

1 まえがき

構造部材の設計は一般に、部材の破壊を対象とした終局限界、および、たわみなどの使用性に基いた使用限界、を考慮して行なわれる。たとえば、ひびわれは構造物の美観を損わないこと、部材内の補強材の有害な腐食を防止し欠損や長期的な安全性を損わないこと、断面の剛性を変化させ大きな断面力変化を生じないこと、などから許容値が定められる。構造物は所要の耐用年数の期間内で、材料の品質変化、荷重作用の変化などによっても、十分な安全性や使用性が維持されることが要求される。実際の構造物の耐用年数は、安全性や使用性のみでなく機能性から定まることもある。土木構造物では橋梁の設定年数を50年、ダムを45～50年（税法上の償却年数）とする考え方もあるが、耐用年数は、補修・補強技術の進歩、使用目的の変化、部材の種類、経済性、その他も関連して定め方は複雑であり、設計当初から明確に耐用年数を設定することはむずかしい。

本文では、部材の耐久性を定める多くの項目から部材を構成する使用材料の品質の変化を選定し、これが部材の曲げ耐力に及ぼす影響を既往の資料などを参考として検討したものである。海水環境は海水の化学的・物理的作用によるコンクリートの劣化、塩分の供給による鉄筋の腐食など材料の変質に最も過酷な条件の一つであり、海岸線や海水中で得られた値に対し考察を加えた。

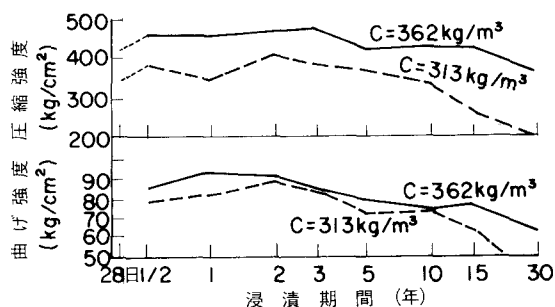
2 経年によるコンクリートの品質変化

実際の自然環境にあるコンクリートの長年月に亘る品質変化の測定値は多いものではない。図-1(a)は、ノルウェーの湾内の海水中に浸漬した供試体に関する30年間の強度変化の一例を示したものである。水深3mの場所に浸漬した結果であり、水温が低い(1～12℃)ためにすべての海洋コンクリートに適用できるものではないが、品質や部材耐力の変化の定性的傾向を捉えることができるであろう。図-1(a)によると、コンクリートの強度は長期に亘り増進せず5～10年以降は明らかに強度が低下すること、圧縮強度に比し曲げ強度の低下が大きいこと、などの傾向がみられる。

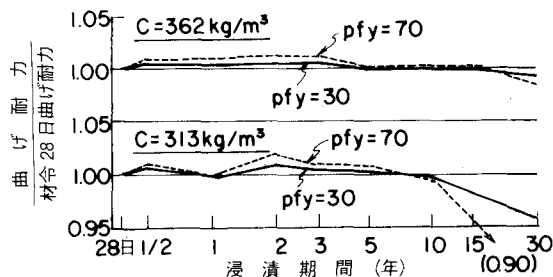
図-1(b)は、上記強度変化の測定値から、部材の曲げ耐力の変化を計算した結果である。曲げ耐力の計算には、次式を用いた。ただし、 $q = p f'_c / f_y$ である。

$$\mu = b d^2 f'_c q (1 - 0.6 q)$$

上式も予想されるように、コンクリートの圧縮強度は曲げ耐力に大きな影響を及ぼすものではない。本図における圧縮強度低下率の最大値は43%であるが、これに対応する曲げ耐力の低下率は10%であった。圧縮強度の変化は、セメントの種類、水セメント比、単位セメント量、浸漬までの養生方法、海水との接触条件、などによって相違すると思われる、曲げ耐力の変化は鉄筋量によっても異なる。図-1の結果は、セメント量が362kg/m³では、材令30年まで曲げ耐力の低下が無視できる程度であることを示している。



(a) 海水浸漬による強度の変化¹⁾



(b) 浸漬期間と曲げ耐力

図-1 海水浸漬による強度および部材耐力の変化

(普通ポルトランドセメント使用
材令2日で脱型→6週淡水水中→6週気中→海水中)

コンクリートの品質変化は外的作用の著しい表層から進行するものであり、表層部分が徐々にポーラスとなり、結果的にコンクリートの鉄筋に対する防錆機能を低下させるものと予想される。

3. 曲げひびわれと耐力への影響

ひびわれは多岐の原因によって発生するが、耐久性の観点からひびわれが制限されているものは我が国では曲げひびわれに関してである。ひびわれ幅と鉄筋の腐食の関係については、種々の議論があり統一されているわけではないが、部材耐力の観点からは腐食により生ずる i) 鉄筋断面積の減少, ii) 鉄筋とコンクリートのはく離、が問題となるであろう。i) は腐食深さや断面積変化, ii) は腐食面積、などの測定値が指標となると考えられる。

太田は海岸線に設置した RC 桁の 10 年後の試験結果から、かぶりが大きく (4 cm) になるとひびわれ幅と鉄筋断面の減少率は相関性があり、しかも鉄筋断面減少率は確率密度関係で表わされることを示している²⁾。図-2 は、前述の M_u の式を用いて曲げ耐力の変化を計算した結果である。鉄筋の断面減少は直接に曲げ耐力の低下をもたらすものであるが、バラツキも大きい。

ひびわれ部分では鉄筋とコンクリートにはく離が生じており、腐食の発生に伴いはく離は軸方向に左右に進展すると考えられる。図-3 はさび長さの測定結果例を示したものである。はく離が拡大することにより、1) 腐食因子の浸透を容易とし腐食の進行を助長する、ii) コンクリートと鉄筋の一体化が阻害される、iii) 腐食の拡大による膨張ひびわれの発生を促す、など問題が生ずる。ii) に関しては、せん断区間ではつりあい機構が変化して必ずしも耐力の低下をもたらさないが、端部定着の機能は減ぜられることとなる³⁾。

4. まとめ

コンクリートの品質変化は曲げ耐力に大きな影響を及ぼさないようであるが、ひびわれ部分の鉄筋の断面減少は耐力変化と密接な関連を有する。バラツキや孔食の影響を含めた耐力変化の推定、はく離による端部定着の定量的評価、膨張ひびわれの防止などの検討が必要である。

参考文献：

1) Gjrv, O.E.: Long-time durability of concrete in seawater, ACI Journal, Jan. 1971
2) 太田利隆他：海岸に暴露した RC 桁の鉄筋腐食、第 22 回北海道開発局技術研究発表会、1979 年 12 月
3) 関 博他：せん断区間のはく離が RC 部材の挙動に及ぼす影響について、コンクリート工学協会、年次学術講演会、1981 年 6 月
4) 神山 一：コンクリート中の鉄筋のさび、セメントコンクリート、1972 年 10 月

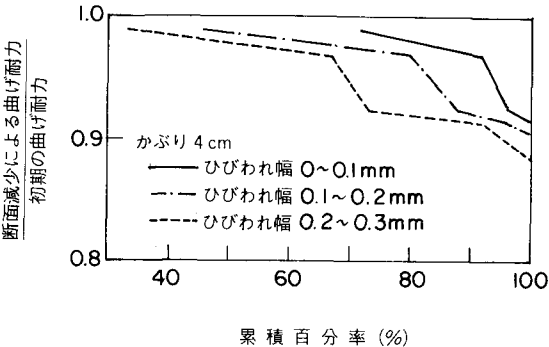


図-2 鉄筋の断面減少と耐力変化

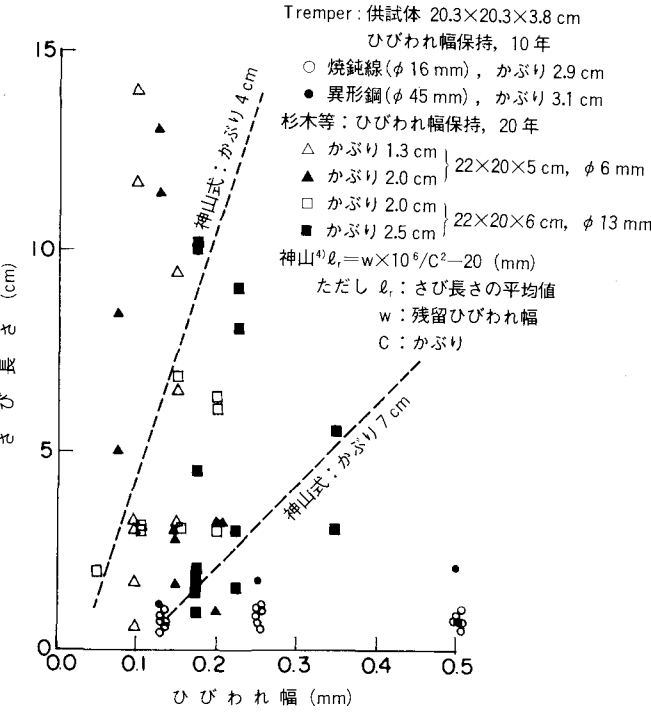


図-3 ひびわれ幅と鉄筋のさび長さ