

**科学研究費助成事業 研究成果報告書**

平成 27 年 6 月 11 日現在

機関番号：15501

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2013～2014

課題番号：25630203

研究課題名(和文) 斜面用アンカー内部点検方法に関する研究

研究課題名(英文) Study on inspection method inside anchor for slopes

研究代表者

兵動 正幸 (Hyodo, Masayuki)

山口大学・理工学研究科・教授

研究者番号：40130091

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,100,000円

研究成果の概要(和文)：本研究はダム岩盤に対する合理的なアンカー補強方法の開発を行なうことを目的とし、アンカーとグラウトの付着特性を、アンカー鋼材の種類、グラウト強度およびアンカー張力との関連により明らかとしたものである。本研究では、普通コンクリートと軽量モルタルにより模擬岩盤模型を作製し、付着方式の異なる4種類のアンカーを施工して実験を行なった。その結果、模擬岩盤のクリープ等によりアンカー張力が減少、すなわち岩盤プレストレスが損失する傾向が認められた。しかし、グラウトを数ステップに分けて施工し、その途中でプレストレスを増減調整することにより、模擬岩盤に一定のプレストレス力が持続的に維持できることが明らかとなった。

研究成果の概要(英文)：The present study was performed in order to develop anchor reinforcement method to dam bedrock. The tests were performed to investigate the adhesion between anchor and grout varying the kind of anchor steel, the grout strength and the anchor tensile force. The bedrock model specimens were prepared by using normal concrete and light-weight mortar in which 4 kinds of anchor with different adherent system were built. It was found in the tests that the tensile forces decreased due to creep of bedrock resulted in loss of pre-stress in the bedrock. However, the model bedrock could maintain constant pre-stress force continuously by adjusting pre-stress of the bedrock at the construction of grout.

研究分野：地盤工学

キーワード：多段ボンドアンカー グラウト ダム岩盤 プレストレス調整

1. 研究開始当初の背景

構造物用や岩盤用のアンカーでは、グラウト施工後、内部の性状および経年変化、並びに、ストレスを導入する構造物および岩盤の性状も捉えることが困難である。このためアンカー先端部のみでの固着により固定する、アンボンド型アンカーでのアンカー性能の劣化をモニタする方法の開発が必要とされていた。

アンボンド型に対して、鋼材を腐食から保護しかつ付着力により周辺環境にストレスを導入するボンド型アンカーの特性を把握する必要がある。

2. 研究の目的

本研究では、内部の耐久性と定着性の観点から効果的と思われる、PC 鋼材周辺をグラウトで固着するボンド型アンカーの特性を性能を把握するために、二つに分けて究明することとした。

(1) 初年度

緊張鋼材とグラウト部からなる供試体実験において、鋼材種類、グラウト強度、鋼材とグラウトの付着性状、グラウトの変形拘束をパラメーターとする実験から、ボンド型アンカー自体の特性を把握する。

(2) 次年度

初年度の実験に加えて、プレストレスを導入する対象であるダム岩盤を模擬化し、グラウト施工方法をパラメーターとした供試体を作製し、緊張材の張力増減とその荷重の周辺材料への伝搬特性から、就航なグラウト施工方法を提案することを目的とした。

3. 研究の方法

(1) の目的に対して、図-1 のような長さ 2000mm のアンカーモデル供試体を作製した。両引き緊張後、グラウトを施工した。グラウト硬化後、緊張材での緊張力を増減させた場合の、緊張材、グラウト内部およびグラウト表面のひずみを測定した。

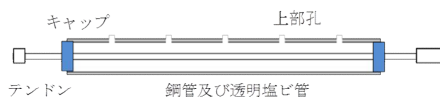


図-1 アンカーモデル

表-1 に今回行なった供試体を示す。

表-1 実験供試体

供試体	引張り材	外枠(内径)	グラウト
A-1	PC鋼棒	塩ビ管(80mm)	標準配合
A-2	PC鋼棒	塩ビ管(80mm)	低強度
A-3	PC鋼棒	鋼管(80mm)	標準配合
A-4	PC鋼棒	塩ビ管(80mm)	標準配合
A-5	PC鋼棒	塩ビ管(80mm)	標準配合

A-1 は引張り材として PC 鋼棒を使用し、外枠を塩ビ管、グラウトは水セメント比 48%の標準配合を使用した。A-1 を基準に、A-2 はグラウトの水セメント比 55%の低強度配合とした。A-3 は外枠を塩ビ管から鋼管とし、A-4 はテンドン 2 本を中央でカップラー接続をした構造。A-5 は中央で鋼棒とグラウトとの付着を切る為に、ビニールホースをテンドン中央に被せた構造である。

(2) の目的に対して、高さが 2500mm で、縦横が 400mm の寸法を有し、グラウトと鋼材のボンド方式を変えた 3 体

G1 ~ G3 の供試体を作製した。また各試験体

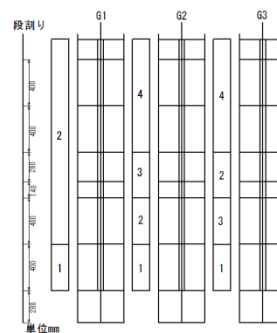


図 2 グラウト注入順序

とも基本的に EPS モルタルを打設しているが、下から 1080mm の高さから 140mm 分だけ他の層よりも弾性係数の高い TW(トランスミッティングウォール)層を作製している。各試験体のグラウト注入順序を図 2 に示す。

定着部(図 2 の各試験体の 1 の部分)にのみグラウトを入れてから 14 日後に G1 ~ G3 のアンボンド時の緊張力増減試験を行った。試験時の荷重測定用にはロードセルを用いた。試験終了後は 30kN で頭部固定をして 2 番目のグラウトを注入した。

2 番目のグラウト注入してから 14 日後、

G2とG3の緊張力が30kNであることを確認した後に緊張力を除荷し3番目のグラウトを注入した。

3番目のグラウトを注入してから10日後に表4と同じ载荷方法で緊張力増減試験を行い、30kNで頭部固定した。その後4番目のグラウトを注入した。

各試験体で全グラウトを注入後G1は25日後に、

G2, G3

は7日後

に緊張力

増減試験

を行った。

本実験で

は試験体

内部のひ

ずみを測定するために、 tendon と tendon 孔 と mortar 層 に 掘削 した 穴 に ひずみ ゲージ を 取り 付 け た 。

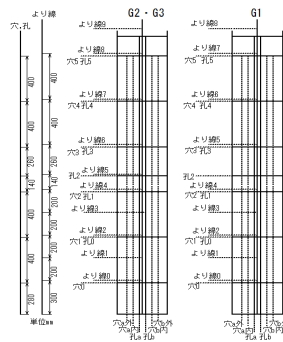


図3 ゲージ位置

#### 4. 研究成果

##### (1) アンカーモデルによる結果

結果の一例として、A-3とA-5における载荷段階1の測定位置と鋼棒ひずみの関係を図-4, 図-5に示す。

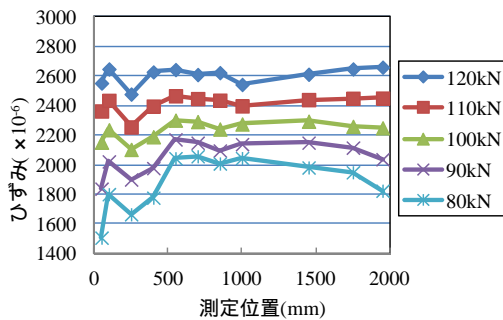


図-4 A-3の鋼棒ひずみの変化量

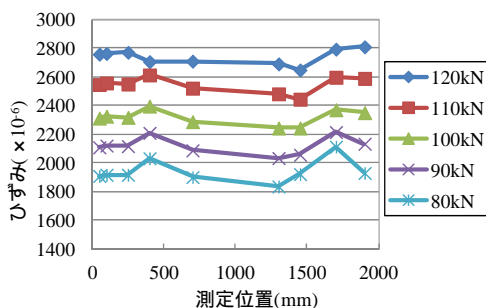


図-5 A-5の鋼棒ひずみの変化量

図-4より、A-3では緊張力が低下するにつ

れて、中央部の鋼棒ひずみの変化量が小さくなっていることがわかる。これは鋼棒とグラウトの付着によってグラウトが圧縮力として力を受け持ち、鋼棒にかかる応力が低下しているからだと考えられる。図-5に示したA-5では、中央でグラウトと鋼棒の付着を切っているため、中央部では鋼棒のみに载荷荷重が伝わっており、A-3と比べると中央部ひずみの変化量が大きいことがわかる。したがって、圧縮時には付着の有無によりひずみの変化量が大きく変わることが見て取れる。しかし、引張り時にはグラウトの受け持つことのできる荷重が小さいために、中央部でもひび割れや多くの付着切れが発生し、他の部分と同様のひずみが現れたと考えられる。

次に両端のひずみの変化量に関して、ほかの部分と比べてひずみが大きいことから、端部での付着が切れやすく、中央部に近づくに連れて付着が切れにくいことが言える。これは中央部に比べて、端部ではグラウトに関する構造的な条件の違いによって、付着の強弱に影響が出たものと考えられる。

A-1からA-5の各载荷段階における、鋼棒の10kNごとのひずみの平均変動量を図-6に示す。

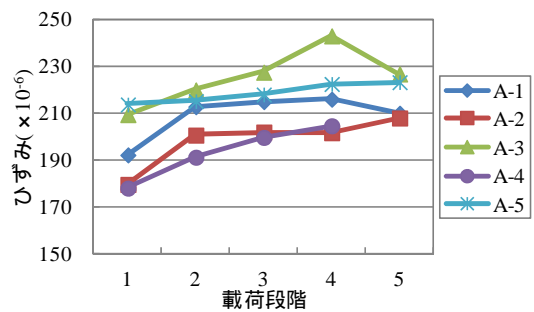


図-6 各载荷段階における鋼棒ひずみの変動量

図-6より、载荷段階が進むにつれて鋼棒のひずみの変動量が大きくなることがわかる。これは鋼棒とグラウトの付着が载荷荷重履歴と共に弱くなり、鋼棒断面にかかる応力が増加しているからだと考えられる。全体の傾

向として、荷重段階 1 から 2 の部分でひずみの変化量が大きくなっている。これは荷重段階 1 がグラウトにとって圧縮方向の緊張力変化であり、鋼棒とグラウトの付着によって、その圧縮力をグラウトが受け持ったためであるが、荷重段階 2 はグラウトにとって引張方向の緊張力変化であるため、グラウトが引張力を受けて破断、ひび割れ、または付着が弱くなり、ひずみの変化が大きくなったと考えられる。

## (2) 模擬岩盤供試体による結果

G1 と G2 のアンボンド時の測定位置と tendon のひずみの関係を図-7、図-8 に示す。

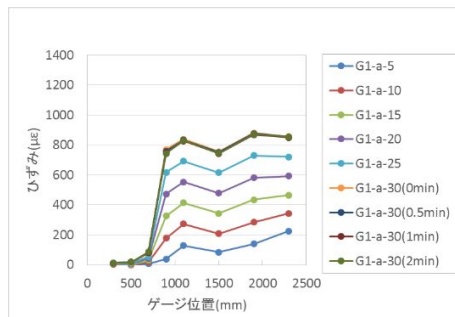


図-7 G1 アンボンド時の tendon のひずみ (5kN 30kN)

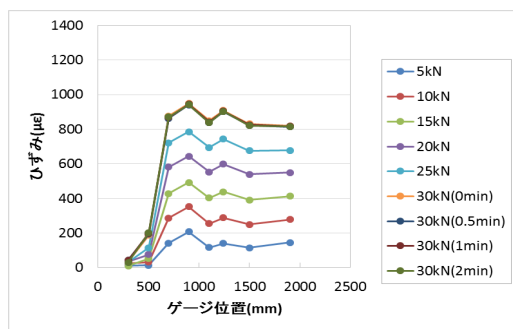


図-8 G2 アンボンド時の tendon のひずみ (5kN 30kN)

図-7、図-8 より G1、G2 とともに定着部に注入したグラウトによって高さ 500mm 付近まではひずみの変動が小さい。しかし本来高さ 500mm の位置は定着部であり tendon とグラウトは一体化しているはずなので G2 の定着部ではボンド頭部で付着切れが起きたと考えられる。高さ 680mm 以降で

は荷重を tendon のみで受け持っているため G1、G2 とともに荷重が大きくなるにつれてひずみの値も大きくなっている。

次に G1 と G2 の全ボンド時の測定位置と tendon のひずみの関係を図-9、図-10 に示す。

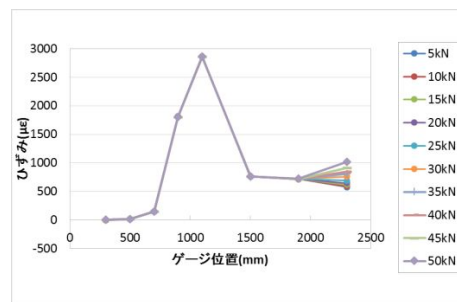


図-9 G1 全ボンド時の tendon のひずみ (5kN 50kN)

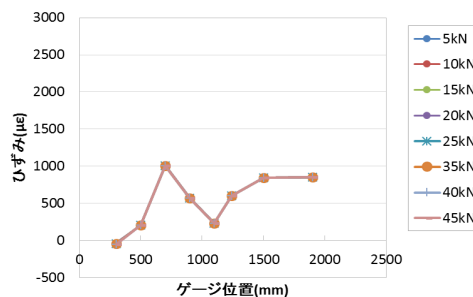


図-10 G2 全ボンド時の tendon のひずみ (5kN 50kN)

図-9、図-10 より G1、G2 とともに荷重増減時に各位置でのひずみの変動はほとんどなくグラウトと tendon が一体となって抵抗していることがわかる。

ボンド型アンカーの問題点の 1 つに許容変位が小さく付着切れが起きやすいことが挙げられる。G1 では図-9 より試験体中央付近でひずみが大きく出ており、中央付近で付着切れの危険性がある。また試験体頭部でひずみの変動があり付着切れが起きいていると考えられる。しかし G2 では図-10 より高さ 1000mm 付近からひずみの値が小さくなっている。これは一度緊張力を除荷したことによって、引張り方向に作用していたグラウトと tendon の付着応力が逆向きに作用したためひずみが小さくなったと考

えられる。G2 はひずみが大きく出た部分もなく付着切れの危険性は G1 より低いと考えられるので、G2 のボンド方式の方が適していると考えられる。

#### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計 0 件)

〔学会発表〕(計 2 件)

永井孝介, 高海克彦, 川崎秀明; 付着方式の異なるボンド型アンカーの実験的研究, 平成 27 年度土木学会中国支部研究発表会, 2015, 5.23, 山口大学工学部(山口県・宇部市)。

鶴田 直也, 高海 克彦, 大浴 慎二; ボンド型アンカー開発のための実験的研究, 平成 26 年度土木学会中国支部研究発表会, 2014, 5.24, 松江高専(島根県・松江市)。

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

出願状況(計 0 件)

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
出願年月日：  
国内外の別：

取得状況(計 0 件)

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
出願年月日：  
取得年月日：  
国内外の別：

〔その他〕

ホームページ等

#### 6. 研究組織

##### (1)研究代表者

兵動 正幸(HYODO, MASAYUKI)  
山口大学大学院理工学研究科・教授  
研究者番号：40130091

##### (2)研究分担者

高海 克彦(TAKAMI, KATSUHIKO )  
山口大学大学院理工学研究科・准教授  
研究者番号：00171546

鈴木 素之(SUZUKI, MOTOYUKI )  
山口大学大学院理工学研究科・准教授  
研究者番号：00304494

吉本 憲正(YOSHIMOTO, NORIMASA )  
山口大学大学院理工学研究科・助教  
研究者番号：00325242

##### (3)連携研究者

( )

研究者番号：