じたうえで機能回復を図る必要がある。しかしながら、例えば、2016年熊本地震では、地震動だけではなく斜面崩壊など地盤変状に伴い橋に損傷し¹⁾、橋の機能回復に時間を要している事例がある。これを踏まえて、当研究室では地盤変状に伴い上下部構造間に大きな相対変位が生じても橋の機能回復に及ぼす影響をできる最小限に留めることができる橋の破壊形態について検討を行っている。本報では、この構造として支承部の特定箇所の破壊が先行して生じる破壊形態が一定の信頼性をもって実現するように設計した支承（以下、損傷制御型支承という）の考え方を概説するとともに、基礎的な検証として実施したせん断試験について示す。

2. 損傷制御型支承の考え方

熊本地震において、地盤変状により上部構造、下部構造ともに大きく動き、上下部構造間に大きな相対変位が生じたために、上下部構造間に設置されている支承部や支点部近傍の主桁に損傷が生じた橋の特徴としては、**図-1**に示すように、損傷している箇所が様々であることが挙げられる。

このような損傷の実例を踏まえて、橋の設計基準を満たすように設計した上で、橋の機能回復性に及ぼす影響が最小化されるよう、最終的に破壊する箇所を制御するための支承の設計の考え方を整理した。設計の考え方のポイントは2点である。一点目は、最終的に破壊させる部材（損傷制御部材）は、段差を小さくする等の機能回復性ととも、損傷制御の確実さ、交換のしやすさ等を考慮して選定することである。これは、例えば、**図-1**の大切畑大橋の事例のように上沓と上部構造が分離すると、路面に大きな段差が生じることや、支承の取替のためのジャッキアップ等を行うスペースの確保が容易でなくなることを考慮したものである。二点目は、破壊を制御する観点として、損傷制御部材とそれ以外の部材の間に有意な耐力の差（耐力階層化）を設けることである。これは、特殊な材料や構造によらずに実現できることや、制御の確実さを考慮したものである。

3. せん断試験に用いた損傷制御型支承の設計条件

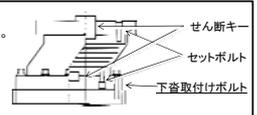
設計思想通りの破壊形態となるかを検証するために、一定の面圧を作用させた積層ゴム支承のせん断試験を行った。支承部を構成する部材は支承本体や取付けボルトなど複数あるが、この試験で用いた損傷制御型支承では、上記の一点目を考慮して下沓取付けボルトを最終的に破壊させる部材として選定した。また、破壊形態の制御については、ゴム支承のせん断ひずみ（水平変位／ゴム支承本体高さ）が300%のときのせん断力に対して、下沓取付けボルトは終局せん断応力度に達するが、下沓取付けボルト以外の部材はその1.3倍以上の耐力が確保されるように設計した（**図-2**）。



図-1 熊本地震での被災事例

① 損傷制御部材の設計

○ 損傷制御部材は、機能回復性、損傷制御の確実さ、交換のしやすさ等の観点から設定。（本研究では下沓取付けボルトを選定）
 ○ 損傷制御部材は、耐力階層化の一番ベースになるため、設計基準を満足するよう設計するが、余裕が過度にならないよう行う。



② 損傷制御部材以外の設計（耐力階層化）

○ 耐力を算出し、損傷制御以外の部材が損傷制御部材より先に破壊しないよう階層化を行う。
 ○ 材料の強度のパラッキはデータが揃っていないため、厳密な設定は現段階で困難だが、標準偏差10%、平均値はJIS規格値からの差がそれぞれの材料で差がないと仮定、超過確率を10%とすれば、階層化係数は1.3となる。

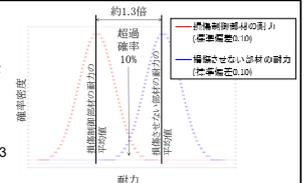


図-2 損傷制御型支承の考え方

キーワード 地盤変状、損傷制御型支承、耐力階層化、せん断試験

連絡先 〒869-1404 熊本県阿蘇郡南阿蘇村大字河陽 3574 熊本地震復旧対策研究室 TEL0967-67-2039

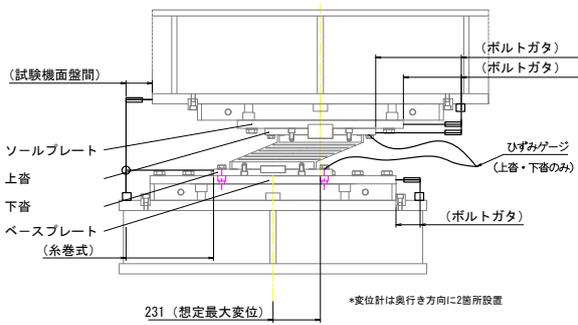


図-3 計測器設置位置

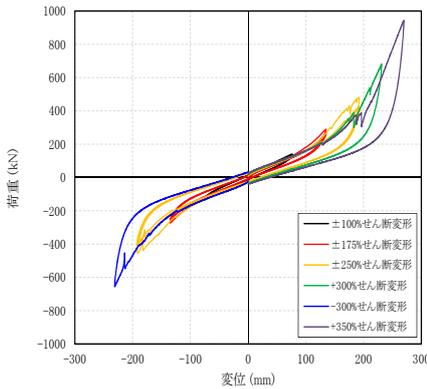


図-4 支承の水平荷重-水平変位関係

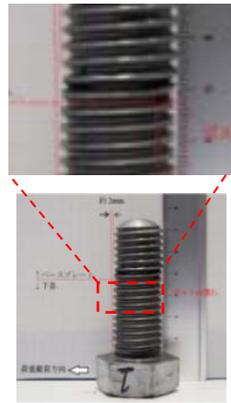


図-6 下沓取付けボルトの変形状況

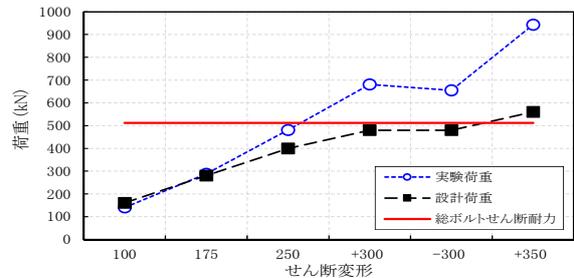


図-5 支承のせん断変形と下沓取付けボルトに作用する断面力(設計・実験)及び設計耐力の関係

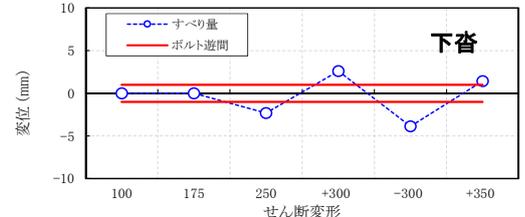
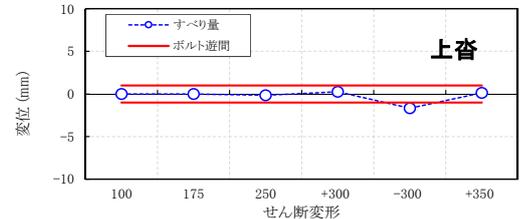


図-7 支承のせん断変形と上沓・下沓のすべり量の関係



4. せん断試験方法及び試験結果

せん断試験は JIS K 6411(2012)に規定されるせん断特性試験に準じて行った。載荷方法はゴム沓平面寸法に対して 6.0N/mm²の圧縮荷重を載荷させた状態で、試験体のゴム厚に対して±100%、±175%、±250%のせん断変形を3回ずつ載荷速度 1.0mm/s の変位制御の繰返し漸増載荷を行い、その後±300%のせん断変形を1回、さらに、使用した試験装置の耐衝撃性も考慮したうえで最大 350%まで一方向変位漸増載荷を行った。計測器設置位置を図-3に示す。

試験により得られた支承の水平荷重-水平変位関係を図-4に示す。本試験では、350%のせん断変形まで載荷を行い、その際には下沓取付けボルトが純せん断でせん断破壊すると設計で想定した耐力である 512kN を大きく超過する最大水平荷重 943kN がかかっていたものの、どの部位も破壊には至らなかった(図-5)。ただし、試験後に取付けボルトを外すなどして詳細に調査をすると、損傷制御部材である下沓取付けボルトだけには変形が生じ(図-6)、ゴム支承本体や他のボルトなどの部材には損傷や変状は確認されなかった。また、250%せん断変形を超えると、載荷途中で瞬間的に荷重が低下したのち再び増加する挙動が見られた。これは、下沓とベースプレートの間ではボルト遊間(ボルト孔のキリ径とボルト外径の差)を超える相対変位が生じていたことから、すべりが生じた影響によるものと推測される(図-7)。

5. まとめ

以上の結果から、より耐荷力のばらつきが小さい部材に損傷を誘導するために、(a) 設計で想定した耐荷力をを超えることのない損傷制御構造への改良、(b) 損傷制御部材の耐荷力の評価精度の向上(特性値の評価、ばらつきの評価)、が必要であることが明らかとなった。

参考文献

1) 平成 28 年(2016 年)熊本地震土木施設被害調査報告:国土技術政策総合研究所・土木研究所, 国総研資料 No. 967/土研資料 No. 4359, 2017 年 3 月。