

農業集落排水施設における
耐震対策の手引き(案)

平成28年4月

農林水産省農村振興局整備部地域整備課

目 次

はじめに

第1章 污水处理施設の一般事項

- 1.1 手引きの目的 1-1
- 1.2 用語の定義 1-3
- 1.3 農業集落排水施設の特徴 1-4
- 1.4 東日本大震災等の被災状況 1-5

第2章 污水处理施設の耐震設計手法の基本的な考え方

- 2.1 設計一般 2-1
 - (1) 污水处理施設の耐震設計について 2-1
 - (2) 耐震設計の変遷 2-2
 - 参考：関係基準の耐震設計手法の変遷 2-6
- 2.2 耐震設計に用いる地震動 2-7
 - (1) 基本的な考え方 2-7
 - (2) 地震動のレベル 2-7
 - (3) 適用する設計地震動 2-8
- 2.3 施設の重要度区分 2-9
- 2.4 保持すべき耐震性能 2-11
 - (1) 耐震性能の設定 2-11
 - (2) 地震動と重要度区分の組み合わせと耐震性能 2-11
 - (3) 施設ごとの耐震性能照査項目 2-12
- 2.5 部材の限界状態と照査の基本 2-13
 - (1) 耐震性能と対応する部材の損傷度 2-13
 - (2) 部材の限界状態 2-14
 - (3) 照査項目 2-14

第3章 污水处理施設の耐震診断

- 3.1 耐震診断の目的 3-1
- 3.2 耐震診断の手順 3-1
- 3.3 耐震診断の調査 3-5
- 3.4 一次診断 3-8
- 3.5 二次診断 3-11

第4章 汚水処理施設の耐震対策

4.1 耐震対策の基本的な方針	4-1
(1)耐震性能（補強）レベル	4-1
(2)耐震補強における留意点	4-2
(3)時間軸を考慮した耐震対策	4-2
4.2 確保すべき機能	4-4
4.3 確保すべき機能等の対策	4-5
(1)汚水の流下機能の確保	4-5
(2)消毒機能の確保	4-6
4.4 耐震補強等の工法選定	4-9
(1)工法選択方法	4-9
(2)一般的な耐震補強工法	4-9
(3)類似施設の耐震補強工法	4-10
4.5 土木・建築構造物耐震補強（工法例）	4-11
(1)処理水槽等の土木構造物	4-11
(2)基礎部（直接基礎）	4-12
(3)基礎部（杭基礎）	4-13
(4)建屋等の建築構造物	4-14
4.6 地盤耐震補強等（液状化対策）	4-15
(1)液状化対策	4-15
(2)液状化の発生条件と対応策	4-17
(3)既設構造物の制約と耐震補強等	4-19

第5章 その他（管路、機械・電気設備）の耐震対策

5.1 機械・電気設備耐震補強等	5-1
(1)機械・電気設備の被害状況	5-1
(2)機械・電気設備の耐震補強等	5-1
5.2 管路施設の耐震補強等	5-5
(1)新規管路施設（管路）整備の耐震対策	5-5
(2)既設管路施設（管路）の耐震対策	5-6
(3)管路施設の耐震補強	5-6
(4)埋戻地盤（埋戻し土及び周辺地盤）の耐震補強	5-6
(5)管路構造物（管本体）の耐震補強等	5-10
(6)人孔の耐震補強等の手法	5-13
(7)中継ポンプの耐震補強等	5-15

第6章 耐震補強等の例

6.1 耐震補強例	6-1
6.2 地震被災と対策例	6-8

参考資料

引用文献、参考文献等	参-1
------------	-----

はじめに

農業集落排水施設は、昭和58年度に単独の補助事業として制度化され、農業用水の水質保全や農村生活環境の改善を図るための重要な農村インフラとして、現在までに全国約5,100地区で稼働しています。

農業集落排水施設を含めたインフラ施設の強靱化については、平成25年12月11日に施行された、「強くしなやかな国民生活の実現を図るための防災・減災等に資する国土強靱化基本法」にもとづき、国土強靱化に関する施策を総合的かつ計画的に図るための国の計画等の指針となるべきものとして、平成26年6月3日に「国土強靱化基本計画」が閣議決定され、示されたところである。

国土強靱化基本計画におけるプログラムごとの脆弱性評価の結果、起きてはならない最悪の事態として「汚水処理施設等の長期間にわたる機能停止」が位置づけられ、農業集落排水施設に関しては、「農業集落排水施設の老朽化に対する機能診断は約4割（H25）であり、機能診断を速やかに実施し、これに基づく老朽化対策、耐震化を着実に推進する必要がある。」とされていることから、農業集落排水施設についても耐震化の取り組みを着実に推進していく必要があります。

農業集落排水施設の耐震設計の考え方は、農業集落排水施設設計指針が随時見直される中、平成19年の農業集落排水施設設計指針において、施設の重要度に応じて必要な耐震性能を確保することとなっています。

しかしながら、既存施設の耐震診断及びその結果に基づいた耐震補強の実例が少ないことから、市町村においては、具体的な耐震化への取り組みに苦慮しています。

このため、有識者で構成される農業集落排水施設耐震補強等検討委員会を設置し、委員より専門的見地からの助言・指導のもと農業集落排水施設設計指針の改訂の変遷や農業集落排水施設の特長等を踏まえつつ、下水道施設や揚排水機場などの類似施設における耐震診断の手法や耐震補強手法等を参考に、市町村における耐震補強等の対策検討の参考資料として「農業集落排水施設における耐震対策の手引き（案）」を作成しました。

本手引きが、農業集落排水施設を管理する市町村の円滑な耐震診断や耐震補強等の耐震化推進の一助となることを期待いたします。

平成28年3月

農業集落排水施設耐震補強等検討委員会

委 員 名 簿

○ 委員長

中曽根 英雄 茨城大学 農学部 名誉教授

○ 委員（五十音順）

太田 賀久 青森県 農林水産部 農村整備課
主幹

齊藤 靖 埼玉県土地改良事業団体連合会 事業課
集落排水担当課長

義嶋 毅士 山口県土地改良事業団体連合会 事業部事業第1課
課長

吉田 公孝 京玉コンサルタンツ株式会社
環境・水ソリューション事業部 部長

第1章 污水处理施設の一般事項

1.1 手引きの目的

農業集落排水施設（以下「集落排水施設」という。）は、農村地域における重要な農村インフラであり、国土強靱化基本計画に位置づけられた耐震化を着実に推進することが重要である。

農業集落排水施設における耐震対策の手引き（以下「手引き」という。）は、集落排水施設を管理する市町村等が、速やかに耐震対策へ着手できるように、污水处理施設を中心に耐震設計の基本的な考え方を示すとともに、農業集落排水施設設計指針改定の変遷や施設の特長等を踏まえた、耐震診断の手法や耐震補強対策等を示すものである。

〔解説〕

集落排水施設は、農村集落において生じるし尿、生活雑排水などの污水等を処理して農業用排水の水質汚濁を防止し、農村地域の健全な水循環に資するとともに、農村の基礎的な生活環境の向上を図る目的で設置される。また、処理水の農業用水への再利用や汚泥の農地還元を行うことにより、農業の特質を生かした環境への負荷の少ない循環型社会の構築に貢献するなど、農村地域において重要な農村インフラであり、これまでに全国で約5,100地区の整備が進んでいる。

また、集落排水施設を含む污水处理施設は、平成26年6月3日に閣議決定された国土強靱化基本計画において、起きてはならない最悪の事態として「污水处理施設等の長期間にわたる機能停止」が位置づけられ、集落排水施設においては、「老朽化に対する機能診断は約4割（H25）であり、機能診断を速やかに実施し、これに基づく老朽化対策、耐震化を着実に推進する必要がある」とされ、速やかな対応が求められているところである。（次頁（参考）国土強靱化計画への取組 参照）

集落排水施設を管理する市町村等は、国土強靱化基本計画に基づき、集落排水施設の耐震化を推進するため、まず、施設が求められる耐震性能を有しているかを確認する耐震診断を実施し、耐震性能が不足する場合は必要な補強等を行う対策を実施する必要がある。しかしながら、耐震診断の手法や診断後の対応が分かりづらいため、耐震化の入り口である耐震診断も進捗していない状況である。

そのような中で、市町村等が速やかに耐震化に着手できるように、污水处理施設を中心に（管路については「農業集落排水施設震災対応の手引き（平成25年3月）」を参照）、農業集落排水施設設計指針改訂の変遷や集落排水施設の特長等を踏まえ、耐震診断の手法や診断結果の取扱い等を明確化するとともに、下水道施設や揚排水機場などの類似施設における耐震補強手法等を取りまとめ、具体的な耐震補強手法等を示した手引きを策定するものである。

(参考) 国土強靱化計画への取組

○国土強靱化基本計画(平成26年6月3日閣議決定)

脆弱性評価を踏まえて、強靱な国作りのためのいわば処方箋を示したもの。国土強靱化に関する施策の総合的かつ計画的な推進を図るため、本計画以外の国土強靱化に関する国の計画等に指針となるべきものとして策定。

(別紙1) プログラムごとの脆弱性評価結果

6. 大規模自然災害発生後であっても、生活・経済活動に必要な最低限の電気、ガス、上下水道、燃料、交通ネットワーク等を確保するとともに、これらの早期復旧を図る。

6-3) 污水处理施設等の長期間にわたる機能停止

○農業集落排水施設の老朽化に対する機能診断は約4割(H25)であり、機能診断を速やかに実施し、これに基づく老朽化対策、耐震化を着実に推進する必要がある。

(重要業績指標)

【農水】農業集落排水施設の機能診断実施地区割合 4割(H25) ※重要業績指標は、プログラムの達成度や進捗を把握するため、指標とプログラム及び施策との関連性、指標の客観性等に着目し選定。

○国土強靱化アクションプラン2014(平成26年6月3日 国土強靱化推進本部決定)

国土強靱化計画の着実な推進を図るため、プログラムの進捗状況を府省庁横断的に管理するとともに、進捗を踏まえて、推進計画を策定・修正しつつ、プログラムごとに、向こう1年間取り組むべき具体的な個別施策を明らかにしたもの。

第3章 各プログラムの推進計画

6-3) 污水处理施設の長期間にわたる機能停止。

○農業集落排水施設の機能診断を速やかに実施し、これに基づく耐震化等を着実に推進する。

重要業績指標【農水】農業集落排水施設の機能診断実施地区割合 4割(H25) → 10割(H32)

第4章 プログラム推進のための主要施策

2 老朽化対策

○インフラ長寿命化基本計画(基本方針)に基づき、「インフラ長寿命化計画(行動計画)」の施策を推進する。

○インフラ長寿命化計画(行動計画)(平成26年8月19日 農林水産省 農村振興局策定)

平成25年11月「インフラ老朽化対策の推進に関する関係省庁連絡会議」が策定した「インフラ長寿命化基本計画」を踏まえ、農林水産省が所管するインフラの維持管理・更新等を着実に推進する中期的な取組の方向を示したもの。

施設別整理表(現状と課題、取組方針)

(4) 農業集落排水施設(農村振興局の取組方針)

施設管理者(市町村)において、平成32年までに老朽化(供用開始後20年を経過)に対する機能診断地区の割合が10割となるよう農山漁村地域整備交付金等による支援を継続するとともに、取組の参考となる情報について適宜提供する。

1.2 用語の定義

本手引きで用いる主な用語は、次のとおりである。

〔解説〕

用語	説明
耐震化	地震発生時においても、施設機能が発揮できるように構造物の耐震補強等を行う耐震対策の全般のことである。この中には、耐震補強等に向けた耐震診断も含まれる。
耐震対策	一般的には、地震発生時において施設機能が発揮できるようにするソフト・ハード両面の対策のことであるが、本手引きでは、耐震診断により、「耐震性能なし」と判定された施設に対して、耐震補強や更新（取り壊し＋新設）等の対策を検討・実施することとする。
耐震補強	地震発生時においても、施設機能が発揮できるように構造物に対して補強等を行うこととする。
耐震性能	構造物に要求される耐震設計の目標とする性能であり、施設の重要度により「健全性を損なわない」、「致命的な損傷を防止する」、「限定された損傷にとどめる」のいずれかの性能を設定する。
一次診断	耐震診断を行う場合の概略的な方法で、当時の準拠する基準に整合した耐震設計が行われているかを整備年度及び報告書等から診断する方法である。
二次診断	一次診断結果を受けて、詳細な検討を行う場合の診断方法である。具体的には、現構造物が、設定された重要度区分に応じて要求される耐震性能を満たしているかを照査するために行うものである。
汚水処理施設	管路施設を通じて流入するし尿、生活雑排水等の汚水を処理・分解し、公共水域に放流するための施設で、水槽等の土木構造物、建屋等の建築構造物、ポンプ・ブロー等の機械電気設備等により構成される。
管路施設	住居等から排出された汚水を集めて汚水処理施設に送り込むまでの流送施設で、管路をはじめ、人孔、中継ポンプ等の汚水を送水するために必要な施設により構成される。

1.3 農業集落排水施設の特徴

集落排水施設は、農村集落ごとにし尿・生活雑排水を処理する小規模分散型施設であり、集落から離れた場所に整備されることが多い。また、維持管理業者等が常駐しなくても稼働が可能といった維持管理が比較的容易な施設である等の特長がある。

[解説]

(1) 構造・設計位置の特長

集落排水施設は、農村集落におけるし尿、生活雑排水などの污水等を処理して農業用排水の水質汚濁を防止し、農村地域の健全な水循環に資するとともに、農村の基礎的な生活環境の向上を図る目的で設置される。また、処理水の農業用水への再利用や汚泥の農地還元を行うことにより、農業の特質を生かした環境への負荷の少ない循環型社会の構築に貢献することも併せて目的としている。

集落排水施設は、農村地域の集落を基本単位とする小規模な污水处理施設を分散立地（小規模分散処理）する方式であり、設置場所としてはし尿等の処理や処理水の放流等を考慮して、集落下流部や排水路沿い等に設置されている場合が多い。

また、集落排水施設の維持管理は、市町村による（専門技術者の配置、業者への委託等）巡回管理等により行われている。以上のことから、集落排水施設は、污水处理施設等に管理人が常駐する必要がなく、比較的維持管理が容易な施設である。

集落排水施設は、「浄化槽法」に基づく浄化槽との位置づけであり、その構造基準は「建築基準法」に規定されている。また、具体的な施設としては、管理室やブ

ロワ室等の建屋や污水处理を行う水槽等から構成されている。平成19年版設計指針にて、建屋については、建築基準法に基づいて設計を行い、水槽等については、土木学会基準に基づいて設計を行うと、規定している。

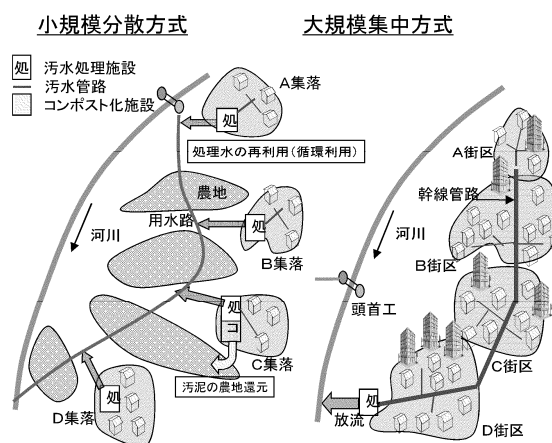


図 1-2-1 耐震診断実施状況

1.4 東日本大震災等の被災状況

汚水処理施設については、整備年度にかかわらず、東日本大震災をはじめこれまでの地震災害において機能を損なうような大きな被害を受けていない現状がある。

【解説】

近年、日本各地で震度 6 以上の大規模な地震が発生しており、各地で整備されている集落排水施設もそれらの震動を受けているところである。

東日本大震災を含む集落排水施設の被災状況(表 1-2-1 過去10年間における震度6以上の地震による農業集落排水施設の被災状況)を処理施設と管路に区分してみると、汚水処理施設は、過去10年間の地震で処理機能に影響を与えるような大きな被害を受けていない。一方、管路施設は、震度 5 以上の地震により、液状化を受けて管体の浮上等の被害が発生している。その範囲は、被災管路延長の割合で表すとほとんどが20%未満に留まっている。

集落排水施設の被災状況

区分	被災状況
汚水処理施設	- 過去10年間で14回の地震(震度 6 以上)により約370地区が被災し、そのうち処理施設の被害は110地区(津波被害を含む)。 - 処理施設の被害は、敷地内舗装の沈下・破損、機械・電気設備の故障・破損等であり、処理機能に影響するような大規模な損傷は確認されていない。(但し、東北地方太平洋沖地震により生じた津波被害では、機能喪失あり。)
管路施設	- 東北地方太平洋沖地震で震度 4 以上を記録した市町村内の集落排水施設は、1,962地区存在し、震度 5 強以上で管路施設の被害が発生しており、大半の被災原因は、地盤の液状化によるもの。 - 震度と被災の有無の割合は、震度 5 強で6.9%から震度 7 で57.1%と震度が高くなるほど、被災割合が高い。 - 被災した地区に存在した管路総延長に対する被災管路延長の割合のほとんどが20%未満であった。

表 1-2-1 過去10年間に於ける震度6以上の地震による農業集落排水施設の被災状況(1/2)

地震名	地震タイプ	被災の特徴	発生日	規模	最大震度	被災 ^{※1}		
						県名	地区数	うち汚水処理施設
宮城県沖地震	プレート型	—	H15 5.26	M7.1	6弱	—	0	0
宮城県北部地震	内陸直下型	・液状化による管路施設の被害が大半 ・汚水処理施設は敷地内舗装の沈下・破損等。機械・電気設備の故障・破損一部あり(処理機能に影響する大規模な損傷はなし)	H15 7.26	M6.4	6強	宮城県	8	4
十勝沖地震	プレート型	—	H15 9.26	M8.0	6弱	—	0	0
新潟県中越地震	内陸直下型	・液状化による管路施設の被害が大半 ・汚水処理施設は敷地内舗装の沈下・破損等。機械・電気設備の故障・破損一部あり(処理機能に影響する大規模な損傷はなし)	H16 10.23	M6.8	7	新潟県	60	5
福岡県西方沖地震	内陸直下型	—	H17 3.20	M7.0	6弱	—	0	0
宮城県沖地震	プレート型	—	H17 8.16	M7.2	6弱	—	0	0
能登半島地震	内陸直下型	・液状化による管路施設の被害が大半 ・汚水処理施設は敷地内舗装の沈下・破損等(処理機能に影響する大規模な損傷はなし)	H19 3.25	M6.9	6強	石川県	15	3
新潟県中越中地震	内陸直下型	・液状化による管路施設の被害が大半 ・汚水処理施設は敷地内舗装の沈下・破損等。機械・電気設備の破損一部あり(処理機能に影響する大規模な損傷はなし)	H19 7.16	M6.8	6強	新潟県	37	4
岩手・宮城内陸地震	内陸直下型	・地震動による管路の被害	H20 6.14	M7.2	6強	岩手県	2	0
岩手県沿岸北部地震	プレート型	—	H20 7.24	M6.8	6弱	—	0	0
駿河湾地震	プレート型	—	H21 8.11	M6.5	6弱	—	0	0
静岡県東部地震	内陸直下型	—	H23 3.15	M6.4	6強	—	0	0
東北地方 太平洋沖地震	プレート型	・液状化による管路施設の被害が大半 ・汚水処理施設は敷地内舗装の沈下・破損等。機械・電気設備の破損一部あり(処理機能に影響する大規模な損傷はなし) ・津波被害大(施設機能の喪失等の被害)	H23 3.11	M9.0	7	※2	244	94 ^{※3}
長野県北部地震	内陸直下型	・液状化による管路施設の被害が大半	H23 3.12	M6.7	6強	長野県 新潟県	8	0
計							374	110

※1 災害関連農村生活環境施設復旧事業により復旧を行っている地区を対象に整理。

※2 青森県、岩手県、宮城県、福島県、茨城県、栃木県、千葉県

※3 津波被災地区(17地区)を含む。

注) 兵庫県南部地震(H7.1.17 M7.3 最大震度7)では、集落排水施設に被災はない。

出典「農業集落排水施設震災対応の手引き」より抜粋

表 1-2-1 過去10年間に於ける震度6以上の地震による農業集落排水施設の被災状況(2/2)

震 度	土 木 施 設	建 築 物	機 械 設 備	電 気 設 備
5弱 【2】	・外構資材の破損 【2】	—	・上澄水排出装置(フオート式)のｶﾞｲﾄﾞﾊﾟｲﾌﾞの変形 【1】 ・消毒槽PVC製迂流板の破損 【1】	—
5強 【10】	・流入管等の破損 【1】 ・外溝資材の破損 【10】	—	・上澄水排出装置(機械式)の破損 【1】	—
6弱 【19】	・流入管等の破損 【3】 ・床下の空洞化 【1】 ・外構資材の破損 【12】	—	・発酵乾燥機の移動 【1】 ・急速ろ過装置の基礎固定部の損傷 【1】 ・配管類の破損 【1】 ・自動荒目スクリーンの故障(ｼｬﾌﾄの折れ) 【1】 ・ばっ気型スクリーンの破損 【1】 ・消毒槽PVC製迂流板の破損 【1】	・脱水機制御盤の転倒 【1】 ・制御盤内ｺﾝﾄﾛｰﾗの破損 【1】 ・引込設備の破損 【1】
6強 【54】	・流入管等の破損 【12】 ・外構資材の破損 【50】 ・FRP製処理槽の破損 【1】	・建屋壁面 の損傷 【9】	・配管類の破損 【4】 ・流入水等による地下室水没に伴うスクリーンユニット 等の故障 【1】 ・自動荒目スクリーンの軸受等の変形 【2】 ・し渣脱水機ｽｸﾘｰﾝ軸のずれ 【1】 ・上澄水排出装置(フオート式)のｶﾞｲﾄﾞﾊﾟｲﾌﾞの変形 【1】 ・上澄水排出装置(機械式)のﾒｲﾝﾊﾟｲﾌﾞ等の破損 【1】 ・上澄水排出装置(フオート式)のｶﾞｲﾄﾞﾊﾟｲﾌﾞ、ｼﾞｬﾊﾞ ﾗ管の損傷 【1】 ・汚泥濃縮槽PVC製ｱﾘﾌﾄﾎﾟﾝﾌﾞの破損 【1】 ・消毒槽PVC製迂流板の破損 【3】 ・ばっ気攪拌装置横倒しによる吸込み口等の破 損 【1】 ・発酵乾燥機の移動に伴う攪拌軸のずれ 【1】 ・流入水等による地下室水没に伴う自動荒目ｽｸ ﾘｰﾝ等の故障 【2】 ・ばっ気攪拌装置吊上げﾁｬｰﾝの破損 【1】 ・機器の破損 【4】	・制御盤内ｺﾝﾄﾛｰﾗの破損 【2】 ・引込設備の破損 【2】 ・流入水等による地下室水 没に伴うスクリーンユニット制御 盤の故障 【1】 ・高圧受電版の基礎固定部 の損傷 【1】
7 【1】	・流入管等の破損 【1】 ・外構資材の破損 【1】	—	・流入水等による地下室水没に伴う自動荒目ｽｸ ﾘｰﾝ等の故障 【1】 ・流入水等による地下室水没に伴う破砕機等の 故障 【1】 ・原水ﾎﾟﾝﾌﾞの故障 【1】	・非常通報装置(壁掛型)固 定部の破損 【1】 ・引込設備の破損 【1】
合計 【86】	【76】	【9】	【26】	【9】

※ 災害関連農村生活環境施設復旧事業により復旧した汚水処理施設のうち査定設計書入手できた86施設を整理

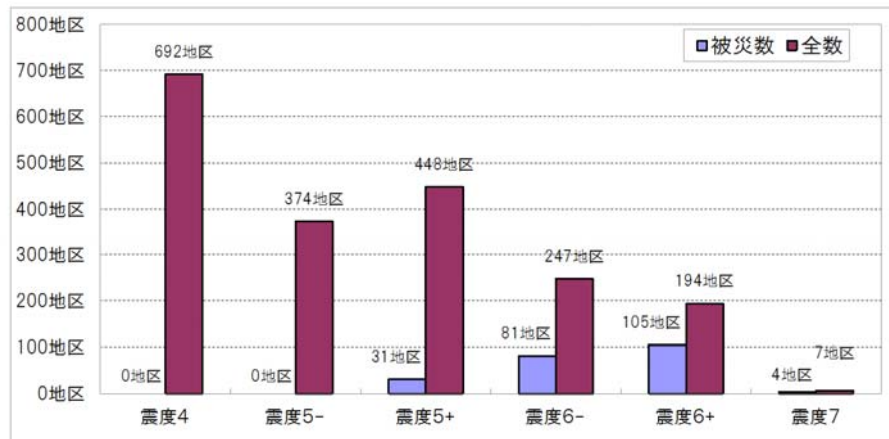
※ 震度とは、汚水処理施設の存在する市町村の震度。【 】は汚水処理施設数。

出典「農業集落排水施設震災対応の手引き」より抜粋

東北地方太平洋沖地震による管路施設の被災状況

1. 管路施設：震度4以上を記録した市町村に存在する集落排水施設の震度別被災地区数

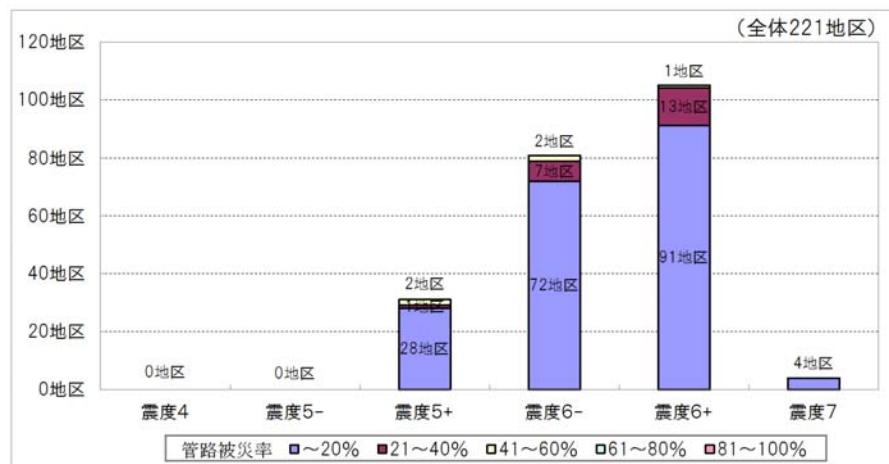
震度4以上を記録した市町村に存在する集落排水施設1,962地区について、管路が被災し災害関連農村生活環境施設復旧事業の申請を行った地区を震度別に整理したものである。震度別に被災した割合を見ると、震度4及び震度5-は、被災なし。震度5+は、6.9%。震度6-は、32.8%。震度6+は、54.1%。震度7では、57.1%と、震度が高くなるほど被災数の割合は高くなっている。



2. 管路延長に対する被災率の震度別地区数分布

震度4以上を記録した市町村に存在する集落排水施設1,962地区について、管路が被災し災害関連農村生活環境施設復旧事業の申請を行った地区（全221地区）の震度別管路被災地区数と被災の程度を示したものである。各震度における管路被災率は、20%までがその大半を占めている。

(管路被災率 = (被災延長 / 総延長) × 100)



※1 震度4以上の地区を集計（20都道府県対象）

北海道、青森県、岩手県、宮城県、秋田県、山形県、福島県、茨城県、栃木県、群馬県、埼玉県、千葉県、東京都、神奈川県、山梨県、長野県、静岡県、新潟県、愛知県、岐阜県

※2 津波被災地区及び福島原発警戒区域内で未調査の地区は除く。

出典「農業集落排水施設震災対応の手引き」より抜粋

第2章 汚水処理施設の耐震設計手法の基本的な考え方

2.1 設計一般

集落排水施設の耐震設計は、農業集落排水施設設計指針（以下、「設計指針」という。）に基づき、施設の重要度に応じて、2段階の地震動レベル（レベル1地震動、レベル2地震動）を考慮して、地震時にそれぞれの施設が保持すべき耐震性能を確保できるように設計する。

[解説]

(1) 汚水処理施設の耐震設計について

集落排水施設における汚水処理施設の耐震設計は、設計指針が類似する土地改良事業計画設計指針・設計「ポンプ場」の考え方を基本として策定されている。また、関連する基準として、道路橋示方書(平成14年版：日本道路協会)、水道施設耐震工法指針(平成14年版：日本水道協会)を参考としている。

なお、平成19年に改訂された農業集落排水施設設計指針は、土地改良事業計画設計基準・設計「ポンプ場」（平成18年版）に基づき策定されており、施設の重要度に応じて、2段階の地震動レベル（レベル1地震動、レベル2地震動）を考慮して、地震時にそれぞれの施設が保持すべき耐震性能を確保できるように設計するとなっている。

(2) 耐震設計の変遷

集落排水施設の設計は、全国の都道府県によって組織された農業集落排水事業諸基準等検討委員会が検討を重ね、策定した設計指針に基づいて行われる。

設計指針は、共通編、管路施設編、污水处理施設編、参考資料編で構成されている。本手引きの主な対象である污水处理施設の耐震の要素を含む構造設計は、類似の構造を持つ土地改良事業計画設計基準・設計「ポンプ場」に基づき策定されており、ポンプ場基準の改訂等を踏まえ、平成11年、平成19年に主な改訂を行っている。

設計指針に反映された耐震設計の改訂点は、平成11年には、処理水槽における地震荷重の取り扱いと鉄筋許容応力度の変更、及び基礎杭の適用基準の取り扱いと杭頭設計の変更であり、平成19年には、施設の重要度区分と耐震性能の考え方の導入、及び杭基礎における杭頭設計の変更が挙げられる。(図 2-1-1 主な耐震基準の変遷及び農業集落排水設計指針等、表 2-1-1 農業集落排水施設設計指針改訂の変遷参照)

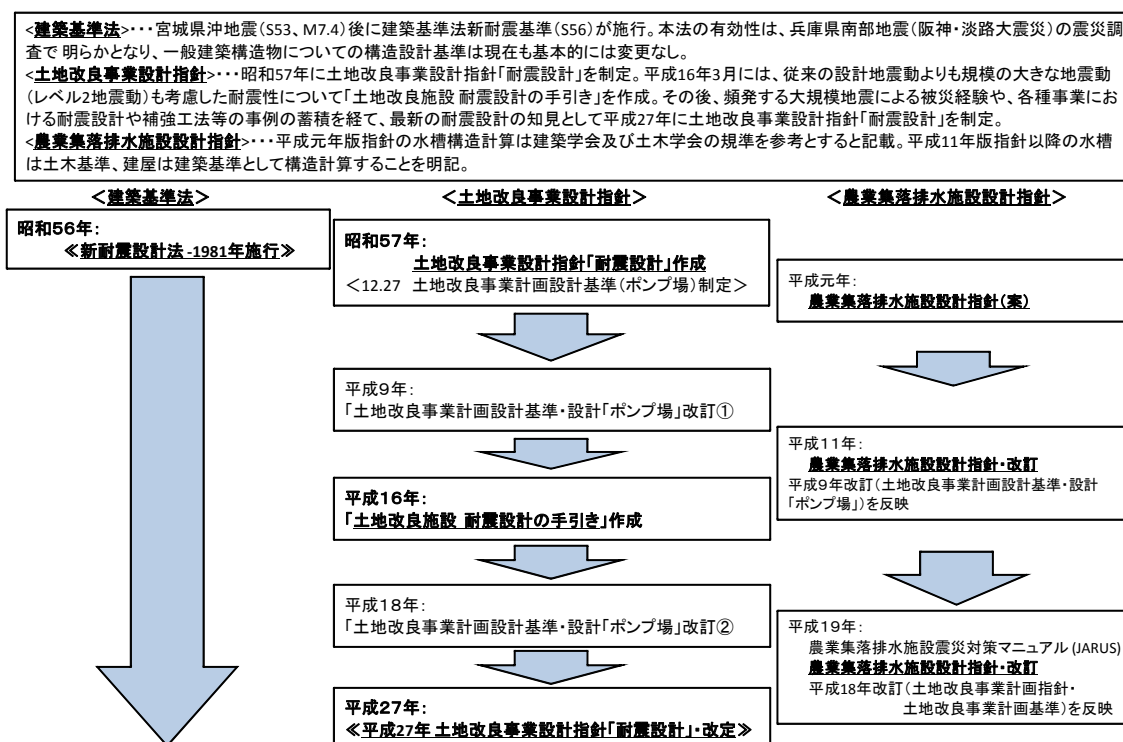


図 2-1-1 主な耐震基準の変遷及び農業集落排水設計指針等

表 2-1-1 農業集落排水施設設計指針改訂の変遷（汚水処理施設構造設計）

年号	西暦	農業集落排水施設設計指針・改訂等		構造設計方法等	(地震力)	基礎設計 (直接基礎、杭基礎)
S48	1973	< 農村総合整備モデル事業(集落排水施設整備) >				
S58	1983.8.1	< (社)日本農業集落排水協会が設立 >		(農業集落排水事業開始) (JARUS 創設)		
S61	1986	< 農業集落排水事業諸基準等作成全国検討委員会 > 設立		諸基準関係作成検討開始		
H1	1989.1	H01: 農業集落排水施設設計指針(案) (社)日本農業集落排水協会		(設計指針の初版)	・処理水槽が地中構造物の場合には地震荷重を考慮できる。 ・処理水槽 「コンクリート標準示方書」及び「鉄筋コンクリート構造計算規程」を適用。 ・建 屋 「鉄筋コンクリート構造計算規程」を適用。 ・材料(鉄筋の許容応力度等) 土木・建築構造物の区分あり	設計方法は、土地改良事業計画設計基準・設計「ポンプ場」による(平成57年12月)による。 ・水平震度、地震時土圧、地震時動水圧を考慮する。 ・杭頭部拘束曲げモーメントに抵抗する方法で設計する。
H2	1990.4	H02: 農業集落排水施設設計指針(案) (社)日本農業集落排水協会		同上	同上	同上
H8	1996.2	H08: 農業集落排水施設設計指針・改訂 農業集落排水事業諸基準等作成全国検討委員会 監修 農林水産省構造改善局建設部整備課		同上	同上	同上
H11	1999.5	H11: 農業集落排水施設設計指針・改訂 農業集落排水事業諸基準等作成全国検討委員会 監修 農林水産省構造改善局建設部整備課		汚水処理施設の構造設計手法の改訂 (SI単位併記表示)	・土木構造物 原則として震度法による。 (P119) ・建築構造物 別途定められた基準で原則として地震力の検討を行う。(P124) (建築基準法) ・杭頭結合方法は、ピン結合を標準とするが、引抜き、特殊地盤(耐震)等は剛結合とする。 ・材料(鉄筋の許容応力度) 土木構造物で約10~20%減	設計方法は、土地改良事業計画設計基準・設計「ポンプ場」による(平成9年1月)による。 (以下、同上) ＜P142 ピン結合を標準とすると記載あるが、応力検討については剛結合と同じ内容である＞ ＜「ポンプ場(基準・技術書)」の記載は剛結合と考えられる＞ ＜P440参考資料に53 杭頭剛結合として記述されている＞
H13	2001.5	農業集落排水施設構造設計参考書(初版) 農業集落排水事業諸基準等作成全国検討委員会		H11版農業集落排水施設設計指針の 具体的計算方法		
H14	2002.5	H14: 農業集落排水施設設計指針・改訂 農業集落排水事業諸基準等作成全国検討委員会		(監修削除)	同上	同上 ＜P443参考資料55 杭頭の細部構造にピン結合の例示が記載されている＞
H19	2007.6	H19: 農業集落排水施設設計指針・改訂 農業集落排水事業諸基準等作成全国検討委員会		平成18年改訂「土地改良事業計画指針」・土地改良事業計画基準」を反映	・処理施設の重要度、耐震性能、地震地 震動(しべり)・2、地盤種別特性等を導入 ・構造計算に許容応力度の他に限界状態設計法でもよいとした。 ・杭頭結合は、大地震に留意して剛結合による方法とする。	P404 ピン結合の杭頭が拘束されない処理として、エラストイト等で包み込む例が本文に記載された。
H20	2008.8	農業集落排水施設構造設計参考書・H20改訂版 農業集落排水事業諸基準等作成全国検討委員会		H19: 農業集落排水施設設計指針・改訂を反映	同上	同上

ア) 処理水槽（土木学会基準に基づく設計）

平成元年版設計指針では、処理水槽の構造計算についての記述がなされている部分で、「処理水槽が地中構造物の場合には地盤と一体で挙動すると思われるため、地震荷重を省略できるが（ただし、地震力により土圧が著しく増加するおそれがある場合を除く。）、水槽内の水圧については地震時の増圧を考慮する場合が多い。」と示されている。

平成11年版設計指針では、平成元年版と同様に省略できるとされているが、「ただし、地震力により土圧が著しく増加するおそれがある場合を除く。」という言葉が削除され、「地上突出部が5mを超える場合等には、地震荷重を考慮する必要がある。」と変更された。加えて、荷重の地震力の中で、「処理場の耐震計算は施設の重要度、経済性を考慮しその必要性を判断し、原則として震度法による。」と記載され、設計震度等の計算方法が追記された。

平成19年版設計指針では、土地改良計画設計基準ポンプ場（平成18年版）に追加された耐震設計の考え方を踏まえ、施設の重要度区分と水槽の耐震性能の適用区分が追記されるとともに、地上突出部5mに加えて水槽と建屋が一体構造となる場合には耐震設計を行うこととされ、現在の耐震設計の考え方に至っている。

平成元年	平成11年	平成19年
	地震荷重(土木)： 施設の重要度、経済性を 考慮しその必要性を判断し 、原則として震度法による。	耐震設計：施設の重要度区分と耐 震性能の考え方が導入。 地震動：レベル1、レベル2の地 震動により検討。
構造計算：地中構造物の場合には地震荷重を省略できる。 除外： 土圧が著しく増加する場合	除外： 地上突出部が5mを超える場合	除外： 建屋と上下一体構造物
構造設計 建築基準及び土木基準を参 考として行う	建築構造物：建築基準法による 土木構造物：土木基準による 土木・建築複合構造：土木基準による	
鉄筋許容応力度(引張)： 1800kgf/mm ²	鉄筋許容応力度(引張)： 1600kgf/mm ² (157N/mm ²)	

図 2-1-2 処理水槽の耐震設計の変遷

イ) 建屋

集落排水施設の建屋は、平成元年版設計指針時点から建築基準法新耐震基準(S56)に基づき、耐震性を確保する設計が行われており、平成19年版設計指針においても同様である。これは、建築基準法新耐震基準における一般構造物の構造設計基準が、平成7年の兵庫県南部地震（阪神・淡路大震災）後においても発生した大規模な地震に対して、設計の有効性が確認されているためである。

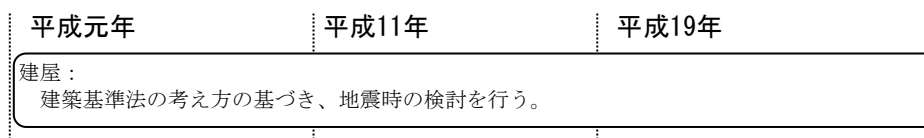


図 2-1-3 建屋の耐震設計の変遷

ロ) 基礎杭

基礎の設計については、平成元年版設計指針から地震荷重を見込むものとして扱っており、平成19年版設計指針まで一貫している。しかし、杭の水平耐力を検討する場合の適用基準については、改訂が行われており、平成元年版では建築基準法とされ、平成11年版には建屋は建築基準、土木構造物は土木基準、複合構造物は土木基準と整理されている。また、杭頭の結合方法についても、平成元年版では、剛結合を基本とした杭の計算となっているが、平成11年版にはピン結合を標準とすることで、杭頭ヒンジとして杭体内の計算が可能となり、杭体内の曲げモーメントを半減できた。しかしながら、平成19年には、ピン結合を標準とするとの記載が削除され、耐震設計を行う場合は基本的に剛結合となったことに加え、ピン結合でも床版と杭をエラストイト等で完全に分離しない場合は、剛結合として杭体内の曲げモーメントを評価することとなった。

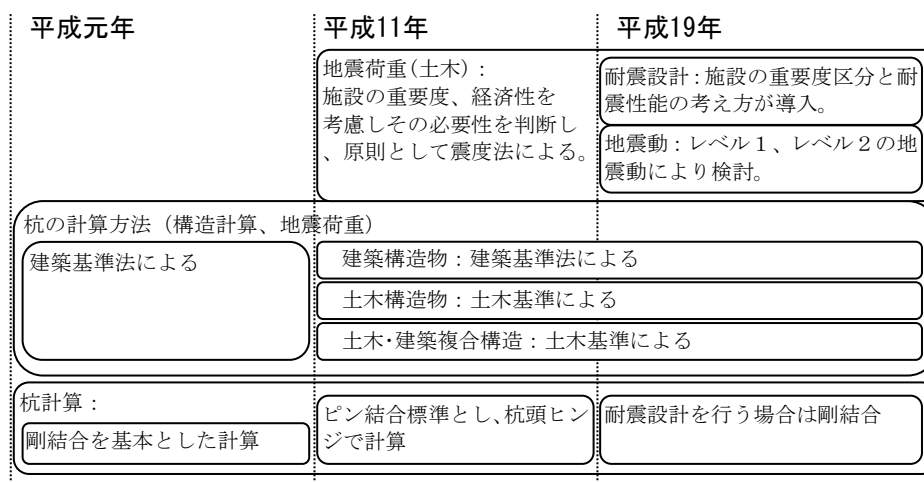


図 2-1-4 基礎杭の耐震設計の変遷

【参考：関係基準の耐震設計手法の変遷】

① 土地改良施設の耐震設計手法の変遷

農林水産省では、土地改良施設の耐震設計に関して、昭和57年に土地改良事業設計指針「耐震設計」（農林水産省 構造改善局）を制定するとともに、平成16年3月には、平成7年1月17日の兵庫県南部地震による被災の教訓を踏まえた「平成7年兵庫県南部地震 農地・農業用施設に係わる技術検討報告書」の提言などを取り入れて、従来の設計地震動よりも規模の大きな地震動（レベル2地震動）も考慮した耐震性について「土地改良施設 耐震設計の手引き」を作成している。

この「手引き」の作成後、頻発する大規模地震による被災経験や、各種事業における耐震設計や補強工法等の事例の蓄積を経て、最新の耐震設計の知見として平成27年に土地改良事業設計指針「耐震設計」（農林水産省）を制定している。

② 建築構造物、土木構造物の耐震設計手法の変遷

近代都市に初めて大きな被害を発生させた宮城県沖地震（S53、M7.4）の後に建築基準法新耐震基準（S56）が施行された。この基準の建築構造物に対する新耐震設計法の有効性は、兵庫県南部地震（阪神・淡路大震災）の震災調査で明らかとなっており、一般建築構造物の構造設計基準は、現在も基本的には変わっていない。

一方、土木構造物の震災被害については、土木学会が兵庫県南部地震の詳細な調査を実施し、土木構造物の耐震設計への提言として「耐震基準に関する提言」が三次（平成7年、8年、12年）にわたり行われており、各種土木構造物の耐震基準が漸次整備されている。

特に第三次提言（平成12年）では、地震の大きさを2段階とするレベル2地震動が提案され、その後の性能規定型設計法の各種土木構造物耐震基準に採用されている。

下水道施設においては、兵庫県南部地震の発生を機に耐震設計手法を見直し、1997年（平成9年）版として「下水道施設の耐震対策指針と解説」を改定した。その後、新潟や東北での大地震で大きな地震動を受けたが、下水道施設の躯体（各部材）が大きな被害を受けることが無く、同2014年版でのレベル2地震動での設計地震外力は兵庫県南部地震を想定した1997年版の設計地震動としている。

2.2 耐震設計に用いる地震動

耐震設計に用いる地震動は、構造物の供用期間内に数回（1～2回）発生する確率を有するレベル1地震動、及び発生確率は低い、地震動が強いため、大きな影響をもたらすレベル2地震動を必要に応じて考慮する。

レベル2地震動にはタイプⅠ（プレート境界型）とタイプⅡ（内陸直下型）があるが、タイプⅠ（プレート境界型）を考慮することを標準とする。なお、建設地近傍において活断層の存在が明らかな場合は、タイプⅡ（内陸直下型）についても考慮する必要がある。

〔解説〕

(1) 基本的な考え方

耐震設計に用いる地震動は、地盤特性等を考慮し、適切に設定する必要があり、対象施設の特性に応じた標準的な設計水平震度又は速度応答スペクトルを用いることを基本とする。

なお、検討する地域が地震防災対策強化地域等に指定され、地域防災計画との整合を図る必要がある場合、他の構造物群との整合を図る必要がある場合等にあつては、対象地点に固有の性質を反映した設計地震動の適用を検討するものとする。

汚水処理施設に適用する設計地震動の指標について、表 2-2-1 を標準とする。適用に当たっては、道路橋示方書・同解説 V耐震設計編（平成 14 年 3 月）による。

表 2-2-1 汚水処理施設（水槽部）に適用する地震動

地震動レベル	耐震設計に用いる設計水平震度の標準値
レベル 1	地盤種別がⅠ種、Ⅱ種、Ⅲ種に対して、それぞれ0.16、0.20、0.24とする。
レベル 2	地盤種別によらず、0.7とする（タイプⅠ）。タイプⅡを考慮する場合は、Ⅰ種地盤の値を0.8とする。

出典：土地改良事業計画設計基準設計「ポンプ場」（平成 18 年版）より

(2) 地震動のレベル

耐震設計においては、施設の重要度に応じ、以下の 2 段階の地震動レベルを考慮する。

ア) レベル 1 地震動

レベル 1 地震動は、多くの土木構造物に対して従来から設定されていた地震動に相当し、対象となる構造物の供用期間内に 1～2 度発生する確率を有する地震動である。

イ) レベル 2 地震動

レベル 2 地震動は、一般に土地改良施設が供用期間中にそのような地震動に遭遇する確率は低い、一度被害を受けると、その影響は極めて大きいと考えられる。

(3) 適用する設計地震動

集落排水施設に適用するレベル2地震動設定の基本的な考え方は、タイプⅠの地震動のみを考慮することを基本とする。なお、近傍に活断層があるなど、タイプⅡの地震動を考慮する必要性が明らかな場合は、この限りではない。

これは、平成17年当時、ポンプ場に適用するレベル2地震動が、従来の耐震設計（レベル1地震動）のみで設計された施設でも、兵庫県南部地震のような大地震においても道路橋のように大きな被害を受けた事例は報告されていないためであり、タイプⅠの地震動のみを考慮することを基本とするとされている。

集落排水施設でも、東北地方太平洋沖地震の地震動にて、大きな被災状況が報告されていないことから、同様の扱いとする。

2.3 施設の重要度区分

集落排水施設の重要度区分の設定は、処理施設等の特性を踏まえ、二次災害や本来の機能に与える影響、3種類（A、B、C）の重要度区分の考え方等から総合的に判断する。

〔影響〕

- (1) 被災による二次災害に与える影響
- (2) 被災による本来の機能に与える影響

〔重要度区分〕

- A種：(1)、(2)の影響が極めて大きい施設
- B種：(1)、(2)の影響がある施設で、
 - ・建屋と処理水槽が一体となる構造
 - ・処理水槽天端が地盤面から5m以上の場合
- C種：A、B種以外（影響が軽微な施設）

〔解説〕

平成19年版設計指針における污水处理施設の重要度区分と水槽の耐震性能の適用区分については、表 2-3-1に示すとおりである。

B種の適用は、建屋と上下一体構造となる場合、又は地表面突出部が5mを超える場合であり、レベル1の地震動で震度法により地震力を算出し、許容応力度設計法により照査することを標準とする耐震設計を行うこととなっている。

A種の適用は、B種に該当し、災害の影響度が重大な場合であり、B種同様にレベル1の照査に加えてレベル2地震動で限界状態設計法により照査することを標準としている。なお、C種は、A、B種に該当しないもので耐震設計を行わないとなっている。

以上のように、平成19年版設計指針における施設の重要度区分等（表2-3-1）は、2.1設計一般 表2-1-1、図2-1-1、表2-1-2に示す土地改良事業設計指針「耐震設計」（平成27年版）と同様の記載内容であることから、現時点においても有効と考えられる。

表 2-3-1 污水处理施設の重要度区分と水槽の耐震性能の適用区分

重要度	適 用	レベル1 ^(注1) 地震動		レベル2 ^(注2) 地震動	
		耐震性能	耐震設計 ^(注3)	耐震性能	耐震設計 ^(注3)
A種 (高い)	B種に該当し、かつ次の①、②のいずれかに該当するもの。 ①污水处理施設の災害により、地域住民の人命・財産やライフラインに重大な影響を及ぼす。 ②施設の復旧が困難で、被災により地域の経済活動や生活機能に重大な影響を及ぼす。	健全性を損なわない。 ^(注3)	震度法により地震力を算出し、許容応力度設計法により照査することを標準とする。	致命的な損傷を防止する。 ^(注4)	震度法により地震力を算出し、限界状態設計法により照査することを標準とする。
B種 (標準)	建屋と上下一体構造となる場合、又は地表面からの突出部分が5mを超える場合。			対象としない。	耐震設計を行わない。
C種 (標準未満)	A種及びB種に該当しないもの。	対象としない。	耐震設計を行わない。		

出典：平成19年版設計指針

＜施設の重要度区分＞

施設の重要度区分は、(1)及び(2)の影響度の大きさと3種類の重要度区分の基本的な考え方から総合的に判断し設定する。

- (1) 被災による二次災害に与える影響は、集落排水処理施設が損傷・崩壊することによる当該受益集落及び下流域の第三者への影響で、特に人命・財産やライフラインなどへの被害
- (2) 被災による本来機能に与える影響は、次のア～ウの事項をもとに、被災地域の生活・復旧活動への被害
 - ア) 代替施設の有無
 - イ) 基幹施設としての重要度
 - ウ) 復旧の難易度

〔被災による本来機能に与える影響の例〕

- ・代替施設の有無は、ユニット型仮設污水处理施設、仮設沈殿池及び仮設塩素混和槽等の設置、バキュームポンプ等による移送等が可能な場合は代替性ありと考えられる。
- ・基幹施設としての重要度は、処理区内に大規模災害時の避難所が設定されている場合などは重要度が高いと判断することも考えられる。
- ・復旧の難易度は、施設の設置状況等から鉄道、河川、宅地に隣接している場合などは復旧の難易度が高いと考えられる。

重要度区分はA、B、C種の3種類とし、基本的な考え方は以下のとおりである。

A種：上記(1)、(2)の影響が極めて大きい施設

B種：上記(1)、(2)の影響がある施設で、

- ・建屋と処理水槽が一体となる構造
- ・処理水槽天端が地盤面から5m以上の場合

C種：A、B種以外（影響が軽微な施設）

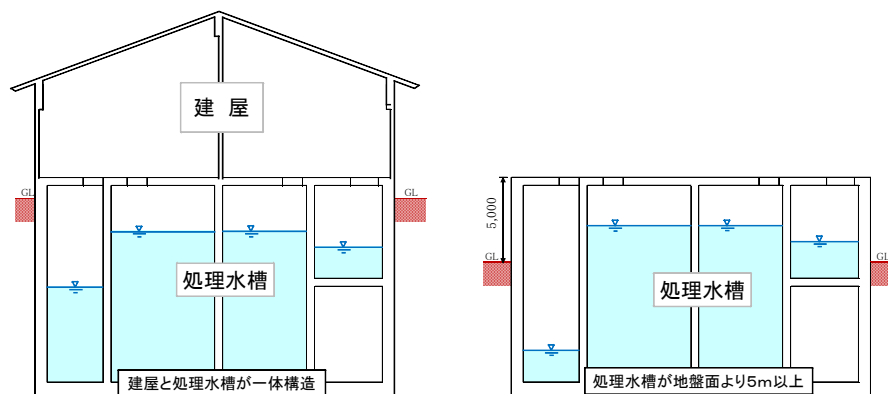


図 2-3-1 処理施設の耐震設計

2.4 保持すべき耐震性能

集落排水施設の耐震性能は、次のとおりとする。

(1) 健全性を損なわない

地震によって集落排水施設としての健全性を損なわない性能

(2) 致命的な損傷を防止する

地震による損傷が集落排水施設として致命的とならない性能

集落排水施設は、レベル1地震動、レベル2地震動と施設の重要度の組合せに対して、次の耐震性能を保持することを基本とする。

(1) レベル1地震動に対しては、重要度区分A種、B種の施設について「健全性を損なわない」性能を保持する。

(2) レベル2地震動に対しては、重要度区分A種の施設について「致命的な損傷を防止する」性能を保持する。

[解説]

(1) 耐震性能の設定

集落排水施設の耐震性能は、地震時の使用性、復旧性、安全性を勘案し、2段階の性能を設定する。

「健全性を損なわない」は、地震により施設の供用時に要求される性能を損なわない性能である。「致命的な損傷を防止する」は、地震に対して、構造物の崩壊を防止し、人命の安全性を確保する性能である。

(2) 地震動と重要度区分の組み合わせと耐震性能

地震動と重要度区分の組合せに対し、目標とすべき耐震性能の基本的な水準を以下に示す。

重要度区分 \ 地震動レベル		レベル1地震動	レベル2地震動
A種	耐震性能	健全性を損なわない。	致命的な損傷を防止する。
	耐震設計実施の有無	耐震設計を行う。	耐震設計を行う。
B種	耐震性能	健全性を損なわない。	耐震性能を設定しない。
	耐震設計実施の有無	耐震設計を行う。	耐震設計を行わない。
C種	耐震性能	耐震性能を設定しない。	耐震性能を設定しない。
	耐震設計実施の有無	耐震設計を行わない。	耐震設計を行わない。

ア) レベル2地震動のタイプⅠ（プレート境界型）、タイプⅡ（内陸直下型）があるが、集落排水施設の耐震設計においては、タイプⅠ（プレート境界型）を標準とする。なお、建設地近傍において活断層の存在が明らかな場合は、タイプⅡ（内陸直下型）についても考慮する必要がある。

イ) 重要度B種、C種の場合、レベル2地震動に対する耐震設計を行わないこととしている。

ウ) 管路の場合、布設する道路等に応じた重要度区分の設定をおこない、その重要度によって、重要度C種は耐震設計を行わず、重要度B種はシステムとしての代

替性や可とう継手等の対策工による耐震対策を行うこと等により、耐震設計を行う。

(3) 施設ごとの耐震性能照査項目

集落排水施設は、様々な要素から構成されることから、施設全体として重要度区分に応じた、必要となる耐震性能を満足するため、構成要素ごとの耐震性能区分の設定例を以下に示す。

ア) 重要度A種

施設の耐震性能 { レベル1・・・ 健全性を損なわない
レベル2・・・ 致命的な損傷を防止する

構成要素ごとの耐震性能照査項目

構成要素	レベル1地震動 (健全性を損なわない)	レベル2地震動 (致命的な損傷を防止する)
水 槽	○	○
建 屋	建築基準法等に準ずる	
杭基礎	○	○

イ) 重要度B種

施設の耐震性能 { レベル1・・・ 健全性を損なわない
レベル2・・・ 耐震性能を設定しない

構成要素ごとの耐震性能照査項目

構成要素	レベル1地震動 (健全性を損なわない)	レベル2地震動 (耐震性能を設定しない)
水 槽	○	—
建 屋	建築基準法等に準ずる	
杭基礎	○	—

ウ) 重要度C種

施設の耐震性能 { レベル1・・・ 耐震設計を行わない
レベル2・・・ 耐震性能を設定しない

構成要素ごとの耐震性能照査項目

構成要素	レベル1地震動 (耐震設計を行わない)	レベル2地震動 (耐震性能を設定しない)
水 槽	—	—
建 屋	建築基準法等に準ずる	
杭基礎	—	—

2.5 部材の限界状態と照査の基本

耐震診断は、目標とする耐震性能を満足するために必要な各構造部材の限界状態を適切に設定し、設計地震動によって生じる各部材の状態が、限界状態を超えないことを照査することにより行う。

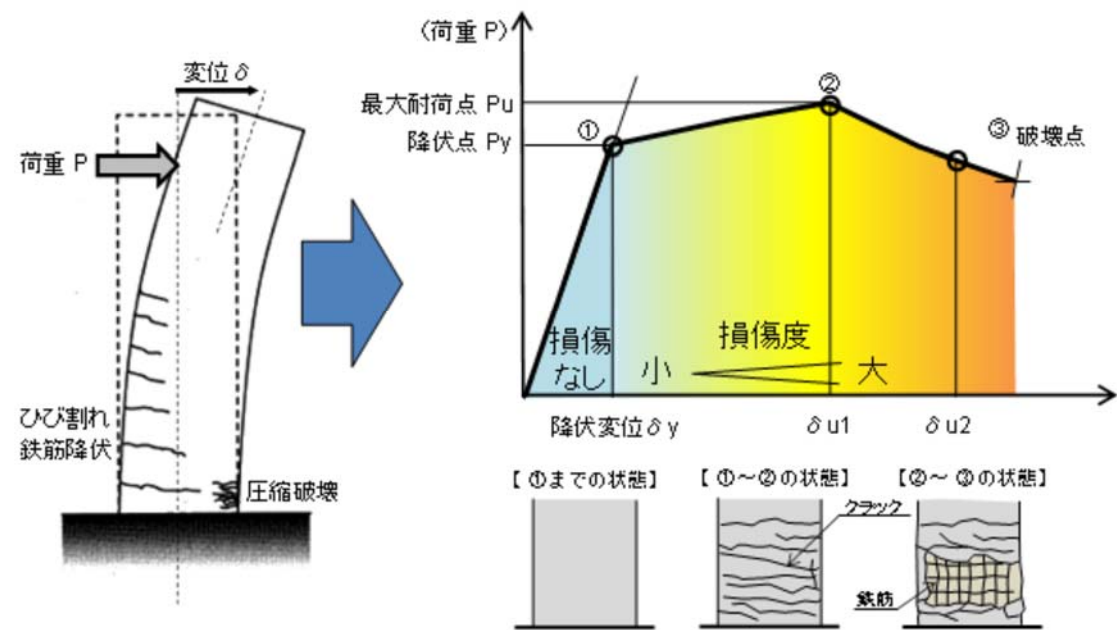
【解説】

(1) 耐震性能と対応する部材の損傷度

集落排水施設の各耐震性能に対応する損傷度は、表 2-5-1のとおりである。

表 2-5-1 耐震性能と対応する損傷度

耐震性能	損傷度
健全性を損なわない。	降伏状態を超えるような損傷を生じないこと。（補修不要）
致命的な損傷を防止する。	主要構造部材が破壊する手前の状態にあること（構造物全体の崩壊も防止する）。（補修必要）



耐震性能	損傷イメージ	備考
健全性を損なわない	損傷がない状態	①までの状態
限定された損傷にとどめる	損傷はひび割れ程度	①～②の状態
致命的な損傷を防止する	かぶりコンクリートの剥落、軸方向鉄筋のはらみ出しが顕著になる直前	②～③の状態

図 2-5-1 施設の損傷状態と耐震性能イメージ

（鉄筋コンクリート部材（曲げ破壊型の場合））

出典：土地改良事業設計指針「耐震設計」（平成27年版）

(2) 部材の限界状態

レベル2地震動に対する耐震設計をより合理的に行うために、構造物全体の耐震性能を確保するための限界状態を構成部材の重要性に応じて設定する考え方が橋梁や水道の分野で用いられている。

これは、施設の機能や構造上重要な部材については厳しい許容値を設定するが、重要性の劣る部材については、その限界値を緩和するという考え方であり、特に、既設構造物の耐震診断（第3章）において、合理的な耐震性能照査を行う際に重要である。

本手引きでは、土地改良事業計画設計指針「耐震設計」（平成27年版）の中で示された類似施設であるポンプ場等の各施設の主要構成要素について、耐震性能に対応する部材の限界状態の設定例を表 2-5-2に参考として示す。

表 2-5-2 各施設の主な構成要素の耐震性能に対応する部材の限界状態の設定例

[ポンプ場] (吸込、吐出し水槽)	施設（構成要素）の耐震性能と対応する各部材の限界状態	
	構造部材	健全性を損なわない 致命的な損傷を防止する
側壁・底版・頂版	降伏状態を超えるような損傷を生じないこと	部材の耐力又は変位、曲率等が終局状態より手前の状態にあること
杭基礎	降伏状態を超えるような損傷を生じないこと	副次的な塑性化にとどまる状態にあること

※上屋は建築基準にて行う。

(3) 照査項目

表示された耐震性能を満足しているか否かを判断する照査項目と、その具体値を決めておく必要がある。本手引きでは、土地改良事業計画設計指針「耐震設計」（平成27年版）の中で示された類似施設であるポンプ場（吸込、吐出水槽）の照査項目について参考として示す。

ア) レベル1地震動に対する照査項目

レベル1地震動に対しては、構造設計を弾性域の範囲で行うため、応力度による照査で安全性を確保することにする。

イ) レベル2地震動に対する照査項目

レベル2地震動に対しては、部材が降伏するまでの弾性域の範囲で対処しようとする、とすると、部材寸法や配筋量が増大し、不合理な設計となる場合がある。そこで、部材の破壊のタイプを、極力曲げ破壊型として、降伏以後の塑性変形を許して部分的な損傷を許容しても部材の耐力は維持する、という設計法へ移行するものとした。つまり、塑性変形を許して部材のじん性を利用することにより、部材寸法や配筋を極力活かしながら保持すべき耐震性能を照査、確保する耐震設計が基本となる。

ここで留意すべき点として、部材の塑性化を許すために、図 2-5-2に示すように、力と変位の関係が線形関係でなく、力の増分に対して変形の増分の割合が大きく、非線形な部材特性が顕著になることである。そのため、部材の耐力を保持しながら塑性変形をどこまで許容させるかという判定が必要となる。

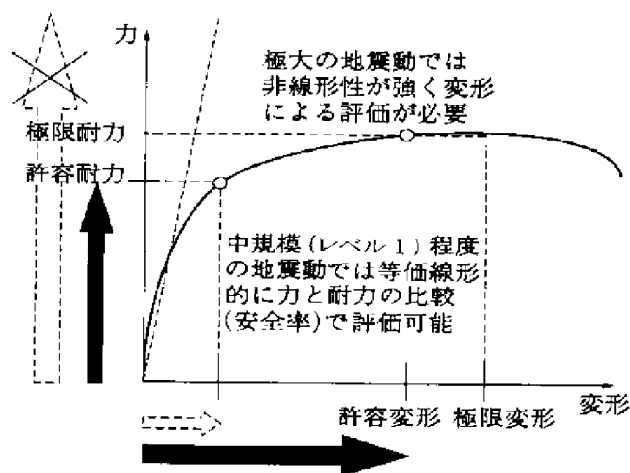


図 2-5-2 力の体系から変形の体系へ(塑性変形を考慮する)

表 2-5-3 各施設の主な構成要素の耐震性能に対応する部材の損傷度、照査項目と照査基準

第3章 汚水処理施設の耐震診断

3.1 耐震診断の目的

耐震診断は、既設の集落排水施設が要求される耐震性能を確保しているかを評価するために行うことを目的とする。

[解説]

既設の集落排水施設は、当時の設計指針に基づき建設されている。しかしながら、設計指針は大規模地震等を契機に見直しが行われ、建設当時の耐震性能を確保していても、最新の設計指針(平成19年版)では必要な耐震性能を確保していない可能性がある。

そのため、耐震診断は、集落排水施設の耐震化に向けて耐震補強や施設更新などの対策の実施を適切に判断するために、最新の設計指針(平成19年版)に基づき、施設の重要度区分に応じて、要求される耐震性能を確保しているかを速やかに評価することを目的としている。

3.2 耐震診断の手順

既設の集落排水施設の耐震診断は、正確かつ効率的に評価できるように実施していかなければならない。そこで、準拠する設計指針により保持している耐震性能が異なっていることを踏まえ、準拠する設計指針の年代によって診断する概略的な方法による一次診断と、より詳細な方法による二次診断によって行うものとする。

- (1) 一次診断は、建設年代・準拠基準等や設計図書等をもとに概略的な方法によって耐震性能を確保しているかを区分する。
- (2) 二次診断は、一次診断により詳細な耐震診断が必要と判断された構造物に関して、必要に応じて現場計測、劣化診断及び地盤の調査を行い、要求される耐震性能を有しているか否かを診断する。

この時、当該構造物の機能の代替性や建設時からの施設条件の変化なども考慮する。

[解説]

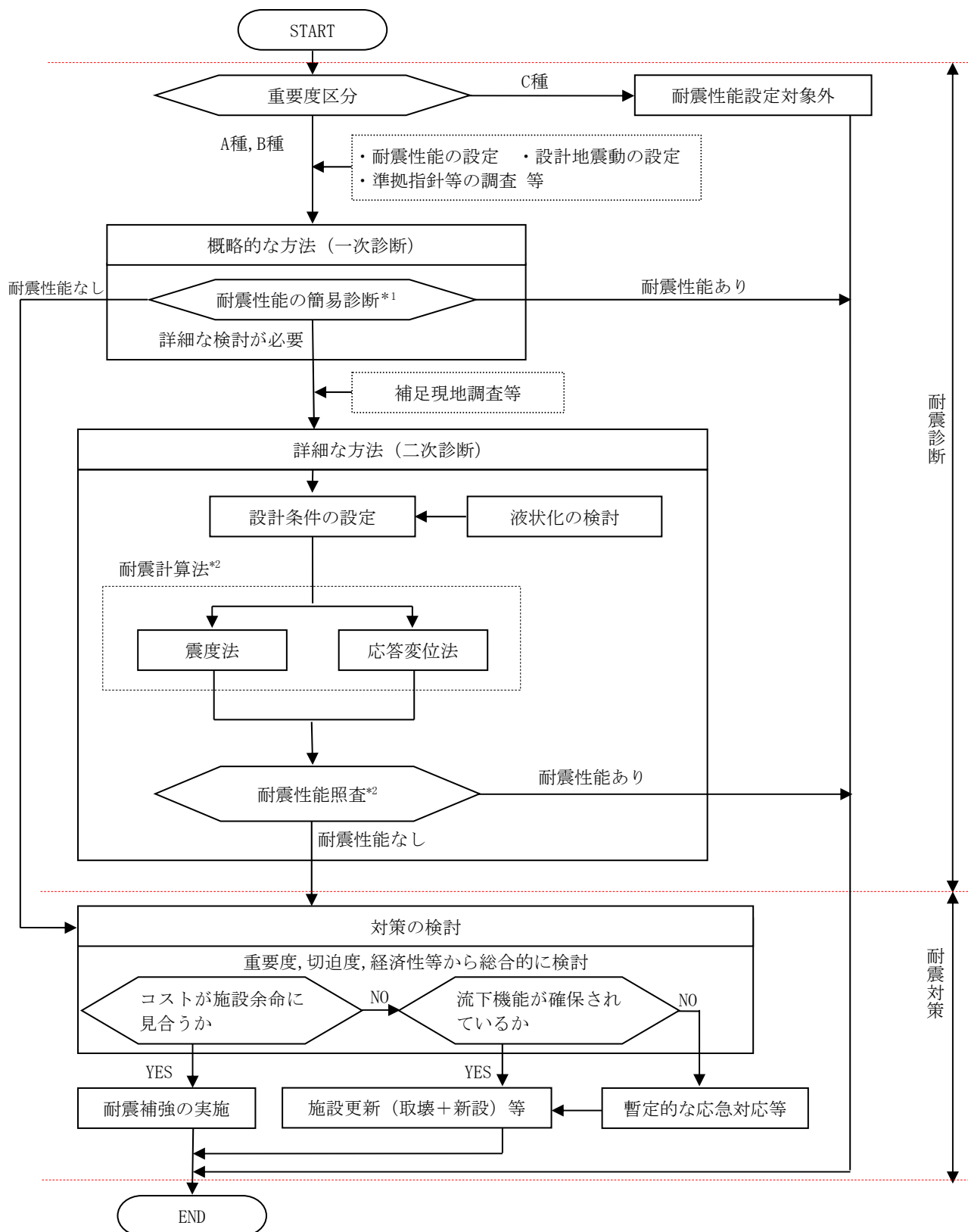
既存施設の耐震診断は、設計指針の改訂によって要求する耐震性能が異なっており、準拠する設計指針によって耐震性を確保しているか区分することが可能であることを踏まえて、机上で整備年度等から整理することができる概略的な方法による一次診断と、詳細な構造検討を行う二次診断に区分する。

最新の設計指針は平成19年版であり、この指針により施設の重要度区分の3種類が導入され、それぞれの耐震性能を満たす耐震設計を行っているため、この設計指針に準拠する耐震設計を行っている施設は耐震性を有していると考えられる。

平成11年版設計指針では、3種類の重要度区分はないが、「重要度、経済性を考慮し、原則震度法に基づいて耐震設計を行うかの判断をする」となっており、平成11

年版設計指針に準拠する耐震設計を行っていれば、現在のB種相当の耐震性は有していると考えられる。なお、現在のC種に相当する施設は、耐震設計は不要である。

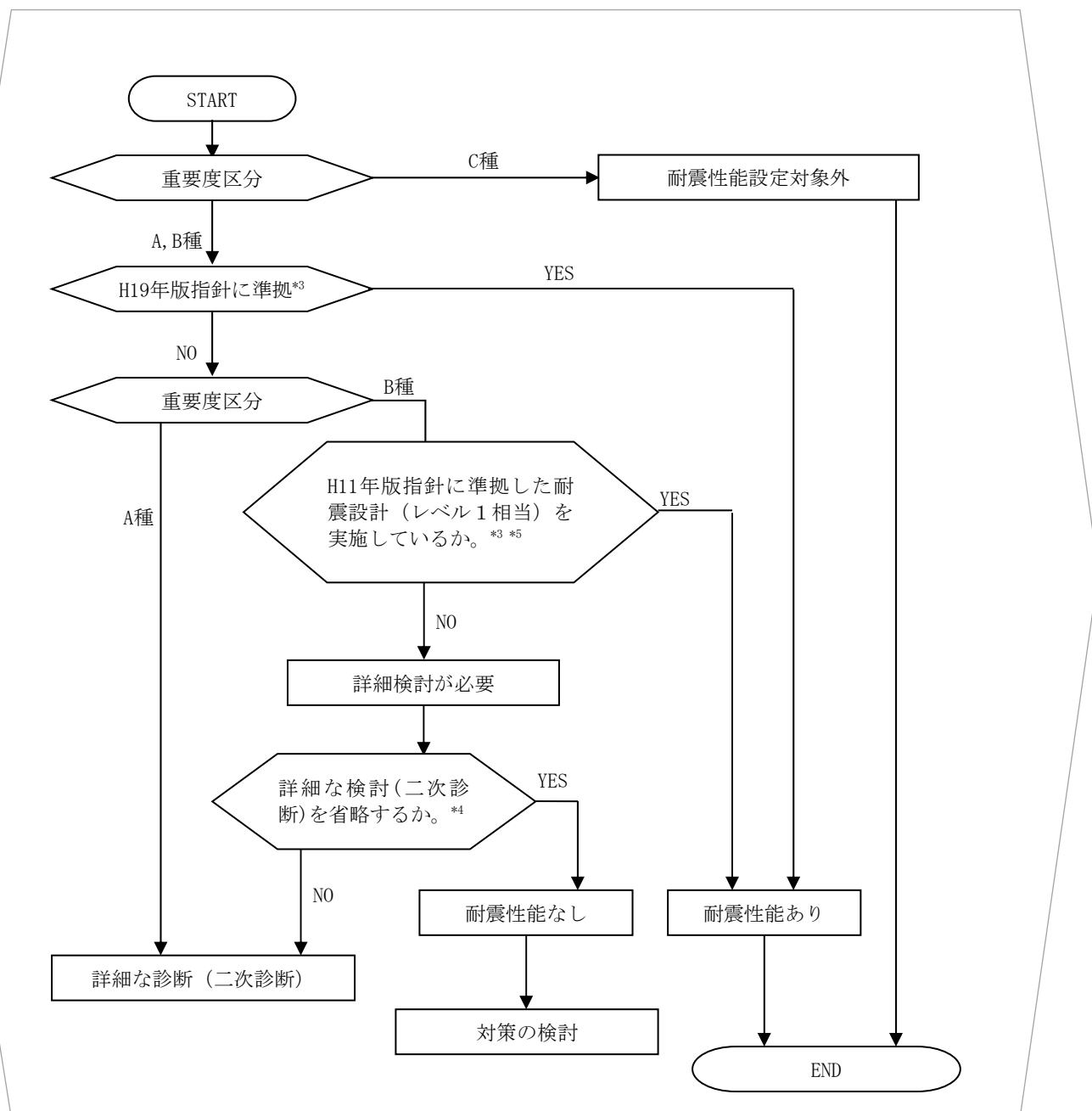
耐震診断から耐震対策の流れについて、既設の農業集落排水施設の耐震診断及び耐震対策フローの全体を図3-2-1に、その中の概略的な方法（一次診断）のフローを図3-2-2に示す。



*1 概略的な方法（一次診断）については、次ページのフローによるものとする。

*2 詳細な方法(二次診断)における耐震計算法は、設計指針(平成19年版)に基づく耐震設計及び照査により実施する。

図 3-2-1 既設の農業集落排水施設の耐震診断及び耐震対策フロー



*3 各年の「設計指針に準拠」とは、設計図書等において、当時の施設の重要度区分(H19)や耐震設計の有無の判断(H11)に基づき、地震動、耐震性能の設定が行われ、必要な耐震設計が行われているところの確認までを含む。

*4 平成11年よりまえの設計指針に準拠する施設は、改訂の変遷から耐震性能を保持しない場合が多いので、詳細な診断(二次診断)を省略できるものとし、省略した場合は「耐震性能なし」との評価となる。

*5 目視で、躯体の著しい劣化等はチェックしておくことが望ましい。

図 3-2-2 耐震診断の一次診断フロー

3.3 耐震診断の調査

耐震診断を効率的かつ適切に行うための調査は、一次診断では既存資料を収集・調査することを中心とし、二次診断では現状の耐震性能を適切に把握するために、既存資料で不足するデータを必要に応じて現地調査を行うこととする。

[解説]

(1) 一次診断の調査

ア) 既存資料調査

より多くの資料を収集することにより、現地調査等の補足調査を少なくすることが可能となる。一次診断においては、特に構造計算書及び設計・竣工図書は重要な資料となる。参考として、集落排水施設で収集する資料の例を示す。

また、次の例以外に地域防災計画の改定状況、施設の重要度の変更状況、周辺環境の変化等に関する事項についても留意する。

参考：資料収集について

- ・ 建設年に関する資料等（経年劣化予測、準拠設計基準・指針等の調査）
工事契約図書、浄化槽設置届、建築確認申請（計画通知）書、建築検査済証、完成図書、浄化槽使用開始報告書、その他
- ・ 躯体構造物に関する資料（準拠設計基準・指針等の調査、耐震設計の照査等）
構造計算書、設計・竣工図書、各種検査報告書・記録（配筋検査、コンクリート打設報告書等）、完成図書、その他
- ・ 基礎地盤に関する資料（現地地盤状況の確認、地震時土圧算定、液状化検討等）
ボーリングデータ（柱状図、土質試験等）、杭基礎施工報告書、敷地造成計画資料等、地域ハザードマップ（震度被害マップ、地盤被害マップ、液状化マップ、その他近隣の構造物等の参考資料等）

(2) 二次診断の調査

ア) 現地調査

a. 部材寸法調査

既存資料で構造寸法を推定することができない場合に実施する。

b. 基礎地盤調査

基礎地盤は耐震検討の基礎資料となるので、既存資料と併せて十分な調査が必要である（表 3-3-1 参照）。

c. 劣化診断調査

構造物の現状を把握することが必要となるので、表 3-3-2 に示す調査等が必要である。

イ) 非破壊試験によるコンクリート調査方法

はつりやコア採取による破壊調査は、使用中の構造物では調査箇所の制約を受けて数多く実施できない場合があり、構造物全体の状況を把握できない場合がある。このような場合は、より多くの情報を集めることが可能であり、効率的に構造物の劣化調査を行うことができる非破壊試験を適用するものとする。

現在実用化されている非破壊試験方法によって調査できる項目は、「仕上げ材の劣化状況」、「鉄筋の種類と径及び配筋状況」、「鉄筋に対するコンクリートのかぶり厚さ」及び「鉄筋の腐食状況」であり、表 3-3-3に検査方法を示す。

表 3-3-1 土質調査と設計に用いる諸量・判定と地盤条件

設計に必要な 地盤条件		地層 構成	地下 水状 況	物理 的性 質	力学的性質						備 考	
					強度 特性	N 値	変形 係数	圧密 特性	弾性 波速度 ※	動的 せん断剛 性		
設計で直接用いる 諸量・判定	支持層の選定	○	△	△	○	○	△	○ P_v	○	—		
	側方移動の検討	○	△	△	○ c	△	—	△	—	—	I 値、F 値	
	負の摩擦力評定	○	△	○	○ c	○	—	○	—	—	周辺地盤の沈下の可能性と その量及び速度	
	沈下判定	○	△	○	—	△	—	○	—	—	支持層以深の沈下の可能性	
耐震設計	設計震度	地盤種別	○	—	—	—	○	—	○	△	地盤の特性値	
		固有周期	○	—	○	—	△	—	—	○ V_s	○ G_0	動的地盤ばね定数
	液状化の 判定	砂質地盤	○	○	○ γ_t D	△	○	—	—	—	—	液状化抵抗率
		粘性地盤	○	△	△	○ q_u	△	—	—	—	—	
	動的解析		○	—	○	—	△	—	△	○		
	杭基礎の設計 計算	杭反力と 変位	地盤反力係数	○	—	—	—	○	○	—	—	
杭頭ばね定数			○	—	—	—	○	○	—	—	—	
支持力		周面摩擦力	○	—	○ D	○ c	○	—	—	—	—	
		先端支持力	○	—	○ D	○ q_u	○	—	—	—	—	
杭基礎の計画	杭施工	打込み	○	△	○	○	○	—	—	—		
		杭掘削	○	○	○	○	○	—	—	—	—	
	構造物掘削～土留め工		○	○	○	○	○	○	—	—	—	

○：直接必要 △：間接的に必要

γ_t ：土の単位体積重量 c ：土の粘着力 q_u ：一軸圧縮強度 P_y ：圧密降伏応力 D ：粒度分布、 V_s ：せん断弾性波速度

G_0 ：動的地盤ばね定数

※表層地盤の弾性波速度構造を非破壊で比較的簡便に求める方法として、近年、常時微動や表面波探査の利用が増加している。

表 3-3-2 コンクリートの耐久性調査項目と調査方法の例

区分	目的	調査項目	調査方法	得られるデータ	調査結果の利用用途
安全性評価 (耐力評価)	構造解析のためのデータの収集	コンクリート強度	コア採取試験	コンクリートの圧縮強度 # 静弾性係数	耐震解析の 条件設定
			反発硬度法 超音波法 打音法	コンクリートの圧縮強度	
		鉄筋強度	破壊試験	鉄筋の引張強度 # 降伏点強度	
			超音波法	鉄筋の引張強度	
		コンクリート版の断面寸法	レーダ法	コンクリート版の厚さ	耐震解析の 条件 補修・補強 工の検討
		鉄筋の配筋状態	はつり・削孔調査 電磁波レーダ法 X線透過法	鉄筋の配筋位置、 かぶりなど	
		コンクリートの内部欠陥	レーダ法	コンクリートの内部欠陥 (空洞亀裂ジャンカ等)の有無	
		底版下面の支持状態	レーダ法	底版下面の空洞等の有無	
		鉄筋の腐食状況	はつり調査 自然電位法 分極抵抗法	鉄筋の腐食状況	
耐久性評価	躯体の寿命予測	中性化深さ	コア抜き試験	中性化深さ	補修・補強 工法の検討
		ひび割れ、水漏れ はく離・はく脱	目視 クラックスケール CCDカメラ法、レーザー 法	ひび割れ・漏水発生状況 (目地の漏水を含む)	
		塩分含有量	化学分析	床版の塩分含有量	
	ライニングの 寿命予測	はく離、ふくれ、割れ	目視 クラックスケール 赤外線法	はく離、ふくれの分布、割 れの発生状況	対策コスト の検討(更新との比較)
		はく離、ふくれ	サーモグラフィー法	はく離、ふくれの分布状況	

表 3-3-3 コンクリートの非破壊試験

検査方法	ひび割れ	内部の空隙や欠陥	部材の厚さや寸法	鉄筋の位置 径・かぶり	コンクリートの品質	鉄筋の腐食状況	備考
光学的方法	CCDカメラ法	○					精度は低いが簡単な方法
	レーザー法	○					表面の凹凸を調べる
弾性波法	超音波法	○	○	○	○		ひび割れの場合は深さが対象
	衝撃弾性波法	○	○	○			杭などのひび割れを調べる
	打音法	○	○	○			
	アコースティックエミッション(AE法)	○					ひび割れの進行を調べる
電磁波法	放射線法(X線透過法)		○	○	○		γ線を用いた方法がある
	電磁誘導法			○			
	電磁波レーダー法		○	○			
	赤外線法	○	○				表層部の浮きや、はく離を調べる
打撃法	反発硬度法(シュミットハンマー法)				○		強度を調べる。超音波法と併用して精度を高める
電気化学法	自然電位法					○	
	分極抵抗法					○	腐食速度を調べる

引用・参考文献

i) 日本水道協会：水道施設耐震工法指針・解説（2009）

出典：土地改良事業設計指針「耐震設計」（平成27年版）

3.4 一次診断

一次診断は、対象施設の特性や診断結果の利用用途に応じて、適切な手法により実施する。

[解説]

一次診断は、既存施設の設計図書等の資料収集・整理を行い、施設の重要度区分の確認、設計年度等から要求される耐震性能を確保する耐震設計を行っているか等を踏まえて概略的な耐震性能を評価する。

一次診断における各施設の基本的な考え方は、以下の示すとおりである。

(1) 処理水槽（土木構造物）

一次診断の実施は、図 3-2-2 を利用する。

設計時点に設定した施設の重要度区分から、A種及びB種の土木構造物については耐震診断の対象とし、重要度区分がC種の施設については耐震性能診断の設定対象外とする。なお、平成19年版より前の設計指針に準拠した施設は、重要度区分の設定がないことから、本手引きの重要度区分の設定に基づき、既存施設の重要度区分の設定を行う。

平成19年版設計指針に準拠し重要度区分に応じた耐震設計が行われている施設は、必要な耐震性能を確保していると判断できる。

平成11年版設計指針に設計準拠し地震力を考慮した構造設計を行っている処理施設は、当時3種類の重要度区分はないが、「重要度、経済性を考慮し、原則震度法に基づいて耐震設計を行うかの判断をする」となっていることから、B種のレベル1地震動に対する耐震性能を確保しているとみなすことができる。但し、躯体構造だけでなく杭などの基礎設計においても耐震設計がなされていることが必要である。

平成19年版設計指針に準拠していないA種は、最新の設計指針上、耐震性能を確保しているか判断ができないことから、耐震性能を評価するためには二次診断を行う必要がある。

平成11年より前の基準に準拠しているB種は、最新の設計指針上、耐震性能を確保しているか判断ができないことから、二次診断を行ってもよいが、設計指針の変遷から耐震性能を確保していないことが多いため、二次診断を省略して、「耐震性能なし」と判断することができる。

(2) 基礎杭

一次診断の実施は図 3-2-2 を利用する。

基本的な考え方は、処理水槽と同様である。

(3) 建屋

農業集落排水施設の建屋は、S56年の新耐震設計法以降の施設であり、建築申請された施設であれば、診断の必要はないと判断できる。

(4) 一次診断結果の記録

上記の(1)，(2)の診断結果を記録として残すことが望ましい。
記録の参考例を表 3-4-1 に示す。

表 3-4-1 耐震診断（一次診断）記録表（参考例）

既存 農業集落排水施設耐震診断（一次診断）記録表

平成〇年〇月〇日 時点

地区名				所在地						
処理区名				該当集落						
着手年度				完了年度						
処理施設の概要	処理形式				処理水放流先					
	処理計画量	計画人口			高度処理の有無	有 ・ 無				
		計画戸数			計画日平均汚水量(m3/日)					
		その他								
	計画放流水質				処理計画量					
		BOD	SS	T-N	T-P		BOD	SS	T-N	T-P
施設の内容	工種		数量		備考		供用開始日			
	処理施設		基				維持管理の内容			
	管路施設		m				使用率	計画人口比	%	
	雨水排水施設		m					計画戸数比	%	
	ポンプ施設		基					日常管理者		
	資源循環施設						巡回管理者			
	附帯施設						その他			

設計年度 (準拠指針年)	年度	H11版指針から施設の重要性により震度法による耐震設計を行うとされ、H19版指針(補足)から現在の耐震設計の考え方である3種の施設の重要度区分により、レベル1、2の耐震設計を行うこととなっている。
処理施設の重要度区分	種	(補足)重要度区分の設定は、H19版指針からのため、それ以前は手引きに基づく別シートにて設定が必要

C種の場合は、ここで終了です。A、B種は次にお進みください。

耐震設計			
「耐震計算無し」、「不明」の下線部分に該当する場合は、二次診断を省略するか検討し、省略しない場合は「詳細な検討」が必要となります。 「耐震計算有り」とした場合には、計算結果を確認するとともに手法等を□にチェックしてください。			
処理施設	建屋	地震時を考慮した耐震(構造)計算がされているか。 (☐ 耐震計算有り ☐ 耐震計算無し ☐ 不明) → ☐ 二次診断省略	
		水槽部	地震を考慮した耐震(構造)計算をしているか。 (☐ 耐震計算有り ☐ 耐震計算無し ☐ 不明) → ☐ 二次診断省略
	耐震計算		耐震性能 (☐ レベル1 ☐ レベル2 ☐ 不明)
			耐震計算方法 (☐ 震度法 ☐ 応答変位法 ☐ 不明 ☐ その他 ())
	基礎	基礎方式 (☐ 直接基礎 ☐ 杭基礎 ☐ 不明)	
杭基礎		地震時を考慮した構造計算がされているか。 (☐ 耐震計算有り ☐ 耐震計算無し ☐ 不明) → ☐ 二次診断省略 杭頭結合 (☐ 剛結合 ☐ ピン結合 ☐ 不明)	
一次診断結果	建屋	☐ 耐震性能有り ☐ 耐震性能無し(二次診断省略) ☐ 詳細な検討(二次診断)を実施	
	水槽部	☐ 耐震性能有り ☐ 耐震性能無し(二次診断省略) ☐ 詳細な検討(二次診断)を実施	
	基礎	☐ 耐震性能有り ☐ 耐震性能無し(二次診断省略) ☐ 詳細な検討(二次診断)を実施	
参考			
管路施設	重要度の高い緊急輸送道路、河川、鉄道等の横断など、耐震性を確保すべき箇所があるか。 (☐ ある ☐ ない ☐ 検討中)		
	ある場合	液状化の検討の結果 (☐ 液状化する ☐ 液状化しない ☐ 検討をしていない)	
		液状化する場合	対策工法がとっているか (☐ 対策済み(工法:) ☐ 布設替時に予定)

3.5 二次診断

二次診断は、一次診断の結果を踏まえて、詳細な検討が必要と判断され詳細な診断を行う施設を対象に実施する。一次診断により得られた施設の情報等を利用し、最新の平成19年版設計指針に基づく耐震性能照査を実施する。

[解説]

二次診断は、本手引き、平成19年版設計指針で示される耐震解析法から適切な方法を選定し、解析及び照査を実施する。

その際、必要に応じて劣化状況等の現地調査を行い、劣化による構造性能を適切に評価し、耐震診断に反映させることが望ましい。

既存施設の二次耐震診断手順(震度法、応答変位法)図3-5-1フローを次に示す。

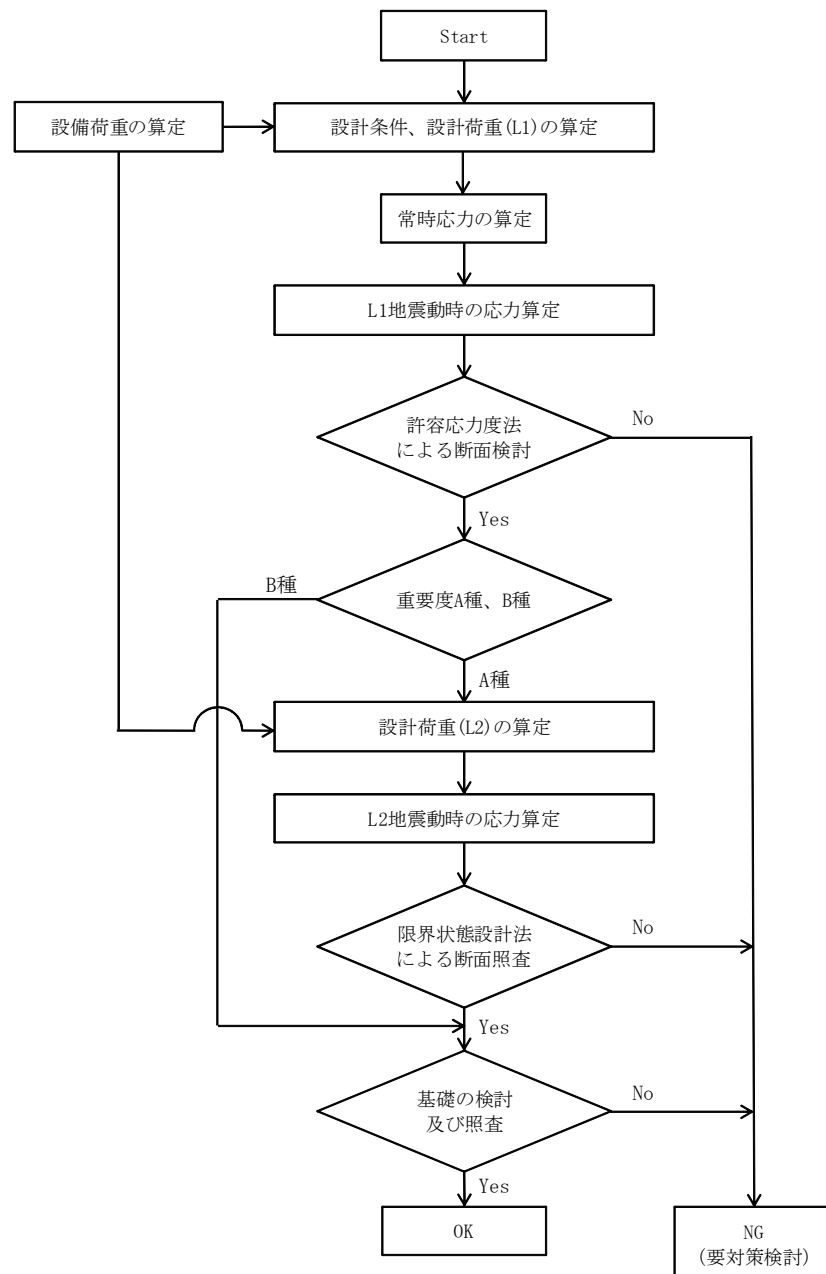


図 3-5-1 既存施設の二次耐震診断手順（震度法、応答変位法）

第4章 污水处理施設の耐震対策

4.1 耐震対策の基本的な方針

耐震診断の結果、既設構造物の耐震性能が不足することが明らかとなった場合は、原則、耐震補強等の対策を行う必要がある。この場合の耐震性能（補強）レベルは、新設構造と同等の耐震性能を確保しなければならない。

一方、集落排水施設は小規模で過去の震災においても大きな被害はなく、また市町村等は効率的な運営に向けて、複数の集落排水施設の統合等の再編、老朽化施設の更新整備を進めている状況である。

このような中で、現在、市町村等が取り組んでいる再編整備や更新事業と耐震対策を一体的に検討する時間軸を考慮した耐震対策も効果的である。

【解説】

(1) 耐震性能（補強）レベル

既設構造物の耐震性能は、新設構造物と同等の耐震性能を有するようにしなければならない。これは、新設構造物、既設構造物を問わず、大地震が発生すれば同程度の地震力を受けるため、対象となる地震動を想定した場合、新設と既設の区別はないという考え方による。

補強すべきレベルとしての耐震性能レベルは、構造物の種類により、レベル1、レベル2地震動を想定し、個々の構造物の位置付けや重要性から選定される。

図 4-1-1は、補強による性能向上の概念とそれに対する耐震性能の目標を定めたものである。一般的に構造物は、経年変化と共に構造物耐力が低減していくため、現時点での耐力を正しく評価し、将来的にも維持できるようにしなければならない。

このことは、建設当時と現在の要求性能が同一であったとしても、構造物の耐力が減少していれば、それを向上させる必要があるということである。

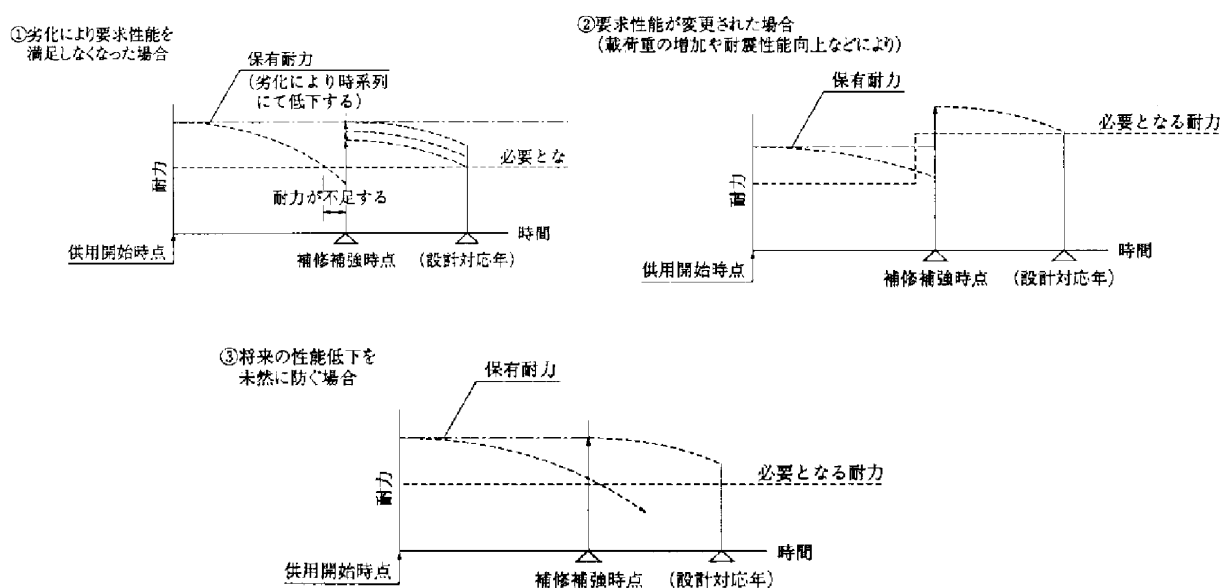


図 4-1-1 補強による性能向上の概念

(2) 耐震補強における留意点

ア) 構造物の全体系のバランスの考慮

耐震補強後の性能バランスは、構造物全体として評価しなければならない。また、耐震補強工法の耐震性能は、その性能が確立されたもの、又は検証されたものとする。

構造物の全体系としての性能とは、例えば、処理水槽、基礎が、全体としてバランスを保持するように考慮し、一部位の補強が他の部位の損傷に大きな影響を与えることがないように、全体系として取り扱わなければならない。

したがって、補強された構造部位の耐震性能の評価にとどまらず、構造系としての耐震性能及び他の荷重系に対する安全性も評価する必要がある。

イ) 液状化地盤における留意点

液状化の可能性がある地盤における構造物については、対策工の検討や液状化を考慮した地盤も含めた全体系での耐震性能の検討が必要である。

ウ) 補強された構造物の耐震性能の評価

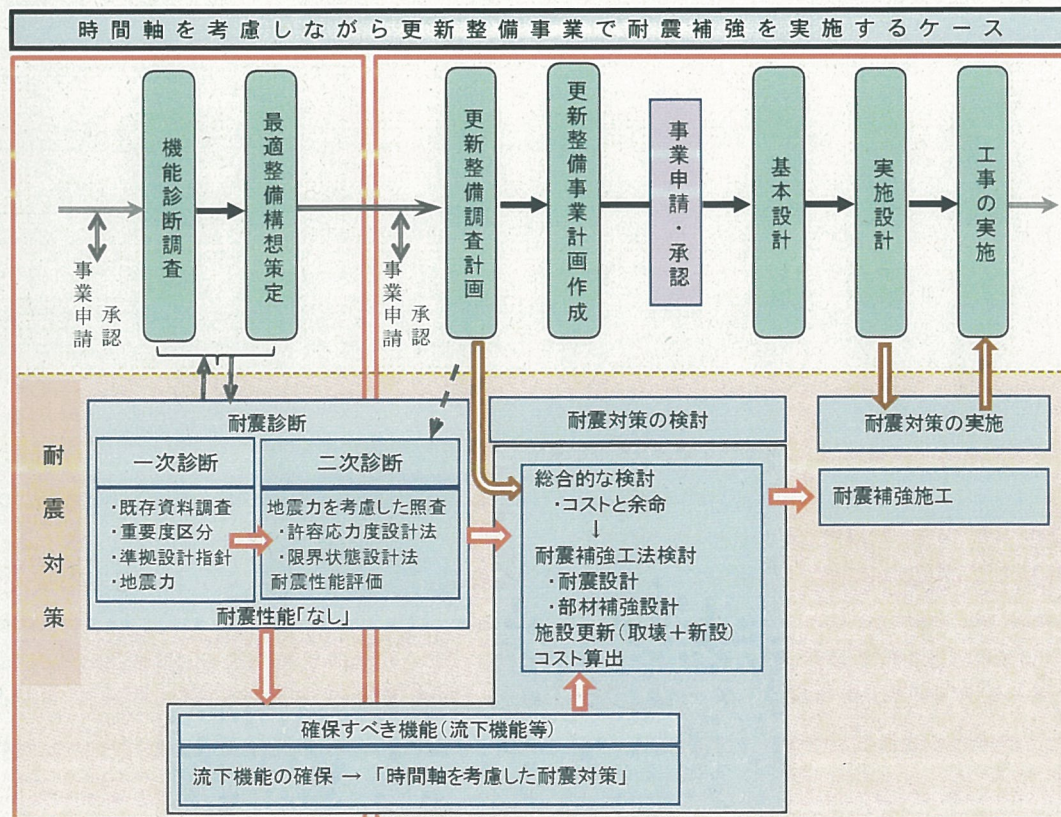
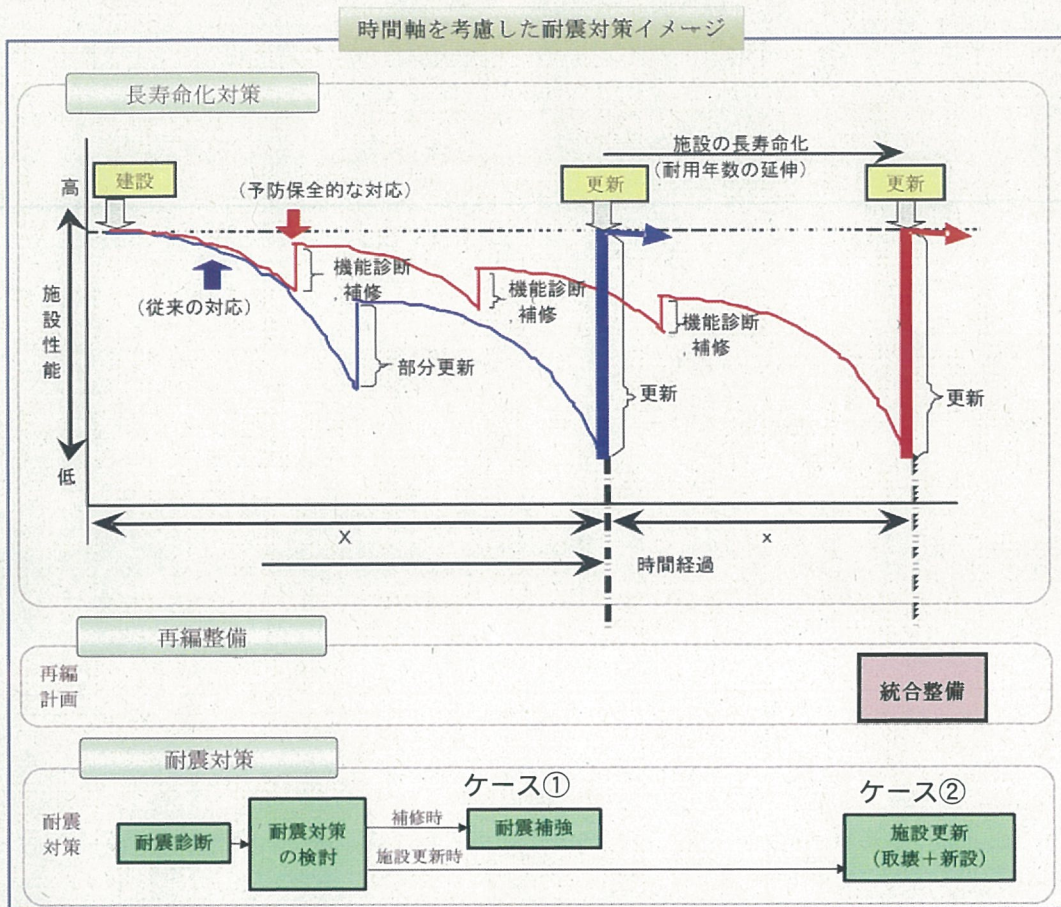
補強された構造物の耐震性能は、定量的な方法によって評価しなければならない。そのために、実物大の試験、数値解析、地震観測等を行って評価された方法を採用するものとする。特に新工法や新材料を用いる場合には耐震性能の評価方法によって十分な検証がなされたものでなければならない。

(3) 時間軸を考慮した耐震対策

集落排水施設を管理する市町村は、老朽化した集落排水施設の長寿命化対策として機能診断や最適整備構想を策定し、計画的な補修や更新等を実施しているところである。更に、効率的な施設の運営を目指して、複数の集落排水施設の統合等の再編整備に取り組んでいるところである。

このような状況の中で、耐震診断の結果、耐震性能がないと判断された施設について、単独で補強等の耐震対策を検討するよりは、市町村等が現在行っている長寿命化対策や再編整備計画の流れに合わせて、時間軸を考慮した耐震対策を実施する方が効率的かつ効果的である。

そこで、地域の状況に応じて、現在、市町村等が取り組んでいる長寿命化対策、再編整備、更新事業の流れによる時間軸を考慮した実施（図 4-1-2、図4-1-3）を参考に示す。



二次診断以降は一次診断結果に応じて実施

4.2 確保すべき機能

地域の状況に応じて時間軸を考慮した耐震対策を行う場合においても、地震時に確保しなければならない機能である、汚水の流下機能や消毒機能を確保しなければならない。

[解説]

地震時に要求される確保すべき機能とは、汚水の流下機能と消毒機能であり、この機能を確保できる方策（例えば、下流方向へのバイパス経路の確保や消毒剤添加機能の確保）を講じることが重要である。

これらの機能を確保することを前提に、将来の更新整備や再編整備等に併せて、時間軸を考慮した耐震対策を実施することができるものとする。

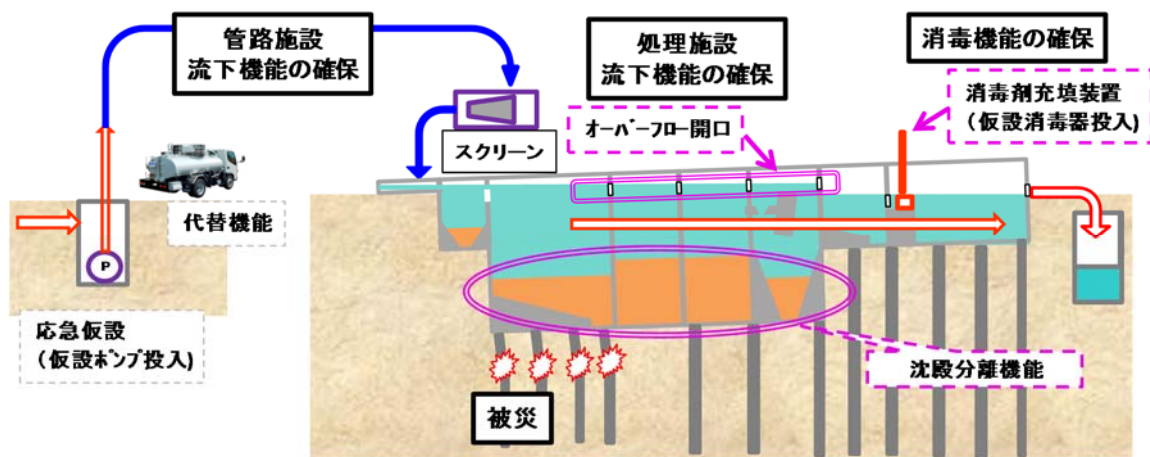


図 4-2-1 確保すべき耐震性能の確保（イメージ図）

4.3 確保すべき機能等の対策

地域の状況に応じて時間軸を考慮した耐震対策を行う場合、被災による影響を低減するための確保しなければならない機能として、汚水の流下機能及び消毒機能の確保を位置づける。

この対策については、既存施設で既に対応済みであれば対応の必要はないが、未対応の場合は、速やかに実施する必要がある。

[解説]

(1) 汚水の流下機能の確保

汚水の流下機能の確保とは、通常時の汚水処理機能が停止しても、処理場へ流入する汚水が流入部（前処理部）から放流部まで流下することを指す。

地震による処理機能の停止原因には、躯体構造物破損以外にも機器・配管・電気設備等の破損や停電等が予測される。汚水の流下機能が確保されれば、例え停電等によって正常な処理機能を失っても、汚水が沈殿分離操作を受けて放流されることになり汚水放流が環境へ与える影響を低減することができる。建築基準法告示構造第4（沈殿放流の浄化槽）の規定では、沈殿容量が約10時間（100人槽の例）でBOD除去率55%以上が期待できるとされる。

集落排水施設は、鉄筋コンクリート壁で多くの水槽に仕切られており、内部水槽の応力支点間が小さいので構造的には外周壁以外の構造部材は耐震性能上問題となることは少ない。

構造的流下機能の確保については、流入部、処理槽部、放流（消毒）部の大まかに3部分に分けて考えることができる。

ア) 流入部

汚水の流入方式は自然流入とポンプ流入に分けられる。

自然流入方式では躯体床付けが処理槽部と同程度か又は深くなっている。原水ポンプ槽を設けて汚水をポンプ揚水し、流入部管理用階段室が設けられているのが通常である。原水ポンプ槽容量は比較的小さく、階段室も狭いので応力支点間も小さく躯体構造的な問題は比較的少ないことが多い。しかし、地震での地盤と躯体間にズレによる流入管損傷のおそれがある場合には埋設深が深いため修復が容易でないことから平常時に計画的に対策する必要がある。また、ポンプ揚水では停電対策としてエンジン付ポンプが設備されることが多いが、燃料容量が長時間運転に対応していない場合には、別途、対策が必要である。

一方、ポンプ流入での前処理施設の水槽類は比較的浅く、処理槽部に隣接する比較的浅い躯体か、処理槽部と同じ構造体として建設されている。流入汚水は、流入管から流量調整槽へは比較的容易に自然流下させることができる。

イ) 処理槽部

流量調整槽には後段への処理槽へオーバーフローする開口を設けるのが通常である。したがって、流量調整槽から消毒・放流部までは動力を要せずに自然流下させることができる。しかし、主処理槽内移流バッフルや沈殿槽センターウェルへの移送管、沈殿槽越流堰が破損すると汚水流下障害のおそれがある。その場合には水槽仕切壁上部に開口を設ける。オーバーフローさせる開口はできるだけ正常時の処理経路の順となるようにして震災時の沈殿分離機能を確保するようにする。

流量調整槽から主処理水槽へのオーバーフローが壁開口ではなく非常用ポンプ移送の場合は、非常用ポンプが電動機駆動のときは停電対策を講じる必要がある。

ロ) 放流（消毒）部

放流部の水槽容量（散水ポンプ槽、消毒槽、放流ポンプ槽）は比較的小さく、流下方向に隣接して設けられていることが多い。また、消毒槽はその特性により水面上の空間が他の水槽と隔離されており、これらの水槽構造は耐震性能的に問題となることは少ない。

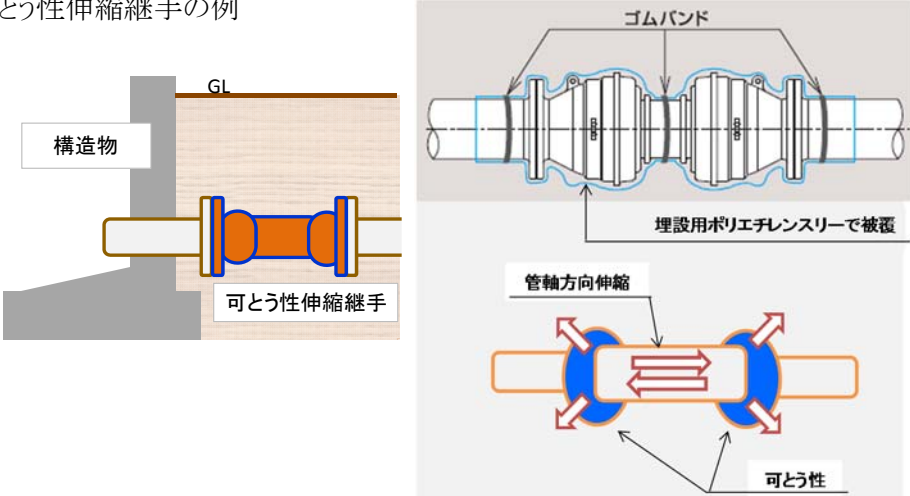
放流ポンプ等の電動機駆動がある場合は、停電対策を講じる必要がある。

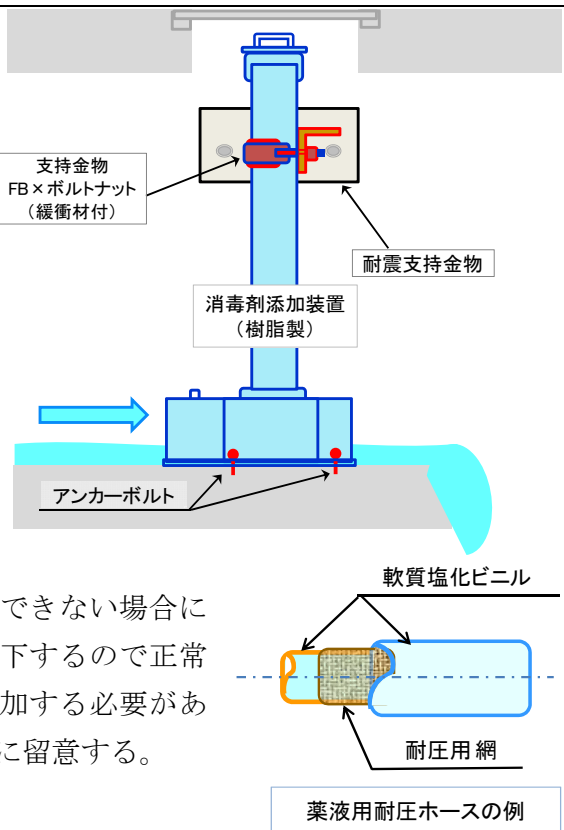
(2) 消毒機能の確保

汚水の消毒機能の確保とは、排泄物に含まれるおそれがある病原菌による水系感染のリスクを消毒操作によって減らして、環境水中に放流することを言う。

消毒効果は、汚水中の濁質に大きく影響される（濁質が病原菌と消毒剤との接触機会を阻害する）。そのため、正常な水処理機能が担保されない場合には消毒機能を確保するため、処理場全体の水槽を使って沈殿分離操作を行い、分離液を消毒した後環境水域へ放流する。消毒槽は、前述のように構造的には耐震性を有することが多く、耐震対策としては固形塩素剤の備蓄を検討する。また、地震動に応じた塩素剤充填器の支持対策が必要であるが、充填器の損傷時にはネット状袋や麻袋での代替も可能である。

表 4-3-1 汚水の流下機能の確保と消毒機能の確保

埋設配管 (自然流入管) (自然放流管)	可とう性伸縮継手の例 
汚水の流下機能 の確保 (流入・放流)	地下階に原水ポンプ槽がある処理施設やポンプ放流の施設では、停電によってポンプが停止すると処理施設が冠水するおそれがある。そのため、停電対策として非常用自家発電機（自家発）または非常用エンジンポンプの設置を検討する。また、重要度区分A種の施設では自家発等の電源が確立するまでの制御・通信等の電源喪失に備えて無停電電源装置（UPS）の設置が望ましい。 ・ 非常用発電設備の燃料貯蔵に当たっては、消防法の規制により最大貯油量の制限を受けることから、長期間の停電が予測される場合には、震災時の燃料供給体制も検討する。 ・ 大型可搬式発電機による電源供給を計画する場合には、非常電源受電盤の設置を検討する。 ・ 非常用エンジンポンプや燃料貯蔵タンクは、冠水を避ける位置に設置することが望ましい。

消毒機能の確保	処理水の消毒方法は、一般的に固形塩素剤溶解方式が多い。 固形塩素剤の添加装置は、固形薬剤の貯蔵部と溶解量調整部が一体となった樹脂製装置が多い。支持金物材料は、腐食雰囲気を設置するので耐食性とする。 液体塩素剤の注入管は、耐衝撃性の耐震性のある材料とする。 また、生物処理機能が期待できない場合には、汚水中の細菌類除去が低下するので正常時より有効塩素濃度を多く添加する必要がある、正常時から消毒剤の在庫に留意する。 
----------------	--

4.4 耐震補強等の工法選定

耐震補強の工法は、施工性、安全性、経済性、周辺環境に与える影響度及び維持管理の容易性を考えて選定されなければならない。

[解説]

(1) 工法選択方法

供用中の既設構造物の水槽等に耐震補強等を施す場合には、多くの場合、該当補強箇所の代替機能を有する仮設施設を設置し、汚水処理を停止することなく工事することが要求される。また、既存施設では、施工期間、施工スペースが制限され、施工性、安全性、経済性、周辺環境への影響度及び維持管理の容易性を考えた工法を選択することが望ましい。

耐震補強は、現状構造物の地震時の危険性を減少させる一つの方法として選択されるが、地震時に想定される損傷形態や被災程度とそれが及ぼす影響度合い、復旧の難易度によって現実にはその補強程度や方法が変わってくる。

また、処理水槽壁の耐震補強等において、壁厚の打増等を検討する場合には、施設容量を低減させことになるので、現況の計画人口等からみて十分な施設容量を確保できているかを確認しなければならない。言い換えれば、耐震検討に併せて、施設の計画人口の見直しや汚水処理法の変更等も検討し、処理水槽の容量や水深を低減化することができる場合は、処理水槽壁の打増等の経済的な補強も可能となるので、構造的な検討だけでなく事業計画や汚水処理方式として総合的に検討することも有効である。

一方、農業集落排水施設は構造物としては、地上高が低く、構造物の建設面積や水槽径間も比較的小さいため、耐震補強工法等の選択肢はあまり多くはなく、且つ、比較的単純な工法となることが多い。

(2) 一般的な耐震補強工法

これまでの震災事例などから、甚大な被害に結びついた構造要素（せん断耐力が不足した橋脚、地下鉄の中柱、落橋に至った支承周辺構造等）が着目され、これを効果的に補強する以下のような対策が検討されている。

- ア) 橋梁・基礎構造物の鉄筋コンクリート脚柱では、鋼板や鉄筋コンクリート又は炭素繊維を巻立てて補強する工法が実用化されている。
- イ) 土構造物の護岸・岸壁では、背面土圧や液状化圧力等を軽減する地盤改良、既存護岸の変形を抑制する異種構造物の併設、既設構造物の一体化などが考えられている。
- ウ) 埋設管路の補強方法としては、可とう管や内面バンドによる可とう性の向上、管路の敷設替え、管路周辺の埋戻し材の置換や地盤改良工法が挙げられる。

(3) 類似施設の耐震補強工法

表 4-4-1 に施設ごとの補強方法の例を示す。

表 4-4-1 施設ごとの補強方法の例

施設名		対策	補強方法
④擁壁、 ⑤開水路、 ⑥ファームポンド、 ⑪ポンプ場等	躯体部	耐力不足への対応 じん性の増大	コンクリート巻立て及び増打ち 炭素繊維巻立て 鋼板接着 あと施工アンカーによるせん断補強 バットレス 耐震壁増打ち（ブレース）
	基礎部	耐力不足への対応 支持力不足への対応 液状化対策	フーチング部コンクリート増打ち、増し杭、 地中連続壁及び鋼矢板などの構築、地盤改良
⑧パイプライン		相対変位防止 耐力不足への対応 液状化対策	必要に応じて可とう管の設置、管路の布設替 え、（既設管内挿入工法を含む）、管路周辺の 埋戻し材の置換及び地盤改良 内面バンドによる継手の可とう性向上

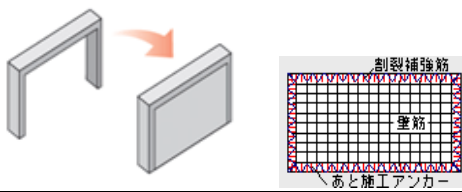
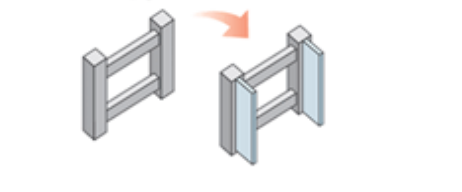
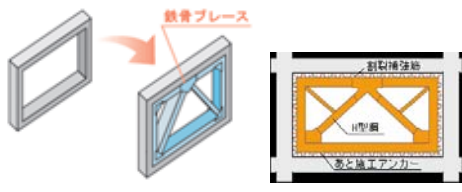
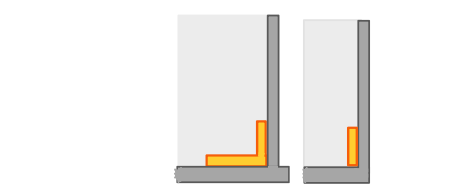
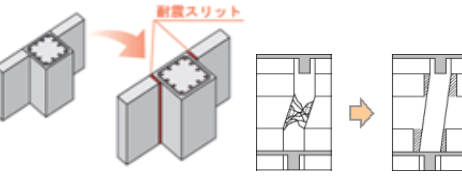
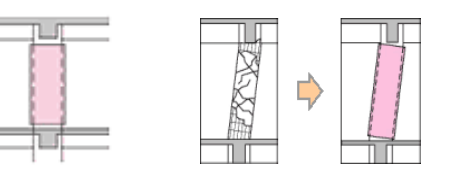
施設名			対策	補強方法
その他	立坑	躯体	耐力不足への対応	内面コンクリート増打ち、ブレース材の設置
		地中部	地盤支持力強化	地盤改良
		接続部	相対変位防止	可とう性ジョイントの設置、既設継手の補強
	シールド （セグメント）		相対変位防止 （応力集中防止） 耐力不足への対応 液状化対策	構造物との接続部へ可とう性ジョイントの設置 管渠内の補強（縮小断面の構築） 一部地盤改良
	建築構造物	上屋	荷重低減 耐力不足への対応 じん性の増大 短柱沓座	重量低減 柱・はり補強 耐震壁増打ち（ブレース） スリット改造
		基礎部	地耐力強化 液状化対策	躯体近傍への地中連続壁及び鋼矢板などの構築 地盤改良

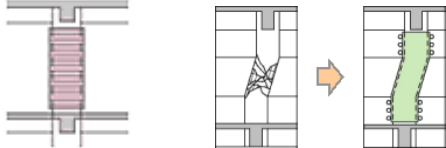
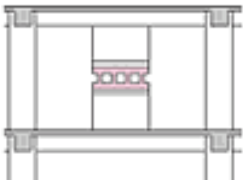
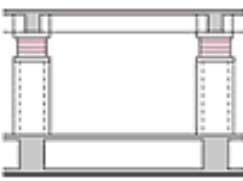
資料：土地改良事業設計指針「耐震設計」（平成 27 年版）

4.5 土木・建築構造物耐震補強（工法例）

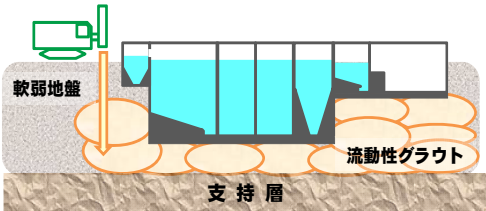
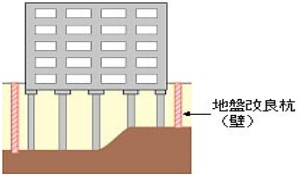
既設の集落排水施設の耐震補強の工法について、処理水槽等の土木構造物、基礎部（直接基礎、杭基礎）、建屋等の建築物の例を次に示す。

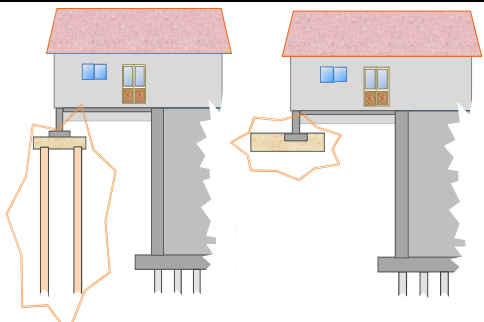
（1）処理水槽等の土木構造物

項目	対策イメージ	適用
後打壁の増設 （内部開口部等に壁 新設）		新たな壁を鉄筋コンクリート・鉄板壁等で増設し耐震補強を行う。建物の内部、外部を問わずに設置できる。
後打壁の増設 （外部壁に壁増設） （バットレス等）		耐震壁などの構造躯体を建物の外部に増設することで耐震改修を行う。構造物周辺や敷地に余裕がある場合に適する。
鉄骨枠組増設		柱・梁に囲まれた中に鉄骨ブレースを増設することにより耐震補強を行う。開口部を残しながら耐震性能を向上させることが可能。
後打部分補強等 （応力不足部位の補強） （隅角部のハンチ補強）		壁や床版の応力不足部位に部分的に増打補強する。 一般に、ハンチは耐力を増加させ、隅角部における応力伝達を円滑にする効果をもつ。
【参考】 柱耐震補強 （耐震スリット）		鉄筋コンクリート造の既存柱に近くに隙間を設けて柱の粘り強さを向上させる。これ以外の補強方法を組合せて行うことが一般的。
【参考】 柱耐震補強 （柱巻き付け補強）	柱増打ち補強、鋼板巻き補強 	柱外周を補強することで、ねばり強さと圧縮強さを向上。

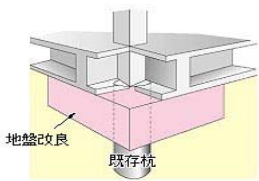
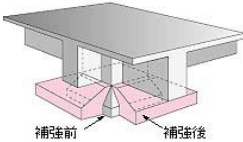
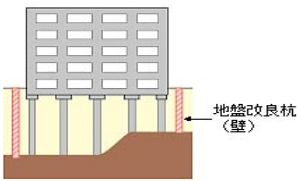
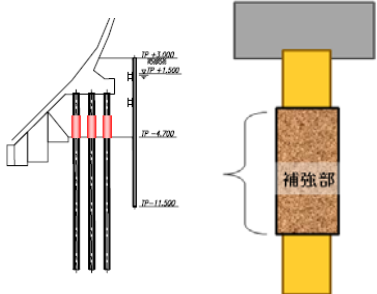
【参考】 柱耐震補強 (柱巻き付け補強)	繊維巻き補強 	柱外周を補強することで、ねばり強さが向上
重量低減		構造体等の一部を撤去することによって全体の重量を低減させる。これ以外の補強工法を組み合わせて行うことが一般的。
【参考】 その他の耐震補強等	制震 	免震装置を建物の基礎下や中間階に設けることで地震力の建物への入力を大幅に低減することにより、構造体の損傷低減を図る。
	免震 	制震補強は制震ダンパーなどで、建物に影響を与える地震力を吸収することにより、構造体の損傷低減を図る。

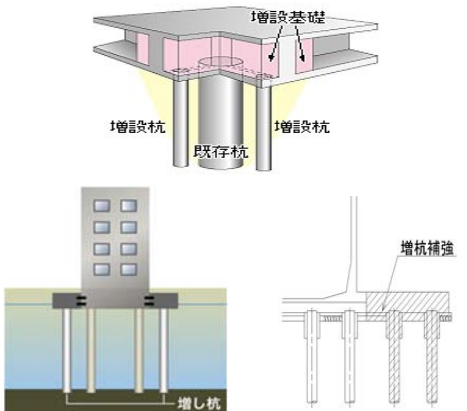
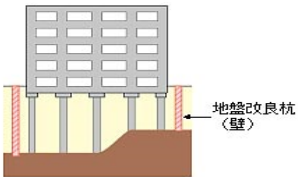
(2) 基礎部（直接基礎）

項目	対策イメージ	適用
地下水位制御工法	ソイルセメント遮水工法、 地中遮水膜連続壁工法、 ディープウェル工法	地下水の水位を制御することにより、地盤を液状化しにくくする。
注入固結工法 (静的圧入締固め工法等)		極めて流動性の低いモルタル・薬液などを地盤中に静的圧入して固結体を造成し、この固結体による締固め効果で周辺地盤を圧縮強化する工法。
地盤改良杭の追加		新たに地盤改良杭を建物外周に囲うことにより地盤を液状化しにくくする。

【参考】 基礎形式の変更 (現場造成杭等)		直接基礎を杭基礎に変更する。
【参考】 基礎形状の変更		直接基礎底版の面積を拡大する

(3) 基礎部（杭基礎）

項目	対策イメージ	適用
杭頭部の地盤改良		既存杭の頭部周辺の地盤を改良し安定させ、杭を補強する。
杭周りの地盤改良		杭の周辺・先端を地盤改良し、地盤と杭の間の摩擦力を向上させ、支持力を改善する。
地盤改良杭(壁)の追加		新たに地盤改良杭を建物外周に囲うことにより地盤を液状化しにくくする。
杭の補強		既存杭の頭部に鋼管や繊維シートを巻き付け、杭頭部を補強する。

杭の増設		新たに杭を増設することにより基礎を補強する。
土圧壁の増設		新たに地中連続壁を増設することにより基礎を補強する。

(4) 建屋等の建築構造物

集落排水施設の上屋等については、建築基準法(新耐震基準)に基づいており、要求される耐震性能を満たしており、補強等は不要であるが参考までに耐震補強の例や参考資料を示す。

建築物の耐震補強の例は、(1) 処理水槽等の土木構造物と同様および次の資料を参照する。

<一般財団法人日本建築防災協会出版物>

- ・既存鉄筋コンクリート造建築物の耐震診断基準・改修設計指針・同解説
2001年改訂版 (H13.10改訂)
- ・既存鉄骨鉄筋コンクリート造建築物の耐震診断基準・改修設計指針・同解説
2009年改訂版 (H21.12改訂)
- ・耐震改修促進法のための既存鉄骨造建築物の耐震診断および耐震改修指針・同解説 2011年改訂版 (H23.9改訂)
- ・既存壁式鉄筋コンクリート造等の建築物の簡易耐震診断法 (17.7発行)
- ・既存鉄筋コンクリート造建築物の外側耐震改修マニュアル (H14.9発行)
- ・既存鉄筋コンクリート造建築物の免震・制震による耐震改修ガイドライン (H18.6発行)
- ・連続繊維補強材を用いた既存鉄筋コンクリート造及び鉄骨鉄筋コンクリート造建築物の耐震改修設計・施工指針(2010年改訂版) (H22.2発行)
- ・既存鉄筋コンクリート造建築物の耐震改修事例集(2009) (H21.7発行)
- ・既存鉄筋コンクリート造建築物の耐震改修事例集 第Ⅲ集(H26.6発行)
- ・既存鉄筋コンクリート造建築物の耐震改修事例集 第Ⅲ集(H26.6発行)

4.6 地盤耐震補強等（液状化対策）

地盤の液状化は、管路施設等の被災原因の一つであり、重要度や被災の影響度に応じて、地盤の液状化判定を行い、対策が必要な施設に対して必要な対策を講じる必要がある。

液状化の判定には、液状化しやすい条件等を参考にしながら、一般的に多く用いられているFL値法を標準とする。

既設構造物の液状化対策は、新設構造物と比較して地盤調査や対策工事を行う上で、制約を受けることから、条件に応じた液状化対策を選定する必要がある。

〔解説〕

(1) 液状化対策

液状化対策は、施設の重要度、被災による影響が大きい施設及び箇所(5.2(1)ア)、被災しやすい立地場所及び箇所(5.2(2)イ)に留意しながら、地形・地質調査結果を踏まえた液状化の可能性等について検討を行い、対策が必要な施設について、必要な対策を講じる必要がある。

液状化の判定については、以下に示す液状化しやすい条件等を参考にしながら、地盤内のある深さの液状化強度比 R （せん断応力で表した液状化強度と有効拘束圧の比）を、 N 値や粒径等から求めるFL値法を標準として行う。

<液状化しやすい条件について>

ア) 地盤の液状化の判定を行う必要がある砂質土層

構造物の基礎地盤の砂質土層が、以下の3つの条件すべてに該当する場合には、地震時に液状化が生じる可能性がある。

- ・地下水位が現地盤面から10m以内にあり、かつ、現地盤面から20m以内の深さに存在する飽和土層
- ・細粒分含有率 F_c が35%以下の土層、又は、 F_c が35%を超えても塑性指数 I_p が15%以下の土層
- ・平均粒径 D_{50} が10mm以下で、かつ、10%粒径 D_{10} が1mm以下である土層

（出典：土地改良事業計画設計基準・設計「パイプライン」平成21年3月 P359）

イ) 地形的な条件で把握する方法

表 2.1.3のような地形では液状化が発生しやすいといわれる。

また、「液状化地域ゾーニングマニュアル」⁴⁾では、より詳細な微地形区分による液状化可能性の判断基準が示されており、参考にすることができる。

表2.1.3 液状化の起こりやすい地形区分⁵⁾に加筆

区 分	地形*) 条件
(A) 液状化する可能性が高い地域	現河道、旧河道、旧水面上の盛土地、埋立地
(B) 液状化する可能性がある地域	(A)、(C)に属さない沖積低地
(C) 液状化する可能性が低い地域	台地、丘陵、山地、扇状地

*) 地形の形成過程によって分類した細かい地形のことをいい、「微地形」ともいう。

4) 「液状化地域ゾーニングマニュアル」国土庁防災局震災対策課（平成10年）

5) 「共同溝設計指針」（社）日本道路協会（昭和61年）

（出典：下水道の地震対策マニュアル2006年版 P37）

ウ) 埋戻し土の液状化による被害の可能性の判定手法

埋戻し土の液状化による被害の可能性の判定手法としては確立したものがないが、これまでの被害事例から、以下の条件全てに該当する場合に埋戻し土の液状化による被害の可能性がある。

- ①地下水位が高い場合（G.L.－3m以浅）
- ②埋設深度が深い場合（管きよの土被りがG.L.－2m以深、かつ、地下水以下）
- ③周辺地盤が軟弱な場合（緩い砂地盤（概ねN値 ≤ 15 ）、軟弱粘性土地盤（概ねN値 ≤ 7 ）等）

（出典：下水道の地震対策マニュアル2006年版 P39）

< F L 値法 >

F L 値法は、まず地盤内のある深さの液状化強度比（せん断応力で表した液状化強度と有効拘束圧の比）Rを、N値や粒径等から求める。次に、その土に地震時に加わる繰り返しせん断応力比Lを地表最大加速度などから推定して、両者の比を液状化に対する抵抗率（又は安全率とも呼ぶ）F Lを次式で求める。

$$F L = R / L = R_{\max} / L_{\max}$$

ここに、R、R_{max}：液状化強度比

L、L_{max}：繰り返しせん断応力比

算定の結果、F L ≤ 1 であれば液状化の可能性があり、F L > 1であれば可能性が小さいと判断する。なお、ここでmaxと記す場合には、地震荷重のもとでの液状化強度比と繰り返しせん断応力比を、記さない場合には一様振幅荷重のもとでの意味を表している。

（出典：土地改良事業計画設計基準・設計「パイプライン」平成21年3月 P359）

(2) 液状化の発生条件と対応策

液状化の発生には大きく4つの条件があり、その発生条件に対する対応策を検討する。液状化の発生条件と対応策の例を表 4-6-1、液状化対策の原理と方法を図 4-6-1に示す。

既設管路の液状化対策については、5.1(2)既設管路と同様に、老朽化による整備更新や布設替時に、液状化対策が必要と判断される場合には、必要な対策を行うこととする。なお、参考として類似するパイプラインの液状化対策を表 4-6-2に示す。

表 4-6-1 液状化の発生条件と対応策の例

液状化の発生条件		対応策の例	
①	砂質土及び軟弱な中間土 (砂と一部のシルト)	地層を固化する 良質土に置換する	地盤改良
②	沖積層や埋立地など (ゆるく堆積している)	液状化する地層に穴を掘り、そこに砂を振動工法等で押し込むことにより元の地盤を横方向に圧縮する方法等	締め固め 載荷工法
③	地下水位が高い	止水壁を設け、その中の地下水位を下げる	各種の 排水ドレーン工法
④	強い(あるいは長い) 地震動が発生する	地中に壁を作り、地震の揺れが来た時に、地層内の変形が生じにくくする。囲った原地盤に伝わる地震力が低減される。	地盤変形抑制

表 4-6-2 パイプラインの液状化対策(地震応答対策)

被災の内容	対策を考慮するポイント	対策例
現地盤の液状化	【液状化の予想される飽和砂質土層】	
	・埋戻し土に対して行う対策	・埋戻し土の密度を高める。(厳密な管理を行う) ・碎石など液状化抵抗力の高い材料を埋戻し材料として使用する。 ・ソイルセメントなどの液状化しない材料を埋戻し材として用いる。
	・現地盤に対して行う対策	・地下水位を低下させる。 ・地震時に発生する過剰間隙水圧を低く抑えるためのドレーンを設置する。 ・地盤改良等の対策を行う。
	・管路に対して行う対策	・一体構造の管路の場合には地盤ひずみを吸収する特殊管を採用する。 ・伸縮可とう性が大きく離脱防止機構を持った鎖構造継ぎ手の管路を使用する。
埋戻し土の液状化	【液状化の予想される埋戻し土】	
	・埋戻し土に対して行う対策	・埋戻し土の密度を高める。(厳密な管理を行う) ・碎石など液状化抵抗力の高い材料を埋戻し材料として使用する。 ・ソイルセメントなどの液状化しない材料を埋戻し材として用いる。^{*1)}
	・現地盤に対して行う対策	・地下水位を低下させる。
	・管路に対して行う対策	・一体構造の管路の場合には地盤ひずみを吸収する特殊管を採用する。 ・伸縮可とう性が大きく離脱防止機構を持った鎖構造継ぎ手の管路を使用する。

1) 埋め戻し材料として、改良土を用いることによって大きな地盤反力を得ることができ完全に液状化を防止することが可能である。改良土としてはセメント系固化剤を用いたものが一般的である。埋設深さ数メートルのパイプラインの場合は、最大で200kPa程度の一軸圧縮強度が得られる配合とするが、現場配合での強度試験によって確認する必要がある。高強度の改良土の場合には、のちの開削工事の障害となることもあるため、十分注意する必要がある。^{)}

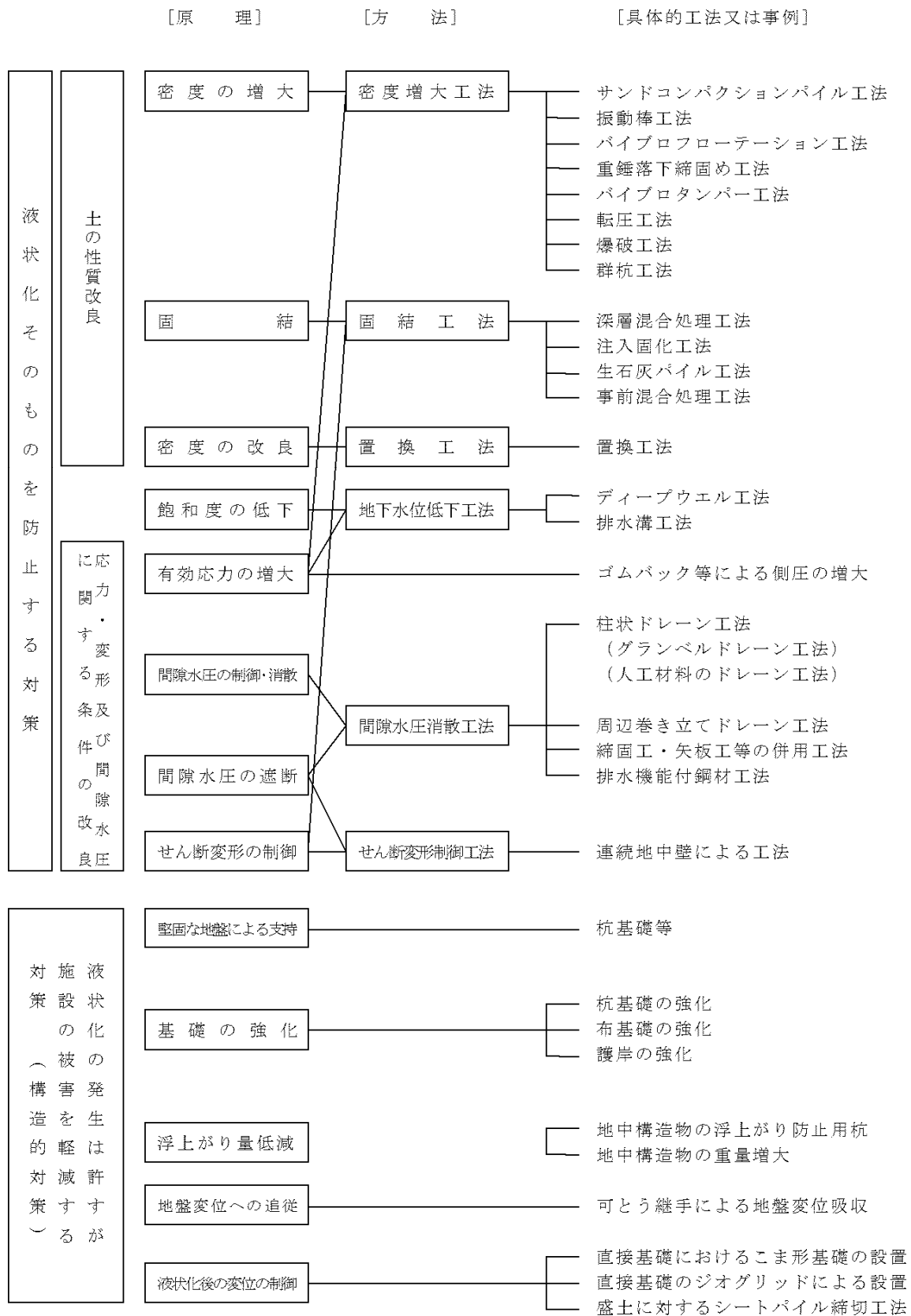


図 4-6-1 液状化対策の原理と方法

(出典：下水道施設の耐震対策指針と解説(2014年版) P 299)

(3) 既設構造物の制約と耐震補強等

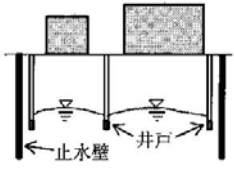
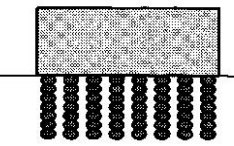
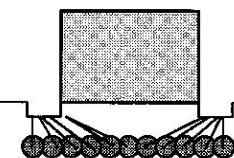
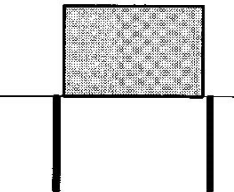
新設構造物と比較して、既設構造物の液状化対策には以下のような制約がある。

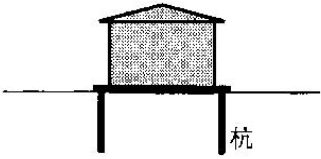
- ア) 構造物直下の地盤を液状化しないようにすることが最も効果的であるが、既設構造物ではこれができにくい。
- イ) 構造物を使用しながら耐震補強工を施さねばならず、適用施工機械などに制約を受ける。
- ウ) 対象とする構造物の近傍に構造物がある場合は、近傍への構造物へ影響を与えない施工方法を選定する必要がある。
- エ) 既設直下の地盤調査を行えないので、液状化の判定を行い難い（逆に既往の調査があることもある。）

上記のような制約の中、最近、既設構造物へ液状化対策事例が急増しており、新しい工法の研究開発も多く行われている。表 4-6-3に既設構造物の液状化対策の事例を示す。

表 4-6-3 既設構造物に対する液状化対策の方法

（安田進、既設構造物のための液状化対策の考え方、基礎工、34(4)、(2006)をもとに作成）

①既設の直接基礎構造物における対策事例 (土地改良事業設計指針「耐震設計」(平成27年版) P 297引用)		
(1) 井戸や排水溝による地下水低下		石油タンクヤードの対策 (大森、1988年、旧本p. 294)
(2) 底版にあけた孔からの締固めや薬液による固化		横浜税関の対策 (金子ら、2003年、旧本p. 505)
(3) 周囲からの薬液による固化		化学薬品タンクの対策 (日経コンストラクション、2005年10.14、p. 30～35)、ペルトコンベア基礎 (斉藤ら、2002年、新本p. 351)
(4) 鋼矢板による変形抑制		タンクの対策 (酒見ら、1996年、新本 p. 454)

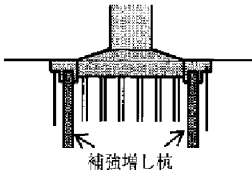
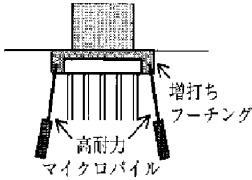
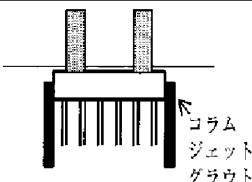
(5) 周囲からの杭打設		十勝沖地震後に復旧された家屋
--------------	---	----------------

注：表中(1)～(5)に示す事例で地盤工学会の以下の2冊の本(文献1)を旧本、文献2)を新本と呼ぶ)に載せられているものは、紙面の都合上、文献名を省略し、各本に記載されているページのみを示した。

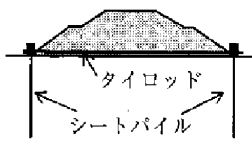
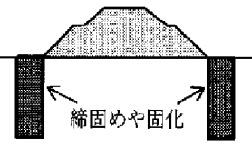
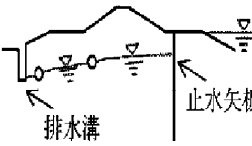
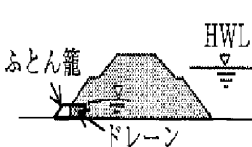
文献1：地盤工学会：液強化の調査・設計から施工まで、1993

文献2：液状化対策工、2004

②既設の杭基礎構造物における対策事例

(1) 増し杭		橋脚の補強（旧本、p. 388）
(2) 高耐力マイクロパイル		橋脚の補強（旧本、p. 442）
(3) 杭基礎周辺の地盤改良		橋脚の対策（阪神高速道路公団、1997年、新本 p. 440）

③既設の土構造物における対策事例

(1) シートパイルによる変形抑制		東海道新幹線の盛土対策（大橋ら、1980年、旧本 p. 422）淀川堤防の復旧（新本 p. 472）
(2) のり尻部の締固めや固化		荒川堤防の対策（旧本、p. 259）
(3) 排水溝による地下水位低下		八郎潟干拓堤防の復旧（秋田県土木部、1990年、旧本 p. 299）
(4) のり尻ドレーン工による盛土内の地下水位低下		十勝川堤防の復旧（北海道開発局帯広開発建設部、1994年、新本 p. 358）

第5章 その他（管路、機械・電気設備）の耐震対策

5.1 機械・電気設備耐震補強等

機械・電気設備の耐震補強等は次の事項に留意する。

- ・ 設備機器の耐震補強等は、機器等の移動、転倒防止のための支持・固定や地震動を和らげる緩衝材の設置を行うものとし、制御盤等の幅に比べて高さの高いものは、転倒防止のため、下部だけでなく上部も構造物に固定する。
- ・ 設備の固定は、直接構造物に固定するか堅固な基礎に固定するものとし、基礎は地震力等による浮き上がりを生じなく、且つ、設備に働く地震力を構造物に確実に伝達できる構造としなければならない
- ・ 耐震支持は、既存構造物（基礎・床・壁・天井等）にアンカーボルトを用いて緊結する。
- ・ 配管等（配管・ダクト・電気配線・ケーブルラック）の耐震補強措置は、地震動による応力、変形などを受けても実用上支障とならない範囲にとどめる。
- ・ 地震によって構造物と地盤が相互に変形・沈下しても、この相互変位量に対して地中埋設物が構造物との接続部で相対変位量に追随できる構造とする。

〔解説〕

(1) 機械・電気設備の被害状況

農業集落排水施設震災対応の手引き（農林水産省 平成25年3月）によると、過去10年間で震度6以上の地震による「汚水流下機能の確保」に係わる機械・電気設備の被害状況は、次のような設備機器の移動、転倒による機器・装置の損傷や設備間の配管の損傷等が確認されている。

- ・ 処理躯体への流入管破損、引込電線破断等（周囲地盤の液状化・沈下等が原因）
- ・ 前処理設備の故障等（流入水等による地下室水没が原因）
- ・ 回分槽上澄水排出装置破損
- ・ 高圧受電盤基礎固定部破損
- ・ 制御盤内制御部破損

(2) 機械・電気設備の耐震補強等

農村集落排水施設の設備機器の耐震対策及び補強等は、「建築設備耐震設計・施工指針 2014年版」（一財）日本建築センター[※]）に準拠するものとし、基礎ボルトや転倒防止用耐震ストッパ、防振装置付ストッパ、配線・配管類支持架台等の転倒や横滑りの検討を行い、次の事項に留意しながら必要な対策を行う。

また、表 5-1-1に耐震補強の例を示す。

- ア) 設備機器の耐震補強等は、アンカーボルト、支持材、支持架台、耐震ストッパ等を用いて鉄筋コンクリート構造物に、アンカーボルトを用いて緊結することを原則とし、無筋コンクリートやALC壁・軽量間仕切壁・構造スリット付壁などは地震に対して非構造物として挙動するので、固定を避ける。

- イ) 支持材や鉄骨架台などの支持構造物は、支持部材の地震動に対する安全性検討を行う。また、耐震設計・材料選定は地震時を対象としているので短期許容応力度法により照査する。
- ロ) 基礎部のアンカーボルトだけでは地震時転倒に対して難しい場合には、頂部支持材を検討する。
- エ) 樹脂製薬剤タンク等で、アンカーボルトだけでは十分な固定が難しい場合には、移動防止や転倒防止用のストッパを検討する。検討の際には、定常運転時に機器とストッパとが直接接触しないよう防振ゴムなどの緩衝材を設ける。また、複数の種類の薬液貯蔵タンクがある場合には、タンクや配管破損によって薬液混合 ($\text{FeCl}_2 + \text{Ca}(\text{ClO})_2$ など) による危険防止の検討も併せて行う。また、衝撃損傷を受けるおそれがある箇所の管材料は耐衝撃性硬質ポリ塩化ビニル管 (HIVP) やメッシュ入耐圧ホースなどを検討する。
- ウ) 配管・ダクト・電線管・ラック等は、自重支持だけでなく地震力により作用する力に対応する耐震支持を検討する。また、地震によって構造物と設備機器等とが相互に異なる振れが予想される場合には、可とう継手や可とう性のある配管構成を検討する。給・排気軸流ファン等のように重量が接続ダクトと異なる設備機器は地震力に対応する専用の耐震支持を施す。
- カ) 地震によって構造物と地盤が相互に変形・沈下を予測される場合には、この相互変位量に対して地中埋設物が柔軟に対応できる可とう継手や可とう性のある配管・配線等の設備構成とする。

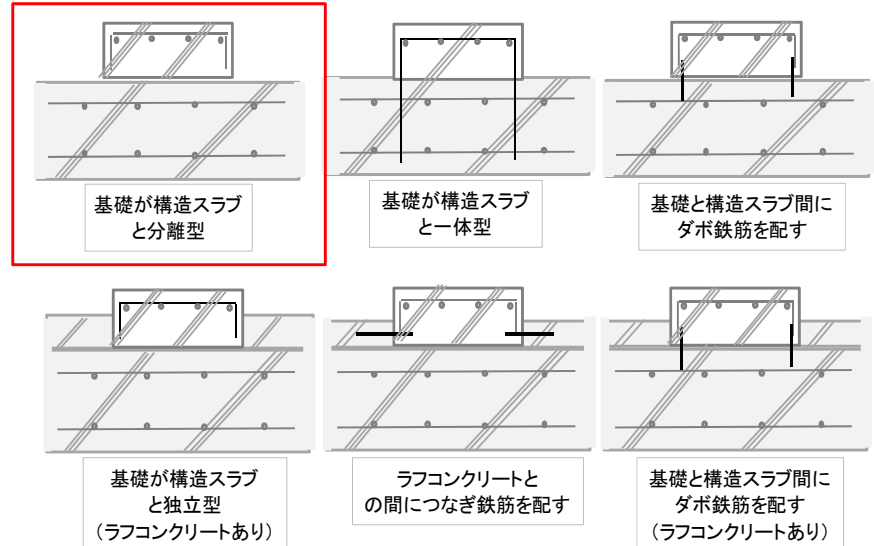
※) 「建築設備耐震設計・施工指針 2014年版」 (一財) 日本建築センター

東日本大震災の被害調査結果を踏まえ、2005年版以降に蓄積された知見をまとめ、配管類の耐震支持方法やアンカーボルトの計算例、建築基準法関連事項等を見直して、(独) 建築研究所が監修を行い「2011年版」を改訂した。

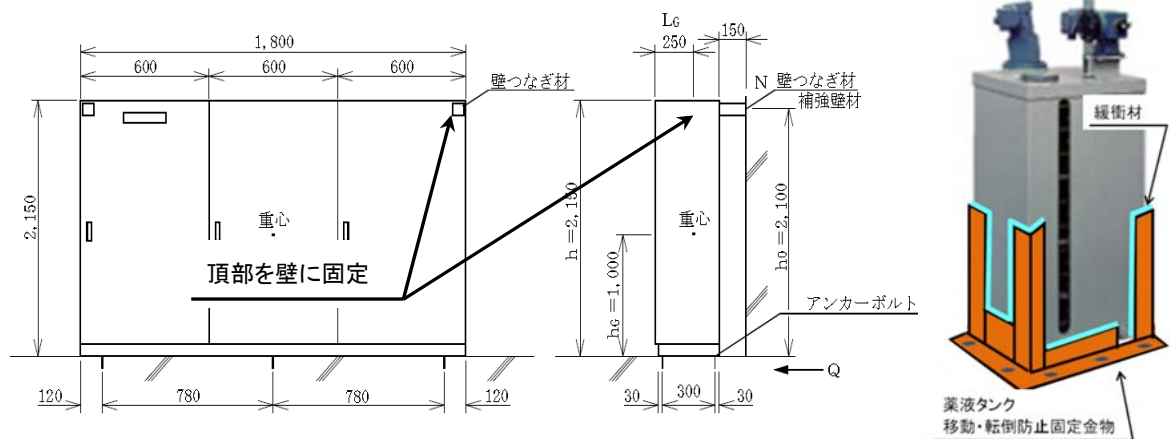
表 5-1-1 設備機器に対する耐震補強の方法例

1. 設備機器の耐震基礎の例

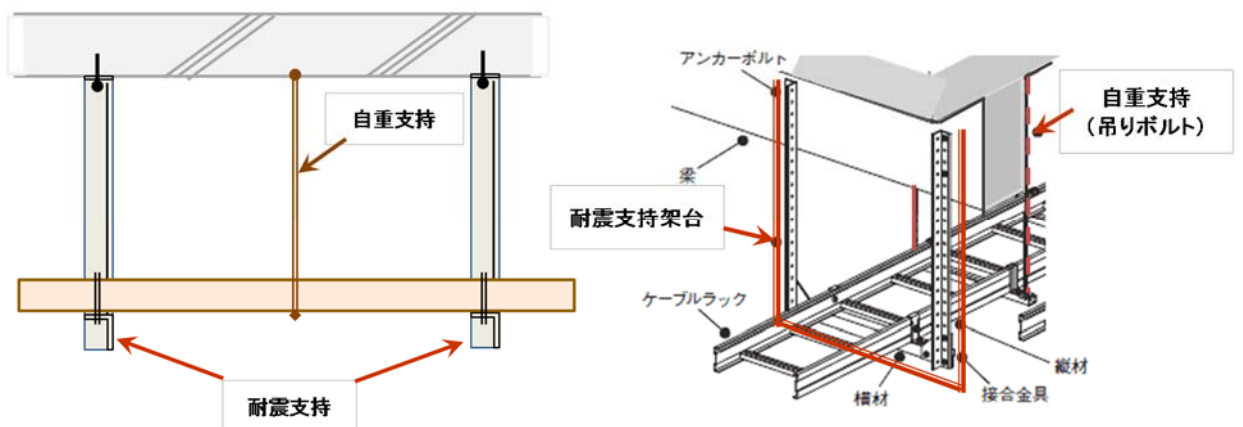
左上の基礎は独立基礎と通称され、過去の地震被害が多く、せん断力の伝達や基礎の転倒などに問題が多い。このような基礎については、後施工アンカーボルトで既設構造体に固定することを検討する。



2. 設備機器の頂部支持、移動・転倒防止の例



3. 自重支持と耐震支持の例（配管、ダクト、電線管、レースウェイ、ケーブルラック等）



4. 構造物と地盤間の相互変位の耐震補強等の例

地震動による土木・建築構造物と地盤間との相互変位方向および変位量の予測は、地震動の特性と地盤正常などの不確定要素が多く非常に困難である。口径の小さい配管や電線路などでは、上下左右の変位に対応する工夫がされている。しかし、集落排水施設における比較的管径の大きい流入管や放流管で埋設深が深い場合には、損傷を受けた場合には応急的修復が困難であり、十分な可とう性と伸縮性を有する継手を設置する。

① 比較的浅い埋設配管 「建築設備耐震設計・施工指針 2014年版」解図6.5-1(a)を参照すること。

設配管

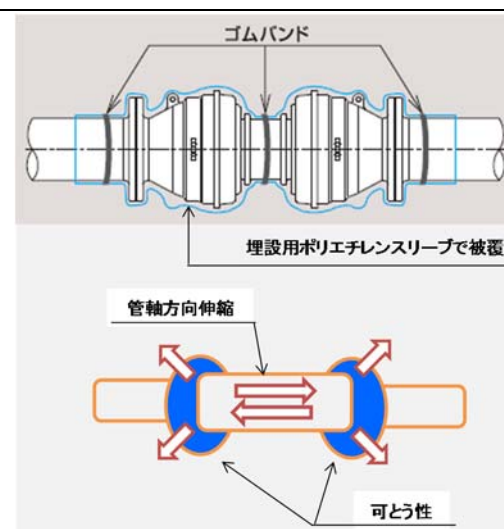
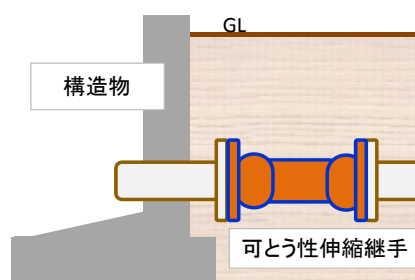
- ・ 管のたわみを性を利用する例
- ・ フレキシブル形管継手を利用する例
- ・ ユニバーサル形管継手を利用する例
- ・ ボールジョイント形管継手を利用する例
- ・ ボール型伸縮可とう管を利用する例
- ・ スイベル形管継手を利用する例

② 埋設配管

(自然流入管)

(自然放流管)

可とう性伸縮継手の例



③ 地中電線路

構造物への引き込みについての具体例は、「建築設備耐震設計・施工指針 2014年版」解図6.5-2(a)を参照すること。

また、地中電線路は「電気設備技術基準・解釈 第120条」の規定を遵守し、電線にケーブルを使用して、管路式、暗渠きょ式、直接埋設式のいずれかにより施設するが、地盤の液状化で電柱やハンドホール等に大きな損傷が危惧される場合は、「管路施設の耐震補強等」に記載する液状化対策に準じて対策する。

5.2 管路施設の耐震補強等

既設管路の耐震補強等は、新規整備の管路埋設工事と同様に、被災の影響や液状化の可能性等の検討を行い、耐震対策の必要性を検討した上で、対策が必要な施設について、必要な対策を講じることを原則とする。

一方、集落排水施設の管路は、一般的に小口径であり被災の影響が小さい。しかし延長が膨大であることから、全ての既設管路で新規整備と同様の対応は困難であり、効率的ではないことから、被災の影響が大きい箇所や老朽化による布設替工事時に、必要な対策を検討するものとする。

〔解説〕

(1) 新規管路施設（管路）整備の耐震対策

「H25年3月農業集落排水施設震災対応の手引き」では、これまでの地震における管路の被災事例の多くは、地震動や管基礎材及び埋戻し材料の液状化による管路のたるみ、管の離脱や破損、人孔と管路接合部の破損等である。これを受けて、新規整備の管路埋設工事においては、管路の路線計画、設計、施工、の各段階では、ア) に示す被災による影響が大きい施設及び箇所、イ) に示す被災しやすい立地場所及び箇所に留意しながら、地形・地質調査結果を踏まえた液状化の可能性及び地震動被災の危険性について検討を行い、耐震対策の必要性を検討した上で、対策が必要な施設について、必要な対策を講じるとなっている。

ア) 被災による影響が大きい施設及び箇所

- ・ 緊急輸送道路内の管路
- ・ 防災拠点や避難施設への経路内の管路
- ・ 集水域に防災拠点や避難施設がある管路
- ・ 橋梁添架部等で被害を受けて公共用水域への汚水流入の可能性がある管路

イ) 被災しやすい立地場所及び箇所

a. 地形的要因

- ・ 崖部や法肩
- ・ 盛土から切土への変化点
- ・ 軟弱地盤の地点
- ・ 基盤岩の上にある表層の土砂の厚みが急変する地点
- ・ 河川段丘部
- ・ 河川三角州部

b. 土質・地質的要因

- ・ 地下水位が高い地点
- ・ 埋戻し時の締固め作業性が悪い土質

c. 構造物と埋設管路の接合部（マンホール、処理施設流入部、水槽接続管部）

（「農業集落排水施設震災対応の手引き P59～65」を参照）

(2) 既設管路施設（管路）の耐震対策

集落排水施設の既設管路は、一般的に小口径であり被災の影響が小さい。しかし延長が膨大であることから、新規整備の管路埋設工事における耐震対策の考え方と同様に、既設管路の全てについて、被災の影響度等に留意しながら、液状化の可能性等の検討を行い、対策の必要性を検討した上で、対策が必要な施設を対象に必要な対策を講じることは現実的ではない。

そこで、既設管路の耐震対策については、市町村の地域防災計画等において重要度の高い緊急輸送道路に指定され被災による影響等が大きい場合に、地域の状況を総合的に検討して、実施の判断をするものとする。

なお、老朽化による整備更新や布設替えを行う場合には、新規整備の管路埋設工事における耐震対策の考え方に基づき、被災の影響度等に留意しながら、液状化の可能性等の検討を行い、対策の必要性を検討した上で、対策が必要な施設を対象に必要な対策を講じることとする。併せて、被災後の応急復旧が速やかに実施できるような体制の整備も検討しておく必要がある。

(3) 管路施設の耐震補強

過去の地震における管路の被災事例の多くは、地震動や管基礎材及び埋戻し材料の液状化による管路のたるみ、管の離脱や破損、人孔の突出と管路接合部の破損、電柱や中継ポンプ盤の倒壊等である。

これらに対策として、埋設地盤（埋戻し土）、管路構造物（管本体）、付帯構造物（人孔、中継ポンプ盤（動力制御盤））の観点から耐震対策の例を示す。

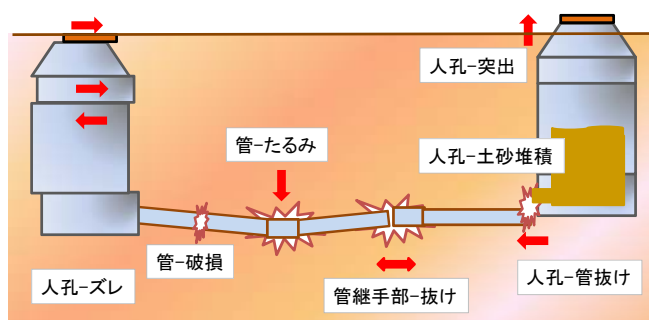


図 5-2-1 管路施設の地震被害箇所

(4) 埋設地盤（埋戻し土及び周辺地盤）の耐震補強

地盤の液状化対策は、次の3方式の特徴を踏まえ、地盤条件や経済性等を考慮して、工法を選定する。

ア) 固化改良土による埋戻し

固化改良土埋戻し工法は、発生残土の土捨て場が確保できない場合等の施工方法として採用されており、中越沖地震においてもその効果が確認されている。固化剤は石灰系、セメント系、マグネシウム系等の様々な材料が使用されており、設計強度、経済性、周辺環境への影響等を考慮して材料を選定する必要がある。以下に主な留意点を挙げる。

- a. 固化改良土埋戻し工法は、ドライ施工が必要なため、天候や地下水位等の現場条件により施工品質が左右される。このため、地下水位が高い場合等は、矢板

等を適切に配置し水の流入や地山の崩壊を防止するとともに、施工箇所の地下水を適切に排水（ポンプ排水等）する必要がある。

- b. 固化改良土の設計強度は、下水道では、室内試験による平均一軸圧縮強度（ σ_{28} ）＝100～200 kPa、現地における一軸圧縮強度として50～100kPaが採用されている。小口径管が主体の集落排水管路施設では、一軸圧縮強度（室内）100 kPa、現場圧縮強度50kPa で十分な液状化抵抗が期待できる。
- c. 固化剤の添加量は、固化剤、現地発生土の土質等により相違するため、事前に試験を行い適切な添加量を確認しておく。試験に当たっては、施工時の地下水の状況等を考慮する。
- d. セメント系固化改良土の場合には、改良土の製造から埋戻し完了までの時間を短くする必要がある。改良土製造後仮置きせざるを得ない場合には、仮置きと解きほぐしの過程における強度の減少を考慮した試験練りを行い、添加量を決める必要がある。
- e. 普通ポルトランドセメント等のセメント系固化剤を用いる場合は、六価クロム溶出試験を行い、安全性を確認しておく。

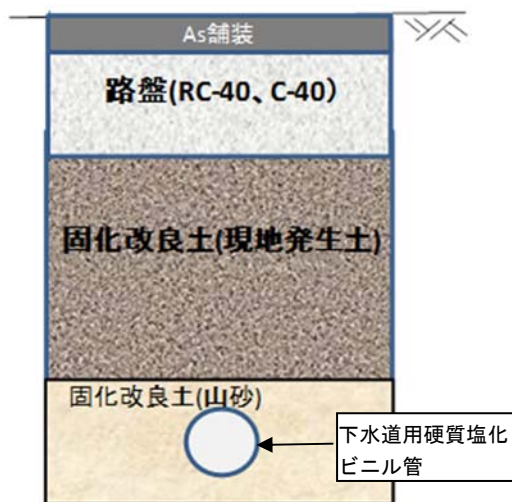


図 5-2-2 固化改良土埋戻し工法施工断面図

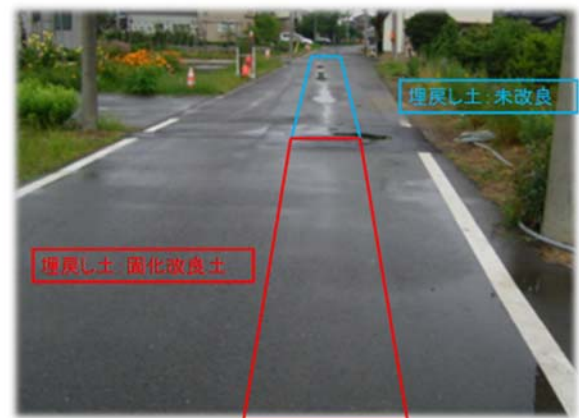


写真 5-2-1 中越沖地震時の再被災状況
（固化改良土埋戻し工法を採用した区間（写真手前）には路面沈下は見られないが、当該工法の未採用区間（写真奥）には路面沈下が見られる。）

イ) 碎石等による埋戻し

リブ付管等の碎石による埋戻しが可能な管材の採用により、碎石基礎による液状化対策が可能である。また、曲線設置が可能となることから、交差点等で他の埋設物があり原形復旧によるマンホールの再施工が困難な場合や曲線設置によりマンホールが減らせる場合等では経済的な工法となる場合がある。

碎石埋戻し工法においては、以下の点に留意するものとする。

- a. 間隙水を適切に排水するため、地下水位より上方まで碎石で埋戻す。
- b. 透水性の高い材料（例えば、10%通過粒度（D10）が1 mm以上の碎石、又は排

水効果の確認されている材料)で埋戻す。

c. 吸い出しによる、陥没、目詰まりを防止するために、適切な材料を選定する。

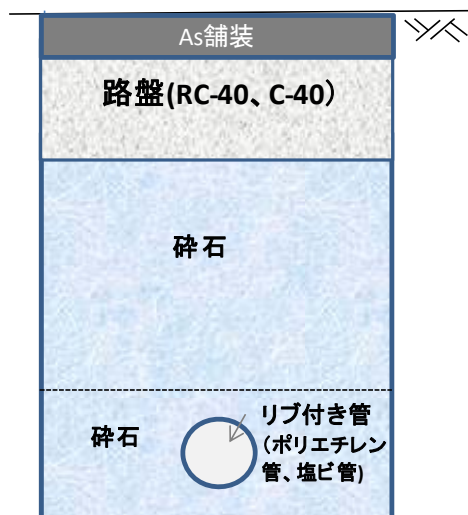


図 5-2-3 砕石埋戻工法施工断面図

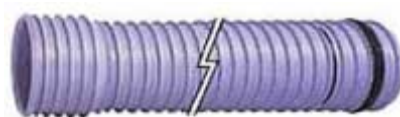


写真 5-2-2 リブ付塩化ビニル管

表 5-2-1 リブ付管基礎材の種類 (砂質土)

種 類	最大粒径 (mm)
砂	20
再生砂 ^(注)	
改良土 ^(注)	50
現場発生土 ^(注)	

注) 再生砂・改良土・現場発生土は、十分な地耐力が得られる(締固まる)ことを確認すること。

表 5-2-2 リブ付管基礎材の種類 (礫質土)

種 類		粒度範囲 (mm)
クラッシャーラン	C－４０	４０～０
	C－３０	３０～０
	C－２０	２０～０
粒度調整砕石	M－４０	４０～０
	M－３０	３０～０
	M－２０	２０～０
単粒度砕石	S－１３ （６号）	１３～５
	S－５ （７号）	５～２．５
再生砕石	R C－４０	４０～０
	R C－３０	３０～０
	R C－２０	２０～０

注) 礫質土を使用した場合、設計たわみ率は4%とする。これは、とう性管の許容たわみ率5% (土地改良事業計画設計基準 設計「パイプライン」基準書技術書平成10年3月より) に施工のバラツキ±1%を考慮したものである。(出典:新技術情報シリーズ (管路施設-3) 「リブ付硬質塩化ビニル管を使用した曲管システム」 参考資料H18.6地域環境資源センター)

り) 埋め戻し土の締め固め

管基礎及び埋戻し土の締め固め密度の向上により対策を行う際は、土質に適した転圧機械、転圧方法を検討するとともに、事前に試験施工による密度確認を行い、埋戻し土の土質等に応じて施工管理方法(工法指定、密度指定等)を定めて確実に指定した締め固め度を満足しているか確認する。

施工に当たっては、以下の点に留意するものとする。

- 締め固め1層の仕上がり厚さを薄くし、締め固めエネルギーの高い締め固め機械を使用するなど、埋戻し土の締め固め密度を厳密に管理し、密度の増大を図る。なお、工法指定による施工管理を行う場合は、まき出し厚さ又は仕上がり厚さ、転圧回数を試験施工の結果等をもとに定め、締め固め箇所に適した転圧機械(タコ、タンパ等)により、定めた仕様にに基づき転圧を行う。
- 管基礎及び埋戻し土の締め固めにおける最適な含水比を確保するため、地下水の量に応じてポンプ等により適切に排水する。なお、地下水位が高く掘削時に多量の湧水を生じる可能性がある場合には、埋戻し材の含水比調整や転圧が困難となるため、他の対策工法を検討することが望ましい。
- 現場での品質管理の頻度は、衝撃加速度試験方法等の即時性のある試験であれば層ごとに延長方向で数箇所実施することが望ましい。それによらない場合は、例えば深さ方向に2箇所程度以上、延長方向に1箇所程度以上の頻度で管理するなど、施工品質の確保に努める。

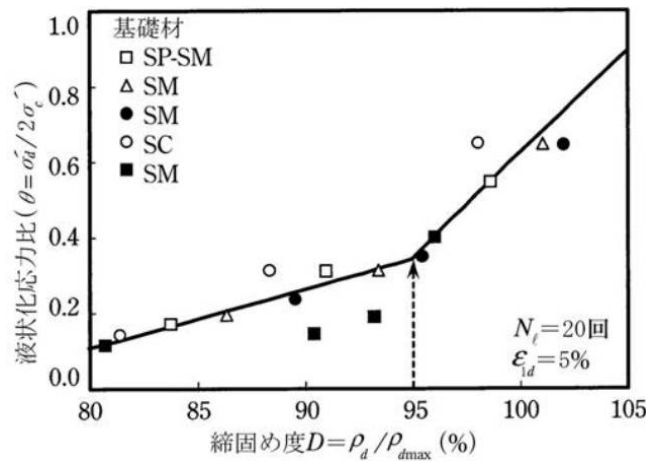


図 5-2-4 締め固め度と液状化応力

表 5-2-3 埋戻し土の液状化対策工

埋戻し方法	1) 固化改良土 埋戻し	2) 砕石等埋戻し	3) 埋戻し土締固め
概 要	地下水位以深を 固化改良土で埋 め戻す	透水性の高い材料で、地 下水位より上方まで埋 め戻す	良質土で締固めながら埋め戻 す
埋戻し材料	現地発生土 購入土	排水効果確認済み材料 透水性の高い材料	良質な砂 埋戻しに適した現地発生土
特徴等	埋戻し部が非液 状化層となるの で、液状化に対す る効果は大きい	人孔・管路近傍の過剰間 隙水圧消散のため、液状 化に対する効果は大き い	地下水位が高い場合には、適 用に注意する。 十分な締固めを行うことによ り埋戻し部の過剰間隙水圧を 小さくできる。

表5-2-3 方法について、2004年（新潟県中越地震）緊急提言し、その後の地震被害調査を通して、その有効性について国土技術政策総合研究所下水道研究部が報告している。

参考：「下水道管路施設埋戻し部へのセメント系改良土の適用に関する検討報告書」

国土技術政策総合研究所資料 No. 531 April 2009

<http://www.nilim.go.jp/lab/bcg/siryou/tnn/tnn0531.htm>

「下水道管路施設における耐震化技術の有効性」

国土技術政策総合研究所下水道研究部下水道研究室主任研究官 深谷渉

<http://www.nilim.go.jp/lab/bbg/saigai/h23tohoku/houkoku2/happyou/06.pdf>

(5) 管路構造物（管本体）の耐震補強等

管路構造物の耐震対策は、地震動による引張、圧縮、曲げ、せん断等に対応した地盤変状への耐震性が高い管材、または、沈下、浮力に対応する屈曲可能な管・継手の採用等によって対応することができる。

ア) 耐震性が高い管材の採用

ポリエチレン管や離脱防止継手（金具）を使用した硬質塩化ビニル管等の地盤変状への追随性が高い管材への変更により被災を軽減することが可能である（写真5-2-3、写真5-2-4参照）。

なお、資材によっては対策費用が割高であることから、施設の重要性や被災による影響等を考慮し採用を検討する。

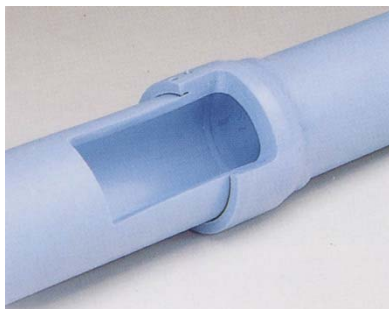


写真 5-2-3 ポリエチレン管の継手構造（例）
（電気融着接合方式）

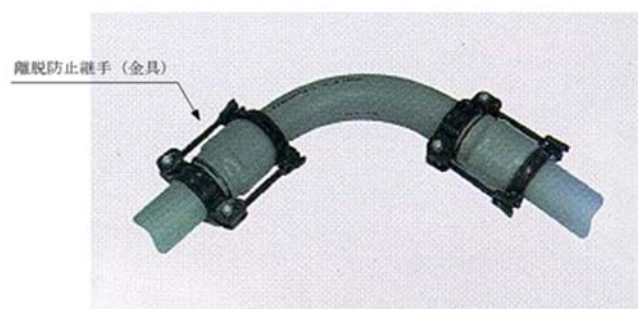
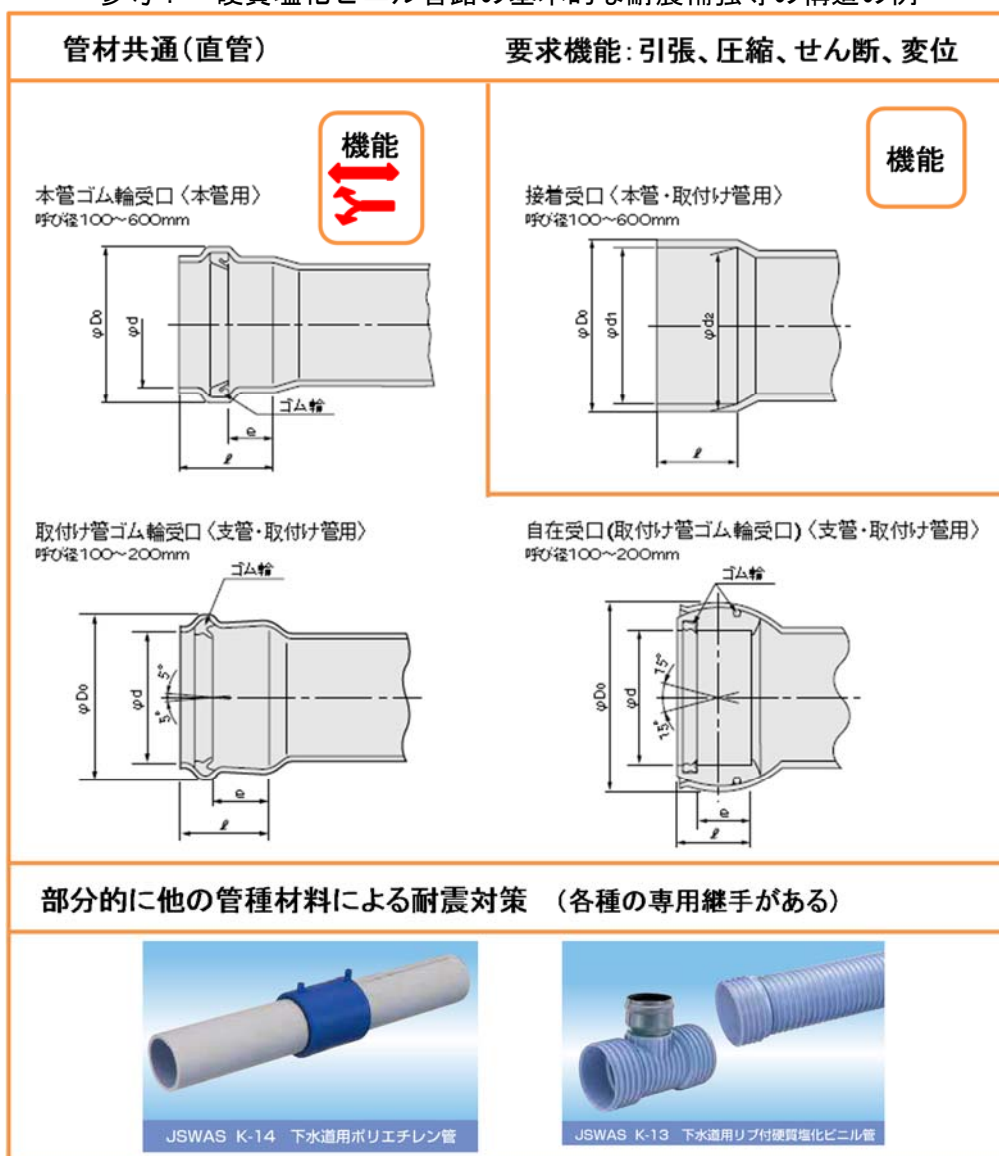


写真 5-2-4 硬質塩化ビニル管の離脱防止継手
（金具）

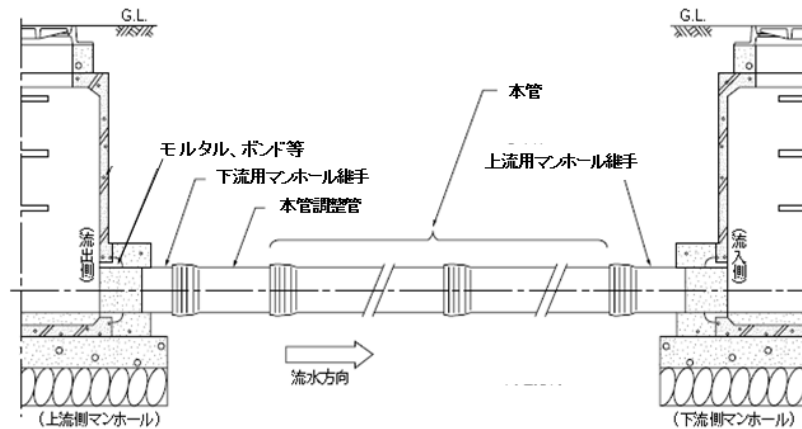
イ) 可とう性を有する継手等の採用

地震による変位に追随する可とう性を有する継手等は、管路施設や污水处理施設内の配管被災の軽減にも有効である。このため、管と管の継手部については、差し込み長を長くし、可とう性を有する継手の採用を検討する。また、マンホール、公共ますと管路（本管）との接合部については、可とう性を有する継手の採用を検討する。

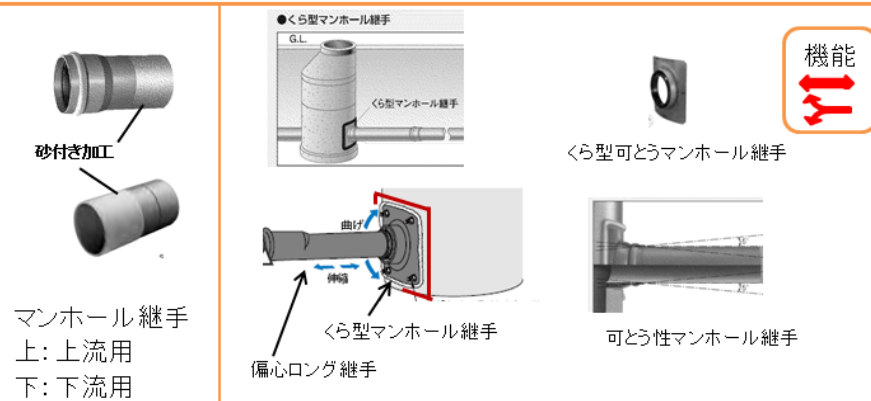
参考： 硬質塩化ビニル管路の基本的な耐震補強等の構造の例



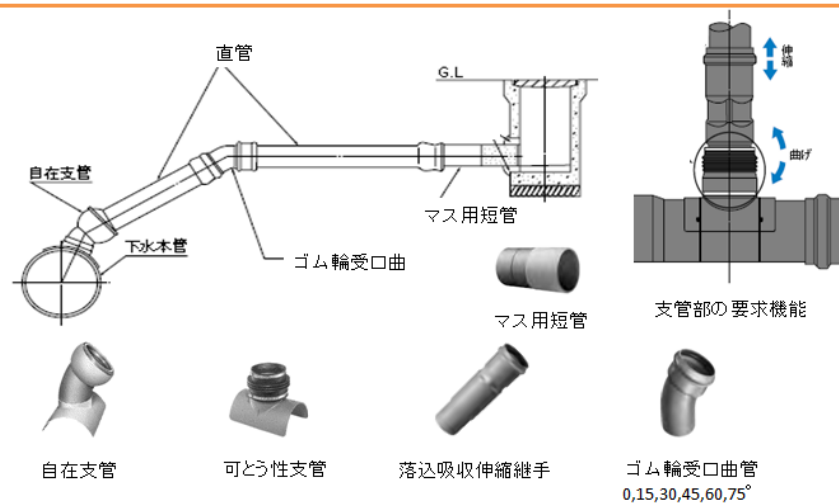
管路施設構成の例



人孔周りの管材の例



取付管材の例



- ・「下水道施設の耐震対策指針と解説 2014年版 4.2 差込継手管きよの耐震設計」
- ・「下水道用硬質塩化ビニル管の耐震対策について 塩化ビニル管・継手協会」
- ・「下水道用硬質塩化ビニル管技術資料 塩化ビニル管・継手協会 2012年8月」

(6) 人孔の耐震補強等の手法

これまでの地震におけるマンホールの被災事例の多くは、埋戻し材料の液状化による浮上である。対策の例としては、次のようなものがある。

ア) 可とう性を有する継手の設置

被災の影響度等を考慮して、必要に応じて、マンホールと管路との接合部に可とう性を有する継手を設け、地震発生時の変位に追随し、破損を軽減する製品の採用を検討する。ただし、液状化が発生し継手の許容変位量を超えた場合には、完全に離脱を防止することはできない。

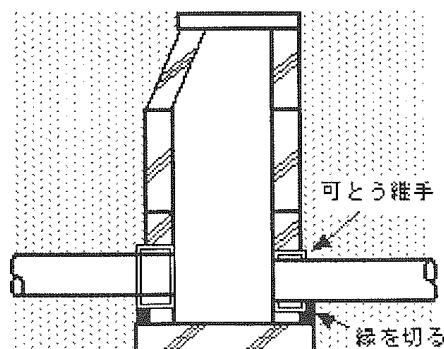


図 5-2-5 可とう性を有する継手（マンホールと管路の接合部）

（出典：下水道施設の耐震対策指針と解説（2006年版）P60を一部加筆）

イ) 人孔の耐震補強等の手法

人孔浮上対策としては、過去の地震で人孔浮上の被災が顕在化したことから、液状化による浮上防止対策を考慮した二次製品が新たに開発されている他に、管路の液状化対策と同様に、固化改良土埋戻し工法や砕石埋戻し工法等による土の移動防止（定められた施工管理による品質確保が必要）や鋼矢板等による遮水壁による対策工法がある。

工法の選定に当たっては、対策費用が割高であることから、施設の重要度や被災による影響度等を考慮した上で、求める効果が得られるように設置場所、深度の現場条件等に留意する必要がある。

人孔浮上防止対策工法について、人孔に働く浮力への対策の観点から、①浮力を減じる、②支持地盤に定着させる、③重くする、に区分した、人孔浮上防止対策工法の例を表 5-2-6に示す。

東日本大震災の人孔被害調査報告によると、過剰間隙水圧消散工法が約9,000基、重量化工法が約1,000基で、導入実績のほとんどを占めており、その他の工法については実績が極めて少ない。本報告では現地調査の結果、耐震補強等の対応済み人孔での被害は無く工法の有効性が確認された。

この項の引用・参考文献：下水道地震・津波対策技術検討委員会報告書 第1編（国土交通省2012年3月）

表 5-2-4 人孔液状化対策工法の施工実績

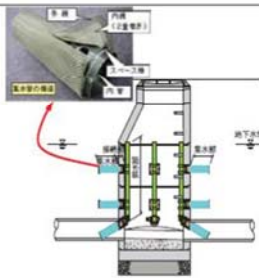
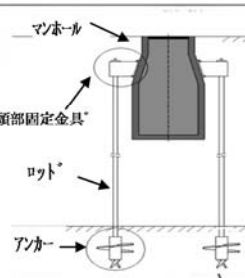
工法区分	過剰間隙水圧 消散	重量化	杭・アンカー	遮水壁	土の 移動防止
主たる工法数	4 工法	3 工法	2 工法	—	—
施工実績	約 9000 基	約 1000 基	2 基	—	—
うち東北 3 県	約 40 基	約 200 基	0 基	—	—
うち関東 3 都県	約 8700 基	約 500 基	0 基	—	—
採用自治体数	約 20	約 30	2		

※主たる工法数：当該工法に分類される施工実績の多い主たる各社の工法数
 ※施工実績：下水道事業における平成 20～22 年度の全国施工実績（※材料工法を除く）
 ※東北 3 県：岩手県、宮城県、福島県
 ※関東 3 都県：茨城県、千葉県、東京都

表 5-2-5 人孔浮上防止対策工法の例

ポイント	浮力を減じる			支持地盤に定着	人孔の重量化
区分	過剰間隙 水圧消散	遮水壁	土の移動 防止	杭・アンカー	重量化
工法	WIDEセフテ ィパイプ	鋼矢板等 による変 形抑制	周辺地盤 の固化工 法	アンカーウ ィ ング	マンホールフ ランジ
備考	以下具体例	—	—	以下具体例	以下具体例

表 5-2-6 マンホール浮上防止対策新工法の例（出典：下水道新技術推進機構HPを一部加筆）

工法名	WIDE セフティパイプ	アンカーウイング	マンホールフランジ
浮上防止 メカニズム	地震によって発生するマンホール周辺地盤の過剰間隙水を地盤内に設置した集水管により集水し、マンホール内部に排水します。その結果、マンホール本体に作用する過剰間隙水圧を消散させ、地盤の液状化によるマンホールとその周辺地盤間の摩擦係数低下を抑制し、マンホールの浮上防止を図る工法です。	地盤の定着層へアンカー部を回転貫入により打設して、ロッド・頭部固定金具を介してマンホールの浮上を物理的に拘束する工法です。定着層に打設するアンカー部、マンホールと部材を固定する頭部固定金具、および両者を結合するロッドから構成されています。	マンホールの外周部に凸型形状の部材を設け、重量体を載荷します。その結果、マンホールに作用する揚圧力とつりあい、浮上防止を図るという工法です。マンホールの外周部に取付ける凸型形状の浮上防止フランジブロックと重量体金枠、重量体から構成されています。
標準図			
写真			

（上表の他、各メーカーから多くの浮上防止対策製品が開発されており、現地条件に適した製品を選定する。）

(7) 中継ポンプの耐震補強等

ア) 制御盤の自立形採用による倒壊防止

装柱形中継ポンプ制御盤の倒壊による被災に対応するため、地表にコンクリート基礎を設け自立形制御盤を固定することにより、地震動による倒壊の危険性を低減することが可能である。設置に当たっては、融雪剤等による腐食対策や用地の確保、津波が想定される地区では浸水に対する検討等が必要となる。

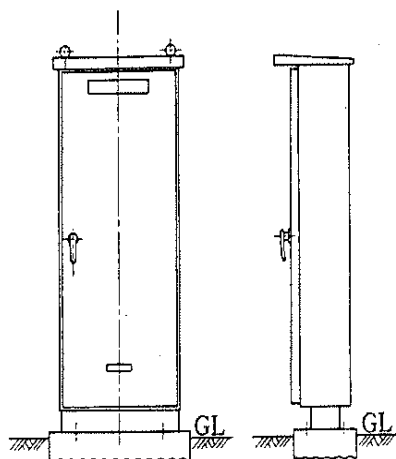


図 5-2-6 中継ポンプ制御盤

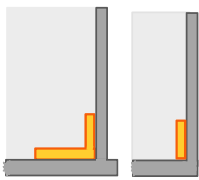
イ) 代替え水中ポンプの準備

津波が想定される地区では、海水の浸水により中継ポンプが停止した場合の対応として、代替え水中ポンプの準備を検討する。

第6章 耐震補強等の例

6.1 耐震補強例

(1) 構造躯体のあと打部分補強（例）

補強等の種類	概念図	備考
あと打部分補強等 （応力不足部位の補強） （隅角部のハンチ補強）		壁や床版の応力不足部位を部分的に増打補強する。 ハンチは耐力を増加させ、隅角部における応力伝達を円滑にする効果をもつ。

1) 対象概要

- ・仙台市水道局 上追沢沈砂池（茂庭浄水場 取水施設）
- ・建設年月日：平成 45 年
- ・壁式 RC 造（半地下構造物） 1 池 2 系統沈砂池
- ・形状寸法：長 35.0m×幅 17.0m×深 3.5m、側水路幅 2.0m
- ・直接基礎

引用資料：「水道施設耐震工法指針・解説 2009 年版Ⅱ各論」

2) 耐震診断

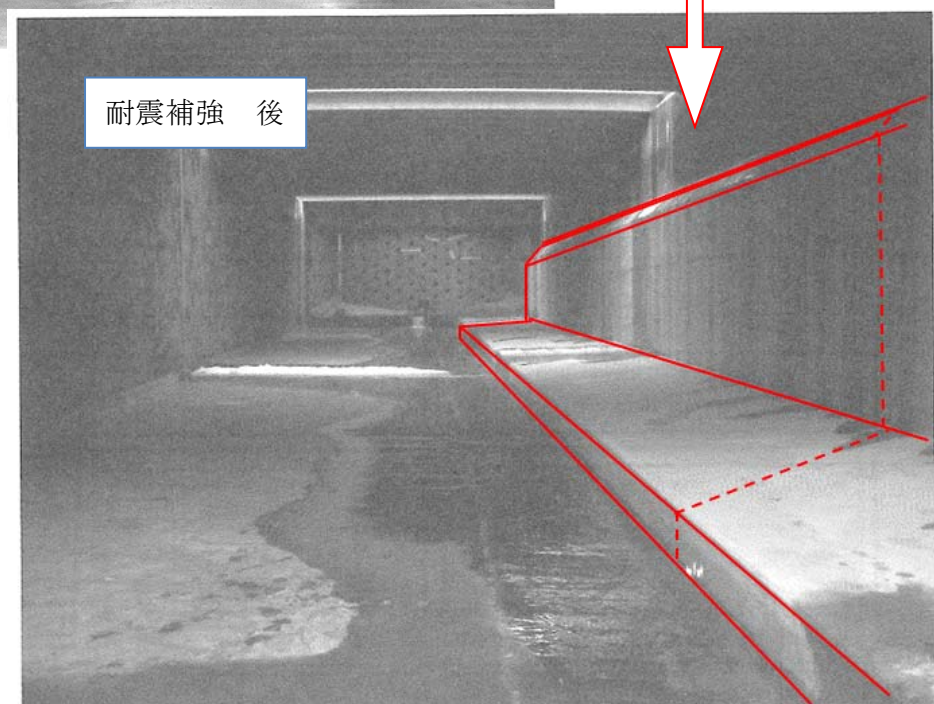
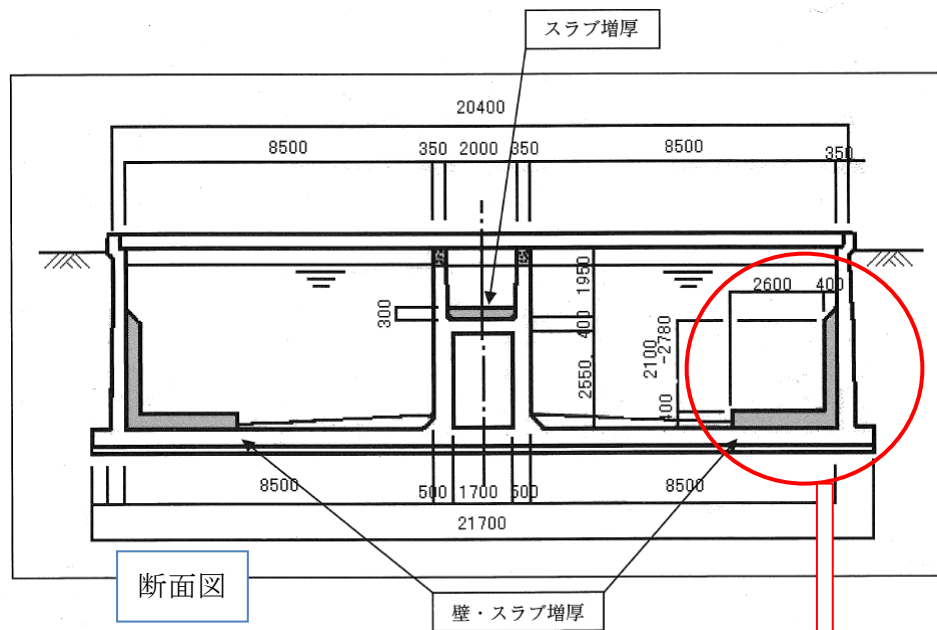
- ・平成 10 年度（詳細耐震診断）
 - 震度法（L1 地震動・許容応力度法、L2 地震動・限界状態設計法）
 - 診断結果 沈砂池：側壁・スラブ（床板）接合部の補強
 - 側水路：スラブ（床板）補強

3) 耐震設計

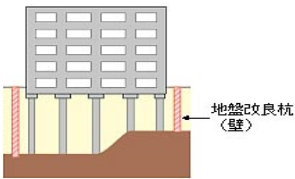
- ・平成 18 年度
- ・耐震補強工法検討案
 - ① 土圧軽減＋壁・スラブ増厚補強
 - 採用** ② 壁・スラブ増厚補強
 - ③ PC 桁（蓋）一体化補強
 - ④ ボックスカルバート補強

4) 耐震補強工事

- ・平成 20 年度
- ・概算工事費：99 百万円
 - 沈砂池 壁・スラブ増厚 厚 400mm×W 3,000mm ×H 2,500mm
主筋D19-@200、配力筋D16-@200、せん断補強筋 D16-@400(千鳥)
 - 側水路 スラブ増厚 厚 300mm×W 2,000mm
主筋D19-@200、配力筋D16-W@200、せん断補強筋 D13-@400(千鳥)
 - その他 PC 板（蓋板）50 枚更新、クラック補修 43m、Exp. 目地 56m 補修・



(2) 基礎（直接基礎） 地盤対策（例）

地盤改良杭の追加		新たに地盤改良杭を建物外周に囲うことにより地盤耐力の不足を補強する。
----------	---	------------------------------------

1) 対象概要

- ・岡崎市水道局 六供浄水場 配水塔
- ・建設年月日：昭和 9 年（1934）竣工
- ・壁式 RC 造
- ・形状寸法：円形 内径 12.0m×外径 17.0m×高 15.5m、水位 13.5m（HWL）
- ・杭基礎（木杭基礎）
- ・地盤：Ⅱ種地盤

引用資料：「水道施設耐震工法指針・解説 2009 年版Ⅱ各論」

2) 耐震診断

- ・平成 8 年度（見直し 平成 13 年度）
- ・指針「水道施設耐震工法指針・解析（1997 年）」
- ・診断結果
基礎の耐震補強を要す。

地震動	躯体構造物	地耐力
レベル 1（kh=0.2）	OK	OK
レベル 2（kh=0.4）	Ok	NO（転倒）

高耐力マイクロパイルを打設して耐震補強を行った。

3) 耐震設計

- ・平成 13 年度
- ・耐震補強工法検討案

① ルートパイル工法

採用 ② 高耐力マイクロパイル工法

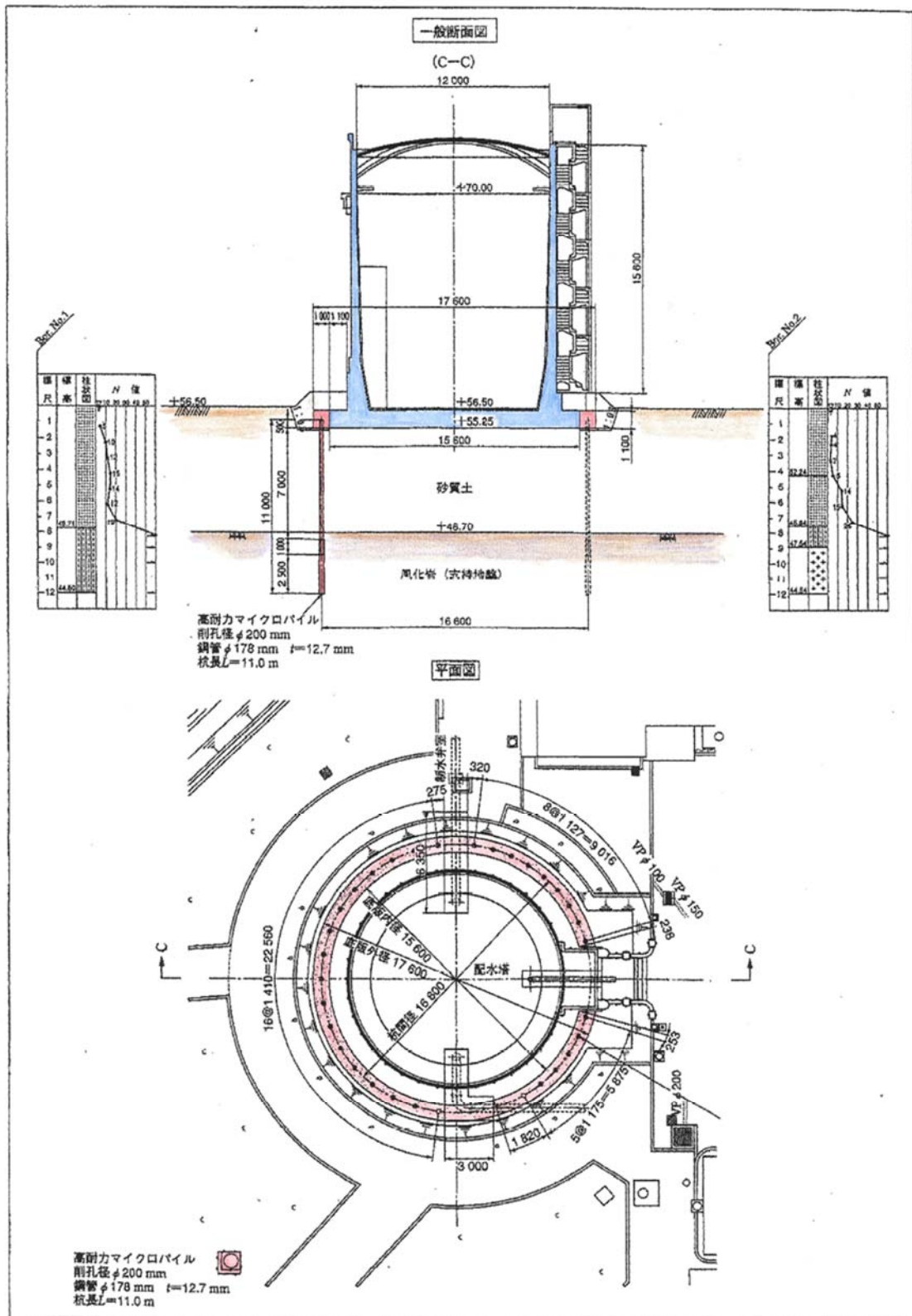
短工期、工事費安価、狭隘施工可能

（マイクロパイル：300mm 以下の小口径の場所打ち杭・埋め込み杭の総称。ボーリングマシンによって地中に小口径の削孔を行い、異形鉄筋や鋼管などの補強材を挿入し、周囲にグラウト（セメントミルクまたはモルタル）を注入して築造する）

4) 耐震補強工事

- ・平成 14 年度
- ・概算工事費：49 百万円

(耐震補強概要図)



高耐力マイクロパイル工法による既設配水塔の耐震補強



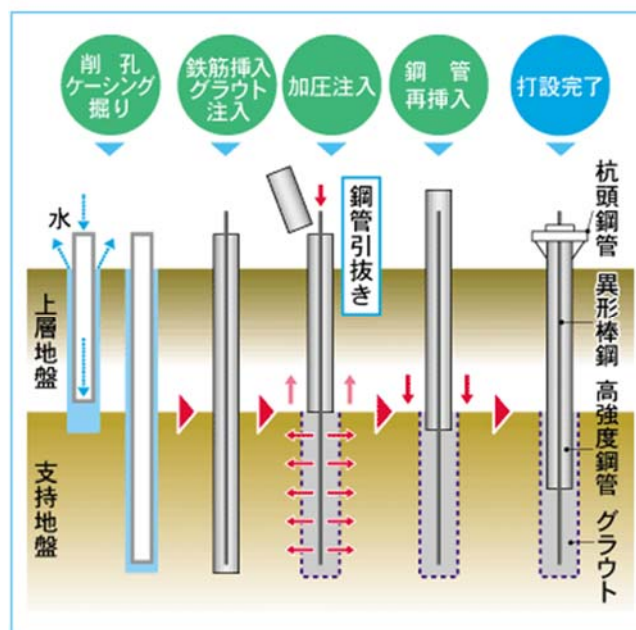
上：施工中
右：全景（補強後）

岡崎市 水道局 六供浄水場 配水塔

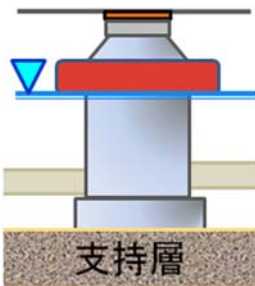
◎ 工法の特長

- ・狭小・低空頭な作業空間、アクセスが困難な場所で施工可能
(219mm、178mmの鋼管径で、杭長 55mの施工実績)
- ・砂礫地盤、巨礫地盤、岩盤などあらゆる地盤で施工可能
- ・支持層へのグラウト加圧注入により高耐力・高支持力を実現
- ・斜杭の施工が容易で、水平力に対する補強にも効果的

農業農村整備民間技術情報データベース (NNTD) 登録番号：1006



(3) 管路施設地盤対策（例：人孔浮上防止）

人孔浮上抑制対策 (重量化法)		・人孔周囲に重量体を付加することで、地盤液状化による浮上を防止する。
--------------------	---	------------------------------------

1) 対象概要

- ・人孔液状化対策工法：人孔浮上抑制重量化法
- ・採用地区：岩手県、福島県、宮城県（栗原市、石巻市、東松山市等）、茨城県、千葉県（浦安市）、東京都
- ・施工実績調べ：国土技術政策総合研究所、関係団体

引用資料：「東日本大震災における下水道管路施設液状化対策工法の被害状況と今後の課題 H24.2.24」

工法区分	過剰間隙水圧消散	重量化	杭・アンカー	遮水壁	土の移動防止
主たる工法数	4 工法	3 工法	2 工法	—	—
施工実績	約 9000 基	約 1000 基	2 基	—	—
うち東北3県	約 40 基	約 200 基	0 基	—	—
うち関東3都県	約 8700 基	約 500 基	0 基	—	—
採用自治体数	約 20	約 30	2		

※主たる工法数：当該工法に分類される施工実績の多い主たる各社の工法数

※施工実績：下水道事業における平成 20～22 年度の全国施工実績（試験施工除く）

※東北 3 県：岩手県、宮城県、福島県

※関東 3 県：茨城県、千葉県、東京都

・有効性実績（東日本大震災）

調査箇所：耐震化済人孔（震度 6 以上、周辺で液状被害有り、未耐震化人孔有り）

工法区分	調査者	調査対象	被害有無	備考
過剰間隙水圧消散	関係団体①	詳細調査：72 基	なし	東京湾岸部、石巻市、東松島市
	関係団体②	一次調査：24 基	なし	栗原市、登米市、石巻市、女川町
重量化	関係団体③・国総研	一次調査：309 基	なし	宮城県、浦安市
		詳細調査：21 基	なし	浦安市、栗原市、東松島市

・農村集落排水施設実績

福島県矢吹北地区災害復旧 2011 年度（東北農政局隈戸川農業水利事務所発注）

（NNTD 登録番号：0397、技術名称：ハットリング工法）

2) 工法概要

マンホールの浮上対策技術の中の重量化工法に属し、地震時に埋め戻し土が液状化することにより、マンホールが浮き上がろうとする力を、ドーナツ状のコンクリートブロック（以下、浮上抑制ブロックと呼ぶ）およびその上部の砕石の重量にて抑制する工法である。マンホールの既設および新設は問わず、組立式マンホールでは0号から3号までと、現場打ち（JIS型）マンホールでは1号、2号に適用する。

3) 工法の特長

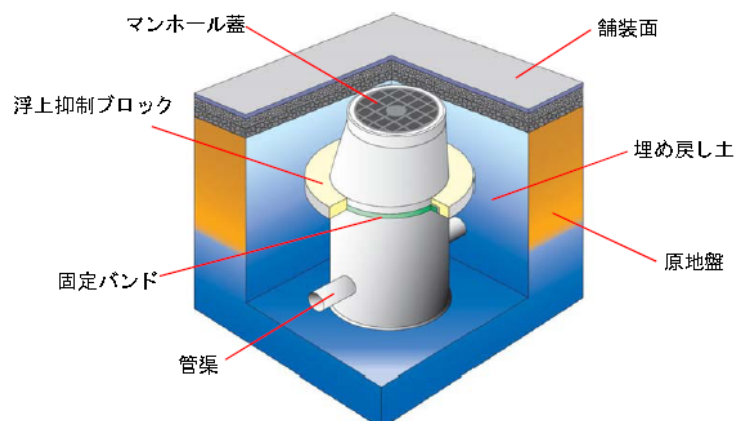
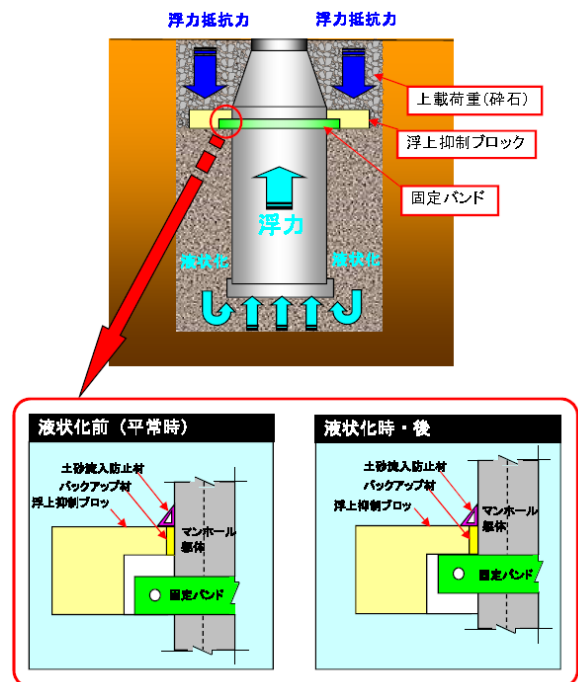
- ・施工性 特殊な技術や資機材は一切不要、施工業者を限定しない。
 - ・施工期間 1か所当たりの標準施工時間は、3～4時間程度、早期解放が可能である。
 - ・費用 1か所当たり材工共での直接工事費は、25万円程度である。
 - ・構造 仕組みが単純であるため、確実にマンホールの浮上を抑制できる。
- （上記の施工時間、費用は1号マンホールで標準浮上抑制ブロック設置の場合）

4) 構造等

- ・マンホールに穴を開けたり、内空断面を阻害することはない。
- ・浮き上がりそうになった時にだけ抑制する構造であり、常時は無負荷。
- ・2m×2m 深さ 1m の掘削で、地下埋設物の試験掘り程度の規模で施工可能。



千葉県湾岸地域 2011.3.14撮影
東日本大震災直後に有効性を確認



6.2 地震被災と対策例

集落排水施設における被災状況写真【地震被害（処理施設）】



写真1 地震動によるFRP製処理槽の破損
【H23年東北地方太平洋沖地震】



写真4 地震動（液状化）による外構資材
（縁石等）の破損
【H15年宮城県北部地震】



写真2 写真13のFRP製処理槽の浮上防止
アンカーの破断状況（鉄筋の腐食あり）
【H23年東北地方太平洋沖地震】

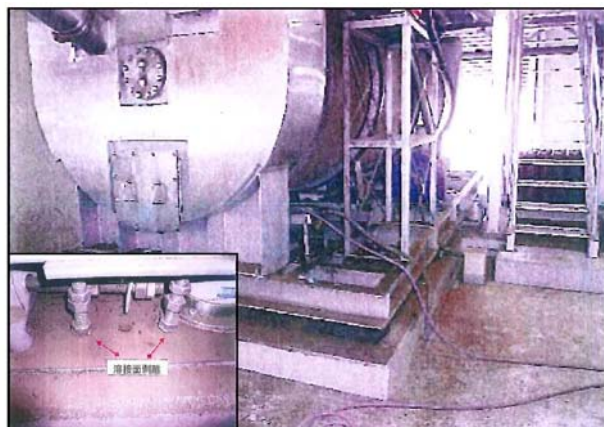


写真5 地震動による発酵乾燥機の移動
【H23年東北地方太平洋沖地震】



写真3 地震動（液状化）による流入管等の破損
【H23年東北地方太平洋沖地震】



写真6 地震動による配管類の破損
【H23年東北地方太平洋沖地震】

「農業集落排水施設震災対応の手引き」P82より抜粋

集落排水施設における被災状況写真【地震被害（処理施設）】



写真7 流入水等による地下水水没に伴う自動荒目スクリーン等の故障
【H23年東北地方太平洋沖地震】



写真10 地震動による脱水機制御盤の転倒
【H23年東北地方太平洋沖地震】

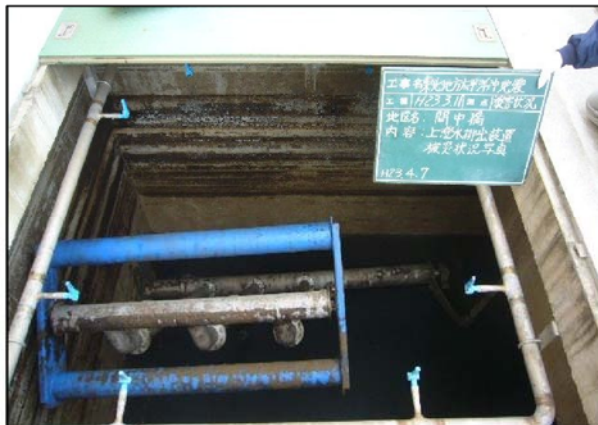


写真8 地震動による上澄水排出装置（機械式）の破損《応急復旧》
【H23年東北地方太平洋沖地震】



写真11 地震動による制御盤内コントローラの破損
【H15年宮城県北部地震】



写真9 地震動による消毒槽PVC製迂流板の破損
【H19年新潟県中越沖地震】



写真12 地震動による引込設備（電線管、ケーブル等）の破損
【H23年東北地方太平洋沖地震】

「農業集落排水施設震災対応の手引き」P83より抜粋

下水道施設における被災状況写真【地震被害（管路施設）】



写真25 SRA本管抜け+ずれ
【H23年東北地方太平洋沖地震】



写真28 自在曲管部の抜け
【H23年東北地方太平洋沖地震】



写真26 本管軸方向移動による上下のずれ
【H23年東北地方太平洋沖地震】



写真29 非常貯水槽マンホールの浮上
【H23年東北地方太平洋沖地震】



写真27 マンホール継手の剥がれ
【H23年東北地方太平洋沖地震】

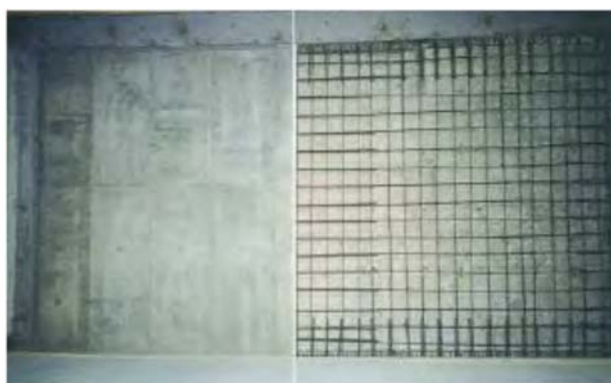


写真30 接合部ずれ、噴砂侵入
【H23年東北地方太平洋沖地震】

「塩化ビニル管・継手協会」HPより抜粋

耐震補強等の実施例

【処理場(建築物)】



完 成

配筋状況

写真 3 1 耐震壁の増設

【中継ポンプ場の壁部】※¹

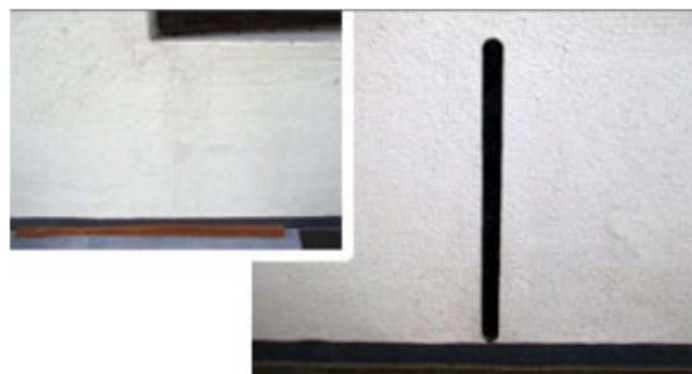


写真 3 4 耐震スリットの設置

【建築物の既存柱部】※²



写真 3 2 バットレス補強の設置

【建築物の外部壁部】※²



写真 3 5 炭素繊維及び鋼板巻き補強

【建物天井の梁部】※³



写真 3 3 鉄骨ブレースの設置

【中継ポンプ場の開口部等】※¹

【参考】

※¹ 相模原市下水道施設地震対策計画より

※² 長谷工 コミュニティ HPより

※³ 下水道の耐震指針類の改訂について
(中間骨子案) 日本下水道協会

耐震補強等の実施例

【基礎工】



写真36 静的圧入締固め工法
【既設構造物の床版下部】※4



写真37 杭基礎部の鋼板巻き立て
【汚泥消化タンク基礎部】※5



写真38 底版部のC o打ち増し
【汚泥消化タンク底版部】※5

【管路工】



写真39 スリーブ（ステンレス+ゴム複合体）の設置
【管路の目地部】※6



写真40 スリーブ（ステンレス+ゴム複合体）の設置
【人孔の継手部】※6

【参考】

※4 戸田建設株式会社 HPより

※5 横浜市北部汚泥資源化センター資料
（汚泥消化タンクの耐震補強の必要性より）

※6 相模原市下水道施設地震対策計画より

耐震補強等の実施例

【機械・電気設備類】



写真 4 1 制御盤の転倒防止
【制御盤の頂部支持】※7



写真 4 2 制御盤の転倒防止
【制御盤の頂部支持】※8

【参考】

※7 セイワエレベーター株式会社 HPより

※8 株式会社コムテック HPより

参 考 資 料

引用文献、参考文献等

<（一社）地域環境資源センター関係>

- 1:農業集落排水施設震災対策マニュアル（平成19年 社団法人地域資源循環技術センター）
- 2:農業集落排水施設設計指針(案)（平成元年 社団法人農業集落排水協会）
- 3:農業集落排水施設設計指針(案)（平成2年 社団法人農業集落排水協会）
- 4:農業集落排水施設設計指針（平成8年 農業集落排水事業諸基準等作成全国検討委員会）
- 5:農業集落排水施設設計指針（平成11年 農業集落排水事業諸基準等作成全国検討委員会）
- 6:農業集落排水施設設計指針（平成14年 農業集落排水事業諸基準等作成全国検討委員会）
- 7:農業集落排水施設設計指針（平成19年 農業集落排水事業諸基準等作成全国検討委員会）
- 8:農業集落排水施設汚水処理施設構造設計参考書（平成13年 農業集落排水事業諸基準等作成全国検討委員会）
- 9:農業集落排水施設汚水処理施設構造設計参考書（平成20年 農業集落排水事業諸基準等作成全国検討委員会）

<農林水産省関係>

- 1:農業集落排水施設震災対応の手引き（平成25年 農林水産省農村振興局整備部農村整備管）
- 2:土地改良事業設計指針「耐震設計」(案)（平成27年 農林水産省）
- 3:土地改良事業設計指針「耐震設計」の改定について（平成26年 農林水産省）
- 4:土地改良施設耐震設計の手引き（平成16年（社）農業土木学会）
- 5:土地改良事業計画設計基準(設計ポンプ場)（昭和57年 農林水産省構造改善局）
- 6:土地改良事業計画設計基準(設計ポンプ場)（平成9年 農林水産省構造改善局）
- 7:土地改良事業計画設計基準及び運用・解説(設計ポンプ場)（平成18年（社）農業土木学会）

<建築構造物、設備機器(浄化槽)関係>

- 1:建築基準法施行令
- 2:建築設備耐震設計・施工指針（2014年版（一財）日本建築センター）
- 3:公共建築改修工事標準仕様書(建築工事編) 8章耐震改修工事（平成26年改訂 国土交通省大臣官房庁営繕部）
- 4:建築構造設計基準（平成25年 国土交通省大臣官房庁営繕部）
- 5:建築構造設計基準の資料（平成27年 国土交通省大臣官房庁営繕部）
- 6:東日本大震災による耐震対策報告書（平成25年（一社）建築設備技術者協会）

<土木構造物関係>

- 1:土木構造物の耐震設計ガイドライン(案)（平成13年 土木学会地震工学委員会）
- 2:土木構造物の耐震基準等に関する提言「第一次提言」(1995年 土木学会)
- 3:土木構造物の耐震基準等に関する提言「第二次提言」(1996年 土木学会)
- 4:土木構造物の耐震基準等に関する提言「第三次提言」(2000年 土木学会)

＜水道・工水構造物関係＞

- 1:水道施設耐震工法指針・解説（2009年（公社日本水道協会）
- 2:工業用水道施設 更新・耐震・アセットマネジメント指針（平成25年 経済産業省工業用水）

＜下水道関係＞

- 1:下水道施設の耐震対策指針と解説(2014年版 公益社団法人日本下水道協会)
- 2:下水道施設の耐震対策指針と解説(2006年版 公益社団法人日本下水道協会)
- 3:下水道施設の地震対策マニュアル(2014年版 公益社団法人日本下水道協会)
- 4:下水道地震対策技術検討委員会報告書（平成20年 国土交通省下水道地震対策技術検討委員会）
- 5:下水道地震・津波対策技術検討委員会報告書（平成24年 国土交通省下水道地震・津波対策技術検討委員会）

＜その他＞

- 1:国土強靱化(国土強靱化基本法)関係（平成26年6月3日閣議決定 内閣官房国土強靱化推進室）
- 2:地域防災(災害対策基本)関係
- 3:1964年新潟地震オープンデータ特設サイト 防災科学技術総合研究報告
- 4:国土交通省 ハザードマップポータルサイト(市町村の各種のハザードマップ)
- 5:国土交通省 地盤情報検索サイト(ボーリングデータ等)