PSＩ-11　箱桁の渦励振に及ぼす形状と乱れの影響

日本鋼管（株）　正会員　藤澤　伸光
同　上　　武田　勝昭、橋本　光行

<u>まえがき</u>　箱桁の渦励振の振幅が接近流の乱れの影響を受けることは周知の通りであるが、筆者らの実験によれば、その影響度は一様でなく、断面の形状によって異なる。本研究では、張出を有する矩形箱桁および扁平六角形箱桁の２種類の箱桁を対象に、断面比をパラメトリックに変化させて乱れの効果に及ぼす形状の影響を実験的に調べ、若干の考察を加えた。

<u>実験方法</u>　実験にはタウト・ストリップ模型を用い、格子乱流中で渦励振応答を測定した。気流の乱れ強度は模型と格子の距離を変化させて調節した。使用した模型の形状と断面比を図１に示す。実験時のスクルートン数 $2m\delta/\rho BD$ は 0.2〜1.8、渦スケールと弦長の比 L_u^x/B は 0.5〜1 程度であった。

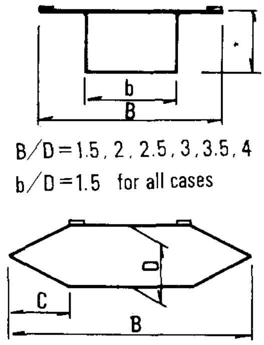

図１　供試模型

<u>実験結果</u>

１．六角形箱桁　図２は扁平六角形箱桁の最大振幅（弦長で無次元化）と断面比の関係を示したものである。図には、類似の断面を有する特定の実橋を対象とした実験値（２次元模型、一様流）も併記した（図中の○）。なお、今回の実験では、断面比が４以上の実験と４以下の実験では実験条件、特に質量比が異なる。図から明らかなように、B/D＝4を境にして振幅が不連続に変化しており、また○と今回の一連の実験値の間にもかなり大きな差が認められる。この結果を、振幅はスクルートン数に逆比例すると仮定して、同一条件下の振幅に換算すると図３のようになる。B/D＝4における振幅の連続性等から、この補正は妥当であったように思われ、扁平六角形箱桁の渦励振にはスクルートン数、特に質量の影響が大きいものと考えられる。

ところで、主題の乱れの影響について言えば、六角形箱桁の渦励振に及ぼす乱れの効果は、断面比によって定性的傾向が逆転する。すなわち、比較的扁平な断面では、既に筆者らの実験を初め幾つかの報告があるように、乱流中でも振幅はほとんど変化しないか、或いは乱れ強度の増加とともに若干増加する傾向が認められるのに対して、桁幅の小さい断面では、乱れ強度の増加とともに振幅が著しく減少する。

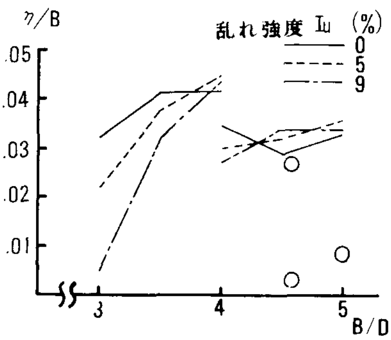

図２　六角形箱桁の振幅（補正前）

２．張出を有する矩形箱桁　実験結果を図４に示す。図中の○は今回の実験とは別の類似断面に関する既往の実験結果（２次元模型、一様流）である。矩形箱桁についても六角形箱桁と同様にスクルートン数に関する補正を試みた結果、補正を行わない方が今回の実験と○の値の整合が良かったため、図４には未補正の値を示した。上述の六角形箱桁の場合との比較から、渦励振振幅に及ぼすスクルートン数の影響は一様でなく断面によって変わるよう

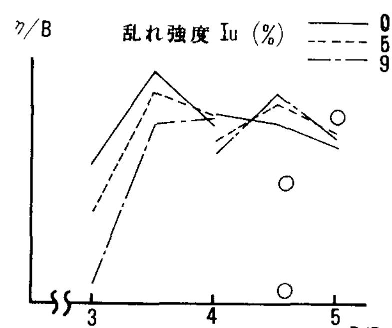

図３　六角形箱桁の相対振幅（補正後）

であり、このことは恐らく作用空気力、すなわち励振の機構と密接に係わっているように思われるが、主題から外れるので詳細は省略する。さて、張出を有する矩形箱桁に関しては、渦励振に及ぼす乱れの影響の定性的傾向は断面比によらず一定であり、いずれの場合も乱れ強度の増加とともに振幅は減少する。しかしながら、厳密に言えば振幅の減少傾向は一様でなく、扁平な断面では乱れ強度の増加とともに振幅がほぼ直線的に減少するのに対して、桁幅の小さい断面では、乱れ強度の小さい$I_u=5\%$では振幅の減少は顕著でなく、I_uが9%に増加すると急激に振幅が減少する傾向が認められる。

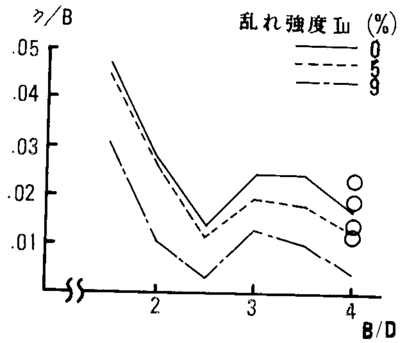

図４　張出を有する矩形箱桁の振幅

<u>考察</u>　気流の乱れが剥離した流れの再付着を促進することは周知の通りである。ところで、今回の実験では桁幅を一定とし、張出長を変化させて断面比を変えている。筆者らの一人は、張出を有する矩形箱桁の非定常圧力を測定し、弦長の20% 以上の張出を有する箱桁では、下面の圧力変動は小さいが、床版表面には典型的な剥離渦の流下に起因すると考えられる位相遅れを生じること、張出が短い（10%）場合には、下フランジ表面にも剥離渦の流下に起因する位相遅れが認められることを報告している[1)]。この結果を参考にすれば、断面比が３以上の比較的扁平な箱桁では、床版表面の剥離渦の流下が励振の主因、すなわち松本らの分類による前縁剥離型の励振を生じていると考えられ、気流の乱れによる再付着の促進が剥離渦のもたらす圧力変動を軽減するのではないかと思われる。これに対して、断面比の小さい、すなわち張出の短い桁では、下面にも剥離渦の流下が認められることから、桁回りの流れは張出のない単純な矩形のそれに近付いていると推定される。矩形については、少なくとも一様流中の静止物体に関する限り、B/D＝2.8程度まで再付着しないから、乱れが弱い場合には、多少剥離剪断層が物体に近付いたとしても再付着には至らず、ある程度以上に乱れが増加すると再付着状態になるとの推測にはさほど無理はないであろう。流れが再付着しない限り、剥離渦流下による励振力はさほど変化せず、再付着状態では断面比が大きい場合と同様なメカニズムによって圧力変動が軽減されると考えれば、上述の矩形箱桁の乱流中での挙動が合理的に説明されるであろう。図５は矩形箱桁の乱流中と一様流中の振幅比K_rと乱れ強度の関係を示したもので、参考のために矩形断面に関する結果も併記した。図から、断面比の大きい典型的な前縁剥離型では小さな乱れにも敏感に反応して振幅が減少するのに対して、断面比が小さい場合には乱れがある程度の強度に達するまで振幅はさほど変化しないこと、その限界の乱れ強度の大きさは、桁回りの流れが矩形のそれに近付くほど大きくなることが認められよう。一方、扁平な六角形箱桁に関しては、後縁から剥離する２次渦が励振に大きく寄与することを松本らが指摘している。この型の励振では再付着の位置は作用空気力、従って振幅にさほど影響しないと考えれば、実験結果を説明できるようにも思われるが、詳細は明らかでない。また、断面比が小さい場合には典型的な前縁剥離型に似た特性を示すにも拘わらず、振幅と断面比の関係は矩形箱桁と逆になる理由の解明も今後の課題である。いずれにせよ、箱桁の渦励振の振幅に及ぼす乱れやスクルートン数の影響が励振の機構と密接に係わっていることは明らかであろう。また、本実験結果は、逆にこれらの現象を調べることによって、励振機構の解明に寄与できる可能性を示唆するようにも思われる。

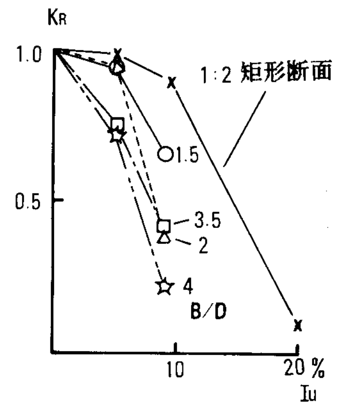

図５　乱れ強さと振幅の関係

１）藤澤、園部　『張出のある箱桁の非定常圧力に関する一実験』　土木学会第41回年講、昭和61年11月