曲げ変形を受けた各種アンカーの破断時軸荷重の検討

三重大学大学院　正会員　○酒井　俊典
（国研）土木研究所　正会員　宮武裕昭・近藤益央・藤田智弘・横山一輝
三重大学　平田晃真・高橋翔太
北海道土質コンサルタント(株)　正会員　山下英二
川崎地質(株)　高梨俊行
(株)相愛　正会員　常川善弘
日本地研(株)　田口浩史
アジア航測(株)　正会員　阪口和之
(株)エスイー　正会員　早川道洋
KTB 協会　正会員　小松晃二
VSL JAPAN(株)　正会員　高原正樹

１．はじめに

アンカーは，地すべりや斜面崩壊等の斜面変状に対して抑止効果を発揮出来る有効な構造物である．このアンカーは，一般には斜面の安定を保持するため常時数百 kN 以上の緊張力が作用しており，アンカーに損傷が発生した場合にはアンカーの破断や飛び出し等が懸念される．また，アンカーは定着方式や防食構造(被覆材)，支持機構にいくつかの種類があるため様々なタイプが存在する．本報告では，タイプの異なる 5 種類のアンカーを対象に，種々の定着荷重において，アンカーに垂直方向の変位を与えることで曲げ変形を作用させ，強制的に破断させた場合の各アンカーの軸荷重や垂直変位の違いについて検討を行った結果について報告する．

２．試験方法

試験は，図 1 に示す全長 6000㎜ の実物大装置を用いて行った．装置は図中の右側を定着側，左側を頭部側とし，定着側から 625㎜ 離れた位置に幅 300㎜ の曲げ変位を与える載荷部を設け，ここに油圧ジャッキを設置して垂直変位を与え，載荷部両端の支圧板によりアンカーを支持させた状態で曲げ変形を作用させて，アンカーが破断に至るまで試験を行った．試験に使用したアンカーは，表 1 に示すφ15.2㎜ の PC 鋼線とφ23㎜ の PC 鋼棒で，このうち PC 鋼線のタイプは，素線のコーティングがなくクサビ定着を行うアンカーA およびナット定着を行うアンカーB，クサビ定着を行い素線 1 本毎にコーティングされたアンカーC および素線 7 本がすべてコーティングされたアンカーD，PC 鋼棒タイプのアンカーE の計 5 種類である．PC 鋼線タイプの引張り強度（T_{us}）は 261kN，降伏強度(T_{ys})は 222kN で，PC 鋼棒タイプの T_{us} は 449kN，T_{ys} は 386kN となっている．試験は，まず頭部側でジャッキにより軸方向の載荷を行い 4 種類の定着荷重で定着を行った後，載荷部のジャッキにより垂直変位を与えることで曲げ変形させ，各定着荷重における破断に伴う垂直変位，軸荷重を求めた．試験に使用した機器は，荷重計は東京測器社製 KCE-1MMA，変位計はキーエンス社製 LG-G505A のレーザー変位計で，データ収集はキーエンス社製 NR-600NR+NR-ST04 により行った．

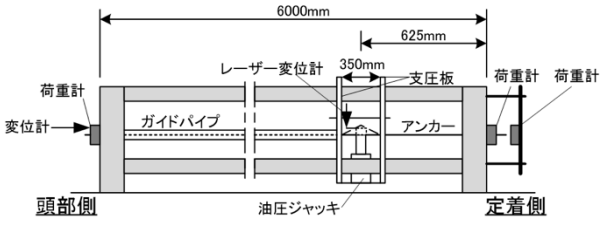

図１　アンカー試験装置の概略図

表１　実験に使用したアンカーの種類

	アンカータイプ		定着方式
アンカーA	PC鋼線(φ15.2)	コーティングなし	クサビ
アンカーB			ナット
アンカーC		素線1本毎のコーティング	クサビ
アンカーD		素線7本全体がコーティング	クサビ
アンカーE	PC鋼棒(φ23)	コーティングなし	ナット

キーワード　グラウンドアンカー，曲げ変形，破断，降伏強度，引張り強度
連絡先　〒514-8507　津市栗真町屋町 1577 三重大学大学院生物資源学研究科　酒井俊典　ＴＥＬ059-231-9580

３．試験結果

図 2 は一例として 0.9T_{ys} 付近で定着を行った各アンカーの垂直変位に伴うアンカー軸荷重の変化を示したものである．アンカーA，アンカーB，アンカーC は垂直変位の増加に伴い 7 本の素線が順次破断し，この破断に伴って軸荷重の低下が認められる．これに対し，アンカーD およびアンカーE の破断は一挙に発生した．アンカーが全破断に至るまでの垂直変位は，一挙に破断が発生するアンカーD およびアンカーE に比べ，順次破断が発生するアンカーA，アンカーB，アンカーC において大きくなった．図 3 は，各アンカーの定着荷重毎のアンカー初期破断時の軸荷重を示したものである．いずれのアンカーも T_{us} より低い軸荷重で破断が発生し，特にアンカーE はいずれの定着荷重においても T_{ys} より低い軸荷重で破断が発生した．また，初期破断時の軸荷重は定着荷重が低いほど低下する傾向が見られ，PC 鋼線においては 0.4T_{us} 付近の定着荷重の場合，いずれのアンカーにおいても T_{ys} より低い軸荷重で破断が発生した．一方，アンカーA，アンカーB およびアンカーD においては，定着荷重が大きくなると T_{ys} を超える軸荷重で破断が発生した．図 4 は，各アンカーの定着荷重毎のアンカー初期破断時の垂直変位を示したものである．初期破断時の垂直変位は，定着荷重が大きくなるほど小さくなる傾向が認められる．初期破断時に全破断となるアンカーD およびアンカーE では，素線が順次破断するアンカーに比べ初期破断時の垂直変位は大きくなった．また，素線 1 本ずつ破断するアンカーC においては，T_{ys} に近い定着荷重の場合 15mm 程度の垂直変位で初期破断が発生した．図 5 は，各アンカーの定着荷重毎のアンカー初期破断時の軸荷重から定着荷重を差し引いた増加軸荷重を示したものである．いずれのアンカーも，定着荷重が大きくなるほど増加軸荷重は小さくなり，T_{ys} に近い荷重で定着された場合には 10kN～20kN 程度の軸荷重の増加により初期破断が発生する可能性が考えられる．

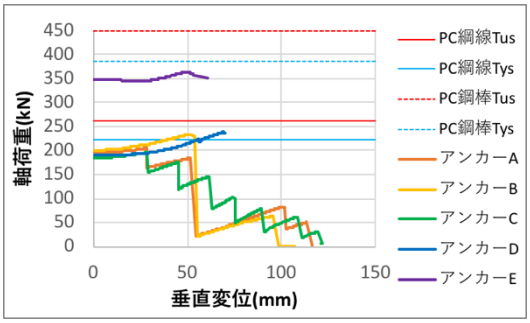

図 2　各アンカーの垂直荷重と軸荷重（0.9T_{ys}）

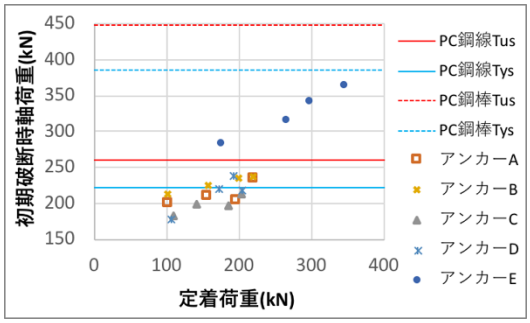

図 3　各アンカーの初期破断時軸荷重と定着荷重

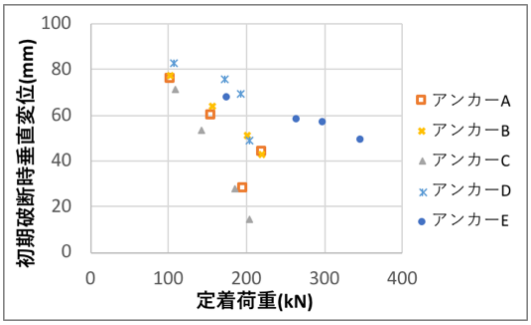

図 4　各アンカーの初期破断時垂直変位と定着荷重

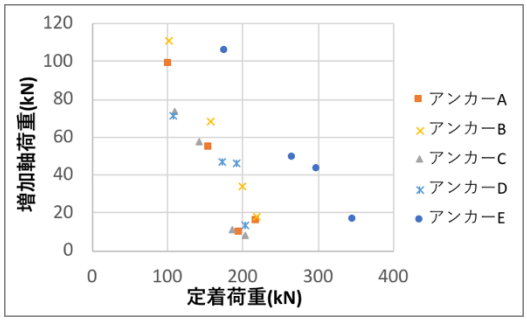

図 5　荷重差（増加軸荷重）と定着荷重

4.　おわりに

5 種類のタイプの異なるアンカーを対象に，種々の定着荷重においてアンカーに垂直変位を与えて曲げ変形を作用させることで強制的に破断させ，その時の軸荷重や垂直変位について検討を行った．その結果，アンカーの破断は，素線が順次破断するタイプと一挙に破断するタイプに分けられ，素線 7 本すべてがコーティングされた PC 鋼線および PC 鋼棒では破断が一挙に発生することが明らかとなった．また，アンカーの初期破断時の軸荷重はいずれのアンカーも T_{us} より低い軸荷重で破断し，特に PC 鋼棒や定着荷重が小さい PC 鋼線の場合には T_{ys} より低い軸荷重で破断が発生する可能性が考えられた．さらに，定着荷重が大きいほど，初期破断に至るまでの垂直変位および増加軸荷重は小さく，破断に至るまでの余裕が小さくなる傾向が見られた．