

防潮鉄扉の耐震照査と対策検討

(株) 日建技術コンサルタント ○上岡 徹也
宮川 剛
高橋 憧

論文要旨

我が国における社会資本は高度経済成長期に整備されたものが大量に利用されている状況にあり、そのほとんどが旧耐震基準で整備され、度重なる改訂を経てきた現行の耐震基準での改修状況は十分ではない。一方で我が国は少子高齢化や人口減少社会へと移行しており、次々と古いものを壊し、次々と新しいものを作る時代は過去のものとなりつつある。このような状況において、我々建設コンサルタントは構造物の補修点検、長寿命化対策等の業務に日々、取り組んでいる状況にあるが、耐震補強あるいは長寿命化対策を必要とする構造物は未だ大量に存在している。これらの対策工事を実施する予算確保も当然ながら対策を行うための調査・設計費も増大するため、より多くの対策工事を進めるためには調査・設計費の低減も重要な要素となってくる。このような背景で、今回取り上げた業務では既設の防潮鉄扉について限られた情報を基に解析ならびに耐震照査を行い、その結果を用いて耐震補強対策を設計した業務であり、今後、多数の類似構造物の耐震照査ならびに耐震補強を実施していく過程での一事例となると考え整理した。

キーワード：防潮鉄扉，耐震照査，動的解析，耐震補強，調査・解析・設計コストの低減

まえがき

老朽化構造物あるいは要耐震補強構造物の長寿命化はこれからの我が国における社会資本整備の最重要課題といえる。一方で、感覚的な視点ではあるが耐震照査・耐震補強設計等の業務は補強工事の内容に対して調査あるいは設計コストが高い傾向にある。このため、既往の情報を有効活用することで新たな調査を行わず、かつ必要な性能を満たしつつ可能な限り安価な解析等を用いて実効的な対策工設計を行った業務の事例を紹介することが、今後の調査・設計コスト低減の一助となると思い執筆した。

1. 防潮鉄扉の諸元

対象の防潮鉄扉の諸元を表-1に示した。油圧ユニットや手動ユニットの追加・改良等、近年の運用に沿った改修はなされているが、基礎コンクリートや基礎地盤の改良等の補強はなされていない。

表-1 対象の防潮鉄扉の諸元

項目	諸元	備考
形式	鋼製油圧走行引戸式	
幅	10.0m	
扉体高	2.2m	
扉体厚	1.1m	
設置年	昭和45年8月	

2. 耐震照査方法

防潮鉄扉の耐震照査項目は、地震による地盤変形が原因となり鉄扉の運用が妨げられる可能性のある項目に着目した。具体的には鉄扉が載る基礎コンクリートの傾きについて、図-1及び図-2に示す通用部と戸袋部の2断面に対して動的地震解析を行い、それぞれの傾きや沈下状況を把握し主として次の2点に着目して照査した。

また、動的解析にはL I Q C Aを用いた。

- (1) 傾きによって生じる鉄扉開閉時の抵抗増加に伴う人力による開閉の可否。
- (2) 通路部と戸袋部の各照査断面における傾きの差によって生じる境界部でのせん断破壊。

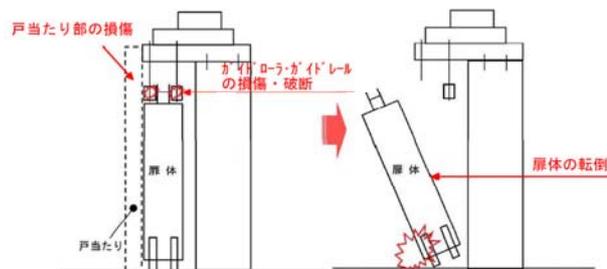
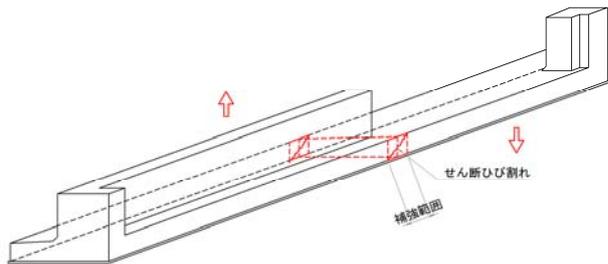
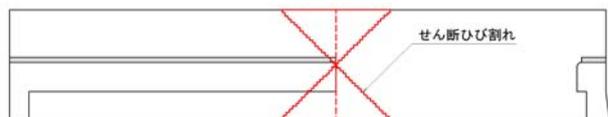


図-1 鉄扉の傾きによる障害模式図

<立体図1>



<上面図>



<立体図2>

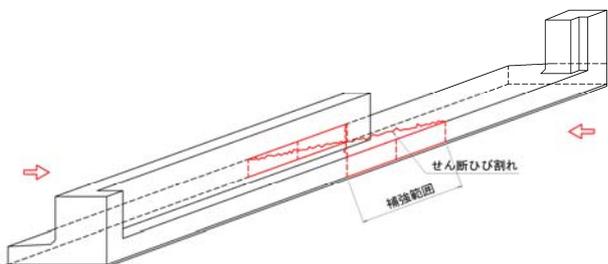


図-2 基礎のねじれによる障害模式図

なお、照査対象とした地震波形は次の3ケースである。

- ・海溝型 陸側ケース , 海側ケース
- ・直下型

3. 土質モデル断面のモデル化

土質断面モデルは周辺の既往調査データを収集して作成した。今回の業務におけるモデル化の特徴は、対象となる防潮鉄扉直近のボーリングデータのみでは必要なデータが揃わないため、表-2に示したように近傍の既往データを収集し組み合わせることでモデル断面を作成した。沖積平野で調査サンプル数が多いエリアだったことから土質構成や工学的基盤面等のモデル化は精度を保ちやすい状況にあるが、個別層の土質データについてはバラツキがあるため近隣ボーリングデータを対比したうえで妥当性の高いデータを採用した。データの収集先は既往の調査業務と公開されている地盤情報データベースである。直近のデータのみではなく周辺の既往データを最大限活用した。

表-2 使用した主なボーリングデータの状況

番号	鉄扉からの距離	主な引用目的
1	約500m	工学的基盤面
2	約900m	F c 値
3~	約40m~	土層区分・土質定数

4. 構造物のモデル化

構造物は既往の台帳等の収集資料を基にモデル化を行った。戸袋部における断面図を例として図-3に示したが主要な構造物については資料があるためモデル化が可能であったが、一部の杭等は諸元が不明のためモデル化に際して無視した。

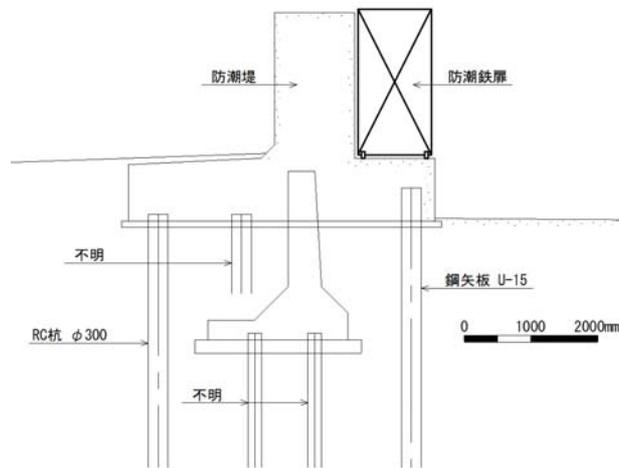


図-3 構造物断面図(戸袋部)

5. 動的解析の結果

動的解析の代表的な結果図を図-4、図-5に示した。解析の結果、川表の護岸から約50m離れていることもあり、防潮鉄扉周辺地盤の変形は小さい範囲に留まった。

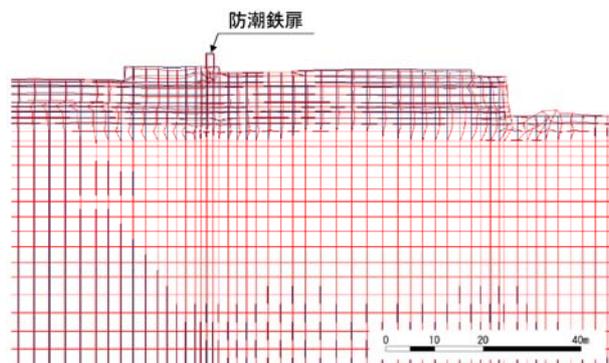


図-4 戸袋部動的解析結果図
(海溝型 陸側ケース 終了2時間後)

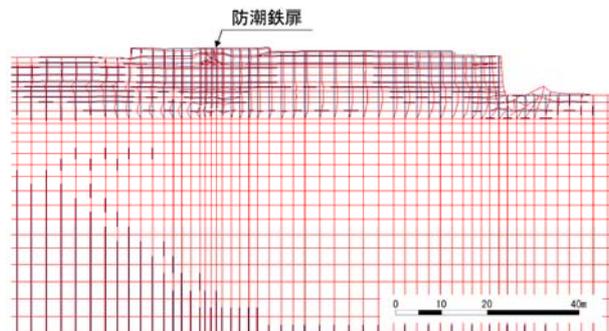


図-5 通路部動的解析結果図
(海溝型 陸側ケース 終了2時間後)

6. 耐震照査結果

動的解析の結果を踏まえ、各照査項目についての照査を行った結果を表-3に整理した。

表-3 耐震照査結果一覧

番号	照査項目	照査結果
1	鉄扉本体 ガイドローラー	○
2	戸当たり部	○
3	転倒	○
4	手動開閉	○
5	基礎コンクリート 沈下・傾斜	○
6	せん断破壊	×

なお、最も課題となったのは基礎コンクリートにおける通路部と戸袋部の境界でのせん断破壊に対する照査である。今回は図-6に示した通りそれぞれの断面における変形量を対比して発生応力を算定した。本来一体となっている通路部と戸袋部をそれぞれ別断面として解析し、その変位差を変位として算定するため必ずしも正確な値では無いと思われるが、簡便的な手法として採用した。

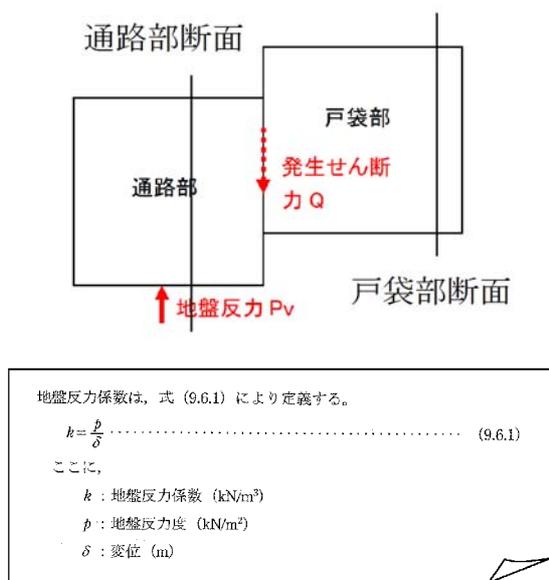


図-6 発生せん断力算定模式図

図-6に示したように、通路部と戸袋部の変位差を変位とし、上式により地盤反力度係数を求め、これに乗じることによって算出される地盤反力度をせん断応力度とみなして照査を行った。

7. 耐震補強設計

(1) 耐震補強工法の選定方針としては、経済性・施工性・確実性といった視点での検討が必要である。これらの視点で耐震補強工法を抽出すると基礎地盤を改良して地震による変形自体を抑制する工法と、破壊しようとする構造物自体を補強する工法に大別される。ここで対象

ある防潮鉄扉の基礎コンクリートの断面(図-3)を再確認すると基礎杭等が多数存在することがわかる。併せて基礎コンクリート自体にも配筋や走行レール用の補強鋼材が配置されている状況にある。このため基礎地盤を改良する場合は、これらの構造物を避けながら改良ノズル等を差し込み、かつ改良材を行き渡らせる必要があるため確実性の面で問題があり、結果的に経済性でも劣る結果となる。よって基礎コンクリート自体を補強する工法を主体に検討を行った。また、基礎コンクリート自体を補強する工法についても、鋼板接着工法や鋼板巻き工法等の外面に補強する工法があるが、前者同様に基礎杭等を避けながら有効に配置することが現実的では無いため、基礎コンクリート内部に補強材を挿入するせん断補強工法を採用工法とした。

(2) せん断補強工法は、基礎コンクリートの通路部と戸袋部の境界における応力を満足できない範囲(図-2参照)に対して検討した。具体的には図-7に示したように既設の基礎コンクリートに穿孔して必要範囲にせん断補強筋を挿入する工法である。鉄筋構造物のせん断補強対策に用いられる工法を応用した形となった。この補強工法設計の選定ならびに設計については、リバウンドハンマーにより既設基礎コンクリートの強度が維持されていることを確認したうえで実施した。

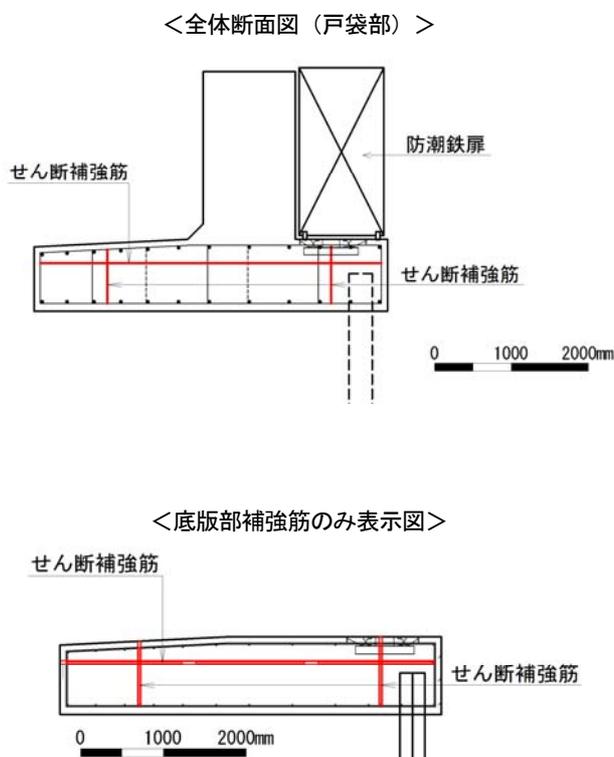


図-7 せん断補強対策図

8. 耐震補強設計の妥当性

今回実施した耐震照査ならびに耐震補強設計の着目すべき点としては次の事項が挙げられる。

- (1) ボーリングデータについて、対象構造物直近の既往データでは解析に必要な情報が不足していたため多数ある近傍の既往調査データから寄せ集めた形で断面モデルを作成した。
- (2) 設構造物の情報が不足するため一部の基礎構造物を無視する形でモデル化を行った。
- (3) 通路部と戸袋部の各断面でそれぞれ断面二次元での変形解析を行い、それぞれの基礎の傾きから変位量を求め、変位量からせん断応力を算定して基礎工の破壊に対する照査を行った結果から補強設計を行った。

ここで、今回採用した上述の手法では無く、単純に技術論に着目し、上述のような流れで理想的な手法として照査あるいは補強対策を行うとした場合、次のような手法を用いる事になると考えられる。

- (1) 土質データについて、解析断面上で工学的基盤面までの調査データを新たに取得し、サンプリングならびに土質試験を必要項目で実施する。断面図作成に必要なであれば複数本のボーリング調査を実施する。
- (2) 設構造物について、試堀により側面ならびに底面を露出させ構造を調査しモデル化する。必要に応じてコア抜きや試験により健全度を調査する。
- (3) コンクリート基礎工の照査について、通路部と戸袋部で一体のモデルとして三次元解析等を採用し発生応力を把握してせん断応力照査を行う。

この理想的な手法と思われるモデル化ならびに耐震照査・補強設計を実施した場合、そのコストは今回採用した手法の数倍になることが想像できる。また、今回設計したせん断補強対策工は直接工事費で5百万円程度であり、工事費と解析及び設計費の比率は小さくなっている。つまり調査・設計費に対する工事費の割合が一般的な工事と比較して小さい状況であり、これ以上の調査・設計費の上昇は公共施設の補強とはいえ手法の妥当性に疑問が残る。これに対して、せん断補強筋は破断応力まで考慮した場合は十分な余裕をもっており、かつ通路部と戸袋部の断面変位差による発生応力の算定は二次元解析からの疑似的算定であり、実際よりも大き目に算定された応力に対して設計されているものと推察される。さらに、一部の構造詳細が不明な補助的な杭等はモデル化に際して無視している。これらのことから、今回のせん断補強対策は種々の不確定要素を吸収できる余裕をもってると考えられ、必要な範囲内で安全側の設計となっているといえる。結論としては高い

調査・検証費用をかけても結果が変わらない、あるいは対策不要となる割合が差して変わらないかも知れないという方向で突き詰めるよりも、いかに既往の情報を活用して妥当性を有する範囲で安価で簡便的に照査し、安全性を確保したうえで安価に補強することが目指すべき姿と考える。これにより資本を有効活用し、対策スピードを加速していくことが重要であると提言する。

あとがき

今回の事例紹介は、業務を通じて種々の議論を重ねた発注者や業務実施チームの方々の成果があつてのものであり関係さらた方々には深く感謝申し上げます。また、今回の事例が耐震照査ならびに耐震補強設計のコスト低減へとつながり、限りある予算で多数の社会資本の耐震照査が行え、かつ妥当性を有し安価な耐震補強対策の進展に役立てば幸いである。

引用文献

- 1) 道路橋示方書・同解説 I 共通編・IV下部構造編
2012.4. p.283.