

# 圧縮領域のコンクリートの劣化が RC 部材の曲げ特性に及ぼす影響

Effect of concrete deterioration in compressive zone on the flexural property of RC member

北武コンサルタント(株)    ○正 員    坂本智明 (Tomoaki Sakamoto)  
 北武コンサルタント(株)    正 員    坂口淳一 (Junichi Sakaguchi)  
 北武コンサルタント(株)    正 員    渡辺忠朋 (Tadatomo Watanabe)

## 1. はじめに

積雪寒冷地のコンクリート構造物は、凍結融解作用による凍害の影響を受けて耐荷力などの構造性能の低下が懸念されている。コンクリートの材料劣化に関しては多くの研究者により実験・研究が進められているが、材料劣化と部材としての構造性能の低下を関連づけた研究はあまりなされていない。そこで、本研究ではコンクリート特性値を低減させた、凍害による劣化を模擬した梁部材の解析を行い、部材の曲げ耐力と疲労寿命に着目して構造性能低下の影響を検討した。

## 2. 解析概要

### 2.1 解析モデルの概要

図-1には、本解析で対象とした梁部材の形状寸法を示している。表-1、表-2には、それぞれコンクリートおよび鉄筋の材料特性値一覧を、表-3には部材高、材料特性値および劣化範囲の組合せによる検討ケースを示している。部材高はH=1.00m、0.50m、0.25mの3タイプとした。コンクリートの圧縮強度 $f'_c$ は $30\text{N/mm}^2$ を標準値とし、劣化はコンクリートの圧縮強度 $f'_c$ とヤング係数 $E_c$ を低減させることで模擬した。劣化モデルの詳細は次節で行う。鉄筋は引張鉄筋のみとし、引張鉄筋比 $pt$ は1.0%とした。コンクリートの疲労寿命については、鉄筋の応力振幅を $100\sim 180\text{N/mm}^2$ の範囲として、それに対応するコンクリートの応力振幅として式(1)より算出した。曲げ耐力、たわみおよび疲労寿命はコンクリート標準示方書<sup>1)</sup>に準拠して算出した。

表-1 コンクリートの材料特性値

圧縮強度 ( $\text{N/mm}^2$ )	ヤング係数 ( $\text{kN/mm}^2$ )	粗骨材最大寸法 (mm)
30.0	28.0	25

表-2 鉄筋の材料特性値

降伏強度 ( $\text{N/mm}^2$ )	ヤング係数 ( $\text{kN/mm}^2$ )
345	200

$$f_{rd} = k_{1f} f_d (1 - \sigma_p / f_d) \left( 1 - \frac{\log N}{K} \right) \dots\dots\dots (1)$$

ここに、 $f_{rd}$ ：コンクリートの曲げ圧縮の疲労強度 ( $\text{N/mm}^2$ )、 $f_d$ ：コンクリートのそれぞれの設計強度 ( $\text{N/mm}^2$ )、 $K$ ：普通コンクリートの気乾状態として17、 $k_{1f}$ ：曲げ圧縮の場合として0.85、 $\sigma_p$ ：永続作用によるコンクリートの応力度 ( $\text{N/mm}^2$ )である。

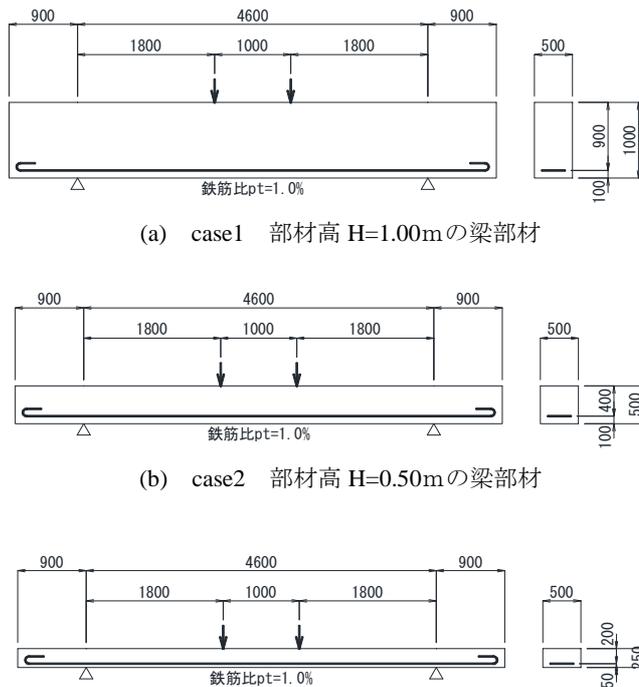


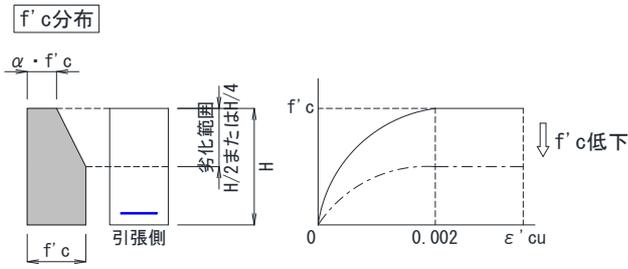
図-1 梁部材の形状寸法

表-3 検討ケース一覧

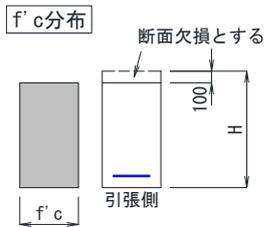
ケース	部材高H	$\alpha$ ( $f'_c$ の低下割合)	圧縮縁からの劣化範囲	備考
case1-1	1.00m	1	なし	健全ケース
case1-2		2/3	H/4	劣化モデル1
case1-3		1/3	H/2	
case1-4			H/4	
case1-5		H/2		
case1-6		-	0.1m(断面欠損)	劣化モデル2
case2-1	0.50m	1	なし	健全ケース
case2-2		2/3	H/4	劣化モデル1
case2-3		1/3	H/2	
case2-4			H/4	
case2-5		H/2		
case2-6		-	0.1m(断面欠損)	劣化モデル2
case3-1	0.25m	1	なし	健全ケース
case3-2		2/3	H/4	劣化モデル1
case3-3		1/3	H/2	
case3-4			H/4	
case3-5		H/2		
case3-6		-	0.1m(断面欠損)	劣化モデル2

2.2 劣化モデル

図-2には部材高方向のコンクリート特性値の低減方法を示している。圧縮縁での低減量は圧縮強度の標準値に対して $2/3f'_c$ 、 $1/3f'_c$ とした。凍害したコンクリートの相対動弾性係数は、深さ方向におおむね線形に増加していくことが知られていることから<sup>2)</sup>、本解析では圧縮縁から部材高の $H/4$ 、 $H/2$ までの範囲を直線勾配で標準値まで変化させた。低減した圧縮強度に対するヤング係数 $E_c$ は式(2)により求めた。



(a) 劣化モデル 1



(b) 劣化モデル 2

図-2  $f'_c$ の分布と応力-ひずみ曲線

$$E_c = \left( 2.2 + \frac{f'_c - 18}{20} \right) \times 10^4 \dots\dots\dots (2)$$

2.3 解析ケース

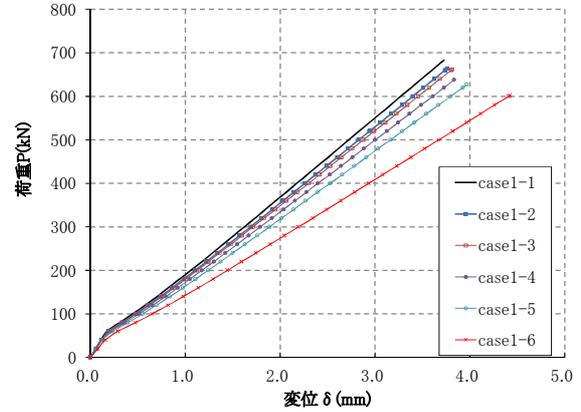
部材高 $H=1.00m$ をcase1、 $H=0.50m$ をcase2、 $H=0.25m$ をcase3とし、case1-1は健全ケースとする。劣化モデル1としてcase1-2、case1-3は圧縮強度の低減を $2/3$ として劣化範囲を $H/4$ 、 $H/2$ としたケース、case1-4、case1-5は圧縮強度の低減を $1/3$ として劣化範囲を $H/4$ 、 $H/2$ としたケースとする。劣化モデル2としてcase1-6は特性値の低下よりさらに劣化が進んだ状態として $0.1m$ 断面欠損とする。case2、case3はcase1と同様の劣化モデルである。

3. 解析結果および考察

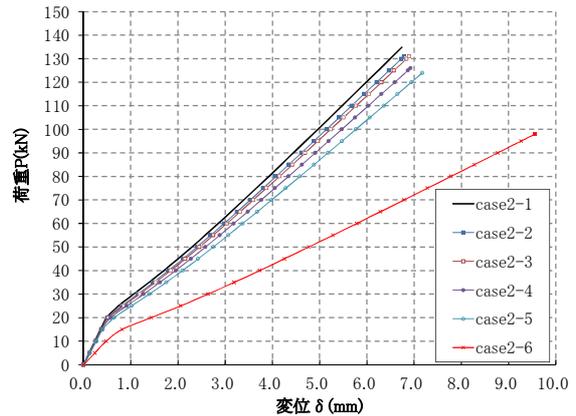
3.1 曲げ耐力

図-3には、載荷点位置における降伏までの荷重-変位関係を、表-4には曲げ降伏耐力とそれぞれの健全ケースであるcase1-1、case2-1、case3-1との比率を、図-4には健全ケースと劣化モデルの降伏耐力比と劣化範囲の関係を示している。材料特性値の低下により劣化をモデル化した劣化モデル1では、曲げ耐力の低下は3~8%程度と影

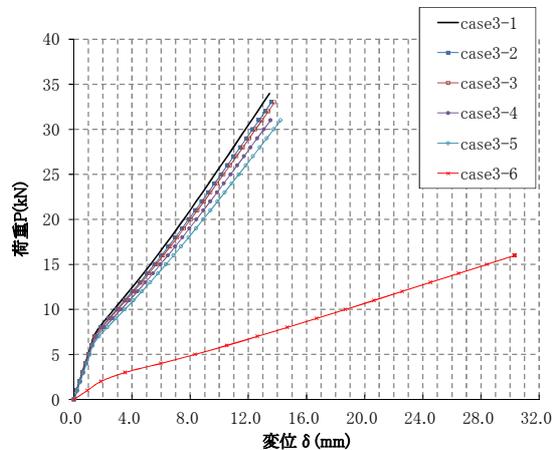
響は少ない。一方、断面欠損により劣化をモデル化した劣化モデル2では12%~53%と曲げ耐力低下の度合いが大きくなる。これは、コンクリートの圧縮強度やヤング係数が低下する程度の劣化では曲げ耐力にほとんど影響を及ぼさないが、砂利化などの圧縮応力を伝達できないほどの劣化では、部材厚に占める割合が大きいほど曲げ耐力低下に影響を及ぼすことを示している。



(a) case1 荷重-変位関係



(b) case2 荷重-変位関係

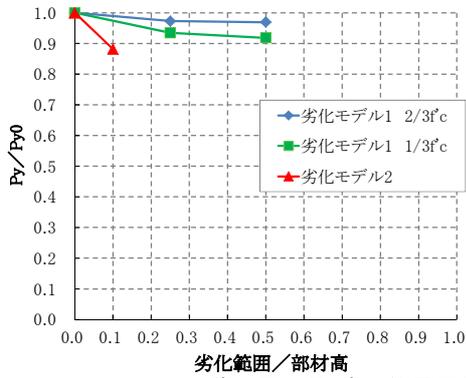


(c) case3 荷重-変位関係

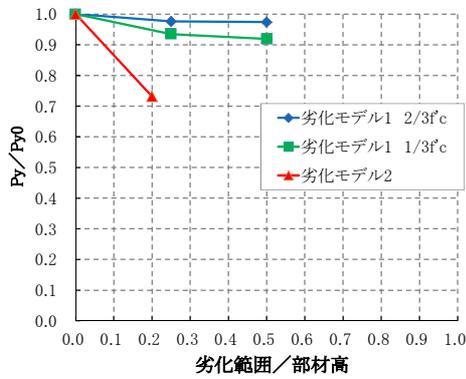
図-3 荷重-変位関係

表-4 曲げ降伏耐力の解析結果

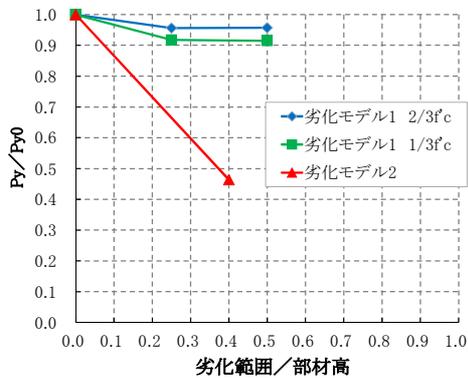
	$\alpha$ ( $f'_c$ の低下)	圧縮線からの 劣化範囲	降伏耐力 $P_y$ (kN·m)	$P_y/P_{y0}$	備考
case1-1	1	なし	682.6	1.000	$P_{y0}$
case1-2	2/3	H/4	664.0	0.973	
case1-3		H/2	661.8	0.970	
case1-4	1/3	H/4	638.0	0.935	
case1-5		H/2	626.9	0.918	
case1-6	-	0.1m(断面欠損)	601.9	0.882	0.1H
case2-1	1	なし	134.5	1.000	$P_{y0}$
case2-2	2/3	H/4	131.3	0.976	
case2-3		H/2	131.0	0.974	
case2-4	1/3	H/4	125.8	0.935	
case2-5		H/2	123.7	0.919	
case2-6	-	0.1m(断面欠損)	98.4	0.732	0.2H
case3-1	1	なし	34.0	1.000	$P_{y0}$
case3-2	2/3	H/4	32.6	0.956	
case3-3		H/2	32.6	0.957	
case3-4	1/3	H/4	31.2	0.917	
case3-5		H/2	31.2	0.915	
case3-6	-	0.1m(断面欠損)	15.8	0.464	0.4H



(a) case1 降伏耐力比-劣化範囲関係



(b) case2 降伏耐力比-劣化範囲関係



(c) case3 降伏耐力比-劣化範囲関係

図-4 降伏耐力比-劣化範囲関係

### 3.2 疲労寿命

図-5には疲労寿命と劣化範囲関係を示している。曲げ耐力の低下については3~8%とほとんど劣化の影響を受けないが、疲労寿命は圧縮強度低下の影響を顕著に受けることがわかる。また、部材高が異なる場合でもコンクリートの圧縮強度の低減が同じであれば疲労寿命に相違がない。以上より、疲労寿命では圧縮強度と劣化範囲の部材高に占める割合が重要であることがわかる。

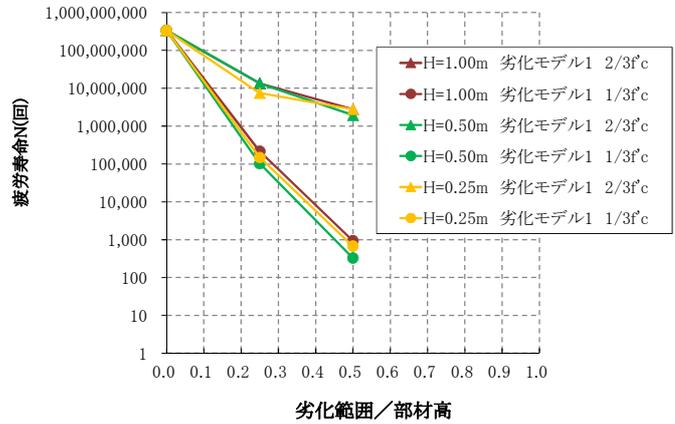


図-5 疲労寿命と劣化範囲関係

### 4. 結論

本研究では部材の曲げ耐力と疲労寿命に着目して構造的な性能低下の影響を検討した。本解析で得られた知見を要約すると以下のとおりである。

- 1) コンクリートの圧縮強度やヤング係数の低下程度の劣化では、梁部材の曲げ耐力の低下はわずかである。
- 2) 断面欠損が生じるほどの劣化では曲げ耐力の低下は大きい。さらに部材厚に対する断面欠損の比率が影響する。
- 3) 床版などの薄板部材は断面欠損の影響を大きく受けると考えられる。
- 4) 疲労寿命は圧縮強度の低下と劣化範囲の影響を大きく受ける。

コンクリートの劣化状態の違いによって曲げ耐力や疲労寿命に与える影響が大きく異なることがわかった。今後は劣化状態と構造的な性能の相関についてさらに研究を行う必要があると考える。

### 参考文献

- 1) 土木学会：2012 年制定 コンクリート標準示方書【設計編】
- 2) 遠藤裕丈、田口史雄、林田宏：コンクリート部材の凍害診断への表面走査法の適用に関する研究、第55回(平成23年度)北海道開発技術研究発表会、2012