

既設防波堤におけるフーチングの部材照査と照査方法の工夫について

パシフィックコンサルタンツ(株) ○丹羽 俊介
寺島 彰人
小西 陽右

1. はじめに

近年、波浪条件の見直しなどによる断面の再検討に際して既設の港湾施設の断面では安定性を確保できない事例が発生している。本検討では、四国にある防波堤の修正設計を例として、既設断面において滑動、転倒等の安定性(外部安定)対策をすると共に部材の安定性(内部安定)を照査の工夫により確保した事例を報告する。

2. 設計条件及び外部安定対策

対象防波堤は、平成15年度に細部設計が実施されている。使用する基準図書は、「港湾の施設の技術上の基準・同解説平成11年度改定版(以降H11年規準とする)」¹⁾を使用している。H11年基準での照査方法は、限界応力法を用いて設計されており、現行の「港湾の施設の技術上の基準・同解説平成30年度」²⁾と同様の照査方法で設計されている。波浪条件について、当初設計の沖波条件から最新の知見としてWAMモデルによる波浪推算を用いて沖波条件を見直した(図-2)。また、設計波算定時の屈折計算の精度向上により換算沖波波高 H_o' が当初設計時より増加した。表-1に当初設計時と本検討時の設計波を示す。設計波の見直しにより、最大波が8.9m~9.0mとなり、当初設計波から約1.0m

増加した。設計波が増大したことから、現況断面では、波圧作用時の外部安定(滑動、支持力)が満足しない結果となった。図-4に、波圧作用時における安定性を確保した断面を示す。安定性不足に対して、以下の対策を実施した。

- ①堤体の滑動に対し、上部工を高比重コンクリートにて嵩上げ及びケーソンの中詰材を置換及び方塊ブロック設置。
- ②支持力対策として、基礎捨石を港内側に3.0m拡幅。

図-3の対策断面に対して、部材照査を実施した。なお、対象断面では、中詰材を中詰砂からコンクリートに置換したため、堤体を方塊ブロックと見なし、側壁と隔壁は照査対象外として、フーチングに対し部材照査を実施した。

3. フーチング部材の照査方法の工夫

図-4にフーチングに作用する荷重の模式図を示す。部材照査は、フーチングに作用する底面反力に重量と載荷重を考慮した合成荷重 p_c (kN/m²)を用いて、終局限界の曲げ破壊とせん断破壊2種類の照査を実施した。表-2にフーチングの照査結果を示す。結果、せん断破壊に対する耐力が不

表-1 当初設計波と本検討設計波

当初設計波							
潮位	波向	波高 Ho(m)	周期 T(s)	波長 Lo(m)	換算沖波波高 Ho'(m)	有義波 H _{1/3}	最大波 Hmax
H.H.W.L	SSW	13.5	14.5	328	4.30	4.3	7.8
H.W.L						4.4	7.9
L.W.L						4.5	8.0
本検討設計波							
潮位	波向	波高 Ho(m)	周期 T(s)	波長 Lo(m)	換算沖波波高 Ho'(m)	有義波 H _{1/3}	最大波 Hmax
H.H.W.L	SW	10.32	14.3	319	4.95	4.9	8.9
H.W.L						4.9	8.9
L.W.L						5.0	9.0

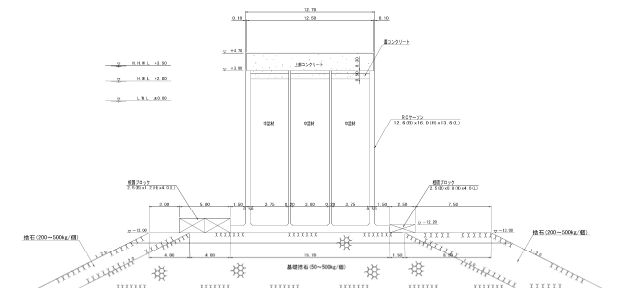


図-1 現況断面

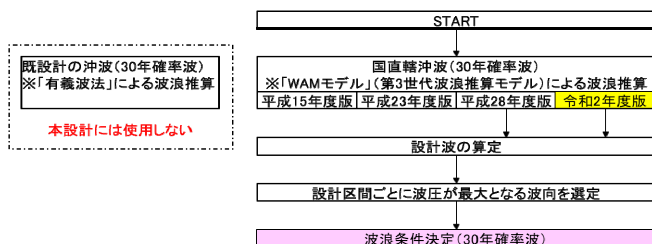


図-2 本検討における沖波設定方法

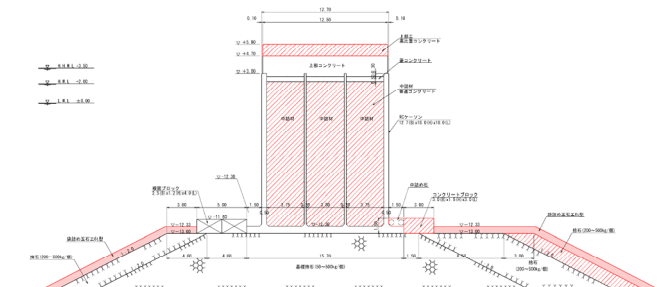


図-3 波圧に対する安定対策断面

表-2 フーチングの部材照査結果

断面破壊	①中詰置換あり	②材料強度の見直し	③ハンチ筋を考慮
曲げ	0.98 < 1.0…OK	0.86 < 1.0…OK	0.86 < 1.0…OK
せん断	1.30 > 1.0…NG	1.17 > 1.0…NG	0.98 < 1.0…OK

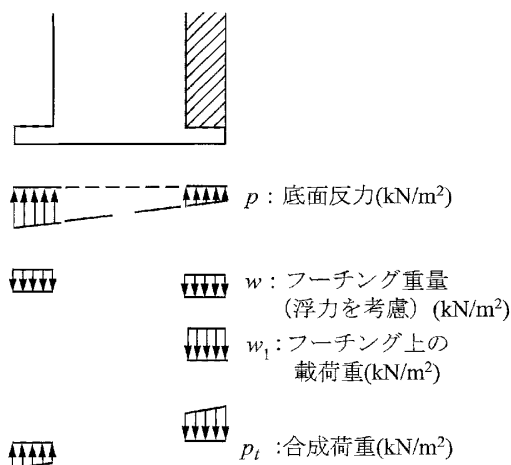


図-4 フーチングに作用する合成荷重の考え方²⁾

足する結果となった。せん断破壊が安定性を満足しない要因として、中詰材置換による堤体重量増加から当初設計より底板反力の増加が考えられる。フーチング部材の改良工法として、部材の増厚が考えられるが、隣接防波堤にて同様の対策を実施した際、ケーソンの設置水深が深いため、既設と新設のコンクリートの一体化を確実に施工することが難しい結果となった。よって、本検討ではフーチングの照査方法を工夫し、2点の着目点から部材照査を実施した。

①コンクリートの圧縮強度の見直し

当初設計時は、鉄筋コンクリートの設計圧縮強度 $f'_{ck}=24$ (kN/m²) を使用している。既設構造物のコンクリート強度については、港湾空港技術研究所資料³⁾の「現場で使用されるコンクリートの圧縮強度は、設計強度より大きくなっている場合が多く、施工時の現場配合試験結果がある場合は、結果を確認し、配合強度を採用することは有用である」との記載から、本検討ではこの方針を採用し、施工時の試験結果を用いて、 $f'_{ck}=30$ (kN/m²) で部材照査を実施した。

②ハンチ筋を構造部材として考慮

図-5 に対象断面に設置されているハンチ筋位置の配筋図を示す。側壁とフーチング間のハンチに設置されているハンチ筋を構造部材と見なして照査を行った。ハンチ筋を考慮することにより、配筋計算時の有効高が当初設計時と比べ大きくなり、せん断耐力が増加する結果となった。

上記を踏まえた照査の結果、圧縮強度の見直し及びハンチ筋を考慮することで、フーチングの改良を行うことなく、

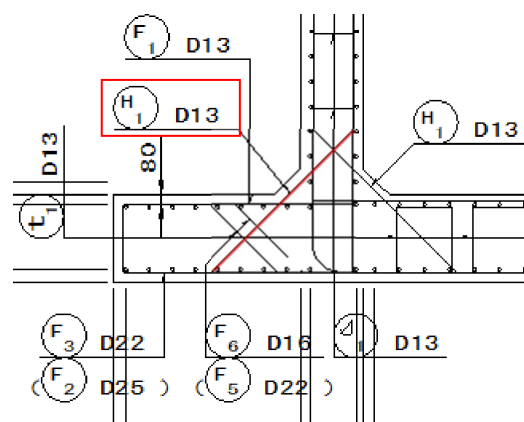


図-5 ハンチ筋の配置位置

既設断面で部材耐力を満足する結果となった。

4. まとめ

上記の検討より、既存防波堤における外力安定と共に部材耐力の照査を実施した。本検討では、既設ケーソンを流用する条件下で、経済的な対策で機能確保が可能となった。また、フーチング部材照査は、施工時の材料強度や配筋仕様に着目した工夫を実施することで、現況断面に改良を加えることなく、部材耐力を確保することが可能となった。

なお、今回の部材照査で実施した着目点の内、コンクリートの圧縮強度の見直しについて、本検討では対象断面が1函であったため、施工時の試験結果をそのまま使用したが、複数函に連なる断面の場合、施工の試験結果を使用する際は、施工状況等を踏まえたばらつきを考慮する必要があり、圧縮強度の設定には注意する必要がある。

参考文献

- 1) (公社)日本港湾協会：港湾の施設の技術上の基準・同解説，平成11年度4月
- 2) (公社)日本港湾協会：港湾の施設の技術上の基準・同解説，平成30年度5月
- 3) 宇野健司，加藤絵万，川端雄一郎：防波堤ケーソンにおける部材設計の合理化に関する一考察，港湾空港技術研究所資料，No.1329，p.20