

長良川中流域における防災船着場詳細設計

DETAILED DESIGN OF DISASTER PREVENTION WHARF IN THE MIDDLE BASIN OF THE NAGARA RIVER

岡田 尚美 *・石垣 勝之 *・吉田 要 *・近藤 拓巳 **

Naomi OKADA, Katsuyuki ISHIGAKI, Kaname YOSHIDA and Takumi KONDO

Disaster prevention wharf is a facility for receiving personnel, supplies, materials and equipment transported by water, and for performing cargo handling operations when a disaster such as a major earthquake occurs. This facility is located at the middle basin of the Nagara River, which is the edge of uppermost stream of the Kiso-sansen Master plan.

In this paper we discuss designs for basic matters (including the location of the wharf and the cross sections), in consideration of factors such as safety navigation and berthing, cargo handling workability, the accessibility to an emergency riverbed road, etc. We examined the stability against the level 1 ground motion, then chose “buttress sheet pile structure” as a quaywall structure. To ensure that the facility will be available after a major earthquake, we also carried out seismic performance evaluation against the level 2 ground motion, and confirmed that there was no problem in those measurement results.

Keywords : 防災船着場、耐震性能照査、動的解析、FLIP

1. はじめに

防災船着場は、大地震などの災害時において、陸上輸送に代わり、河川を利用した水上輸送により資機材や物資の輸送と荷役、人員の輸送を円滑に行うことを目的に整備するものである。河川における防災船着場は事例が少なく、河川の基準類に船着場の規定はほとんどないため、部分的に港湾の基準も準用しつつ、性能設計として個別に判断して設計を行った。

ここでは、長良川中流域における防災船着場の詳細設計を行った事例を報告するとともに、設計を行ううえでの留意点について報告する。

2. 船着場位置の検討

(1) 対象船舶の選定

船着場位置の検討に先立って対象船舶を選定した。

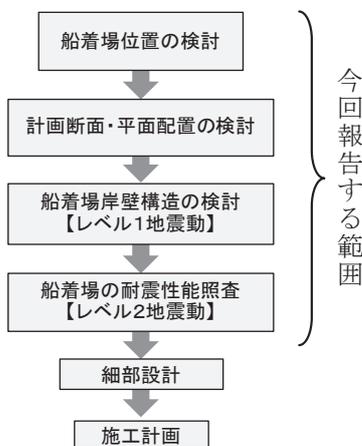
対象船舶は、三重県および愛知県に在港する船舶を抽出したうえで、下記の選定条件に該当する船舶を選定した。

(2) 船着場位置の選定

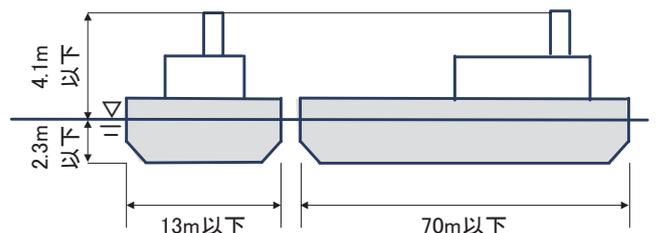
当初計画での船着場の位置は、上流側の緊急用河川敷道

表－1 対象船舶の選定条件

項目	①長良川河口堰を通行可能な船舶	②国道1号の桁下を通行可能な船舶
長さ	70m 以下	—
幅	13m 以下	—
喫水	3.5m 以下	2.3m 以下
水面上高	4.3m 以下	4.1m 以下



図－1 設計フロー



図－2 対象船舶

* 玉野総合コンサルタント株式会社 流域技術部
** 玉野総合コンサルタント株式会社 地球環境部

路にアクセスするうえで、樋管堤外水路等の既設構造物への影響があるため、詳細な検討が必要であった。この影響を回避するため、位置を当初案より上流とした場合、上流側は内湾側であることから、航路および離接岸時の喫水が確保できるかが懸念された。

そこで、渇水時の水深コンター図および過去の河床変動履歴より航路および離接岸時の喫水に問題ない船着場位置を複数案選定した。そのうえで、既設構造物への影響や経済性、緊急用河川敷道路および堤内側へのアクセス性、環境への影響等も含めて比較検討し、船着場位置を当初計画より約 3km 上流の位置を最適案として選定した（図-3）。

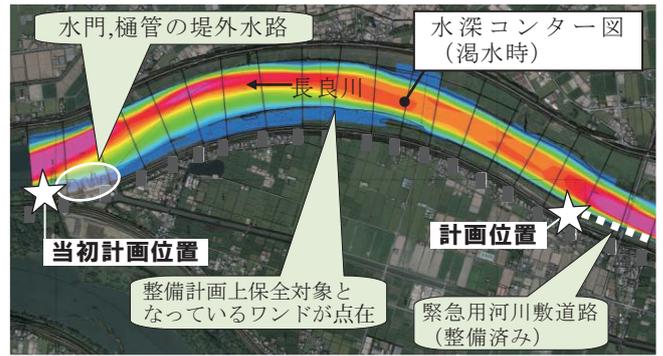


図-3 位置の選定

3. 計画断面・平面配置の検討

(1) 必要水深・計画河床高

必要水深は「港湾の施設の技術上の基準・同解説」¹⁾ (以下、港湾基準) より、対象船舶の最大喫水 + 余裕水深 (最大喫水の 10%) とし、渇水位を基準として計画河床高を設定した (図-4)。

- 必要水深
= 対象船舶の最大喫水 (2.3m) + 余裕水深 10%
= 2.6m
- 計画河床高
= 渇水位 (T.P.+0.9m) - 必要水深 (2.6m)
= T.P. - 1.7m

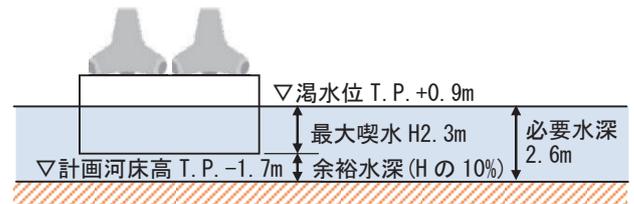


図-4 施工河床高

(2) 計画天端高

計画天端高は、荷役の作業性を考慮して「豊水位」に「荷役作業上の必要高」を加えた高さとした。

「荷役作業上の必要高」は、荷役作業上の最も厳しい条件 (土運船軽荷時の荷役 (掘削) における船底の視認性) より、土運船の最大乾舷高とした (図-5)。

なお、渇水位時においても問題なく船底まで掘削可能であることも併せて確認した (図-6)。

- 計画天端高
= 豊水位 + 荷役作業上の必要高 (土運船乾舷高)
= T.P.+3.10

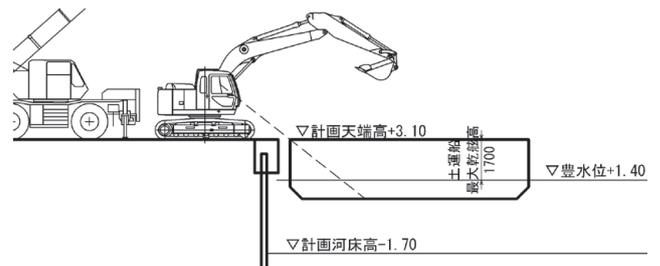


図-5 計画天端高の設定 (豊水時)

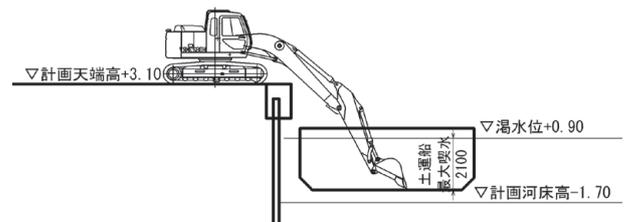


図-6 計画天端高の設定 (渇水時)

(3) 計画法線

計画法線は、航路維持、接岸性、既設護岸への影響、経済性等を考慮して「既設根固工前面法線」とした (図-7)。

(4) 船着場延長

バース長は、船舶の停泊および離着岸を考慮すると 1.5L (L: 船長) 必要であり、対象船舶の船長は 30m であることから、バース長は 45m とした。輸送対象量等より必要バース数は 2 バースであることから、船着場延長は余裕幅を含めて 100m とした (図-8)。

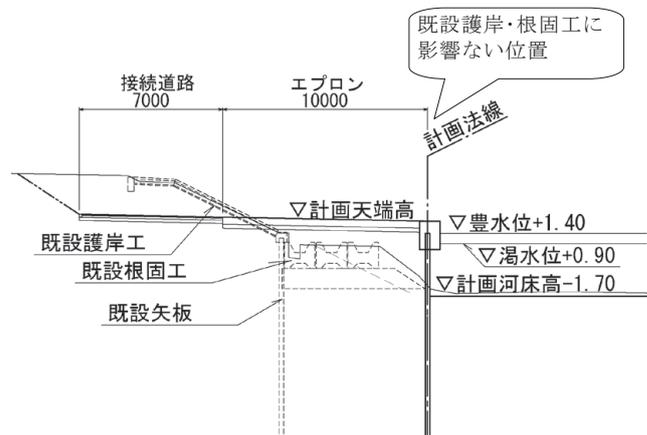


図-7 法線の設定

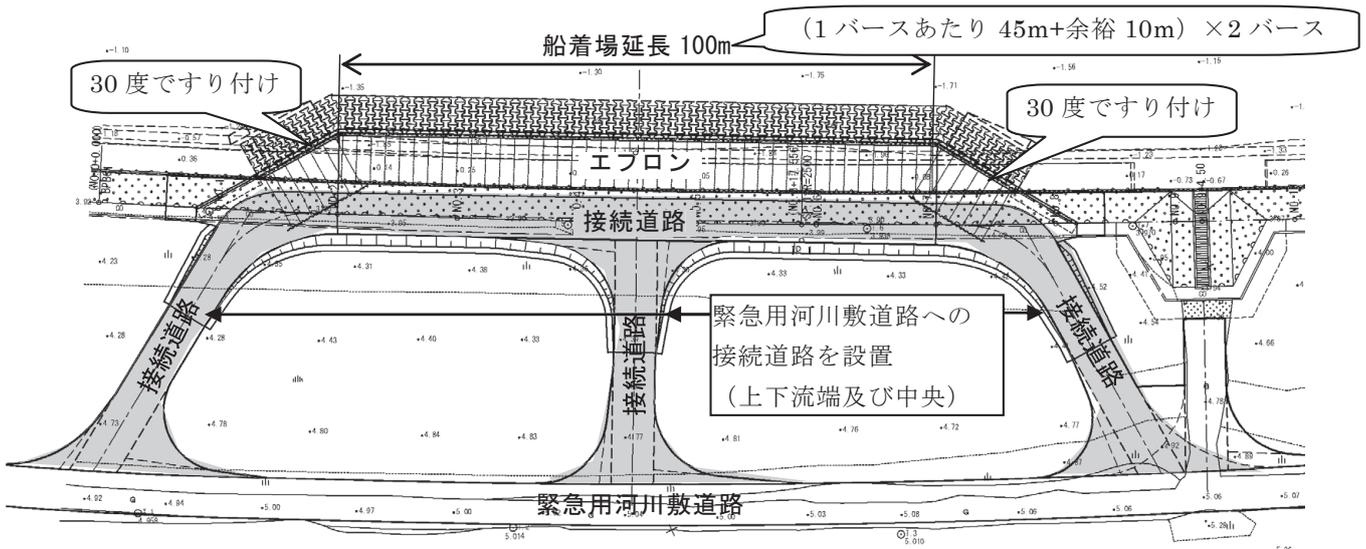


図-8 平面配置

4. 船着場岸壁構造の検討 (レベル1地震動)

船着場岸壁構造として、以下の2案で常時およびレベル1地震動に対する安定検討を実施したうえで、施工性・経済性等により比較検討を行い、既設護岸の矢板を控え矢板として活用した「②控え式矢板構造 (控え: 既設矢板)」を最適案として選定した。

＜船着場岸壁構造の比較案＞

- ① 自立式矢板
- ② 控え式鋼矢板 (控え: 既設矢板) ⇒ 採用

なお、既設矢板の活用にあたって、既設矢板の健全性を把握するため、肉厚測定 (腐食代) を調査し、控え矢板として利用して構造上問題ないことを確認した。

5. 船着場の耐震性能照査 (レベル2地震動)

防災船着場は、災害時の利用を目的としているため、レベル2地震動後も機能 (船舶の接岸・荷役性) を維持する必要がある。よって、選定した船着場岸壁構造に対して、レベル2地震動に対する耐震性能照査を実施した。

解析手法は、港湾施設などの変形照査で多数の実績のある二次元動的有効応力解析プログラム (FLIP) を使用した。図-11に耐震性能照査の実施フローを示す。

(1) 地震動の設定

耐震照査に用いる外力は、「河川構造物の耐震性能照査指針」²⁾ (以下、河川指針) に従い表-2に示すプレート境界型 (L2-1)、内陸直下型 (L2-2) から各1地震を選定した。

以下に示す各地震動で最大加速度、最大速度、最大変

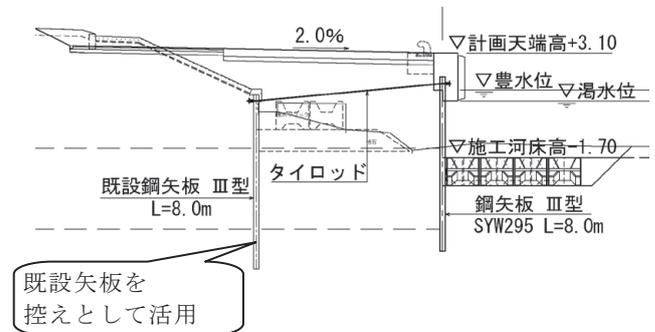


図-9 船着場岸壁構造



図-10 既設矢板調査

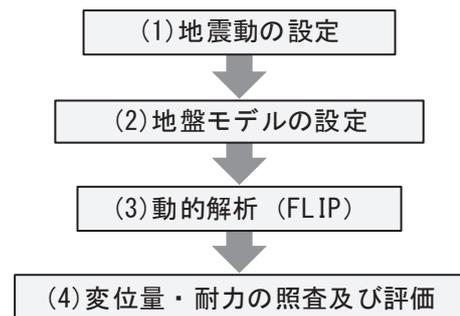


図-11 耐震性能照査の実施フロー

位、PSI 値^{※1}、継続時間^{※2}を算出し、特に PSI 値を重視し、対象施設に最も影響の大きい標準地震動（L2-1、L2-2）を用いることとした（図－12）。

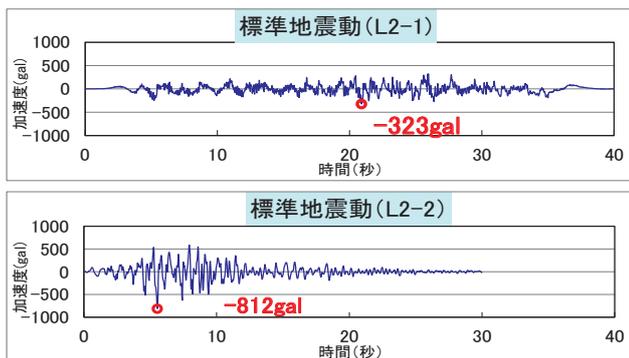
(2) 地盤モデルの設定

当該地盤は表層に礫混じり砂の盛土層（Bs）があり、下位に沖積粘性土層（Ac1）、沖積砂層（As1）、沖積粘性土層（Ac2）と続き、以深は洪積層である。図－13に地層横断面を示す。

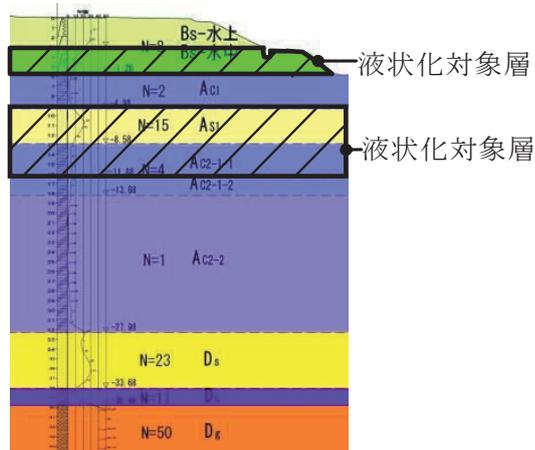
船着場位置のボーリング調査結果を用いて、FL 法による液状化判定を行った結果、図－13のハッチングした部分（Bs水中、As1層、Ac2-1-1層）が液状化の対象となった。

表－2 選定対象地震動

L2-1 (プレート境界型)	採用	L2-2 (内陸直下型)	採用
標準地震動 (道路橋示方書 ³⁾)	○	標準地震動 (道路橋示方書 ³⁾)	○
東海東南海2連動地震		養老・四日市断層帯	
東海東南海南海3連動地震			



図－12 地震動波形（標準地震動（L2-1、L2-2））



図－13 地層横断面図

※1 速度の2乗値を時間積分したものの平方根であり、揺れの強さのエネルギー的指標
 ※2 最初の10galから最後の10galまでの経過時間

たがって地盤モデルは上記地層を液状化層としてパラメーターを設定した。

(3) 動的解析 (FLIP)

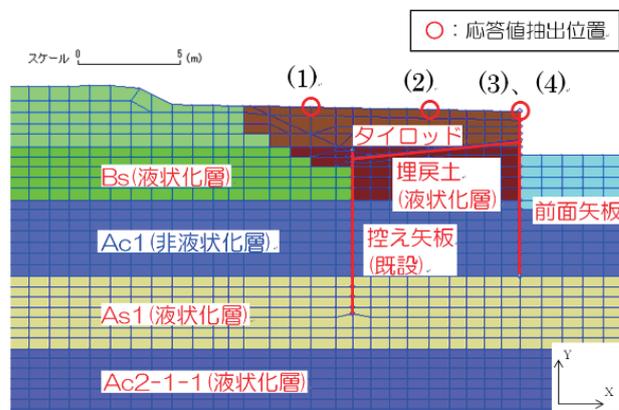
FLIPは有限要素法に基づくプログラムであり、地盤の液状化を考慮した地震応答解析を行い、部材断面力や残留変形等を計算した。変位の着目点は、エプロン部の左端(1)と中央部(2)、右端(3)、矢板頭部(4)とした。また、鋼材の照査には時刻歴における最大値を用いた。

(4) 変位量・耐力の照査および評価

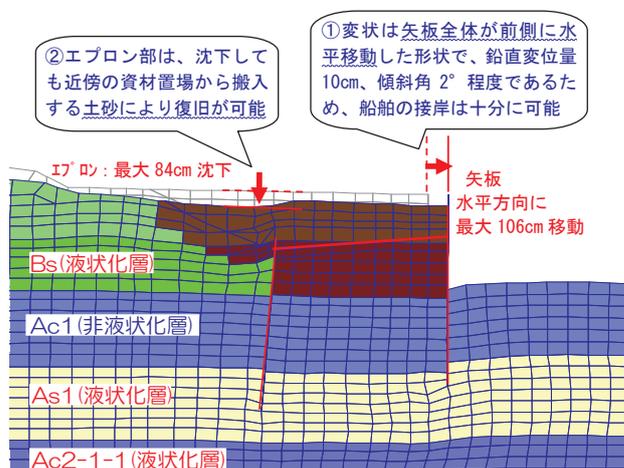
解析結果を図－15に示す。選定した岸壁構造は鋼材の耐力を満足するが、エプロン部の最大沈下量は80cm、矢板の水平変位量は100cmを超える結果となった。

しかし、以下の理由により、本防災船着場は地震後も機能上問題ない（船舶の接岸・荷役は可能）と判断した。

- ① 施設近傍にある備蓄土砂により、エプロン部の沈下は短期間に復旧可能である
- ② 兵庫県南部地震において、2m以上矢板の変位が生じた際も接岸した実績⁴⁾があり、変位は矢板全体が前側に水平移動した形態（傾斜角2°程度）であることから、船舶の接岸が十分に可能である



図－14 変位量算定位置図



図－15 解析結果

6. おわりに

河川における防災船着場は、災害時に陸上交通が麻痺した際の代替ルートとして有用であるが、整備事例が少なく、性能設計として個別に判断する部分が多い。防災船着場の設計にあたっては、現場条件や施設に求められる性能等、多面的な観点から検討を実施することが重要である。

— 以 上 —

謝辞：国土交通省木曾川上流河川事務所の関係各位および本業務に関わった業務関係各位に深謝を表す。

参考文献

- 1) 社団法人日本港湾協会：港湾施設の技術上の基準・同解説、pp.929～1253、2017.7
- 2) 国土交通省水管理・国土保全局治水課：河川構造物の耐震性能照査指針・解説 III. 自立式構造の特殊堤編、p.6、2012.2.
- 3) 社団法人日本道路協会：道路橋示方書・同解説 V. 耐震設計編、p.304-310、2002.3.
- 4) 運輸省港湾技術研究所：被災した係留施設の残存耐力の評価手法の開発、1998.9.