

コンクリート構造物の耐久性照査過程における土木と建築の比較

芝浦工業大学大学院 学生会員 ○澁谷 亜香里
芝浦工業大学 正会員 伊代田 岳史

1. 目的

日本は、海に囲まれた島国であり、南北に長いため亜寒帯から亜熱帯までの気候が存在するなど環境条件は様々である。コンクリートは、環境の影響を大きく受けることが知られており、コンクリート構造物を設計する際は、その環境において使用目的や機能を考慮した要求性能を満たすように、性能照査型の設計が行われつつある。照査における要求性能のひとつに耐久性があり、コンクリートの設計において重要な項目である。耐久性は、設計耐用年数にわたって安全性、使用性、復旧性を保持する性能であり、項目は大きく分けて鋼材腐食とコンクリートの劣化である。鋼材腐食の要因として、水の浸透、中性化、塩化物イオンの侵入、ひび割れがあり、コンクリートの劣化の要因には凍害と化学的侵食があり、各々に分けて照査される。

コンクリートの代表される規準類は、土木分野ではコンクリート標準示方書、建築では JASS5 である。耐久設計に用いられる規準は、対象の構造物で異なっており、すべての条件が同じものを与えても異なる結果が得られることが考えられる。本研究では、規準が異なることによる照査過程や結果の違いを把握することを目的とし、鋼材腐食に着目して、土木と建築において具体的な耐久性照査の比較を行った。

2. 概要

本研究で比較対象とした規準類は、土木分野ではコンクリート標準示方書¹⁾（以下、示方書）、建築分野では JASS5 としたが、JASS5 での耐久性設計が照査型ではないため、鉄筋コンクリート造建築物の耐久設計施工指針・同解説²⁾（以下、耐久設計指針）を用いた。また、すべての規準は最新版である。土木と建築における耐久性照査の異なる点を把握し、具体的な設計条件を設定して、照査の過程や結果を比較する。水の浸透による鋼材腐食の照査は、示方書で導入されたが、建築においては項目にないため、ここでは、水分浸透の照査は省略し、中性化と塩化物イオンによる鋼材腐食に着目

して比較した。

3. 耐久性照査方法の比較

3. 1. 照査方法

土木は、安全係数が含まれた上で、照査式を満たす設計値を算出する。一方で建築は、設計値が限界値よりも小さいことを確認し、もし大きい場合は、耐用年数時の腐食確率を算出し、限界腐食確率を超えないように設計値を設定する。

3. 2. かぶり

土木において設計かぶりは、施工誤差を考慮した値を用いる。一方建築のかぶり厚さは、設計値のまま使用する。

3. 3. 中性化に伴う鋼材腐食

土木分野と建築分野で中性化の鋼材腐食に関する耐久性照査は大きく異なる。中性化速度係数では、土木は有効水結合材比を用いて計算された特性値に環境の係数や安全係数を乗ずることで算出する。一方、建築は中性化速度係数に関する定数 k が存在し、係数 α や β を乗ずることで中性化速度係数を算出する。 α はコンクリートの材料および調合、 β は環境条件を考慮した係数のため、実際の条件で係数が大きく異なると考えられる。また、土木は中性化残りを考慮するが、建築は考慮せず、鋼材に達するもしくは乾燥している場合に鋼材より 20mm 奥まで中性化が達するまで安全と評価する。

3. 4. 塩化物イオン侵入に伴う鋼材腐食

塩化物イオンの拡散係数の特性値を算出する方法は土木と建築で同様であり、水セメント比で求められる。塩化物イオンの浸透深さの設計値もおおよそ同様の式で求められる。しかしながら、土木は安全係数などを乗じるため、照査結果が異なる場合もあると考えられる。また、土木と建築での大きく異なる点は、ひび割れである。土木はひび割れ幅と深さの比を求めることにより、ひび割れから侵入する塩化物イオンを考慮した照査を行う。建築では、表面からのみの塩化物イオン浸透を対象にしている。

キーワード 耐久性照査、コンクリート標準示方書、耐久設計施工指針、コンクリート構造物

連絡先 〒135-8548 東京都江東区豊洲 3-7-5 芝浦工業大学工学部土木工学科 TEL:03-5859-8356 E-mail:me19047@shibaura-it.ac.jp

4. 耐久性照査過程の比較

4. 1. 設計条件

表－2 に具体的な耐久性照査を行う条件を示す。土木の道路構造物の梁と建築物の柱を想定した 2 つの条件で実施する。条件 1 では、土木構造物を想定しており、土木学会の設計例⁴⁾を参考にした。海岸から 10km 離れた内陸環境であるが、凍結防止剤の影響がある場所である。表面の塩化物イオン濃度は、 1.2kg/m^3 に設定している。一方で条件 2 は、耐久設計指針に記載の設計例³⁾を参考にした。海岸から 50m と近く、塩化物イオンの鋼材腐食に厳しい環境であり、飛来塩分量は $5\text{mdd}(\text{mg/dm}^2/\text{day})$ である。

4. 2. 中性化に伴う鋼材腐食

表－3 に中性化に伴う鋼材腐食の照査の過程と結果を示す。条件 1 においては、耐久設計指針の中性化速度係数の設計値(α_d)が大きく算出された。これに伴い耐久設計指針の中性化深さも示方書に比べて大幅に大きい結果であった。一方、条件 2 においては、示方書と耐久設計指針でおおよそ同値であった。耐久設計指針は、 α と β の値が大きく影響するが、特に環境の係数は実際の気温や湿度によって係数の値が異なるため、結果に大きな差が生じる可能性がある。

4. 3. 塩化物イオン侵入に伴う鋼材腐食

表－4 に塩化物イオン侵入に伴う鋼材腐食の照査の過程と結果を示す。初期塩化物イオン濃度において耐久設計指針は、実際の計測値から設定するが、示方書においては海岸からの距離で決定されるため、条件 2 の示方書では大きく設定された。条件 2 は示方書・耐久設計指針両方で要求性能を満たさない結果であった。

5. まとめ

環境条件が厳しい場合、土木と建築で中性化速度係数や塩分拡散係数などの特性値はおおよそ等しくなるが、条件によっては照査結果にばらつきが出る。

参考文献

- 1) 土木学会：[2017 年制定] コンクリート標準示方書 [設計編]，pp.148-234，2018.3
- 2) 日本建築学会：建築工事標準仕様書・同解説 5 鉄筋コンクリート工事，pp.197-209，2018.7
- 3) 日本建築学会：鉄筋コンクリート造建築物の耐久設計施工指針・同解説，pp.98-159，2016.7
- 4) 土木学会：土木学会コンクリート標準示方書に基づく設計計算例[道路橋編]，Vol.117，pp.30-80，2005.3

表－2 設計条件

	条件 1	条件 2
対象構造物	梁	柱
耐用年数	100 年	60 年
環境	内陸	海から 50m
セメント種類	OPC	OPC
W/C	40%	55%
かぶり	51mm	50mm
設計基準強度	40N/mm^2	24N/mm^2

表－3 中性化に伴う鋼材腐食の耐久性照査過程

	条件 1			条件 2		
	示方書	耐久設計指針		示方書	耐久設計指針	
γ_i	1	-		1	-	
y_{lim}	31	51		25	50	
c	51	51		50	50	
c_d	41	51		35	50	
c_k	10	-		10	-	
y_d	0.552	3.44		19.669	19.200	
α_d	0.048	0.344		2.208	2.47	
α_k	0.03	k	17.2	1.380	k	17.2
β_e	1.6	β_1	1	1.6	β_1	1
		β_2	1		β_2	0.84
		β_3	1		β_3	1
γ_{cb}	1.15	-		1.15	-	
γ_c	1	α_1	1	1	α_1	1
		α_2	1		α_2	1
		α_3	0.02		α_3	0.17
結果	0.018	0.067		0.787	0.381	
	OK	OK		OK	OK	

表－4 塩害に伴う鋼材腐食の耐久性照査過程

	条件 1		条件 2	
	示方書	耐久設計指針	示方書	耐久設計指針
C_{lim}	2.2	1.2	1.75	1.2
C_d	1.431	0.725	6.18	1.39
C_0	1.2	1.2	6.3	2.2
D_d	0.681	0.251	0.858	0.71
D_k	0.251	-	0.708	-
λ	1.5	-	1.5	-
D_0	400	-	400	-
w/l	0.000716	-	0.00025	-
C_i	0.3	0.3	0.2	0.2
結果	0.650	0.604	3.531	1.156
	OK	OK	NG	NG

- 5) 澁谷 亜香里，伊代田 岳史，各種仕様書における耐久性照査の変遷と特徴の把握，コンクリート工学年次論文集，Vol.41，No.1，2019