

今月は論文報告集第175号(45年3月20日発行) 登載原稿として、7編を紹介いたします。今月紹介した論文報告に対する討議は45年9月20日まで受付けます。次号では論文報告集第176号登載予定原稿として下記の7編を紹介する予定です。

- 松尾寿一・島 常信・福山俊郎：道路橋施工実績調査資料の解析
- 結城皓暁：継手の剛性と組み方を考慮したシールド セグメントの解析
- 村上 正・会田忠義：静定曲りトラスの応力解析
- 奥村敏恵・坂井藤一：薄肉平板より成る立体的建造物の静力学的解析に関する一方法とその応用
- 市原松平・松沢 宏：壁変位中における土圧特性と裏込め砂のせん断特性の関連
- 柴田 徹・行友 浩：砂の動態時強度について
- 浜田純夫・成岡昌夫：軽量コンクリートの圧縮疲労強度に関する一実験

支持桁のたわみを考慮した鋼道路橋の鉄筋コンクリートの床版の曲げモーメントについて

佐藤 進・成岡昌夫

鋼道路橋の鉄筋コンクリート床版の設計は、現在、鋼道路橋設計示方書の19条に規定された計算式に基づいて行なわれている。示方書に示された単純版、連続版、および、張出し版の曲げモーメントは、床版を支持する桁の曲げ剛性が無限に大きい。つまり、支持桁がたわまないという条件のもとに導かれたものである。実際の床版をみると、トラス橋の床組の床版のように、支持桁の曲げ剛性が非常に小さい場合もあり、曲げモーメントにこの支持桁の曲げ剛性が相当に影響を与えると思われる。そこで、主鉄筋が車両進行方向に直角な場合について、この支持桁の曲げ剛性を考慮して曲げモーメントを求めた。

この研究の対象とした桁橋は、等間隔に配置された、等しい曲げ剛性をもつ5本、および、4本の主桁で床版が支えられた直桁橋で、床版は桁間隔の1/2だけ張り出した場合を考えている。曲げモーメントは、まず、曲げモーメントの影響係数を求め、ついで、この影響係数に示方書に示された輪荷重とその配置の規定を用いて計算した。曲げモーメントの影響係数の計算には、イリノイ大学のNewmark教授らが斜桁橋に対して提案した階差方程式を直桁橋の場合に適用した。ここで、支持桁の曲

げ剛性の影響は、桁の曲げ剛性と床版の曲げ剛性の比—これを相関剛比とよぶ—によって考慮している。

曲げモーメントの計算は、

a) 桁間隔 b を $b=1.75, 2.0, 2.5, 3.0, 3.5, 4.0$ m の6種類に選び、

b) それぞれの桁間隔に対して、 $b/l=0.1, 0.2, 0.3$ (l : スパン) の3つの場合を考慮し、

c) 相関剛比 H は5本主桁の場合; $b/l=0.1$ に対しては、 $H=2, 5, 10, 20, \infty$; $b/l=0.2$ に対しては、 $H=1, 2, 4, 10, \infty$; $b/l=0.3$ に対しては、 $H=1.5, 3, 6, 15, \infty$ を、また、4本主桁の場合は $b/l=0.1, 0.2, 0.3$ の3つの場合のそれぞれに対して、 $H=2, 5, 10, 20, \infty$ を考慮した。

以上のようにして計算を行ない、実用範囲内の桁橋に対して安全側の値を与えるように考えて、曲げモーメントの計算式を示した。そのうち、連続版のスパン中央曲げモーメント M_x (主鉄筋方向の曲げモーメント)、および、 M_y (主鉄筋に直角方向の曲げモーメント) について示せば、つぎのようである。

$$M_x = M_{0,x} + \{0.090(l(m)/10\sqrt{H}) - 0.030\} \cdot P$$

$$M_y = M_{0,y} + \{0.215(b(m)/1.5H) - 0.015\} \cdot P$$

ここに、 $M_{0,x}$ 、および、 $M_{0,y}$ は、それぞれ、単純版の主鉄筋方向、および、それに直角方向の曲げモーメントで、 P は自動車の一後輪荷重である。

普通の道路橋に対して上式を用いて M_x 、 M_y を求めると、連続版のスパン中央の曲げモーメントは単純版の曲げモーメントからそれほど減少しない。相関剛比が小さい場合には、むしろ、大きくなることもあり、 M_y によって決まる連続版の配力鉄筋量については、十分な配慮が必要であろう。

また、張出し版の曲げモーメントには、相関剛比よりも、むしろ、張出し長さとの比のほうが影響を与えるようである。

これらの研究が、道路橋の鉄筋コンクリート床版の曲げモーメントの改訂にあたって、参考になるところがあれば、幸である。

(1968.12.3, 1969.5.3・受付)

(注：上記2回受けの論文を一つにまとめたものである)

[佐藤：正会員 福山コンサルタント(株)]
[成岡：正会員 工博 名古屋大学教授 工学部]

はりに作用する荷重の統計的な扱いについて

中川 建治

ランダム外力を平均値と分散値という統計量で表現す

ると、外力の局部的な乱れは、統計量という名のもとに包含され、平均化されてしまう。統計量で表現された外力を与えられた設計者は、統計量を一定にする条件のもとに、局部的な乱れを全く任意に付加して、応答の極値を追求し、安全性を検討するべきではなからうか。本文では、平均値と分散値が規定されている外力をはりに静的に作用させて、応答の平均値と分散値を求める方法と、極値を求める方法とを検討した。(1969.7.1・受付)

【筆者：正会員 工修 山口大学助教授 工学部】

3 径間連続桁を基本系とする斜張橋の形式による静力学的構造特性に関する研究

前田幸雄・林 正

斜張橋の構造を選定する場合、いかなる形式の斜張橋を用いるべきか判断に迷うことが多いと思う。実際、斜張橋は自由度の高い構造物であるがために、それだけ種々の形式が存在する。すなわち、塔の支持形式、ケーブルの張り方および塔との結合形式、ケーブルの主桁支持位置等構造上の諸条件を組み合わせれば、数限りなくいろいろな形式が考えられるが、これらの条件が斜張橋全体の弾性特性にどのような影響を与えるかを知っておくことは、斜張橋の構造を決定する上に必要なことと思う。この種の研究はいままでもいくつか発表されているが、資料の量も少なく、かつ総括的に扱った研究はまだ見あたらないようである。斜張橋を合理的に設計するには、静力学的な面からだけではなく、動力学的な面からも検討すべきであるが、静力学的な性質がまず基本であると考え、本文では3径間連続桁を基本系とした斜張橋の静力学的な構造特性を調べた。

元来、斜張橋は連続形式の主桁をケーブルで補剛した形式であるから、その構造特性は基本主桁の性質によりかなり左右されることは論をまたない。しかし、前述の構造条件の影響を追究するために、本文では基本主桁として径間割の一定な3径間連続桁を有する斜張橋について調べた。したがって、斜張橋の有する塔の数は2基とし、またケーブルの数は8本とした。この条件のもとで、本文で調べた研究内容はつぎの4項目である。

- ① 塔の支持形式による影響
- ② ケーブルの支持形式による影響
- ③ ケーブルの張り方による影響
- ④ ケーブルの主桁支持位置による影響

研究項目①、②は、すでに発表した文献でいう基本形式による特性であり、項目③、④はケーブルの幾何学的な形状による特性を表わす。

研究方法としては、大型電子計算機の使用による数値解析によりその特性、すなわち上記項目の影響がケーブル張力およびその鉛直成分、塔の曲げモーメント・軸力・変形量、主桁の反力・軸力・曲げモーメント・たわみにどのように現われるかを追究した。その結果、いままでいわれていた斜張橋の有する静力学的特性を裏付ける資料も得たが、また十分に解明されていなかった特性もかなり明らかにされた。項目①の塔の支持形式による影響は主桁およびケーブルに関してはほとんど現われなかったが、塔に関する影響は大きい。項目②の塔上におけるケーブルの支持形式による影響はきわめて大きくて、またこの影響は項目③のケーブルの張り方とも密接な関係があることが判明した。項目④に関しては、大体ケーブルは主桁を等分割した点で支持する場合が良好である。

以上の静力学的構造特性は弾性方程式から理論的にも説明でき、さらにこの特性は構成部材の剛性とも関連していて、剛性による弾性特性もあわせて解明する必要があるので、稿をあらためて発表したい。

(1969.7.25・受付)

【前田：正会員 工博 大阪大学教授 工学部
林：正会員 大阪大学助手 工学部】

各支点で異なる地震波をうける 橋梁の応答解析

小坪清真・原田譲二

従来、橋梁の地震応答を求める場合、その各基礎に作用する地震波としては同一波形、同一位相のものを使用していた。各基礎が同様な地盤にあるとみなされる小スパンの橋梁においてはこのような取扱いによっても地震時におけるその挙動を大きな誤差なく解析できるであろう。しかし、長大スパンの橋梁では、各基礎の地形および地盤性状が異なるので地震波も同一ではない。また、たとえ地震波形が同一であっても各基礎における地震波には位相差があるであろう。したがって、長大スパンの橋梁では、これらの各基礎における地震波の相違または地動位相差を考慮した応答計算法が必要である。

本論文は地震加速度が各基礎で異なる場合の橋梁の応答解析法として、地震加速度記録をそのまま入力として使用する modal analysis の方法を提案し、その特別な場合として、地動位相差を考慮してディビダーク橋の地震応答を求め、長大スパン橋梁の地震応答におよぼす地動位相差の影響が無視できないことを示した。

ついで、矩形等断面の単純支持ばりおよび連続ばりの模型を製作し、その一端支点に地震加速度を与えた場合の橋桁内の曲げ波動の伝播現象を実験および曲げ波動論

によって解析するとともに 前記 modal analysis によって解析し、三者の結果がよく一致することを確認した。これより、波動伝播が問題となるように長大スパン橋梁の地震応答解析に対しても、著者らの提案した modal analysis が十分な精度で利用できることがわかった。

(1969.8.7・受付)

小坪：正会員 工博 九州大学助教授 工学部
原田：正会員 工修 建設省土木研究所

単一オリフィスより生じる気泡の性状と酸素移動に関する研究

松本順一郎・中村玄正

活性汚泥処理法を有効なものとするためには、曝気槽において、活性汚泥微生物に呼吸源としての酸素および栄養源としての有機物を十分に供給することにより、微生物の生活活性を高く維持することが必要である。このため、曝気槽での廃水と活性汚泥との混合流体の流動状態、酸素収支等を把握することが設計、管理の上で重要である。曝気槽内における混合流体の流動特性についての報告はこれまでにいくつかあるが、気泡の性状についての研究は比較的少ない。そこで本研究では、性状の明らかな散気装置より発生する気泡について

- ① 気泡の形状と上昇速度
- ② 気泡の大きさの分布
- ③ 気泡による酸素吸収

等の基礎的な実験を行ない検討をした。

1. 気泡の形状と上昇速度について

一般に、水中を気泡が上昇するとき、気泡の形状はその大きさに応じて、球形、回転だ円体、キノコの笠状に変化するといわれている。筆者らが観察した気泡はほぼ回転だ円体の範囲であることが認められたので、その体積および表面積の算定は回転だ円体として行なった。図-1 は気泡の形状、分布状態ならびに上昇速度を測定するために用いた実験装置の概略である。

その結果、気泡の球相当半径が大きくなるにしたがっ

図-1 実験装置の概略

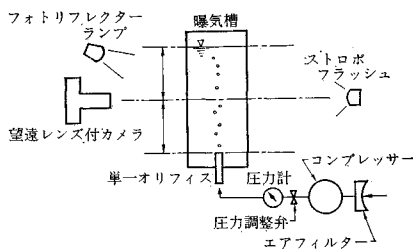
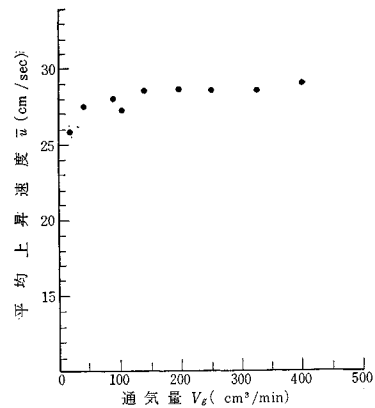


図-2 通気量と平均上昇速度



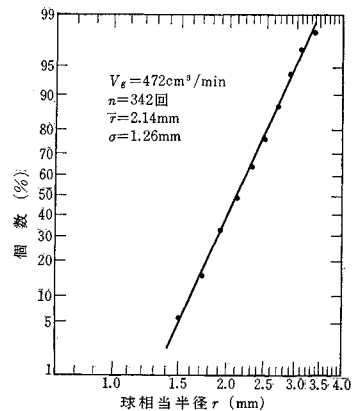
て上昇速度も速くなり、レイノルズ数も大きくなることがわかった。また、オリフィス径を一定とした場合、通気量を増すことにより気泡群の平均上昇速度も速くなることがわかった。図-2 に通気量と気泡群の平均上昇速度の関係を示した。

2. 気泡径の分布

実際の曝気槽においては 多孔質の板等から気泡を発生させて、混合流体の接触および酸素供給を行なっている。しかし、オリフィス径は一定でなく、オリフィスの位置も一定でないため、気泡の分布状態を定量的に把握することは困難である。本実験では、オリフィス径を 0.3 mm と一定とし、通気量を変化させて気泡の分布状態を幾何平均径、幾何標準偏差について検討を加え、つぎのようなことがわかった。

幾何平均径は通気量 180 cm³/min 付近において最大となり、さらに通気量を大きくすると小さくなってくる。幾何標準偏差もまた、通気量 180 cm³/min 付近で値が大きくなる。したがって、オリフィス径 0.3 mm より発生する気泡は通気量 180 cm³/min 付近で生成条件が変化するのであろうと推察された。図-3 に対数確率紙上の気泡分布

図-3 対数確率紙上の気泡分布

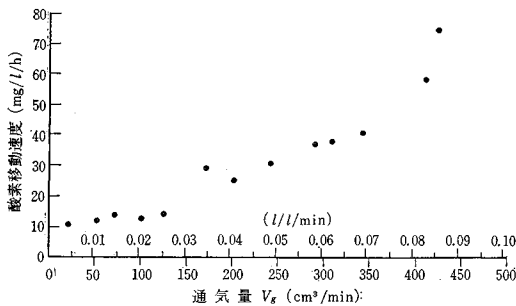


泡の分布を示した。

3. 単一オリフィスより生じる気泡による酸素移動

0.3 mm のオリフィスから生じる気泡によって酸素吸収の実験を行なった。酸素分析計によって溶存酸素を連続的に測定して酸素吸収曲線を描き、総括酸素移動係数 $K_L a$ 、酸素移動速度 w_0 を求めた。この実験により、酸素の移動もまた、通気量 $180 \text{ cm}^3/\text{min}$ 付近で大きく異なってくるのがわかった。図-4 は通気量と酸素移動速度の関係を示したものである。

図-4 通気量 V_g と酸素移動速度 w_0 。



4. 総括と結論

このように、0.3 mm のオリフィスを持つ散気装置を中心として実験を行ない検討を加えて下記の結果がえられた。

- ① 気泡の球相当半径が大きくなるにしたがって上昇速度は大きくなる。
- ② オリフィス径を一定とした場合、通気量を増すと気泡の上昇速度も大きくなる。
- ③ 一定のオリフィスより発生する気泡の相当半径は対数確率的な分布をする。
- ④ 通気量によって気泡の性状は大きく異なる。オリフィス径が 0.3 mm の場合、通気量 $180 \text{ cm}^3/\text{min}$ 付近が気泡生成の条件が変化する遷移点であると推察される。
- ⑤ 酸素移動速度は気泡の性状により大きな相違が見られる。したがって酸素移動速度の変化が、通気量 $180 \text{ cm}^3/\text{min}$ 付近で見られることは、④の結果によっても裏付けできる。

(1969.1.10・受付)

〔松本：正会員 工博 東北大学教授 工学部〕
〔中村：学生員 工修 東北大学大学院学生〕

長方形剛基礎底面の接触圧分布

桜井春輔・北村泰寿

従来基礎構造物の設計においては、基礎底面の接触圧分布を適当に仮定するのが普通であるが、この接触圧

は基盤と構造物相互の剛性によって定まるものであり、その推定は非常に困難である。基盤に比較して構造物の剛性が小さい場合は、たわみ性基礎として知られるようにその接触圧は線型に近くなる。しかし基盤の変形係数はダムや長大橋梁の基礎などのコンクリート構造物のそれと比較してかなり小さい値であり、したがって基盤を弾性体と仮定する場合には、このような構造物は剛体に近いものと考えられる。

本研究においては半無限弾性体上に長方形の剛体を考え、その接触面における圧力分布を求めて、従来の設計において仮定されている接触圧分布の検討を行なう。またこの結果を用いて三次元構造物を二次元と考える場合の妥当性を検討し、さらに剛基礎に対する地盤反力係数とアメリカ開拓局の資料から求められるたわみ性基礎に対する地盤反力係数との差異について考察を加える。

なお、この種の接触問題を解析的に解くことは非常に困難であり、したがってここでは構造物を有限個の要素に分割し、その要素内で接触圧を一定として影響係数の概念により変位を重ね合わせ、接触面における適合条件から多元連立一次方程式を解くことに帰着して近似的に解を求める。この場合、影響係数の計算には Boussinesq および Cerruti の解を用い、従来の研究においてはほとんど無視されている接触面のせん断力をも考慮する。また数値計算において問題となる分割要素数についても検討を加える。

本研究において考慮する構造物の剛体変位は鉛直方向の沈下、長軸のまわりの回転および短軸方向の水平移動であり、それぞれについて構造物の幅と長さの比を種々変化させ、さらにその底面の摩擦を考慮する場合と、無視する場合について計算を行なう。なお接触圧分布に影響を与える基盤の性質は底面に摩擦のある場合におけるポアソン比だけであり、したがってここでは $\nu=0.1$ および $\nu=0.3$ について考察を行なう。

本研究で得た主な結果を要約すればつぎのとおりである。

(1) 構造物が一定の外力を受ける場合の接触圧は基盤のヤング係数には無関係であり、構造物底面に摩擦のない場合にはポアソン比にも無関係となる。

(2) 構造物底面に摩擦を考慮すれば、それを無視した場合と比較して、“沈下”については構造物端部における鉛直圧の集中度が減少し、“回転”については鉛直圧が一様に増大する。

(3) 構造物底面に摩擦の存在する場合、ポアソン比が減少すれば“沈下”、“回転”ともに端部の鉛直圧の集中度は減少する。

(4) 構造物底面の鉛直方向変位を拘束して水平変位を与えるには水平力の他に外力としてモーメントが必要

である。そしてこの場合ポアソン比が増加すればこのモーメントは減少する。

(5) 底面の水平変位を拘束して構造物を回転させる時、モーメントの他に水平力が必要であり、ポアソン比が増加すればこの水平力は減少する。

(6) 構造物底面に作用するせん断力は“沈下”については端部で大きく内部ではほとんど無視できる程度である。“回転”については構造物内部と端部とはその作用方向が逆になる。また“水平移動”については底面にほぼ一様に分布する。

(7) “沈下”、“回転”におけるせん断力はポアソン比の減少とともに一様に増加する。一方、“水平移動”においてはポアソン比の減少とともに端部におけるその集中度は減少する。

(8) 構造物の長さ (L) と幅 (B) の比 L/B (B :一定) の影響は“沈下”および“回転”の鉛直圧分布、さらに“水平移動”のせん断力分布に大きく現われ、その他の圧力分布に対しては無視できる。

(9) 底面に摩擦の存在する構造物が地震力などの水平力を受ける場合には、底面端部に非常に大きなせん断力が作用する。

(10) “沈下”の場合、 $L/B=5$ 以上になれば中央部付近は近似的に二次元平面ひずみ状態と考えられるが、“回転”の場合は $L/B=1$ 程度でも二次元状態とみなせる。

(11) たわみ性基礎に対する地盤反力係数は剛基礎のそれより小さい。

(12) 底面の摩擦を考慮すれば地盤反力係数は増加する。また、“沈下”および“回転”に対してはポアソン比の増加とともに地盤反力係数は増大するが、“水平移動”に対してはその逆の傾向にある。

(13) “沈下”の状態において得られた地盤反力係数はそのまま“回転”の解析に用いてはならない。

(14) “沈下”および“水平移動”において地盤反力係数は L/B にあまり影響を受けず、主に底面の面積によって左右される。一方、“回転”においては底面の面積よりも L/B に大きく影響される。

(1969.4.1・受付)

〔桜井：正会員 Ph.D. 神戸大学助教授 工学部〕
〔北村：正会員 工修 神戸大学 助手 工学部〕

三軸圧縮下におけるモルタルの変形特性

富田和政・秋本昌胤・川本脩万

本文は供試体の作製が容易で、巨視的には、等方、等質な材料とみなせるモルタルを対象とし、一軸、二軸お

よび三軸圧縮時におけるひずみ状態を、純三軸圧縮試験機を用いて測定し、実験的に変形特性を考察するとともに、破壊機構を解釈するための資料を得ようとしたものである。

供試体は普通ポルトランドセメントと豊浦標準砂とで作製されたセメントモルタルで、その形状は一辺 10.8 cm の立方体である。供試体は打設後 27 日間水中 ($20\pm 1^\circ\text{C}$) で、1 日間空中で養生され、材令 28 日で試験された。純三軸圧縮試験機は立方供試体の三軸方向にそれぞれ独立に載荷できるもので、その容量は鉛直軸 200 t、水平 2 軸 100 t である。

載荷は、平均応力のみが変化する載荷方法、偏差応力のみが変化する載荷方法、平均応力と偏差応力が変化する載荷方法で行なわれた。これらの載荷方法が採用された理由は、変形を平均応力成分に関する部分と偏差応力成分に関する部分とにわけて扱ったためである。

実験結果は主に平均応力に関する変形、偏差応力に関する変形との関係でまとめられている。なお、弾性係数とポアソン比の応力状態による変化、異方性の発生についても考察されており、それらの結果をまとめるとつぎのようである。

(1) 降伏は応力-ひずみ曲線の勾配が急激に変化する領域でおこる。この領域を降伏領域と呼ぶことにする。降伏は平均応力のみ、あるいは偏差応力のみで起こる。もちろん平均応力と偏差応力の競合によってもおこる。

(2) 平均応力の増加による降伏は内部的には空げきの変化に対応する。

(3) 偏差応力の増加による降伏は内部的にはクラックの発達に対応する。

(4) このような内部変化の相違によって、変形特性はぜい性的、延性的、さらに、ひずみ硬化をともなう変形に変化する。

(5) クラックの発達は局部破壊に起因するのであるが、クラックの発達をともなう局部破壊は、最小主応力方向の偏差応力 $\sigma_1 - \sigma_m$ が平均応力 σ_m によって定まるある値に達すると起こる。

(6) クラックの発達速度は平均応力によって支配され、平均応力が大きいほど、クラックの発達速度は遅くなる。

(7) 空げきの変化はセメントペーストの破片あるいは砂粒の空げきへの落ちこみと押しこみによって起こり、外的にはおのおの急激な塑性ひずみの増加および流動化に対応すると考えられる。

(1969.8.14・受付)

〔富田：学生会員 名古屋大学大学院工学研究科修士課程 土木工学専攻〕
〔秋本：正会員 工修 名古屋大学助手 工学部〕
〔川本：正会員 工博 名古屋大学助教授 工学部〕