nissuicon

下水道施設(処理場・ポンプ場)の耐震診断

耐震設計指針の変遷

下水道施設の耐震設計の考え方は、1978年の宮城県沖地震等を踏まえ、1981年に「下水道施設地震対策指針と解説」として制定されました。

その後発生した1995年の兵庫県南部地震は、阪神地域の大都市圏を襲った直下型地震であり、下水道施設においてもその被害は甚大でした。この兵庫県南部地震を転機に1997年に耐震設計の考えが見直され、「下水道施設の耐震対策指針と解説(1997年版)」に改訂されました。同指針では従来の想定地震動をレベル1とし、新たに兵庫県南部地震クラスを想定したレベル2の地震動の設計概念が加えられました。

以後も2004年新潟県中越地震、2011年東北地方太平洋沖地震を経験し、同指針も2006年、2014年にそれぞれの地震による被害の知見を基に、改訂が重ねられてきました。

表1　土木構造物耐震設計上の想定地震動)

地震動区分	地震動区分別の地震動の内容
レベル1地震動	施設の供用期間内に1～2度発生する確率を有する地震動
レベル2地震動	施設の供用期間内に発生する確率は低いが大きな強度を有する地震動

耐震診断と耐震補強設計

耐震診断とは現行の耐震設計指針に対して、既設の構造物が安全であるかの診断です。レベル2地震動が設定された1997年版指針の発刊以前に設計・建設された施設に対して耐震診断を実施しています。

表2　新設する処理場・ポンプ場施設(土木)の耐震性能

耐震性能1	耐震性能2
レベル1地震動	レベル2地震動
修復せずに本来の機能を確保できる性能	速やかな機能回復を可能とする性能

耐震診断で耐震性能上の要求性能が不足とされる場合には、耐震補強を講じて構造物を強化し、耐震性能を満足させる必要があります。

しかし、耐震診断の結果で補強が必要となった場合においても、施設の供用を維持しながらの補強を求められることが多く、補強が困難な事例や膨大な費用が必要となる事例も少なくありません。

出典(表1・表2・表3):公益社団法人日本下水道協会「下水道施設の耐震対策指針と解説-2014年版-」※表3は加工して作成
出典(表4):公益社団法人日本下水道協会「下水道施設の耐震対策指針と解説-2015年版-」

静的非線形解析による耐震診断の導入

(1)耐震計算方法

耐震計算の方法は図1に示すように、静的解析と動的解析に大別されます。下水道施設の耐震診断は、2014年版指針の改訂以前は静的線形解析で実施されてきました。

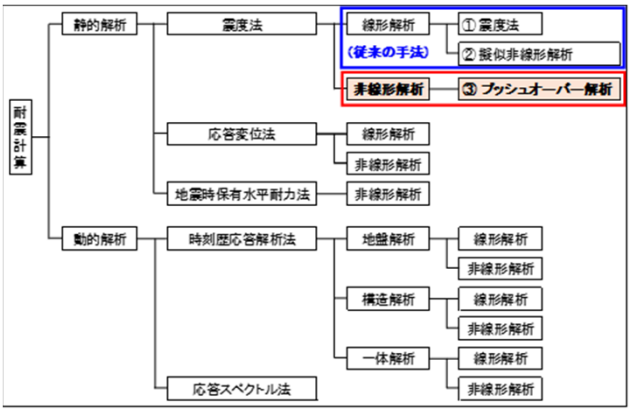

図1　土木構造物耐震計算法

(2)静的線形解析と静的非線形解析

静的線形解析(従来型)と静的非線形解析では、荷重のかけ方、求まる応答値、評価方法が異なります。

表3　土木構造物耐震設計上の想定地震動

	静的線形解析(従来の手法)	静的非線形解析
荷重	L1、L2等の設定荷重に対して応力解析を行う。	対象構造物に対して、L2の荷重を漸増載荷する。
応答	応答値(断面力)が得られる。 ・曲げ　・せん断力	鉄筋とコンクリートのひずみと応力度が部材ごとに得られる。
評価	各地震に設定されている設計法で断面照査を行う。 ・許容応力度法……L1 ・限界状態設計法……L2 ・せん断の照査は、せん断耐力式による。	応答値としてのひずみを照査指標に、各部材の損傷度を照査する。 ・せん断の照査は、せん断耐力式による。

(3)耐震性能2'の追加と静的非線形解析手法の導入

下水道施設は耐震性能2の確保を基本としますが、既存施設に対して現実的な耐震対策を実施する観点より2014年版指針改訂から新たに耐震性能2'が追加され、その手法として静的非線形解析手法が導入されました。

表4　耐震性能と限界状態

性能	地震動	基本的要求性能	限界状態
耐震性能1	レベル1	供用性	全ての部材[注1]が損傷度Ⅰ以内(許容応力度以内)とし、修復せずに本来機能を確保できる状態
耐震性能2	レベル2	安全性 修復性Ⅰ	全ての部材[注1]が損傷度Ⅱ以内とし、損傷の修復を容易に行える状態
耐震性能2'		安全性 修復性Ⅱ	一部の部材が損傷度Ⅲ以内[注2]であるが、構造物全体として崩壊せず[注3]、最低限の機能が確保できる状態

注1　：　地震力を受ける構造部材
注2　：　許容塑性率による照査
注3　：　層間変形角による照査

（4）静的非線形解析手法導入の効果

静的非線形解析では耐震性能を損傷度（部材が有する耐震性）で評価し、損傷度Ⅱまでが耐震性能2、損傷度Ⅲまでが耐震性能2'を有することを確認します。耐震性能2は機能確保に必要な重要構造部材（柱・外壁等）に適用され、耐震性能2'はその他の部材（非重要構造部材）が対象となります。

静的非線形解析は、部材の損傷過程を考慮できるため、想定地震動に対して構造物が受ける損傷度を詳細に把握でき、静的線形解析よりも精度の高い解を得ることができます。そのため、耐震補強に対して合理的な対策規模を把握でき、補強の実施実現性向上と耐震補強費の削減が可能となります。

表5　静的非線形解析導入効果実績例

自治体	処理場	No.	施設名	耐震補強費（百万円）			削減率（%）
				①線形	②非線形	①-②削減費	
A市	①	14	管理・ポンプ棟	768	3	765	99.6
		15	最初沈殿池（1）	383	22	361	94.3
		16	反応タンク（1）	382	44	338	88.5
		17	反応タンク（2）	358	47	311	86.9
		18	最終沈殿池（1）	668	6	662	99.1
		19	最初沈殿池（2）	345	10	335	97.1
		20	反応タンク（3）	323	22	301	93.2
		21	反応タンク（4）	326	53	273	83.7
		22	最終沈殿池（2）	809	7	802	99.1
		23	塩素混和池	70	2	68	97.1
		24	砂ろ過室	162	13	149	92.0
		25	汚泥濃縮タンク	180	0	180	100
		26	連絡管廊	49	0	49	100
B市	②	27	最初沈殿池	166	0	166	100
		28	反応タンク	447	0	447	100
		29	最終沈殿池	238	18	220	92.4
		30	脱水機棟	42	1	41	97.6
	③	31	管理汚泥棟	50	2	48	96.0
		32	水処理施設	73	0	73	100
F町	④	33	OD槽	100	10	90	90.0
		34	最終沈殿池	52	6	46	88.5
		35	真空ポンプ棟	20	0	20	100
G市	⑤	36	最初沈殿池	130	0	130	100
		37	反応タンク	160	120	40	25.0
		38	最終沈殿池	180	0	180	100
H県	⑥	39	最初沈殿池	26	23	3	11.5
		40	反応タンク	132	0	132	100
		41	最終沈殿池	178	7	171	96.1
		42	急速ろ過池	145	46	99	68.3
合計				6,962	462	**6,500**	**93.4**

効果的な事業実施のために

ここまでは耐震診断について紹介してきました。耐震診断の後は、耐震補強設計を実施し、耐震化対策工事を経て耐震性能不足の施設の耐震化が進められます。

しかし、**下水道施設は耐震化のみならず、耐水化、ストックマネジメント等、実施すべき他の施策も多く、各施策間の調整が重要です。**これらの計画は個別で策定されていることが多く、未調整で事業を進めるとスケジュール面・費用面で無駄が生じる可能性があります。さらに、再構築計画や統廃合計画等、将来的に大きな変化を有する計画がある場合には、事業全体を踏まえた実施計画の策定が非常に重要となります。

このため、日水コンでは効率的・効果的な事業実施に向け、各計画を取りまとめたロードマップ作成を提案しています。地方公共団体によって、各計画の内容、策定状況、将来像は異なるため、**各種情報を基に各地方公共団体に適したロードマップ、即ちオーダーメイドプランを作成していきます。**

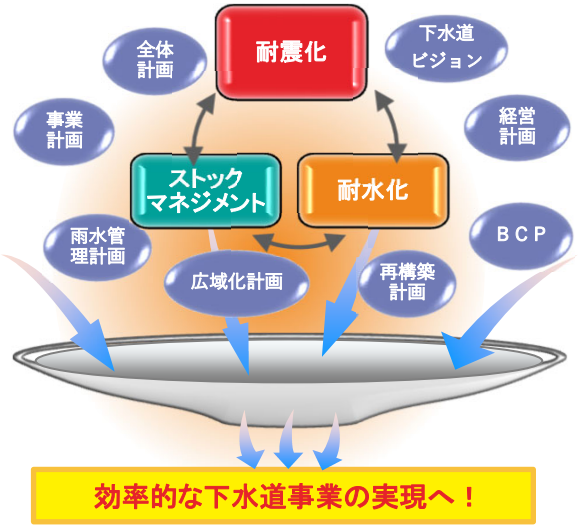

図2　関連計画を含めた効果的な事業実施計画

より高度な構造解析

当社には、構造解析を専門とする「構造設計部」があり、より実現象に近い応答を再現するための高度な構造解析も可能です。詳細はリーフレット「上下水道施設の新たな耐震診断」をご参照ください。

業務実績

受注年度	発注者	業務名称
2020	兵庫県神戸市	東灘処理場滞水池耐震診断業務（土木）
2021	日本下水道事業団東日本本部	令和3年度富山市浜黒崎浄化センター沈砂池ポンプ棟再構築基本設計（耐震実施計画）業務委託
2022	青森県八戸市	委託第12号　類家雨水ポンプ場耐震診断業務委託
2023	日本下水道事業団西日本本部	令和5年度滋賀県琵琶湖流域下水道湖南中部浄化センター再構築基本設計（耐震実施計画）業務委託

潤いある未来へ
株式会社 日水コン

お問合せ先　コンサルティング本部 下水道事業部
本社　〒163-1122 東京都新宿区西新宿6-22-1（新宿スクエアタワー）
TEL. 03-5323-6300　E-mail. nsc_gesui@nissuicon.co.jp

20250401