

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・ブロア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。

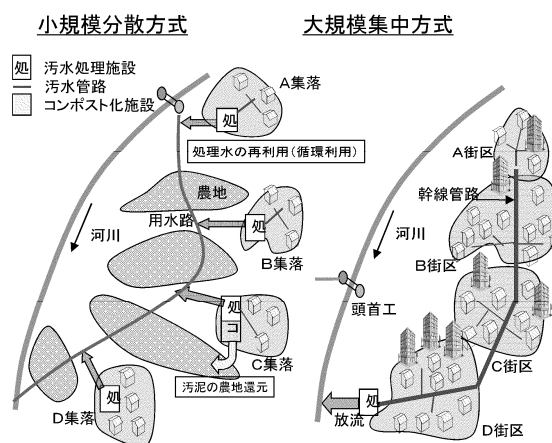


図 1-2-1 耐震診断実施状況

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

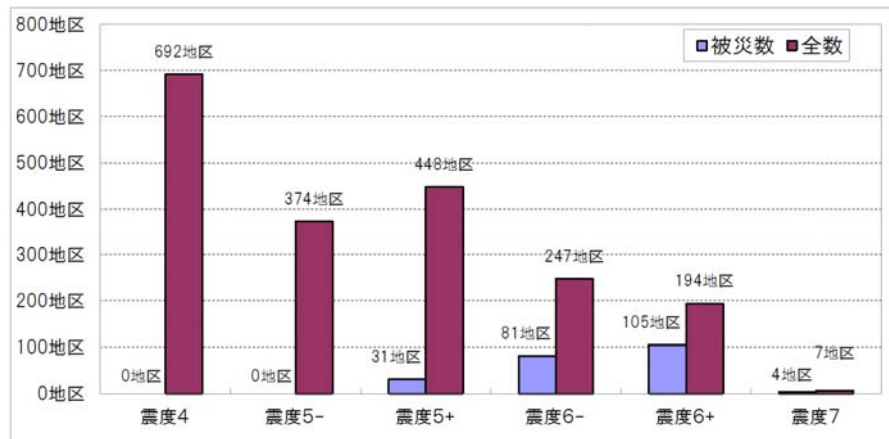
※ 震度とは、汚水処理施設の存在する市町村の震度。【 】は汚水処理施設数。

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

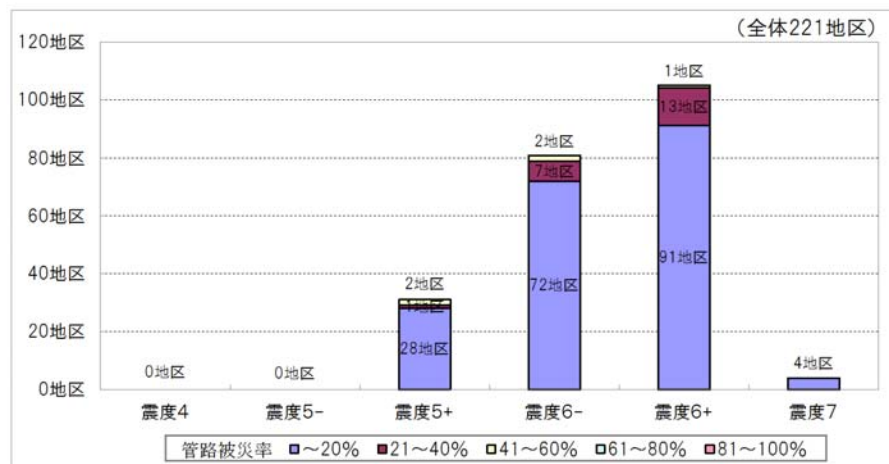
震度4以上を記録した市町村に存在する集落排水施設1,962地区について、管路が被災し災害関連農村生活環境施設復旧事業の申請を行った地区を震度別に整理したものである。震度別に被災した割合を見ると、震度4及び震度5-は、被災なし。震度5+は、6.9%。震度6-は、32.8%。震度6+は、54.1%。震度7では、57.1%と、震度が高くなるほど被災数の割合は高くなっている。



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)

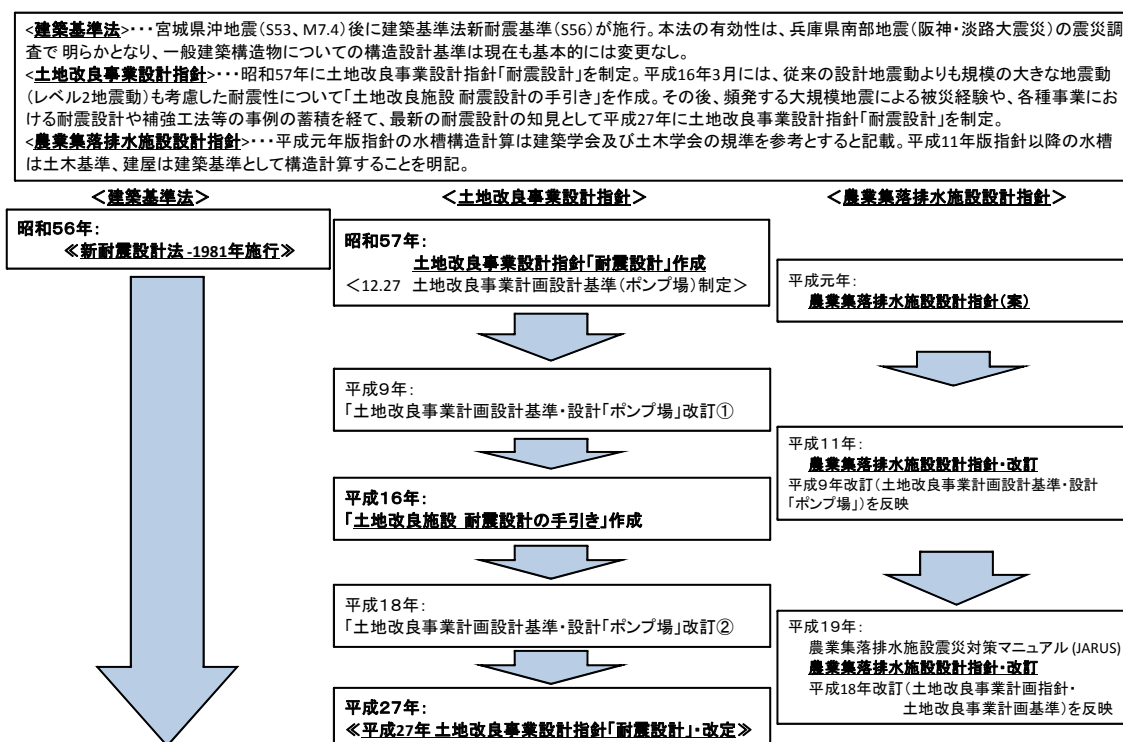


図 2-1-1 主な耐震基準の変遷及び農業集落排水設計指針等

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)	構造計算は処理水槽と建屋とに分けることができる。 ・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」 ・建屋 「鉄筋コンクリート構造計算規程」 ・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
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	(平成2年度改訂版) (出版変更、監修追加) (真空式管路施設編追加)	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	

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。

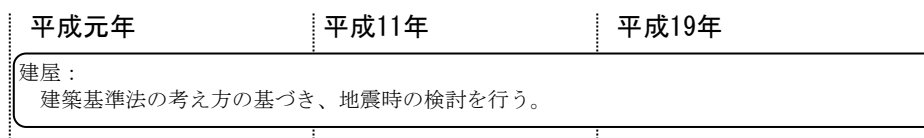


図 2-1-3 建屋の耐震設計の変遷

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。

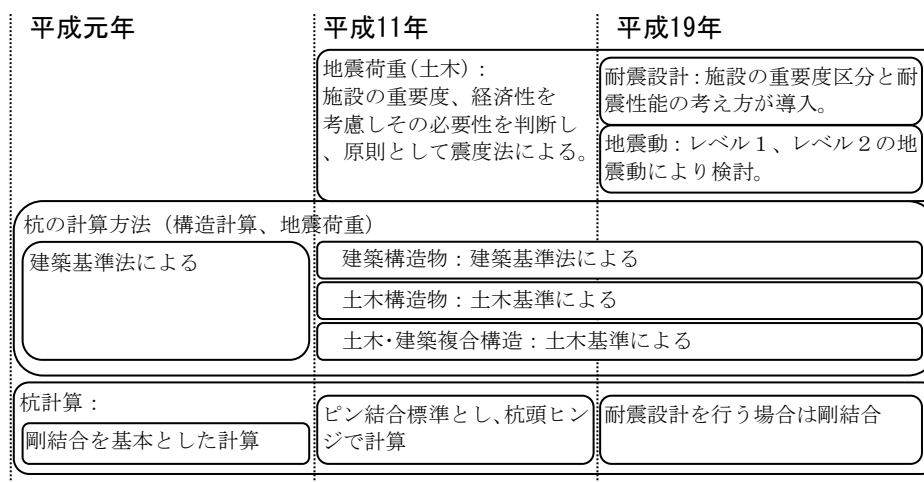


図 2-1-4 基礎杭の耐震設計の変遷

【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）

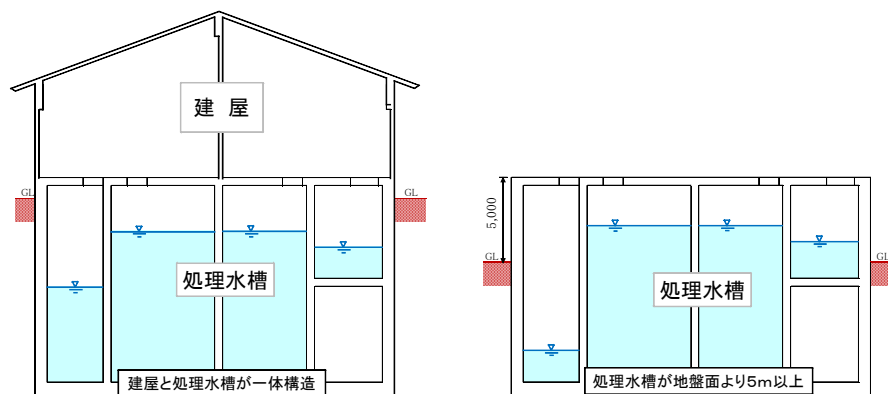


図 2-3-1 処理施設の耐震設計

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。

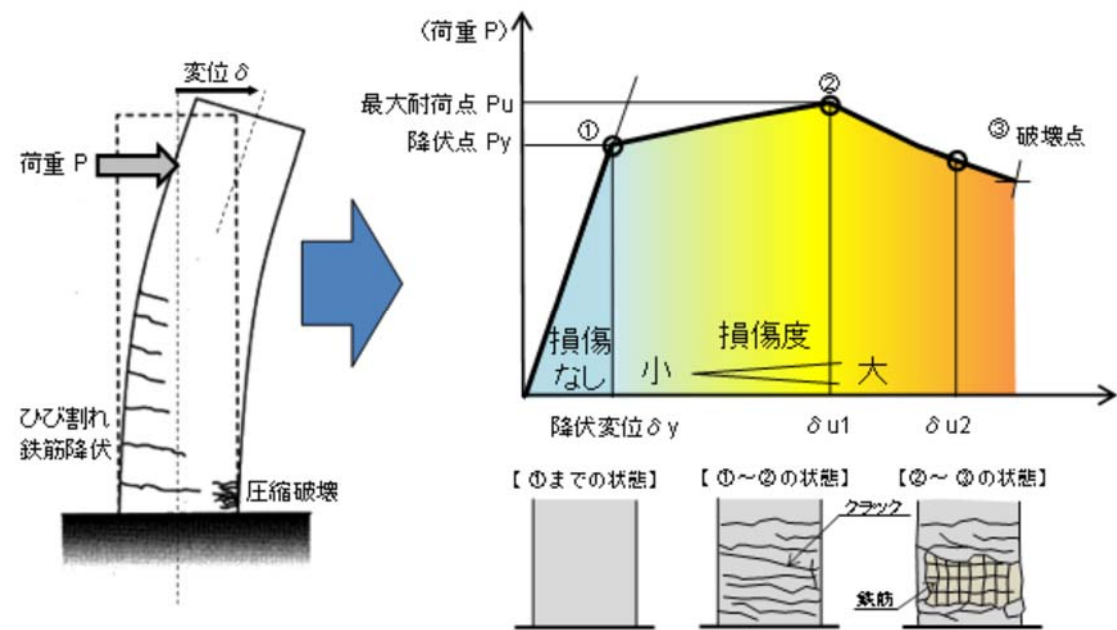
【解説】

(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。

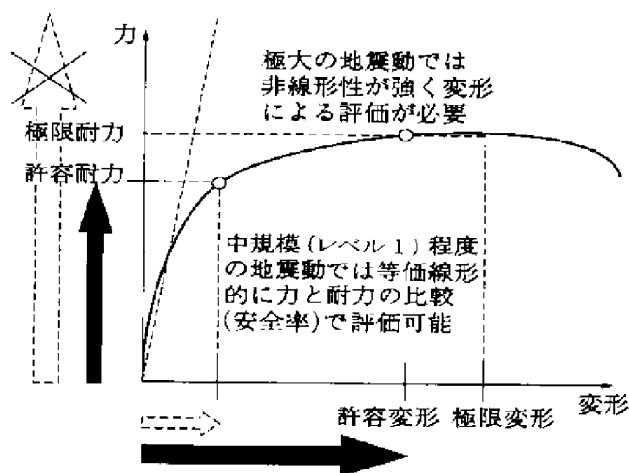


図 2-5-2 力の体系から変形の体系へ(塑性変形を考慮する)

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]

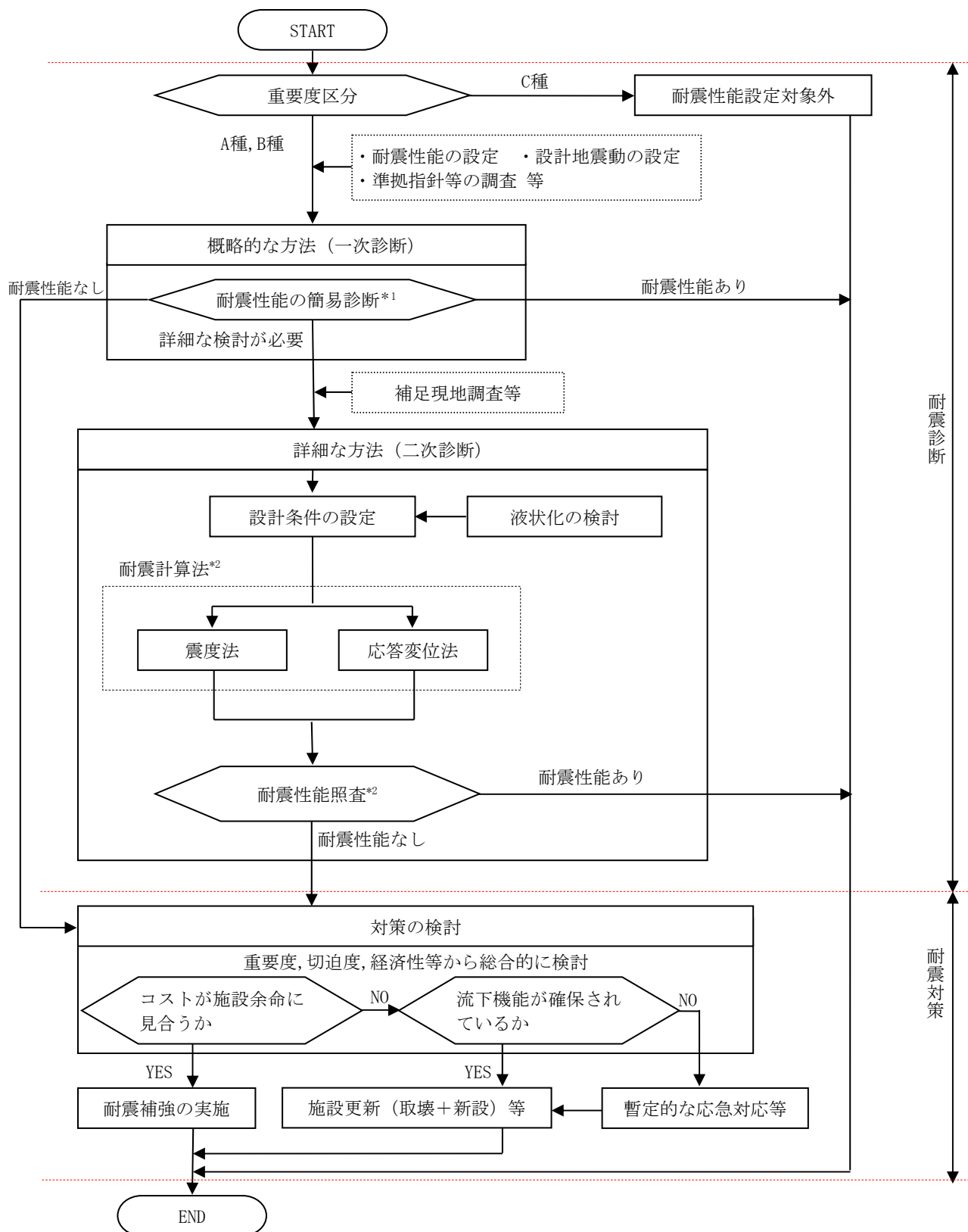
既存施設の耐震診断は、設計指針の改訂によって要求する耐震性能が異なっており、準拠する設計指針によって耐震性を確保しているか区分することが可能であることを踏まえて、机上で整備年度等から整理することができる概略的な方法による一次診断と、詳細な構造検討を行う二次診断に区分する。

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。

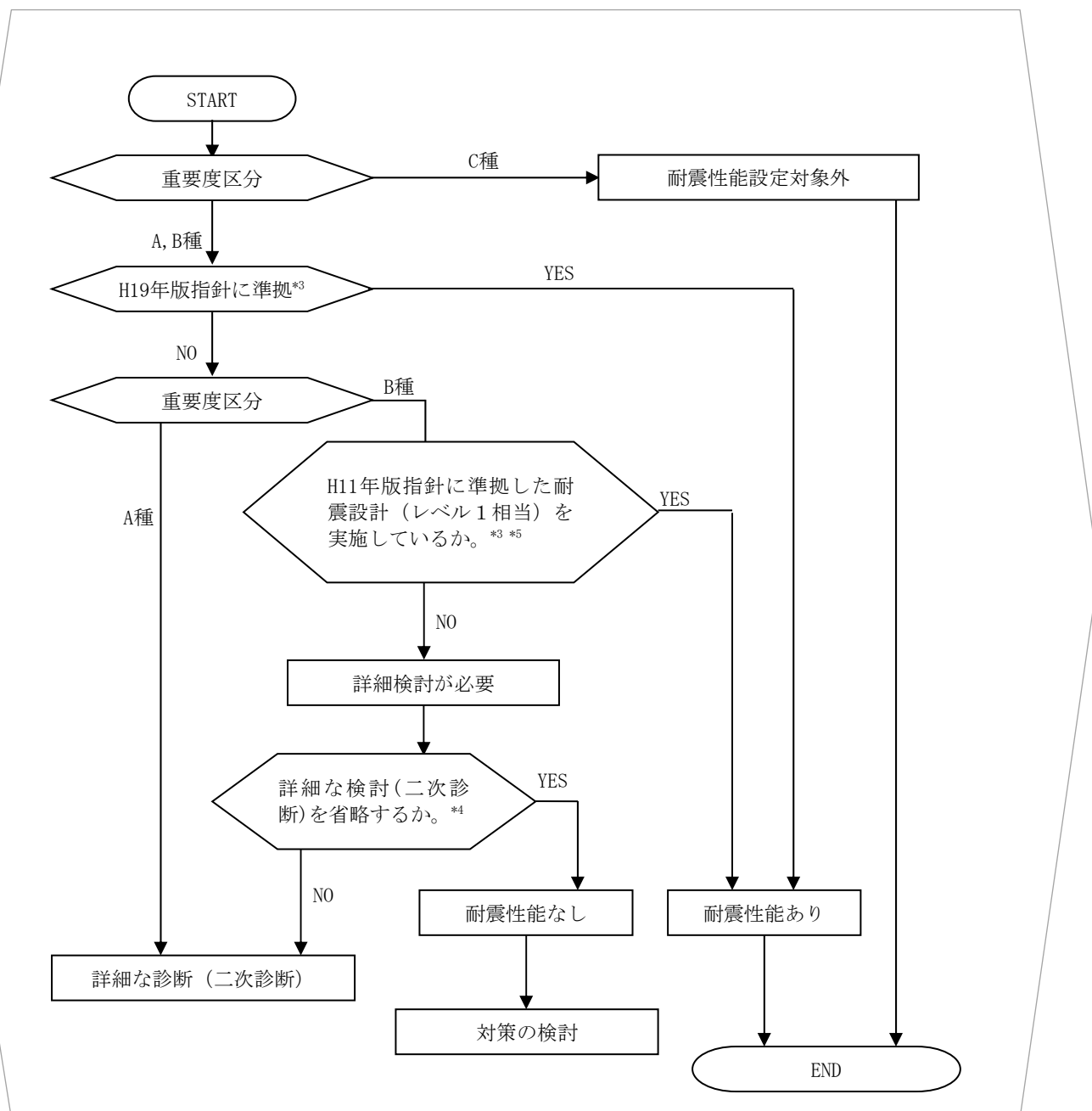
耐震診断から耐震対策の流れについて、既設の農業集落排水施設の耐震診断及び耐震対策フローの全体を図3-2-1に、その中の概略的な方法（一次診断）のフローを図3-2-2に示す。



*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 設計で直接用いる 諸量・判定		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	
設計一般	支持層の選定	○	△	△	○	○	△	○ P_y	○	—	
	側方移動の検討	○	△	△	○ c	△	—	△	—	—	I 値、F 値
	負の摩擦係数判定	○	△	○	○ 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	○	○	○ 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	○	—	—	—	○	○	—	—	—	
	杭頭ばね定数	○	—	—	—	○	○	—	—	—	
	周面摩擦力	○	—	○D	○ c	○	—	—	—	—	
	支持力	○	—	○D	○ q_u	○	—	—	—	—	
杭基礎の計画	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 ：動的せん断剛性

※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。

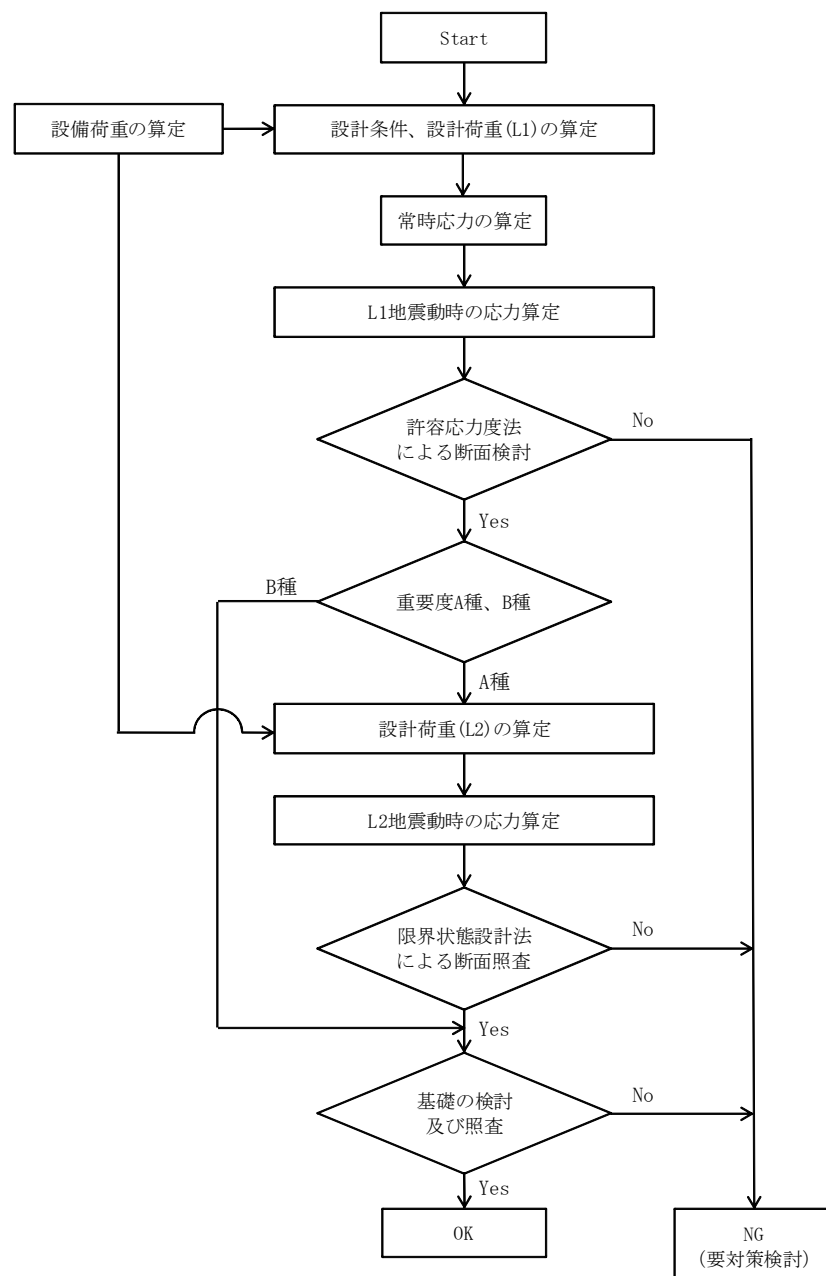


図 3-5-1 既存施設の二次耐震診断手順（震度法、応答変位法）