

現 行	改 訂	備 考
<p data-bbox="243 590 1264 653">空港土木施設耐震設計要領及び設計例</p> <p data-bbox="299 814 1184 953">国 土 交 通 省 航 空 局 国土交通省国土技術政策総合研究所 監修</p> <p data-bbox="522 1171 982 1304">平成 20 年 7 月 (平成 22 年 4 月一部改訂)</p> <p data-bbox="670 1482 839 1518"><i>SCOPE</i></p> <p data-bbox="329 1566 1172 1608">財団法人 港湾空港建設技術サービスセンター</p>	<p data-bbox="1374 590 2395 653">空港土木施設耐震設計要領及び設計例</p> <p data-bbox="1430 814 2315 953">国 土 交 通 省 航 空 局 国土交通省国土技術政策総合研究所 監修</p> <p data-bbox="1653 1171 2113 1304">平成 20 年 7 月 (平成 23 年 4 月一部改訂)</p> <p data-bbox="1801 1482 1970 1518"><i>SCOPE</i></p> <p data-bbox="1460 1566 2303 1608">財団法人 港湾空港建設技術サービスセンター</p>	

現 行	改 訂	備 考
目 次	目 次	
空港土木施設耐震設計要領	空港土木施設耐震設計要領	
第1章 総則	第1章 総則	
1.1 目的 1	1.1 目的 1	
1.2 適用範囲 1	1.2 適用範囲 1	
1.3 用語 1	1.3 用語 1	
第2章 耐震設計の基本	第2章 耐震設計の基本	
2.1 総説 2	2.1 総説 2	
2.2 輸送形態に応じた空港土木施設の耐震性能 3	2.2 輸送形態に応じた空港土木施設の耐震性能 3	
2.3 空港土木施設の耐震性能 3	2.3 空港土木施設の耐震性能 3	
第3章 耐震性能の照査方法	第3章 耐震性能の照査方法	
3.1 総説 6	3.1 総説 6	
3.2 設計限界値 7	3.2 設計限界値 7	
3.3 地震動 12	3.3 地震動 12	
3.4 液状化の予測・判定 13	3.4 液状化の予測・判定 13	
3.5 土圧 14	3.5 土圧 14	
3.6 設計応答値 14	3.6 設計応答値 14	
第4章 液状化対策	第4章 液状化対策	
4.1 総説 16	4.1 総説 16	
4.2 対策範囲 16	4.2 対策範囲 16	
4.3 対策レベル 16	4.3 対策レベル 16	
4.4 液状化対策の照査 17	4.4 液状化対策の照査 17	
参考文献 18	参考文献 18	
付 録	付 録	
付録-1. 地盤の地震応答解析法の種類と概要 付 1	付録-1. 地盤の地震応答解析法の種類と概要 付 1	
付録-2. 建造物の耐震解析法の種類と概要 付 7	付録-2. 建造物の耐震解析法の種類と概要 付 7	
付録-3. 二次元地盤の等価線形解析と舗装構造の弾塑性解析を組み合わせた解析法 付 16	付録-3. 二次元地盤の等価線形解析と舗装構造の弾塑性解析を組み合わせた解析法 付 16	
付録-4. 空港で利用される可能性の高い液状化対策工法の概要 付 19	付録-4. 空港で利用される可能性の高い液状化対策工法の概要 付 19	
付録-5. 液状化対策工法の選定・照査 付 26	付録-5. 液状化対策工法の選定・照査 付 26	
	<u>付録-6. 二次元地盤の有効応力解析と橋梁構造の弾塑性解析を組み合わせた解析法の例</u> 付 32	項目を追加
設計例等	設計例等	
例-1. 耐震性能検討に係る空港施設の地震被害事例 例 1-1	例-1. 耐震性能検討に係る空港施設の地震被害事例 例 1-1	
例-2. 入力地震動の設定事例 例 2-1	例-2. 入力地震動の設定事例 例 2-1	
例-3. 液状化対策範囲の検討例 例 3-1	例-3. 液状化対策範囲の検討例 例 3-1	

現 行	改 訂	備 考
<p>p.4 2.3 空港土木施設の耐震性能</p> <p>3) 道路・駐車場 「駐車場設計・施工指針 同解説」¹⁰⁾ (橋梁構造の場合)：「道路橋示方書・同解説 V耐震設計編」⁵⁾ (地下構造物の場合)：「トンネル標準示方書 開削工法・同解説」⁶⁾、「コンクリート標準示方書 設計編」⁷⁾、「道路土工 擁壁工指針」⁸⁾、「道路土工カルバート工指針」⁹⁾</p> <p>4) 排水施設 「コンクリート標準示方書 設計編」⁷⁾、「下水道施設の耐震対策指針と解説」¹¹⁾、「水道施設耐震工法指針・解説」¹²⁾、「河川砂防技術基準(案)同解説」¹³⁾</p> <p>5) 共同溝 「コンクリート標準示方書 設計編」⁷⁾、「共同溝設計指針」¹⁴⁾</p>	<p>p.4 2.3 空港土木施設の耐震性能</p> <p>3) 道路・駐車場 「駐車場設計・施工指針 同解説」¹⁰⁾ (橋梁構造の場合)：「道路橋示方書・同解説 V耐震設計編」⁵⁾ (地下構造物の場合)：「トンネル標準示方書 開削工法・同解説」⁶⁾、「コンクリート標準示方書 設計編」⁷⁾、「道路土工 擁壁工指針」⁸⁾、「道路土工カルバート工指針」⁹⁾</p> <p>4) 排水施設 「コンクリート標準示方書 設計編」⁷⁾、「下水道施設の耐震対策指針と解説」¹¹⁾、「水道施設耐震工法指針・解説」¹²⁾、「河川砂防技術基準(案)同解説」¹³⁾</p> <p>5) 共同溝 「コンクリート標準示方書 設計編」⁷⁾、「共同溝設計指針」¹⁴⁾</p> <p>6) 進入灯橋梁 「港湾の施設の技術上の基準・同解説」³⁾、「道路橋示方書・同解説 V耐震設計編」⁵⁾</p>	<p>項目を追加</p>

現 行	改 訂	備 考																																																																										
<p>p.4 表-2.1(1) レベル1地震動に対する空港土木施設の耐震性能(評価項目)</p> <p style="text-align: center;">表-2.1(1) レベル1地震動に対する空港土木施設の耐震性能(評価項目)</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 20%;">施 設</th> <th style="width: 80%;">評 価 項 目</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>滑走路</td> <td>①地盤の液状化の有無</td> </tr> <tr> <td>誘導路</td> <td>②地盤の変形(勾配・段差)※1</td> </tr> <tr> <td>エプロン</td> <td>③地盤の支持力※1</td> </tr> <tr> <td>過走帯</td> <td>④ひび割れ発生状況</td> </tr> <tr> <td>着陸帯</td> <td>①地盤の液状化の有無</td> </tr> <tr> <td>滑走路端安全区域</td> <td>②地盤の変形(勾配・段差)※1</td> </tr> <tr> <td>誘導路帯</td> <td>①地盤の液状化の有無 ②地盤の変形(段差)※1</td> </tr> <tr> <td>GSE 通行帯等</td> <td>イ)当該施設が地下構造物の場合、 ①地盤の液状化の有無 ②構造体の損傷 ロ)当該施設が橋梁構造の場合、 ①構造体の損傷</td> </tr> <tr> <td>飛行場標識施設</td> <td>—</td> </tr> <tr> <td>道路・駐車場</td> <td>イ)当該施設が地下構造物の場合、 ①地盤の液状化の有無 ②構造体の損傷 ロ)当該施設が橋梁構造の場合、 ①構造体の損傷</td> </tr> <tr> <td>排水施設</td> <td>イ)当該施設が地下構造物※2および調節池の場合、 ①地盤の液状化の有無 ②構造体の損傷</td> </tr> <tr> <td>共同溝</td> <td>①地盤の液状化の有無</td> </tr> <tr> <td>消防水利施設</td> <td>②構造の損傷</td> </tr> <tr> <td>場周柵</td> <td>①構造の倒壊</td> </tr> <tr> <td>ブラストフェンス</td> <td></td> </tr> <tr> <td>航空保安施設用地</td> <td>①地盤の液状化の有無</td> </tr> <tr> <td>その他空港施設用地</td> <td>②護岸、高盛土を含む場合、地盤の変位</td> </tr> </tbody> </table> <p>※1 ①の評価の結果、液状化が想定される場合、及び護岸、高盛土を含む場合の評価項目 ※2 排水施設の地下構造物：暗渠(ボックスカルバート・剛性管・とう性管)、接続部(マンホール)</p>	施 設	評 価 項 目	滑走路	①地盤の液状化の有無	誘導路	②地盤の変形(勾配・段差)※1	エプロン	③地盤の支持力※1	過走帯	④ひび割れ発生状況	着陸帯	①地盤の液状化の有無	滑走路端安全区域	②地盤の変形(勾配・段差)※1	誘導路帯	①地盤の液状化の有無 ②地盤の変形(段差)※1	GSE 通行帯等	イ)当該施設が地下構造物の場合、 ①地盤の液状化の有無 ②構造体の損傷 ロ)当該施設が橋梁構造の場合、 ①構造体の損傷	飛行場標識施設	—	道路・駐車場	イ)当該施設が地下構造物の場合、 ①地盤の液状化の有無 ②構造体の損傷 ロ)当該施設が橋梁構造の場合、 ①構造体の損傷	排水施設	イ)当該施設が地下構造物※2および調節池の場合、 ①地盤の液状化の有無 ②構造体の損傷	共同溝	①地盤の液状化の有無	消防水利施設	②構造の損傷	場周柵	①構造の倒壊	ブラストフェンス		航空保安施設用地	①地盤の液状化の有無	その他空港施設用地	②護岸、高盛土を含む場合、地盤の変位	<p>p.4 表-2.1(1) レベル1地震動に対する空港土木施設の耐震性能(評価項目)</p> <p style="text-align: center;">表-2.1(1) レベル1地震動に対する空港土木施設の耐震性能(評価項目)</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 20%;">施 設</th> <th style="width: 80%;">評 価 項 目</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>滑走路</td> <td>①地盤の液状化の有無</td> </tr> <tr> <td>誘導路</td> <td>②地盤の変形(勾配・段差)※1</td> </tr> <tr> <td>エプロン</td> <td>③地盤の支持力※1</td> </tr> <tr> <td>過走帯</td> <td>④ひび割れ発生状況</td> </tr> <tr> <td>着陸帯</td> <td>①地盤の液状化の有無</td> </tr> <tr> <td>滑走路端安全区域</td> <td>②地盤の変形(勾配・段差)※1</td> </tr> <tr> <td>誘導路帯</td> <td>①地盤の液状化の有無 ②地盤の変形(段差)※1</td> </tr> <tr> <td>GSE 通行帯等</td> <td>イ)当該施設が地下構造物の場合、 ①地盤の液状化の有無 ②構造体の損傷 ロ)当該施設が橋梁構造の場合、 ①構造体の損傷</td> </tr> <tr> <td>飛行場標識施設</td> <td>—</td> </tr> <tr> <td>道路・駐車場</td> <td>イ)当該施設が地下構造物の場合、 ①地盤の液状化の有無 ②構造体の損傷 ロ)当該施設が橋梁構造の場合、 ①構造体の損傷</td> </tr> <tr> <td>排水施設</td> <td>イ)当該施設が地下構造物※2および調節池の場合、 ①地盤の液状化の有無 ②構造体の損傷</td> </tr> <tr> <td>共同溝</td> <td>①地盤の液状化の有無</td> </tr> <tr> <td>消防水利施設</td> <td>②構造の損傷</td> </tr> <tr> <td>場周柵</td> <td>①構造の倒壊</td> </tr> <tr> <td>ブラストフェンス</td> <td></td> </tr> <tr> <td>航空保安施設用地</td> <td>①地盤の液状化の有無</td> </tr> <tr> <td>その他空港施設用地</td> <td>②護岸、高盛土を含む場合、地盤の変位</td> </tr> <tr> <td style="color: red;">進入灯橋梁</td> <td style="color: red;">①構造の損傷</td> </tr> </tbody> </table> <p>※1 ①の評価の結果、液状化が想定される場合、及び護岸、高盛土を含む場合の評価項目 ※2 排水施設の地下構造物：暗渠(ボックスカルバート・剛性管・とう性管)、接続部(マンホール)</p>	施 設	評 価 項 目	滑走路	①地盤の液状化の有無	誘導路	②地盤の変形(勾配・段差)※1	エプロン	③地盤の支持力※1	過走帯	④ひび割れ発生状況	着陸帯	①地盤の液状化の有無	滑走路端安全区域	②地盤の変形(勾配・段差)※1	誘導路帯	①地盤の液状化の有無 ②地盤の変形(段差)※1	GSE 通行帯等	イ)当該施設が地下構造物の場合、 ①地盤の液状化の有無 ②構造体の損傷 ロ)当該施設が橋梁構造の場合、 ①構造体の損傷	飛行場標識施設	—	道路・駐車場	イ)当該施設が地下構造物の場合、 ①地盤の液状化の有無 ②構造体の損傷 ロ)当該施設が橋梁構造の場合、 ①構造体の損傷	排水施設	イ)当該施設が地下構造物※2および調節池の場合、 ①地盤の液状化の有無 ②構造体の損傷	共同溝	①地盤の液状化の有無	消防水利施設	②構造の損傷	場周柵	①構造の倒壊	ブラストフェンス		航空保安施設用地	①地盤の液状化の有無	その他空港施設用地	②護岸、高盛土を含む場合、地盤の変位	進入灯橋梁	①構造の損傷	<p>構造体 → 構造 に統一</p> <p>項目を追加</p>
施 設	評 価 項 目																																																																											
滑走路	①地盤の液状化の有無																																																																											
誘導路	②地盤の変形(勾配・段差)※1																																																																											
エプロン	③地盤の支持力※1																																																																											
過走帯	④ひび割れ発生状況																																																																											
着陸帯	①地盤の液状化の有無																																																																											
滑走路端安全区域	②地盤の変形(勾配・段差)※1																																																																											
誘導路帯	①地盤の液状化の有無 ②地盤の変形(段差)※1																																																																											
GSE 通行帯等	イ)当該施設が地下構造物の場合、 ①地盤の液状化の有無 ②構造体の損傷 ロ)当該施設が橋梁構造の場合、 ①構造体の損傷																																																																											
飛行場標識施設	—																																																																											
道路・駐車場	イ)当該施設が地下構造物の場合、 ①地盤の液状化の有無 ②構造体の損傷 ロ)当該施設が橋梁構造の場合、 ①構造体の損傷																																																																											
排水施設	イ)当該施設が地下構造物※2および調節池の場合、 ①地盤の液状化の有無 ②構造体の損傷																																																																											
共同溝	①地盤の液状化の有無																																																																											
消防水利施設	②構造の損傷																																																																											
場周柵	①構造の倒壊																																																																											
ブラストフェンス																																																																												
航空保安施設用地	①地盤の液状化の有無																																																																											
その他空港施設用地	②護岸、高盛土を含む場合、地盤の変位																																																																											
施 設	評 価 項 目																																																																											
滑走路	①地盤の液状化の有無																																																																											
誘導路	②地盤の変形(勾配・段差)※1																																																																											
エプロン	③地盤の支持力※1																																																																											
過走帯	④ひび割れ発生状況																																																																											
着陸帯	①地盤の液状化の有無																																																																											
滑走路端安全区域	②地盤の変形(勾配・段差)※1																																																																											
誘導路帯	①地盤の液状化の有無 ②地盤の変形(段差)※1																																																																											
GSE 通行帯等	イ)当該施設が地下構造物の場合、 ①地盤の液状化の有無 ②構造体の損傷 ロ)当該施設が橋梁構造の場合、 ①構造体の損傷																																																																											
飛行場標識施設	—																																																																											
道路・駐車場	イ)当該施設が地下構造物の場合、 ①地盤の液状化の有無 ②構造体の損傷 ロ)当該施設が橋梁構造の場合、 ①構造体の損傷																																																																											
排水施設	イ)当該施設が地下構造物※2および調節池の場合、 ①地盤の液状化の有無 ②構造体の損傷																																																																											
共同溝	①地盤の液状化の有無																																																																											
消防水利施設	②構造の損傷																																																																											
場周柵	①構造の倒壊																																																																											
ブラストフェンス																																																																												
航空保安施設用地	①地盤の液状化の有無																																																																											
その他空港施設用地	②護岸、高盛土を含む場合、地盤の変位																																																																											
進入灯橋梁	①構造の損傷																																																																											

現 行				改 訂				備 考
p.5 表-2.1(2) レベル2地震動に対する空港土木施設の耐震性能（評価項目）				p.5 表-2.1(2) レベル2地震動に対する空港土木施設の耐震性能（評価項目）				項目を追加
表-2.1(2) レベル2地震動に対する空港土木施設の耐震性能（評価項目）				表-2.1(2) レベル2地震動に対する空港土木施設の耐震性能（評価項目）				
施 設	大規模地震発生後に必要とされる輸送形態			施 設	大規模地震発生後に必要とされる輸送形態			
	固定翼機による 旅客輸送	固定翼機による 緊急物資輸送	回転翼機による 緊急物資輸送		固定翼機による 旅客輸送	固定翼機による 緊急物資輸送	回転翼機による 緊急物資輸送	
滑走路	①地盤の液状化の有無 ②地盤の変形（勾配・段差）※1		①（護岸、高盛土を含む場合） 地盤の変形	滑走路	①地盤の液状化の有無 ②地盤の変形（勾配・段差）※1		①（護岸、高盛土を含む場合） 地盤の変形	
誘導路	③地盤の支持力※1			誘導路	③地盤の支持力※1			
エプロン	④ひび割れ発生状況		①地盤の液状化の有無 ②地盤の変形（勾配・段差）※1 ③地盤の支持力※1	エプロン	④ひび割れ発生状況		①地盤の液状化の有無 ②地盤の変形（勾配・段差）※1 ③地盤の支持力※1	
過走帯	—			過走帯	—			
着陸帯	—		着陸帯	—				
滑走路端安全区域	—		滑走路端安全区域	—				
誘導路帯	—		誘導路帯	—				
GSE 通行帯等	イ) 当該施設が地下構造物の場合、 ①地盤の液状化の有無 ②構造の損傷 ロ) 当該施設が橋梁構造の場合、 ①構造の損傷・変位		イ) 当該施設が地下構造物の場合、 ①地盤の液状化の有無 ②構造の損傷 ロ) 当該施設が橋梁構造の場合、 ①構造の損傷・変位	GSE 通行帯等	イ) 当該施設が地下構造物の場合、 ①地盤の液状化の有無 ②構造の損傷 ロ) 当該施設が橋梁構造の場合、 ①構造の損傷・変位			
飛行場標識施設	—			飛行場標識施設	—			
道路・駐車場	イ) 当該施設が地下構造物の場合、 ①地盤の液状化の有無 ②構造の損傷 ロ) 当該施設が橋梁構造の場合、 ①構造の損傷・変位		イ) 当該施設が地下構造物の場合、 ①地盤の液状化の有無 ②構造の損傷 ロ) 当該施設が橋梁構造の場合、 ①構造の損傷・変位	道路・駐車場	イ) 当該施設が地下構造物の場合、 ①地盤の液状化の有無 ②構造の損傷 ロ) 当該施設が橋梁構造の場合、 ①構造の損傷・変位			
排水施設	イ) 当該施設が地下構造物※2および調節池の場合、 ①地盤の液状化の有無 ②構造の損傷	—		排水施設	イ) 当該施設が地下構造物※2および調節池の場合、 ①地盤の液状化の有無 ②構造の損傷	—		
共同溝	①地盤の液状化の有無 ②構造の損傷		①地盤の液状化の有無 ②構造の損傷	共同溝	①地盤の液状化の有無 ②構造の損傷			
消防水利施設	①地盤の液状化の有無 ②構造の損傷	—		消防水利施設	①地盤の液状化の有無 ②構造の損傷	—		
場周柵	—		場周柵	—				
プラストフェンス	①構造の倒壊		プラストフェンス	①構造の倒壊				
航空保安施設用地	①地盤の液状化の有無 ②地盤の変位※1		①地盤の液状化の有無 ②地盤の変位※1	航空保安施設用地	①地盤の液状化の有無 ②地盤の変位※1			
その他空港施設用地	—			その他空港施設用地	—			
			進入灯橋梁	①構造の損傷・変位	—			
※1 ①の評価の結果、液状化が想定される場合、及び護岸、高盛土を含む場合の評価項目				※1 ①の評価の結果、液状化が想定される場合、及び護岸、高盛土を含む場合の評価項目				
※2 排水施設の地下構造物：暗渠（ボックスカルバート・剛性管・とう性管）、接続部（マンホール）				※2 排水施設の地下構造物：暗渠（ボックスカルバート・剛性管・とう性管）、接続部（マンホール）				

現 行	改 訂	備 考																																						
<p>p.8 表-3.2 レベル1地震動に対する基本施設等の設計限界値の例</p> <p>表-3.2 レベル1地震動に対する付帯施設および空港用地の設計限界値の例</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>施 設</th> <th>設計限界値の例</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>道路・駐車場^{※1}</td> <td>イ)当該施設が地下構造物の場合、 a)構造に影響を与えるような地盤の液状化を許容しない b)損傷を許容しない ロ)当該施設が橋梁の場合、 a)損傷を許容しない</td> </tr> <tr> <td>排水施設</td> <td>イ)構造物がボックスカルバート、剛性管、マンホールの場合、 a)構造に影響を与えるような地盤の液状化を許容しない b)構造部材の応答が弾性限界内 ロ)構造物がとう性管の場合、 a)構造に影響を与えるような地盤の液状化を許容しない b)構造部材の応答が弾性限界内、たわみ率が許容値内 ハ)構造物が調節池の場合、 a)構造に影響を与えるような地盤の液状化を許容しない b)堤体がすべり破壊を生じない</td> </tr> <tr> <td>共同溝</td> <td>①構造に影響を与えるような地盤の液状化を許容しない</td> </tr> <tr> <td>消防水利施設</td> <td>②構造の損傷を許容しない</td> </tr> <tr> <td>場周柵</td> <td>①倒壊を許容しない</td> </tr> <tr> <td>ブラストフェンス</td> <td></td> </tr> <tr> <td>航空保安施設用地</td> <td>①構造に影響を与えるような地盤の液状化を許容しない</td> </tr> <tr> <td>その他空港 設用地</td> <td>②護岸、高盛土を含む場合は継続的な使用に影響を及ぼす変位を許容しない</td> </tr> </tbody> </table> <p>※1 通常的设计による場合、液状化が発生しなければ、レベル1地震動が作用しても、設計対象車両が通行不能となる程度の段差は発生する可能性は少ないことが、例えば「1995年兵庫県南部地震による港湾施設等被害報告」18) に示されている。</p>	施 設	設計限界値の例	道路・駐車場 ^{※1}	イ)当該施設が地下構造物の場合、 a)構造に影響を与えるような地盤の液状化を許容しない b)損傷を許容しない ロ)当該施設が橋梁の場合、 a)損傷を許容しない	排水施設	イ)構造物がボックスカルバート、剛性管、マンホールの場合、 a)構造に影響を与えるような地盤の液状化を許容しない b)構造部材の応答が弾性限界内 ロ)構造物がとう性管の場合、 a)構造に影響を与えるような地盤の液状化を許容しない b)構造部材の応答が弾性限界内、たわみ率が許容値内 ハ)構造物が調節池の場合、 a)構造に影響を与えるような地盤の液状化を許容しない b)堤体がすべり破壊を生じない	共同溝	①構造に影響を与えるような地盤の液状化を許容しない	消防水利施設	②構造の損傷を許容しない	場周柵	①倒壊を許容しない	ブラストフェンス		航空保安施設用地	①構造に影響を与えるような地盤の液状化を許容しない	その他空港 設用地	②護岸、高盛土を含む場合は継続的な使用に影響を及ぼす変位を許容しない	<p>p.8 表-3.2 レベル1地震動に対する基本施設等の設計限界値の例</p> <p>表-3.2 レベル1地震動に対する付帯施設および空港用地の設計限界値の例</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>施 設</th> <th>設計限界値の例</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>道路・駐車場^{※1}</td> <td>イ)当該施設が地下構造物の場合、 a)構造に影響を与えるような地盤の液状化を許容しない b)損傷を許容しない ロ)当該施設が橋梁の場合、 a)損傷を許容しない</td> </tr> <tr> <td>排水施設</td> <td>イ)構造物がボックスカルバート、剛性管、マンホールの場合、 a)構造に影響を与えるような地盤の液状化を許容しない b)構造部材の応答が弾性限界内 ロ)構造物がとう性管の場合、 a)構造に影響を与えるような地盤の液状化を許容しない b)構造部材の応答が弾性限界内、たわみ率が許容値内 ハ)構造物が調節池の場合、 a)構造に影響を与えるような地盤の液状化を許容しない b)堤体がすべり破壊を生じない</td> </tr> <tr> <td>共同溝</td> <td>①構造に影響を与えるような地盤の液状化を許容しない</td> </tr> <tr> <td>消防水利施設</td> <td>②構造の損傷を許容しない</td> </tr> <tr> <td>場周柵</td> <td>①倒壊を許容しない</td> </tr> <tr> <td>ブラストフェンス</td> <td></td> </tr> <tr> <td>航空保安施設用地</td> <td>①構造に影響を与えるような地盤の液状化を許容しない</td> </tr> <tr> <td>その他空港施設用地</td> <td>②護岸、高盛土を含む場合は継続的な使用に影響を及ぼす変位を許容しない</td> </tr> <tr> <td>進入灯橋梁</td> <td>①損傷を許容しない</td> </tr> </tbody> </table> <p>※1 通常的设计による場合、液状化が発生しなければ、レベル1地震動が作用しても、設計対象車両が通行不能となる程度の段差は発生する可能性は少ないことが、例えば「1995年兵庫県南部地震による港湾施設等被害報告」18) に示されている。</p>	施 設	設計限界値の例	道路・駐車場 ^{※1}	イ)当該施設が地下構造物の場合、 a)構造に影響を与えるような地盤の液状化を許容しない b)損傷を許容しない ロ)当該施設が橋梁の場合、 a)損傷を許容しない	排水施設	イ)構造物がボックスカルバート、剛性管、マンホールの場合、 a)構造に影響を与えるような地盤の液状化を許容しない b)構造部材の応答が弾性限界内 ロ)構造物がとう性管の場合、 a)構造に影響を与えるような地盤の液状化を許容しない b)構造部材の応答が弾性限界内、たわみ率が許容値内 ハ)構造物が調節池の場合、 a)構造に影響を与えるような地盤の液状化を許容しない b)堤体がすべり破壊を生じない	共同溝	①構造に影響を与えるような地盤の液状化を許容しない	消防水利施設	②構造の損傷を許容しない	場周柵	①倒壊を許容しない	ブラストフェンス		航空保安施設用地	①構造に影響を与えるような地盤の液状化を許容しない	その他空港施設用地	②護岸、高盛土を含む場合は継続的な使用に影響を及ぼす変位を許容しない	進入灯橋梁	①損傷を許容しない	<p>項目を追加</p>
施 設	設計限界値の例																																							
道路・駐車場 ^{※1}	イ)当該施設が地下構造物の場合、 a)構造に影響を与えるような地盤の液状化を許容しない b)損傷を許容しない ロ)当該施設が橋梁の場合、 a)損傷を許容しない																																							
排水施設	イ)構造物がボックスカルバート、剛性管、マンホールの場合、 a)構造に影響を与えるような地盤の液状化を許容しない b)構造部材の応答が弾性限界内 ロ)構造物がとう性管の場合、 a)構造に影響を与えるような地盤の液状化を許容しない b)構造部材の応答が弾性限界内、たわみ率が許容値内 ハ)構造物が調節池の場合、 a)構造に影響を与えるような地盤の液状化を許容しない b)堤体がすべり破壊を生じない																																							
共同溝	①構造に影響を与えるような地盤の液状化を許容しない																																							
消防水利施設	②構造の損傷を許容しない																																							
場周柵	①倒壊を許容しない																																							
ブラストフェンス																																								
航空保安施設用地	①構造に影響を与えるような地盤の液状化を許容しない																																							
その他空港 設用地	②護岸、高盛土を含む場合は継続的な使用に影響を及ぼす変位を許容しない																																							
施 設	設計限界値の例																																							
道路・駐車場 ^{※1}	イ)当該施設が地下構造物の場合、 a)構造に影響を与えるような地盤の液状化を許容しない b)損傷を許容しない ロ)当該施設が橋梁の場合、 a)損傷を許容しない																																							
排水施設	イ)構造物がボックスカルバート、剛性管、マンホールの場合、 a)構造に影響を与えるような地盤の液状化を許容しない b)構造部材の応答が弾性限界内 ロ)構造物がとう性管の場合、 a)構造に影響を与えるような地盤の液状化を許容しない b)構造部材の応答が弾性限界内、たわみ率が許容値内 ハ)構造物が調節池の場合、 a)構造に影響を与えるような地盤の液状化を許容しない b)堤体がすべり破壊を生じない																																							
共同溝	①構造に影響を与えるような地盤の液状化を許容しない																																							
消防水利施設	②構造の損傷を許容しない																																							
場周柵	①倒壊を許容しない																																							
ブラストフェンス																																								
航空保安施設用地	①構造に影響を与えるような地盤の液状化を許容しない																																							
その他空港施設用地	②護岸、高盛土を含む場合は継続的な使用に影響を及ぼす変位を許容しない																																							
進入灯橋梁	①損傷を許容しない																																							

現 行			改 訂			備 考
p. 11 表-3.4 レベル2地震動に対する付帯施設および空港用地の設計限界値の例			p. 11 表-3.4 レベル2地震動に対する付帯施設および空港用地の設計限界値の例			
表-3.4 レベル2地震動に対する付帯施設および空港用地の設計限界値の例			表-3.4 レベル2地震動に対する付帯施設および空港用地の設計限界値の例			
		大規模 震発生後に 要とされる輸送形態				
施 設	固定翼機による 旅客輸送	固定翼機による 緊急物資輸送	回転翼機による 緊急物資輸送	施 設	固定翼機による 旅客輸送	固定翼機による 緊急物資輸送
道路・駐車場	イ) 当該施設が地下構造物の場合、 a) 構造物の浮上りや損傷に影響を与える地盤の液状化は許容しない b) 人命、財産または社会的経済活動に重大な影響を及ぼすおそれのある場合には、ひび割れの修復等短期間で補修できる程度の損傷 c) 上記以外の地下道については、構造の安定に重大な影響を及ぼさない程度の損傷 ロ) 当該施設が橋梁の場合、 a) 人命、財産または社会的経済活動に重大な影響を及ぼすおそれのある場合 (B種の橋相当) については、速やかに機能を回復できる程度の限定的な損傷 b) 上記以外の橋梁 (A種の橋相当) については、構造の安定に重大な影響を及ぼさない程度の損傷			道路・駐車場	イ) 当該施設が地下構造物の場合、 a) 構造物の浮上りや損傷に影響を与える地盤の液状化は許容しない b) 人命、財産または社会的経済活動に重大な影響を及ぼすおそれのある場合には、ひび割れの修復等短期間で補修できる程度の損傷 c) 上記以外の地下道については、構造の安定に重大な影響を及ぼさない程度の損傷 ロ) 当該施設が橋梁の場合、 a) 人命、財産または社会的経済活動に重大な影響を及ぼすおそれのある場合 (B種の橋相当) については、速やかに機能を回復できる程度の限定的な損傷 b) 上記以外の橋梁 (A種の橋相当) については、構造の安定に重大な影響を及ぼさない程度の損傷	
排水施設	ボックスカルバート	①構造物の浮上りや損傷に影響を与える地盤の液状化は許容しない ②構造部材の応答が保有断面耐力以下	—	ボックスカルバート	①構造物の浮上りや損傷に影響を与える地盤の液状化は許容しない ②構造部材の応答が保有断面耐力以下	—
	剛性管渠	①構造物の浮上りや損傷に影響を与える地盤の液状化は許容しない ②構造部材の応答が保有断面耐力以下。継手部の変形は、水密性保持が可能な範囲内		剛性管渠	①構造物の浮上りや損傷に影響を与える地盤の液状化は許容しない ②構造部材の応答が保有断面耐力以下。継手部の変形は、水密性保持が可能な範囲内	
	とう性管渠	①構造物の浮上りや損傷に影響を与える地盤の液状化は許容しない ②構造部材の応答が保有断面耐力以下。継手部の変形は、水密性保持が可能な範囲内		とう性管渠	①構造物の浮上りや損傷に影響を与える地盤の液状化は許容しない ②構造部材の応答が保有断面耐力以下。継手部の変形は、水密性保持が可能な範囲内	
	マンホール	①構造物の浮上りや損傷に影響を与える地盤の液状化は許容しない ②構造部材の応答が保有断面耐力以下。管渠との接続部の変形は、水密性保持が可能な範囲内		マンホール	①構造物の浮上りや損傷に影響を与える地盤の液状化は許容しない ②構造部材の応答が保有断面耐力以下。管渠との接続部の変形は、水密性保持が可能な範囲内	
	調節池	①地盤の液状化は許容する ②調節池の機能を速やかに補修できる程度の損傷や変形		調節池	①地盤の液状化は許容する ②調節池の機能を速やかに補修できる程度の損傷や変形	
共同溝	①構造物の浮上りや損傷に影響を与える地盤の液状化は許容しない ②ひび割れの修復等短期間で補修できる程度の損傷			共同溝	①構造物の浮上りや損傷に影響を与える地盤の液状化は許容しない ②ひび割れの修復等短期間で補修できる程度の損傷	
消 水利施設	①構造物の浮上りや損傷に影響を与える地盤の液状化は許容しない ②ひび割れの修復等短期間で補修できる程度の損傷		—	消 水利施設	①構造物の浮上りや損傷に影響を与える地盤の液状化は許容しない ②ひび割れの修復等短期間で補修できる程度の損傷	
場周柵	—			場周柵	—	
ブラストフェンス	イ) ブラストフェンスの倒壊が人命に影響を与える場合、 a) 倒壊を許容しない			ブラストフェンス	イ) ブラストフェンスの倒壊が人命に影響を与える場合、 a) 倒壊を許容しない	
航空保安施設用地	イ) ILS等の設置位置では、 a) 地盤の液状化を許容しない b) 短期間で ILS を補修できる程度の変形 ロ) ILS等の設置位置以外 ^{*1} では、 a) 地盤の液状化は許容する b) 短期間で整地できる程度の変形	①護岸、高盛土の全体系が崩壊するような変形を許容しない		航空保安施設用地	イ) ILS等の設置位置では、 a) 地盤の液状化を許容しない b) 短期間で ILS を補修できる程度の変形 ロ) ILS等の設置位置以外 ^{*1} では、 a) 地盤の液状化は許容する b) 短期間で整地できる程度の変形	①護岸、高盛土の全体系が崩壊するような変形を許容しない
その他空港施設用地	①護岸、高盛土の全体系が崩壊するような変形を許容しない ^{*2}			その他空港施設用地	①護岸、高盛土の全体系が崩壊するような変形を許容しない ^{*2}	
	進入灯橋梁	イ) 人命、財産に重大な影響を及ぼすおそ		進入灯橋梁	イ) 人命、財産に重大な影響を及ぼすおそ	
		—			—	
			項目を追加			

現 行	改 訂		備 考
<p>※1 ILS 設置位置周辺の地盤の変形によって ILS が倒壊・傾斜する可能性がある場合は、周辺の地盤に対しても短期間で ILS を修復できる程度の変形にとどめる必要がある。</p> <p>※2 その他空港施設用地のうち、燃料供給施設用地を設置している地盤等、当該用地に整備する施設が特に重要である場合は、地盤の液状化を許容しないことや地盤の変形を短期間で補修できる程度にとどめる必要がある。</p>		<p>れのある場合、構造の安定に重大な影響を及ぼさない程度の損傷^{※3}</p> <p>ロ) 空港の機能確保が必要で、その機能確保に進入灯が必要な場合、短期間で補修できる程度の損傷^{※3}</p>	<p>項目を追加</p>
	<p>※1 ILS 設置位置周辺の地盤の変形によって ILS が倒壊・傾斜する可能性がある場合は、周辺の地盤に対しても短期間で ILS を修復できる程度の変形にとどめる必要がある。</p> <p>※2 その他空港施設用地のうち、燃料供給施設用地を設置している地盤等、当該用地に整備する施設が特に重要である場合は、地盤の液状化を許容しないことや地盤の変形を短期間で補修できる程度にとどめる必要がある。</p> <p>※3 イ) およびロ) の場合、落橋防止システムの設置は有効である。</p>		

現 行

p. 15 表-3.5 耐震解析手法の例

表-3.5 耐震解析手法の例

対象施設	レベル1地震動	レベル2地震動
地 盤 (滑走路、誘導路、エプロン、過走帯、着陸帯、滑走路端安全区域、誘導路帯)	<通常の地盤> ・等価線形解析法 <軟弱な地盤> ・動的解析法(非線形有効応力地震応答解析法)	・動的解析法(非線形有効応力地震応答解析法)
一般構造物 (GSE 通行帯、道路・駐車場、排水施設、共同溝、消防水利施設、場周柵、プラスチック)	・動的解析法(線形時刻歴応答解析法) ・応答スペクトル法 ・応答変位法 ・震度法 ^{※1}	<橋梁等・坑土圧構造物> ・動的解析法(非線形有効応力地震応答解析法) ・地震時保有水平耐力法 <基礎構造物・地下構造物> ・応答変位法 ・静的2次元FEM解析法 ・動的解析法(非線形有効応力地震応答解析法)
土構造物 (高盛土(航空保安施設用地、その他空港施設用地)、調節池(排水施設))	・震度法 ^{※1} (円弧すべり解析)	・ニューマーク法 ・動的解析法(非線形有効応力地震応答解析法)

※1 地盤が液状化する場合震度法を用いてはならない。

改 訂

p. 15 表-3.5 耐震解析手法の例

表-3.5 耐震解析手法の例

対象施設	レベル1地震動	レベル2地震動
地 盤 (滑走路、誘導路、エプロン、過走帯、着陸帯、滑走路端安全区域、誘導路帯)	<通常の地盤> ・等価線形解析法 <軟弱な地盤> ・動的解析法(非線形有効応力地震応答解析法)	・動的解析法(非線形有効応力地震応答解析法)
一般構造物 (GSE 通行帯、道路・駐車場、排水施設、共同溝、消防水利施設、場周柵、プラスチック、 進入灯橋梁)	・動的解析法(線形時刻歴応答解析法) ・応答スペクトル法 ・応答変位法 ・震度法 ^{※1}	<橋梁等・坑土圧構造物> ・動的解析法(非線形有効応力地震応答解析法) ・地震時保有水平耐力法 <基礎構造物・地下構造物> ・応答変位法 ・静的2次元FEM解析法 ・動的解析法(非線形有効応力地震応答解析法)
土構造物 (高盛土(航空保安施設用地、その他空港施設用地)、調節池(排水施設))	・震度法 ^{※1} (円弧すべり解析)	・ニューマーク法 ・動的解析法(非線形有効応力地震応答解析法)

※1 地盤が液状化する場合震度法を用いてはならない。

備 考

進入灯橋梁を追加

現 行	改 訂	備 考																																		
<p>p. 付 7 表-付 2.1 耐震解析手法の例</p> <p style="text-align: center;">表-付 2.1 構造物の地震応答解析法</p> <table border="1" data-bbox="157 323 1166 810"> <thead> <tr> <th colspan="2">対象施設</th> <th>解析法</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="6">一般構造物</td> <td rowspan="4">地 上 (GSE 通行帯、道路・駐 車場、場周柵、プラスト フェンス)</td> <td>震度法</td> </tr> <tr> <td>応答スペクトル法</td> </tr> <tr> <td>地震時保有水平耐力法</td> </tr> <tr> <td>動的解析法 (線形時刻歴応答解析法)</td> </tr> <tr> <td>動的解析法 (非線形時刻歴応答解析法)</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">地 下 (GSE 通行帯、道路・駐 車場、排水施設、共同溝、 消防水利施設)</td> <td>応答変位法</td> </tr> <tr> <td>擬似静的 2 次元 FEM 解析法</td> </tr> <tr> <td rowspan="3">土 構 造 物 (高盛土 (航空保安施設用地、その他空 港施設用地)、調節池 (排水施設))</td> <td>震度法 (円弧すべり解析)</td> </tr> <tr> <td>ニューマーク法</td> </tr> <tr> <td>動的解析法 (非線形時刻歴応答解析法)</td> </tr> </tbody> </table>	対象施設		解析法	一般構造物	地 上 (GSE 通行帯、道路・駐 車場、場周柵、プラスト フェンス)	震度法	応答スペクトル法	地震時保有水平耐力法	動的解析法 (線形時刻歴応答解析法)	動的解析法 (非線形時刻歴応答解析法)	地 下 (GSE 通行帯、道路・駐 車場、排水施設、共同溝、 消防水利施設)	応答変位法	擬似静的 2 次元 FEM 解析法	土 構 造 物 (高盛土 (航空保安施設用地、その他空 港施設用地)、調節池 (排水施設))	震度法 (円弧すべり解析)	ニューマーク法	動的解析法 (非線形時刻歴応答解析法)	<p>p. 付 7 表-付 2.1 耐震解析手法の例</p> <p style="text-align: center;">表-付 2.1 構造物の地震応答解析法</p> <table border="1" data-bbox="1314 323 2323 810"> <thead> <tr> <th colspan="2">対象施設</th> <th>解析法</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="6">一般構造物</td> <td rowspan="4">地 上 (GSE 通行帯、道路・駐 車場、場周柵、プラスト フェンス、進入灯橋梁)</td> <td>震度法</td> </tr> <tr> <td>応答スペクトル法</td> </tr> <tr> <td>地震時保有水平耐力法</td> </tr> <tr> <td>動的解析法 (線形時刻歴応答解析法)</td> </tr> <tr> <td>動的解析法 (非線形時刻歴応答解析法)</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">地 下 (GSE 通行帯、道路・駐 車場、排水施設、共同溝、 消防水利施設)</td> <td>応答変位法</td> </tr> <tr> <td>擬似静的 2 次元 FEM 解析法</td> </tr> <tr> <td rowspan="3">土 構 造 物 (高盛土 (航空保安施設用地、その他空 港施設用地)、調節池 (排水施設))</td> <td>震度法 (円弧すべり解析)</td> </tr> <tr> <td>ニューマーク法</td> </tr> <tr> <td>動的解析法 (非線形時刻歴応答解析法)</td> </tr> </tbody> </table>	対象施設		解析法	一般構造物	地 上 (GSE 通行帯、道路・駐 車場、場周柵、プラスト フェンス、 進入灯橋梁)	震度法	応答スペクトル法	地震時保有水平耐力法	動的解析法 (線形時刻歴応答解析法)	動的解析法 (非線形時刻歴応答解析法)	地 下 (GSE 通行帯、道路・駐 車場、排水施設、共同溝、 消防水利施設)	応答変位法	擬似静的 2 次元 FEM 解析法	土 構 造 物 (高盛土 (航空保安施設用地、その他空 港施設用地)、調節池 (排水施設))	震度法 (円弧すべり解析)	ニューマーク法	動的解析法 (非線形時刻歴応答解析法)	<p style="text-align: center;">進入灯橋梁を追加</p>
対象施設		解析法																																		
一般構造物	地 上 (GSE 通行帯、道路・駐 車場、場周柵、プラスト フェンス)	震度法																																		
		応答スペクトル法																																		
		地震時保有水平耐力法																																		
		動的解析法 (線形時刻歴応答解析法)																																		
	動的解析法 (非線形時刻歴応答解析法)																																			
	地 下 (GSE 通行帯、道路・駐 車場、排水施設、共同溝、 消防水利施設)	応答変位法																																		
擬似静的 2 次元 FEM 解析法																																				
土 構 造 物 (高盛土 (航空保安施設用地、その他空 港施設用地)、調節池 (排水施設))	震度法 (円弧すべり解析)																																			
	ニューマーク法																																			
	動的解析法 (非線形時刻歴応答解析法)																																			
対象施設		解析法																																		
一般構造物	地 上 (GSE 通行帯、道路・駐 車場、場周柵、プラスト フェンス、 進入灯橋梁)	震度法																																		
		応答スペクトル法																																		
		地震時保有水平耐力法																																		
		動的解析法 (線形時刻歴応答解析法)																																		
	動的解析法 (非線形時刻歴応答解析法)																																			
	地 下 (GSE 通行帯、道路・駐 車場、排水施設、共同溝、 消防水利施設)	応答変位法																																		
擬似静的 2 次元 FEM 解析法																																				
土 構 造 物 (高盛土 (航空保安施設用地、その他空 港施設用地)、調節池 (排水施設))	震度法 (円弧すべり解析)																																			
	ニューマーク法																																			
	動的解析法 (非線形時刻歴応答解析法)																																			


付録-6. 二次元地盤の有効応力解析と橋梁構造の弾塑性解析を組み合わせた解析法の例

本付録では、レベル 2 地震時に周辺地盤の変位の影響を受ける橋梁構造の耐震照査法の概要を示す。ここでは、進入灯橋梁を対象に説明するが、解析法は杭基礎や杭式栈橋などに応用できる。

6.1 進入灯橋梁の構造および設置状況

進入灯橋梁の橋梁形式は、設置される空港が海上空港か、または山岳空港かによって大きく 2 つに分けることができる。表-付 6.1 に進入灯橋梁の設置状況と地震時に進入灯橋梁が受ける影響を空港形式毎に分けて示す。

表-付 6.1 進入灯橋梁の設置状況と地震時の影響要因

<p>①海上空港</p>
<p>設置状況：護岸に接続</p> 
<p>影響要因</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 橋梁の地震時慣性力 2. 海水の動水圧 3. 地盤変位（海底地盤の液状化による流動変位など） 4. 護岸変位（埋立土，置換砂の液状化による起因する変位など）
<p>②山岳空港</p>
<p>設置状況：高盛土に接続</p> 
<p>影響要因</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 橋梁の地震時慣性力 2. 地盤変位（高盛土の変位など）

海上空港に設置される進入灯橋梁は、海上の空港島の護岸に橋台を設け、海上に伸び出しており、橋脚の基礎地盤は軟弱な海成堆積層となっていることが少なくない。また、フーチングを設けないで橋脚と基礎杭が一体となったパイルベントやジャケットを含む多柱式基礎となっている例が多い。地震時には護岸から海底にかけて液状化に伴う地盤流動が発生するリスクを抱えている。

一方、山岳空港に設置される進入灯橋梁は、盛土の肩部に橋台を設け、盛土斜面から法先に橋脚を設置する構造となっている。盛土は高盛土となっていることが多く、橋脚の高さが大きく変化する。橋脚はトレスル構造が用いられ、基礎形式は杭基礎あるいは深礎杭となっている例が多い。基礎地盤となっている盛土の地震時の安定が、進入灯橋梁の耐震性能の確保の前提条件となる。

6.2 地震時挙動

過去に進入灯橋梁が地震による被害を受けた事例はほとんど無い。したがって、ここでは数値解析によって予測した進入灯橋梁の地震時挙動を示す。

前述のように海上空港であれば護岸、山岳空港であれば高盛土に橋台を設け、そこから張り出す形で進入灯橋梁は設置される。それゆえ、進入灯橋梁の地震時挙動は高盛土、護岸および周辺地盤の変位の影響を受ける。図-付 6.1 および図-付 6.2 に、それぞれ地震時に海上空港に設置された進入灯橋梁の被災する主な要因および被災例を示す。

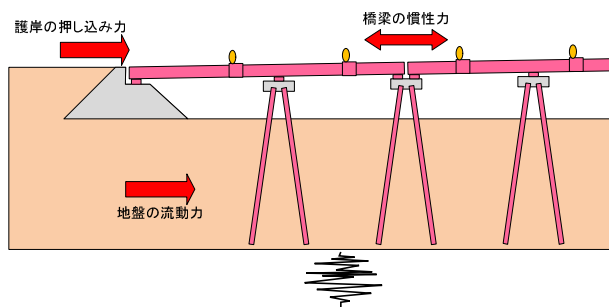


図-付 6.1 被災する主な要因

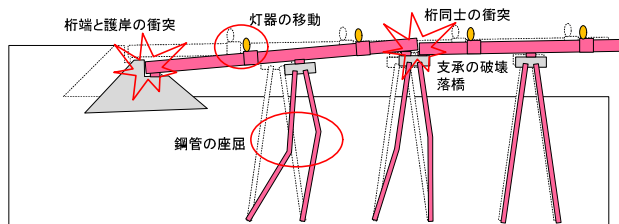


図-付 6.2 被災例

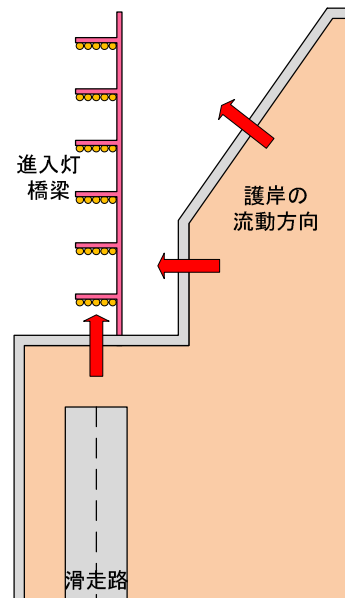


図-付 6.3 多方向からの影響
(平面図)

多くの護岸は、レベル 2 地震時には基礎地盤の塑性化や液状化により大きく海側に変位すると考えられる。進入灯橋梁は護岸上の橋台に設置されている場合が多く、橋台に押されるように護岸とともに変位する。また、護岸より深いところにおいても、地盤が海側へ流動しようとするので、海底面より深いところで鋼管杭などの基礎が被害を受ける。また、**図-付 6.3** に示すように進入灯橋梁の設置位置によっては、多方向からの護岸やその周辺地盤の影響を受ける。

このように、周辺地盤の変位の影響が大きいと予想される場合は、進入灯橋梁自身の慣性力とあわせて地盤変位の影響評価が必要である。

6.3 解析手法

構造物の基礎と地盤との相互作用を考慮した解析手法として、様々な方法が提案されている¹⁾。ここでは、地震時において基礎地盤の軟化（液状化を含む）による地盤変位、橋梁構造の非線形特性を考慮できる解析手法の概要を示す。

前述の地盤変位の影響を考慮するため、進入灯橋梁の耐震性能照査は、上部構造（桁）、橋脚、基礎まで含めた橋梁全体系で実施する必要がある。また、慣性力と地盤変位の作用は一般に位相が異なることが多いため、静的解析でなく動的解析を用いることが望ましい。橋梁全体系を対象とした動的解析による照査法として、次の 2 つの方法が考えられる。

① 一体モデル

地盤と橋梁が一体の有限要素モデルで耐震性能を照査する方法である。**図-付 6.4** に解析モデルの概略を示す。地震時における地盤の挙動を精度良く求める場合、複雑な地盤の構成モデルを用いる必要がある。一般的に、このような地盤の構成モデルは 2 次元平面モデルのみ利用可能で、解析プログラムも 2 次元モデルに限られる場合も多く、一体モデルとすれば橋梁も 2 次元のモデルとなる。それゆえ、平面的な挙動のみ表現可能で橋軸直角方向の照査はできない。

地盤と杭の節点を同一とすると杭は壁のような挙動となり、地盤が杭間をすり抜ける挙動を表現することができない。それゆえ、地盤と杭の間には相互作用ばねを設けることが望ましい。

② 分離モデル（多入力解析）

地盤だけの地震応答解析より進入灯橋梁の基礎位置の応答を求め、基盤の加速度とあわせて橋梁と基礎をモデル化した骨組みモデルへ入力する方法である。入力地盤ばねを介してされるが、地盤ばねの位置によって地盤応答は異なるため、解析では地盤ばね毎に、予め求めた地盤応答を入力することになり、それゆえ多入力解析²⁾と呼ばれている（多入力モデル、多点入力とも呼ばれる）。

この方法では、**図-付 6.5** に示すように地盤と橋梁を分けて解析することができる。例えば、地盤は港湾構造物を対象とした有効応力解析で広く用いられている FLIP³⁾（付

-1.3 参照), 橋梁は道路橋を対象とした非線形動的解析で広く用いられている TDAPⅢ⁴⁾と, それぞれの解析分野で得意な解析プログラムを分けて用いることができる。また, 先の一体解析では地盤の解析にあわせて橋梁も 2 次元モデルとなるが, 多入力では地盤は 2 次元, 橋梁は 3 次元モデルとすることができ, 複雑な橋梁の 3 次元動的挙動を求めることができる。

また, 橋軸方向に対する地盤の応答や地震波を用いれば, 同一の 3 次元骨組みモデルで橋軸直角方向の照査も可能である。さらに, あらかじめ水平 2 方向の地盤応答を求め, 橋梁モデルに入力すること 図-付 6.3 に示す, 水平 2 方向の地盤変位の影響を考慮した解析も可能である。

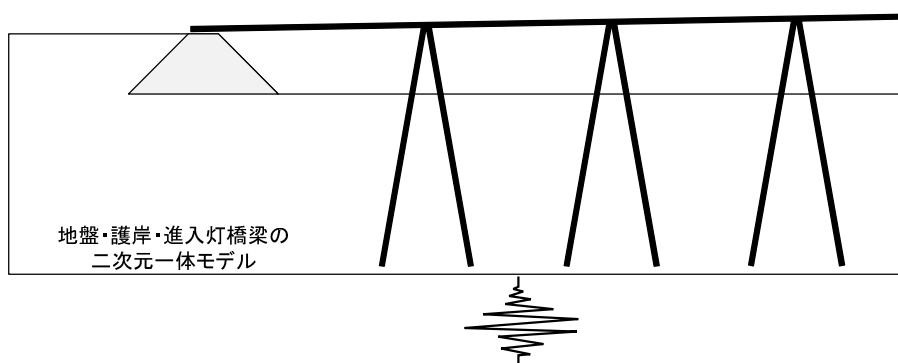


図-付 6.4 地盤・橋梁一体モデル

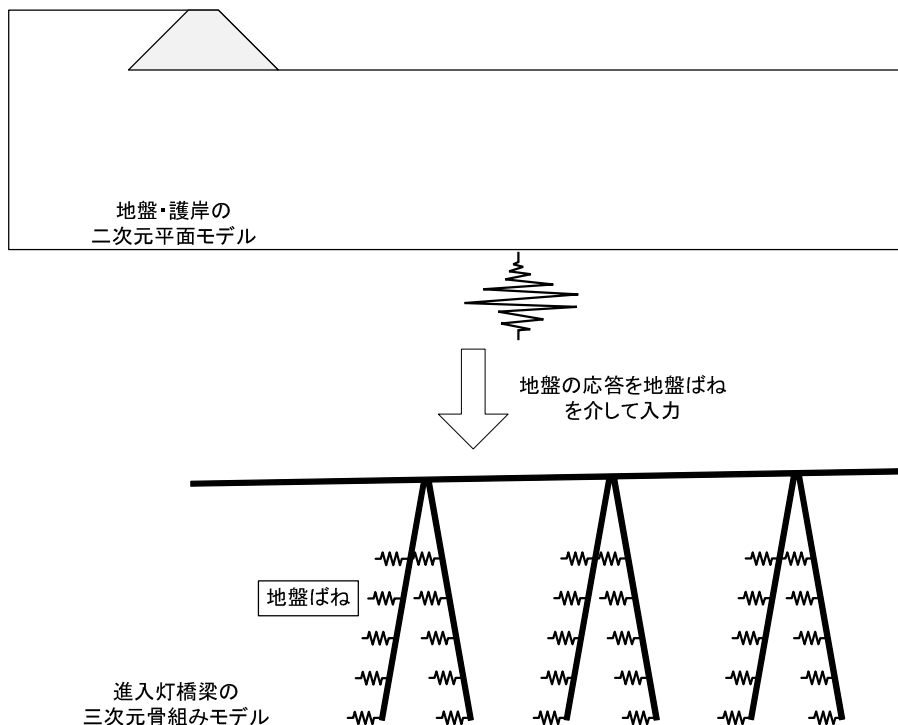


図-付 6.5 地盤・橋梁分離モデル（多入力解析）

付録-6 参考文献

- 1) 日本地震工学会 (2007): 基礎と地盤の動的相互作用を考慮した耐震設計ガイドライン (案), 基礎-地盤系の動的応答と耐震設計法に関する研究委員会報告, 164pp.
- 2) 田中勉, 吉田望, 亀岡裕行, 長谷川豊: 地中構造物の多入力解析, 第38回土木学会年次学術講演会講演概要集, 第1部, pp.49-50, 1983.
- 3) S. Iai, Y. Matsunaga and T. Kameoka: Parameter Identification for a Cyclic Mobility Model, Rep. of the Port and Harbour Res. Inst., Vol.29, No.4, pp.57-83, 1990.
- 4) アーク情報システム: TDAPIII理論説明書 バージョン3.00, 2007.