

624
Л73

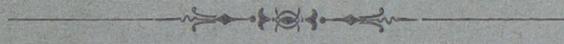
56/6

А. Ф. Лолейтъ.

Инженеръ Высочайше утвержденнаго Акціонернаго Общества для производства бетонныхъ и другихъ строительныхъ работъ.

КРАТКІЙ ОЧЕРКЪ
ОБЩЕЙ ТЕОРІИ СИСТЕМЫ МОНЬЕ
и
ЗНАЧЕНІЕ ЕЯ
ВЪ ОБЛАСТИ РАЗВИТІЯ ТЕХНИЧЕСКИХЪ ЗНАНІЙ.

Докладъ, читанный на 2-мъ Съѣздѣ Русскихъ Зодчихъ въ Москвѣ
7-го февраля 1895 года.



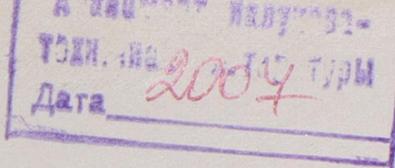
МОСКВА.

Типо-лит. Высочайше утв. Т-ва И. Н. Кушнеревъ и К^о,
Пименовская ул., соб. домъ.

1895.



1991



694
Л73

А. Ф. Лолейтъ.

Инженеръ Высочайше утвержденного Акціонернаго Общества для производства бетонныхъ и другихъ строительныхъ работъ.

72926

КРАТКІЙ ОЧЕРКЪ
ОБЩЕЙ ТЕОРИИ СИСТЕМЫ МОНЬЕ
и
ЗНАЧЕНІЕ ЕЯ
ВЪ ОБЛАСТИ РАЗВИТІЯ ТЕХНИЧЕСКИХЪ ЗНАНІЙ.

Докладъ, читанный на 2-мъ Създѣ Русскихъ Зодчихъ въ Москвѣ
7-го февраля 1895 года.

МОСКВА.

Типо-лит. Высочайше утв. Т-ва И. Н. Кушнеревъ и К^о,
Пименовская ул., соб. домъ.

1895.



1975

М. Г.

То широкое примѣненіе, которое въ послѣднее время система Монье нашла себѣ въ строительномъ дѣлѣ въ особенности у насъ въ Москвѣ, гдѣ за послѣднее семилѣтіе не возведено почти ни одной болѣе или менѣе значительной постройки, въ которой не встрѣтилось бы примѣровъ совмѣстнаго употребленія бетона и желѣза, — такое широкое примѣненіе, я думаю, оправдываетъ мою надежду, что многимъ изъ Васъ будетъ пріятно узнать результаты новѣйшихъ изслѣдованій въ этой области и совмѣстно рѣшить нѣкоторые изъ могущихъ возникнуть по этому поводу вопросовъ.

Что возбудить эти вопросы на настоящемъ съѣздѣ, прилично именно мнѣ, полагаю потому, что Вашъ покорнѣйшій слуга, повидимому, изъ всѣхъ насъ поставленъ въ наиболѣе выгодныя условія по отношенію къ теоретическому и практическому изученію системы Монье.

Посвятивши себя спеціально изученію этого предмета и имѣя случай присутствовать при исполненіи значительнаго числа разнообразнѣйшихъ и часто весьма серьезныхъ работъ, я ежедневно имѣю подъ руками обширный практическій матеріаль для всесторонняго изученія съ точки зрѣнія теоріи и исполненія. — Мнѣ, такъ сказать, приходится воочію присутствовать при постепенномъ развитіи системы Монье съ каждымъ новымъ сооруженіемъ, исполненнымъ по этому способу; а то серьезное участіе.

которое мнѣ приходится принимать въ упомянутомъ исполненіи, привело къ тому, что по чувству нравственнаго долга я не могъ не посвятить всѣхъ своихъ силъ основательному изученію этого дѣла.—Почту своею величайшею наградою, если сообщеніе скромныхъ результатовъ моихъ трудовъ успѣетъ настолько заинтересовать хотя нѣкоторыхъ изъ Васъ, чтобы побудить ихъ къ совмѣстному труду на поприщѣ разработки теоріи высоко-интересной конструкціи, составляющей предметъ моего настоящаго сообщенія.

Краткость времени и желаніе не злоупотреблять Вашимъ вниманіемъ заставляютъ меня ограничиться изложеніемъ только самаго существеннаго и притомъ преимущественно того, о чемъ, по моимъ свѣдѣніямъ, еще не говорилось почти ничего въ печати.

Желающимъ ознакомиться съ небогатою литературой системы Монье, позволю себѣ указать на слѣдующіе источники:

- 1) брошюра берлинскаго инженера Вайса „Das System Monier in seiner Anwendung auf das gesammte Bauwesen“. Berlin 1887.
- 2) брошюра Московскаго Акціонернаго Общества для производства бетонныхъ и другихъ строительныхъ работъ „Система Монье въ ея примѣненіи къ строительному искусству“. Москва 1891.
- 3) изданный тѣмъ же Обществомъ, Протоколъ по производству опытовъ надъ желѣзно-бетонными сооружениями системы „Монье“, произведенныхъ съ 1—5 ноября 1891 г. въ С.-Петербургѣ подъ общимъ наблюденіемъ Механической Лабораторіи Института инженеровъ Путей Сообщенія Императора Александра I.
- 4) опубликованная по поводу упомянутыхъ опытовъ въ журналѣ Министерства П. С., статья профессора Н. А. Бѣлелюбскаго.
- 5) появившаяся въ „Mémoires et compte rendu des

travaux de la société des Ingénieurs civils de France“ статья Coignet и de-Tédesco. „Du calcul des ouvrages en ciment avec ossature métallique“.—Paris 1894.

Въ перечисленныхъ сочиненіяхъ интересующіеся вопросамъ найдутъ подробное описаніе свойствъ бетонныхъ вообще и бетонныхъ по системѣ Монье сооружений; — перечисленіе большого числа случаевъ, когда является выгоднымъ примѣненіе этого способа постройки;—разъясненіе различныхъ сомнѣній, возникавшихъ по поводу совмѣстнаго употребленія бетона и желѣза, длинный перечень достоинствъ сооружений по системѣ Монье, и наконецъ, нѣкоторыя теоретическія свѣдѣнія и примѣры ихъ приложенія къ расчету конструкцій системы Монье.

Но М. Г., всякаго, желающаго глубже познакомиться съ дѣломъ, перечисленные свѣдѣнія не удовлетворятъ.— Въ наше время реальное направленіе вѣка, заставляя стремиться къ возможной экономіи, а потому и къ возможно—раціональному примѣненію строительныхъ матеріаловъ, приучило строителей прилагать расчетъ даже при проектированіи самыхъ простыхъ конструкцій; отсутствіе строго-научныхъ положеній для теоретическаго обоснованія конструкцій Монье поэтому естественно является весьма ощутительнымъ.

Тутъ однако же возникаетъ вопросъ: неужели же всѣ эти многочисленныя постройки по системѣ Монье, которыя мы видимъ или о коихъ слышимъ, исполнены такъ, на глазъ, безъ теоретическаго обоснованія размѣровъ конструкцій?

— Нѣтъ! М. Г., могу сказать съ увѣренностью,—всѣ онѣ рассчитаны.

Совокупными усиліями инженеровъ, посвятившихъ себя устройству сооружений по системѣ Монье, выработаны данныя для расчета ея конструкцій, вполне обеспечивающія прочность и долговѣчность возводимыхъ построекъ; но совокупность такихъ данныхъ еще не есть теорія.—

Общая теорія конструкцій системы Монье, дѣйствительно, отсутствуетъ.

Дѣло въ томъ, М. Г., что теоретическое изслѣдованіе вопроса естественно выпало прежде всего на долю людей, спеціально посвятившихъ себя примѣненію системы Монье на практикѣ; а сколько у инженера-практика остается свободнаго времени для научныхъ изслѣдованій, всякій изъ насъ прекрасно знаетъ! Поэтому понятно, что методы расчета возникали по мѣрѣ практическихъ потребностей въ зависимости отъ того или иного вида постройки, которую приходилось исполнить; но чтобы собрать эти отдѣльные методы, найти въ нихъ общую руководящую нить и такимъ образомъ составить одно стройное цѣлое, которое можно было бы назвать общей теоріей, на это не хватало времени.—Кромѣ того, какъ увидимъ далѣе, научное изложеніе теоріи системы Монье требуетъ обширныхъ и весьма сложныхъ изслѣдованій, выполненіе коихъ для частнаго лица врядъ ли возможно.

Въ послѣднее только время нѣкоторыми авторами была сдѣлана попытка научной разработки системы Монье. Именно въ 1890 г. въ *Wochenschrift des Oest. Ing—und Architekten-Vereins* появились:

- 1) статья г. Неймана „Ueber die Berechnung der Monier-Konstruktionen“.
- и 2) въ высшей степени остроумное и поучительное изслѣдованіе профессора Мелана: „Zur rechnungsmässigen Ermittlung der Biegungsspannungen in Beton und Monier-Konstruktionen“.

Содержаніе этихъ статей воспроизведено на русскомъ языкѣ въ журналѣ „Инженеръ“ за тотъ же 1890 годъ г. Карейша.

Затѣмъ, какъ уже было упомянуто, въ 1894 году появилась статья г-дъ Coignet и de-Tédesco.

Кромѣ того укажу тутъ же на статьи, хотя и не трактующія прямо о системѣ Монье, но имѣющія къ ней весьма близкое отношеніе:

- 1) на появившуюся въ Civil-Ingenieur за 1893 годъ статью профессора Hartig: Das elastische Verhalten der Moertel und Moertelbindematerialien“, появившуюся именно вслѣдствіе вопросовъ, затронутыхъ статьями Неймана и Мелана, и на предшествовавшую названной, — необходимую для полного пониманія послѣдней, статью того же автора: „Der Elasticitaetsmodul des geraden Stabes als Function der spezifischen Beanspruchung“.
- 2) укажу на статьи г-на Куницкаго, помѣщавшіяся въ журналѣ Министерства П. С, съ 1891 по 1893 годъ подъ заглавіями:

„Теоремы о взаимности перемѣщеній и о производной работы деформаци“.

„Начало наименьшей работы“.

„Графическій расчетъ по началу наименьшей работы параболическихъ арокъ съ шарнирами въ пятахъ“.

Г. Нейманъ въ своей статьѣ указываетъ на необходимость считаться съ тѣмъ обстоятельствомъ, что бетонъ и желѣзо имѣютъ различные модули упругости; но его попытка дать формулы для расчета съ этой точки зрѣнія прямыхъ изгибаемыхъ брусевъ Монье приводитъ къ совершенно несообразному результату, что роль, которую играетъ желѣзо въ увеличеніи прочности конструкцій Монье, весьма незначительна. — Строительная практика въ настоящее время, повидимому, обратила уже въ аксіому неосновательность приведеннаго положенія. — Все недоразумѣніе, очевидно, произошло оттого, что Нейманъ принимаетъ для модуля упругости бетона величину

$$150000 \text{ кггр. / } \square \text{ см.},$$

величину, правильность коей, какъ увидимъ далѣе, вообще весьма сомнительна; но главное — г. Нейманъ принимаетъ эту величину безразлично для сжатія и для растяженія, что уже совершенно недопустимо.

Профессоръ Меланъ вноситъ существенную поправку

въ предложенный Нейманомъ способъ расчета указани-емъ на необходимость принять во вниманіе неодинаковость модулей упругости для бетона при сжатіи и при растяженіи. Объ этой необходимости, впрочемъ, и Нейманъ оговаривается въ концѣ своей статьи.—Остроумное изслѣдованіе профессора Мелана является прекраснымъ доказательствомъ того, къ какимъ цѣннымъ выводамъ можетъ привести добросовѣстное изученіе самыхъ незначительныхъ результатовъ, добытыхъ опытомъ.— Вопросъ о простомъ изгибѣ прямого бруса Монье могъ бы считаться рѣшеннымъ профессоромъ въ довольно окончательной формѣ, еслибы мы знали точныя величины модулей упругости бетона при сжатіи и при растяженіи.—Отсутствіе такихъ точныхъ величинъ, а также то обстоятельство, что изслѣдованіе профессора Мелана представляетъ собою теоретическое разсмотрѣніе только нѣкоторыхъ частныхъ случаевъ, не устанавливая съ достаточною опредѣленностью общаго принципіальнаго взгляда на конструкціи изъ бетона по с. Монье, — эти обстоятельства не позволяютъ признать статью Мелана началомъ общей теоріи конструкцій системы Монье.

Профессоръ Hartig отнесся сочувственно къ, выясненной статьями Неймана и Мелана, необходимости точнаго изслѣдованія упругости бетона. Въ упомянутыхъ уже статьяхъ Hartig прежде всего выясняетъ, что, строго говоря, нѣтъ ни одного матеріала, для коего величина модуля упругости была бы величиною постоянной; что, наоборотъ, модуль упругости есть функція напряженія матеріала, и затѣмъ съ этой точки зрѣнія онъ уже излагаетъ результаты опытовъ, произведенныхъ со всею тщательностью, какую допускаетъ современное состояніе науки.

Къ сожалѣнію наиболѣе интересная для насъ часть опытовъ, имѣвшая цѣлью изслѣдовать измѣненія модуля упругости при растяженіи, профессоромъ была произведена тогда, когда въ его распоряженіи еще не было того

совершеннаго аппарата, которымъ онъ пользовался при опытахъ надъ сжатіемъ бетона.

Hartig изъ своихъ опытовъ выводитъ для коефициента упругости бетона изъ 1 части цемента и 3-хъ частей песка общую формулу, изъ которой для предѣльныхъ напряженій бетона, допускаемыхъ на практикѣ,

$\sigma_1 = 3 \text{ klg./cm}^2$ на растяженіе и $\sigma_2 = 20 \text{ klg./cm}^2$ на сжатіе получаютъ соотвѣтствующіе модули упругости

$$\epsilon_1 = 268600 \text{ и } \epsilon_2 = 244800.$$

Величина ϵ_2 сходится съ тѣмъ, что Coignet и de-Tédesco находятъ для цемента, а именно

$$\epsilon = 240000.$$

Что же касается величины ϵ_1 , то она не можетъ считаться достаточно точной въ виду погрѣшностей, которыя, какъ было упомянуто, имѣли мѣсто при ея опредѣленіи; нѣкоторые же случаи изъ практики, о которыхъ мнѣ еще придется говорить, заставляютъ даже полагать, что приведенная величина ϵ_1 совершенно не соотвѣтствуетъ дѣйствительности.

Оканчивая этимъ обзоръ теоретическихъ свѣдѣній, имѣющихся о системѣ Монье въ печати, полагаю себя въ правѣ утверждать, что имѣющіяся въ технической литературѣ изслѣдованія системы Монье, если и не даютъ еще окончательныхъ результатовъ, то во всякомъ случаѣ представляютъ собою достаточный научный матеріаль для научной разработки теоріи системы Монье.

Основные элементы теоріи будутъ слѣдующіе:

- 1) Выясненіе сущности системы Монье на основаніи природныхъ свойствъ примѣняемыхъ въ ней матеріаловъ и выводъ отсюда необходимыхъ условій для совмѣстнаго употребленія бетона и желѣза;
- 2) Опредѣленіе точныхъ величинъ коефициентовъ упругости бетона въ зависимости отъ его состава.

- 3) Общее изслѣдованіе призматическихъ брусьевъ Монье при простѣйшихъ видахъ деформациі.
- 4) Приложеніе общей теоріи сопротивленія брусьевъ Монье къ расчету частей сооружений.

Что касается пункта (2), то мною уже обрисовано современное состояніе вопроса объ изслѣдованіи коэффициентовъ упругости бетона; — объ остальныхъ скажу нѣсколько словъ.

Становясь прямо на фактическую почву, позволяю себѣ привести результатъ одного изъ опытовъ, произведенныхъ въ свое время въ Петербургѣ и описанныхъ въ приложеніи А къ, упомянутому мною въ началѣ доклада, протоколу.

Тутъ на 1-й же страницѣ имѣется описаніе опыта, состоявшаго въ параллельномъ нагруженіи 2-хъ плитъ. Обѣ плиты находились въ совершенно одинаковыхъ условіяхъ и имѣли одинаковый видъ: пролетъ въ свѣту равнялся 1 mt., ширина 71 cmtr. и толщина $4\frac{1}{2}$ cmtr.; но одна плита была безъ каркаса, въ другой же на разстояніи 7 m/m отъ нижней поверхности была заложена желѣзная сѣтка, состоявшая изъ двухъ, пересѣкавшихся подъ прямымъ угломъ, системъ прутьевъ, въ точкахъ пересѣченія связанныхъ между собою тонкою проволокою черезъ одинъ пруть въ шахматномъ порядкѣ. По направленію дѣйствія внутреннихъ силъ, возникающихъ при изгибѣ бруса подъ вліяніемъ нагрузки, были положены такъ называемые работающіе прутья діаметромъ 6 m/m на разстояніи 7 cmtr. центръ отъ центра; поперечные къ этимъ распредѣляющіе прутья имѣли діаметръ 5 m/m и были расположены также черезъ 7 cmtr. Бетонъ изъ 1-й части (по объему) цемента и 3-хъ частей песка былъ приготовленъ сразу въ количествѣ, достаточномъ для обѣихъ плитъ, обѣ — были сдѣланы въ одинъ день 5-го августа 1891 г. и оставались все время въ одинаковыхъ условіяхъ до момента нагрузки 1-го ноября т. г.

Плита безъ каркаса мгновенно обрушилась, когда нагрузка была доведена до величины

852 klgr.,

плита же Монье при нагрузкѣ въ

2887 klgr.

еще несла грузъ съ максимальнымъ прогибомъ въ 8 м/м и обрушилась только при увеличеніи груза до

2973 klgr.

Если предположить, что разница въ величинѣ разрушающаго груза произошла оттого, что во второмъ случаѣ кромѣ груза, который разрушилъ бы плиту безъ каркаса, имѣемъ дѣло еще съ грузомъ, который съ прогибомъ въ 8 м/м можетъ нести плетеніе, то при діаметрѣ 6 м/м работающих прутьевъ моментъ инерціи одного прута былъ бы

0,0064

для всѣхъ же десяти

0,064

Упомянутая разница должна была бы опредѣлиться изъ равенства

$$0,8 = \frac{P}{2 \cdot 10^6 \cdot 0,064} \times \frac{5 \cdot 100^3}{384},$$

откуда

$$P = 8 \text{ klgr.}$$

Слѣдовательно, полная величина разрушающаго груза должна была бы быть

$$852 + 8 = 860 \text{ klgr.}$$

Между тѣмъ въ дѣйствительности она равнялась

2973 klgr.

Такая огромная разница можетъ быть объяснена единственно тѣмъ обстоятельствомъ, что при изслѣдованіи плиты Монье мы имѣемъ дѣло не съ совокупностью сопротивленій дѣйствию внѣшнихъ силъ бетона и желѣ-

за, разсмотрѣнныхъ какъ отдѣльные брусья, а съ сопротивленіемъ новаго бруса. въ которомъ бетонъ и желѣзо составляютъ одно нераздѣльное цѣлое. Въ самомъ дѣлѣ, отыскивая причину сравнительно скорого разрушенія плиты безъ каркаса, не трудно догадаться, что она кроется въ томъ обстоятельстве, что напряженіе въ крайнихъ элементахъ растянутой части сѣченія уже достигнетъ величины временнаго сопротивленія бетона разрыву, когда въ сжатой части напряженіе едва будетъ достигать предѣловъ прочнаго сопротивленія раздробленію. Въ крайнихъ элементахъ вытянутой части при этомъ будетъ имѣть мѣсто предѣльная деформация.

Если теперь предположить, что у нижней поверхности плиты заложены желѣзные прутья такъ, что бетонъ не можетъ деформироваться независимо отъ прутьевъ, т. е. что прежде чѣмъ деформация бетона достигнетъ своего крайняго предѣла, желѣзные прутья должны получить удлиненіе, равное удлиненію прилежащихъ элементовъ бетоннаго тѣла бруса, то для этого потребуется нѣкоторая работа. Полная работа внѣшнихъ силъ, превращавшаяся въ плитѣ безъ каркаса въ работу деформации бетона, теперь, слѣдовательно, разобьется на 2 части: работу деформации желѣза и работу деформации бетона. Очевидно, что, закладывая въ растянутой части бруса прутья все большаго размѣра при одномъ и томъ же числѣ ихъ, мы могли бы достигнуть даже того, что въ сжатой части сѣченія напряженіе въ бетонѣ достигнетъ предѣла прочнаго сопротивленія раньше, нежели въ растянутой.

Рядъ, предпринятыхъ для выясненія этого обстоятельства, опытовъ доказалъ, что, дѣйствительно, по поверхности соприкосновенія бетона и желѣза развивается нѣкоторая сила, не допускающая взаимнаго перемѣщенія названныхъ матеріаловъ по крайней мѣрѣ во всѣхъ случаяхъ дѣйствія внѣшнихъ силъ, когда напряженія, ими вызываемыя, не выходятъ изъ границъ прочныхъ сопротивленій.

Какова бы ни была причина этой силы, будетъ ли то частичное сцѣпленіе, треніе, или образованіе химическаго соединенія, — во всякомъ случаѣ эта сила существуетъ, и ея существованіе есть та необходимая данная, на которой основано совмѣстное употребленіе бетона и желѣза.

Изъ сказаннаго выясняется та роль, которую желѣзо играетъ въ конструкціяхъ системы Монье, и вся теорія этихъ конструкцій есть ничто иное, какъ слѣдствіе изъ основнаго положенія о невозможности относительнаго перемѣщенія бетона и желѣза.

Пусть имѣемъ нѣкоторую матеріальную площадь Q , состоящую изъ n элементовъ, которые имѣютъ соотвѣтственно n модулей упругости.

$$E_1, E_2, E_3 \dots E_n.$$

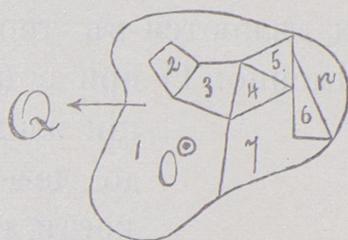


Рис. 1.

Вообразимъ себѣ нѣкоторую прямую p , перпендикулярную къ площади Q въ точкѣ O , и предположимъ, что площадь Q пришла въ поступательное движеніе такъ, что O описываетъ въ пространствѣ прямую p , которую назовемъ осью бруса, а площадь Q все время остается перпендикулярной къ оси. Если вообразимъ, что всѣ элементы площади Q при своемъ движеніи оставили слѣдъ въ пространствѣ, то въ результатѣ движенія площади Q получимъ нѣкоторый брусъ, который отъ обыкновеннаго прямого бруса постояннаго сѣченія будетъ отличаться только тѣмъ, что любыя 2 сѣченія, перпендикулярныя къ оси, при наложеніи не только окажутся тождественными по геометрической формѣ, но противъ каждой точки одного—во второмъ придется точка, характеризующая тѣмъ же модулемъ упругости, что и точка 1-го сѣченія.

Такой брусъ будетъ представлять собою самый общій видъ призматическаго бруса съ неравномѣрно-сопротивляющимся сѣченіемъ.

Не трудно видѣть, что онъ есть ничто иное, какъ со-

ставная изъ n брусевъ постояннаго сѣченія, имѣющихъ соотвѣтственно n модулей упругости.

Если далѣе предположимъ, что n элементовъ площади Q составляютъ одно неразрывное цѣлое, и что, слѣдовательно, по поверхности соприкосновенія упомянутыхъ n брусевъ дѣйствуютъ нѣкоторыя силы, связывающія ихъ такъ, что ни одинъ изъ элементарныхъ брусевъ не можетъ деформироваться, не вызывая соотвѣтствующей деформациі въ остальныхъ, то для такого бруса общаго вида могутъ быть допущены основныя предположенія, которыя дѣлаются въ теоріи однородныхъ брусевъ.

Именно: 1) при всѣхъ простѣйшихъ видахъ деформациі элементы, лежавшіе въ одной плоскости до деформациі, окажутся въ одной плоскости и послѣ деформациі;

и 2) площадь сѣченія, которая была перпендикулярна къ оси бруса до деформациі, останется таковою и послѣ деформациі.

Брусъ Монье, очевидно, есть только частный случай описаннаго бруса, и расчетъ бруса Монье, слѣдовательно, будетъ только простое приложеніе общей теоріи призматическаго бруса съ неравномѣрно-сопротивляющимся сѣченіемъ.

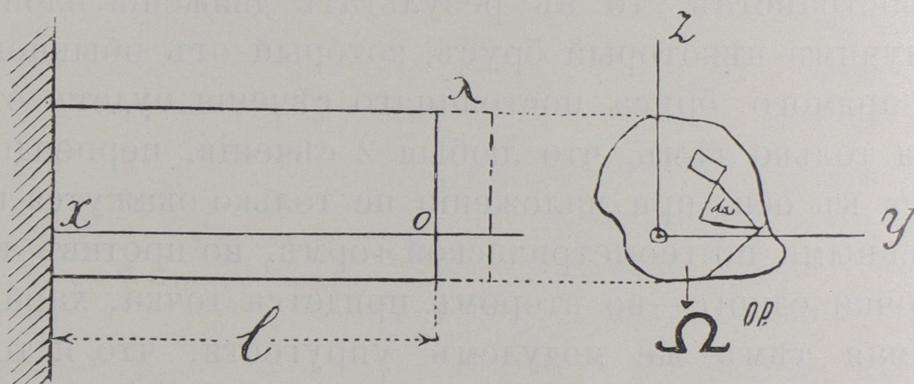


Рис. 2.

При изслѣдованіи призматическаго бруса общаго вида прежде всего встрѣчается затрудненіе въ опредѣленіи положенія въ толщѣ бруса его оси; но это затрудненіе

тотчасъ же исчезаетъ, какъ только обратимся къ разсмотрѣнiю равномернаго удлинениа бруса.

Пусть имѣемъ брусь длиною l , неизмѣнно закрѣпленный однимъ своимъ сѣченіемъ, и пусть на площадь концевое сѣченiа дѣйствуютъ такія силы, что всѣ волокна получили одно и то же удлинение

$$\lambda$$

такъ что относительное удлинение

$$i = \frac{\lambda}{l} = c \text{ const.}$$

Самый видъ деформациі указываетъ на то, что всѣ элементарныя силы

$$dp,$$

дѣйствующія на элементарныя площади $d\omega$, параллельны оси x , и слѣдовательно, имѣютъ равнодѣйствующую, которая будетъ

$$P = \int_{\Omega} dp.$$

Но такъ какъ, очевидно,

$$dp = E i d\omega,$$

то для равновѣсія получимъ вообще:

$$P = \int_{\Omega} E i d\omega;$$

$$M_y = \int_{\Omega} E i y d\omega;$$

$$M_z = \int_{\Omega} E i z d\omega;$$

Площадь

$$\Omega = \omega_1 + \omega_2 \dots \omega_n = \Sigma \omega,$$

а потому предыдущіе интегралы могутъ быть представлены въ видѣ суммъ интеграловъ, распространенныхъ соответственно на площади

$$\omega_1, \omega_2 \dots \omega_n,$$

а такъ какъ по самому опредѣленію призматическаго бруса общаго вида въ предѣлахъ каждой изъ этихъ элементарныхъ площадей величина модуля упругости остается постоянной и имѣетъ одно изъ значеній

$$E_1, E_2 \dots E_n$$

то очевидно, при $i = \text{const}$.

$$P = i [E_1 \omega_1 + E_2 \omega_2 + \dots + E_n \omega_n] = i \sum E \omega$$

$$M_y = i \sum E_k S_{k,y}$$

$$M_z = i \sum E_k S_{k,z}$$

причемъ принято обозначеніе, по коему вообще

$$S_{k,\xi}$$

выражаетъ собою статическій моментъ площади ω_k относительно оси ξ .

Не трудно видѣть, что величина всѣхъ этихъ моментовъ зависитъ отъ разстоянія соотвѣтствующихъ элементовъ до начала координатъ, т. е. отъ положенія оси бруса.

Если теперь условимся разъ на всегда называть осью бруса прямую, положеніе коей опредѣляется уравненіями.

$$\left. \begin{aligned} \sum E_k S_{k,y} &= 0 \\ \text{и } \sum E_k S_{k,z} &= 0 \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (a)$$

то, обозначивши черезъ σ_k напряженіе въ произвольной точкѣ элементарной площади ω_k для окончательнаго разрѣшенія вопроса о равномерномъ удлиненіи, имѣемъ совокупность уравненій

$$\left. \begin{aligned} P &= i \sum E_k \omega; \\ \sigma_k &= E_k i = \frac{P}{\sum E_k \omega}; \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (I)$$

Уравненіями (I) вопросъ о равномерномъ удлиненіи бруса разрѣшается въ самомъ общемъ видѣ.

Такъ какъ сдѣланный нами выборъ расположенія начала координатъ приводитъ вслѣдствіе условій (a) къ равенству 0 моментовъ M_y и M_z силы P относительно соотвѣтствующихъ осей, то это показываетъ, что сила P проходитъ черезъ начало координатъ; въ этой же точкѣ, слѣдовательно будетъ приложена равнодѣйствующая внутреннихъ силъ, характеризующихъ сопротивленіе матеріаловъ бруса дѣйствию внѣшнихъ усилій.

Поэтому упомянутая точка, положеніе коей опредѣляется условіями (а), можетъ быть названа центромъ сопротивленія сѣченія бруса общаго вида.

Условія (а) такимъ образомъ получаютъ слѣдующее словесное выраженіе:

„Ось призматическаго бруса общаго вида есть геометрическое мѣсто центровъ сопротивленія послѣдовательныхъ сѣченій“.

42926

Ислѣдуя для того же бруса случай простаго изгиба, который, какъ и въ случаѣ однородныхъ брусевъ, будемъ разумѣть какъ поворотъ сѣченія около оси, совпадающей съ линіею нейтральныхъ волоконъ; и выбравши начало координатъ въ центрѣ сопротивленія бруса, на основаніи соображеній, совершенно сходныхъ съ изложенными въ предыдущемъ, получаемъ положенія:

1) Простой изгибъ имѣетъ мѣсто при дѣйствіи только пары силъ.

2) Нейтральная ось проходитъ черезъ центръ сопротивленія сѣченія, что выражается уравненіемъ

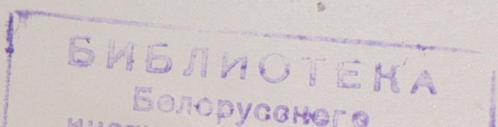
$$\sum E_k S_{k,y} = 0 \dots \dots \dots (b)$$

3) Обозначивши моментъ инерціи элемента площади ω_k относительно оси Y черезъ $I_{k,y}$, для разрѣшенія вопроса о зависимости между моментомъ M пары внѣшнихъ силъ и величиною внутреннихъ [напряженій, ею вызываемыхъ, имѣемъ:

$$\left. \begin{aligned} M &= \frac{\alpha}{l} \sum E_k I_k \\ \tau_k &= \frac{\alpha}{l} E_k z = \frac{M \cdot z}{\frac{1}{E_k} \sum E_k I_k} \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (II)$$

Не трудно видѣть, что формулы (I) и (II) въ совокупности съ (а) и (b) даютъ всѣ необходимыя средства для строгаго научнаго разрѣшенія вопроса о расчетѣ сооружений изъ бетона по сист. Монье.

Способъ примѣненія приведенныхъ общихъ формулъ



къ изслѣдованію простѣйшихъ видовъ деформаціи брусевъ на столько очевиденъ, что изложеніе его, повидимому, можетъ быть опущено. Позволю себѣ только обратить Ваше вниманіе на одну существенно-важную особенность: при изслѣдованіи равномернаго удлиненія, равномернаго укороченія и простого изгиба бруса Монье мы будемъ имѣть дѣло кромѣ модуля упругости желѣза соотвѣтственно еще:

въ 1-мъ случаѣ съ модулемъ упругости E_z бетона при растяженіи.

во 2-мъ случаѣ съ модулемъ упругости E_d бетона при сжатіи,

въ 3-мъ случаѣ съ обоими модулями упругости E_z и E_d .

Изслѣдованіе одного и того же бруса Монье для 3-хъ простѣйшихъ случаевъ измѣненія формы, слѣдовательно, равносильно изслѣдованію 3-хъ отдѣльныхъ брусевъ:

въ первомъ случаѣ будемъ имѣть дѣло съ брускомъ, состоящимъ изъ 2-хъ матеріаловъ съ модулями упругости E_f и E_z ;

во второмъ случаѣ брусъ также будетъ состоять изъ 2-хъ матеріаловъ, но съ модулями упругости E_f и E_d

наконецъ, въ третьемъ случаѣ придется разсматривать брусъ, состоящій изъ 3-хъ матеріаловъ, соотвѣтственно характеризуемыхъ модулями E_f , E_z и E_d .

Но, какъ мы видѣли, положеніе центра сопротивленія сѣченія находится въ прямой зависимости отъ величинъ модулей упругости, составляющихъ сѣченіе, элементовъ: во всякомъ сѣченіи бруса Монье, слѣдовательно, необходимо отмѣтить 3 замѣчательныя точки:

- 1) центръ сопротивленія при равномерномъ удлиненіи,
- 2) " " " " укороченіи,
- и 3) " " " простомъ изгибѣ.

На практикѣ необходимость разсматривать равномерное удлиненіе бруса Монье можетъ встрѣтиться только какъ исключительный случай; всѣ измѣненія формы бруса обыкновенно могутъ быть сведены къ 2-мъ простѣйшимъ

видамъ измѣненія формы,—равномѣрному укороченію и простому изгибу.

Какъ при расчетѣ частей сооруженій разсмотрѣніе измѣненій формы и опредѣленіе, возникающихъ подъ дѣйствіемъ внѣшнихъ силъ, внутреннихъ напряженій свести къ разсмотрѣнію простѣйшихъ видовъ деформаціи, попытка общаго изслѣдованія коихъ нами сдѣлана, объ этомъ считаю невозможнымъ и даже неумѣстнымъ здѣсь говорить: это было бы простое изложеніе общихъ приѣмовъ строительной механики, т. е. изложеніе того, что намъ должно быть давно и хорошо извѣстно.

Не могу умолчать только о томъ принципиальномъ взглядѣ на сооруженія изъ бетона по системѣ Монье, который, повидимому, не долженъ никогда упускаться изъ виду при расчетахъ.

Для выясненія этого взгляда позволяю себѣ вкратцѣ указать на порядокъ выполненія сооруженій изъ бетона по системѣ Монье.

Прежде всего съ помощью техническаго расчета опредѣляется мѣсто, гдѣ въ толщѣ бетоннаго тѣла сооруженія подъ вліяніемъ внѣшней нагрузки могутъ возникнуть растягивающія усилія, и какова ихъ величина. Этимъ самымъ опредѣляется мѣсто заложения и размѣры и число работающих прутьевъ. Затѣмъ по изготовленіи деревянныхъ поддерживающихъ частей въ видѣ палубъ различнаго, въ зависимости отъ характера сооруженія, вида принимаются мѣры, чтобы размѣстить на палубѣ работающіе прутья такъ, чтобы послѣ забетониванія они оказались дѣйствительно въ тѣхъ мѣстахъ сооруженій, гдѣ по расчету они должны сопротивляться растягивающимъ усиліямъ. Достигается это тѣмъ, что работающіе прутья связываются тонкими поперечными прутками въ одну сѣтку, что устраняетъ возможность бокового изгиба во время забетониванія; отъ палубы же они удерживаются на соответствующемъ разстояніи подложенными деревянными шашками или рейками соответ-

ствующихъ размѣровъ. Наконецъ бетонная масса, состоящая только изъ цемента и чистаго песка, и увлажненная только на столько, чтобы походить на ощупь на свѣже-вырытую землю, — такая бетонная масса укладывается на палубѣ; при этомъ наблюдается, чтобы она хорошо проникла въ промежутки между прутьями и палубой, и затѣмъ тщательнымъ трамбованіемъ эта масса уплотняется до тѣхъ поръ, пока не получимъ увѣренности, что желѣзные прутья повсюду хорошо облѣплены бетономъ, и что въ самомъ бетонѣ нѣтъ раковинъ и пустотъ. Признакомъ такого уплотненія можно считать отпотѣваніе верхней поверхности бетона, свидѣтельствующее о томъ, что вода вытѣсняется бетономъ.

При такомъ порядкѣ работы, очевидно, по окончаніи процесса отвердѣванія бетона получится монолитъ.

Если принять еще во вниманіе сказанное о невозможности взаимнаго перемѣщенія бетона и желѣза, то необходимо принять, что въ брусѣ Монье не можетъ быть никакихъ плоскостей раздѣла или такъ называемыхъ швовъ.

Это обстоятельство, а также изученіе прогибовъ сооружений по системѣ Монье въ зависимости отъ дѣйствія груза заставляетъ насъ рѣшить вопросъ о принципиальномъ взглядѣ на брусъ Монье въ томъ смыслѣ, что брусъ Монье необходимо долженъ разсматриваться какъ упругое тѣло, а слѣдовательно при расчетѣ прямыхъ частей сооружений необходимо примѣнять теорію прямыхъ изгибаемыхъ брусевъ, при расчетѣ же кривыхъ частей сооружений — пользоваться теоріей упругаго кривого бруса.

Припоминая еще разъ все, сказанное нами о сооруженияхъ изъ бетона по системѣ Монье, видимъ, что они существеннымъ образомъ отличаются отъ конструкцій, съ которыми намъ приходилось встрѣчаться въ строительной практикѣ до начала совмѣстнаго примѣненія бетона и желѣза.

Не говоря уже о томъ расширеніи общихъ методовъ строительной механики, которое, какъ мы видѣли, должно быть сдѣлано для возможности точнаго изслѣдованія конструкцій Монье, отъ вниманія строителя не можетъ ускользнуть слѣдующее существенно-важное обстоятельство.

Одна изъ существеннѣйшихъ задачъ строителя есть рациональное примѣненіе матеріаловъ. Между тѣмъ весьма часто по самому существу матеріаловъ оказывается невозможнымъ достигнуть того, чтобы вся масса сооруженія работала именно въ томъ направленіи, которое совпадаетъ съ наибольшою способностью сопротивленія матеріала. Отсюда проистекаетъ необходимость излишней траты матеріаловъ, приводящая въ постройкахъ къ появленію, такъ сказать, мертвыхъ массъ, — вѣса матеріаловъ, способность сопротивленія коихъ не утилизируется совершенно, или же утилизируется только въ незначительной степени.

Въ древнѣйшія времена, когда техническія знанія находились въ младенческомъ состояніи, когда жилища человѣка высѣкались прямо въ скалахъ, величина этихъ мертвыхъ массъ была подавляющая.

Эстетическій вкусъ древнихъ грековъ заставляеть насъ забывать объ этихъ массахъ въ произведеніяхъ ихъ зодчества; но тѣмъ не менѣе онѣ существуютъ въ архитектурныхъ перекрытіяхъ съ ихъ каменными балками, гдѣ величина полезной нагрузки является исчезающей въ сравненіи съ собственнымъ вѣсомъ конструкціи.

Примѣненіе сводчатыхъ покрытій, развившееся въ эпоху процвѣтанія Римской имперіи, является крупнымъ шагомъ впередъ въ исторіи развитія строительнаго дѣла, а примѣненіе въ наше время для строительныхъ цѣлей желѣза доводитъ, повидимому, величину мертвыхъ массъ до возможнаго минимума.

Но, м. г., даже въ послѣднемъ случаѣ роль зодчаго заключается въ томъ, что онъ, такъ сказать, поддѣлы-

вается подъ природныя свойства матеріаловъ; система Монье впервые даетъ здечему возможность проявить свою инициативу. Пользуясь данными расчета, онъ можетъ заставить бетонъ работать почти исключительно на сжатіе, а заложениемъ въ соответствующемъ мѣстѣ желѣза онъ достигаетъ возможности воспользоваться наивыгоднѣйшимъ образомъ способностью желѣза отлично сопротивляться растягивающимъ усиліямъ.

Система Монье такимъ образомъ даетъ здечему возможность подчинить природу матеріаловъ своей волѣ, заставить ихъ работать такъ, какъ ему хочется, т. е., чтобы способность сопротивленія каждаго изъ матеріаловъ исчерпывалась вполнѣ.

Въ этомъ обстоятельстве надо искать причину того, что, напримѣръ, въ перекрытіяхъ по системѣ Монье собственный вѣсъ конструкціи бываетъ въ нѣсколько разъ менѣе полезной нагрузки.

Поэтому я надѣюсь не ошибиться, утверждая, что системѣ Монье, повидимому, суждено произвести въ строительномъ дѣлѣ переворотъ не меньшій, произведеннаго въ свое время началомъ примѣненія сводовъ и, наконецъ, примѣненіемъ желѣза въ наше время; и я думаю, м. г., что съ моей стороны не будетъ пустымъ увлечениемъ, если скажу, что недалеко то время, когда употребленіе, напримѣръ, каменныхъ сводовъ для междуэтажныхъ перекрытій будетъ намъ казаться такою же несообразностью, какъ примѣненіе въ наше время чугунныхъ балокъ.

— „Впередъ“! — сказалъ графъ Сюзоръ, привѣтствуя открытіе съѣзда; — впередъ! скажу и я, м. г.: наука совершенствуется съ каждымъ днемъ и строительная техника идетъ впередъ крупными шагами; наша задача не отставать!

Вотъ, м. г., соображенія, почему я думаю, что здчій не можетъ не отозваться сочувственно къ появленію и успѣшной научной разработкѣ системы Монье.

Въ самомъ дѣлѣ, борьба съ мертвыми массами въ сооруженіяхъ, приводящая къ разумной экономіи въ расходованіи матеріаловъ, предоставляемыхъ намъ природою, — эта борьба есть нравственный долгъ зодчаго: вѣдь его задача строить не только прочно, а строить и прочно и дешево.

Рациональное примѣненіе матеріаловъ въ частяхъ, предназначенныхъ прямо для принятія внѣшнихъ нагрузокъ, какъ, напримѣръ, междуэтажныя перекрытія, чрезвычайно важно не только потому, что такимъ образомъ избѣгается излишняя трата матеріала, а матеріаль стоитъ денегъ; оно важно и потому, что вмѣстѣ съ исчезновеніемъ излишнихъ массъ матеріала исчезаетъ и вѣсъ, который составлялъ бесполезную нагрузку поддерживающихъ частей, какъ балки, колонны, стѣны и фундаменты. Экономія въ расходованіи матеріала, сдѣланная въ первыхъ частяхъ, такимъ образомъ отзовется благотворно на всемъ сооруженіи.

Итакъ, м. г., система Монье даетъ намъ средства для борьбы съ возникновеніемъ мертвыхъ массъ въ нашихъ постройкахъ; но для борьбы необходимо оружіе!

Что такое пѣвецъ съ огромнымъ голосомъ при полномъ отсутствіи слуха, или живописецъ, страдающій дальтонизмомъ?—явленія довольно грустныя!

Не менѣе грустнымъ явленіемъ будетъ зодчій, который вздумаетъ примѣнять систему Монье, не пользуясь теоретическимъ расчетомъ.

Только техническій расчетъ даетъ намъ возможность увѣриться, что мы употребили матеріаль на своемъ мѣстѣ и при томъ какъ разъ въ томъ количествѣ, которое достаточно и необходимо по существу дѣйствующихъ внѣшнихъ силъ. Не примѣнять технического расчета при проектированіи даже самыхъ незначительныхъ сооружений значитъ не понимать сущности системы Монье, не понимать значенія, которое она имѣетъ въ строительномъ дѣлѣ, и картину которого я позволилъ

себѣ набросать передъ вами въ крупныхъ чертахъ. Зодчій, который не умѣетъ или не желаетъ примѣнять расчета при совмѣстномъ употребленіи бетона и желѣза, сдѣлаетъ лучше, если оставитъ это дѣло.

„Но постойте!“ можетъ быть, скажетъ мнѣ кто-нибудь: „какъ же вы проповѣдуете необходимость расчета, послѣ того какъ вы сами сказали, что общей теоріи еще нѣтъ?“

— Да, господа! общей теоріи нѣтъ; но я указалъ въ началѣ своего доклада, что люди, посвятившіе себя специально устройству сооружений по системѣ Монье, выработали методы для теоретическаго обоснованія размѣровъ возводимыхъ ими сооружений. Остается только рѣшить, на сколько эти методы достаточны.

Исходными точками теоріи опять-таки является разсмотрѣніе 2-хъ простѣйшихъ видовъ деформаціи прямого бруса Монье: равномернаго укороченія и простого изгиба.

При изслѣдованіи равномернаго укороченія принимаютъ, что сжатію сопротивляется только бетонъ; сопротивленіемъ желѣзныхъ прутьевъ сжимающимъ усиліямъ пренебрегаютъ. Такимъ образомъ дѣло сводится къ разсмотрѣнію однороднаго бруса.

Для рѣшенія вопроса о простомъ изгибѣ инженеръ Кененъ предлагаетъ слѣдующія соображенія:

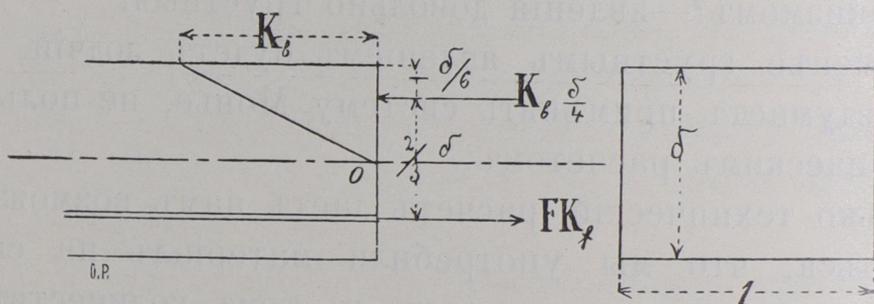


Рис. 3.

Пусть имѣемъ брусъ Монье, на концевое сѣченіе коего дѣйствуетъ пара силъ съ моментомъ M . Предположимъ, что сѣченіе имѣетъ размѣры l и δ , и что размѣры желѣзной сѣтки выбраны такъ, что нейтральная ось проходитъ черезъ центръ тяжести сѣченія.

Пусть K_b — напряженіе крайнихъ волоконъ въ сжатой части

K_f — напряженіе желѣза

F — площадь желѣза, то есть сумма сѣченій всѣхъ работающих прутьевъ.

Для выраженія полного сопротивленія сжатой части, очевидно, получимъ равнодѣйствующую

$$K_b \frac{\delta}{4}$$

приложенную на разстояніи $\frac{\delta}{6}$ отъ поверхности бруса.

Если бы въ растянутой части сѣченія не было заложено желѣзныхъ прутьевъ, то при сдѣланномъ относительно положенія нейтральной оси предположеніи равнодѣйствующая, выражающая собою сопротивленіе растянутой части, также имѣла бы величину

$$K_b \frac{\delta}{4},$$

и была бы расположена на разстояніи $\frac{\delta}{6}$, но уже отъ нижней поверхности бруса.

Если же какъ разъ въ этомъ разстояніи заложимъ желѣзные прутья и выберемъ ихъ число и діаметръ такъ, чтобы полная площадь сѣченія желѣза удовлетворяла равенству

$$F = \frac{K_b}{K_f} \frac{\delta}{4} \cdot \dots \cdot \dots \cdot (1)$$

то очевидно, возможно пренебречь сопротивленіемъ бетона разрыву и моментъ внутреннихъ силъ выразится величиною

$$K_b \frac{\delta}{4} \cdot \frac{2}{3} \delta = K_b \frac{\delta^2}{6}$$

которая и должна равняться моменту внѣшней пары.

Т. е. необходимо

$$\frac{K_b}{6} \delta^2 = M \cdot \dots \cdot \dots \cdot (2)$$

Выводъ соотношеній (1) и (2) сдѣланъ съ полною научною строгостью, сдѣлано только одно упущеніе: не принята въ расчетъ разница упругихъ свойствъ бетона и желѣза.

Спрашивается, какую роль играетъ, могущая произойти отсюда, погрѣшность при расчетѣ брусевъ Монье, и не будетъ ли эта погрѣшность на столько велика, что самый расчетъ сдѣлается эфемернымъ.

Для выясненія этого вопроса мною было предпринято слѣдующее изслѣдованіе.

Воспользовавшись приемомъ расчета, указаннымъ въ статьѣ профессора Мелана, о которой я выше упоминалъ, и найденными имъ данными, я принялъ, что отношеніе модулей упругости бетона при сжатіи и растяженіи имѣетъ величину, найденную Меланомъ:

$$\frac{E_d}{E_z} = 16.$$

Исходя отсюда, я изслѣдовалъ результаты 3-хъ параллельныхъ опытовъ надъ плитами Монье и плитами безъ каркаса, которые описаны въ протоколѣ петербургскихъ испытаній.

Сначала общія положенія (II) мною были примѣнены къ опредѣленію максимальнаго напряженія бетона въ растянутой части плитъ безъ каркаса, и опредѣлена средняя величина сопротивленія бетона даннаго состава разрыву, которая оказалась равной

$$19 \text{ klgr./}\square\text{cmtr.}$$

Предположивши затѣмъ, что трещины въ плитахъ Монье появлялись тогда, когда напряженіе на растяженіе въ бетонѣ достигало приведенной величины 19 klgr./ \square cmtr., и приложивши опять формулы (II) къ разсмотрѣнію результатовъ нагрузки, я нашель, что

$$1) \quad E_z = 13450.$$

$$E_d = 16E_k = 215200.$$

и 2) нейтральная ось лежитъ весьма недалеко отъ верхней поверхности каркаса.

Не настаивая отнюдь на принятии этих числовых данных за окончательные, считаю однако долгом замѣтить слѣдующе:

1) Если предположить, что въ нормальныхъ условіяхъ на практикѣ напряженіе въ каркасѣ будетъ

$$500 \text{ klgr./}\square\text{cmtr.}$$

то въ смежныхъ частяхъ бетона при указанной величинѣ модуля упругости E_z напряженіе бетона будетъ

$$500 \cdot \frac{13450}{2 \cdot 10^6} = 3,35 \text{ klgr./}\square\text{cmtr.}$$

т. е. величина, весьма близкая къ тому, что на практикѣ принимается для прочнаго сопротивленія бетона разрыву, именно $3 \text{ klgr./}\square\text{cmtr.}$

2) Величина E_d довольно хорошо согласуется съ тѣмъ, что даетъ Hartig.

Оба эти обстоятельства заставляютъ думать, что приведенные мною результаты заслуживаютъ нѣкотораго довѣрія. Несогласіе величины E_z съ тою, которая получается у Hartig, не должно смущать насъ потому, что съ одной стороны Hartig самъ указываетъ на весьма значительныя неточности, которыя могли имѣть мѣсто при условіяхъ, сопровождавшихъ опыты надъ растяженіемъ бетонныхъ брусевъ; съ другой же стороны разсмотрѣніе результатовъ опытовъ надъ плитами Мониэ доказываетъ прямо невѣрность величины, которую получилъ Hartig для E_z .

Въ самомъ дѣлѣ, разсматривая опытъ № 1, о которомъ уже упоминалось, замѣчаемъ, что въ моментъ разрушенія, когда напряженіе бетона на растяженіе составляло

$$\approx 20 \text{ klgr./}\square\text{cmtr.}$$

въ прилежащихъ частяхъ каркаса по Hartig напряженіе должно было бы быть:

$$20 \cdot \frac{2 \cdot 10^6}{2,68 \cdot 10^5} = \approx 150 \text{ klgr./}\square\text{cmtr.}$$

Такъ какъ сѣченіе желѣза составляло

$$2,8 \square \text{ cmtr.},$$

то полное сопротивленіе желѣза измѣрялось величиною

$$150 \times 2,8 = 420 \text{ klgr.}$$

т. е. на полосу плиты шириною въ 1 cmtr.

$$\frac{420}{71} = \approx 6 \text{ klgr.}$$

Имѣя въ виду, что толщина бетона была 4,5 cmtr., въ моментъ разрушенія сопротивленіе бруса представляло слѣдующую картину:

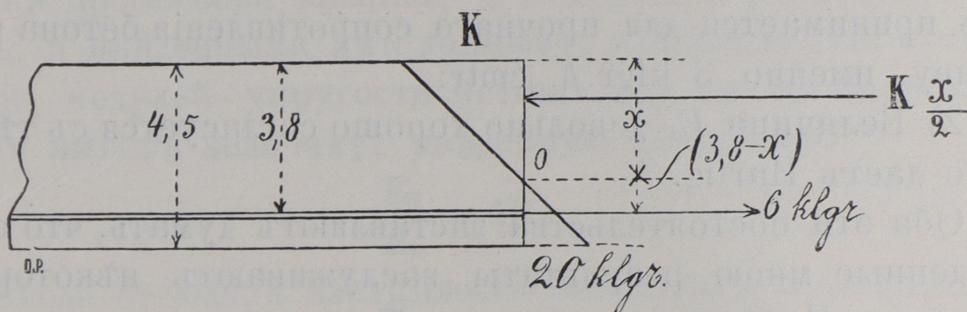


Рис. 4.

Если принять во вниманіе, что моментъ внѣшнихъ силъ былъ

$$\frac{1}{71} \cdot \frac{2826 \times 100}{8} = 35325 \cdot \frac{1}{71} = \approx 500$$

То уравненія мгновеннаго равновѣсія напишутся въ видѣ

$$\frac{Kx}{2} = \frac{20(4,5-x)}{2} + 6;$$

$$\frac{Kx^2}{3} + \frac{20 \cdot (4,5-x)^2}{3} + 6(3,8-x) = 500$$

откуда

$$x = -10,7 \text{ cmtr.}$$

$$K = -30 \text{ klgr.} / \square \text{ cmtr.}$$

величины, несовмѣстимость коихъ очевидна.

Изложенныя соображенія, повидимому, доказываютъ, что предположенія, сдѣланныя при выводѣ формулъ Ке-

нена, если и влекутъ за собою неточность въ опредѣленіи размѣровъ сооруженій, то въ смыслѣ увеличенія запаса прочности, такъ какъ найденные по нимъ размѣры всегда будутъ болѣе тѣхъ, которые получились бы, если принять во вниманіе неравенство модулей упругости бетона и желѣза.

Спрашивается, слѣдуетъ ли въ такомъ случаѣ вводить этотъ элементъ, значительно усложняющій расчетъ?

Думаю, что всѣ мы рѣшимъ этотъ вопросъ въ утвердительномъ смыслѣ, если вспомнимъ, что основная цѣль, преслѣдуемая системою Монье, есть полная утилизація матеріаловъ.

Кончая этимъ свой докладъ, позволю себѣ предложить на Ваше разсмотрѣніе слѣдующіе тезисы:

- 1) Система Монье имѣетъ столь важное значеніе для строительнаго дѣла, что изслѣдованіе ея теоріи съ чисто научной точки зрѣнія желательно.
- 2) Для возможности научной разработки теоріи системы Монье необходимо знаніе модулей упругости бетона при сжатіи и при растяженіи; а потому желательно, чтобы Съѣздъ просилъ Механическую Лабараторію Института Инженеровъ П. С. И. Александра I принять на себя изслѣдованіе этого вопроса.
- 3) Существующіе методы расчета даютъ полную гарантію для прочности и возможность теоретическаго обоснованія конструкцій с. Монье.
- 4) Примѣненіе техническаго расчета есть необходимое условіе примѣненія системы Монье.

А. Лолейтъ.