



2020.3.26, 第8号

はじめに

<御挨拶>

日本及び世界において自然災害が頻発し、その被害も甚大なものとなっています。その主たるものは地震、台風と豪雨によるものであり、公共インフラから住宅までその強靱化は必須のものとなっています。豪雨災害、地震災害、火山災害など多くの災害が発生し、人命や財産が失われてきました。政府では国土強靱化に取り組まれています。対策には科学的でかつ迅速な対策が望まれており、何が起こるのか事前予測と事後評価が不可欠です。今年も数値シミュレーション手法による地盤の液状化は解析手法を中心に、堤防の浸透問題も解析可能な解析プログラムの開発を普及を行っていく予定です。国土の強靱化への取り組みに資することを願っております。今年もよろしくお願いいたします。

2020年3月

一般社団法人 LIQCA 液状化地盤研究所 会長 岡 二三生

LIQCA 液状化地盤研究所 住所連絡先

606-8226 京都市左京区田中飛鳥井町 138-1

防災研究協会第3研究室気付

電話&FAX 075-585-4445

e-mail office@liqca.org

LIQCA 液状化地盤研究所について

当社団法人は 2013 年 7 月に設立され今年で 6 年目に入ります。現在正会員が 16 名、賛助会員が 4 社、理事は 6 名、監事 2 名で構成されています。ほぼ月 1 回の研究会を行い、最新の情報を取り入れた解析プログラムの開発、より使いやすいプログラム作成、ユーザーのためのサポート事業を行っております。詳しくは <http://liqca.org> を御覧ください。

昨年度のセミナーと活動

1. LIQCA 液状化プログラム普及事業

令和 2 年度は、拡張破壊規準を 2 次元年塑性モデル、3 次元モデルに取り入れるとともに、不飽和解析プログラムの改良、動的割り付けによる要素数、計算ステップ数の大幅な増加などを行い、令和元年 12 月 3 日に京都キャンパスプラザにて LIQCA 液状化プログラムセミナーを開催しました。資料は“LIQCA2D19・LIQCA3D19（2019 年公開版）資料”です。資料は、これまでと同様 2019 年版のプログラムの説明書とマニュアルに分けて作成しました。2018 年度プログラムの追加セミナーは令和元年 5 月 17 日に京都キャンパスプラザにて実施しました。また、令和元年 10 月 15 日に京都キャンパスプラザにて、技術講習会を実施し、実技を含めた説明を行いました。

2. 研究開発

本年も引き続き、解析法の高度化を目指して開発を行う予定です。

次回のセミナー開催について

昨年 12 月 3 日の LIQCA 液状化解析プログラムの追加セミナーは 5 月 14 日（木）に京都で開催予定です。

ホームページについて

LIQCA 液状化地盤研究所の HOME PAGE での LIQCA 情報のページでセミナーでの追加資料、正誤表やプログラムの保守情報を掲載しています。ただし、閲覧にはパスワードが必要です。

(<http://liqca.org>)

関連国内国際会議・研究集会

1. 土木学会 2020 年度全国大会 第 75 回年次学術講演会、期間：2020 年 9 月 9 日（水）～10 日（金）場所：名古屋工業大学キャンパス

<http://committees.jsce.or.jp/zenkoku/> を参照ください。

2. 第 55 回地盤工学会研究発表会は、2020 年 7 月 21 日（火）-23 日（木）会場：京都国立国際会議場、京都市左京区。

3. IWBDG 2020-12th Int. Workshop on Bifurcation and Degradation in Geomaterials, Nov.30 - Dec. 3th,2020, Perth, Australia

4. 16th IACMAG, Int. Conference of IACMAG, July 1st-4th, 2020, Torino, Italy

NO. 8

5. 17thWCEE, World Conference on Earthquake Engineering, Sept.13-18, 2020, Sendai International Center.

5. 材料学会第 69 期通常総会・学術講演会, 電気通信大学, 東京都調布市 5 月 29 日(金)—31 日(日)

6. 材料学会 ; 第 6 回 材料 week, 2020 年 10 月 13-16 日、京都テルサ、京都

7. 日本材料学会塑性工学部門委員会地盤力学分科会, 地盤力学セミナー ; 平成 31 年 3 月 6 日 (金) 15:00~17:00 ; 新型コロナウイルス問題のため 4 月以降に延期、日本材料学会 2 階 中会議室 〒606-8301 京都市左京区吉田泉殿町 講師 : 岡 二三生 (京都大学名誉教授) Double Shearing model, 非局所性など、会員は資料が閲覧できます。

編集後記

春めいていてきましたが皆様ご健勝のこととお喜び申し上げます。ニュースレター NO. 8 号です。去年は豪雨災害が多発しました。令和 2 になり平穏な時代になることを願っていましたが、新型コロナウイルス感染症問題で激動の年になっています。コラムとしては、コラム (1) で、沖縄米軍基地で活躍の齋藤会員による基地でのインフラ工事について執筆いただきました。お忙しい中ありがとうございます。コラム (2) では、堤防の浸透破壊について、2017 年の台風で基盤漏水被害があった木津川に関連した浸透破壊の照査基準についてです。豪雨による堤防被害が多発する昨今ですので、考察してみました。今後も、研究所への皆様のご支援をお願いします。

コラム (1)

沖縄滞在記 嘉手納空軍基地におけるインフラ整備工事に従事して

一般社団法人 LIQCA 液状化地盤研究所正会員

西松建設株式会社九州支社米軍嘉手納土木出張所

副所長 齋藤 禎二郎

私は 2018 年の 9 月から沖縄に転勤し、現在は嘉手納空軍基地において米軍との直接契約のインフラ工事に従事しており、メインの工事箇所である嘉手納空軍基地の他に、2 つの海兵隊基地でインフラ改修の工事を行っています。

入社 32 年目になるのですが、これまで本社の土木設計部に席を置きながら、数年おきにマレーシア、シンガポール、中国本土、アルジェリア、香港などにおける現場を経験してきました。この中でアルジェリアの高速道路工事はフランス基準に準拠しており、SPEC もフランス語で書かれており、現地での生活など色々な意味で言葉に表せない苦労があったのですが、それを語り始めるとアルジェリアの昔話でコラムが埋まってしまうので、またの機会に譲りたいと思います。中国本土とアルジェリア以外の国では概ね BS あるいは EURO コードに準拠していて、客先はほぼアジア人もしくはイギリス人であったと記憶しています。

今回の仕事は、客先がアメリカ合衆国陸軍で、契約形式は **Multiple Award Task Order Contracting** (“**MATOC**”)と呼ばれる、数量未確定契約の一つである複数社個別発注契約というものです。契約にご興味のある方は、**MATOC** で検索すると詳しい資料を読むことができますのでここでは契約の詳細は省略いたします。ちょっと話がややこしいのですが、この工事は陸軍が空軍基地の工事を担当して、それを弊社などが応札して工事を請け負うという図式になっていますので、最上位の客先は空軍になります。

当たり前なのですが、今回はアメリカ人とやり取りをして仕事を進めています。これまで、何とか英語での仕事をこなして来たつもりだったのですが、所謂イギリス英語でした。アメリカ人の喋る英語、つまり米語は映画館でしか聞きませんし、米語の勉強のつもりなど毛頭なく字幕を読んでいるだけで、さっぱり学習していませんでした。そのせいで米語には苦勞しています。まず耳が追いつけない、音が聞き取れないことが多々あります。流石に赴任してから1年半も経ちましたので、最近は何とか会話について行けるようになりましたが、契約変更であるとか、金額や支払い条件に係わるような重要な話の場合は、通訳さんに同行してもらっています。というのも、わずかな勘違いが、とんでもない結果になるかもしれないからです。また、弊社は米軍との直接契約による土木工事は今回が初めてで、交渉の仕方や様々な書類の提出も手探りの状態で始めました。次第に慣れては来ましたが、提出書類はかなりの量ですし、提出方法によりその後の交渉のレベルやその相手も異なってきます。例えば、現地の担当官レベルで済む場合もあれば、座間が判断する場合がありますし、内容が重要な場合にはハワイの判断を待つ必要が生じたりします。

さて、一般の日本人の方々は、あまり米軍基地に立ち入ることはないと思いますので、どんなところなのか少しご紹介いたします。まず、基地の中に入る方法は2つあります。一つは、エスコート権（同行することで外部の人を基地内に入れることができる権利）を持っている人にエスコートしてもらう事です。もう一つは自分のパスを取る方法で、基地内で働く人は、通常、パスを取ります。パスを取るためには、沖縄県内の住所と顔写真が確認できる身分証として運転免許証のコピーや戸籍謄本の他に、両親や兄弟の情報まで記載して提出する必要があります。また、嘉手納基地は空軍基地なのですが、空軍以外の基地に比べてパスの審査が厳しく、出身国などによっては海軍基地のパスは発行されても、空軍基地に対してはパスが発行されないというケースもあります。

基地の中では、思ったより多くの日本人が働いています。我々のように工事を請け負った企業の社員や、あるいは **MP** など軍の組織で働いている人達などです。また、基地の中は地面をむき出しにしてはならない規定になっており、必ず芝生になっています。この芝生の最大長さは規則で決まっており、各住人は定期的な芝刈りが義務付けられています。住人がいない公共の場所は、芝刈り専門の業者に発注されており、これも日本人が担っています。

また、嘉手納基地は空軍基地であるためか、司令部の入り口には歴代の主力戦闘機や訓練機の実機が7機ほど展示してあります。**F4-C** ファントム（写真1、もう引退のはずです）や**F-15** イーグル（写真2、嘉手納ではこれが飛んでいます）などもみることができます。よくニュースに出る**V-22** オスプレイや**F35** ライトニングなどは普天間（海軍基地）で使用されていて、たまに普天間方面で飛んでいるのを見かけることはありますが、嘉手納（空軍基地）では見かけません。ついですが、嘉手

NO. 8

納基地内にはゴルフ場（写真3）もあり、日本人も数千円でプレイすることが出来ます。食事は、日本でも見かけるチェーン店が入ったフードコートもありますが、どれもアメリカ仕様のビッグ・サイズなので、日本人は大抵、車で販売に来るお弁当屋さんの弁当を買っています。



写真1 F4-C フェントム



写真2 F-15 イーグル



写真3 嘉手納基地内のゴルフ場

ところで、昨年のことですが、日本企業も参加して欲しいとのお誘いがあり、米軍主催のシンポジウムである「SAME JAPAN POST (Society of American Military Engineers – Japan Post)」に参加しました。10月3日・4日の二日間にわたって開催され、2つのブースに分かれて、一般企業を含めた技術的な発表と、米軍から今後の配備の動向や工事の発注予定などの講演が行われました。そえによると、今後20年～30年かけて沖縄の基地は30%程度にまで削減され、残り60%はグアム・ハワイ・岩国に移転の予定という説明がありました。また、日本企業が参加していることを考慮してか、アメリカ政府が直接契約を結ぶ企業として、どのような企業が望まれているか？という講演もありました。その内容は、英語でスムーズなコミュニケーションが出来、日米両方のSPECに精通し、技術力が高い企業という、考えてみれば至極当然の要件でした。

さて、ご存知だと思いますが、沖縄は桜の開花が早く、現場事務所に隣接する教会の桜は2月初旬には咲いていました。思えば、この時はほんの短い時間ですが花を眺める余裕がありました。現在は、新型コロナ・ウイルスのせいで世界中が混乱し、沖縄も例外ではなく殺伐とした空気を感じます。1日でも早く収束することを願って止みません。



写真4 基地内の桜（2月初旬）

コラム（2）

河川堤防の浸透破壊の照査基準について

（一社）LIQCA 液状化地盤研究所会員

京都大学名誉教授

岡 二三生

近年、各地で豪雨災害が発生しています。昨年2019年には8月の前線性大雨、10月の台風19号等で、全国で多大な被害が発生しました。堤防の防災対策で基本的な事項は、河川水位の上昇による堤防の浸透破壊、地震や浸食による堤防の破壊が代表的です。昨年は、多くの河川で越水による堤防破壊が発生しましたが、現在の照査基準に越水による破堤は正式には含まれていません。

さて、堤防の安定性ですが、越水以外では堤防本体の強化対策は研究開発が進み、締固め、裏法ドレーン、遮水シートなどで強化が行われてきました。一方、基盤漏水に対しては、場所が私有地に属することが多いこともあり、進んでいないのが現状です。現在は、鋼矢板、ブラケット工法やウエル工が強化メニューとしてあがっています。ただし、鋼矢板は屈曲部ではその有効性が低下すること、周辺の地下水への影響の問題が、ブラケット工法では敷地が不足すること、ウエルは常時くみ上げにエネルギーがいることなど問題があります。ここでは、裏法尻付近の基盤漏水で用いられる浸透破壊に対する照査基準を考えてみます。

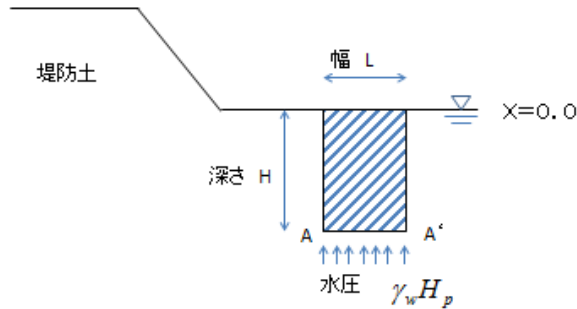
浸透破壊に対する安全性の照査基準ですが、河川堤防の構造検討の手引きでは、パイピング破壊に対しては、被覆土がある場合とない場合に分けられています。

被覆土がない場合：裏法尻近傍の基礎地盤の局所動水勾配 i が $i < 0.5$ であること。

NO. 8

被覆土がある場合： $G/W > 1.0$ G :被覆土層の重量、 W :被覆土層基底定面に作用する揚圧力
 となっています。

この基準について詳細に見てみることにします。



A-A'面での力のつり合いを考える。

図一1 基盤での力のつりあい

1) 被覆土がない場合

図一1を参考にする、力のつり合い式は $\gamma_t HL - \gamma_w H_p L = \gamma_t HL - \gamma_w (F_s H_T - (-H))L = 0$ 、 H_T は全水頭、 H_p は全水頭 F_s は安全率である。この場合、全水頭に不確実性があるとして安全率を考えている。

したがって、 $F_s = \frac{\gamma' / \gamma_w}{H_T / H} = \frac{i_c}{i}$ ここで、 i_c は Terzaghi の限界動水勾配である。

通常 i_c は、ほぼ1.0程度なので安全率を2.0とすると $i = 0.5$ となり、この場合が照査基準の $i < 0.5$ に対応している。

2) 被覆土がある場合

安全率を圧力水頭 H_p について考える。この場合、

力のつり合い式は $\gamma_t HL - \gamma_w F_s H_p L = \gamma_t HL - \gamma_w F_s (H_T - (-H))L = 0$ となり、

$$F_s = \frac{\gamma_t H}{\gamma_w H_p} = \frac{\rho_t H}{\rho_w H_p} > 1.0 \quad \text{となり、河川堤防の構造検討の手引き p.68 の式となる。}$$

一方、この式を書き換えると、

$$F_s = \frac{\gamma_t H}{(H_T + H)\gamma_w} = \frac{\gamma' + \gamma_w}{(H_T / H + 1)\gamma_w} = \frac{i_c + 1}{i + 1}$$

となる。 $i = i_c$ で、すなわち Terzaghi の限界動水勾配のとき、破壊が発生することになる。

河川堤防の構造検討の手引きの p.48 と p.68 の被覆土がある場合とない場合の基準は、異なる基準のように見えるが、以上のように、安全率を全水頭に対して考えるか圧力水頭に対して考えるかの違いによっていることに注意したい。

実際には、まったく浸透がない場合は少なく、粘性土の被覆土であっても砂の貫入もあり浸透が発生している場合が少なくない。つまり、均質な地盤は少ない。実際、水田などで上部に粘性土層が優勢の場合、被覆土ありとして照査を行うと、被覆土がない場合と比べて安全性を大きく見積もることになる。 $i = 0.5$ とすると、被覆土がある場合には、通常の土で、 $i_c = (G_s - 1) / (1 + e) \approx 1.0 \sim 0.835$ と i_c がほぼ 1.0 弱の場合、 $F_s = (i_c + 1) / (0.5 + 1) = 1.33$ となる。一方、被覆土がない場合の安全率は $F_s = i_c / i \approx 1.0 / 0.5 = 2.0$ なので、被覆土がある場合、照査のための安全率は小さめに評価することになる。このように、被覆土があるかないかで安全率の評価が異なることに十分注意する必要がある。

基盤漏水の例として、淀川水系の木津川では平成 29 年（2017 年）の台風 21 号により、右岸久御山地区と左岸上高津地区で基盤漏水による浸透破壊による被害がありました。近傍の地盤では径 1 m に達する大きな噴砂複数みられました。被害地点では、これまでも基盤漏水が発生しています。この被害に対して平成 30 年から 31 年 3 月にかけて木津川漏水対策が実施されました。その結果、令和元年の台風 19 号に伴う出水では被害を抑制することができました。2019 年の出水では右岸佐山地区では、河川痕跡水位は 2017 年に比べ 0.364m 低い程度でほぼ 2017 年の水位と同様でしたが、地下水位は 2017 年に比べ木津川に近い地点で約 1.6m、漏水地点で地下水位は約 1 m 低くなっていました。

浸透対策として、この地点の左岸では、以前に一部矢板が施工されていましたが、その有効性は限られていました。代表的な基盤漏水対策工法としての矢板による川面遮蔽、ブランケット工法、ウエル工法や川裏盛土がありますが、これらの工法は、現地で不適か、効果が限られることから、新たにウエルドレーン工法が採用されました。ウエルドレーン施工後モニタリングも行っていったところ、2019 年の台風 19 号による出水がありその効果を検証する機会となりました。その結果、噴砂、漏水は大きく軽減されウエルドレーン工法の有意な効果が確認されました。今回の評価は、2017 年の観測水位に対してとられた対策であり、計画高水位に対するものではないため今後も強化に努める必要があります。



写真-1 基盤漏水による噴砂

参考文献

- 1) 一般財団法人国土技術研究センター、河川堤防の構造検討の手引き、平成 24 年 2 月。
- 2) 與田敏昭、文字聖、田中大樹、岡二三生、木津川における堤内基盤排水工法の検討（その 1）、（その 2）、第 55 回地盤工学研究発表会（投稿中）、2010 年。